

Zbornik

**12. strokovnega posvetovanja
z mednarodno udeležbo**

**“GOSPODARJENJE
Z ODPADKI - GZO’11”**

Glavni urednik:
dr. Jože KORTNIK

Slovenj Gradec,
31. avgust 2011

Spoštovani

z letos že dvanajstin strokovnim posvetovanjem z mednarodno udeležbo „Gospodarjenje z odpadki – GzO’11” nadaljujemo s tradicijo srečanj domačih in tujih strokovnjakov, ki delujejo na področju gospodarjenja z odpadki. Danes, v času vse globlje gospodarske krize, se bolj kot kadarkoli zavedamo, da je za nadaljno uspešno delo na tako zahtevnem interdisciplinarnem področju, kot je gospodarjenje z odpadki, nujno potrebno povezovanje, sodelovanje in izmenjava izkušenj strokovnjakov različnih strok.

Na strokovnem posvetovanju z mednarodno udeležbo „Gospodarjenje z odpadki – GzO’11”, ki tokrat prvič poteka na Koroškem, bo po izboru strokovnega odbora GzO svoje prispevke predstavilo 11 domačih in tujih predavateljev, strokovnjakov na področju gospodarjenja z odpadki. Kot že v preteklih letih, nam bodo predstavili novosti, uspešne regijske pristope reševanja problematike ravnanja z odpadki v Sloveniji, primere dobre prakse doma in v svetu, rezultate raziskovalnih in razvojnih projektov 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 Koroškega centra za ravnanje z odpadki - KOCEROD. Zbornik člankov strokovnega posvetovanja GzO'11 je nekoliko skromnejši po številu člankov kot predhodni in obsega 14 prispevkov, od tega 4 prispevki iz tujine (Finska, Nemčija, Italija in BIH).

Glede na relativno veliko udeležbo na preteklih dveh posvetovanjih GzO'09 in GzO'10, tudi letos nadaljujemo s prakso poldnevni strokovnih ekskurzij. Letos bomo drugi dan posvetovanja GzO'11 obiskali družbo MPI-Reciklaža, izvedli tudi poldnevno strokovno vodeno ekskurzijo z ogledom Centra za reciklažo odpadnih akumulatorskih baterij v Žerjavu.

Za pokroviteljstvo nad 12. strokovnim posvetovanjem z mednarodno udeležbo „Gospodarjenje z odpadki – GzO’11” se želim zahvaliti Univerzi v Ljubljani, Naravoslovnotehniški fakulteti, Oddelku za geotehnologijo in rudarstvo, Ministrstvu za okolje in prostor, društvu SRDIT in Mestni občini Slovenj Gradec, ki gosti letošnje strokovno posvetovanje.

V imenu organizacijskega odbora se še posebej toplo zahvaljujem srebrnima sponzorjema, RIKO d.o.o. in RIKO-EKOS d.o.o. ter bronastim sponzorjem KOSTAK, komunalno stavbno podjetje d.d., Centru za ravnanje z odpadki Dolenjske – CeROD d.o.o., ECONO d.o.o. in EKORA poslovne storitve Jurij Ravnik s.p.. Za organizacijo in izvedbo strokovno vodenih ekskurzij se zahvaljujem Regionalni razvojni agenciji za Koroško RRA Koroška d.o.o. – KOCE-ROD in družbi MPI reciklaža 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'11



Spoštovane udeleženke in udeleženci posvetovanja z mednarodno udeležbo »Gospodarjenje z odpadki – GzO'11!

V veselje in čas mi je, da Vas lahko pozdravim na že 12. strokovnem posvetovanju o gospodarjenju z odpadki z mednarodno udeležbo še posebej zato, ker ste si za kraj srečanja izbrali mestno občino Slovenj Gradec, v kateri se okoljske problematike zavedamo in ji posvečamo precej sredstev in znanja. V neposredni bližini letališča, kjer poteka tudi Vaše posvetovanje, namreč raste novo, regijsko odlagališče odpadkov, Koroški center za ravnanje z odpadki - KoCeROD, ki smo ga izgradili z izdatnim sofinanciranjem evropskih strukturnih skladov in prispevkov koroških občin in bo ena od modernejših rešitev za ravnanje z odpadki v Sloveniji. Vesel sem, da bodo strokovna mnenja, izsledki in izkušnje na področju ravnanja z odpadki dobili po Vašem posvetu tudi obliko v publikaciji oz. biltenu, ki bo v pomoč in oporo pri iskanju rešitev ciljnim skupinam kot so občinske službe za varstvo okolja, komunalnim podjetjem in strokovnjakom s področja ravnanja z odpadki itd. Na posvetu, za katerega se organizatorjem, predstavnicam in predstavnikom Naravoslovno-tehniške fakultete Univerze v Ljubljani in drugim soorganizatorjem prijazno zahvaljujem, bodo udeleženke in udeleženci nedvomno prejeli kakovosten nabor izsledkov, ugotovitev in spoznanj na področju ravnanja z odpadki in prepričan sem, da jih bodo pri svojem delu s pridom uporabili in tudi dopolnili ter nadgradili.

V upanju, da bo posvetovanje konstruktivno in kakovostno ter da bodo rezultati aplikativni tudi v okoljih, katerim je posvetovanje namenjeno, Vam želim uspešno delo ter prijetno bivanje v naši mestni občini.

Z odličnim spoštovanjem.

Matjaž ZANOŠKAR,
župan Mestne občine Slovenj Gradec
ter poslanec v DZ RS.



KAZALO

	doc.dr. Jože KORTNIK	
	Možnosti izkoriščanja deponijskega plina na zaprtih odlagališčih nenevarnih odpadkov na primeru starega odlagališča Leskovec	
ID 17		1
	mag. Igor MADON	
	Implementacija socialno-ekonomsko prijaznega in trajnostnega koncepta ravnanja s komunalnimi odpadki in blati komunalnih čistilnih naprav na lokalnem nivoju, primer Občine Ajdovščina	
ID 04		9
	Juergen KANITZ, prof.dr. Frank OTTO	
ID 07	Aeration of waste dumps with DEPO+	30
	doc.dr. Jouko SAARELA, dr. Kata KREFT-BURMAN	
ID 08	An overview of the Tailsafe EU project and some of its results	43
	Sergio SCOTTI	
ID 03	Experiences of SRF production and cement factory utilization	48
	Brigita POLANEC, mag. Janez EKART	
ID 11	Določitev kakovosti trdnega alternativnega goriva iz nenevarnih odpadkov	60
	Rajko BEZJAK, prof.dr. Viktor GRILC	
ID 10	Razvoj postopka termične reciklaže odpadne mineralne volne	68
	Dragan TRIVUNČEVIĆ	
ID 09	Koristna izraba deponijskega plina v energetske namen	84
	doc.dr. Andrej BOMBAČ, Dušan OBREZA	
ID 02	Ponovna raba odpadne vode pri proizvodnji titanovega dioksida	97
	mag. Nebojša KNEŽEVIĆ, mag. Draženko BJELIĆ	
ID 15	Determining the quantity and spatial distribution of acid tar sludge landfill within the Oil Refinery Bosanski Brod	107

	mag. Ivan PLEVNIK	
ID 19	Kratka predstavitev projekta »KOCEROD – Koroški center za ravnanje z odpadki«	114
	Cândida RADICCHI O. ALMÉRI, izr.prof.dr. Radmila MILAČIČ, dr. Tea ZULIANI, Anže MARTINČIČ, prof.dr. Janez ŠČANČAR	
ID 01	Environmental impacts of Al and Cr in bauxite ore and red mud	126
	dr. Marinka VOVK, Katja ZAJKO	
ID 06	Mreža REUSE centrov v Sloveniji	137
	Rok ROTAR	
ID 14	Celovito obvladovanje odpadkov v proizvodnem procesu	147

ID 17

Možnosti izkoriščanja deponijskega plina na zaprtih odlagališčih nenevarnih odpadkov na primeru starega odlagališča Leskovec

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

V Sloveniji se deponijski plin danes izkorišča na štirih lokacijah odlagališč nenevarnih odpadkov. V praksi se je uveljavilo pravilo, da je postavitve objektov za energijsko izrabo deponijskega plina ekonomsko upravičena le na odlagališčih, ki sprejmejo več kot 60.000 m³ odpadkov letno. V članku je prikazan izračun potencialno nastalih količin deponijskega plina in ocena možnosti energetskega izkoriščanja deponijskega plina iz danes že zaprtega starega odlagališča nenevarnih odpadkov Leskovec (povprečno odloženo 23.000 t/odpadkov) z programskim paketom LandGEM. V članku so podane ocene za ekonomsko upravičenost izrabe deponijskega plina tudi v primeru manjših odlagališč z nekaj 10.000 m³ letno odloženih odpadkov.

Ključne besede: deponijski plin, odlagališče, nenevarni odpadki, obnovljivi viri energije, emisije toplogrednih plinov, mala plinska elektrarna.

Landfill gas use possibilities from closed municipal solid waste landfills on Leskovec old landfill case

Abstract

Landfill gas exploitation in Slovenia take place on four different Municipal Solid Waste Landfill locations. Landfill gas electricity generation demands at least 60.000 m³ waste yearly deposited in a landfill is common used rule in good practice. The article presents calculation of potential landfill gas emissions and possibility assessment of use landfill gas from old Municipal Solid Waste Landfill Leskovec. Estimation of the landfill gas emissions was

performed with the LandGEM software. Basic evaluations of economic warranty for the landfill gas use also for small sanitary landfills with only some 10.000 m³ waste yearly deposited in a landfill are written.

Key words: Landfill gas (LFG), landfill, non-dangerous waste, renewed energy sources, greenhouse gas emissions, landfill gas power plant.

1. UVOD

Zaradi negativnega vpliva deponijskega plina na ozračje in podtalnico, je njegova izraba v energetske namene vse bolj pomembna in tudi ekonomična, kar je razvidno tudi iz številnih primerov njegove uporabe v državah Evropske unije in sveta [1].

V državah Evropske unije bi bilo do leta 2010 v skladu z Direktivo 2001/77/ES potrebno zagotoviti okoli 21% električne energije iz obnovljivih virov, kamor se uvršča pridobivanje električne energije iz deponijskega plina. Ta cilj v Sloveniji ni bil dosežen, ki se na osnovi današnjih trendov približuje delež električne energije, pridobljene iz obnovljivih virov, med 18 in 19 %. EU podpira vse sisteme obnovljivih virov energije z davčnimi olajšavami, zelenimi certifikati, tarifami za proizvodnjo električne energije in spodbuja investicije za te programe [3].

Izkoriščanje deponijskega plina na zaprtih in novih odlagališčih nenevarnih/komunalnih odpadkov zahteva izgradnjo sistema za zbiranje deponijskega plina ter sprotnim izvajanjem odpadkov z ustreznim prekrivnim materialom oz. izvedbo ustrezne prekrivne plasti. V praksi se je uveljavilo pravilo, da je postavitve objektov za energijsko izrabo deponijskega plina ekonomsko upravičena le na odlagališčih, ki sprejmejo več kot 60.000 m³ odpadkov letno.

2. STANJE IZKORIŠČANJA DEPONIJSKEGA PLINA V SLOVENIJI

V Sloveniji se deponijski plin danes izkorišča na štirih lokacijah odlagališč nenevarnih odpadkov in sicer na malih plinskih elektrarnah MPE na:

- odlagališču Barje (Ljubljana),
- odlagališču Pobrežje (Maribor),
- odlagališče Bukovžlak (Celje) in
- odlagališču Tenetiše (Kranj).

Tabela 1.: Moč agregatov za izkoriščanje deponijskega plina na odlagališčih v Sloveniji.

Odlagališče	Instalirana moč agregata	Nazivna električna moč*	Proizvodnja električne energije
Barje	(1996) 2 x 625 kWe (2007) 2 x 1.063 kWe 1 x 867 kWe 4.243 kWe	2.702 kWe	6.595 MWh (1996) 1,8 MW toplotne moči
Pobrežje	(2001) 630 kWe 630 kWe	625 kWe	4.665 MWh (2004) 4.500 MWh (2005) [7] 5.000 MWh (2008) cca. 2.000 MWh (2010)
Bukovžlak	(2002) 625 kWe (2007) 1.063 kWe 1.688 kWe	1.669 kWe	8.400 MWh
Tenetiše	(2010) 469 kWe 469 kWe	469 kWe	
	Skupaj 7.030 kWe	5.465 kWe	

*Vir: Javna agencija RS za energijo (www.agen-rs.si) [8].

**Slika 1.:** Mala plinska elektrarna na odlagališču nenevarnih odpadkov Barje [4].**Slika 2.:** Mala plinska elektrarna na odlagališču nenevarnih odpadkov Bukovžlak, spredaj 625 kWe agregat in zadaj 1.063 kWe agregat.

2.1 Potrebna velikost odlagališča za energetska izrabo deponijskega plina

O možnosti izkoriščanja deponijskega plina lahko pričnemo razmišljati kadar je delež plina metana večji od 35 vol.%. Izkoriščanje energijske vrednosti deponijskega plina je možno z izgorevanjem deponijskega plina v grelnih procesih (proizvodnja pare ali tople vode), kar je s termodinamičnega stališča najbolj ugodno. Če v bližini odlagališča (1÷2 km) ni ustreznih potrošnikov toplotne energije je smiselno izkoriščanje z proizvodnjo električne energije v plinskih agregatih. Za energetska izkoriščanja deponijskega plina mora biti delež metana vsaj 40 vol.% in več. Kurilna vrednost deponijskega plina z 50 % deležem metana znaša okoli $18,8 \text{ MJ/Nm}^3 = 5,2 \text{ kWh/ Nm}^3$ (kurilna vrednost naravnega plina $38,4 \text{ MJ/Nm}^3$). Pri moči deponijskega plina nad 1.000 kW je smiselna uporaba plinskih agregatov (turboagregate), ki imajo termodinamični izkoristek 28 %, medtem ko imajo plinski motorji izkoristek le okoli 25 %. Pod izrazom plinski motor razumemo motor z notranjim izgorevanjem, ki lahko poleg deponijskega plina za gorivo uporablja katerokoli drugo tekoče ali plinasto gorivo. Motor poganja električni generator, koristno pa lahko izrabimo tudi toploto izpušnih plinov in toploto iz hladilnih sistemov motorja.

Tabela 2.: Investicijski stroški in stroški amortizacije plinskega agregata [1].

Tip plinskega motorja	Stroški plinskega agregata [EUR]	Dodatni stroški [EUR]	Skupni investicijski stroški [EUR]	Stroški amortizacije* [EUR/leto]
kWe 143	252.000	282.500	534.500	74.351
kWe 625	377.000	282.500	659.500	91.740
kWe 836	435.000	282.500	717.500	99.808
kWe 1413	689.000	282.500	971.500	135.182

* čas amortizacije 10 let.

V Sloveniji so najbolj razširjeni plinski agregati proizvajalca Jenbacher različnih nazivnih moči (kWe 143, kWe 330, kWe 511, kWe 625, kWe 836, kWe 1048, kWe 1413, kWe 1698).

Količina potencialno proizvedene električne energije lahko izračunamo z naslednjo enačbo

$$EE = \eta_{el} \cdot LHV_{LFG} \cdot V_{LFG}$$

[1]

kjer je:

EE	[kW]	električna energija
η_{el}	[]	izkoristek plinskega motorja pri proizvodnji el. energije
LHV_{LFG}	[kWh/ Nm ³]	toplotna vrednost deponijskega plina
V_{LFG}	[Nm ³ /h]	količina deponijskega plina

Izkoristek plinskega motorja je odvisen predvsem od njegove obremenitve, ki se znižuje z zmanjševanjem obremenitve plinskega agregata, kar je razvidno iz tehničnih podatkov Jenbacher proizvajalca plinskih agregatov. Na podlagi letno zbranih količin deponijskega plina, ocenjenih s pomočjo matematičnega modela, je mogoče izbrati potrebno moč in število plinskih motorjev za doseganje njihove maksimalne obremenitve (maksimalne pretočne količine deponijskega plina). Največje število delovnih ur posameznega plinskega motorja je okoli 90.000 ur oz. okoli 10 let ob 88% izkoristku časa obratovanja.

3. PRIMER MOŽNOSTI IZKORIŠČANJA DEPONIJSKEGA PLINA NA ZAPRTIH ODLAGALIŠČIH NENEVRNIH ODPADKOV

S programskim paketom LandGEM je bil izdelan izračun potencialnih količin deponijskega plina za različne vrste odpadkov. Izračun se je izvedel za stari, danes že zaprti del odlagališča nenevarnih odpadkov Leskovec. Na sliki 3. je prikazan trend odlaganja odpadkov od leta 1992 do 2007, ko se je prenehalo z odlaganjem in je bilo odlagališče zaprto. Povprečno se je v obdobju obratovanja letno odložilo okoli 23.381 t odpadkov.

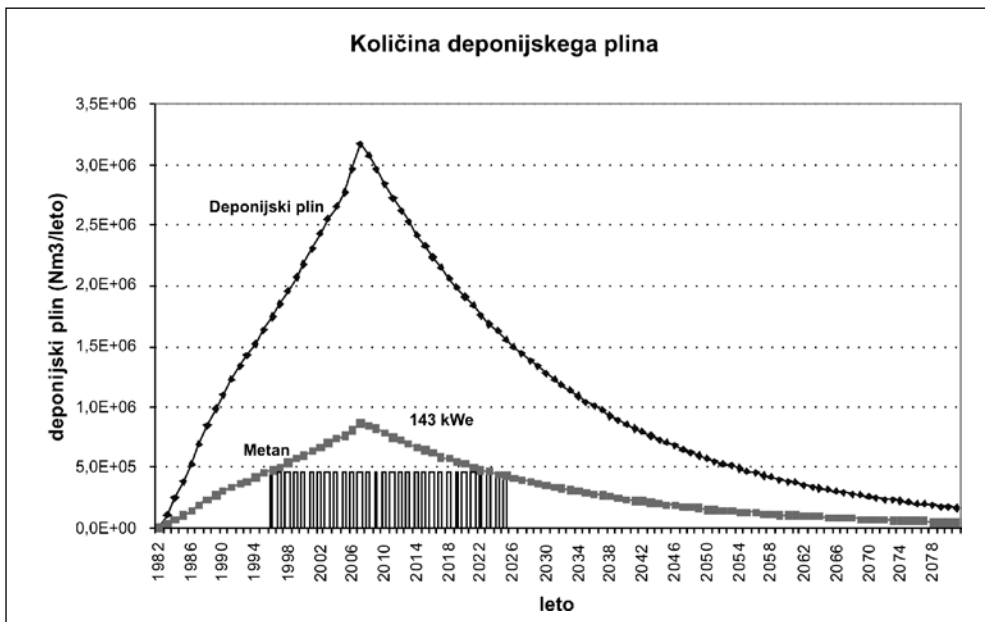
Izračun potrebne količine odpadkov:

Za efektivno moč turboagregata 143 kWe (ob upoštevanju termodinamičnega izkoristka pri proizvodnji el. energije 25%), ki električno energijo dobavlja v električno omrežje, mora biti na vstopu v turboagregat moč deponijskega plina cca. 572 kW (1 kWh = 3.600 kJ). Pri kurilni vrednosti deponijskega plina 18.000 kJ/Nm³ oz. 18.000/3.600 = 5 kWh/Nm³ potrebujemo na vstopu v agregat 572kW/5 kWh/Nm³ = 114,4 Nm³/h deponijskega plina. Če računamo z ustaljenim stanjem na odlagališču odpadkov starosti min. 10 let, potem mora za efektivno moč agregata 143 kW znašati letni vnos odpadkov pri povprečni vsebnosti TOC=20 % vsaj:

$$Q = 114,4 \text{ Nm}^3/\text{h} \times (365 \text{ dni} \times 24 \text{ h/dan}) / (50 \text{ Nm}^3/\text{t}) = 20.043 \text{ t/leto odpadkov,}$$

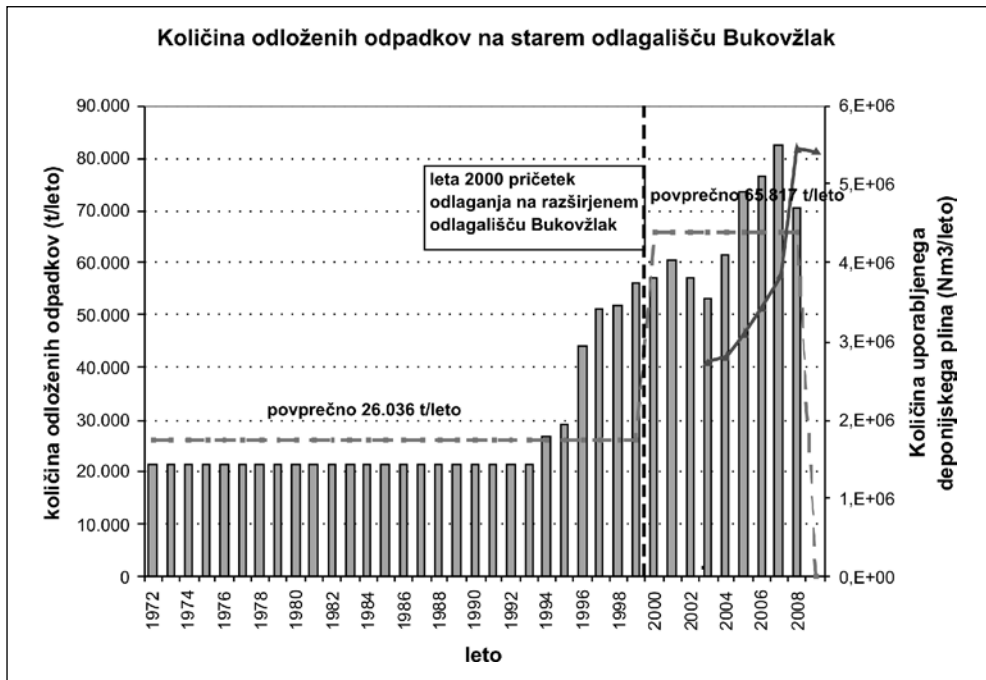


Slika 3.: Količina odloženih odpadkov na starem odlagališču nenevarnih odpadkov Leskovec [2, 3].



Slika 4.: Izračun količin deponijskega plina in eksploatabilnega deleža metana (upoštevane 50% izgube) na starem odlagališču nenevarnih odpadkov Leskovec s programskim paketom LandGEM [2, 3].

Na sliki 4. je glede na razpoložljivo količino metana v deponijskem plinu dopuščena možnost uporabe plinskega agregata 143 kWe v obdobju 1996 do 2025. V tem obdobju bi glede na predvideno življenjsko dobo plinskega agregata 10 let, lahko v različnih časovnih obdobjih obratovali trije plinski agregati in proizvedli skupaj 37.380 MWh električne energije. Približen izračun primerjave stroškov nabave in vzdrževanja plinskega agregata in ustvarjenega prihodka s prodajo t.i. » zelene elektrike« pokaže dobiček v višini okoli 2,5 mio. EUR.



Slika 5.: Količina odloženih odpadkov na starem in razširjenem odlagališču nenevarnih odpadkov Bukovžlak (stolpci) in količina deponijskega plina uporabljena na plinskih agregatih (krivulja) v obdobju 2003/2009.

Izračun nastalih količin deponijskega plina na starem odlagališču nenevarnih odpadkov Leskovec dodatno potrjujejo tudi podatki meritev količin nastalega deponijskega plina na starem odlagališču nenevarnih odpadkov Bukovžlak (slika 5.); za primerljivo odloženo količino odpadkov (povprečno 26.036 t/leto v obdobju 1972/2000).

4. ZAKLJUČEK

Prikazani orientacijski izračun se lahko uporabi kot osnovna informacija pri strateškem načrtovanju oz. iskanju možnosti izkoriščanja energije deponij-

skega plina. Kljub temu, pa pokaže na možnost ekonomske upravičenosti izrabe deponijskega plina tudi v primeru manjših odlagališča z okoli 20.000 m³ letno odloženih količin odpadkov. Za manjša odlagališča je nabava in vzdrževanje plinskega agregata in izgradnja sistema aktivnega odplinjevanja praviloma predraga. Poleg plinskega agregata za proizvodnjo električne energije je namreč potrebna zagotoviti še črpanje deponijskega plina in baklo za sežig deponijskega plina ob morebitnem izpadu plinskih motorjev, montjah ali občasnih viških deponijskega plina.

ZAHVALA

Avtor se zahvaljuje podjetjema CeROD d.o.o. in SIMBIO d.o.o. za omogočen dostop in uporabo podatkov meritev pri izdelavi tega dela.

VIRI IN LITERATURA

- [1] Corti, A., Lombardi, L., Frassinetti, L. (2007): Landfill gas energy recovery: Economic and environmental evaluation for a study case, Proceedings Sardinia 2007, Eleventh International Waste Management and Landfill Symposium, pp. 11.
- [2] Kortnik, J. (2011): Izkoriščanje deponijskega plina na odlagališčih nenevarnih/komunalnih odpadkov v Sloveniji. Mineral št. Junij 3/2011, str. 1-3.
- [3] Kovačič, D. (2010): Možnosti izrabe/uporabe deponijskega plina iz odlagališč komunalnih odpadkov. Diplomsko delo, Naravoslovnotehniška fakulteta. 68 str.
- [4] <http://www.jhl.si/snaga>.
- [5] <http://www.snaga-mb.si>.
- [6] <http://www.imp.si>.
- [7] <http://www.maribor.si/tiskaj.aspx>.
- [8] Javna agencija RS za energijo; <http://www.agen-rs.si>.



ID 04

Implementacija socialno-ekonomsko prijaznega in trajnostnega koncepta ravnanja s komunalnimi odpadki in blati komunalnih čistilnih naprav na lokalnem nivoju, primer Občine Ajdovščina

mag. Igor MADON¹

¹ *Komunalno-stanovanjska družba Ajdovščina, Goriška cesta 23b,
SI-5270 AJDOVŠČINA
igor.madon@ksda.si*

Povzetek

Definicija pojma 'trajnostni razvoj' nima samo okoljske, temveč tudi socialno-ekonomsko dimenzijo. Komunalno stanovanjska družba Ajdovščina se na področjih dejavnosti ravnanja s komunalnimi odpadki in blati čistilnih naprav v svojem lokalnem okolju trudi to idejo vedno znova karseda smiselno implementirati, a vselej v kontekstu dojemanja okolja kot globalnega fenomena. Dosedanji rezultati so glede na večino relevantnih kazalcev dobri, zlasti če jih obravnavamo celovito. Tako npr. visoka vrednost parametra 'kurilna vrednost odloženih odpadkov' v temu trenutku ne more imeti velike teže, saj ni realnih možnosti za energetsko izrabo potencialnega sekundarnega goriva - pomembnejši indikatorji so v tem trenutku ocena specifičnih emisij v okolje po karakterističnih parametrih glede na tono odloženega odpadka, ocena tveganja za onesnaženje okolja glede na že doseženo stabilizirane odpadke znotraj obstoječega telesa odlagališča, pripravljenost upravljalca odlagališča izpostaviti se poljubnemu sporadičnemu javnemu nadzoru pri izvajanju meritev emisij toplogrednih plinov in/ali emisij onesnaževal z izcednimi vodami, višina stroškov ravnanja z odpadki na glavo prebivalca in višina dosedanjih izdatkov za investicije na glavo prebivalca, itd.. V naslednjih štirih letih bo razvoj v Ajdovščini osredotočen predvsem na nadgradnjo že vzpostavljenih jeder sistemov za ločeno zbiranje in obdelavo mokrih in suhih mešanih frakcij odpadkov, ter na vzpostavitvi čimbolj fleksibilnega sistema ravnanja z odpadki po zaprtju obstoječega odlagališča leta 2015. Pričakovani rezultati bodo prikazani z referenčnimi okoljskimi in ekonomskimi kazalci.

Ključne besede: trajnostni razvoj, obdelava odpadkov, ločene frakcije odpadkov, lokalna javna služba, preostanek odpadkov, sistem ločenega zbiranja odpadkov od vrat do vrat, zapiranje odlagališča, ukrepi po zaprtju odlagališča, tehnološke sinergije, ravnanje z odpadki.

Holistic, low-cost approach to solid waste and WWTP sludge management on the local level, Ajdovščina case

Abstract

It is frequently forgotten that sustainable development approach is not about pushing the society to indiscriminately accept expensive technologies in order to solve short-term environmental problems, but about implementing sound environmental solutions taking socio-economic dimensions and future generations into consideration, too. Ajdovščina municipal organization is trying to implement these global principles when dealing with its local solid waste and WWTP derived sludge management issues on the very local level. Results are quite good according to most of the reference parameters values. Some of the parameters may not be important, like e.g. the upper heat value of the residual landfilled waste, since there are no waste-to-energy plants in Slovenia. At the moment, more important environmental indicators seem to be: specific yearly emissions of leachate pollutants and gasses from the landfill complex per ton of landfilled waste, assessment about the level of waste stabilization already achieved within the landfill body and the related assessment of the residual environmental risk, operator willingness to be exposed to sporadic leachate and landfill gas emissions monitoring at any time by anyone, specific operational costs, etc.. In the next four years the focus will be put on upgrading already existent low-priced systems for treatment of separately collected mixtures of 'dry' and 'wet' household waste fractions in order to set up a flexible, synergistic waste management system after the closure of the existent local landfill in 2015. The expected environmental and economic parameter values will be presented.

Key words: sustainable development, waste management park system, mixed household waste fraction, 'door to door' separate collection system, landfill closure costs, waste management system, technologic synergies.

1. STRATEGIJA IMPLEMENTACIJE PRINCIPOV TRAJNOSTNEGA RAZVOJA NA LOKALNEM NIVOJU OBČINE AJDOVŠČINA, PODROČJE IZVAJANJA DEJAVNOSTI RAVNANJA Z ODPADKI

1.1 Stanje odlagališča odpadkov v Ajdovščini leta 2002

Neugledna ajdovska deponija je bila zaradi okoljske neustreznosti namenjena zaprtju. Lokalno komunalno podjetje je dobilo nalogo, da s kratkimi, ciljno zastavljenimi okoljskimi raziskavami pridobi relevantne informacije,

ki bi pomagale pri odločitvi glede najprimernejše strategije razvoja na tem področju v naslednjih letih. Ugotovljeno je bilo sledeče:

- Lokacija ajdovske komunalne deponije je tako z lokalnega kot regionalnega hidrogeološkega vidika povsem po naključju ena najboljših možnih v Sloveniji.
- Nasip iz odpadkov leži direktno na planumu pripravljenem na nivoju prvotnega naravnega terena. Rezultirajoča konfiguracija je z okoljevarstvenega stališča zelo ugodna, saj je a) v celoti zagotovljeno samodejno (gravitacijsko) odtekanje odvečne vode iz telesa deponije ter b) ne more priti do nezaželenega pojava nenadzorovanega zamakanja odloženih odpadkov z zalednimi vodami.
- Meritve so pokazale, da so izcedne vode relativno malo obremenjene z onesnaževali, delež metana v deponijskem plinu pa je v povprečju nižji v primerjavi s sanitarnimi odlagališči podobnih starosti. Razlogi za to so sledeči:
 - o Intenzivno kompaktiranje odpadkov se nikoli ni izvajalo, zato je telo odlagališča precej prepustno za vode in pline ter ima semiaerobni značaj; takšno okolje ugodno vpliva na kvaliteto izcedne vode, sestavo deponijskega plina in hitrost mineralizacije telesa odlagališča.
 - o Vsebnost odloženih zemljin glinene sestave znotraj telesa odlagališča je v primerjavi z običajnimi sanitarnimi odlagališči nesorazmerno visoka, zato je:
 - i. hidrogram iztekanja izcedne vode bolj umirjen, kot bi bil sicer,
 - ii. samočistilna kapaciteta telesa odlagališča večja, kot bi bila sicer, to pa 1) zaradi povečane kapacitete biofiltracije organskih onesnaževal prisotnih v precejajoči se vodi ter 2) zaradi povečane kapacitete za adsorbcijo težkih kovin v precejajoči se vodi
 - iii. pH- vrednost okolja znotraj telesa odlagališča dokaj konstantna, rahlo alkalna (zaradi velike puferske kapacitete tukajšne s kalcitom bogate glinene zemljine); takšno okolje omogoča hiter potek procesa bio-razgradnje organske snovi v odpadkih a hkrati preprečuje hiter potek procesa luženja težkih kovin iz odloženih odpadkov

1.2 Leta 2002 sprejete generalne smernice razvoja z obrazložitvami

Na podlagi zgoraj navedenih ugotovitev se je nadaljnji razvoj dejavnosti ravnanja z odpadki na lokaciji v grobem načrtalo tako kot sledi:

- Z odlaganjem odpadkov na obstoječi lokaciji naj se nadaljuje, dokler ne bo v naslednjih letih, predvidoma pa najkasneje do 2015, pričelo obratovati regijsko odlagališče odpadkov.

- Na lokaciji obstoječega odlagališča naj se vzpostavi infrastrukturo centralnega zbirnega centra (ZC), ki se ga naj v obdobju do zaprtja odlagališča postopno nadgrajuje s podsistemi za primarno obdelavo LZF odpadkov, in sicer kosovnih frakcij odpadkov, biorazgradljivih ('mokrih') frakcij odpadkov ter nebiorazgradljivih koristnih ('suhih') mešanih frakcij odpadkov.
- Lokalno prebivalstvo je pretežno zaposleno v primarnih dejavnostih. Domača cena smetarine bo tudi nadalje ostala ena najnižjih v Sloveniji, sredstev iz občinskih proračunov za investicije v dejavnosti ravnanja z odpadki bo na razpolago kvečjemu manj, kot jih bo v povprečju za te potrebe na voljo v drugih občinah *per capita*. Infrastrukturo za obdelavo odpadkov bo zato v praksi možno vzpostaviti samo postopoma, pri čemer se lahko pretežno računa le na dotoke relativno malih, a vsakoletnih sredstev od okoljske dajatve. Sinhrono počasi bo potekal tudi proces vzpostavljanja komplementarne okoljske infrastrukture na državnem nivoju (snovna reciklaža, energetska izraba), tehnološko prehitovanje na lokalnem ali regionalnem nivoju s stališča varovanja okolja itak ne bi imelo večjega efekta.
- Velik del za investicije potrebnih sredstev je možno na posreden način, sproti in postopno tekom let privarčevati z racionalno rabo sredstev za investicije in za obratovanje na konvencionalnih področjih dejavnosti ravnanja z odpadki, npr.: 1) izrabo okoljskih prednosti lokacije, 2) sprotno izrabo zastoj dotekajočih zemljin za končno prekrivanje zaključenih delov odlagališča, 3) izrabo površin zaključenih delov odlagališča za potrebe izvajanja komplementarnih dejavnosti ravnanja z odpadki.

2. NABOR PRISTOPOV ZA SISTEMATIČNO UPORABO NARAVNIH DANOSTI

2.1 Eksploatacija idealne hidrogeološke lociranosti območja odlagališča

Podobno, kot je rudnik smiselno locirati prav tam, kjer se nahaja ruda, je tudi odlagališče odpadkov najbolj smiselno locirati prav tja, kjer potencialno ogroženih podzemnih vodnih teles sploh ni. Večina dikcij Uredbe o odlaganju odpadkov se neposredno ali posredno nanaša prav na preprečevanje tveganja za onesnaženje podzemne vode. Z dobro hidrogeološko umestitvijo odlagališča v prostor se lahko bistveno zmanjša ali popolnoma eliminira tveganje za onesnaženje podtalnice. Ob smiselnem strokovnem pristopu se bistveno zmanjšajo tudi stroški za investicije in obratovanje na takšni lokaciji. Odpre se cela paleta možnosti za uporabo mokrih (bioreaktorskih) tehnologij pri izgradnji in obratovanju sanitarnega odlagališča.

2.2 Eksploatacija hidrometeoroloških danosti lokacije območja odlagališča

Obstajajo možnosti za direktno izrabo energije iz obnovljivih virov v okoljske namene s pomočjo cenениh, 'low-tech' tehnologij, brez izgub pri pretvarjanju ene vrste energije v drugo.

Odstranjevanje izcednih in sorodnih tehnoloških voda v okolje s pospešeno evapotranspiracijo (ET) na ozelenjenih brežinah odlagališča:

Na lokaciji ajdovskega odlagališča sta vrednosti parametrov 'letna potencialna evaporacija' in 'letna precipitacija' bolj ali manj enaki (~ 1.600 mm). S pršenjem zajete vode ob dnevih z visoko potencialno evaporacijo (nizka relativna vlaga, vetrovno, sončno), dosežemo, da na teh konkretnih površinah velja : realna ET > potencialna ET.

Interno je bilo izvedenih več hidroloških testov, v bistvu sestojęčih iz dveh elementov:

- meritve izgube vode v atmosfero zaradi pršenja pri izvajanju recirkulacije znotraj nadzorovanega zaprtega sistema;
- primerjave pridobljenih vrednosti z izračunanimi vrednosti potencialne evaporacije, ki jih zagotavlja lastna, avtomatska meteorološka postaja.

Odstranjevanje pregnitega blata komunalnih čistilnih naprav:

Na območju kompleksa ajdovskega odlagališča se pregnitega dehidriranega blata ČN že od leta 2002 ni več odstranjevalo po metodi D1, t.j. z odlaganjem, temveč s trosenjem po sveže pokošenih brežinah zaključenega dela odlagališča v poletnem času (do 2500 t/ leto). Pri izpostavitvi tankega sloja blata intenzivni sončni radiaciji ne gre samo za sušenje odpadka, ampak tudi za njegovo higienizacijo ter za odstranjevanje suhe snovi iz blata. Za ugotavljanje učinkovitosti odstranjevanja blata po omenjeni metodi se je *in situ* izvajalo sledeče teste:

- meritve padanja mase dehidriranega blata na tanko razprostrtega na panelni plošči v odvisnosti od časa ali od izmerjene prejete energije globalnega obsevanja, meritve ponovnega povečanja mase zaradi absorpcije vode ob padavinah, meritve padanja vsebnosti dušika in organskega ogljika v blatu ter AOX v izlužku v odvisnosti od prejete energije;
- dolgoletno testiranje učinkovitosti delovanja celotnega sistema v merilu 1 : 1, med drugim monitoring kvalitete vode na iztoku iz območja odlagališča in v vmesnih tehnoloških fazah recirkulacijskega sistema, s povdarkom na nitratih in AOX.

Blato se postopno skoraj v celoti odstrani iz sistema (via fotodegradacija in emisije povsem vsakdanjih plinov v atmosfero, v manjši meri tudi z izluževanjem v hidrosfero), pri čemer pri nanašanju manjšem od 1000 t /ha.leto skorajda ne prihaja do zasedanja dodatnega volumna na konturah zaključče-

nega dela telesa odlagališča. Preostala masa trdne snovi (okoli 13% začetne mase dehidriranega pregnitega blata) ultimativno postane sestavni del tamkajšnjega pedona, in tega vedno znova in sproti prerašča nova (oz. bolje povedano, ena in ista) travna ruša. Če pri tem upoštevamo še posedanje telesa odlagališča, se nanašanje blata po brežinah geodetsko sploh ne more zaznati še veliko let potem, ko je odlagališče že bilo zaprto, po prenehanju posedanja pa se debelina prekrivke geodetsko debeli v povprečju le s hitrostjo nekaj mm/leto. Gre za odstranjevanje odpadka po metodi D2.

Meteorne vode z brežin na tanko prekritih z blatom so nekoliko obremenjene z nitrati, ki jih je zlahka možno odstraniti. Koncentracija težkih kovin je vedno bila daleč izpod MDK, ne glede na eventuelno povišano vsebnost določene kovine v blatu. Suspenzija blata, ki nastane z intenzivnim mešanjem vzorca v mešalniku v laboratoriju za potrebe analize izlužka vsebuje veliko koloidnih delcev, ki preidejo skozi steno filtra 0,45 μ m. Prav na teh delcih so večinoma adsorbirane težke kovine, ne v resničnem izlužku. V primeru aplikacije blata s trosenjem na zatravljenih brežinah odlagališča, do erozije tudi ob nalivih ne more priti, ker ni zadostnega hidrološkega zaledja. Uradno predpisana laboratorijska metoda v tem primeru ne simulira pogojev, kakršni obstajajo v realnem okolju.

3. NABOR UPORABLJENIH TRAJNOSTNIH OKOLJSKIH TEHNOLOGIJ

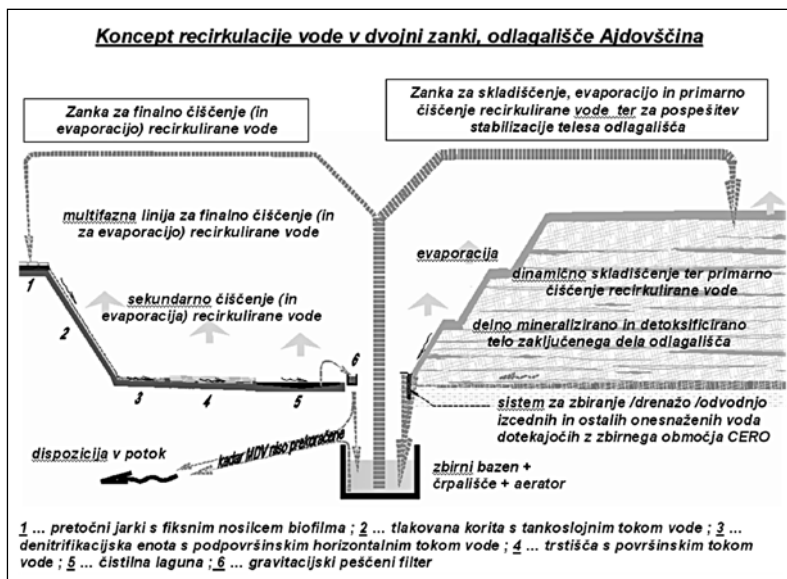
3.1 Prikaz delovanja sistema ravnanja z izcednimi in sorodnimi odpadnimi tehnološkimi vodami

Celotno območje ajdovskega odlagališča, vključno s površinami namenjenim komplementarnim dejavnostim ravnanja z odpadki, je bilo z globokimi obodnimi drenažnimi kanali ter obodnimi nasipi hidrološko razmejeno od okolice, s ciljem, da ta površina funkcionira kot samostojno, tehnološko obvladljivo vodozbirno območje. Celotna površina se sistematično koristi za potrebe izvajanja dejavnosti ravnanja z odpadki, vključno ozelenjene površine že zdavnaj zaključenih delov odlagališča, zato padavinska voda bolj ali manj vsepovsod pride v kontakt z odpadki. Ne glede na to, ali gre za infiltrirane/izcedne vode, za onesnažene meteorne vode, za vode od pranja smetarskih vozil ali za kompostne izcedne vode, vse te tehnološke odpadne vode so si sorodne, bolj ali manj onesnažene z istovrstnimi onesnaževali, zato se jih prestreza v skupni drenažno-odvodni sistem in odvaja v skupni betonski zbirni bazen. Od tu se jih potem recirkulira, in sicer v dveh paralelnih zankah- krogotokih. Sistem je celovito zasnovan tako, da upošteva oboje, tako vsakršne možne hidravlične obremenitve kot vsakršne možne kemijsko-fizikalne obremenitve odpadnih tehnoloških voda z onesnaževali.

Ena recirkulacijska zanka vedno deluje v zaprtem tokokrogu in je v odvisnosti od aktualnih hidrometeoroloških razmer namenjena bodisi začasnemu skladiščenju odvečne vode znotraj telesa odlagališča bodisi odstranjevanju akumulirane vode iz sistema s pospešeno evaporacijo in transpiracijo na samem površju odlagališča. S taisto recirkulacijo hkrati pospešujemo proces mineralizacije odpadkov znotraj telesa odlagališča ter primarno čistimo z onesnaževali bolj obremenjeno izcedno vodo iz 'svežega' dela odlagališča s filtracijo skozi telo že biostabiliziranega dela odlagališča. Regulacija se vrši deloma avtomatično, deloma ročno (vklapljanje/izklapljanje črpalk, odpiranje/zapiranje ventilov).

Druga recirkulacijska zanka je namenjena finalnemu čiščenju vode in deluje bodisi v odprtem bodisi zaprtem tokokrogu, kar se regulira v odvisnosti od aktualne kvalitete in/ali pretoka finalno očiščene odpadne tehnološke vode ter glede na pretok vode v recipientu. Za ugotavljanje učinkovitosti delovanja sistema se izvaja:

- redni monitoring na izpustu po Uredbi o odlaganju odpadkov na odlagališčih;
- interni monitoring (tedensko) v laboratoriju ČN Ajdovščina (amonij, nitrat, BPK₅, KPK) ter *in situ* meritve kvalitete vode (raztopljeni kisik, pH, prevodnost, temperatura) na izpustu in/ali v vmesnih fazah sistema;
- meritve pretoka na iztoku (posredno z merjenjem nivoja gladina v iztočni laguni);
- monitoring meteoroloških parametrov;
- občasni monitoring nekaterih drugih parametrov (AOX, TOC).



Slika 1.: Shematski prikaz koncepta recirkulacije v dvojni zanki, kakršen se uporablja na območju kompleksa odlagališča pri Ajdovščini.

Transparentnost izvajanja monitoringa:

- stalno snemanje mikrolokacije iztoka z video kamero, 'on line' dostop do posnetkov preko spletne strani Komunalno stanovanjske družbe Ajdovščina;
- v fazi vzpostavljanja: kontinuirni monitoring amonija kot referenčnega onesnaževala v pred-iztočni laguni, 'on line' dostop preko spletne strani.

3.2 Telo odlagališča odpadkov kot vodonosnik za začasno skladiščenje recirkuliranih vod

Mišljen je zajem pretežne količine vode, ki se generira v obdobjih dolgotrajnega jesenskega ali pomladanskega vlažnega vremena z ekstremnimi padavinami brez vmesnih prekinitev s suhimi, evaporaciji naklonjenimi dnevi. Z okoljevarstvenega stališča nam v ajdovskem primeru tega ne bi bilo treba zagotoviti, saj je kvaliteta tukajšnjih očiščenih voda ustrezna, recipient (meliorirani hudourniški potok, ki teče tik ob odlagališču), pa je ravno v takšnih okoliščinah zelo vodnat. Okoljevarstveno najboljši ukrep v takem primeru je, da se vodo izpušča v okolje, ne pa zadržuje v sistemu in kasneje za njeno evaporacijo potroši relativno veliko električne energije za prečrpavanje oz. tlačenje na pršilce. Ne glede na zgornje konstatacije se je sistem recirkulacije kljub temu nadgradilo z ustrezno akumulacijo iz sledečih razlogov:

- za potrebe izvajanja 'in situ' pilotnih raziskav v znanstveno-raziskovalne namene;
- za povečanje robustnosti in fleksibilnosti delovanja celotnega sistema ravnanja z odpadnimi tehnološkimi vodami;
- kot alternativna rešitev v primeru, da bi se srednji letni pretok presihajočega hudourniškega potoka in ne 600 m oddaljene reke Vipave uporabilo pri uradnih izračunih za določitev dovoljenih celoletnih emisij AOX z izcednimi vodami iz odlagališča; izračun po konzervativni varianti bi pokazal, da je tekom celega leta v potok iz območja odlagališča dovoljeno emitirati nič več kot le ~ 70 mg AOX.

V ta namen se je interno izvedlo več hidroloških testov, in sicer:

- za pridobitev ocene vrednosti koeficientov hidravlične prepustnosti skozi plasti odloženih odpadkov ter sanitarnih in končnih prekrivk se je izvedlo črpalni preizkus v saturirani coni na dnu zaključenega dela telesa odlagališča, več nalivalnih preizkusov, infiltracijske teste idr.;
- za pridobitev ocen vrednosti 'poljske kapacitete za vodo' ter gravitacijsko odcedljive poroznosti in poroznosti v plasteh odloženih odpadkov so se izvedli pilotni testi v nadzorovanem sistemu volumna 150 m^3 .

3.3 Telo odlagališča odpadkov kot semiaerobni bioreaktor in čistilna naprava za reciklirajoče vode

Prednosti aerobnih ali semiaerobnih sanitarnih odlagališč v primerjavi z veliko bolj znanimi anaerobnimi odlagališči enakih kapacitet in povprečnih starosti so očitne:

- količina metana, ki se v povprečju generira na enoto mase odloženega TOC, je manjša (v popolnoma aerobnem okolju proizvodnje metana sploh ni);
- difuzijske emisije metana so dodatno zmanjšane zaradi tendence po biooksidaciji že generiranega metana pred izpustom v atmosfero;
- procesi mineralizacije in posedanja telesa odlagališča potekajo hitreje;
- manjša je obremenjenost izcednih vod z onesnaževali.

Obstaja več tehnologij, ki se v svetu uporabljajo za zagotovitev semiaerobnosti okolja znotraj teles odlagališč odpadkov. V primeru, da upravljalcu ni potrebno varčevati pri izrabi koristnega odlagalnega prostora, je ajdovska metoda zagotovo najcenejša, kar jih obstaja. Vključuje sledeče elemente:

- ne kompaktira se odpadkov (vsaj ne z uporabo kompaktorja);
- zagotovljena je relativno velika površina vsakokratnega aktivnega odlagalnega polja (tako imajo najhitreje razgradljive substance možnost degradirati že na sami površini ali blizu površja);
- v telo odlagališča se ne vgrajuje biorazgradljivih monofrakcij odpadkov (v ajdovskem primeru se to ni dogajalo že od leta 2002 dalje);
- dejavnosti ločenega zbiranja ter izločanja bio-frakcij iz mešanih odpadkov pred odlaganjem sta razviti vsaj do te mere, da delež v telo odlagališča vgrajenih biorazgradljivih frakcij odpadkov ne presega ~33 %;
- telo odlagališča je prednostno oblikovano kot ravninski nasip (boki odlagališča so v celoti v stiku z atmosfero, prekrivka na brežinah je prepustna);
- vrednost parametra 'kvadratura površja telesa odlagališča' v.s. 'volumen telesa odlagališča' je večja od $0.15 \text{ m}^2/\text{m}^3$ (upošteva se pri oblikovanju telesa odlagališča);
- v telo odlagališča se recirkulira predhodno aerirana izcedna voda;
- vode se ne recirkulira na aktivno odlagalno polje.

Telo odlagališča-bioreaktorja je subhorizontalno stratificirano tako, da se izmenjujejo relativno dobro prepustne, par-metrov debele plasti neskompaktiranih odpadkov in slabo prepustne ~pol-meterske glinene plasti oz. leče od sanitarnih prekrivk. Tehnološki razlogi, zaradi katerih se je telo odlagališča strukturiralo na predstavljeni način, so izboljšanje nadzora nad migracijo in izpusti deponijskih plinov, bistveno zmanjšanje transmisivnosti vode v vertikalni smeri v primerjavi s horizontalno in povečanje kapacitete za biofil-

tracijo vode. Eventuelni izviri na brežini odlagališča, ki odvodnjujejo viseče podtalnice, so dobrodošel pojav- tudi s pretakanjem na površini se recirkulirajoča voda čisti.

Na odlagališču se interno izvajajo meritve difuzijskih in točkovnih emisij toplotnih plinov z uporabo preciznih in umerjenih prenosnih aparatov, za pridobivanje podatkov v območjih nizkih koncentracij (0,5 ppm – 2000 ppm za metan in 350 – 10.000 ppm za CO₂). Gre za:

- profiliranje površja telesa odlagališča, namenjeno detekciji mikrolokacij eventuelnih emisijskih oken;
- merjenje difuzijskih emisij z uporabo tehnike prestavljivih statičnih komor.

3.3 Površina zaključenega dela odlagališča odpadkov kot prostor za izvajanje komplementarnih dejavnosti ravnanja z odpadki

Poenostavljena percepcija ljudi do odlagališč odpadkov je, da so to objekti, ki po zapolnitvi koristnega odlagalnega prostora predstavljajo samo še okoljsko in ekonomsko breme. Takšen apriorni pristop je opaziti tudi pri projektantih in uredbodajalcih. Projekti so fokusirani na zadeve varovanja okolja in minimizacijo tveganja za onesnaženje okolja za stoletja naprej, a večinoma le na način, da se z dragimi preventivnimi gradbenimi ukrepi prepreči možnost interakcije med vsebino telesa odlagališča in okolico (tehnologija 'suhega odlaganja', enkapsulacija odloženih odpadkov). Površje takšnega odlagališča je po zaprtju neuporabno za izvajanje kakršnihkoli drugih dejavnosti ravnanja z odpadki, odpadki po zaprtju niti približno niso stabilizirani, objekt se tretira kot trajno skladišče za tam odložene odpadke. Zahteva po izvajanju monitoringa okolja v okolici takšnega objekta se zdi povsem samoumevna za obdobje 30 let po zaprtju, kot to zahtevajo predpisi. Vendar bodo žal odpadki takrat še vedno enako nestabilni. Tveganje bo po tridesetih letih kvečjemu še večje, kot je bilo na dan zaprtja, manjše nikoli.

V ajdovskem primeru se je ob izvajanju sanacije obstoječega telesa odlagališča 2002/2003 z geotehničnimi ukrepi poskrbelo, da je rezultirajoče diferencialno posedanje na vrhnjem platoju zaključenega dela odlagališča zadovoljivo majhno (danes znaša do 1 cm/leto na deset-merskih razdaljah). Na plato se je postavilo jedro linije za sortiranje in predelavo 'suhih' (koristnih) mešanih odpadkov v sekundarno gorivo, zmontirano na jekleni nosilni konstrukciji. Nivelacijo se izvaja s podlaganjem jeklenih ploščic pod pete nosilnih jeklenih stebrov konstrukcije, enkrat na dve leti. Popolnoma enako tehnologijo je možno uporabiti tudi za potrebe izgradnje lahkih montažnih objektov na tej lokaciji.

4. Z STANJE INFRASTRUKTURE ZA IZVAJANJE DEJAVNOSTI RAVNANJA Z ODPADKI NA LOKALNEM NIVOJU LETA 2011 IN PREDVIDENE NADGRADNJE SISTEMOV DO VKLJUČNO LETA 2015

Infrastruktura lokalnega sistema ravnanja z odpadki v sedanji fazi razvoja sestoji iz:

- mreže zbirnih mest za ločeno zbiranje odpadkov na terenu, t.j.:
 - o mreže ekoloških otokov (papir, steklo, embalaža) - 85% pokritost)
 - o mreže odjemnih mest za mešane komunalne odpadke (100% pokritost) in kuhinjske biorazgradljive odpadke (20% pokritost)
 - o mreže odjemnih mest za izvedbo občasnih akcij zbiranja odpadkov (za kosovni odpad, zeleni odrez in nevarne frakcije iz gospodinjstev) - slabo razvito
- kompleksa lokalnega CERO, ki je opremljen s ceneno:
 - o infrastrukturo centralnega zbirnega centra za potrebe ločenega zbiranja vseh LZF, njihovega baliranja, skladiščenja in odpreme
 - o infrastrukturo za sprejem in manipulacijo z biorazgradljivimi odpadki (kompostarna v nastajanju)
 - o infrastrukturo za obdelavo LZF pred njihovo odpremo; trenutno je obstoječa linija locirana na prostem, sestoji se iz šrederja, granulatorja, EM izločevalcev, sortirne kabine, gumi in lamelnih transporterjev, predstavlja jedro bodoče tehnološke linije za pripravo sekundarnega goriva (TGO) iz mešanih LZF
- obstoječega odlagališča nenevarnih odpadkov s:
 - o platojem za izločanje koristnih frakcij iz mešanih komunalnih odpadkov
 - o trenutno aktivnim delom odlagališča, kjer se izvaja dejavnost D1
 - o zaključenim delom odlagališča (brežine idealne za izvajanje dejavnosti D2, t.j. za odstranjevanje blat ČN in neuporabnih bio-stabilizatorjev)

Po zaprtju lokalnega odlagališča nenevarnih odpadkov 2015 bo celoviti lokalni sistem ravnanja z odpadki predvidoma obsegal podsisteme za:

- ločeno zbiranje na terenu; dejavnost bo razpolagala z:
 - o odjemnimi mesti za mešane odpadke (koristni suhi odpadki + kuhinjski biorazgradljivi odpadki + preostanek) : 100% pokritost
 - o ekološkimi otoki (steklo + papir) : 100% pokritost
 - o zbiralnicami 1. reda ('mini zbirnimi centri') na vsakih ~2500 prebivalcev (kosovni odpad + zeleni odrez + gospodinjski mineralni (gradbeni) odpadki + odpadna bela tehnika + odpadni TV ekrani/ monitorji + odpadni mali EE aparati + odpadna embalaža barv in lakov +)



Slika 2.: M Situacija kompleksa odlagališča in lokalnega CERO 3. reda Ajdovščina. Prikazana je tudi mikrolokacija za postavitev eventuelne bioplinarne.

- izvajanje dejavnosti v okviru lokalnega CERO; infrastruktura zaobjema:
 - centralni zbirni center z balirnico
 - kompostarno
 - objekt za sprejem in primarno obdelavo kuhinjskih bio-odpadkov
 - kompostno ploščad z nadzorovanim vpihovanjem
 - platoje za obdelavo z mobilnimi postroji (sejanje, drobljenje)
 - linijo za obdelavo suhih LZF komunalnih odpadkov
 - montažni objekt s sortirnico za koristne suhe frakcije odpadkov skupaj z linijo za proizvodnjo trdnega goriva
 - pokriti plato za razvrščanje kosovnih odpadkov po frakcijah
 - zunanji platoji, manipulacijske površine, boksi za skladiščenje
 - odlagališče inertnih odpadkov (zemljine od izkopov, gradbeni odpadki, itd.)
 - zaprto odlagališče nenevarnih odpadkov (brežine se uporabljajo za odstranjevanje pregnitega blata ČN po metodi D2)

Z relativno ceneno nadgradnjo obstoječe tehnologije iz 2011 bo lokalna skupnost po letu 2015 sposobna delež preostanka odpadkov zmanjšati iz dosežanih 70% tudi na le 10%, če bi se to izkazalo za potrebno. Razni potencialno

možni zaviralni vplivi iz širšega okolja lahko seveda poslabšajo izid. Obrazložitev tehnoloških posebnosti:

1. Ločeno zbiranje:

Drastična redukcija preostanka MKO z uporabo koncepta odjemnih mest za tri vrste 'mešanih komunalnih odpadkov': 1) koristnih suhih frakcij odpadkov (rumena vreča doma, rumeni zabojnik na odjemnem mestu), 2) biorazgradljivih 'mokrih' frakcij odpadkov iz gospodinjestev (rjavo vedrce doma, rjavi zabojnik na odjemnem mestu) in 3) preostanka komunalnih odpadkov. Dodatno, vzpostavitev mreže zbiralnic 1. reda (mini zbirnih centrov) za kosovni odpad, zeleni odpad, mineralne (gradbene) odpadke iz gospodinjestev.

2. Obdelava suhih koristnih frakcij komunalnih odpadkov:

Fluks od ločenega zbiranja mešane komunalne frakcije z nazivom 'koristni suhi odpadki iz gospodinjestev' se usmeri na linijo za sortiranje ter pripravo TGO iz rezultirajočih nerekiclabilnih sub-frakcij odpadkov v okviru lokalnega CERO. Takšno gorivo je zlahka 1) boljše kvalitete ter 2) stroškovno cenejše v primerjavi z RDF, kakršen se proizvaja na MBO-linijah v sklopu regionalnih RCERO. Ajdovski koncept je torej ta, da poskrbimo za to, da t.i. 'lahka frakcija', ki bi jo sicer bilo potrebno na MBO- linijah izločiti iz mešanih komunalnih odpadkov, sploh ne zaide med mešane komunalne odpadke in se tam kontaminira.

3. Obdelava ločeno zbranih biorazgradljivih frakcij odpadkov:

Kompostarna v sklopu lokalnega CERO Ajdovščina je namenoma bila projektirana tudi za potrebe obdelave kuhinjskih biorazgradljivih odpadkov, ki vsebujejo tudi odpadke živalskega izvora. Če pogoja higienizacije ali katerega drugega pogoja glede kvalitete komposta eventualno ne bi dosegli, se bo z materialom ravnalo podobno kot s pregnitim blatom ČN (že omenjena metoda odstranjevanja D2).

3.1 Možnost nadgraditve sistema z bioplinarno

Bio-odpadke je smiselno energetsko izrabljati. Gledano globalno, družba in okolje s tem pridobita kar dvakrat: 1) na račun proizvedene energije iz odpadkov se ustrezno zmanjša povpraševanje po primarnih energentih, in 2) gre za proizvodnjo energije iz obnovljivih virov.

Zelena elektrika, proizvedena iz bioplina iz žitaric je skoraj dvakrat višja od cene elektrike, proizvedene iz bioplina iz komunalnih bio-odpadkov. Rezultat takšne politike subvencioniranja je sledeč: 1) praktično nič proizvedene elektrike iz bioplina iz biorazgradljivih LZF komunalnih odpadkov v Sloveniji ter preveč proizvedene elektrike iz bioplina iz žitaric in 2) dolgoročno višja povprečna cena smetarine v Sloveniji, kot bi lahko bila sicer, saj regulativa

subjektov iz javnega sektorja ne vzpodbuja k racionalnemu okoljskemu in energetskega načrtovanju.

Lokalni ajdovski CERO je že danes usposobljen iz dotokov biorazgradljivih frakcij odpadkov iz lokalnega zbirnega območja pripravljati materiale zadovoljive kvalitete za energetske reciklažo na kurilnih napravah (kot trdno gorivo) in v bioplinarnah (kot substrat primeren za fermentacijo). Rezervna varianta ravnanja s temi odpadki je, da se proizvedene sekance iz odpadne lesne bio-mase ter proizvedeni substrat iz prečiščenih, zmletih kuhinjskih odpadkov nadalje obdela kar doma, v lastni kompostarni. Ta opcija bo lokalnemu upravljalcu vedno ostajala na razpolago, če odjemalcev za energetske reciklate iz tega ali onega razloga ne bi bilo oz. bi za prevzem zahtevali plačilo.

Količina lokalno zbranih komunalnih bio-frakcij na ajdovskem zbirnem območju ne zadošča za potrebe učinkovitega obratovanja še tako male bioplinarne. Bioplinarna pa bi lahko odlično delovala v regionalnem kontekstu, kot dislocirana enota v sestavi načrtovanega RCERO severno-primorske regije. V ta namen je občina bila rezervirala ustrezne parcele na širšem območju obstoječega lokalnega odlagališča. Ta pristop je bil s strani sektorja za kohezijsko politiko MOP in partnerjev v regiji pred enim letom zavržen na podlagi sledečih argumentov (dodani so tudi komentarji):

- Bioplinarna z elektrarno ni infrastruktura, ki sodi v sklop RCERO, saj se s prodajo elektrike lahko pridobiva dobiček, kar pa ni v interesu delovanja javnih podjetij (*nasprotno, trajnostni pristop že po definiciji apriorno podrazumeva, da se sredstva od prodane 'zelene' elektrike kanalizira v razvoj ali za subvencioniranje cene smetarine*).
- Tehnološka zasnova ajdovske bioplinarne predvideva kot substrate uporabljati tudi aktivno blato domače KČN kot tudi odpadke iz kmetijstva ter živilske industrije, to pa nima s vzpostavljanjem regijskega sistema ravnanja s komunalnimi odpadki nič skupnega (*znanost o okolju podrazumeva holistični pristop pri reševanju kompleksnih okoljskih problemov,; pomislimo na vrednost rezultatov na medicinskem področju, če/kadar bi zaradi avto-generiranih birokratskih razlogov morali zdravniki na parcialen način pristopati k zdravljenju pacienta*).
- Severno primorska regija ne razpolaga z zadostno količino biorazgradljivih frakcij odpadkov, saj gre za ruralno območje (*taista 'argumentacija' pa ni bila upoštevana pri konceptualizaciji in dimenzioniranju tehnologije MBO za mešane odpadke v okviru RCERO, saj se s predpostavko velikega deleža biofrakcij med MKO predvideva vzpostaviti kar štiri sisteme, in sicer za biosušenje mešanih komunalnih odpadkov, proizvodnjo bioplina na gnilišču, kompostiranje pregnite težke frakcije*

ter za zbiranje bioplina na odlagališču; poleg tega se kapacitete naprav MBO dimenzionira kar na podlagi aktualnih podatkov o količinah MKO.

Občina sedaj načrtuje izvedbo razpisa za prodajo zemljišč v neposredni bližini obstoječega odlagališča za potrebe postavitve bioplinarne v okviru privatnega sektorja. Načrtovana privatna bioplinarna lahko v prvem letu do dveh po vzpostavitvi obratuje le kot 'kmetijska' bioplinarna, saj je delež zagarantiranih količin komunalnih odpadkov, ki bi se jih v substrat predelali v CERO Ajdovščina, prenizek za zagon 'komunalne' bioplinarne, a bi se delež komunalnih substratov z leti hitro povečeval (s pričakovanimi dotoki bioodpadkov od drugod, lahko tudi iz bližnjih italijanskih provinc).

4.) Ravnanje z inertnimi mineralnimi odpadki (zemljine od izkopov itd.)

Predvidena dispozicija teh odpadkov bo odlagališče inertnih odpadkov, ki bo po 2015 delovalo v sestavi lokalnega CERO Ajdovščina.

5. VREDNOSTI REFERENČNIH OKOLJSKIH IN SOC-EKONOMSKIH PARAMETROV

5.1 Specifične emisije karakterističnih onesnaževal v okolje

Referenčni zaokroženi podatki za obdobje 2008 – 2010:

1. Lokalno odpadkovno zbirno območje zajema 23.500 prebivalcev.
2. Odlagalo se je po cca 8.500 t komunalnih in njim podobnih odpadkov na leto.
3. Aerobno obdelovalo in po metodi D2 odstranjevalo po 3.000 t raznih biorazgradljivih frakcij odpadkov na leto (od tega 500 t bio-komunalnih in 2.200 t pregnitega blata ČN).
4. Skupno se je torej odstranjevalo po cca. 11.500 t nenevarnih odpadkov na leto.
5. Po izvedbi predhodnih faz obdelave in skladiščenja LZF odpadkov se je v reciklažo odpremilo do 1.500 t raznih reciklatov na leto.
6. Skupne količine v kompleks prejetih odpadkov torej 13.000 t/leto (brez inertnih).
7. V kanalizirani potok oz. posredno v bližnjo reko Vipavo je bilo izpuščeno do 12.000 m³ vode na leto in z njimi je bilo letno emitirano cca. 0.7 kg AOX, 275 kg amonijevega dušika, 70 kg nitratnega dušika, 1500 kg KPK, 150 kg BPK₅. V ozračje emitirano letno po cca. 60 t CH₄.

Tabela 1.1: Specifične letne emisije onesnaževal z izcednimi vodami in metana v okolje '08-'10.

	[g/t] na tono odstranjenega odpadka	[g/t] – na celotno prejeto količino odpadkov	[g / prebivalca]
AOX v povr. vode	0,061	0,053	0,030
NH ₄ ⁺ (izražen kot N) v površin. vode	24	21	12
NO ₃ ⁻ (izražen kot N) v površin. vode	6.1	5.4	3
KPK v površ. vode	130	115	64
BPK ₅ v površ. vode	13	11,5	6,4
CH ₄ v ozračje	5.200	4.600	2.600

Švinec, živo srebro in kadmij so bili v vseh vzorcih vedno pod mejo detekcije. Vrednost parametra strupenost za vodne bolhe $S_{D_{1dan}}$ v vseh vzorcih na iztoku enaka 1. Žabe že najmanj 5 let naseljujejo vodna telesa multifazne sonaravne naprave za finalno čiščenje izcedne vode.

Komentar: Emisije onesnaževal so relativno nizke. Če npr primerjamo emisije AOX iz območja ajdovskega odlagališča z emisijami iz kilometer oddaljene ajdovske KČN, ugotovimo, da gre tam za dva desetiška reda velikosti večje izpuste AOX v okolje, monitoringa AOX pa tam sploh ni treba izvajati. Pomemben okoljski parameter je sicer tudi pretok vode v konkretnem recipientu. Matematično gledano bi že infinitezimalno mala količina onesnaževala odvedena v lokalni potok (če bi le-tega definirali za recipient, ne pa bližnje reke Vipave) prekomerno obremenila okolje, kadar v njem ne bi bilo vode.

Prikazana vrednost specifičnih emisij metana je ena najnižjih, kar jih je v praksi sanitarnih odlagališč možno doseči (v obliki metana se v atmosfero sprosti le okoli 8 % v telo odlagališča vgrajenega bio-ogljika).

Pričakovani referenčni podatki za obdobje po 2015* (*za oceno emisij, materialnih in stroškovnih tokov se bo upoštevalo najverjetnejšo konfiguracijo delovanja takratnega tehnološko/- okoljskega kompleksa)

1. Odvoz preostanka MKO s prevzemnih mest direktno na RCERO: 1.500 t/leto
2. Skupne količine v kompleks lokalnega CERO prejetih odpadkov: 11.500 t/leto (brez inertnih).
3. Vseh bio-frakcij prejetih na območje kompleksa lokalnega CERO: 5500 ton/leto.
4. Obdelalo se bo po cca. 2.500 t raznih biorazgradljivih frakcij odpadkov na leto (2.000 t komunalnih) in jih kot energente (lesna biomasa, substrat za fermentacijo) odpremljalo zunanjim prevzemnikom.
5. Po metodi D2 se bo odstranjevalo do 3.000 t pregnitega blata ČN/leto.

6. Po izvedbi predhodnih faz obdelave in skladiščenja LZF odpadkov se bo v reciklažo odpremljalo do 2.000 t raznih reciklatov ter do 4.000 t TGO na leto.
7. V kanalizirani potok oz. posredno v bližnjo reko Vipavo bo letno emitirano cca po 0,5 kg AOX, 200 kg amonijevega dušika, 100 kg nitratnega dušika, 100 kg BPK₅, 1.200 kg KPK. V ozračje bo emitirano letno po cca. 30 t CH₄.

Tabela 2.: Pričakovane specifične letne emisije onesnaževal v okolje iz območja kompleksa lokalnega CERO, vključno iz telesa pravkar zaprtega odlagališča nenevarnih odpadkov po 2015.

	[g/t] – na celotno količino prejetih bioloških frakcij odpadkov	[g/t] – na celotno prejeta količina vseh frakcij odpadkov	[g / prebivalca]
AOX v površ. vode	0,091	0,043	0,021
NH ₄ ⁺ (izražen kot N) v površin. vode	36	17	9
NO ₃ ⁻ (izražen kot N) v površin. vode	18	9	4
KPK v površ. vode	218	104	51
BPK ₅ v površ. vode	18	17	4
CH ₄ v ozračje	2.600	2.300	1.300

Komentar: Tisti del onesnaževal, ki se generira znotraj telesa odlagališča in z izcednimi vodami izhaja na površje, bo zaradi nadaljevanja izvajanja recirkulacije vode v telo odlagališča z leti hitro upadal. Okoli leta 2020 bi te vode, če bi se z njimi ravnalo ločeno, že ustrezale pogojem za direkten izpust v potok. S tehnološkimi odpadnimi vodami, ki bodo na tukajšnji lokaciji nastajale zaradi izvajanja dejavnosti obdelave in skladiščenja raznih frakcij odpadkov se bo ravnalo enako kot prej, t.j. z uporabo obstoječe tehnologije recirkulacije.

5.2 Nabor referenčnih specifičnih kazalcev okoljske učinkovitosti pri ravnanju s trdnimi komunalnimi odpadki na lokalnem nivoju

Za obdobje 2008 – 2011:

1. Razmerje 'odloženi komunalni odpadki': 'zbrani komunalni odpadki' : 81%
2. Odloženi odpadki / (leto preb.): 360 kg
3. Zgornja kurilna vrednost odloženih odpadkov: 16 MJ/kg s.s..(ocena na podlagi sortirnih analiz in podatkov iz literature za posamezne subfrakcije)
4. TOC odloženih odpadkov : 8 % (ocena- na podlagi uradnih sortirnih analiz)

5. Respiracijska aktivnost (AT-4) v telo odlagališča vgrajevanih meš. kom. odp. (ocena na podlagi izvedbe sortirnih analiz in podatkov iz literature): 20 mg O₂/g s.s.
6. Ločeno zbrani biorazgradljivi komunalni odpadki / (leto preb.): 21 kg
7. Odpremljeni reciklati (sekanci vključeni) / (leto preb.): 64 kg
8. Zbrani nevarni odpadki iz gospodinjestev / (leto preb.) brez OEEO: 0,6 kg
9. Odstranjevanje pregnitega blata KČN po metodi D2 / (leto prebivalca): 94 kg

Komentar: Vrednosti parametrov učinkovitosti izvajanja dejavnosti ločenega zbiranja in odpremljanja reciklatov so trenutno na ajdovskem slabše od slovenskega povprečja. Razlogi za tako stanje so sledeči: 1) veliko let trajajoče obratovanje ob nizki oz. najnižji ceni smetarine v Sloveniji; 2) na ajdovskem je bil razvoj fokusiran na dolgoročne cilje, npr. v vzpostavljanje tehnoloških jeder lokalnega CERO.

Za obdobje po 2015 (po zaprtju obstoječega lokalnega odlagališča):

1. Razmerje 'zbrani preostanek meš. kom. odpadkov': 'zbrani komunalni odpadki': 16 %
2. Preostanek s prevzemnih mest + ostanek obdelave LZF / (leto preb.): 65 kg
3. Zgornja kurilna vrednost zbranega preostanka meš.kom.odpadkov: 13 MJ/kg s.s.
4. TOC zbranega preostanka meš.kom.odpadkov: 7 %
5. Respiracijska aktivnost (AT-4) ločeno zbranega preostanka meš. k. o.: 15 mg O₂/g s.s.
6. Ločeno zbrani komunalni biorazgradljivi odpadki / (leto preb.): 85 kg (masa hitro- izcedne vode ni všteta)
7. Odpremljeni TGO in substrati iz kom. bio- frakcij odpadkov / (leto preb.): 85 kg
8. Kurilna vrednost odpremljenega TGO iz odpadne lesne biomase: 15 MJ/kg
9. Metanogenetski potencial pripravljenega substrata iz bio-odpadkov: 0,2 kg CH₄/kg s.s.
10. Odpremljeni reciklati / (leto.prebivalca): 85 kg
11. Zbrani nevarni odpadki iz gospodinjestev / (leto preb.) brez OEEO: 1,8 kg
12. Proizvodnja TGO iz presortiranih suhih LZF/ (leto preb.): 170 kg
13. Predvidena kurilna vrednost TGO: nad 20 MJ /kg
14. Predvidena vsebnost vode TGO: pod 15 %
15. Predvidena vsebnost klora TGO: pod 1 % s.s
16. Odstranjevanje pregnitega blata KČN po metodi D2 / (leto preb.): 125 kg

Komentar: V fazi ločenega zbiranja je možno dramatično znižati delež frakcije MKO, ni pa možno zreducirati zgornje kurilne vrednosti pod vrednost 6 MJ/kg, TOC pod 5% in AT-4 pod 10 mg O₂ / g s.s. tega odpadka. Tudi če bi

preostanek MKO zreducirali samo še na rabljene plenice in tampone, bi H₀ tega odpadka znašal preko 20 MJ/ kg s.s., TOC preko 10% in AT-4 preko 15 mg O₂ / g s.s.

5.3 Nabor specifičnih kazalcev razvojno-ekonomskega in socialno-ekonomskega značaja s področja izvajanja dejavnosti ravnanja z odpadki

V obdobju 2001 – 2011:

1. Višina smetarine/glavo prebivalca 2004 - 2011: 1,74 EUR/mesec (pred tem veliko nižja)
2. Povprečna cena za prevzem raznih mešanih, komunalnim podobnih odpadkov iz industrije in storitvenih dejavnosti 2004- 2011: ~ 70 EUR/t (pred tem veliko nižji)
3. Cena za prevzem gradbenih mineralnih odpadkov in zemljin od gradbenih izkopov za gradbena podjetja: 0 EUR/ t
4. Cena za odstranjevanje blata KČN 2004 – 2010: 16.7 EUR/t (pred tem še veliko nižja)
5. Razmerje (prilivi od smetarine) : (vsi prilivi iz odpadkovnih dejavnosti) : ~ (0.55 : 1)
6. Razmerje (celoletni stroški obratovanja dejavnosti) / (vsi prilivi) : ~ (1 : 1)
7. Investicije v infrastrukturo kompleksa (CERO + odlagališče) iz amortizacije /prebivalca 2002 - 2010: ~ 2,1 EUR/leto
8. Investicije v infrastrukturo kompleksa (CERO + odlagališče) iz sredstev okoljske dajatve / prebivalca 2002 – 2010: ~ 8,5 EUR/leto
9. Investicije v infrastrukturo kompleksa (CERO + odlagališče) iz obč. proračunov/ prebivalca 2002 – 2010: ~ 1,3 EUR/leto
10. Investicije v zbiranje in odvoz / glavo prebivalca 2002 – 2010 : ~ 4.3 EUR/leto.

Komentar: Specifični stroški obratovanja so bili med najnižjimi, če ne celo najnižji v Sloveniji. Isto velja za smetarino in za cene izvajanja storitev za gospodarske subjekte. Zemljine od gradbenih izkopov so bile na rampi sprejemanje zastoj, vendar z dolgoročnim ciljem sprotnega prekrivanja zaključenih delov odlagališča; tako občinam lastnicam danes ni treba nalagati velikanskih sredstev za jamčenje izvedbe nečesa, kar je že bilo izvedeno. Investicije v dejavnost na glavo prebivalca so tudi bile med najnižjimi v Sloveniji.

V obdobju 2012 – 2015:

1. Predvidena višina smetarine / prebivalca: ~ 3,0 EUR/mesec
2. Investicije v infrastrukturo kompleksa (CERO + odlagališče) / prebivalca: ~ 16 EUR/leto
3. Predvidene investicije v ločeno zbiranje / prebivalca: ~ 7 EUR/leto

4. Predvidena vlaganja s strani lokalnih skupnosti (Ajdovščina in Vipava) v regijski RCERO in regijsko odlagališče / prebivalca: ~ 13 EUR/leto.

Komentar: Predvidena vrednost investicij v infrastrukturo dejavnosti ravnanja z odpadki na glavo prebivalca je primerljiva s situacijo drugod po Sloveniji v tem taistem obdobju, ko se izgrajujejo regijski centri, nadgrajujejo sistemi ločenega zbiranja, zapirajo obstoječa odlagališča, ipd. V ajdovskem primeru te investicije vključujejo 1) dokončanje izgradnje že vzpostavljenih jeder sistemov za izvajanje dejavnosti obdelave LZF odpadkov v okviru lokalnega CERO, 2) nadgradnjo sistema ločenega zbiranja ter 3) sorazmerno participacijo pri investicijah v izgradnjo regijske infrastrukture RCERO.

V obdobju po 2015 (po zaprtju obstoječega lokalnega odlagališča):

1. Višina smetarine / prebivalca: ~ 3,3 EUR/mesec
2. Predvidena cena za mešane komunalne odpadke na rampi RCERO: ~ 115 EUR/t
3. Odlivi za pokrivanje stroškov prevzema preostanka m.k.o. na rampi RCERO/prebivalca : ~ 0,6 EUR/mesec
4. Razmerje (vsi prilivi iz dejavnosti ravnanja z odpadki na lokalnem nivoju): (prilivi od smetarine minus odlivi za storitve RCERO): ~ 1 : 1

Komentar: Vrednosti predstavljenih kazalcev so lahko kvečjemu ugodnejše od povprečno pričakovanih v Sloveniji.

6. ZAKLJUČEK

Ob pomanjkanju ustreznjših rešitev je tokove lokalno generiranih komunalnih in drugih odpadkov možno okoljsko celovito in ekonomično obvladovati tudi na lokalnem nivoju. Ajdovski primer je zelo primeren za implementacijo v deželah v razvoju. Predmetni pristop v prvi vrsti predpostavlja, da je lokalna skupnost sposobna izpeljati začetni, ceneni, a najpomembnejši korak, to pa je izbira primerne lokacije za odlagališče, predvsem s hidrogeološkega vidika. Drugi korak je zaposlitev okoljsko in tehnološko izobraženega kadra, predanega ideji trajnostnega razvoja. Na tej platformi je možno tehnologijo odlagališča brez težav inovativno zastaviti tako, da bo obratovanje tako ceno kot učinkovito. V obdobju, dokler odlaganje odpadkov predstavlja poglavitno dejavnost ravnanja z odpadki, se mora sinhrono dogajati razvoj na komplementarnih področjih ravnanja z odpadki. Z malimi sredstvi, ki so pač na razpolago, se kompleks odlagališča ob jasni dolgoročni viziji lahko postopno nadgrajuje tako, da se nazadnje transformira v sinergično zasnovan in efektiven kompleks CERO 3. reda.

VIRI IN LITERATURA

- [1] Tolaymat, T., Kremer, F., Carson, D., Hoover, W., (2004): Monitoring approaches for landfill bioreactors. EPA/600/R-04/301.
- [2] Capaccioni, B., et al., (2010): Monitoring of landfill gas emission rates: application of the static chamber approach to an Italian landfill site. WIT Transactions on Ecology and the Environment, Vol 140.
- [3] Gomez, B.R., Ferrer, A.S., (2006): The use of respiration indices in the composting process: a review. Waste Management & Research: 24: 37-47.
- [4] Scaglia, B., Adani, F., Confalonieri, R., D'Impotzano, G., (2010): Estimating biogas production of biologically treated municipal solid waste. Bioresorce Technology 101, 945-952.
- [5] Ritzkowski, M., Stegmann, R., (2005): Mechanisms affecting the leachate quality in the course of landfill in situ aeration. Proceedings Sardinia 2005, Tenth International Waste Management and Landfill Symposium, Cagliari.
- [6] Long, Y., et al., (2009): Nitrogen transformation in the hybrid bioreactor landfill. Bioresource Technology 100, 2527-2533.
- [7] Stern, J.C., et al. (2007): Use of a biologically active cover to reduce landfill methane emissions and enhance methane oxidation, Waste Management 27, 1248 – 1258.
- [8] Ying, W., Duffy, J.J., Tucker, M. E., (2006): Removal of humic acid and toxic organic compounds by iron precipitation, Environmental Progress, Volume 7, Issue 4 , 262 – 269.
- [9] Nastev, M., et al. (2001): Gas production and Migration in Landfills and Geological Materials, Journal of Contaminant Hydrology, Volume 52, Issues 1-4, 187 – 211.
- [10] Diaz, L.F., Savage, G.M., Eggerth, L.L., (2007): Management of solid wastes in developing countries. IWWG Monograph Series.



ID 07

Aeration of waste dumps with DEPO+

Juergen KANITZ¹, prof.dr. Frank OTTO²

¹ CDM Consult GmbH, Am Umweltpark 3 – 5, D-44793 Bochum, GERMANY
juergen.kanitz@cdm.com

² Technische Fachhochschule Georg Agricola (TFH), University of Applied Sciences, Herner Strasse 45, D-44787 Bochum, GERMANY
otto@tfh-bochum.de

Abstract

In dumps with municipal waste the organic parts will be degraded into landfill gas. This gas normally consists about 55% CH₄ + 35% CO₂ + 4% N₂ + 6% H₂O. Because of the energetic potential of this gas it will be collected and burned either in generators or torches. The energetic use of the gas is the best way to handle with. For this handling there is a need for an infrastructure which is adequate to the expected amount of gas. But normally there is a lack between the postulated amount of gas and the measured amount of gas. Great parts of the deposit are too cold and/or too dry. Therefore a great part of the organic material will not be degraded into landfill gas.

In DEPO+ oxygen from ambient air will be brought into the upper layers of a deposit. The chemical reaction of the organic material with oxygen will cause a higher humidity and a higher temperature in lower layers of the deposit. Under these conditions the production of useable gas will rise again.

Key words: organic material, anaerobe conditions, aeration.

Povzetek

V odlagališčih komunalnih odpadkov se organski del odpadkov pretvori v deponijski plin. Deponijski plin praviloma vsebuje okoli 55% CH₄ + 35% CO₂ + 4% N₂ + 6% H₂O. Zaradi energijskega potenciala se deponijski plin zbira in sežiga v plinskih agregatih ali na baklah. Energijska izraba je najboljši način ravnanja z deponijskim plinom. Za takšno ravnanje je potrebno zagotoviti infrastrukturo, ki ustreza pričakovanim količinam deponijskega plina. V praksi je praviloma vedno določeno odstopanje med predvideno/izračunano/pričakovano količino in dejansko na terenu izmerjeno količino deponijskega plina. Precejšnji deli odlagališča imajo lahko tudi prenizko temperaturo in/ali pa so presuhi. To lahko pomeni da se precejšen del organske snovi v odlagališču ne bo razgradil v deponijski plin.

S pomočjo DEPO+ se kisik iz zraka v okolici odlagališča vrača nazaj v zgornjo plast odlagališča. Kemijska reakcija med organsko snovjo in kisikom povzroči povečano vlažnost in višjo temperaturo v nižje ležečih plasteh odlagališča. Pod takšnimi pogoji proizvodnja uporabnega plina ponovno naraste.

Ključne besede: organska snov, anaerobni pogoji, zračenje.

1. PREFACE

The following text includes options for handling and treatment of landfill sites, which were filled with household waste and similar commercial waste. The process of aeration of municipal landfills according to the DEPO + method was originally developed to improve the discharge of residual organic matter from closed landfill sites and to minimize residual emissions. In the further development the system was enhanced to activate the gas production again, which before came more or less to a standstill. In any case the main goal of the system is to stabilize the dumped material by dismantling the biodegradable organic.

2. ONGOING CHEMICAL REACTIONS IN LANDFILLS AND OLD DEPOSITS

In the beginning of the deposition, a biological conversion of the deposits in landfills takes place. During the first period the existing oxygen is used. When the oxygen is used up, a multilevel fermentation starts. In this period the biogenous organic substances will be converted to methane and carbon dioxide. The generated methane could be used for energy and the concentration should rise up to about 55 vol.%. For that reason and also for stopping the gas migration out of the landfill, the methane is sucked away.

During the conversion of the organic substances water soluble compounds appear. Most of them will be reduced to biogas, but some of them will reach the groundwater if the basis is not sealed. They could be verified as COD in the leachate. Another pollutant is ammonium coming from the reduction of proteins.

The concentration of methane will decrease after some years down to 25 – 30 vol.% and could not be used for energy production any longer. The gas plant will be shut off and the landfills will be left on their own.

Beside this the degradation of the biogenous organic matters to methane and carbon dioxide will continue under anaerobic conditions. If the landfill is not puddled or sealed the gas migrates into the surrounding soil and air. This could be extremely dangerous for surrounded residential areas, because of generating an explosive methane/air mixture in basements.

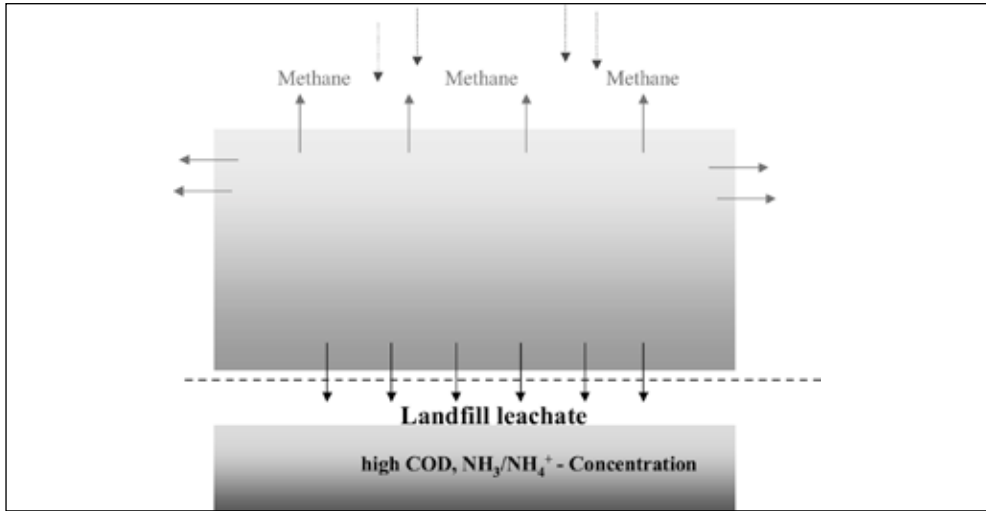


Figure 1.: *Domestic refuse landfill (Scheme).*

Together with steam and carbon dioxide, methane is one of the important greenhouse gases in the atmosphere and the disposal into the atmosphere should be reduced if possible.

Another problem is the leachate of the landfill. After decades of time concentrations of COD and ammonium above the legal values could be measured.

3. THE DEPO+ METHOD FOR IN-SITU DECOMPOSITION IN DOMESTIC REFUSE LANDFILLS

The term aeration defines the method of controlled oxygen entry into a landfill to create aerobic conditions for metabolizing biogenous organic matter. The specific character of the A 3 method is, that the oxygen will be inserted by suck-aeration with special multilevel, in the base filtered, wells. Local heating, as a result of exothermic degradation biogenous organic matter in high oxygen concentration, and drying of the deposit will be eliminated.

Oxygen is inserted into the landfill via air and changes the anaerobic conditions for the carbon organic matters in the landfill to aerobic conditions. After a period of time the concentration of methane decrease and the deposit will be degraded aerobically. Under aerobic conditions the degradation could be active adjusted 10 to 20 times higher than under passive anaerobic conditions.

According to the DEPO+ method, a permanent vacuum is created. Therefore the air is forced to flow through the complete deposit. In the deposit the biogenous organic substances will be converted from the outer to the inner area.

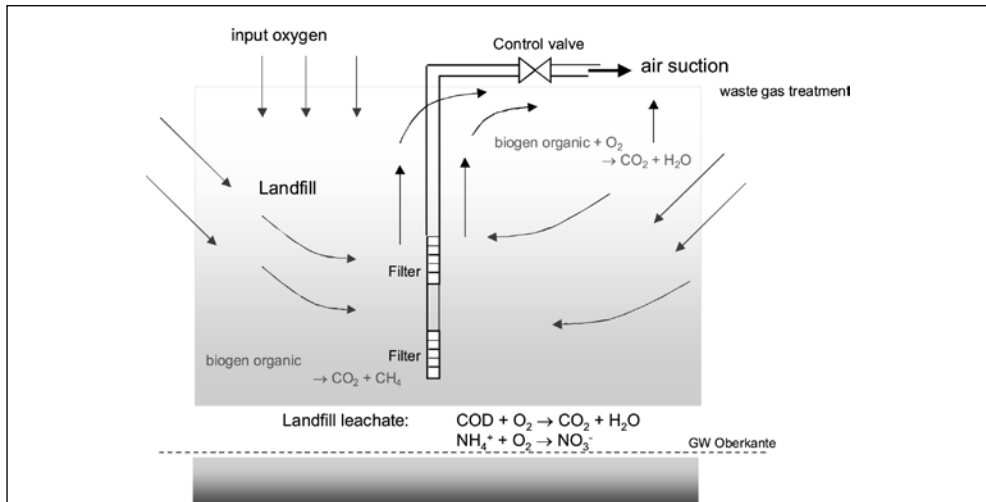


Figure 2.: *In-situ decomposition – in-situ aeration with DEPO+ method.*

When air is flowing through the deposit from the outer to the inner area of the deposit, the flow velocity is very low, the released heating is also very low and therefore the temperature of the gas rises not much. The generated water is sufficient for not drying the deposit.

In many applications a treatment for 5 - 10 years should be enough for a fully "mineralization" of the organic compounds and a complete reduction of the emissions.

Advantages of the DEPO+ method for in-situ decomposition in domestic refuse landfills:

- Accelerated *in situ* decomposition of the harmful substances in the landfill
- Reduction of the after-treatment period for closed landfills and deposits and also a cost reduction
- Effective reduction of harmful substances in landfills
- Elimination environmental damaging methane emissions and reduction of leachate pollution (as prevention for ground water pollution)

4. TECHNICAL REALIZATION OF THE DEPO+ METHOD FOR IN-SITU DECOMPOSITION IN DOMESTIC REFUSE LANDFILLS

4.1 Landfill at »Baldurstr-Bockholtstr. /Kassenberger Str.« – City of Bochum

The landfills are located in Bochum-Harpen. The area was analyzed during an investigation of existing waste deposits and was classified as dangerous for the neighborhood. Both landfills are pit landfills with an area of approx.

2 ha and a depth of 5-6 m. During the 60's these landfills were loaded with domestic waste. There were neither any base sealing nor any degassing system installed.

In 1986/87, we got the possibility for testing the described A 3 method. First results for sucking and aeration of landfills were found here. Within a new inner-city project of a new road construction, the area of the former landfills at Baldurstr. /Bockholtstr. and Kassenberger Str. were planned to be overbuilt. Therefore the landfills had to be free of gas. The city of Bochum proposed the restoration and we organized the process in 1991/92 [1].

Our planned and delivered plant was constructed as a mobile plant. Therefore the plant could be transported flexible by the municipal work yard from one landfill to the other. Today both landfills are classified as gas free.

The relative long period (8-10 years) to receive the gas free status is explained by the low suction capacity of the plant (approx. 200 m³/h) and the restricted operating time per year and landfill.

4.2 Former Landfill Stenwarde II / Reinbek – Schleswig-Holstein, Office of Municipal Sanitation Hamburg, SRHH

The landfill Stenwarde II was built up in a former sand pit. Its area is approx. 4.5 ha with a depth of max. 21 m. In parts the deposit reaches down to the groundwater. It was loaded between 1969 and 1981, mostly with do-

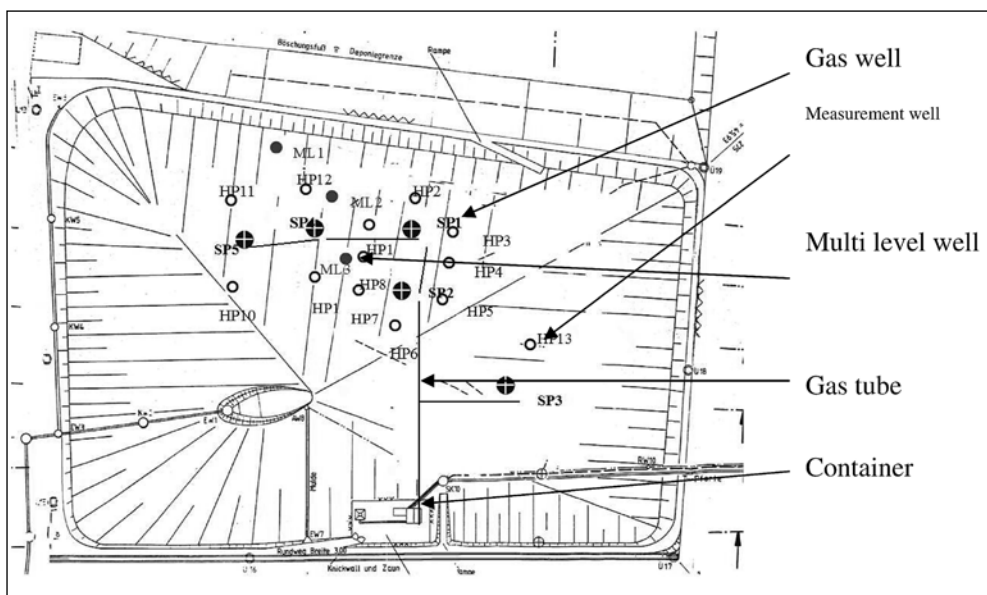


Figure 3.: Technical devices for in-situ aeration on the landfill Stenwarde II.

mestic waste. The volume of the deposit is about 450,000 m³. The gas was used in between 1989-2000. Because of the leachate, the groundwater was polluted with NH₄⁺ and CSB. The first trials for the Aeration started in May 2000. Two suction wells were installed and max. ratio of 350 m³ gas were exhausted. Because of this good result, a pilot plant with three more wells was installed in November 2001. Today the 5 wells are exhausted with a flow rate of approx. 1,000 m³/h.

4.3 Former Landfill Stemwarde I / Reinbek – Schleswig-Holstein, Office of Municipal Sanitation Hamburg, SRHH

The landfill Stemwarde I (as Stemwarde II) was built up in a former sand pit. Its area is approx. 6 ha with a depth of max. 20 m. In parts the deposit reaches down to the groundwater. It was loaded between 1969 and 1980, mostly with domestic waste. The volume of the deposit is about 600,000 m³. The gas was used in between 1989-2000. Because this landfill is located near a residential area, broad safeguards against gas migration had to be arranged. Because of the leachate, the groundwater was polluted with NH₄⁺ and CSB. The first trials started in 2001. Three suction wells were installed and max. ratio of 500 m³ gas were exhausted. Because of this good result, a pilot plant with three more wells was installed in September 2002. The 5 wells were exhausted with a flow rate of approx. 1,000 m³/h.

The landfills Stemwarde I/II are located nearby in the northern and the southern part of the A 24 in Reinbeck. A basement sealing was not installed. The landfill Stemwarde I was covered with a mixture of top soil and building rubble. Stemwarde II was covered with cohesive (0.5-1 m) and top soil (0.3 m).

Rainfall water should be drained via the surface. For that reason the surface of the landfill was modified to get a planar area with an incline to the middle. This low point was equipped with a drainer. Unfortunately the surface was porous and the water rinsed through the deposit. Additionally the drainage was damaged by composing of the landfill. Therefore most of the water trickles away.

Until 2000 a combined gas suction plant for Stemwarde I and II was operated. In May 2000 the suction rate was in 8 h/d 100 m³/h with a methane concentration of approx. 35-40 vol.% (equal to 33 m³/h in 24 h). Today both landfills are equipped with Aeration with a suction rate of approx. 2,000 m³/h, the system is still in the operating state. Today the suction rate is about 1.100 m³/h, as the filters of the wells are partly filled with sludge (July 2011).

4.4 Former Landfill Oher Tannen, Office of Municipal Sanitation Hamburg, SRHH

The landfill Oher Tannen is a pit landfill with an area of approx. 4 ha and a depth of max. 10 m. The volume of the deposit is about 250,000 m³. It was loaded between 1970 and 1973, mostly with domestic waste. In 1973 the deposit was covered with top soil. There were no basement sealing and no gas use. Since September 2002 an Aeration plant is operated. The suction rate of 3 wells is about 300 m³/h. The aim of the Aeration is to reduce the emissions of gas and odor. The biogenous organic compounds have to be degraded to avoid further gas migration to house in the neighborhood. Beside this the degradation of BTX and hydrocarbons from mineral oil for saving the groundwater is planned. Over all following values for the groundwater are aimed: COD < 200 mg/l; NH₄⁺ < 10 mg/l.

The system is still under operation, the gas concentrations have nearly not changed, see Pic. 4,5.

5. TARGET, RESULT AND EXPERIENCE OF AN IN-SITU AERATION WITH THE DEPO+ METHOD

5.1 Requirements for the application of the DEPO+ method

The following information should be collected before using the DEPO+ method:

- For an effective air insertion the gas mobility rate of the deposit surface has to be sufficient,
- The deposited material has to be analyzed to get an idea of the possibility of degradation of the biogenous organic compounds.

Generally there are no information of the gas mobility rate and the deposit inventory. For that reason widespread preliminary tests should be done. The usual period for these tests is about 3 months. The required wells could be used again for further aeration procedures. The summary of the analyzed data gives information about the location of the needed wells.

5.2 Determination of the oxygen transformation and max. discharge of organic carbon

For the analysis of the activity of the aeration, the following parameters will be measured: methane, carbon dioxide, and oxygen. The effective value for the working point is to reduce the oxygen concentration less than 3 vol.% and to maximize the carbon dioxide concentration higher than 20 vol.%. Under these conditions an optimized aeration and degradation of the organic compounds could proceed.

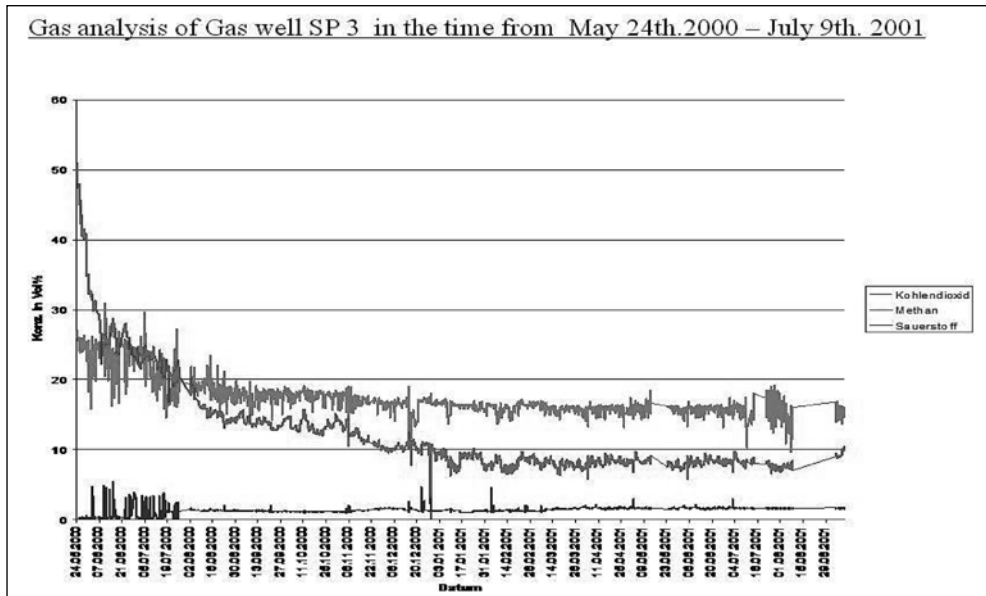


Figure 4.: Analysis of gas in a well SP 03 (Preliminary test at Stemwarde II).

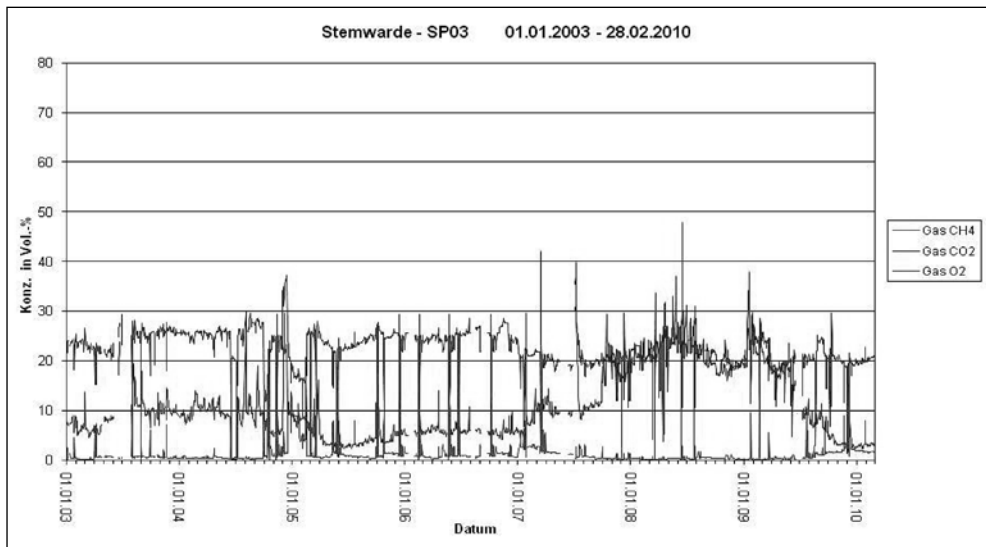


Figure 5.: Analysis of gas in a well SP 03 from Jan. 2003 to Jan 2010.

Data of the Landfill:

Area: approx. 100,000 m²
 Depth: max. 21 m
 Volume: ca. 800,000 m³

The following summary (analysis of exhaust at Stenwarde I/II) shows how to calculate the carbon degradation per m³ gas (=exhaust):

Analysis of the exhaust (Analysis of 28.02.03)

Concentration of Methane:	6.91 vol.%
Concentration of Carbon dioxide:	21.55 vol.%
Concentration of oxygen:	3.01 vol.%
Exhausted Flow Ratio:	ca. 2,000 m ³ /h
Per well:	ca. 200 m ³ /h

For these numbers the oxygen conversion ratio is: Conversion of O₂ = 86 %

The discharge of generated anaerobic organic carbon is $C_{\text{org (anaerobic)}} = 111 \text{ kg/h}$

The discharge of generated aerobic organic carbon is $C_{\text{org (aerobic)}} = 194 \text{ kg/h}$

Therefore the complete discharge of carbon per hour is $C_{\text{org (total)}} = 305 \text{ kg/h}$

Related on one m³ gas the discharge of carbon is $C_{\text{org (exhaust gas)}} = 0.15 \text{ kg/m}^3\text{h}$

Based on this calculation, the estimated time for the Aeration should be 8 - 10 years.

The Analysis of the exhaust (Analysis of 15.05.2011)

Concentration of Methane:	7.68 vol.%
Concentration of Carbon dioxide:	19.83 vol.%
Concentration of oxygen:	2.84 vol.%
Exhausted Flow Ratio:	ca. 1.100 m ³ /h
Per well:	ca. 100 m ³ /h

6. CONCLUSIONS OF THE AERATION

Because of the concentration of the gas exhaust in a single well or the complete gas it is possible to identify the point of time when the Aeration is completed (for example: < 1 vol.% CH₄, CO₂ < approx. 5 vol.%, high conc. of oxygen approx. 10 -15 vol.%, rel. humidity > 96%). When these concentrations are reached in a single well the flow will be reduced to get a steady state operating point. In this case the plant will be operated intermittently. It is very important to identify the point of time when no methane is produced. The intermitted operation starts usually with a rest time of two weeks and an operating time of one week. The rest time could be extended. If there is no production of methane within 3-6 months, the Aeration of the deposit is finished.

In bigger landfills it could be shown however, that before starting the aeration, the degradation of the organic matter did not take place in that amount, which was expected. So the aeration takes longer while parallel the anaerobic degradation is activated as shown below.

7. CONSTRAINTS AND FURTHER INFORMATION

7.1 Gas extraction by gas wells

To reduce the mass of biologically degradable organic a domestic refuse dump in appreciable dimension is only possible over the gas path [2]. Over the gas path can be degraded in the comparison to the waste water path more than 90% of the degradable organic. The quality of the discharge thereby the quantity of carbon-containing gases, delivered per time unit. A safe and extensive degassing is to be obtained only by an efficient degassing system. On dumps gas wells are normally designed as described in the following.

The DEPO+ method uses for this application special deep-filtered gas wells. These feature contrary to the normally used wells a substantially longer sealing to the surface. The sealed zone can be up to 2/3 of the entire drilling, so that only in the lower third of the drilling the filter for the degasification is installed.

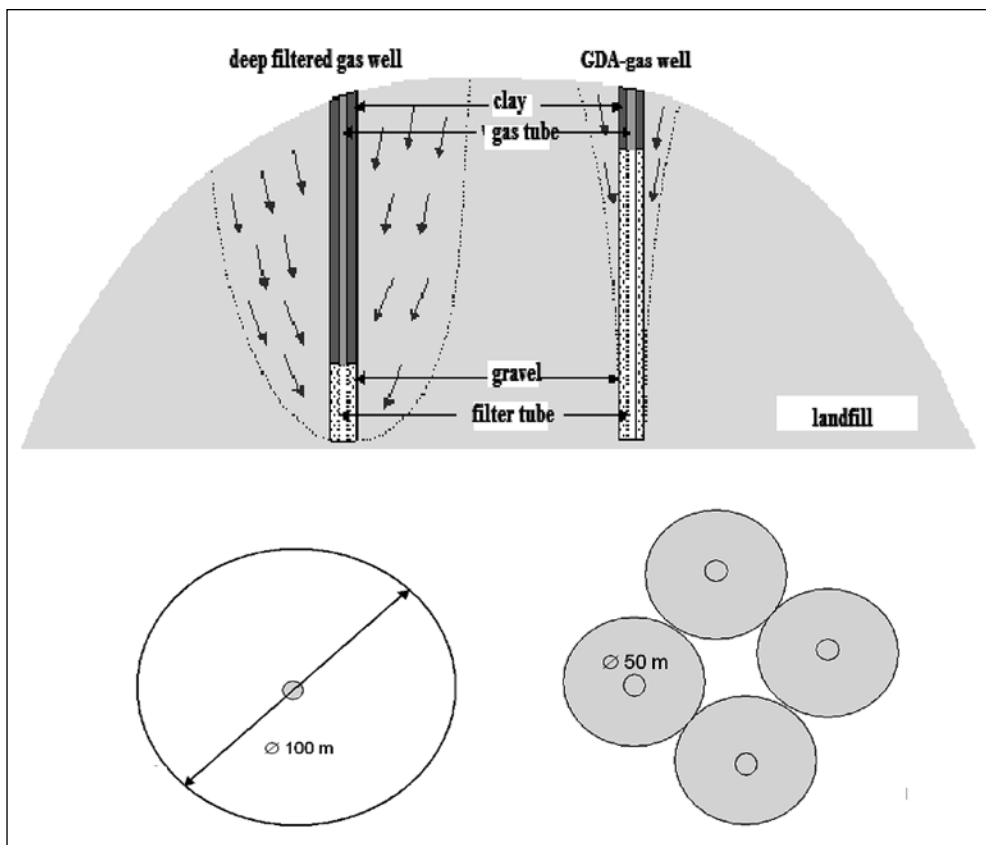


Figure 6.: Flow behavior and range - comparison of classical standard gas wells with deep filtered gas wells according to the DEPO+ method.

In fig. 1 the impact of a simply deep-filtered gas well is represented compared with a fully filtered classical gas well. The illustration shows the gas flow behavior and the arising suction radii at the surface and in the depth. The suction radius of deep filtered gas wells are dependent of the depth, the structure of the dump and suction power. Suction radii of 30 - 50 m are normal. A crucial criterion for using deep-filtered gas wells is the minimization of the risk of short circuit from the filter section of the gas well to the dump surface. Suction power influences to full extent. Due to the increasing compaction of the dumped material with the dump depth a higher depression and/or suction powers has to be used. Depressions up to 50 mbar may become necessary. The normally used compressor plants can be used without changes.

In fig. 1 the impact of a simply deep-filtered gas well is represented compared with a fully filtered classical gas well. The illustration shows the gas flow behavior and the arising suction radii at the surface and in the depth. The suction radius of deep filtered gas wells are dependent of the depth, the structure of the dump and suction power. Suction radii of 30 - 50 m are normal. A crucial criterion for using deep-filtered gas wells is the minimization of the risk of short circuit from the filter section of the gas well to the dump surface. Suction power influences to full extent. Due to the increasing compaction of the dumped material with the dump depth a higher depression and/or suction powers has to be used. Depressions up to 50 mbar may become necessary. The normally used compressor plants can be used without changes.

In the sum the individual suction radii overlay to a safe deep sucking system according to the representation in fig. 5.

At the beginning of the over sucking a system results as shown in fig. 6 (upper figure). With an increasing suction rate a negative pressure situation in the dump body occurs, which leads to the fact that over the dump surface air is aspirated into the dump. Thus an emission free dump surface is ensured. The organic material in the dump is degraded by the atmospheric oxygen near the surface to carbon dioxide. This aerobic conversion leads to a heating up of the dumped material where gas flows through. The flowing through from the oxygen released gas - it contains now also nitrogen and carbon dioxide - flows to the gas filters and thereby delivers the reaction heat to the flowed through dump material. The temperature rises to values up to approx. 30°C. This effect could be observed so far in all dumps, which were treated with the DEPO+ method. The heating up of the deposit leads then within the still anaerobic remaining dump to an intensifying anaerobic conversion of the biologically degradable organic material under an increased formation of landfill gas. Altogether a mixed gas with about 30 - 50 vol.% methane and approx. 20 - 30 vol.% carbon dioxide appear. The gas can be used in most cases energetically.

One m^3 exhaust gas from the aerobic conversion contains up to approx. 21 Vol% carbon dioxide, this corresponds to approx. 115 g carbon from the dismantling of organic compounds. One m^3 landfill gas with approx. 55 vol.% methane and approx. 35 vol% carbon dioxide from the anaerobic conversion contains approx. 490 g carbon. In this phase it is important, to achieve a stable high degradation of the organic matter with a high methane concentration for a potential energetic use.

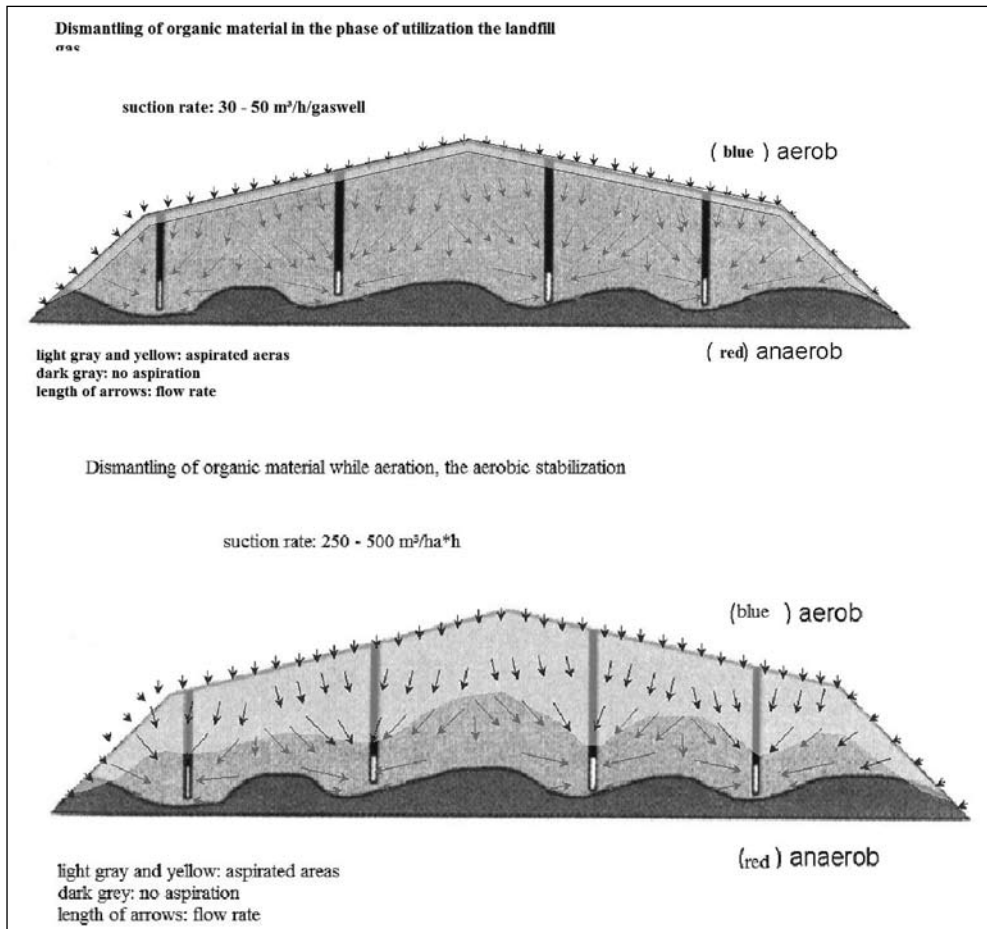


Figure 7.: DEPO+ method, degradation of organic material by purposeful over sucking - degradation of organic material in the anaerobic phase (phase A, upper picture) and in the consequence aerobic in situ stabilization (phase B, lower picture).

Its main aim is to regard the economic use of the sucked off landfill gas. Against this background usually one differentiates between the anaerobic and with respect to the consequence of the aerobic in situ stabilization of a landfill (see in addition [1]). In the late phase of the aerobic in situ stabilization

by over sucking a scenario adjusts itself in accordance with fig. 6. Ambient air with its oxygen penetrates substantially more deeply into the dumped material. The aerobic zone becomes increasingly larger; the delivered gas contains always smaller methane concentrations, which are no longer sufficient for any use

8. FUTURE PROSPECTS

In most of the analyzed landfills the gas production decreases earlier than expected. But in most cases this does not mean: the gas production decreases so the organic material is degraded. In most cases there is still a big amount of degradable organic in the dumped material of the landfill. The biological dismantling is inhibited may be by low temperatures, by too high partial pressures of the produced gases and other factors. By the controlled DEPO+ method the temperature can be raised, the partial pressures can be partly reduced. So the dismantling activity can rise again and the landfill gas production rises again. In a lot of cases there is enough gas again, to run gas engines with generators again.

The system of the aeration according to the DEPO+ method, which was developed to stabilize the dumped material in a landfill only under aerobic conditions, is more and more used to activate the anaerobic dismantling process parallel to an aerobic process. Thereby the dismantling process, the stabilizing process is strongly accelerated.

REFERENCES

- [1] Bröcker, C., Hübel, F., Klos, U. (2010). DEPO+ Verfahren[®] – Energieausbeute und Langzeitverhalten verbessern bei HM-Deponien, DepoTec 2010, Series of lectures of Institut für Nachhaltige Abfallwirtschaft u. Entsorgungstechnik der Montanuniversität Leoben from 03.-05.11.2010 in Leoben, Austria.
- [2] Henken-Mellies, W.U. (2008). In-situ-Stabilisierung von Hausmülldeponien – wie? – wie lange? – mit welchem Erfolg?, Seminar of VKS in VKU „Deponien stilllegen“, Obladen und Partner, Berlin



ID o8

An overview of the Tailsafe EU project and some of its results

Adjunct prof.dr. Jouko SAARELA¹, dr. Kata KREFT-BURMAN¹

¹ *Finnish Environment Institute (SYKE), P.O. Box 140, FI-00251 HELSINKI, FINLAND*

jouko.saarela@ymparisto.fi, kata.kreft-burman@ymparisto.fi

Abstract

The sustainable improvement in safety of Tailings Facilities Project TAIL-SAFE is a European research project. Its objective is to develop and apply methods of parameter evaluation and measurement for the assessment and improvement of the safety state of tailings facilities with the particular attention to the stability of tailings dams and slurries.

Key words: tailings facilities, project Tailsafe, stability.

Povzetek

Trajnostno izboljšanje varnosti je raziskovalni projekt Evropske Unije. Naloga projekta je razvoj in uporaba metod za vrednotenje varnostnih parametrov in meritve za oceno in izboljšanje varnosti nasipov z posebnim poudarkom na stabilnosti jezov in past.

Ključne besede: odlagališča, projekt Tailsafe, stabilnost.

1. ON TAILSAFE PROJECT INTRODUCTION

The Sustainable Improvement in Safety of Tailings Facilities Project: TAIL-SAFE is a European research project. Its objective is to develop and apply methods of parameter evaluation and measurement for the assessment and improvement of the safety state of tailings facilities, with particular attention to the stability of tailings dams and slurries, the special risks inherent when such materials include toxic or hazardous wastes, and authorisation and management procedures for tailings facilities. The investigations are focussed on the structural parameters of tailings dams stability, their measurement, and their evaluation as regards risk factors, with particular attention to:

- The stability of bodies of fine material and their liquefaction and mobilisation behaviour
- The special risks inherent when such materials include toxic or hazardous wastes
- Authorisation and management methods and procedures for tailings ponds and dams (Czurda, Roehl 2003).

The project aims at advancing the state of the art of tailings facilities safety in that a comprehensive parameter framework will be established to enable the systematic assembly and evaluation of parameters critical to tailings facilities safety. A wide range of parameters relating to design, materials, management, regulation and authorisation will be included in this risk reduction framework, so as to allow relevant stakeholders a better understanding and control of critical parameters for risk analysis. Special attention will be paid to pore pressure and piping, and methods for their measurement and monitoring developed further. (Czurda, Roehl 2003)

The project partners are:

- Karlsruhe University, Germany
- Federal Institute for Materials Research and Testing (BAM), Germany
- Bauhaus University of Weimar; Germany
- University of Leeds, UK
- Minerals Industry Research Organisation (MIRO), UK
- University of Miskolc, Hungary
- MECSEK ÖKO Rt., Hungary
- National Technical University of Athens (NTUA); Greece
- Finnish Environment Institute (SYKE); Finland
- Research and Design Institute for Rare and Radioactive Metals (ICPMRR), Romania.

The project consists of seven workpackages:

- **Workpackage 1:** Definitions - Technologies and Parameters (Technology and procedures definition and review; standard parameters identification and ranges).
- **Workpackage 2:** Analysis - Risks and Reliability (Evaluation of impact, risk, instability and failure mechanisms; critical parameter levels and sensitivities. Mechanisms leading to reduced or non-existing safety margins for tailings facilities have been surveyed).
- **Workpackage 3:** Intervention Actions (Identification of intervention action options for dangerous or impaired tailings facilities plus parameters relevant to their choice/implementation).

- **Workpackage 4:** Prevention and Remediation (To assist the implementation and improvement of the full range of prevention, mitigation, or amelioration measures by establishing associated parameter trigger/target levels and sampling location and frequency requirements).
- **Workpackage 5:** Investigation and Monitoring (Review and development of measurement methods for investigating, monitoring and evaluating parameters critical to the safety and risk reduction of tailings facilities; stochastic modelling of sediment profiles, analysis of reliability and risk of tailings dams).
- **Workpackage 6:** Field Experiments - Refinement and Testing (Refinement and testing of suite of measurement methods, via case study applications at actual and model tailings facilities).
- **Workpackage 7:** Application - Framework and Dissemination (Explanation and dissemination to end users by offering and demonstrating a 'TAILSAFE' risk reduction framework. Development of the spreadsheet/database framework into a practical risk reduction tool for tailings facilities) (Czurda, Roehl 2003).

2. LEGISLATION

In the TAILSAFE project the Finnish Environment Institute has been responsible for researching the legislation, existing authorisation, management, monitoring and inspection practices applicable to the tailings management facilities.

Mines have different topographical, geological, and mineralogical properties and operate according to different management systems, level of skills or level of understanding of tailings disposal. This results in each tailings product being unique. Although all EU countries have laws applicable to tailings management facilities many failures of tailings dams occur at mines owned by reputable mining companies employing experienced consultants. A common reason for the failure is that dams are not operated according to their design criteria or water balance and construction are not controlled properly or there is a general lack of understanding of the features that control safe operations (Copeland, Lyell 2002). From this point of view, well organized and functioning dam safety legislation and regulations are of crucial importance.

The stability of hydrological construction as well as water and soil pollution issues have already been regulated in most of the EU Member States. However, it has to be stressed that the legislation governing the safety of Tailings Management Facilities (TMF) is not consistent between the Member States.

In some of the European countries there are strong mining traditions with well developed legislation, in others water retention dam safety regulations are applied to tailings dams, while other countries lack an effective control system. In general, the variety of licence requirements, different control systems coupled with a diversity of the extractive industry, including facilities of multi-national companies and SMS-s result in a challenging situation at the EU level. There have occurred considerable changes in the mining sector throughout the whole of Europe during the past decades. These changes were caused by economic and political factors and resulted in the cessation of traditional mining activities in several regions, the introduction of new mining activities in areas with a weak mining tradition as well as an increased importance of the large international mining corporations. In some cases there have been opportunities to improve mining waste management systems by applying international experience and high safety standards but the history of the latest major mining accidents in Europe proved that strong adequate national legislation and an efficient control system are indispensable in order to avoid or diminish a risk of an accident. The new EU Mining Waste Directive has been drafted in order to set minimal requirements in the area of management of waste produced by the extractive industry. By specifying and improving requirements on the design, operation, closure and after-care of TMFs the new directive is supposed to ensure the long-term stability of tailings disposal facilities and to prevent or minimise water and soil pollution.(Commission of the European Communities, 2003) The European Parliament's Committee on Environment, Public Health and Food Safety adopted the new text of the Mining Waste Directive in the 2nd reading (13 July 2005). However, there are still major differences of opinion with the Council, particularly over the derogations permitted for Member States.

The adoption of the Mining Waste Directive shall impose a demand on national administrators to either create or adapt and then maintain regulatory, inspection and enforcement systems meeting the obligations established by the new Directive. Article 249, paragraph 3 of the EC Treaty states that a Directive shall be binding, as to the result to be achieved, upon each Member State to which it is addressed, but shall leave to the national authorities the choice of form and methods. Thus a Directive leaves the Member States room for manoeuvre and enables them to adopt the most appropriate measures to reach the objectives laid down. This means that certain elements such as, for instance, content or scope of the waste management plan and some technical issues remain as a subject for further specific deliberation by the relevant national competent authority. Local conditions must be taken into consideration while drafting or adapting the national legislation to meet the Directive requirements (Commission of the European Communities, 2003).

In order to have the new national regulations efficiently implemented they need to be supported by more effort that deals with developing and publishing model plans, policies and technical guidance to which operators and individual officials can refer to (Commission of the European Communities, 2003).

ACKNOWLEDGEMENTS

The views and comments expressed in the text are those of the authors only and not the official views of the Finnish Environment Institute or any other bodies mentioned in the paper. Legal issues are by their very nature complex and professional legal advice should always be obtained.

This research was partially supported by the European Commission within the Thematic Programme »Energy, Environment and Sustainable Development« of the 5th Framework Programme for Research and Technological Development (project name: Sustainable Improvement in Safety of Tailings Facilities, Tailsafe: contract number: EVG1-CT-2002-00066).

REFERENCES

- [1] Copeland, A., Lyell, K., (2002). »Risk Management on Tailings Dams – World Wide Perspective«.
- [2] Commission of the European Communities, 2003, Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the management of waste from the extractive industries.
- [3] Czurda, K., Roehl, K.E., (2003)., Progress Report (Section III) to the European Commission. Reporting period: December 1, 2002 -November, 2003.
- [4] Website: <http://www.tailsafe.com/>.

**ID 03**

Experiences of SRF production and cement factory utilization

Sergio SCOTTI¹

*1 Ecodeco S.r.l. - A2A Group, Loc. Darsena, 27010 Giussago, ITALY
sergio.scotti@ecodeco.it*

Abstract

The European priority in Municipal Waste Management Strategy (MSWS) is: first Recycling and then Reuse. A real and massive recycling can be obtained with the implementation of a Collection at Source of segregated fractions (Green+Kitchen, Paper, Plastics, Metals, Glass). Considering the overall balance of the residual wastes directly collected (primary collection) and the rejected coming from the recycling materials treatment (secondary collection), even in an optimistic scenario of high interception rate for the primary recycling collection (70%), the amount of this residual fraction remaining is at least 40%, of which 10% coming from secondary collection. This residual fraction is suitable of energetic exploitation, and, among different possibilities, a suitable option is the production of a combustible (Solid Recovered Fuel, SRF) able to replace Coal or Pet Coke in industrial activities (mainly Cement Factories and Power Plant). The higher prices trend for fossil combustibles makes the SRF options economically attractive. Analysis of real cases of SRF production and utilization in cement factories are presented.

Environmental, energetic and quality data place this option at the top level performances compared with alternative solutions (landfill, direct incineration with energy recovery). At the end, combining analysis of historical data of long life working facilities within Europe and simulated scenarios, it is shown as this option can be put in place at the beginning of every MSWS implementation and maintains its efficacy during the evolution of the same.

Key words: MBT, SRF, RDF, Waste Management, Cement Factory, Waste treatment

1. INTRODUCTION

Basic European MWMS is addressed to increase recovery of material. This statement is based on Life Cycle Assessment (LCA) comparing the use of rough materials against use of recovered scraps from wastes. In detail, one of the most important parameter of these analyses is the energy demand. The specific energy demand for both cases is presented in Fig. 1.

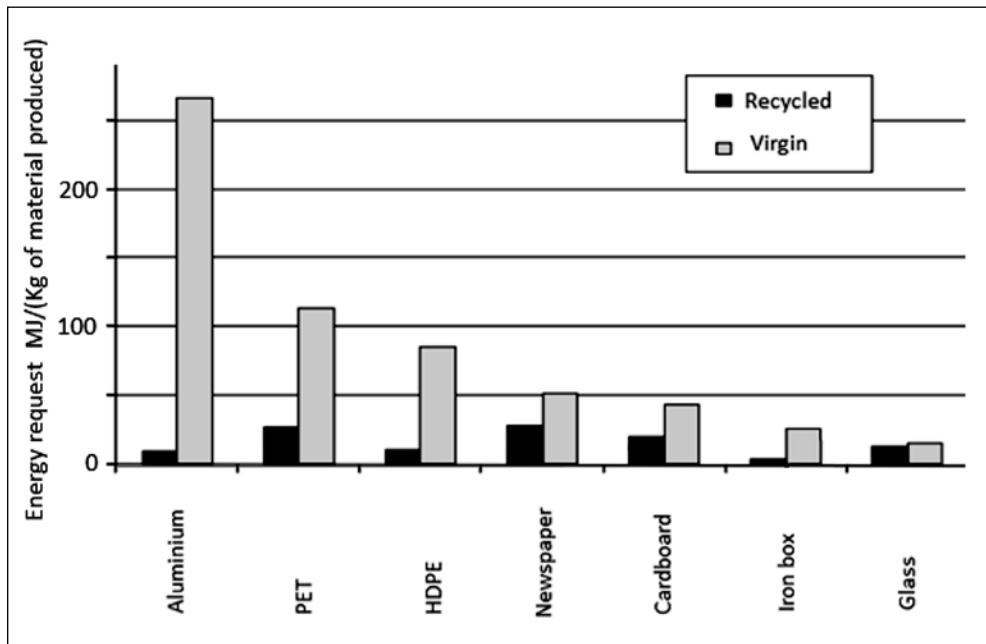


Figure 1.: Energy demand for production of goods starting from virgin and recycled materials (E. Favoino 2010).

The main system to recovery material is the implementation of SC where citizens separate different kind of wastes: plastic films, bottles and boxes; paper and cardboards, metals, kitchen and garden wastes. Again, two ways for this SC are possible: the first is based on "Containers on Street" (CS) where people throw wastes; the second is based on the "Door to Door" (DD) where people keep in their houses many containers, one for each fraction. These containers are selectively emptied by the collection company in scheduled days.

Main parameters to be checked in SC are: quantity of materials collected and their purity. Quantity is defined as weight of collected fraction diverted from the total amount of MSW. Purity is the weight of pure fraction on total weight of fraction recovered. It has been evidenced that the DD method allows better performances in both parameters (E. Favoino 2010).

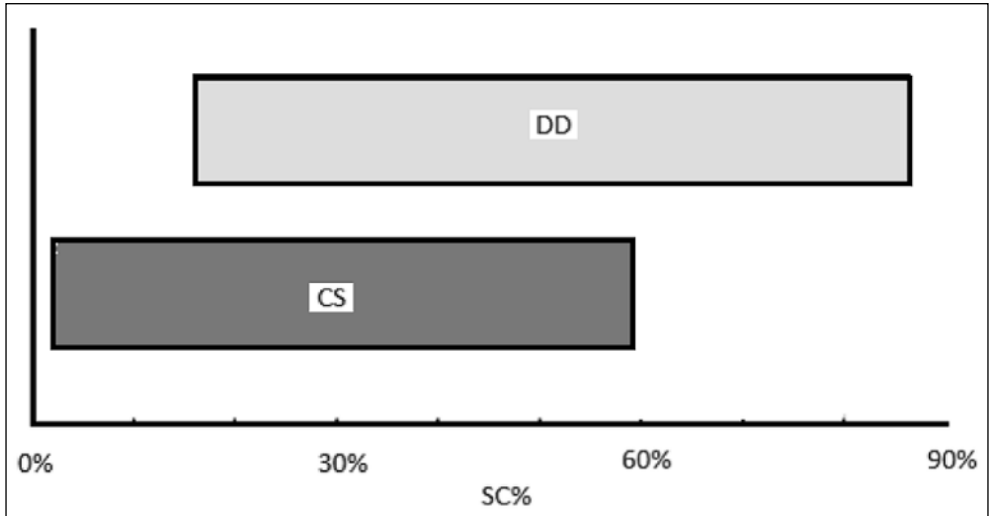


Figure 2.: Percentages of waste diverted with SC when DD and CS methods are implemented.

The fractions collected from waste cannot be sent directly to industrial facilities to produce new goods but need to be further refined and other residuals are produced in this step.

The economical sustainability of any SC has to face with the market prices of materials for recycling. In Italy there are companies participated by goods production industries that are obliged to receive and reprocess materials from SC. Example of trend for prices of plastic bottles during past years is shown in Fig. 3 (www.letsrecycle.com).

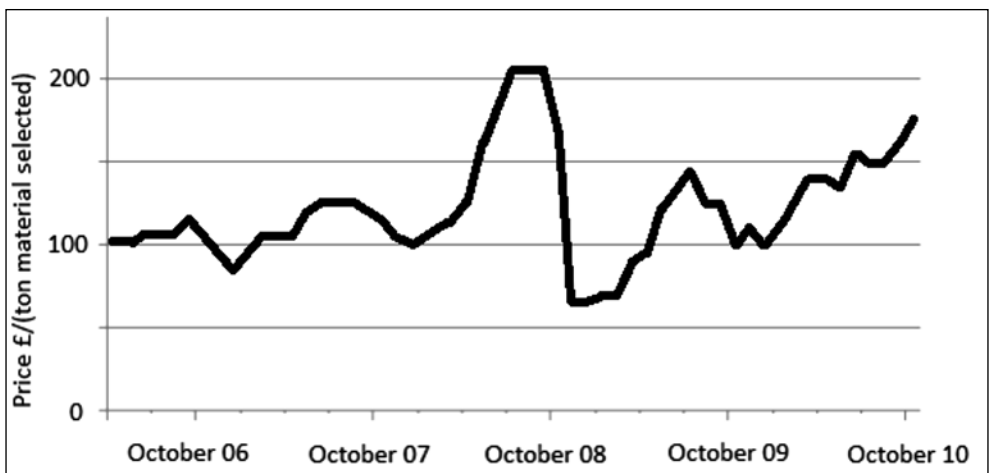


Figure 3.: Trend of prices for plastic recycled bottles in U.K. market.

Even in districts where the best practice of DD SC is present, the quantity of material collected is 70%. At this value, residuals coming from SCs materials cleaning need to be added. At the end, at least 40% of RW remains.

2. ROLE OF MBT ON RESIDUAL FRACTION TREATMENT

To understand the role of MBT plants on RW treatment, we have to consider that this fraction is not biologically inert. There is again organic contamination as shown in Table 1.

Table 1.: Residual Waste stream quality after high rate SC (simulation) compared with MSW unsorted.

SOURCE SEPARATED COLLECTION EFFECT						
Fractions	Comp. % of MSW unsorted	% water content of MSW	% SC	% collected in SC	Comp. % of Res	% water content of Res.
Paper	25	5	80	20	16,29	3,26
Plastics	15	0,75	70	10,5	14,66	0,73
Kitchen&Green	40	28	85	34	19,54	13,68
Combustibles	8	0,8	0	0	26,06	2,61
Non comb.	12	1,2	40	4,8	23,45	1,17
TOTAL	100	35,75		69,3	100,00	21,45

Organic and moisture content allow residuals biological activity and this make these materials methane and odor emissive, as evidenced in Table 2.

Table 2.: Potential Biogas Production (ABP) on Residual Waste compared with the same parameter of MSW unsorted.

BIOGAS PRODUCTION POTENTIAL ABP				
Fractions	Comp. % of MSW unsorted	ABP of MSW (Nl/Kg DM)	Comp. % of Res.	ABP of Res. (Nl/Kg DM)
Paper	25	130	16	85
Plastics	15	0	15	0
Kitchen and Green	40	78	20	38
Combustibles	8	1	26	5
Non combustibles	12	0	23	0
TOTAL	100	209	100	127

For these reasons, storage is problematic and landfilling is not allowed. Two alternatives are then suitable for treatment of this fraction: incineration and MBT. The choice of what technology is better to adopt hardly depends on local condition. Many LCA studies have been developed and, depending of the local constraints, the results are opposite.

In a general point of view, it seems that the direct incineration shows better environmental performances when plant is big in capacity (>350 tpa) and heat recovery is possible. MBT has better performances when SRF for co-combustion is produced (M. Grosso, L. Rigamonti, S. Paoli, G. Teardo 2010).

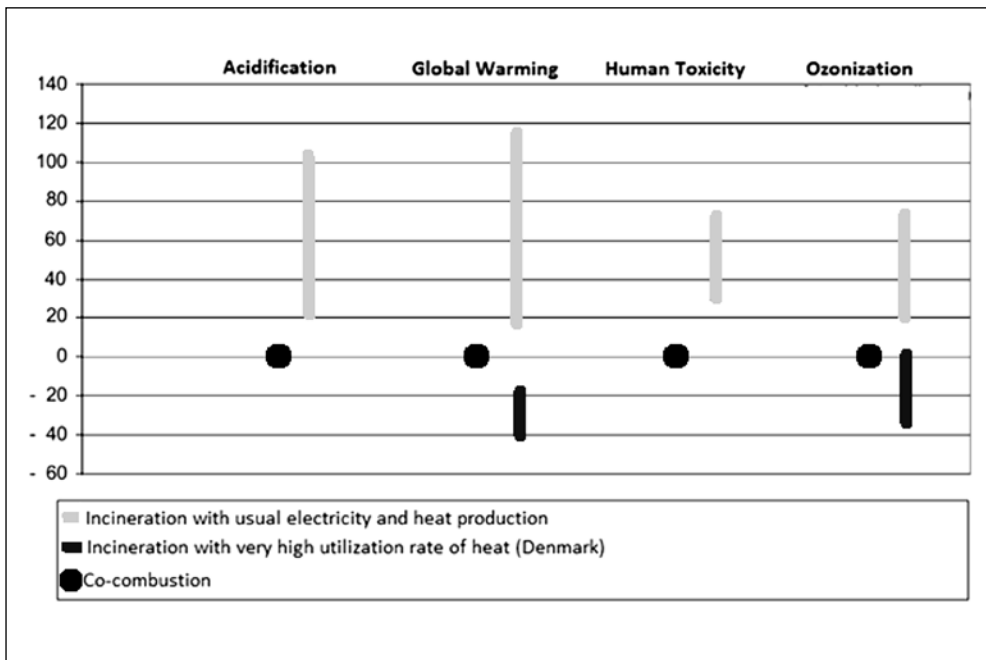


Figure 4.: LCA results of co-combustion in Power plant and incineration. Lower (negative) values mean better performances. Position of co-combustion is set arbitrary to zero.

Even when the distances are relatively long, LCA of MBT producing SRF are good. In the following we compared LCA of 5 scenarios. We take data from one of Ecodeco Plant sending SFR to a cement plant 80 km away (S. Scotti, 2008). The scenarios are:

- Scenario 1 and 2: production and co-combustion of SFR plus disposal of residuals in landfill with different gas collection system;
- Scenario 3: simple landfill (Benchmark); Scenario 4 and 5: incineration without and with heat recovery.

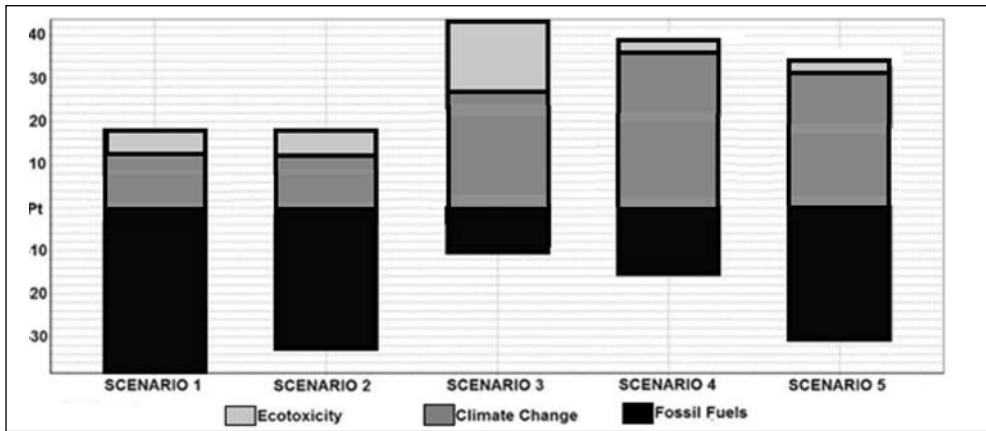


Figure 5.: LCA results for scenarios involving co combustion in Cement Factories. Lower (negative) values mean better performances.

It has to be outlined that both recovering materials for recycling and production of SRF need refinement/cleaning plants to make these end materials complying with the requirements of the final users. Differently that collection-and-recycling flows process, production-and-co-combustion flow process is shorter: the preparation of SRF can be concluded inside the MBT facility.

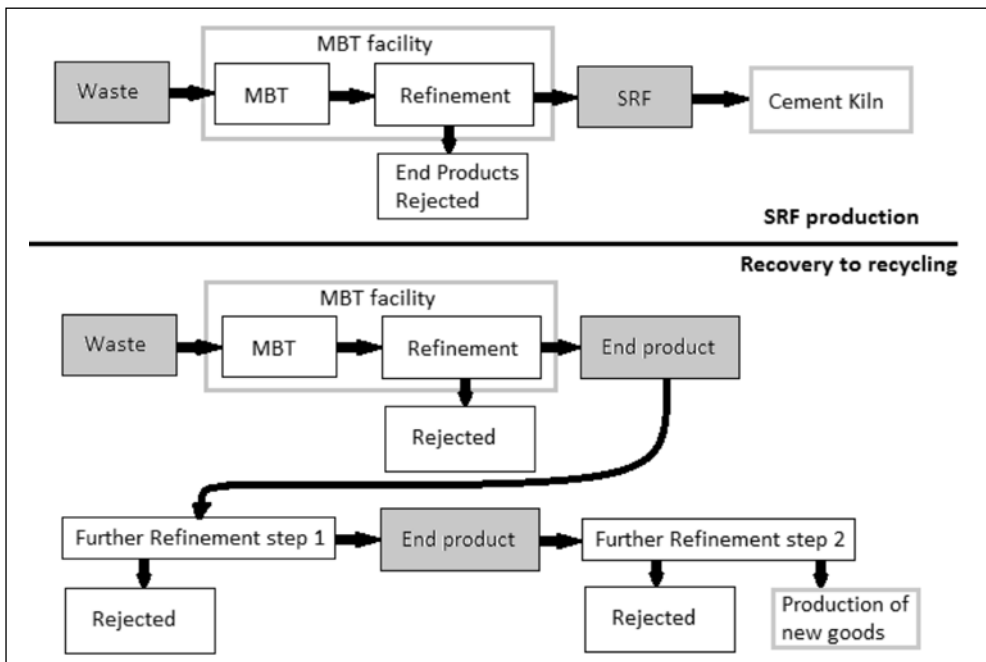


Figure 6.: Comparison between SRF production-utilization cycle and Materials recovery-recycling cycle.

Main environmental advantage for a co combustion scenario is that there is no necessity of new waste-to-energy plants construction. SRF is used in processes that have high energetic efficiency and this allows the reduction of use of fossil fuels. Further, the ashes of co-combustion in cement factory are conglobated inside the clinker.

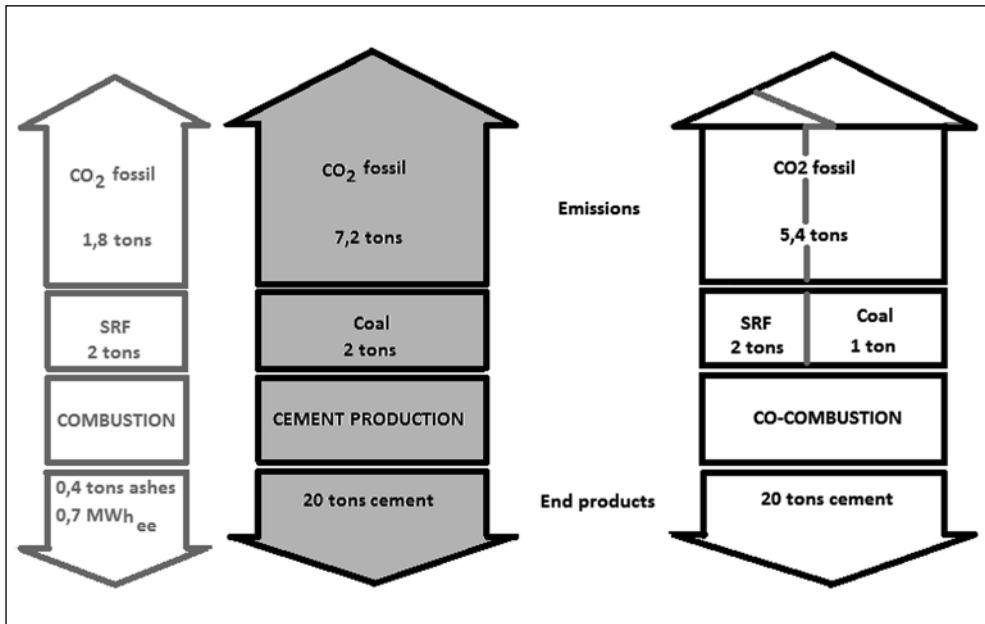


Figure 7.: Advantages of co-combustion in cement factories.

The quality parameters required for co-combustion are driven by the “low variability” criteria i.e. SRF must have non fluctuating characteristics. This is essential to avoid corrections in the receipt of the mixed combustibles fed to the burners. In these conditions, the quality of gaseous effluents is not affected by co-combustion practice. A mention apart needs the chlorine content. In the past years this has represented a problem for cement factory due to the progressive accumulation of Cl salts inside the furnace. Now, with the adoption of new gas cleanings methods and PVC diversion technics in SRF production, this topic does not represent a problem.

3. ANALYSIS OF REAL CASES

Focusing on cement co-combustion, it can be outlined that this area is suitable of important development. In Europe about 200 million of tons of clinker are produced (www.cembureau.eu) using 20 million tons of fossil fuel.

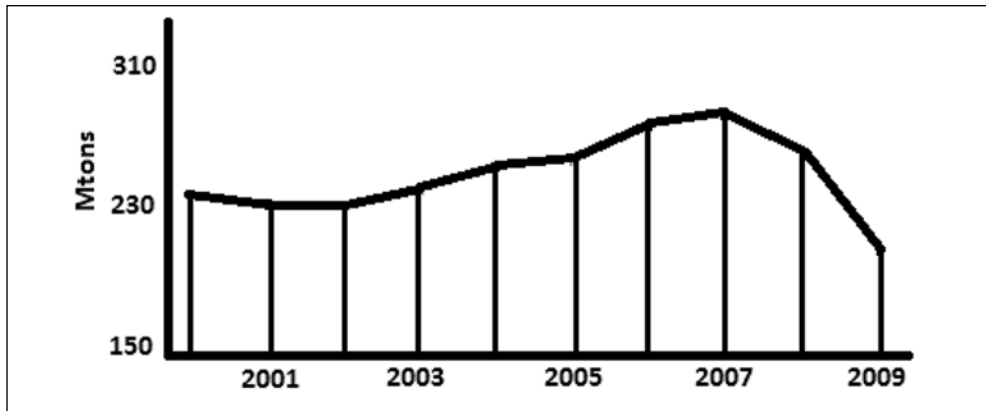


Figure 8.: Past trend of Cement production in EU 27 zone.

Now, the replacement rate on the thermal capacity of all combustibles from wastes (including liquid and solids, from both municipal and industrial origin) is around 10%, i.e. 4 million tons. The situation is very different in different countries: in Germany the replacement is about 50%, against other countries that present few points of percentages. If Europe should levels on German case, the wastes treated in co-combustion will raise up to 20 million tons. From the technical point of view there is the possibility to build cement kilns designed to use only wastes as fuel (100% of thermal capacity replacement).

MBT plants based on Ecodeco technology actually in operation treat more than 1.100.000 tpa of residual wastes producing more than 200.000 tpa of SRF.

Table 3.: Overview of Ecodeco plants in operation and construction.

Plant	Start of Production	Max. capacity (t/y)	Waste
Giussago (PV) IT	February 1996	40,000	RW
Corteolona (PV) IT	September 1996	120,000	RW
Bergamo IT	December 1998	60,000	RW
Montanaso (LO) IT	May 2000	60,000	RW
Lacchiarella (MI) IT	November 2002	115,000	RW+OR
Cavaglia (BI) IT	May 2003	120,000	RW
Villafalletto (CN) IT	September 2004	80,000	RW+NBW
Frog Island (U.K.)	September 2006	180,000	RW
Dumfries (U.K.)	November 2006	65,000	RW
Jenkins Lane (U.K.)	August 2007	190,000	RW
Heraklion, Crete (GR)	May 2010	75,000	RW
Hespin Wood (UK)	October 2011	75,000	RW
Cedrasco (IT)	November 2011	45,000	RW
Castellon (SP)	January 2012	70,000+33,000	RW+OR

RW= residual Waste; OW= Organic Waste; NBW=Non Biological Waste (Commercial)

This technology is based on biodrying process where the whole mass of wastes is submitted to aerobic treatment that convert in CO₂ only the quickly degradable (putrescible) part of organic fraction ever present in residuals. This reaction enhances the inner temperature and evaporates water. The process stops when the water content is too low (<18%) to allow significant biological life. In this way the biogenic content (mainly cellulosic materials) is preserved and this brings advantages in CO₂ emission in combustion.

In the following, two examples of factory producing RSF for cement kiln co-combustion are presented.

Frog Island plant (Rainham, Essex U.K.).

This facility is in operation from 2006 and is managed by Shanks Group p.l.c. It treats until 180.000 tpa of wastes. The SRF produced is sent to cement factories. Characteristics of input wastes, SRF produced and mass balance are shown in the following table.

Table 4.: Summary of mass balance and main characteristics of IN/OUT in Frog Island U.K. plant. Weight Loss = water evaporated + organic converted in CO₂ + leachate.

INPUT Residual Fraction	100 %	OUT Weight Loss	30 %
Kitchen & Green	32 %	OUT Rejects & Recovery	30 %
Plastics	20 %	OUTPUT SRF	40 %
Paper	18 %	Moisture <	18 %
Wood	2 %	NCV** >	16.000 kJ/kg
Textiles	12 %	Cl (% dm) <	0,8
Glass	3 %	Pb*** (mg/kg dm) <	50
Metals	5 %	Cr (mg/kg dm) <	30
Other*	8 %	Cu**** (mg/kg dm) <	20,0
TOTAL	100 %	Mn (mg/kg dm) <	90,0
Moisture	39 %	Ni (mg/kg dm) <	10
NCV**	10.000 kJ/kg	As (mg/kg dm) <	0,5
		Cd (mg/kg dm) <	0,5
		Hg (mg/kg dm) <	0,4
		Tl (mg/kg dm) <	0,5
		IPA (mg/kg dm)	nd
		PCB (mg/kg dm)	nd
		PCDD/PCDF (ngTEQ/kg dm)	nd

* inerts, leather, battery, sanit. towels / **Net Calorific Value/ *** Volatile/ **** Soluble

Villafalletto Plant (Cuneo, Piemonte Region ITALY)

This plant is in operation from 2004 and is managed by Ecodeco S.r.l. It treats until 80.000 tpa of wastes. The SRF produced is sent to cement factories. Its main characteristic is to treat both RW and dry commercial wastes

(industrial combustible scraps). Characteristics of input wastes, SRF and mass balance are shown in the following table.

Table 5.: Summary of mass balance and main characteristics of IN/OUT in Villafalletto Italy plant. Weight Loss = water evaporated + organic converted in CO₂ + leachate.

IN Residual Fraction	85%	OUT Weight Loss	24 %
Kitchen&Green	29 %	OUT Rejects & Recovery	41 %
Plastic	18 %	OUT SRF	35 %
Paper	26 %	Moisture <	18 %
Wood	2 %	NCV** >	20.000 kJ/kg
Textiles	4 %	Cl (% dm) <	0,8
Glass	6 %	Pb*** (mg/kg dm) <	50
Metals	3 %	Cr (mg/kg dm) <	30
Other*	12 %	Cu**** (mg/kg dm) <	20
TOTAL		Mn (mg/kg dm) <	90
on Residual Fraction	100 %	Ni (mg/kg dm) <	10
Moisture	3,0 %	As (mg/kg dm) <	0,5
NCV**	11.100 kJ/kg	Cd (mg/kg dm) <	0,5
IN Commercial Waste	15 %	Hg (mg/kg dm) <	0,4
Moisture	17 %	Tl (mg/kg dm) <	0,5
NCV**	24.000 KJ/kg	IPA (mg/kg dm) <	2
		PCB (mg/kg dm) <	0,3
		PCDD/PCDF (ngTEQ/kg dm) <	4

* inerts, leather, battery, sanit. towels /**Net Calorific Value/*** Volatile/**** Soluble

It can be outlined that from the start up, both plants supply SRF to cement factories without stops. This success is due to the process allowing production of SRF whit calibrate characteristics.

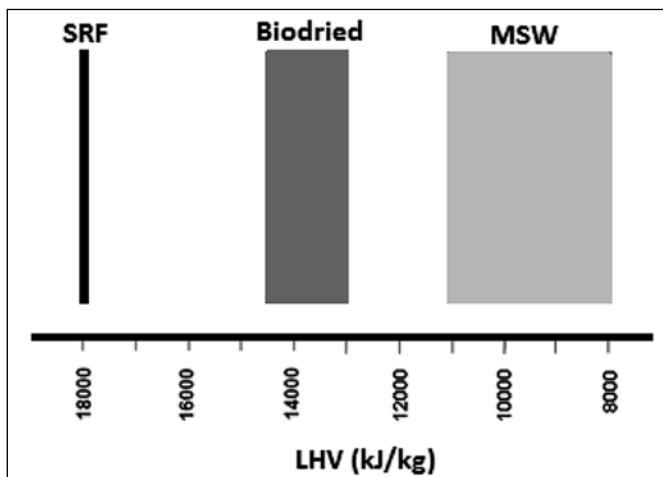


Figure 9.: Low Heating Value Fluctuation of MSW, Biodried and SRF.

From the economical point of view, due to the fact that the SRF co-combustion can be considered a reliable technic, and due to the fact that the SRF supplied in such MBT plants is of high quality, the outlook for gate fee paid to cement facilities is decreasing, spanning between 32 to 0 Euro/ton.

4. MBT IN EVOLVING SCENARIOS

From data of plants in operation (first Ecodeco plant started in 1996, last one in 2010), and from data of plants operating with different SCs level, it is possible to foresee the performances of such MBT plants in different Scenarios (S. Scotti, 2007).

As example, composition of RW of Glasgow City (Scotland, U.K.) in Scenarios with no SC, with SC of Paper, Glass and Cardboard, and with SC of Paper, Glass, Cardboard and Kitchen waste is shown in the following figure (www.glasgow.gov.uk). The Weight Loss of a MBT plant based upon biodrying is overlapped (black line).

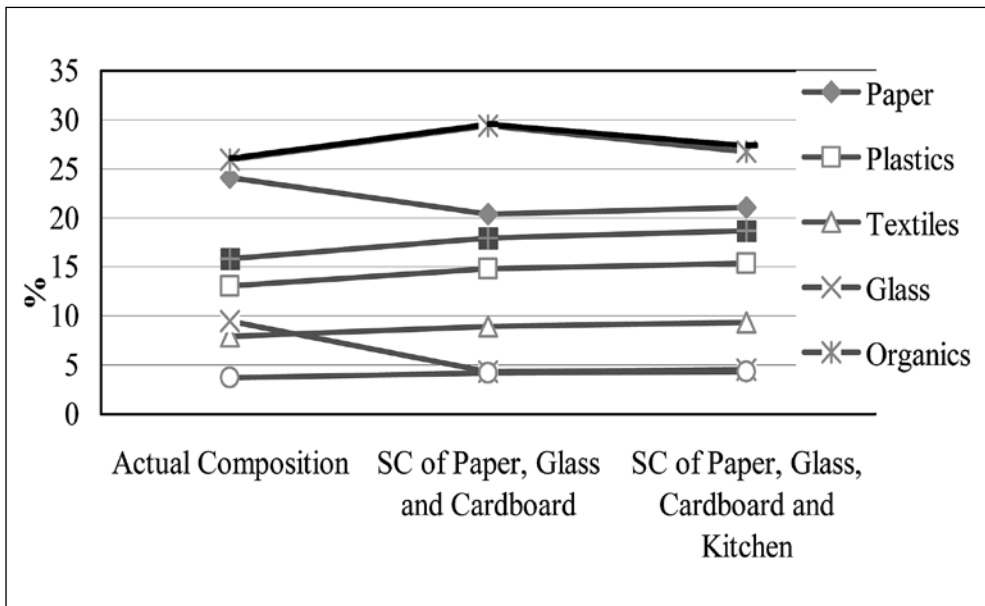


Figure 10.: Expected composition of Residual Waste of Glasgow City and MBTs Weight Loss of biodrying are presented in different scenarios of SC.

In all the situations, the biological treatment maintains its efficacy: weight loss spans between 26 to 28%. The case of Villafalletto plant indicates that the reduction of Wastes for SC diversion can be compensated with the increase of Commercial Waste input.

5. CONCLUSIONS

As a conclusion of the present overview, it can be outlined that:

1. the biodrying process is simple and robust and works in a wide range of Scenario with SC, contributing to obtain dried end materials (SRF and others recycled/recovered) with reduced environmental impacts;
2. the composition of SRF is kept constant;
3. there is a reduction of rejected to be landfilled because the residuals of the combustion are conglomerated inside cement.

LITERATURE

- [1] Direktiva Evropskega sveta o odpadkih (2008); 19. nov. 2008.
- [2] Favoino, E. (2010). "Ridurre i rifiuti a partire dai RUR, rifiuti urbani residui" Symposium Zero Wastes, Capannori ITALY.
- [3] Grosso, M., Rigamonti, L., Paoli, S. and Teardo, G. (2010). "Co-combustione di CDR in una centrale termoelettrica a carbone: Valutazione con approccio del ciclo di vita", Third International symposium on Energy from Biomass and waste, Venice ITALY.
- [4] Scotti, S. (2008). "System of RDF production and cement factory utilisation: environmental analysis of an industrial example", Second International Symposium on Biomass and Waste, Venice ITALY.
- [5] Scotti, S. (2007). "Suitability of MBT Facilities in Treatment of Different Kinds of Wastes", MBT Hannover Symposium, Hannover GERMANY.
- [6] <http://www.glasgow.gov.uk/NR/rdonlyres/FC2FE19A-3FAE-44EF-9-ACE-9333DD882DF4/o/WasteStrategy101Jpublishedversion.pdf>.
- [7] <http://www.letsrecycle.com/prices/plastics>.
- [8] http://www.cembureau.eu/sites/default/files/documents/Production%20in%20CB_EU27.pdf



ID 11

Določitev kakovosti trdnega alternativnega goriva iz nenevarnih odpadkov

Brigita POLANEC¹, mag. Janez EKART²

¹ MD Inženiring d.o.o., Loška ulica 8, SI-2000 MARIBOR
brigita@mdi.si

² Gorenje Surovina d.o.o., Ulica Vita Kraigherja 5, SI-2000 MARIBOR
janez.ekart@surovina.com

Povzetek

Ostanek odpadkov po razvrščanju, ki ga ni mogoče snovno izrabiti, istočasno pa ga ni dovoljeno odlagati na odlagališča zaradi prevelike energijske vrednosti in vsebnosti skupnega biorazgradljivega dela, je po hierarhiji ravnanja z odpadki, energetska izraba edina možna odstranitev. V obsegu naših raziskav smo izdelali vrsto laboratorijskih analiz za pripravo referenčnih vzorcev trdnega goriva iz nenevarnih odpadkov, razvili smo matematični model, ki bo omogočal hitre izračune porabe posameznih odpadnih materialov in nam analitično podal kakovost goriva. Pripravili smo referenčne vzorce trdnega goriva in izvedli meritve elementarnih substanc nekovinskega in kovinskega dela v trdnem gorivu ter pri zgorevanju v pilotni kurilni napravi meritve emisijskih vrednosti. Vsi pridobljeni rezultati so osnova za pripravo standardizacije trdnih goriv iz nenevarnih odpadkov. S standardizacijo bo omogočena proizvodnja trdnega goriva, ki bo v prvi vrsti zagotavljala kakovost, ki jo predpisujejo tehnična specifikacija (CEN/TS 15359) in klasifikacijski seznam trdnega goriva za razvrščanje v razrede po Uredbi za predelavo nenevarnih odpadkov v trdno gorivo (Ur. l. RS št. 57/2008).

Ključne besede: nenevarni odpadki, trdno alternativno gorivo, matematični model, klasifikacija, standardizacija.

Abstract

Residual waste after classification, which can't be substantially deplete and also can't be disposed of in landfills because of high energy content and also because of content of biodegradable fractions. The hierarchy of waste management dictates that energy use is the only possible removal. The scope of our research we have prepared a series of laboratory analysis for the pre-

paration of the samples of solid fuels from non-hazardous waste. We have developed a mathematical model that will enable quick calculations of individual consumption of waste materials, and gave us the quality of fuel. We prepared reference samples of solid fuel and measured the elemental metal and non-metallic substances of the solid fuel in a pilot combustion plant. All obtained results are based on preparing the standardization of solid fuels from non-hazardous waste. The standardization will enable the production of solid fuel, which quality is required in the technical specification (CEN/TS 15359) and in the classification list of solid fuel for grading into classes under the Regulation for the processing of hazardous waste into solid fuel (OG RS, No. 57/2008).

Key words: non-hazardous waste, solid recovered fuel, mathematical model, classification, standardization.

1. UVOD

Sodoben način življenja, v katerem so življenjske potrebe vedno večje zaradi vedno večje želje po materialnih dobrinah in lagodnem življenju, prinaša s seboj tudi negativne posledice, ki jih občutimo kot negativne vplive na okolje. Posledica hitrejše proizvodnje in široke palete raznoraznih izdelkov je naraščanje količin odpadkov. Zaradi zahtev, ki jih je postavila Evropska Direktiva o odlaganju odpadkov (1999/31/EC) in drugih nacionalnih zakonov, je potrebno zmanjšati količino biološko razgradljivih odpadkov. Politiko ravnanja z odpadki si je Evropska unija zamislila s pomočjo izdelane hierarhije, ki je podlaga tudi nacionalnim predpisom. Sistem ravnanja z odpadki mora biti naravnani od preprečevanja nastajanja odpadkov, priprave za ponovno uporabo, recikliranja do energetske predelave in nazadnje kolikor ni druge možnosti do odstranjevanja. Sistem se mora zavzemati za dejansko uporabo hierarhije ravnanja z odpadki tudi v praksi.

Namen tega prispevka je predstaviti vir energije, ki se skriva v odpadkih. Nenevarne odpadke, ki niso primerni za odlaganje lahko termično izrabimo. Odpadki so tako heterogena mešanica in zaradi tega vsebujejo substance, ki so za okolje, v primeru izpusta ali v obliki razgradnje ali v obliki izcednih vod in dimnih plinov preobremenjujoče. Opredelili se bomo na tisti del ravnanja z odpadki, ki zajema energetska izrabo. Še desetletje nazaj so prevladovala sežigalnica, katerih glavna naloga ni bila v energetska izrabi odpadkov, temveč v odstranjevanju le-teh [1]. Ob uporabi raznih tehnologij za predelavo odpadkov ob tem ostaja nekje 30- do 40-odstotkov energijsko bogate frakcije organskih odpadkov. Ta delež odpadkov, ki nosi dovolj visoko kalorično vrednost, se lahko uporabi za proizvodnjo trdnih alternativnih goriv. [2]

2. ODPADEK – VIR ENERGIJE

Odpadek je definiran kot določena snov ali predmet, ko ga njegov povzročitelj ali druga oseba, ki ima snov ali predmet v posesti, zavrže, namerava ali mora zavreči. Iz ekonomskega vidika lahko odpadek definiramo kot tisti del proizvodnih in potrošnih ostankov, ki nima tržne vrednosti ali je njegova manjša od stroškov za ponovno uporabo ali predelavo, t. j. za pridobitev surovin za nove proizvode in potrošne cikle [8]. Odpadek je nehomogena snov, saj je mešanica različnih odpadnih materialov. Kot takšne lahko izpostavimo v prvi vrsti komunalne odpadke, ki jih uvrščamo med odpadke z najbolj nehomogeno mešanico, nikoli ne vemo kaj lahko pričakujemo v tej vrsti odpadkov. Struktura je zelo raznolika in s tem prihaja tudi do velikih razlik v njihovi energijski vrednosti, kakor tudi v kemijskih lastnostih. Naloga proizvajalca trdnega alternativnega goriva je iz tega vidika zelo zahtevna, saj mora imeti razvito tehnologijo predelave nehomogenega odpadnega materiala v homogeniziran uporaben produkt. Pojav goriva RDF (refused derived fuel) sega 30 let v preteklost, vendar gorivo ni bilo nikoli sprejeto na tržišču, saj se je še vedno smatral kot odpadek, tega pa ne smemo tržiti. Področje trdnih goriv je v Sloveniji urejeno z Uredbo o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo [3]. Zadnjih nekaj let uporaba RDF-a, dobiva na veljavi, predvsem v cementni industriji. V Sloveniji se uporablja RDF kot lahka frakcija mešanih komunalnih odpadkov, ki se sežiga v Toplarni Celje. Kakovost trdnega goriva je odvisna od kakovosti odpadnega materiala na vhodu. SRF (solid recovered fuel) je po tehnični specifikaciji [4] bolj homogen in bolj predelan material kot RDF. Po klasifikaciji, ki jo najdemo v Uredbi [3], je SRF lahko proizveden v kvaliteti vseh razredov, odvisno od zahtev prevzemnika, kjer so določene dovoljene vrednosti posameznega parametra. Cilj proizvodnje goriva je dosegati razrede s čim boljšimi karakteristikami, kar je seveda odvisno od vhodnega materiala. SRF so trdna alternativna goriva, pripravljena iz visoko kaloričnih frakcij nenevarnih odpadnih materialov, namenjenih za sosežig v cementarnah in v obstoječih termoelektrarnah na premog in toplarnah.

3. VPLIVI NA OKOLJE

Pri proizvodnji trdnih goriv iz odpadkov so v prvi vrsti pozitivni učinki na okolje zmanjšanje emisij toplogrednih plinov (s čimer se izpolnjuje tudi Kyotski protokol), večja stopnja predelave odpadkov, cenovno ugodnejši viri energije, učinkovito ravnanje z odpadki in posledično zmanjšanje njihovega volumna. S proizvodnjo trdnih alternativnih goriv iz nenevarnih odpadkov se posledično zmanjšajo tudi emisije iz odlagališč. Recimo že podatek, da iz ene tone odpadkov na odlagališču nastane nekje med 50 – 100 kg metana, kar pomeni 1610 kg ogljikovega dioksida na tono odpadkov

je dokaj zgovoren, da se s proizvodnjo trdnih goriv (RDF, SRF) posledično zmanjšajo emisije iz odlagališč zaradi manjših količin odloženih odpadkov, oziroma zmanjšane deleža biorazgradljivega dela [2], [7].

Za primerjavo uporabe trdnih alternativnih goriv iz odpadkov lahko poznamo, da je v primerjavi kurilne vrednosti dveh kilogramov trdnih goriv proizvedenih iz odpadkov enako energetski vrednosti 3 kilogramov lignita ali treh kilogramov lesa, dvema kilograma rjavega premoga, litru kurilnega olja ali 1,2 kubičnega metra zemeljskega plina. Torej je pozitiven učinek uporabe trdnih alternativnih goriv tudi v varovanju primarnih energijskih virov. 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 odpadne materiale prištevamo ostanke iz razvrščanja komunalnih odpadkov in njim podobnim odpadkom iz industrije in obrti, odpadna blata, ipd. [2].

4. KLASIFIKACIJA IN STANDARDIZACIJA

Področje trdnih goriv je v Sloveniji urejeno z Uredbo o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo (Ur. l. RS št. 57/2008). V 7. členu Uredba določa, da se trdna goriva iz nenevarnih odpadkov uvrščajo v razrede glede na njihovo kurilno vrednost, vsebnost nevarnih snovi (klor, živo srebro, kadmij in žveplo). Za omenjene parametre so podane dovoljene vrednosti, ki pripadajo posameznemu razredu trdnega goriva, kot nam prikazuje 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)	$\leq 0,2$	$\leq 0,6$	$\leq 1,0$	$\leq 1,5$	≤ 3
Živo srebro (Hg)	mediana	mg/MJ	$\leq 0,02$	$\leq 0,03$	$\leq 0,08$	$\leq 0,15$	$\leq 0,5$
Živo srebro (Hg)	80 percentilna vrednost	mg/MJ	$\leq 0,04$	$\leq 0,06$	$\leq 0,16$	$\leq 0,30$	$\leq 1,0$
Kadmij (Cd)	aritmetična sredina	mg/kg	$\leq 1,0$	$\leq 4,0$	$\leq 5,0$	$\leq 5,0$	$\leq 5,0$
Žveplo (S)	aritmetična sredina	% (m/m)	$\leq 0,2$	$\leq 0,3$	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$

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 odvisna od kakovosti odpadkov na vhodu.

Z namenom urediti stanje standardizacije alternativnih goriv v Sloveniji, je bil v letu 2006 ustanovljen pri Slovenskem inštitutu za standardizacijo (SIST) tehnični odbor za alternativna goriva. Ta je za alternativna goriva prevzel 29 standardov s področja alternativnih goriv, ki jih je pripravila in sprejela Komisija za standardizacijo pri EU (CEN/TC 343). Preden lahko uvedemo standardizacijo je v prvi vrsti zelo pomembno, da določimo strukturo in posledično s tem tudi kakovost trdnega goriva. S tem namenom smo pripravili matematični model, ki nam pomaga na podlagi znanih vhodnih odpadnih materialov preračunati kakovost končnega produkta.



Slika 1.: Odpadki z energijsko vrednostjo.

5. KAKOVOST TRDNEGA GORIVA

Da bi lahko analizirali možnost priprave kvalitetnih trdnih goriv iz razpoložljivih nenevarnih odpadkov, smo z raziskovalno nalogo v obsegu razvojno investicijskega projekta RIP 09 ugotavljali lastnosti posameznih vzorcev tr-

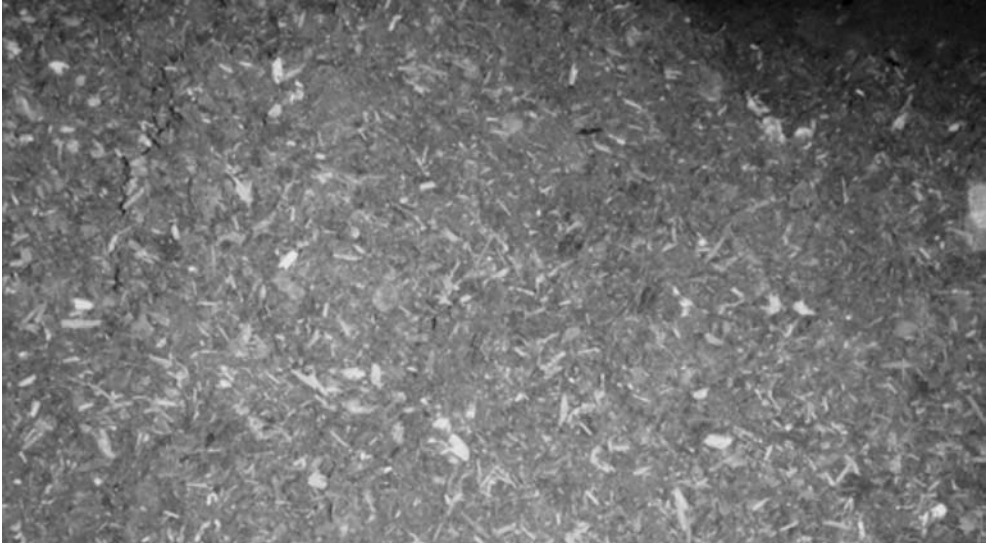
dnega goriva. Za izvajanje raziskav smo potrebovali referenčne vzorce, ki smo jih pripravili iz odpadnega materiala različnih komunalnih odpadkov.

Odpadke smo po različnih skupinah homogenizirali s pomočjo nove tehnološke linije, ki je sestavljena iz transportnih trakov, mlinov, magnetnih separatorjev in zračnega separatorja za izločitev inertnih delov. Po končanem postopku smo dobili material sortiran po vhodnih odpadkih, kot je prikazano na sliki 2.



Slika 2.: Homogenizirani vzorci pripravljene za mešanje.

Da smo lahko določili masne deleže uporabljenega odpadnega materiala, smo morali poznati kemijske, fizikalne in energijske lastnosti vhodnega materiala, ki smo jih dobili s pomočjo predhodno izdelanih laboratorijskih analiz. Z laboratorijskimi analizami smo dobili vrednosti parametrov znanih ločenih frakcij, ki smo jih razvrstili v posamezne vzorce. Vzorcem je bila izmerjena v lastnem laboratoriju s pomočjo kalorimetra zgornja kurilna vrednost GCV. Za spodnjo kurilno vrednost NCV 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. Zaradi zahtev za doseganje želenega razreda iz priloge Uredbe o predelavi nenevarnih odpadkov (Ur. l. RS št. 57/2008), je bil vzorcem v lastnem laboratoriju izmerjen še delež klora, vlaga in ostanek pepela odpadka. Ostale vrednosti nekovin (žveplo) in vrednosti težkih kovin (živo srebro in kadmij) so bile izmerjene v zunanem akreditiranem laboratoriju.



Slika 3.: Primer referenčnega vzorca.

Za določitev deležev posameznih odpadnih materialov v referenčnih vzorcih trdnega goriva smo uporabili matematični model, ki deluje na principu iteracij različnih vzorcev trdnega goriva. Za doseg želenih rezultatov je bilo potrebno upoštevati podatke laboratorijskih analiz odpadkov. Izvedli smo večkratno vzorčenje s pripravo vzorcev za doseganje boljših karakteristik trdnega goriva. V postopku priprave referenčnih vzorcev za njihov poskusni sežig v sežigalni napravi v KIV Vransko smo referenčne vzorce trdnega goriva analizirali na nekovinski del (klor, žveplo) in kovinski del (kadmij, živo srebro, antimon, arzen, baker, cink, kobalt, krom, mangan, nikelj, svinec, talij, vanadij in železo). Pri tem se je pokazalo, da nastopi težava zaradi prevelike porabe odpadnih materialov boljše kakovosti z večjimi odstopanji od predpisanih vrednosti zelenega razreda, po drugi strani pa nam ostaja odpadni material slabše kvalitete, ki se ga preprosto ne da uporabiti. Da bi rešili nastali problem, je v prihodnosti potrebna dopolnitev matematičnega modela, ki bo predvidevamo, omogočila porabo materiala slabše kvalitete. Dopolnitev matematičnega modela mora dopuščati možnost, da v večji meri upoštevamo anorganski del (kadmij, živo srebro, antimon, arzen, baker, cink, kobalt, krom, mangan, nikelj, svinec, talij).

Sicer uporabljeni matematični model predstavlja zadostno osnovo za določanje recepture mešanja različnih odpadnih materialov, z namenom doseči določene karakteristike trdnih goriv. Matematični model je bil razvit predvsem v namen proizvodnje trdnih goriv v prihodnosti, saj bo proizvajalcem služil kot pripomoček za hitre in enostavne preračune deležev posameznih odpadkov na vходу, da bi bile dosežene zelene karakteristike trdnega goriva.

6. ZAKLJUČEK

Energijska izraba odpadkov potrebuje v ozadju tudi zadostne kapacitete objektov za takšno izrabo. Znano je, da termična obdelava od vseh do sedaj poznanih in uveljavljenih postopkov prostorsko najbolj zmanjša preostanek odpadkov. Za sosežig trdnega goriva iz nenevarnih odpadkov v termoenergetskih napravah in toplarnah so izjemno koristni podatki, pridobljeni pri poskusnem sežigu v sežigalni napravi v KIV Vransko. Na podlagi analitičnih podatkov emisijskih vrednosti s prehodom anorganskega parametra v plinasto fazo lahko z inverznim stehiometrijskim izračunom določimo največje dopustne vrednosti anorganskih parametrov v trdnem gorivu. Na ta način bo zagotovljena okolju varna uporaba iz odpadkov pridobljenih goriv v kurilnih napravah termoelektrarn in toplarn, ki ne bodo povzročala večjega onesnaženja kot bi ga uporaba običajnega fosilnega goriva. 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] Samec, N. (2005). *Proizvodnja industrijskega goriva in okolju prijazna energija, Študija izvedljivosti projekta*, str. 2-32.
- [2] Ekart, J., Polanec, B. (2010). Razvoj matematičnega modela za proizvodnjo trdnih alternativnih goriv. *Zbornik 11. Strokovnega posvetovanja z mednarodno udeležbo "Gospodarjenje z odpadki – GzO'10"*, p.43-57.
- [3] Uredba o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo (Ur. l. RS št. 57/2008).
- [4] SIST-TS CEN/TS 15359:2007, Trdno alternativno gorivo – Specifikacije in razredi.
- [5] Van Tubergen, J., Glorius, T., (2005). European Recovered Fuel Organisation, Clasification of Solid Recovered Fuel. I.A.R., Aachen. (2010). International Workshop on Solid Recovered Fuel, SRF market views in Europe, Helsinki.
- [6] CEN (2001). *Report, Waste to recovered fuel*, str. 20-40.
- [7] SIST-TS CEN/TS 15359:2007, Trdno alternativno gorivo – Specifikacije in razredi.
- [8] Žvab Š. 2010. *Pregled obstoječega znanja, teorij, zakonov, tehnoloških konceptov in implementiranih praks dehidriranja muljev iz papirne industrije in blat iz čistilnih naprav*. Univerza v Mariboru: Fakulteta za strojništvo.



ID 10

Razvoj postopka termične reciklaže odpadne mineralne volne

Rajko BEZJAK¹, prof.dr. Viktor GRILC²

¹ *URSA Slovenija d.o.o., Povhova 2, SI-8000 NOVO MESTO*
rajko.bezjak@uralita.com

² *Kemijski Inštitut, Ljubljana, Hajdrihova 19, SI-1000 LJUBLJANA*
viktor.grilc@ki.si

Povzetek

Prikazani so rezultati razvoja reciklažnega postopka za odpadno, s polimerom oplaščeno, stekleno volno iz proizvodnje in montaže toplotno-izolacijskih materialov zaradi okoljsko-zakonodajnih zahtev (potencialna prepoved odlaganja) in kot zanimivega statusa sekundarne surovine. Pri raziskavah je bil uporabljen t.i. mokri procesni odpad (MPO), ki kot procesni izmet nastaja v tehnološkem postopku proizvodnje steklene volne z nanosom polimernega veziva. Ideja je reciklirati ga v matični tehnološki postopek, t.j. v določenem deležu vračati ga v steklarsko peč. Na podlagi dobrih laboratorijskih podatkov obnašanja tega odpadka pri segrevanju na zraku oz. inetrni atmosferi (TGA/DTA/MS) je bil izdelan industrijski preskus reciklaže različnih količin MPO v steklarski peči. Meritve odpadnih plinov so pokazale, da je izgorevanje organskega dela v MPO popolno in poteče do CO₂, dušika in vode, pri čem smo ugotovili tudi znižanje termično nastalega dušikovega oksida iz steklarske peči. Predlagan je tehnično sprejemljiv način reciklaže odpadne steklene volne v matičnem proizvodnem procesu in ovrednoten okoljsko-ekonomske učinek reciklaže.

Ključne besede: odpadna mineralna volna, termična reciklaža, ponovna uporaba.

Abstract

In this work an attempt has been made to develop a process for thermal recycling of wastes that occur in the production process of glass wool insulation mats and blocks, by feeding it back to the glass furnace. The classification number of the insulation waste from construction / demolition activities is 17

06 04 - *insulation materials, not containing dangerous substances*, whereas from the production process is 10 11 20 – *solid waste from on-site effluent treatment*. The later has much higher content of organic matter; typically it contains about 85 % glass and 15 % of polymer phenol-formaldehyde-urea resin and some additives. The wet process waste considered was characterised with respect to group parameters (moisture, volatile matter, TOC, phenols, bulk density, calorific value), basic element analysis (C,H,N,O,S), thermal-decomposition properties in aerobic and anaerobic conditions (TG-DTG-DTA-MS) etc.. The industrial tests were performed in an industrial Oxyfuel glass furnace of 75 ton/day capacity in order to define relationship between flue gas composition and rate of waste added to the furnace. The glass meal feed rate to the furnace was 3.5 t/h, whereas the waste feed rate varied from 0 to 450 (Set point); 0-250 kg/h. The maximum operating temperature in the oven was about 1300°C. In the flue gases the following emission parameters were measured: O₂, CO, TOC, NO_x, phenols, formaldehyde and ammonia. One hour of continuous operation under constant conditions was enough to get steady state conditions for representative emission measurements.

The results show no deterioration in flue gas composition regarding any of the noted relevant parameters. Phenol-formaldehyde polymer binder was completely burned out to CO₂ and water, so that no monomers were identified in the flue gas. The level of NO_x concentration has even decreased since urea, present in the wet process waste, decomposed to ammonia and reacted with NO_x from the burning process.

Key words: waste insulation glass wool, thermal recycle, re-use.

1. UVOD

1.1 Mineralna vlakna za termoizolacijske izdelke

Mineralna vlakna delimo na naravna in umetna. Najpomembnejša naravna anorganska vlakna so azbestna, ki so alkalijski in zemljo-alkalijski aluminosilikati. Poleg dobrih lastnosti (nizek koeficient toplotne prevodnosti, visoka dopustna temperatura uporabe, kemijska odpornost, dobre mehanske lastnosti in nizka cena) so dokazano zdravju škodljiva (karcinogena). Proti-azbestni zakon v Sloveniji v celoti prepoveduje njihovo proizvodnjo in uporabo.

V letu 1991 je mednarodno združenje proizvajalcev toplotnih izolacij (TIMA) razvilo klasifikacijo vseh vlaken (tabela 1).

Tabela 1.: Klasifikacija naravnih in umetno proizvedenih vlaken [1].

Naravna vlakna		Umetna vlakna		
Anorganska	Organska	Anorganska		Organska
		MMVF – <i>man made vitreous fibres</i>	MMVF – <i>man made vitreous fibres</i>	Karbonska vlakna
Azbest	Bombaž			Celulozna vlakna
Sepiolit	Volna	Steklena volna		Poliesterska vlakna
Wollastonit	Lesna vlakna	Kamena volna	Polikristalinična vlakna	Polivinilna vlakna
	Svila	Keramična vlakna		Ostalo
		Steklena mikrovlakna		

Odpadni toplotno-izolacijski materiali iz mineralne volne, kamor spada tudi steklena volna, nastajajo kot industrijski odpadki pri njihovi proizvodnji, kot gradbeni odpadki pa pri montaži in demontaži teh izdelkov pri gradnji in rušenju objektov. Odpad iz steklene volne, ki nastane v proizvodnem procesu spada v evropskem seznamu odpadkov pod klasifikacijsko številko 10 11 03 *Odpadni materiali iz steklenih vlaken* in se rešuje specifično po posameznih tovarnah. Gradbeni odpadki pa je razvrščen pod številko 17 06 04 *Izolirni materiali...* in spada med ločeno zbrane frakcije gradbenih odpadkov. Po hierarhiji ravnanja z odpadki (EU direktive o odpadkih, EU tematske strategije) je odlaganje najslabša možnost in za ločeno zbrane frakcije ni sprejemljivo.

V Sloveniji možnosti za predelavo, razen redkih izjem (del kamene volne) ni, zato je odlaganje trenutno edina možnost za tovrstni odpadki. Sežig tovrstnega odpada zaradi mineralne narave tudi ni možen, tako da preostaneta le dve možnosti ravnanja:

- reciklaža v matičnem proizvodnem procesu
- uporaba kot dodatek pri proizvodnji drugih izdelkov (npr. cementa, kot granulati pri proizvodnji določenih izdelkov iz anorganskih agregatov ipd.).

Zakonodaja na področju EU, ki zadeva ta odpadki je Direktiva o odlaganju odpadkov (1999/31/EC) in Direktiva o odpadkih (2008/98/EC). Zakonska izhodišča v pravni red v Republiki Sloveniji so pa v Zakonu o varstvu okolja (Ur.l. RS, št. 41/04, 17/06, 20/06, 28/06, 70/08), natančnejše ravnanje pa je podrobno določeno v Uredbi o ravnanju z odpadki (Ur.l. RS št. 34/2008). V direktivi o odlaganju odpadkov so navedeni nekateri pomembni datumi, do katerih morajo države članice implementirati določene zahteve. Tako je v akcijskem planu direktive določeno, da se do 12.12.2020 ponovno uporabi, reciklira ali vrne v proizvodni proces 70 % nenevarnih gradbenih odpadkov, znotraj katerih so tudi toplotno-izolacijski izdelki na osnovi mineralnih (vključno steklenih) vlaken.

Rešitev problematike reciklaže izolacijskih materialov mora vključevati naslednja področja:

- identifikacija in ločeno zbiranje odpadnih izolacijskih mineralnih materialov različnih kemijskih sestav in stopenj čistosti;
- njihova uporaba kot sekundarne surovine v matični industriji (dodana vrednost na kg še posebno visoka pri proizvodnji steklenih vlaken);
- njihova uporaba v obliki sekundarne surovine v mineralnih industrijah (cementna industrija, izdelava opečnih in drugih gradbenih izdelkov).

1.2 Zbiranje in ločevanje izolacije iz mineralne (steklene) volne

Problem predstavlja ločeno zbiranje tovrstnih gradbenih odpadkov in ločevanje kamene in steklene volne. Pričakovati je lažjo identifikacijo in ločevanje pri vgradnji v novih objektih in adaptacijah kot v primeru rušenja stavb, ko se odpadni materiali med seboj pomešajo. Glavni problem je v čistoči in homogenosti zbranega materiala, t.j. kakovost in ločenost odpadnih izolacij iz kamene ali steklene volne. Potrebno bi bilo zagotoviti shemo, kjer bi se tovrstni materiali na izvoru (rušenje stavb, obnove, vgradnja pri novem objektu) ločevali in zbirali na določenem območju. Identifikacija in ločevanje po vrsti volne (steklena ali kamena) je možna na vizualni način ob poznavanju obeh vrst materialov, ker se razlikujeta po obliki in strukturi samih vlaken, neodvisno od barve, ob predpostavki, da je material po določenem časovnem obdobju (30 let) še vedno v vlaknasti strukturi.

Določen problem predstavlja tudi voluminoznost teh materialov, zato bi bilo potrebno drobljenje ali kompaktiranje na mestu samem, da bi se izognili prevelikim stroškom skladiščenja in transporta.

1.3 Toplotna obdelava odpadne izolacije iz steklene volne

Opadni izolacijski materiali na bazi steklenih vlaken zaradi svoje vlaknaste strukture, nizke nasipne gostote in vsebnosti organskih veziv niso primerni za direktno reciklažo v matični proizvodni postopek (steklarsko peč), še posebno če gre za gradbeni odpad. Primerna oblika bi bila toplotno obdelana vlakna, saj se zaradi kemijske sestave (prisotnost B_2O_3) steklena vlakna talijo v relativno nizkem temperaturnem območju 600 – 800°C. Pomemben podatek je, ali pri pretaljevanju pride do kristalizacije (devitrifikacija), kjer bi se lahko tvorile snovi, ki so rakotvorne, npr. Kristobalit.

1.4 Reciklaža odpadnih steklenih vlaken in plošč v steklarski peči

V literaturi je zelo malo podatkov o postopkih reciklaže tovrstnih odpadkov. Opisana je reciklaža steklenih vlaken, ki nastopajo kot kompozitni material v elektroindustriji (plošče za vezja)⁵, kjer so ugotovili, da je reciklaža steklenih vlaken lahko uspešna v peči s fluidiziranim slojem, kjer lahko dosežemo

dober prenos toplote med trdnim zdrobljenim reciklatom in vročimi plini (400 – 500°C). Reciklat, ki je predhodno obdelan (mletje, odstranjevanje kovinskih primesi) se preko polžnega dozatorja dozira v posebno komoro, kjer s spodnje strani skozi material prehajajo vroči plini. Organska faza se uplini in sežge v sekundarni komori pri višjih temperaturah, tako da ni škodljivih vplivov emisij na zrak. V določenih primerih se v peči reciklira tudi t.i. mokri procesni odpad (MPO) in prah zbran iz čiščenja odpadnih plinov. MPO vsebuje določen delež organskih veziv na osnovi fenol-formaldehid-sečninske smole. Prisotnost organskega ogljika iz MPO lahko – poleg emisijskih problemov - predstavlja težave v steklarski peči zaradi: zmanjšane prenosa toplote v talino, nastanka metastabilne faze na površini taline (t.i. »foaming« pojav) in nestabilnost delovnih pogojev pri taljenju. Količine odpadne steklene volne, ki jo lahko recikliramo v steklarski peči so zato omejene do količin, kjer ne prihaja do tehnoloških ali ekoloških težav

1.5 Reciklaža odpadne steklene volne v steklarski peči tipa kisik-gorivo (oxy-fuel)

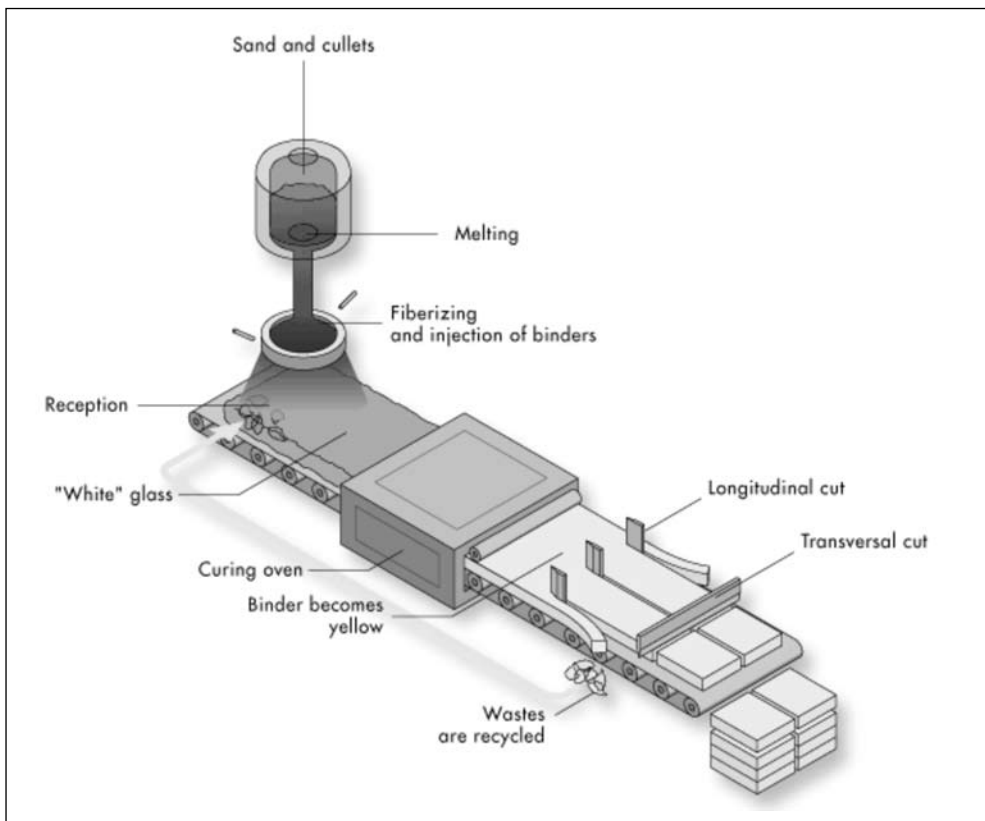
V proizvodnji steklene volne se odpadne steklene volne še ne reciklira zaradi:

- težav pri zbiranju in ločevanju
- vlaknaste narave materiala in prisotnosti organske faze, ki zahtevajo ustrezno predobdelavo.

Za reciklažo vlaknastega MPO z vsebnostjo organskega veziva je načelno bolj primeren tip peči *oxy-fuel* (kisik-gorivo) zaradi doseganja visokih temperatur zaradi uporabe kisika (slika 1). Optimalno izgorevalno razmerje kisik/plin prispeva k višjim temperaturam v steklarski peči in hitrejšemu izgorevanju organskega dela iz MPO. Zaradi nizkega deleža dušika in kisika (ob optimalno nastavljenem razmerju kisik/plin) so nižje tudi količine termično nastalega dušikovega oksida (NO), katerega nastanek je poleg temperature odvisen tudi od deleža dušika in kisika.

Talina stekla teče skozi greta platinska ustja v posebne centrifugalne stroje, kjer se steklo v perforiranih in gretih rotorjih razvlakni v vlakna z določenim območjem dolžin in premerov. Vlakna nato padajo skozi obroč, kjer se preko večjega števila koncentrično razporejenih šob prši vezivno sredstvo, vodna raztopina fenol-formaldehid-sečninske smole z dodatkom manjše količine mineralnega olja. Del vode pri nanosu na vlakna izpari. Na dnu kanala, imenovan usedalna komora, se na perforiranem neskončnem traku oblikuje enakomerna plast steklenih vlaken (»mata«), obrizganih z vezivnim sredstvom. Mata nato potuje v plinsko greto trdilno komoro na 250 °C, kjer voda izpari in vezivo polimerizira. Po izhodu iz komore se produkt ohladi z odsesavanjem toplote zraka, sledi mehanska obdelava in pakiranje.

Za čiščenje odpadnih plinov in delov komore, kjer se vlakna oblikujejo, se uporablja tehnološka voda, ki predstavlja zaključeno zanko znotraj proizvodnje (procesna voda). Del vlaken impregniranih z vezivnim sredstvom iz stopnje oblikovanja mate preide v procesno vodo. Impregnirana steklena vlakna omočena s procesno vodo se ločujejo iz sistema procesne vode s postopki flotacije na površino v bazenu procesne vode, kjer se mehansko odstranijo, stisnejo (ožmejo) preko polžne stiskalnice ter začasno skladiščijo v namenskih kontejnerjih. S stiskanjem se odstrani večji del vode in poveča se nasipna gostota. Mokri procesni odpad razen anorganskih vlaken vsebuje še organsko vezivo in vlago. Je neprimeren za odlaganje, najboljša rešitev je reciklaža v steklarski peči znotraj proizvodnje.



Slika 1.: Shema proizvodnje toplotno-izolacijskih izdelkov iz steklene volne.

Odpadna steklena volna kot procesni odpad (MPO) vsebuje določen delež organskega vezivnega materiala (5 – 10 %), kar pomeni, da je neprimeren za odlaganje tako zaradi nizke gostote kot prisotnosti organskega veziva, ponavadi fenol-formaldehid-sečninske smole ter dodatkov proti prašenju. Anorganski del steklene volne bi lahko predstavljal uporabno komponento

za reciklažo in ima zaradi vsebnosti B_2O_3 , ki se uporablja v proizvodnji steklene volne, tudi pomembno vrednost. Problem nastane zaradi prisotnosti organskega veziva (PUF) v odpadku. Ko odpad talimo v konvencionalnih steklarskih pečeh pride do poslabšanja kvalitete stekla in nižje transmisije toplote v talino (pride do t.i. »foaming« - penilnega pojava na površini taline in do prenosa ne-oksidiranega ogljika v talino). Pregled literature na področju reciklaže steklene volne je precej skop, obstajajo določene objave tehnologij ali postopkov pri sorodnih materialih:

- predhodna obdelava odpada v posebnih komorah, ki so ga razvili v Franciji, kjer se odpad najprej zmelje in dozira v izgorevalno komoro. V komoro se vpahuje vroče pline z maks. 10 % kisika, v smeri pirolize organskega materiala. Vsebnost organskega materiala se tako zniža pod 1 %. Zaradi ekonomskih in tehničnih razlogov takšna rešitev zaenkrat ni v širši uporabi.
- toplotna odstranitev organskih polimerov s steklenih vlaken (kompozitni materiali, ki se uporabljajo v avtomobilski in elektronski industriji) na posebni napravi je prav tako opisana v literaturi. Preostala steklena vlakna (E-vlakna) se lahko z nekoliko poslabšanimi mehanskimi lastnostmi ponovno uporabijo v vlogi kompozitnega materiala v matični industriji.

2. UPORABLJENI MATERIALI IN METODE

2.1 Odpadni mokri procesni odpad (MPO)

Za karakterizacijo MPO je bil uporabljen reprezentativen vzorec iz proizvodnje steklene volne iz tovarne Ursa d.o.o., Novo mesto. MPO nastaja pri proizvodnji v procesu oblikovanja koprene iz steklenih vlaken, obrizganih z vezivom, v napravi imenovani usedalna komora. Pri čiščenju perforiranega traku in bočnih sten usedalne komore se oprijeta vlakna z vezivom odstranjuje s procesno vodo. MPO nastane v proizvodni fazi po nanosu vezivnega sredstva na steklena vlakna (vlaknenje steklene taline) in se odstrani pred obdelavo v trdilni komori (faza utrjevanja izdelka).

Ker se uporabi znotraj proizvodnega procesa v celoti, po definiciji ne gre za odpadek ampak za procesni izmet. MPO v takšni obliki, kot je bil karakteriziran, ni primeren za odlaganje na odlagališčih nenevarnih kot nevarnih odpadkov, saj so presežene mejne vrednosti za parametre TOC in žaroizguba v odpadku ter DOC v njegovem standardnem izlužku.

Reprezentativni vzorec MPO smo pridobili z dvotedenskim kontinuirnim vzorčenjem odpada. Dnevno smo odvzeli 1–2 kg povprečnega vzorca odpada iz kontejnerja MPO pred doziranjem v peč in ga do analize shranjevali v zaprtih posodah v hladilniku pri 4°C.

Dnevne vzorce smo na koncu vzorčenja združili in homogenizirali v mehničnem mešalniku. Za ugotavljanje dnevne fluktuacije sestave odpadka (nasipna gostota, vsebnost vlage, organska faza, anorganska faza, celokupni fenoli, delež dušika, delež amoniaka) smo karakterizirali povprečne dnevne vzorce MPO iz kontejnerja pred doziranjem v peč. Analize za odvzeti odpad so bile opravljene isti dan po standardnih metodah (tabela 2).

Vzorčenje odpadnih plinov iz steklarske peči pri industrijskem poskusu smo izvajali na merilnem mestu, kjer se izvaja redni procesni monitoring emisije snovi v zrak. Merilno mesto je urejeno na višini 20 metrov od tal, ter ca. 10 metrov pred izstopno ravnino izpusta v zunanjo atmosfero.

Tabela 2.: Uporabljene vzorčevalne in analizne metode.

Parameter	Odpadka/izlužka	Odpadnega plina
Vzorčenje	SIST EN 14899:2006	SIST EN 13284-1:2002
Homogenizacija	SIST EN 15002:2006	-
Vlaga	SIST EN 14346:2007	-
Žaroizguba	SIST EN 15169:2007	-
Kurilna vrednost	SIST EN 15400:2007	-
Cel. fenoli	SIST ISO 6439:1996	SIST ISO 6439:1996
Amoniak	Kjeldahl	SIST ISO 7150-1
TOC/DOC	SIST EN 13137:2002	-

Termogravimetrična analiza (TG/DTG/DTA, tudi v sklopu z MS) odpada je bila izdelana na aparatu TA Instruments Thermal Analysis.

Merjen je tudi redoks potencial taline in MPO; slednjega smo termično obdelali pod različnimi pogoji (temperatura, dodatek oksidantov) in izmerili redoks potencial anorganskega preostanka.

Industrijski preskus direktne aplikacije mokrega procesnega odpada je bil izdelan na proizvodni oxy fuel peči v tovarni Ursa d.o.o., Novo mesto, podprto z (nekoliko razširjeno) analitiko rednega obratovalnega monitoringa dimnih plinov. Preskus je bil opravljen med rednim normalnim obratovanjem peči z uporabo 50 – 400 kg MPO/h, pri čemer je znašal vnos osnovne surovin v peč okoli 3000 kg/h.

3. REZULTATI

3.1 Važnejše lastnosti mokrega procesnega odpada

V tabelah 3-4 so prikazani rezultati meritev sestave in fizikalno-kemijskih lastnosti MPO in njegovega standardnega izlužka.

Tabela 3.: Rezultati statistično-podprte karakterizacije MPO na relevantne parametre.

Parameter (N = 16)	Vlaga, 105°C (%)	Žarilna izguba, 550°C (%)	Delež vlaken, iz razlike (%)	Celokupni fenoli g/kg _{MPO}
Povprečje	40,4	14,7	44,9	4,9
maksimum	52	21,4	64,6	8,1
minimum	22,5	8,5	38,4	3,5
st.dev.	7,1	3,4	6,6	1,1
rel.st.dev. (%)	17,7	22,9	14,8	25,5

Tabela 4.: Rezultati analize MPO na druge pomembne parametre.

Parameter	Enota	Vrednost
<i>Mokri procesni odpad</i>		
Celotni organski ogljik (TOC)	%	9,26
Celotni ogljik, C	%	9,28
Celotni vodik, H	%	1,01
Celotni dušik, N	%	1,30
Celotno žveplo, S	%	0,09
Kurilna vrednost	MJ/kg	2,58
<i>Standardni izlužek MPO</i>		
pH	/	8,9
Sušilni ostanek	mg/kg _{s.s.}	11040
Raztopljeni organski ogljik (DOC)	mg/kg _{s.s.}	5480

Sestava MPO (Tabela 3) precej niha glede na odvzet vzorec. Rezultati iz Tabele 4 kažejo, da MPO ni primeren za odlaganje na odlagališčih za nizko bio-razgradljive nenevarne odpadke zaradi presejanja parametrov iz Uredbe o odlaganju odpadkov na odlagališčih (Ur.l. RS št. Ur.l. RS št. 32/06). Prešežen je parameter raztopljeni organski ogljik (DOC), merjen v standardnem izlužku odpadka. Visoke so tudi vrednosti žaroizgube in celotnega organskega ogljika (TOC) v MPO. Kurilna vrednost povprečnega odpada je pod 3 MJ/kg, kar je zanemarljivo; kurilna vrednost izvira iz organskega dela MPO, ki znaša 17-18 MJ/kg_{s.s.}

3.2 TG/DTG/DTA – MS analiza MPO

S ciljem ugotoviti razkrojne plinaste produkte termične razgradnje smo naredili še meritve TG/DTG/DTA, sklopljeno z MS. Homogeniziran in sušen vzorec MPO (200 mg) smo segrevali v TG aparatu (hitrost segrevanja 10 K/min, temperaturni interval 25 – 1050 °C) v atmosferi argona (piroliza

vzorca) in preostanek po pirolizi posneli v atmosferi argon/kisik = 80/20. Celoten vzorec MPO smo tudi segrevali tudi v atmosferi zmesi argon/kisik = 80/20. Pod istimi pogoji smo posneli tudi vzorce predhodno zmletih in sušenih anorganskih vlaken, brez organskega dela, s ciljem določitve ozadja iz vlaken. Razpadni plinasti produkti se po ogreti cevi vodijo do masnega spektrometra, kjer dobimo signale m/z v odvisnosti od temperature. Glavni rezultati so prikazani v tabeli 5 in diagramih 1-4.

Tabela 5.: Sproščanje fragmentov v MS v različnih temperaturnih intervalih in izguba mase.

Vzorec	Atmosfera	Temperaturni interval (°C)	Fragmenti v MS	Izguba mase v temp. intervalu 25 – 105°C (%)
Anorg. vlakna	argon	450 – 650	Predvsem H ₂ O	0,14
	argon/kisik	25 – 1050	H ₂ O, CO, CO ₂	1,23
MPO	argon	25 – 200	H ₂ O, NH ₃	12,7
		200 – 400	NH ₃ , CO, CO ₂	
		400 – 800	H ₂ O, intenzivna CO in CO ₂ , razmerje CO/CO ₂ = 5	
		800 – 1000	CO ₂ , CO	
MPO	argon/kisik	25 – 200	H ₂ O, NH ₃	16,6
		250 – 500	H ₂ O, CO ₂ , NH ₃ , CO	
		500 – 800	Intenzivno sproščanje CO, nekaj CO ₂ Razmerje CO/CO ₂ = 6 v celotnem intervalu segrevanja.	
MPO po segrevanju v argonu	argon/kisik	300 – 700	Intenzivno sproščanje CO ₂ in CO	5,2

3.3 Meritve emisij pri industrijskem poskusu reciklaže MPO v steklarski peči

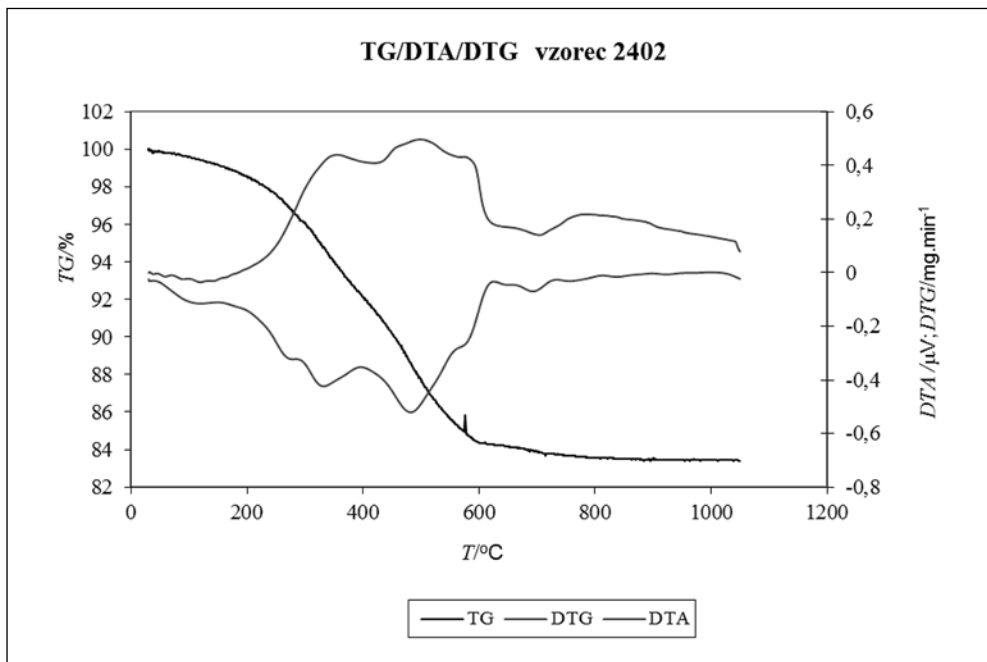
V steklarsko peč smo dozirali različne količine MPO (0 – 250 kg/uro) in merili emisije celokupnih fenolov, formaldehida, amoniaka, TOC, NO, CO in O₂. Rezultati so prikazani v tabelah 6-7 in diagramih 5-6.

Tabela 6.: Emisije fenolov, formaldehida in amoniaka v odpadnih plinih od vložka MPO.

Količina MPO kg /uro	$T_{\text{odpad.plinov}}$ °C	Q_n m^3_n/uro	Celokupni fenoli		Formaldehid		Amoniak	
			mg/m^3_n	g/uro	mg/m^3_n	g/uro	mg/m^3_n	g/uro
75	358	8200	0,12	1,1	< MD	< MD	0,7	6,3
150	352	9100	0,03	0,14	< MD	< MD	0,5	4,8
200	354	9100	0,01	0,11	< MD	< MD	0,6	6,1
250	356	8900	0,006	0,06	< MD	< MD	0,4	4,5

Tabela 7.: Emisije TOC iz peči pri različnih vnosih MPO.

Količina MPO kg/uro	TOC $\text{mg}/\text{m}^3_{n'}$ suhi plini	g/uro
0	7,4	59
75	7,4	61
150	7,4	67
200	7,4	67
250	7,4	66

**Diagram 1.:** TG/DTG/DTA MPO v atmosferi argona.

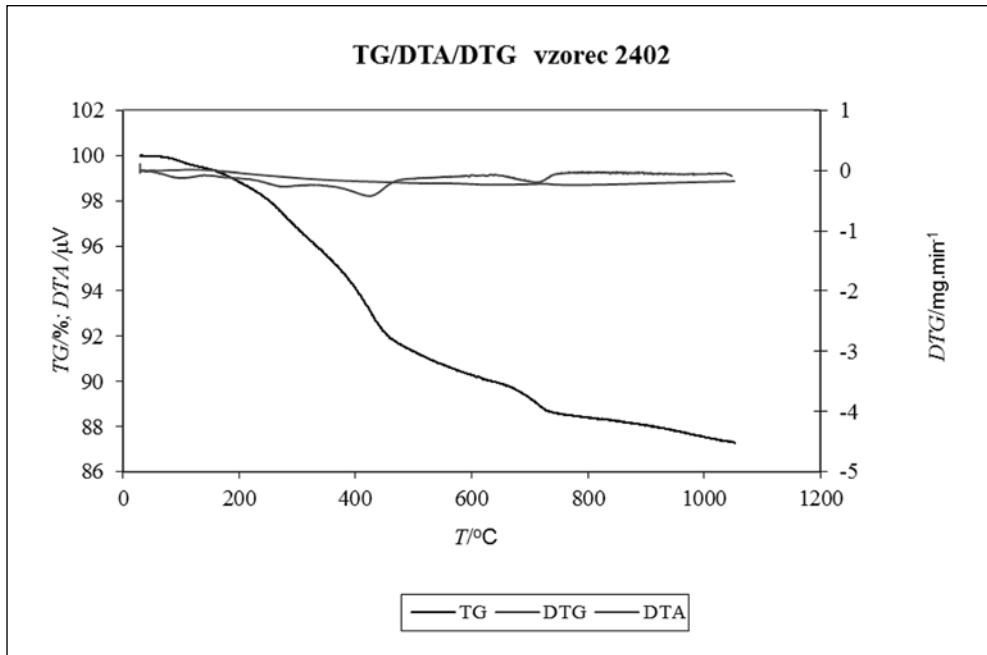


Diagram 2.: TG/DTG/DTA MPO v atmosferi argon/kisik.

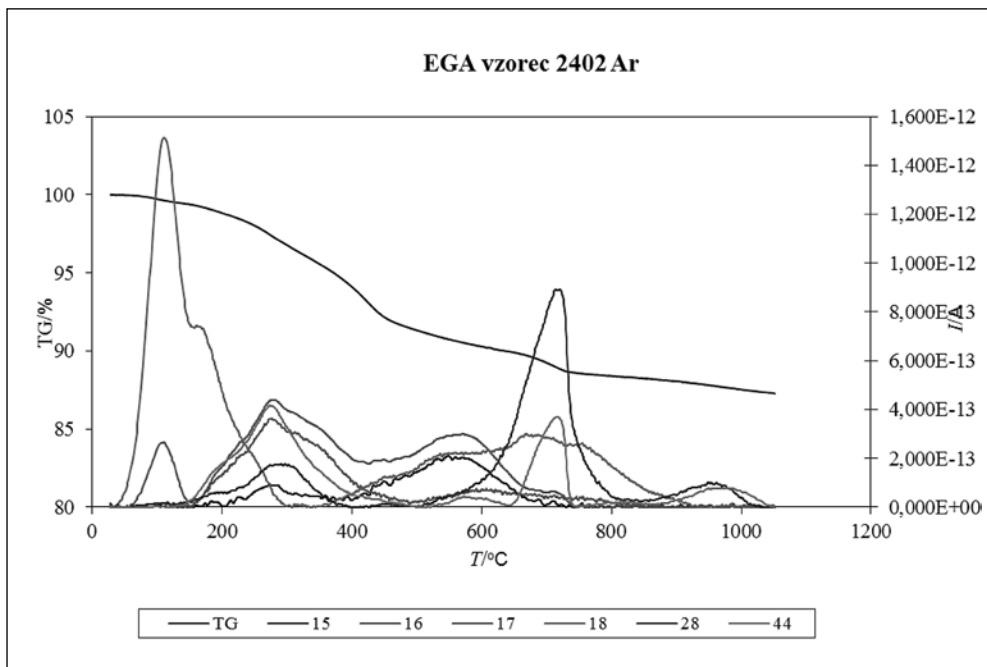


Diagram 3.: MS spekter po termični obdelavi MPO v argonu.

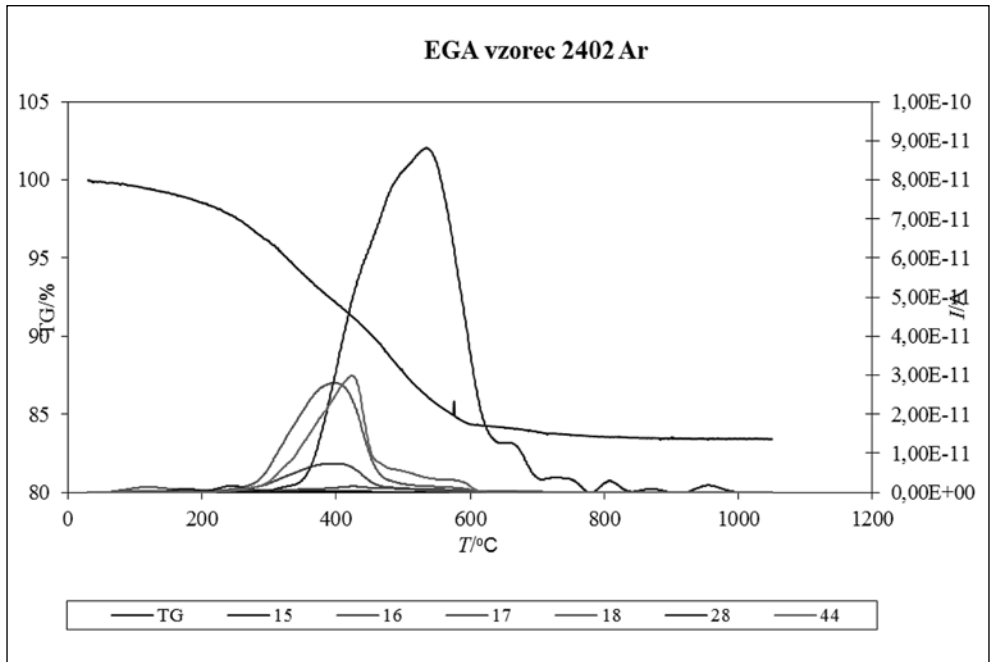


Diagram 4.: MS spekter po termični obdelavi MPO v argonu.

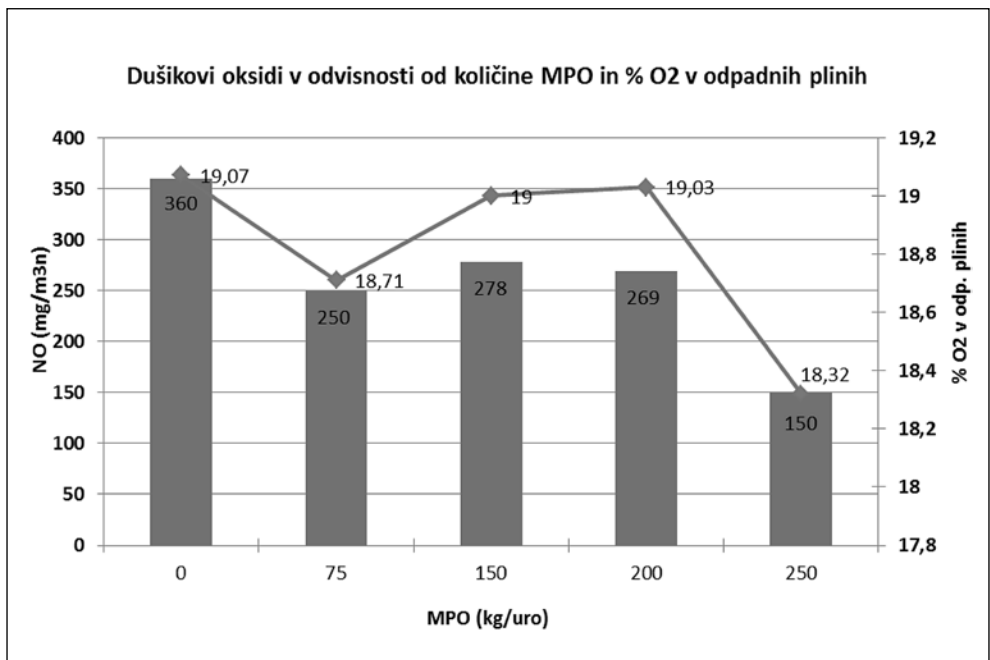


Diagram 5.: Dušikovi oksidi (NO) in % O₂ v odpadnih plinih v odvisnosti od količine MPO.

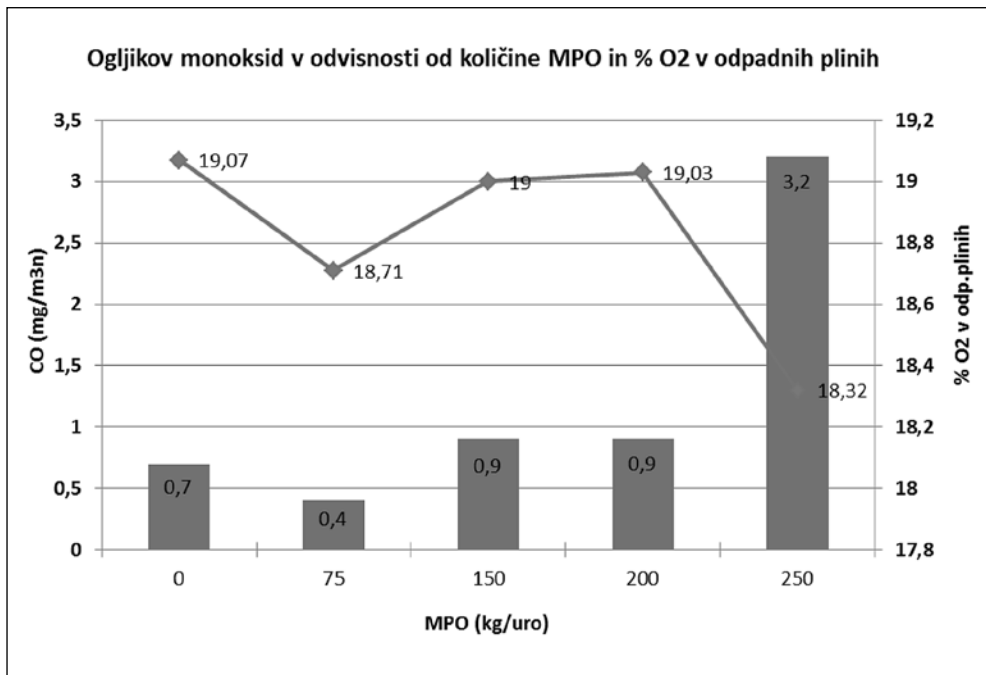


Diagram 6.: Ogljikov dioksid in kisik v odpadnih plinih v odvisnosti od količine MPO.

4. ZAKLJUČKI

Podrobno smo karakterizirali mokri procesni odpad (MPO) iz proizvodnje toplotno-izolativnih izdelkov na bazi steklenih vlaken s stališča primernosti za reciklažo. Iz meritev TG/DTG/DTA-MS smo ugotovili, da v inertni atmosferi poteka nepopoln razpad organskih snovi, tako da v MPO ostane okrog 4 % ogljika; ta lahko v talini stekla povzroča težave. V atmosferi zraka organski del MPO do temperature 600°C popolnoma zgore v plinaste produkte, deloma tudi v CO. Ugotovili smo tudi kakšno je sproščanje plinov v temperaturnem intervalu 25 – 1050°C iz anorganskih vlaken kot ozadja.

Z meritvami emisij odpadnih plinov iz industrijske peči pri doziranju MPO smo spremljali izogrevanje njegovega organskega dela. Z meritvami parametrov: celokupni fenoli, formaldehid, amoniak in TOC smo ugotovili, da so pri vseh količinah MPO dodanih v peč, koncentracije potencialno limitnih parametrov daleč pod dopustnimi mejnimi vrednostmi.

Z neposredno meritvijo parametrov NO, CO in O₂ smo ugotovili, da povečevanje doziranja MPO znižuje delež O₂ v atmosferi peči zaradi izgo-

revanja organskega dela MPO. Ogljikov monoksid se v praktično celotnem obsegu meritev v emisijah ni pojavil, razen (v manjših koncentracijah) pri največji obremenitvi 250 kg/uro MPO. Pretvorba organskega ogljika iz MPO poteče do ogljikovega dioksida in vode.

Zanimiv je pojav zniževanja dušikovih oksidov (NO) do 50 % pri večanju količin doziranega MPO. Mehanizma, ki znižujeta termični NO v atmosferi peči sta zniževanje kisika v atmosferi peči z odgorevanjem organskega dela MPO in reakcija med amoniakom, ki nastane pri termičnem razpadu sečninskega polimera, in NO iz gorenja do elementarnega dušika.

Direktiva EU o odlaganju odpadkov v akcijskem planu določa, da se v proizvodni proces vrne ali reciklira vsaj 70 % nenevarnih gradbenih odpadkov, kamor spada odpadna termoizolacijska steklena volna. Uporaba odpadne steklene volne v proizvodnji steklene volne je možna ob razvoju ustrezne tehnologije za pripravo ustrezne sekundarne surovine in nato s termično reciklažo. Pri količinah MPO, recikliranega v peči, smo pri vseh količinah na proizvodni napravi ugotovili, da so vplivi pri termični reciklaži MPO na emisije v zrak minimalni.

Trajanje doziranja MPO je bilo prekratko za ugotovitev možnih vplivov na tehnološki proces taljenja. MPO ima sicer visoko vsebnost organskega dela v primerjavi z odpadno toplotno-izolacijsko stekleno volno, vendar bi pri redni uporabi le-te kot sekundarne surovine v večjih količinah bil potreben predhodni odžig organske faze. Ogljik na steklenih vlaknih lahko negativno vpliva na proces taljenja stekla. Tehnološki vpliv organskega dela MPO, pri različnih pogojih (temperaturna obdelava, dodatek oksidanta), smo posredno določili z meritvami redoks potenciala steklastega preostanka po toplotni obdelavi.

Učinke reciklaže MPO smo ovrednotili z ekonomskega in okoljskega vidika s stališča prihrankov pri termični reciklaži odpadne steklene volne kot sekundarne surovine. Z okoljskega vidika predstavlja termična reciklaža ločeno zbrane frakcije gradbenih odpadkov razbremenitev za odlagališča odpadkov, nižjo porabo energije za taljenje stekla v primerjavi z osnovnimi surovinami in nižje izgorevalne ter procesne emisije CO₂, skupaj 25 – 30 kg CO₂/tono proizvedenega stekla pri zamenjavi 10 % deleža osnovnih surovin z ustrezno obdelanim odpadom iz steklene volne.

VIRI IN LITERATURA

- [1] Gualtieri, F., et al. (2009). The thermal transformation of Man Made Vitreous Fibers (MMVF) and safe recycling as secondary raw materials (SRM), *J. Hazard. Mater.* 162, 1494–1506..
- [2] Draft Reference dokument on Best Available Techniques in the Glass Manufacturing techniques, EU IPPC Bureau, July 2009.
- [3] Roijen, U.Hofstra (2008). Quantitative study of future insulation waste material in Europe, *INTRON Study Report, November 2008*.
- [4] Pickering, S.J., et al. (2000). A Fluidised-bed process for the recovery of glass fibres from scrap thermoset composites, *Compos. Sci. Technol.* 60, 509 – 523.
- [5] Zheng, Y., et al. (2009). A novel approach to recycling of glass fibers from nonmetal materials of waste printed circuit boards, *J. Hazard. Mater.* 170, 978–982.
- [6] Bezjak, R., (2011). Razvoj termične reciklaže odpadne mineralne volne, Magistrsko delo, UL FKKT.



ID 09

Koristna izraba deponijskega plina v energetske namene

Dragan TRIVUNČEVIĆ¹

¹ SNAGA Javno podjetje d.o.o., Povšetova 6, SI-1000 LJUBLJANA
dragan.trivuncevic@snaga.si

Povzetek

JP Snaga d.o.o. poleg osnovne dejavnosti zbiranja, odvažanja in odlaganja odpadkov, izvaja tudi ostale dejavnosti, med katere spada tudi proizvodnja električne energije iz deponijskega plina. Na Odlagališču nenevarnih odpadkov Barje smo že v letu 1993 pristopili k ekonomičnemu reševanju problematike sproščanja deponijskega plina. Do tedaj se je deponijski plin sežigal na bakli. Z namestitvijo plinskih agregatov, energijo deponijskega plina koristno in na ekološko sprejemljiv način uporabljamo za proizvodnjo električne in toplotne energije. Plinski agregati obratujejo v sklopu Plinske elektrarne, katere nazivna bruto električna moč (na sponkah generatorja) znaša 4243 kW. Plinsko elektrarno sestavljajo štirje plinski agregati s pogonom na deponijski plin, centralno plinsko črpališče in transformatorska postaja.

Deponijski plin nastaja na odlagališčih odpadkov z anaerobnim razkrajanjem gospodinjskih odpadkov. Sestavljen je iz mešanic plinov, je brezbarven in ima značilen, neprijeten vonj zaradi prisotnosti organskih žveplovih spojin. Zaradi negativnega vpliva deponijskega plina na ozračje in podtalnico, je njegova uporaba v energetske namene vse bolj pomembna in ekonomska.

Ključne besede: deponijski plin, proizvodnja električne energije, proizvodnja toplotne energije, gospodinjski odpadki, anaerobni razkroj

1. UVOD

Na ljubljanskem Odlagališču nenevarnih odpadkov Barje (v nadaljevanju Odlagališče Barje), so začeli odpadke odlagati leta 1964. Odlagališče Barje leži na jugozahodnem delu Ljubljane, oziroma ob robu severnega dela Ljubljanskega barja. Na Odlagališču Barje se odlagajo mešani komunalni odpadki in

odpadki, ki jih je v skladu z Uredbo o odlaganju odpadkov na odlagališčih (Ur.l. RS, št. 32/2006, Ur.l. RS, št. 98/2007, 62/2008, 53/2009) dovoljeno odlagati na odlagališča nenevarnih odpadkov.

Odlagališče Barje se deli na dva dela; stari in novi del odlagališča. Stari del odlagališča zavzema 47,5 ha in se razprostira severno od potoka Curnovca. Na tem delu so se odpadki odlagali v obdobju od leta 1964 do 1987. Povprečna višina odloženih odpadkov je 10 m.

Novi del odlagališča obsega okoli 42 ha površine in je začel z obratovanjem v sredini leta 1987. Glede na možnosti in potrebe se je gradil postopoma. Ker je odlagališče urejen in varovan prostor, na katerem se trajno odlagajo odpadki, ga poleg deponijskih polj sestavljajo še ostali spremni objekti, ki zagotavljajo varno in nadzorovano obratovanje odlagališča. Na novem delu odlagališča so za potrebe upravljanja in obratovanja odlagališča v uporabi naslednji objekti: upravna stavba z uvozno in izvozno tehtnico, garaže za mehanizacijo, avtopralnica, parkirni prostori, plinska elektrarna s črpalno postajo za deponijski plin, bazeni izcednih voda, retenzijske lagune za padavinske vode, plato za kompostiranje, skladišče nevarnih gospodinjskih odpadkov, zbirni center, okoljska merilna postaja in centralna čistilna naprava za čiščenje izcednih vod, ki nastajajo v deponijskih poljih.



Slika 1.: Odlagališče nenevarnih odpadkov.

Odlaganje odpadkov je zadnja faza ravnanja z odpadki, s katero se odpadke trajno in na nadzorovan način odloži in deponira v namensko urejen prostor.

1.1 Odlagališčni plin

Na vseh odlagališčih, kjer se odlagajo organsko razgradljivi odpadki, nastaja odlagališčni plin. Odlagališčni plin nastaja na odlagališčih odpadkov z anaerobno razgradnjo gospodinjskih odpadkov. Takoj po odložitvi komunalnih odpadkov, ki vsebujejo organske biorazgradljive snovi, pričnejo v deponijskem telesu potekati biokemični procesi, ki razgrajujejo prisotne organske sestavine. Ti procesi trajajo tudi do sto let, pri čemer se intenziteta razgradnje zmanjša za polovico približno vsakih 5 do 8 let. Procesi razgradnje se odvijajo v prisotnosti zračnega kisika (aerobni) in pa brez prisotnosti zračnega kisika (anaerobni). V neprikritih slojih potekajo pretežno aerobni procesi, v prekritih slojih pa pretežno anaerobni. Pri teh procesih se sproščajo toplota, plini in vodna para.

Obseg in intenzivnost teh procesov sta poleg sestave odpadkov, deleža in vrste organskih snovi, odvisna od:

- vsebnosti vlage oziroma hidravličnega zadrževalnega časa,
- temperature v deponijskem telesu,
- kislosti,
- prisotnosti hranil,
- prisotnosti inhibitorjev,
- načina odlaganja in oblikovanja deponije,
- kompaktiranosti,
- prekritosti deponijskega telesa.

Gibanje plina v deponijskem telesu je odvisno od tlaka in difuzije v okolico. Če so površine deponijskega telesa dobro prekrите in bolj ali manj prepustne za pline, potem tlak plinov v deponijskem telesu narašča, dokler ni dovolj visok za preboj in difuzijo skozi relativno najbolj prepustne površine. Običajno za to zadostuje že tlak 2-3 milibare.

1.1.1 Nastanek in sestava odlagališčnega plina

Razgradnja odpadkov na odlagališču poteka s pomočjo bakterij. To razgradnjo lahko razdelimo v pet faz. Slika 2 prikazuje faze nastanka odlagališčnega plina.

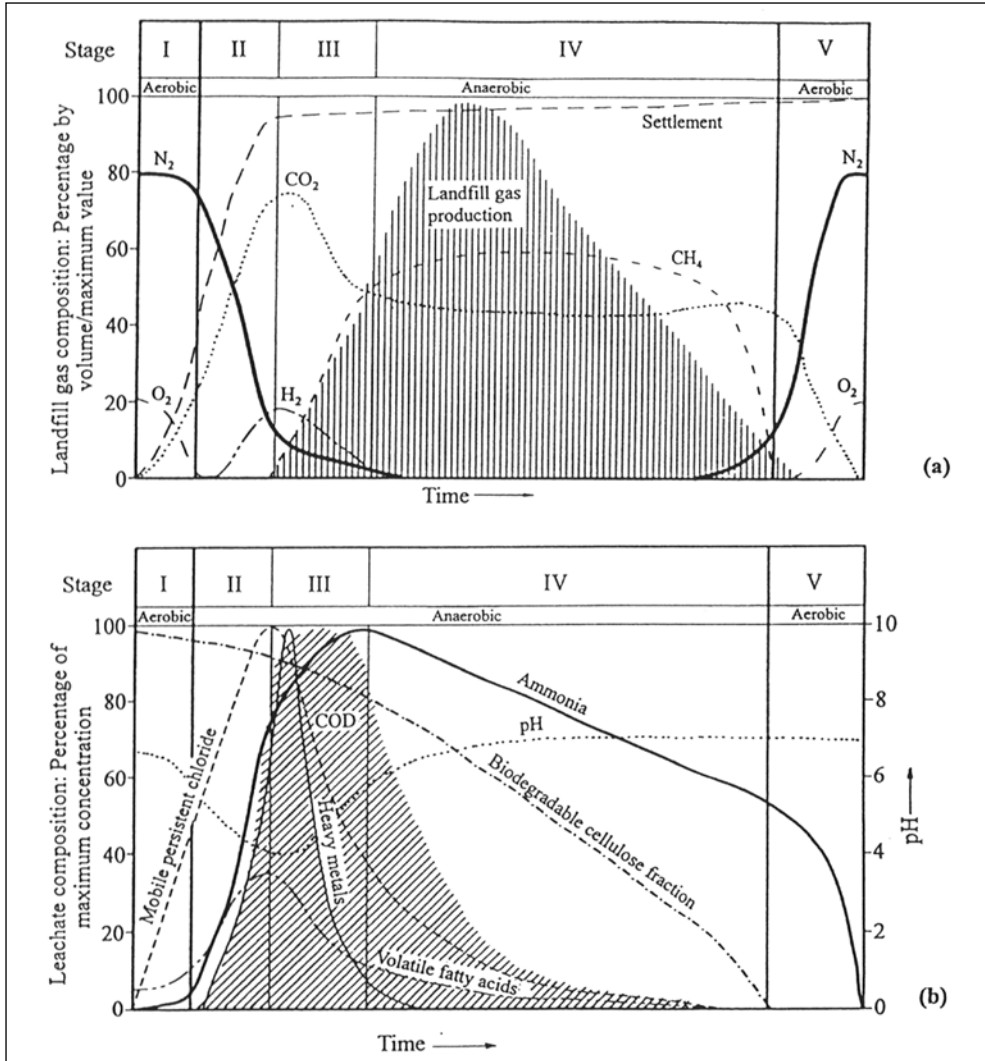
Faza I.: V prvi fazi poteka razgradnja odpadkov s pomočjo aerobnih bakterij – to so mikroorganizmi, ki živijo le v prisotnosti kisika. Razgradljive organske snovi se razgradijo ob prisotnosti kisika, ki ga dobivajo iz deponijskega, ulovljenega v zraku med odpadki. Vsebnost dušika je v prvi fazi najvišja, v naslednjih fazah pa se zmanjšuje. Prva faza traja, dokler je prisoten kisik. Traja lahko dneve ali pa mesece, odvisno od razpoložljivosti kisika med odpadki. Vsebnost kisika se spreminja tudi glede na stisnjenost odpadkov pri deponiranju v odlagalni prostor.

Faza II.: Druga faza se prične, ko se kisik v odlagališču porabi in nastopijo anaerobni pogoji. V tej fazi so aktivne fermentativne in acetogene bakterije, ki delujejo brez ali ob majhnih koncentracijah kisika. Anaerobne bakterije pretvorijo komponente, ki so nastale v prvi fazi v očetno, mlečno in mravljinčno kislino, ter alkohole, kot sta metanol in etanol. Odlagališče oziroma nahajališče odpadkov v tej fazi postane zelo kislo. Ko kislina pride v stik z vlago, prisotno na odlagališču, se določeni nutrienti raztopijo in tako dobimo spojine, ki vsebujejo dušik ter fosfor, ki sta razpoložljiva naraščajočemu številu različnih mikroorganizmov v odlagališču. Plinasta produkta tega procesa sta ogljikov dioksid in vodik.

Faza III.: Tretja faza se prične, ko določene anaerobne bakterije porabijo organske kisline, nastale v drugi fazi in pri tem tvorijo acetat – organsko sol. Traja od nekaj mesecev do enega leta. Ta proces pripomore k temu, da postane odlagališče nekoliko bolj nevtralnno okolje, v katerem pričnejo delovati bakterije, ki proizvajajo metan. V plinu se pojavi metan, koncentraciji ogljikovega dioksida in vodika se zmanjšata.

Faza IV.: Ta faza traja najdlje, nekaj deset, tudi do sto let. Reakcija je počasna in potrebuje veliko let, da se dokonča. Aktivne so metanogene bakterije. Za to fazo je značilno konstantno nastajanje metana. Po volumnu vsebuje običajno 45–60 % metana, 40–55 % ogljikovega dioksida in 2–9 % ostalih plinov. Plin se proizvaja v stalnem razmerju približno 20 let, emitira pa se lahko tudi 50 let. V metanogeni fazi sta aktivni dve vrsti mikroorganizmov, mesofilni (30 do 35°C) in termofilni (45 do 65°C).

Faza V.: Peta – zadnja faza nastopi, ko so reakcije razgradnje odpadkov končane, saj so se kislinke spojine porabile pri izdelavi metana in ogljikovega dioksida. V zgornjih slojih deponije se prično pojavljati aerobni odseki in odseki, kjer je redoks potencial previsok za nastajanje metana. Ob prisotnosti kisika aerobni mikroorganizmi počasi zamenjajo anaerobne in tako ponovno vzpostavijo aerobne pogoje ter pri tem ostanke metana pretvorijo v ogljikov dioksid in vodo.



Slika 2.: a. Sestava odlagališnega plina v odvisnosti od časa. b. Sestava odpadkov v odvisnosti od razgradnje v deponijskem telesu.

Odlagališče komunalnih odpadkov lahko opredelimo kot bioreaktor v katerem so glavni substrat, biorazgradljivi odpadki. Z nadzorovanim sistemom odplinjavanja, preprečimo nezaželeno uhajanje nastalega odlagališnega plina v atmosfero, sočasno ga lahko koristno uporabimo za proizvodnjo električne in toplotne energije ter s tem preprečimo onesnaževanje ozračja s škodljivimi plini. Če je metana v odlagališčnem plinu več kot 40 vol. %, obstaja možnost izrabe za proizvodnjo električne energije. Kurilna vrednost običajnega odlagališnega plina je povprečno 4,5 kWh/Nm³, kar nikakor ni zanemarljivo in nezanimivo za možno izkoriščanje, še zlasti na sodobnih, relativno velikih odlagališčih.

Tabela 1.: Sestava odlagališnega plina.

Komponenta	Delež (vol.%)	Lastnosti
Metan (CH ₄)	45-60	Najpreprostejši ogljikovodik, plin brez barve in vonja, specifično lažji od zraka, gori z modrikastim plamenom, s kisikom ali zrakom tvori eksplozivno zmes
Ogljikov dioksid (CO ₂)	40-55	V manjših koncentracijah se nahaja v atmosferi 0,03 %. Je brezbarven, brez vonja in rahlo kisel.
Dušik (N ₂)	2-5	Dušik sestavlja 79 % atmosfere. Je brez vonja, okusa in brez barve.
Sulfidi	0-3	Binarne spojine z žveplom (H ₂ S) in imajo zelo neprijeten vonj.
Kisik (O ₂)	0.1-1	Kisik sestavlja 21 % atmosfere. Je brez vonja, okusa in brez barve.
Amonijak (NH ₃)	0.0-1	Amonijak je brezbarven plin ostrega vonja, lažji od zraka, zelo dobro topen v vodi.
Nemetanske organske spojine – sekundarni plini	0.01-0.6	To so spojine, ki vsebujejo ogljik. Nemetanske organske spojine, ki se najpogosteje nahajajo v odlagališčih vsebujejo akrilonitrile, benzen, heksan, dikloretan, toluen, vinilklorid,..
Vodik (H ₂)	0-0.2	Je brez vonja in brez barve.
Ogljikov monoksid (CO)	0-0.2	Je brez vonja in brezbarven plin.

Odlagališčni plin je zaradi vsebnost metana požarno nevaren, saj lahko pride v notranjosti ali pa na površini odlagališča do nevarnih požarov. Metan v določenem razmerju z zrakom (4,4 – 15 vol.%) tvori eksplozijsko zmes.

2. ZAJEM IN IZRABA ODLAGALIŠČNEGA PLINA

2.1 Odlagališčni plin

Na Odlagališču Barje se je že leta 1984 pričel vzpostavljati sistem aktivnega odplinjanja deponije. V začetku je sistem obsegal 15 plinjakov, ki so bili vezani na baklo za sežiganje. Sistem so kasneje povečali še za 32 plinjakov, ki so bili povezani prek zbirnih vodov in ustrezne črpalke z baklo za sežiganje deponijskega plina.

V letu 1994 se je v JP Snaga d.o.o. začelo z nadgradnjo obstoječega črpalnišča plina na novem delu odlagališča. Načrtovana je bila lastna proizvodnja električne energije s plinskimi motorji. Zaradi zagotovitve zadostne količine plina so na starem delu odlagališča dogradili še 40 sond. Na novem delu

odlagališča se plinske sonde gradijo skupaj z gradnjo polj. Trenutno se za-
jem odlagališčnega plina izvaja iz skupno 236 plinjakov, povezanih v mrežo
dolžine 26 kilometrov. Ob polnjenju polj se plinske sonde nadgrajujejo in gle-
de na mesto odlaganja postopno priključujejo v sistem. Sistem za zajemanje
odlagališčnega plina je sestavljen iz treh osnovnih elementov: plinskih sond,
cevnega sistema in centralnega plinskega črpališča. Sestavni del sistema je
tudi bakla za sežiganje plina, ki se jo uporablja v primeru vzdrževalnih del na
plinskih motorjih in izpada plinske elektrarne. Zajem plina poteka skozi ver-
tikalne perforirane cevi, ki so preko regulacijskega ventila povezane na od-
plinjevalno mrežo. Razdalja med posameznimi perforiranimi cevmi za zajem
odlagališčnega plina je med 40 in 50 metri. S pomočjo plinskih puhal, ki so
nameščeni na centralnem plinskem črpališču, se odlagališčni plin preko zbir-
nih vodov črpa do plinskega črpališča. Na ta način se v plinski mreži ustvarja
podtlak. Vsi elementi mreže morajo biti preračunani na ustrezen maksimalni
podtlak, ki lahko nastane v plinskih inštalacijah. V nasprotnem primeru je
lahko moten proces izsesavanja plina iz deponije proti zbiralniku plina na
črpalni postaji. V centralnem plinskem črpališču se zbira plin iz desetih (10)
zbirnih vodov. V vsakem cevovodu je pred zbiralnikom vgrajen regulacijski
ventil, ki služi za avtomatsko regulacijo dovedene količine plina na osnovi
nastavljene zelene koncentracije metana. Tako dosežemo ustrezno mešanico
plina za nadaljnjo uporabo.

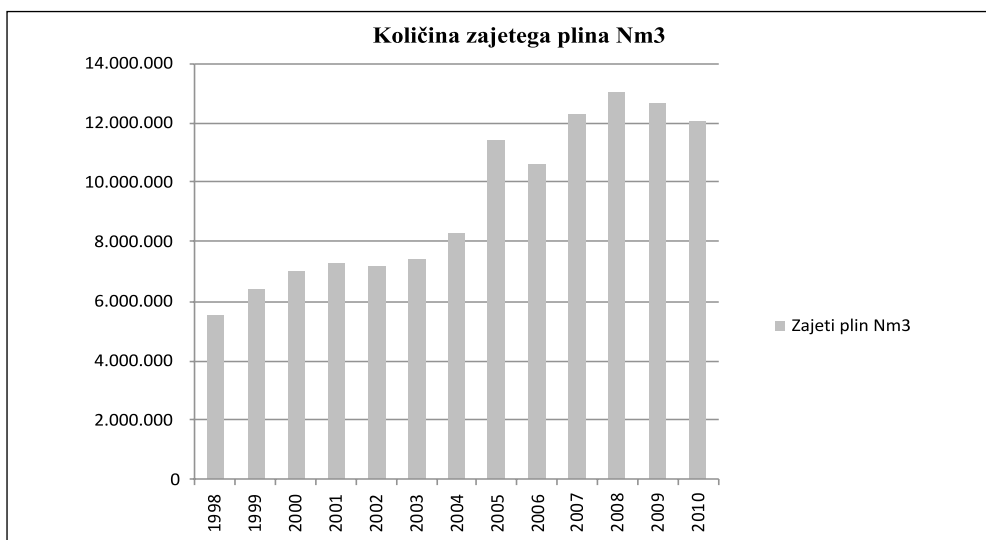


Slika 3. in 4.: Plinjak. V mrežo povezani plinjaki.



Slika 5.: Plinsko črpališče.

Sestava odlagališčnega plina je glede na delež metana in ogljikovega dioksida različna in je odvisna od pogojev v deponijskem telesu. Pri popolni anaerobni metanski mikrobiološki razgradnji nastane okoli 55 % metana in okoli 45% ogljikovega dioksida. Pri dovajanju zraka v telo se delež metana zmanjša na okoli 40%, ogljikovega dioksida na okoli 30%, sorazmerno se povečuje delež dušika (24%) in kisika (6%). Pri prisilnem odplinjanju je delež metana v odlagališčnem plinu približno 45%, ogljikovega dioksida 35%, kisika 2%, dušika pa 18%. V povprečju se trenutno izčrpa 1.700 Nm³ plina.

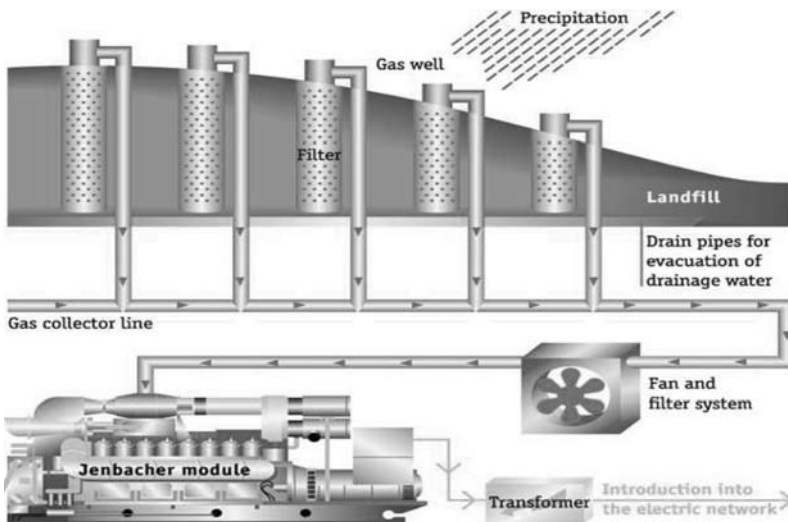


Slika 6.: Letna količina zajetega in izčrpanega odlagališčnega plina.

2.2 Izraba odlagališnega plina

Zajeti odlagališni plin se v energetske namene najbolj pogosto uporablja za proizvodnjo električne energije. Poleg proizvodnje električne energije, pa se metan iz odlagališnega plina lahko izrablja neposredno v industrijskih procesih, kot pogonsko gorivo za vozila, gorivne celice.

Za proizvodnjo električne energije je najbolj razširjena uporaba batnih motorjev z notranjim zgorevanjem z vžigom z električno iskro (npr. Ottov motor). Poleg batnih motorjev, se za proizvodnjo el. energije uporabljajo tudi plinske turbine. Turbine ali motorji poganjajo električni generator preko glavne gredi, ki proizvaja električno energijo. Napetost generatorja se v močnostni elektroniki, ki je sestavni del plinskega agregata najprej usmeri in nato razmeri na napetost in frekvenco omrežja. Razsmernik je ves čas sinhroniziran z omrežjem in ima svojo zaščito. Tehnologija izrabe energije temelji na sistemu zbiranja plinov, predobdelavi in tehnologiji proizvodnje energije, kar prikazuje Slika 7.



Slika 7.: Prikaz zajemanja in črpanja odlagališnega plina in procesa proizvodnje električne energije.

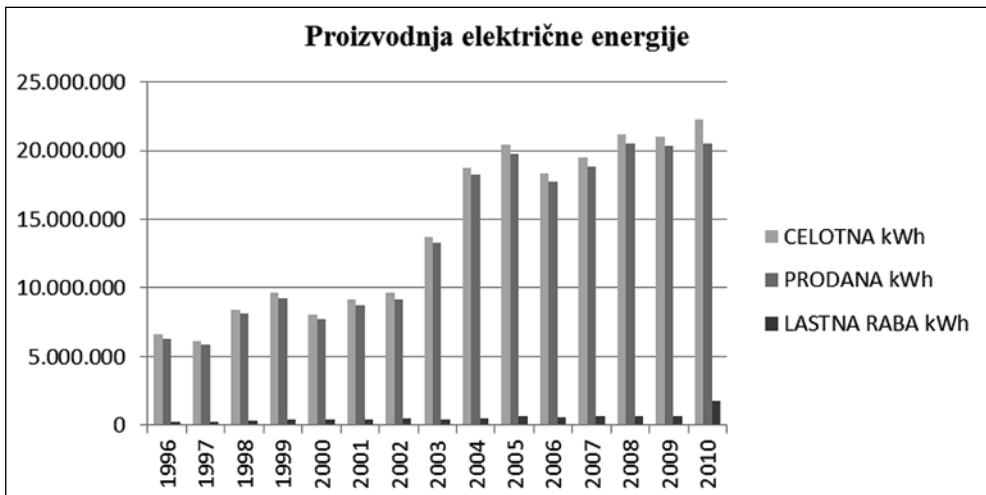
3. PLINSKA ELEKTRARNA

JP Snaga d.o.o je s koristno izrabo odlagališnega plina za proizvodnjo električne energije pričela že leta 1995. Na Odlagališču nenevarnih odpadkov Barje je bila zgrajena plinska elektrarna z močjo 1,2 MW. Skladno z rastjo deponijskih polj, se je povečevala tudi količina zajetega odlagališnega plina. Zaradi povečane količine zajetega odlagališnega plina, se je instalirana moč

plinske elektrarne z leti povečevala. Trenutno so instalirani štirje (4) motorji proizvajalca Jenbacher model J 320, katerih nazivna bruto električna moč (na sponkah generatorja) znaša 4243 kW. Instalirana nazivna električna moč vsake enote je 1.048 kW na napetostnem nivoju 400 V. Nazivna toplotna moč je 1.104 kW. Obstoječi plinski motorji porabijo pri obratovanju na polni moči skupno 1.893 Nm³/h odlagališnega plina z referenčno kurilno vrednostjo 4,5 kWh/Nm³, kar ustreza približno 45% deležu metana v deponijskem plinu. Kurilna vrednost odlagališnega plina znaša približno polovico kurilne vrednosti zemeljskega plina, ki je 9,5 kWh/Nm³. Tlak plina na vstopu v motorje znaša med obratovanjem med 60 in 90 mbar, pri zagonu plinskih motorjev pa znaša tlak 110 mbar.

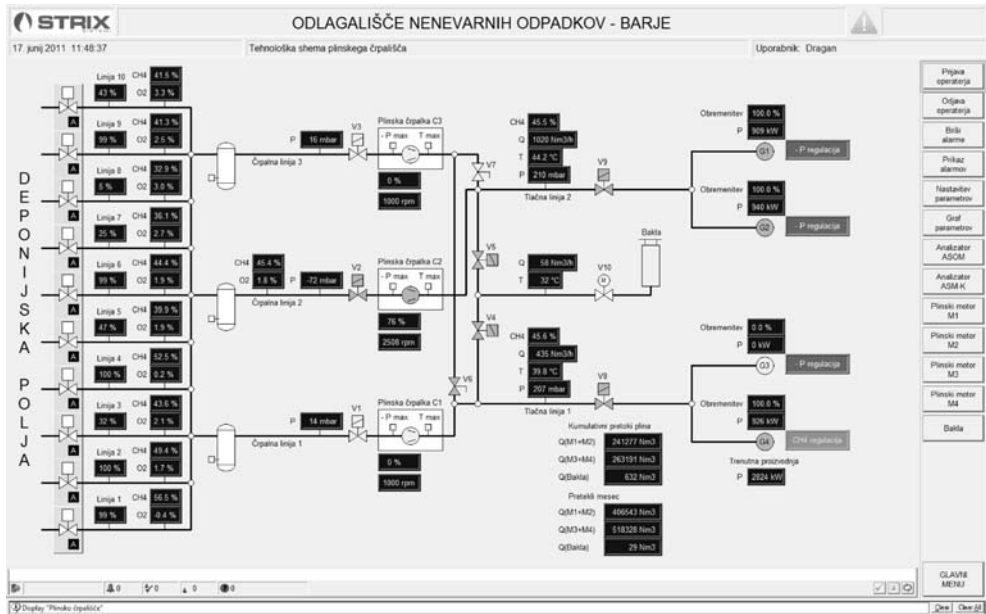
Naprave so kontejnerskega tipa, kar pomeni, da sta plinski agregat z generatorjem in pripadajoča nizkonapetostna omara za krmiljenje in sinhronizacijo nameščeni v kontejnerju.

Vsak od generatorjev ima svoje generatorsko zaščitno stikalo, ki ga krmili elektronska zaščita generatorja. Prav tako ima vsak generator svoj transformator nazivne moči 1.600 kVA ter dodatni odklopnik pred transformatorjem. Transformatorji so preko ločilno stičnega mesta priključeni na srednjo napetost 10 kV. Izvedeno je otočno obratovanje. Z razširitvijo transformatorske postaje v letu 2006 sta na polje lastne rabe vezana dva agregata. V primeru izpada mreže in odklopa na ločilnem mestu, se odklopi tudi stikalo transformatorja. Lastna raba odlagališča se napaja neposredno iz agregata, ki je izbran za otočno obratovanje, brez prekinitve. V transformatorski postaji je tudi vse krmiljenje plinskih črpalk in agregatov ter toplotna postaja.



Slika 8.: Letna proizvodnja električne energije na Plinski elektrarni Barje.

Proizvedena električna energija se odvaja v električno omrežje mesta Ljubljane, le 7% proizvedene električne energije se uporabi za lastne potrebe na Odlagališču Barje. Letno se proizvede pribl. 21.000.000 kWh električne energije, kar zadostuje za oskrbo 5.900 gospodinjstev (290 kWh/mesec/gospodinjstvo). Poleg električne energije motorji proizvajajo tudi toploto. Ker je odlagališče ločeno od Ljubljane, se toplota uporablja le za potrebe ogrevanja in tehnološke procese na odlagališču.



Slika 9.: Tehnološka shema upravljanja in nadzovanja plinskega črpališča z motorji.

3.1 Nadzor in upravljanje plinske elektrarne

Agregati se upravljajo preko procesnega računalnika z možnostjo avtomatskega ali ročnega zagona. Nadzorna plošča vsebuje vse funkcije, ki so pomembne za zagon, zaustavitev in kontrolo glavnih parametrov, pomembnih za delovanje agregatov (motorni in generatorski del). Programska in strojna oprema agregatov je priključena na programsko opremo v kontrolni sobi za daljinski nadzor in upravljanje sistema (Scada Factory Talk View), ki omogoča obdelavo vseh potrebnih parametrov za nadzor in krmiljenje agregatov.

3.2 Plinski agregat

Plinski agregat (plinski motor z generatorjem) je kontejnerske izvedbe, v katerem sta plinski motor in generator medsebojno povezana z elastično sklop-

ko in elastično nameščena na osnovni okvir modula tako, da je preprečeno širjenje vibracij. Krmiljenje motorja je instalirano v kontejnerju skupaj z generatorjem in plinskim motorjem. Motor je 20-valjni štiritaktni plinski Ottov motor s turbopolnilnikom na izpušne pline in vmesnim hlajenjem mešanice goriva in zraka.



Slika 10.: Plinska elektrarna Barje.

4. ZAKLJUČEK

Odlagališčni plin, ki nastaja na odlagališču odpadkov z anaerobno razgradnjo gospodinjskih odpadkov, negativno vpliva na ozračje in podtalnico, zato je njegova uporaba v energetske namene vse bolj pomembna in ekonomična. Metan ima negativni učinek na segrevanje zemeljske površine, saj segreva ozračje 23 – krat bolj kot ogljikov dioksid. S sistemom nadzorovanega zajemanja in koristne izrabe odlagališčnega plina v obliki energije za pogon plinskih motorjev, se bistveno zmanjša nevarnost eksplozije in požara, količina smradu ter efektne emisije toplogrednih plinov. Proizvodnja električne energije iz odlagališčnega plina se uvršča v proizvodnjo zelene električne energije iz obnovljivih virov energije (OVE). Za proizvodnjo električne energije iz odlagališčnega plina sta pomembna predvsem delež metana v odlagališčnem plinu ter energijski izkoristek motorja. S koristno izrabo vseh OVE, bomo lažje in hitreje dosegli cilje slovenske energetske politike za OVE, to pa je zagotovitev 25% deleža OVE v bruto končni rabi energije do leta 2020.

VIRI IN LITERATURA

- [1] <http://www.atsdr.cdc.gov/hac/landfill/html/intro.html>
- [2] <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT38.htm>
- [3] http://kpv.arso.gov.si/kpv/Gemet_search/Gemet_report/report_gemet_term?ID_CONCEPT=4625&L1=302&L2=302
- [4] http://kazalci.arso.gov.si/print?ind_id=277&lang_id=302
- [5] <http://www.nixonenergy.com/landfill.html>
- [6] <http://www.planet-sprememb.si/Datoteke/spremembe/4-2-2%20Glavni%20toplogredni%20plini.pdf>
- [7] Čepon Lidija (2002). Preprečevanje in ravnanje s plinastimi emisijami iz odlagališča komunalnih odpadkov: Magistrsko delo.
- [8] Praktične izkušnje in spoznanja na področju koristne izrabe odlagališčne plina na Odlagališču nenevarnih odpadkov Barje.
- [9] Interne evidence in podatki podjetja JP Snaga d.o.o., Ljubljana.



ID 02

Ponovna raba odpadne vode pri proizvodnji titanovega dioksida

doc.dr. Andrej BOMBAČ¹, Dušan OBREZA²

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

andrej.bombac@fs.uni-lj.si

² Cinkarna-Metalurško kemična industrija Celje d.d., Kidričeva 26,
SI-3001 CELJE

Povzetek

Prispevek obravnava možnost vračanja deleža odpadne vode-dakantata, ki nastane pri procesu čiščenja dimnih plinov, v proizvodnjo za ponovno rabo. Pri tem je upoštevati veljavne predpise, direktive in druga zavezujoča določila s področja varovanja okolja. Za te namene je bila izdelana predhodna kategorizacija, to je analiza in pregled, različnih odpadnih vod za potencialno vračanje v proizvodnjo. V nadaljevanju je opisana možnost vračanja dekantata v proizvodnjo titanovega dioksida za potrebe pranja in čiščenja talnih površin in posod ter s tem znižanjem stroškov za pripravo filtrirane vode. Z okoljevarstvenega vidika pa je s strani podjetja doseženo zmanjšanje obremenjevanja okolja - deponije Bukovžlak.

Ključne besede: filtrirana voda, nevtralizacija, dekantat, ponovna raba.

Re-Use of Waste Water in Titanium Dioxide Production

Abstract

The paper deals with the possibility of returning share of waste water-*dekantat*, generated in the flue gases cleaning process in titanium dioxide production for reuse. In doing so, a compliance with applicable regulations, directives and other binding provisions on environment protection has to be done. For this purpose the prior categorization, i.e. an analysis and review of various wastewater for potential recovery in production was made. Following is described the possibility of *dekantat* returning in the titanium dioxide production for the washing and cleaning purposes of floor surfaces

and containers, thus reducing the preparing costs of filtered water. From the environmental point of view, the company's contribution to reduce environmental burdens in dump Bukovžlak is of great importance.

Key words: filtered water , nevtalization, dekantat, re-use.

1. UVOD

V kemijsko predelovalni industriji se večina podjetij srečuje s problematiko onesnaževanja okolja. Tudi v Cinkarni Celje se pri procesu proizvodnje titanovega dioksida lahko izpostavi (i) velike količine porabljene tehnološko obdelane rečne vode ter (ii) hkrati tudi velike količine odpadne vode, ki jo je potrebno očistiti in nevtalizirati pred izpustom v bližnjo deponijo. Del teh odpadnih vod predstavlja tudi *kondenzacijska voda*, ki nastane pri tehnološkem postopku kondenzacije dimnih plinov pri reakciji med žveplovo kislino in titanovo rudo. To odpadno vodo se najprej nevtalizira ter v nadaljevanju postopka, to je v fazi bistrenja, s sedimentacijo izloča še preostale trde delce. Tako očiščena *bistra voda (dekantat)* se preliva v zbirni rezervoar, od koder se jo prečrpava na deponijo.

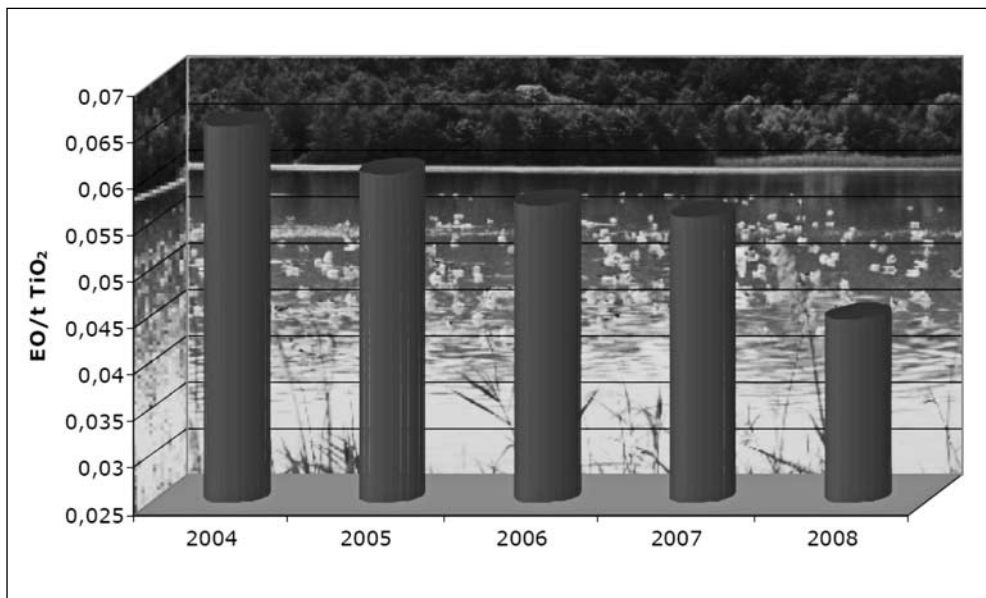
V nadaljevanju je predstavljeno vračanje dekantata v proizvodnjo. Tako je bilo za te namene nujno najprej analizirati ključne potencialne porabnike tehnološke vode, tako z vidika količinske porabe kot z vidika kvalitete oz. ustreznosti vode, ki bi jo lahko nadomestili. Glede na zahteve pri posameznem porabniku je bilo ugotovljeno, da je možno uporabljati dekantat zlasti za pranja talnih površin, podestov, posod in naprav v proizvodni liniji. Tako bo dekantat (kot odpadni produkt) ponovno uporabljen namesto sveže tehnološke (v večini filtrirane rečne) vode, kjer temperatura in kakovost vode ne vplivata na kvaliteto proizvodov in polproizvodov.

Uveden postopek je pomemben tako z vidika zmanjševanja obremenjevanja okolja (zmanjšan zajem rečne vode, manjši izpust v deponijo) kot tudi zmanjševanja celotnih stroškov pridobivanja tehnološke vode. Pri tem so bili upoštevani ključni predpisi in direktive, po katerih je upoštevati vrsto predvidene gradnje (novogradnja, rekonstrukcija [9]), kvaliteto vračane vode v naravo (ocena okoljevarstvene ogroženosti) ter druge pogoje za pridobitev raznih dovoljenj za izgradnjo [5,6,7,8,10]. Realizacija ponovne rabe dekantata zajema postavitev črpalne postaje, medtem ko razvod za vračanje dekantata nazaj v proizvodne hale ne terja nove trase. Uporabljena bo že obstoječa po mostu, po katerem vodijo dotočne cevi iz proizvodne hale v obrat nevtalizacije. Gledano z vidika stroškov in planiranih prihrankov bi se investicija v sanacijo po grobi oceni povrnila v štirih letih. Z vidika okoljevarstvenih zahtev glede varovanja okolja, ki je še posebno pomembno za podjetja z veli-

kimi količinami izpustov v naravno okolje, pa bo Cinkarna Celje, d.d. storila korak naprej.

2. TEHNOLOŠKA VODA

Gospodarjenje z vodami je v Cinkarni dolgoročni projekt, naravnian kot celostno ravnanje z vodami, ki ima za cilje ponovno uporabo vode v zaprtem krogu, zmanjšanje porabe naravnih virov in zagotavljanje okoljsko sprejemljivega kemijskega stanja vodotokov. Cinkarna del odpadnih voda vodi na čiščenje v Centralno čistilno napravo Celje, del voda očisti sama. Onesnaženost odpadnih voda spremlja z rednim izvajanjem obratovalnega monitorin-ga [7,9]. Za izvajanje ima Cinkarna akreditacijo pri Slovenski akreditacijski službi in pooblastilo Ministrstva za okolje. Na podlagi rezultatov se določijo enote obremenitve v koledarskem letu, ki so dosežene z odvajanjem indu-strijske odpadne vode, komunalne in padavinske vode [8]



Slika 1.: Enote obremenitve voda na tono titanovega dioksida [8].

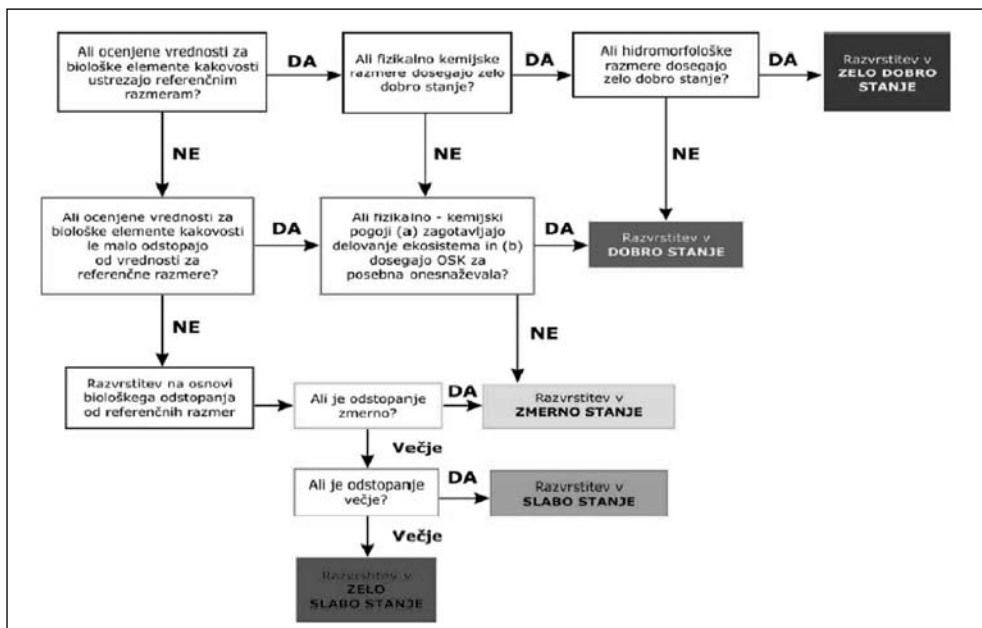
Enota obremenitve voda z odpadnimi vodami je enota onesnaženja, določena kot podlaga za izračun osnove za obračunavanje in odmero takse za obremenjevanje vode. Cinkarna Celje poskuša s svojimi aktivnostmi in finančnimi vlaganji v podjetje stalno zniževati obremenjevanja voda [9]. Slika 2 prikazuje enote obremenitve voda na tono titanovega dioksida, v časovnem obdobju od leta 2004 do 2008.

2.1 Monitoring emisije snovi v vodi

Odpadne vode iz obrata za proizvodnjo titanovega dioksida se zbirajo v bazenih kislih odplak, od koder se prečrpavajo v obrat za nevtralizacijo, filtrat pa se po nevtralizaciji izteka v reko Hudinjo. Prelivne vode z odlagališča Za Travnikom kontrolirano iztekajo v Dobje, prelivne vode z odlagališča Bukovžlak pa v Vzhodno Ložnico. Na iztoku v Hudinjo se izvaja monitoring, in sicer v skladu z *Uredbo o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda iz virov onesnaževanja* [8]. Pogostost izvajanja meritev je v skladu s Pravilnikom o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih vod ter pogoji za njegovo izvajanje. Prelivne vode z odlagališča Za Travnikom in z odlagališča Bukovžlak usklajujemo zahtevam Uredbe o emisiji snovi pri odvajanju izcedne vode iz odlagališč odpadkov.

2.2 Metodologija ocenjevanja ekološkega stanja površinskih voda

Po določenih okvirne direktive o vodah [4,6,7] je ekološko stanje izraz kakovosti strukture in delovanja vodnih ekosistemov, povezanih s površinskimi vodami. Razvršča se v pet razredov kakovosti: zelo dobro, dobro, zmerno, slabo in zelo slabo. Ocena ekološkega stanja površinskih voda predstavlja spremembo vrednosti fizikalno-kemijskih, bioloških in hidromorfoloških elementov glede na referenčno stanje, to je stanje povsem ali skoraj brez motenj, kot je prikazano na sliki 2.



Slika 2.: Razvrščanje v razrede ekološkega stanja [7].

Ker so referenčna stanja odvisna od naravnih značilnosti, se pri ocenjevanju uporablja t. i. tipsko/specifičen pristop, kjer se vode glede na naravne danosti najprej razvrstijo v ekološke tipe [4,7].

3. TEHNOLOŠKI POSTOPEK OBDELAVE SUROVE REČNE VODE

Tehnološke procese pridobivanja tehnoloških voda v podjetju Cinkarna se izvaja v obratu Priprava vode. Objekt je bil zgrajen in pričel obratovati v letu 2005. Tehnologija obdelave surove vode sestavlja več faz, ki si sledijo v sledečem zaporedju: (i) bistrenje, (ii) filtracija, (iii) dekarbonizacija, (iv) razplinjanje, (v) demineralizacija in (vi) nevtralizacija.

Na osnovi analitskih podatkov Cinkarne in na osnovi izvedenih analiz surove vode iz Hudinje je kot izhodiščna kvaliteta bistre vode vzeta naslednjo sestava, ki je prikazana v tabeli 1.

Tabela 1.: Izhodiščna kvaliteta bistre vode [3].

skupna trdota	15 °N maks.
HCO ₃ ⁻	11,0 °C min–12,6 °C maks.
SiO ₂	4 mg/l
KPK	30 mg O ₂ /l maks.
Ca	3,0 ekv/m ³
Mg	2,6 ekv/m ³
Na+K	0,2 ekv/m ³
skupaj K	5,8 ekv/m ³
HCO ₃	4,5 ekv/m ³
NO ₃ + Cl	0,4 ekv/m ³
SO ₄	0,85 ekv/m ³
SiO ₂	0,07 ekv/m ³
skupaj A	5,8 ekv/m ³
T okoli	15 °C
pH okoli	7,5

Za surovo vodo je bila vzeta predpostavka, da bo vsebovala od 0 do 100 g, maksimalno kratkotrajno 500 g suspendirane snovi/m³. Pri možnih ekstremnih obremenitvah s suspendiranimi delci v času zelo velikih nalivov je lahko ta vrednost večja, vendar se rečni mulj useda boljše kot blato, ki je v pretežni meri sestavljen iz flokul koagulanta.

Tabela 2.: Pregled ocenjenih obratovalnih parametrov vhodne vode in izhodne gošče [3].

	Sušno obdobje	Rahle padavine	Maksimum	Ekstrem
Motnost vode [mg s.s./l]:	50	150	4000	9000
Delež trdne snovi v gošči [kg s.s./m ³]:	12,5	15	55	94
Srednji pretok gošče v Nevtralizacijo TiO ₂ [m ³ /h]:	5,6	9,8	32	64

Pregled ocenjenih obratovalnih parametrov vhodne vode in izhodne gošče iz usedalnika prikazuje tabela 2. Iz tabele je razvidna razlika motnosti surove vode, ki jo črpamo v različnih vremenskih obdobjih.

4. PONOVA RABA ODPADNE VODE – DEKANTATA V PROIZVODNJI

Obrat nevtralizacije ima kot čistilna naprava pri proizvodnji titanovega dioksida po sulfatnem postopku, posebno pomemben status. Alkalne odplake, ki nastanejo pri procesu čiščenja dimnih plinov (dekantat), se prečrpava v obrat, v katerem poteka nevtralizacija. V primeru kislosti se dodaja apno, v primeru bazičnosti pa z močno kisle odplake. Dekantat, stranski produkt pri procesu nevtralizacije odplak, se preliva preko prelivnih korit bistrilnikov v zbirni rezervoar, od tam naprej pa se prečrpava na deponijo v Bukovžlak.

Izpuščanje dekantata po kanalu v bližnji vodotok Hudinja se ne izvaja predvsem zaradi previsoke temperature do pribl. 50°C, sicer bi glede na ostale vrednosti dekantata (ki ne presegajo predpisanih dopustnih mej za izpuste odpadnih vod v naravno okolje) bil možen izpust. Podjetje predvideva tudi možnost dodatnega hlajenja dekantata z izgradnjo hladilnega sistema. Nujnost le-tega je predvsem v postopnem zapiranju stare deponije v Bukovžlaku zaradi okoljevarstvenih zahtev [6,8,9].

4.1 Pregled potencialnih porabnikov

Najprej je bilo potrebno pregledati vse možne potencialne porabnike odpadne vode – dekantata, da bi se velike količine tehnološke vode, kjer se pretežno uporablja filtrirana voda, vsaj delno zamenjalo s tem virom. Tako bi zmanjšali stroške odvzema vode iz bližnje reke, to je okoljske takse in stroške postopka priprave filtrirane vode. Istočasno bi zmanjšali obremenitve na okolje. Analizirani so bili vsi uporabniki filtrirane vode, vključno z oceno dinamike in porabe.

Trenutno je njegova temperatura za večji del porabnikov v procesu previsoka (okrog 50 °C). Da bi bila dejanska uporaba možna, pa je potrebno poznati vpliv ostalih ionov na pigment, za katerega se omenjene surovine tudi potrebuje znotraj proizvodnih operacij. Vrednosti substanc iz analize filtrirane vode kažejo, da je v njej bistveno manj sulfatnih ionov kot v dekantatu. Zaradi manjšega števila ionov je prevodnost filtrirane vode veliko manjša kot prevodnost dekantata.

Večja težavnost direktne uporabe dekantata je tudi vsebnost kalcijevih ionov v dekantatu zaradi možnosti nastajanja oblog na stenah cevovodov kot tudi občasne slabše bistrosti pralne vode.

Laboratorijske analize so pokazale povečano motnost črne raztopine. Črna raztopina gre nato skozi proces čiščenja in prisotnost nekaterih snovi v pralni vodi ne bi bila tako moteča. Morali bi poskrbeti za čim boljše bistrost dekantata, kar pa je tudi pogoj za izpust v okolje. Zaradi rizika mašenja cevovodov in slabše bistrosti črne raztopine, kot začetnega produkta v procesu pridobivanju titanovega pigmenta, se za uporabo dekantata še ne bi odločili. Glede na zahteve pri posameznih porabnikih in glede na rezultate analiz dekantata in filtrirane vode, je ugotovljeno, da bi lahko dekantat uporabljali zlasti za pranje talnih površin, podestov, posod in naprav. Med razlogi zato je tudi njegova temperatura (okrog 50 °C), ki je za večji del porabnikov v proizvodnem procesu previsoka.

5. REALIZACIJA PROJEKTA

Pri rekonstrukciji [8] razvoda dekantata je potrebno upoštevati tudi Direktivo Sveta 96/61/ES [6] o celovitem preprečevanju in nadzorovanju industrijskega onesnaževanja (IPPC direktiva – *Integrated Pollution Prevention and Control Directive*), ki za industrijske obrate uvaja koncept obratovalnih dovoljenj. Za pridobitev dovoljenj morajo zadovoljiti vrsto predpisanih kriterijev, pri čemer morajo slediti priporočilom referenčnih dokumentov (o najboljših razpoložljivih tehnologijah iz ustreznih dejavnosti) in domačim predpisom. Slovenija je to direktivo prenesla v svoj pravni red z Zakonom o varstvu okolja in Uredbo o vrsti dejavnosti in napravah, ki lahko povzročajo onesnaževanje okolja večjega obsega (IPPC uredba). Novost, ki jo ZVO-1 in IPPC uredba prinašata, je uvedba okoljevarstvenega dovoljenja po 68. členu ZVO-1 (integralno okoljevarstveno dovoljenje ali t. i. IPPC dovoljenje). Tako okoljevarstveno dovoljenje je potrebno za gradnjo in obratovanje vseh naprav iz dejavnosti, ki jih navaja IPPC uredba in imajo večji vpliv na okolje [5].

Za izhodišče je izbran rezervoar dekantata prostornine 50 m³, na koti 0,00 m (kota terena oz. pritličja hale). Dotok dekantata temperature 50°C v rezervoar je konstanten 80 m³/h, obstoječa tehnološka poraba dekantata za

pripravo suspenzije apnenčeve moke znaša 20 m³/h. Odvzemi dekantata za potrebe pranja v tehnološkem procesu obrata TiO₂ so predvideni s po 5,00 l/s na posameznem odvzemnem mestu s tem, da je predvidena uporaba največ dveh priključnih mest hkrati, pri tem pa mora biti na mestu odvzema zagotovljen delovni tlak minimalno 2,5 bara. Višina hale je 18,00 m - najnižje potencialno odvzemno mesto je na koti 0,00 m in najvišje na koti 18,00 m. Predvideno delovanje sistema in s tem možnost pranja je, ko se nahaja v rezervoarju zaloga vode >25 m³. Zaradi prioritete zagotavljanja zaloge vode za potrebe obstoječih tehnoloških potreb proizvodnje, kar pa je glede na obstoječ dotok in porabo zagotovljeno, znaša razlika med dotokom in obstoječo porabo 16,67 l/s, kar je več od predvidene porabe za pranje 10,00 l/s. To pomeni, da bo rezervoar praktično vedno poln, tudi v primeru pranja s polno predvideno kapaciteto 10,00 l/s, oziroma obstaja še določena prosta količina dekantata, ki ga je potencialno mogoče uporabiti še v druge namene. Predvideno je pranje s tipsko gasilsko opremo.

Za potrebe povečanja tlaka bi se neposredno ob obstoječem rezervoarju 54.20 namestila črpalna postaja z dvema vertikalnima večstopenjskima črpalkama, karakteristik 12,66 l/s (2 x 6,33 l/s) – 50,00 m VS, z močjo motorjev 2 x 5,5 kW in frekvenčno regulacijo delovanja motorjev. Črpalke bi priključili na enega od dveh obstoječih prostih izhodnih cevi cisterne. Razvod dekantata po proizvodnji hali pa bi izvedli po že obstoječem cevovodu filtrirane vode, z ustreznimi odcepi, zaključenimi z ročnimi ventili. Sistem bi deloval avtomatsko, z vklopom in izklopom delovanja črpalk v odvisnosti od porabe vode za pranje. Nadzor nad sistemom za črpanje dekantata bo imel operater v KK obrata Nevtralizacija. Nadzorni sistem bo v primeru nizkega nivoja dekantata v bazenu varnostno izklopil črpalke.

6. EKONOMSKA UPRAVIČENOST

Za primerjavo celotnih stroškov vračanja dekantata v pričakovani življenjski dobi, je uporabljen kriterij stroškov življenjskega cikla LCC (Life Cycle Cost, [2]). S kriterijem LCC so ocenjeni vsi stroški, ki so predvideni v življenjski dobi naprave. Življenjsko dobo določamo na podlagi izkušenj o obratovalnih možnostih določenih naprav, v našem primeru na 15 let. Stroške LCC so izračunani po:

$$LCC = C_i + C_e \cdot n + C_v \cdot n + C_k + C_d$$

kjer pomenijo:

LCC ... strošek življenjske dobe [€]

C_i ... investicijski stroški (črpalka, sistem, cevi, pomožne storitve) [€]

C_e ... letni stroški energije za delovanje naprav [€/leto]

C_v ... letni stroški vzdrževanja naprav (letna rutinska in napovedana popravila) [€/leto]

- C_k ... stroški servisiranja kapitala [€]
 n ... trajanje življenjskega cikla [leto]
 C_d ... stroški razgradnje in demontaže [€]

Obstajajo tudi finančni dejavniki, katere je treba upoštevati pri metodi LCC in sicer:

- sedanja cena energije,
- pričakovana letna energija rasti cen (inflacija) v obdobju črpanja,
- diskontna stopnja,
- obrestna mera,
- pričakovana življenjska doba opreme (obdobje izračuna) [1].

Celotni stroški so po kategorijah razvidni iz tabele 4. Prikažejo nam skupno ceno črpalnega sistema za bistri dekantat v predvideni življenjski dobi 15 let.

Tabela 3.: Stroški projekta kategorizirani po LCC metodi.

Ekonomska kategorija, 15 let	Cena v €
Investicijska vrednost	36.729
Stroški kapitala	51.294
Stroški energije	28.080
Stroški vzdrževanja	6.750
Stroški demontaže in razgradnje	600
LCC vrednost projekta	123.453

Prihranki, ki jih dobimo z nadomeščanjem filtrirane vode z dekantatom so neprimerno manjši, razvidno iz tabele 4.

Tabela 4.: Prihranek nadomeščanja filtrirane vode z dekantatom.

Pranje posod in podestov	Dnevno	Letno	15 let
Količina dekantata [m ³]	220,00	80.300,00	1.204.500,00
Prihranek v €	23,32	8.511	127.677

V ceni filtrirane vode (0,106 €/m³) so všteti stroški cene surove vode, za katero Cinkarna plača takso zaradi obremenjevanja okolja in njene obdelave. Pri primerjavi celotnih stroškov projekta in prihodkov privarčevanih z uporabo dekantata je ugotovljeno, da prihodki z naslova manjše porabe filtrirane vode nekajkrat presegajo stroške projekta za čas obratovanja petnajstih let.

7. ZAKLJUČEK

Predstavljena je možnost vračanja odpadne vode v proizvodnjo za ponovno rabo. Iz opravljene analize in pregleda različnih odpadnih vod za potencialno vračanje v proizvodnjo izhaja odločitev, da se jo lahko ponovno uporabi

za potrebe pranja in čiščenja talnih površin in posod ter s tem povezanim zmanjšanjem stroškov (priprave filtrirane vode). Količina vrnjenega dekantata ali privarčevane filtrirane vode z znatno pripomore k:

- zmanjšanju obremenjevanja okolja z odpadnimi vodami,
- podaljšanju obratovalne dobe naših zunanjih deponij.

Glede na ocenjen celoletni strošek z LCC metodo je investicija v potrebno opremo za črpanje in distribucijo dekantata v ponovno uporabo ekonomsko vprašljiva, z vidika varovanja okolja pa podjetje naredi velik doprinos k postopnemu razbremenjevanju deponije, kar je tudi v skladu s pričakovanimi zakonskimi zaostritvami pri poluciji okolja.

ZAHVALA

Avtorja se zahvalujeta Cinkarni Celje d.d. za omogočeno pridobivanje virov in informacij pri izdelavi tega dela.

VIRI IN LITERATURA

- [1] Bombač, A., Lenarčič, J., Presoja izvedbe mešanja v nevtralizacijskem reaktorju z vodilno cevjo. *Ventil (Ljublj.)*, 15, 432-439, **2009**
- [2] A Guide to LCC Analysis for Pumping Systems, Hydraulic Institute of Europump, Brussels, DOE/GO-102001-1190, January **2001**
- [3] Žigon B.; Friškovec D.: Priprava vode, Cinkarna Celje, Celje, 2005.
- [4] Svetovni dan varstva okolja; Novice, 3.6.2005, Statistični Urad Republike Slovenije. http://www.stat.si/novice_poglej.asp
- [5] Fece V.: Aktivnosti za pridobitev ippe dovoljenja; http://www.sdzvdrustvo.si/si/VD_o8_Referati/Prispevki/Fece.pdf
- [6] Direktiva sveta evrope 96/61/ES; <http://www.icsd.si/teksti/str4.html>
- [7] Metodologija ocenjevanja ekološkega stanja površinskih voda; stran 16; Vode v Sloveniji, <http://www.arso.gov.si/vode/porocilainpublikacije/vodevsloveniji.pdf>
- [8] Organiziranost gospodarskih objektov Cinkarna Celje, stran 6; http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/okolje/varstvo_okolja/operativni_programi/op_titanov_dioksid.pdf
- [9] Poročilo o ravnanju z okoljem, varnosti in zdravju pri delu; 2009; http://www.cinkarna.si/filelib/druzben_a_odgovornost/okolje_2009_kp-web1_.pdf
- [10] Ravnanje z okoljem ter varnost in zdravje pri delu; http://www.cinkarna.si/filelib/druzben_a_odgovornost/okoljsko_poroilo_2008_konno.pdf



ID 15

Determining the quantity and spatial distribution of acid tar sludge landfill within the oil refinery Bosanski Brod

mag. Nebojša KNEŽEVIĆ¹, mag. Draženko BJELIĆ²

¹ Civil Engineering Institute "IG" LLC, 78 000 Banja Luka,
BOSNIA & HERZEGOVINA
izg@blic.net

² PU"DEP-OT" Regional Landfill, 78 000 Banja Luka,
BOSNIA & HERZEGOVINA
dbjelic@dep-ot.com

Abstract

Acid tar sludge is black gelatin mass, that is made during the refining process of intermediate product of oil, i.e. used oils with concentrated sulfuric acid, where are extracted unsaturated hydrocarbons, compound of metals and organic chlorides. Quantity of this waste material made during a process is 3-10 % of input quantities.

For selection of appropriate waste disposal method and approach, first it is necessary to perform some investigation works on landfills of this waste (geological, geophysical, geodetic, etc), as well as physical-chemical waste analyzes.

The purpose of this paper is to determine the amount and spatial distribution of acid tar sludge on the landfill within the Oil Refinery in Bosanski Brod based on geophysical and geoelectric tests..

Key words: acid tar sludge, landfill, geophysical and geoelectric tests.

Povzetek

Kisli katranski mulj/gudron je črna želatinasta snov, ki nastaja pri postopkih rafinacije produktov nafte, npr. nafte s koncentratu žveplove kisline, kjer so izločajo nenasičeni ogljikovodiki, kompleksi kovin in organskih kloridov. Količina odpadnega materiala v času postopka predelave nafte znaša 3-10 % vhodnih količin.

Za izbiro ustrezne metode in načina odlaganja je na bodoči lokaciji odlagališča najprej potrebno opraviti nekatere raziskave (geološke, geofizikalne, geodetske, itd.), kot tudi izvesti fizikalno-kemijske analize odpadka.

Namen članka je prikazati določitev količine in prostorske razporeditve gudrona na odlagališču Rafinerije nafte v Bosanskem Brodu z uporabo geofizikalnih in geoelektričnih meritev.

Ključne besede: kisel katranski mulj/gudron, odlagališče, geofizikalne in geoelektrične raziskave.

1. INTRODUCTION

Contamination of petroleum derivatives is one of the most common forms of environmental pollution that spreads to all environments (air, land, and water). All these environments are equally vulnerable, and especially high risk of these pollutants is the fact that they in relatively low concentration endanger large complexes.

Lack of environmental awareness of the harmfulness of acid tar sludge to the environment, and consequently the human health, conditioned the uncontrolled disposal of waste at the landfill located in Oil Refinery Bosanski Brod. Acid tar sludge contained in this landfill is generated during the regeneration of the waste oils and sulfuric acid as well as in the treatment of certain petroleum fractions with sulfuric acid.

This sludge is a mixture of oil residues, tar, and sulfuric acid with admixture of heavy metals and polyhalogenic hydrocarbons and it is categorized as hazardous waste [1, 2].

In order to remove this environmentally and human health danger it is necessary to properly dispose this waste. For determination of appropriate waste disposal method and approach (acid sludge waste) first it is necessary to perform some research works (geological, physical, geodetic, etc) as well as physical-chemical analyses of the waste [3, 4].

Geophysics and geoelectric researches have been done for getting engineering and geophysical data of the field in the Oil Refinery Bosanski Brod. These researches, together with early performed geomechanical investigations, are aimed to determine spatial distribution and deep lying of some lithologic members, thickness of the acid sludge mass, and based on this also the quantity of the acid sludge in the Refinery area.

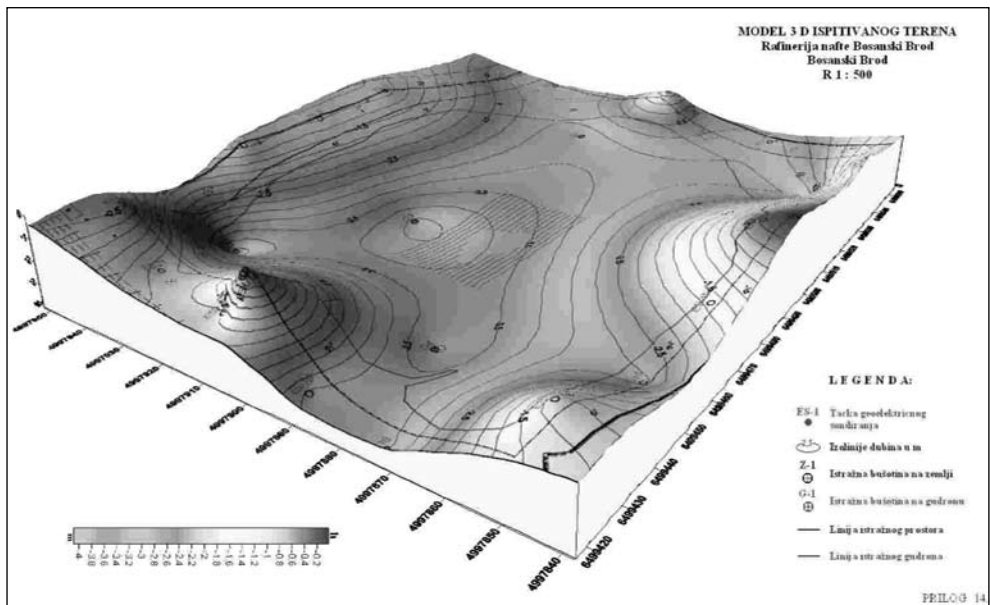


Figure 1.: 3D model of acid tar sludge landfill in Oil Refinery Bosanski Brod.

2. RESULTS AND DISCUSSION

Interpretation of the results of geophysical-geo-electrical investigations is based on terrain geo-electric measuring points of sounding. Interpretation of results of geo-electric sounding had quantitative-qualitative character.

Quantitative interpretation of geo-electric measuring points of sounding is based on determination of the specific electrical resistance and the thickness of registered lithological - geoelectric areas.

Interpretation of results of geo-electric sounding is performed by a computer programs IPI 2win and Res 2dinv and graphic - analytic method with help of album ORELIANA - MOONEY for double- and triple- layer theoretic cases. Thereby are determined parameters ρ (specific electric resistance) and h (thickness) for each recorded lithological - geoelectric area.

Based on determined parameters for ρ and h , it is shown interpreting 3D terrain model (figure 1.) [3]. The following can be concluded according to the analyses of obtained 3D model of sludge landfill:

- **mound, sandy clay, waste**, located in peripheral parts of investigated landfill. Thickness of this layer is variable and ranges from 1 m up to 3 meters;
- **tar layer (sludge)**, located in central parts of investigated landfill and its thickness ranges from 3 m up to 4 m;

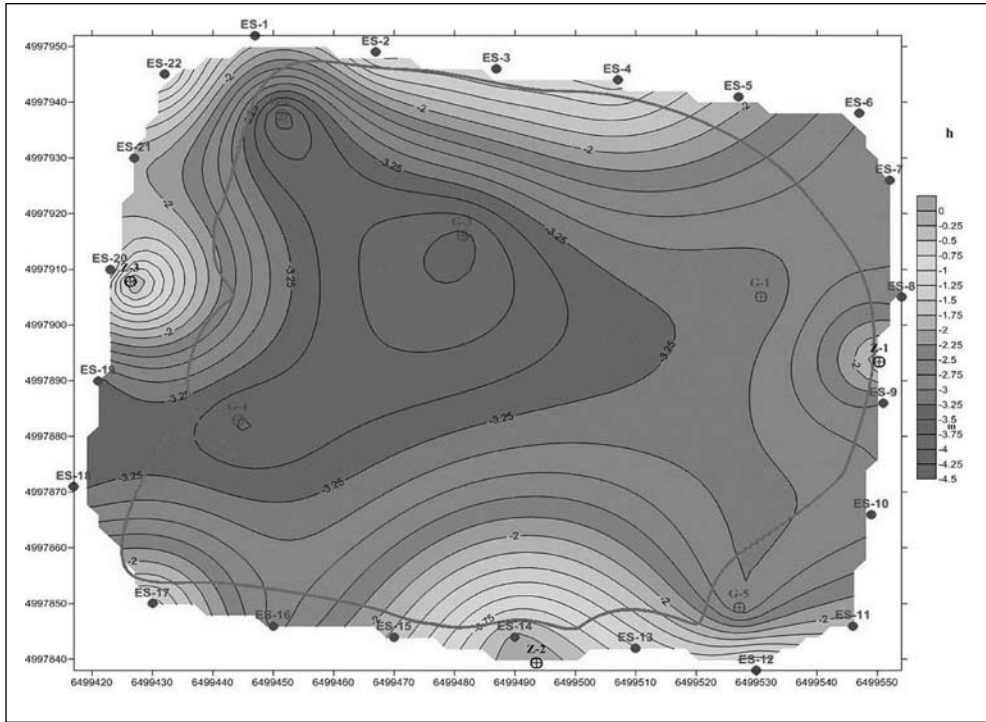


Figure 2.: The map of the deepness of investigated terrain to the sludge layer on analyzed landfill sludge.

- **brown clay**, located in all parts of investigated landfill. This section makes basis of tar layer (sludge layer). Its thickness ranges from 1.5 m up to 3 m;
- **sandy gray clay**, represented in all parts of investigated landfill in deeper terrain layers. This section makes basis of tar layer (sludge layer). Its thickness ranges from 5 up to 8 meters;
- **sand with water**, extends from gray sandy clay on the 5 meters depth in northwestern to 12 meters in southeastern parts of investigated landfill.

Figure 2. shows the map of the deepness of investigated terrain to the sludge layer on analyzed landfill sludge [3]. The thickness of layer spreading is the greatest in the central parts of investigated landfill and amounts cca 4.5 m.

According to the minimum values of specific electric resistance that was identified during measuring of geoelectric sounds ES-16 i ES-21 there is possibility for penetration of sludge mass into clay buffer and mixing with water from basic sand layer.

From generated 3D terrain model at analyzed acid tar sludge landfill which is placed in the Oil Refinery in Bosanski Brod it is visible that the spreading

deep goes from south to the north and northwest, while deepness of sludge mass vary from 3.0 – 4.5 meters [3].

Acid tar sludge mass visible on terrain that partially penetrates into the border line, covers the area of 8,890 m², that represent total volume of acid sludge on analyzed terrain in area of 34,920 m³. Besides the acid sludge disposed on the landfill body, a part of the waste was disposed at the edges of the landfill. The word is about solid tar sludge waste. The most part of this waste located outside of landfill is disposed on east side of the landfill. According to the geodetic survey, estimated value of the sludge located outside of the landfill, i.e. at the edges of the landfill is cca 550 m³.



Figure 3.: The disposition of areas at acid tar sludge landfill in Oil Refinery in Bosanski Brod.

As previously emphasized, the acid sludge mass partially penetrates the border line of the landfill, so the surrounding soil that bordering with the landfill is consequently contaminated. Besides, the surrounding soil is contaminated because of direct disposition of tar and acid sludge at the landfill surrounding i.e. unprotected soil inside of the landfill fence. Due to the leaching of this waste, the surrounding soil is also contaminated.

Based on the geodetic measuring it is visible that acid sludge covers the area of 3,050 m², and according to the geolitic measuring it is visible that the

contamination depth varies from 3 to 4 meters so the total contaminated soil volume in the landfill surrounding is cca 10,590 m³.

For calculation of total contaminated soil area it necessary to consider the soil located under the landfill as landfill base (although this is gray clay with low hydraulic permeability). During the excavation works it will also be necessary to remove 30-50 cm of this contaminated soil layer, if not because of direct penetration of acid sludge, than because of physical contact with it. Since the surface of the acid sludge landfill is 8,890 m², it follows that the quantity of contaminated soil from the base of the landfill, which should be treated is 3,560 m³. Figure 3 [3] shows the disposition of areas at acid tar sludge landfill in Oil Refinery Bosanski Brod.

Table 1.: Types and quantities of the acid tar sludge waste and contaminated soil that should be disposed.

Waste type	Quantity (m³)
Acid tar sludge from the landfill body	34,920
Acid tar sludge from the landfill surrounding	550
TOTAL ACID TAR SLUDGE	35,470
Contaminated soil from the landfill surrounding	10,590
Contaminated soil from the landfill basis	3,560
TOTAL SOIL	14,150
TOTAL FOR TREATMENT	49,620

According to the previously presented calculations can be concluded that the total amount of acid tar sludge located in Oil refinery Bosanski Brod that should be disposed from the landfill body is **34,920 m³ + 550 m³**. Amount of contaminated soil from the landfill surrounding is **10,590 m³**, while amount of contaminated soil from the landfill basis, which will also be treated, is **3,560 m³**. The total amount of contaminated soil that is contaminated with acid sludge and also should be treated is **14,150 m³**. In the table 1 is given detailed overview of the types and quantities of the acid tar sludge waste and contaminated soil that should be disposed from the acid tar sludge landfill located in Oil Refinery Bosanski Brod.

6. CONCLUSION

On the basis of the performed researches was done calculation of the quantity of acid tar sludge and contaminated soil at the landfill that also should be disposed on appropriate way (to be treated).

The results of geophysical and previously performed geological investigations at the landfill body showed that there are several layers at the landfill body: tar layer at the landfill surface thickness of 0.3 – 0.9 m; acid sludge layer thickness 1.0 – 3.4 m; inorganic clay (grey) thickness 0.6 – 3.7 m.

All abovementioned investigations, together with physical-chemical analyses of the acid tar sludge waste and contaminated soil will serve for selection of the best technology for solving the tar sludge problem in Oil Refinery Bosanski Brod, based on technical and economical parameters, as well as environment conditions..

REFERENCES

- [1] Regulation of the waste categories, its characteristics that classify it as hazardous waste, activity's recovery of components and waste disposal (Official Gazette RS, 39/05).
- [2] Council Directive on hazardous waste [91/689/EEC].
- [3] Budiša, M., (2008). "Sanacija lokacije s gudronskim otpadom „Pesnički Dvor“ kraj Maribora u Sloveniji", *Gospodarstvo i okoliš*, Zagreb, 91:172-174.
- [4] Lipovšek, F., Kovač, P., (2007). "Renewal of acid tar lagoon site at Pesniški Dvor. Kortnik, J., (Eds.)". Proceedings of International Conference Waste Management, Environmental Geotechnology and Global Sustainable Development ICWMEGGSD'07 - GzO'07, Ljubljana, pp. 29-30.
- [5] Knežević, N., (2011). "Istraživanja postupaka zbrinjavanja opasnog gudronskog otpada iz procesa rafinacije nafte i regeneracije iskorištenih ulja", Magistarski rad, Univerzitet u Banja Luci.



ID 19

Kratka predstavitev projekta “KOCEROD – Koroški center za ravnanje z odpadki”

mag. Ivan PLEVNIK¹

¹ RRA Koroška, regionalna razvojna agencija za Koroško d.o.o.,
Koroška cesta 47, SI-2370 DRAVOGRAD
ivan.plevnik@rra-k.si

Povzetek

V pričujočem članku avtor predstavi pristop in ravnanje 12 koroških občin za celovito obravnavo problematike ravnanja s komunalnimi odpadki v regiji skozi realizacijo skupnega projekta »KOCEROD - Koroški center za ravnanje z odpadki« (vrednega cca. 25 mio €), pri čemer posebej poudarja pomen skupnega sodelovanja več občin in integralni pristop pri obravnavi problematike ravnanja z odpadki.

Regijski (medobčinski) pristop je, glede na prostorske, naravne, poselitvene in druge danosti slovenskega prostora, pa tudi zaradi tehnoloških možnosti, ekonomičnosti in logistike, edini upravičen in izvedljiv. Izgradnja modernega centra za ravnanje z odpadki v Koroški statistični regiji z 12 občinami bo rešila problem predelave odpadkov okrog 74.077 prebivalcem in tako zmanjšala stroške morebitnega transporta odpadkov v drugo regijo. V celotno regijo bo vpeljana možnost zbiranja odpadkov na izvoru. Z novim centrom za ravnanje z odpadki pa se bodo tako v fazi izgradnje kot tudi med obratovanjem odprle nove možnosti zaposlovanja za lokalno prebivalstvo.

Z realizacijo projekta KOCEROD Koroška razvojna regija dokazuje, da so občine sposobne vzpostaviti primerno sodelovanje na področju ravnanja z odpadki za zagotovitev čistega okolja in povečanje kakovosti življenjskega okolja. Skupno zgrajena infrastruktura za ravnanje z odpadki predstavlja dobro osnovo za izboljšanje stanja in doseganje evropsko primerljive obravnave problematike ravnanja z odpadki. Tehnologija predelave odpadkov je izbrana na podlagi razumnih in sprejemljivih investicijskih in obratovalnih stroškov ter na osnovi zahtev za popolno obvladovanje emisij snovi v zrak, vode in tla in minimalni porabi prostora.

Ključne besede: Koroški center, ravnanje z odpadki, infrastruktura za ravnanje z odpadki.

Abstract

In this article the author presents an approach and handling of Carinthian municipalities 12 for full consideration problem of waste management in the region through the realization of joint project »KOCEROD, Carinthia center of the waste« (worth approx. 25 milion €), with particular emphasis on the importance of joint cooperation between several municipalities and integrated approach in addressing the problem of waste management.

Regional (inter-municipal) approach is therefore, given the spatial, natural, settlement and other features of Slovenian territory, as well as technological opportunities, economy and logistics, the only reasonable and practicable. Building a modern center for dealing with statistical region of Carinthia with 12 municipalities will solve the problem of recovery around 74,077 inhabitants, thus reducing the potential costs of waste transport in the region. The entire region will be introduced the possibility of separate collection of waste at source. The new Centre for Waste Management will be both during the construction phase as well as during operation will open up new employment opportunities for local people.

With the realization of the project KOCEROD, Carinthia development region shows that the municipalities are able to establish appropriate cooperation in the field of waste management to ensure a clean environment and enhance the quality of the environment. Total built infrastructure for waste management represents a good basis for improving and reading achievement comparable to the European problem of waste management. Waste treatment technology is selected on the basis of reasonable and investment and operating costs and based on the requirements for full control of emissions into air, water and soil and minimum space consumption.

Key words: Carinthia waste centre, waste treatment, infrastructure for waste treatment.

1. UVOD

Strateške usmeritve Republike Slovenije in z njimi povezane evropske usmeritve »direktive« na področju varstva okolja terjajo celovit in kompleksen pristop ravnanja s komunalnimi odpadki. Kompleksnost se odraža predvsem v sistemu ravnanja, saj so postopki in načini ravnanja od izvora, preko zbiranja, predelave in obdelave do končnega odstranjevanja povezani v celoto in so soodvisni.

Problematika ravnanja s komunalnimi odpadki občin v Koroški razvojni v regiji je bila v preteklem obdobju obravnavana parcialno. Vseh 12 občin je po

svoje (bolj ali manj uspešno), v skladu z veljavnimi predpisi na tem področju razreševalo zbiranje, ravnanje in odlaganje komunalnih in drugih odpadkov v okviru štirih javnih komunalnih podjetij na štirih odlagališčih, ki so predvidena za zaprtje po letu 2010. Postopno je prevladalo spoznanje, da parcialna obravnava v okviru posameznih komunalnih podjetij ekonomsko kot tudi tehnološko ni izvedljiva, in da je rešitve za integralni koncept ravnanja z odpadki potrebno iskati skupno za več občin na regijskem nivoju, ne glede na formalno odgovornost posamezne lokalne skupnosti za ravnanje s komunalnimi odpadki.

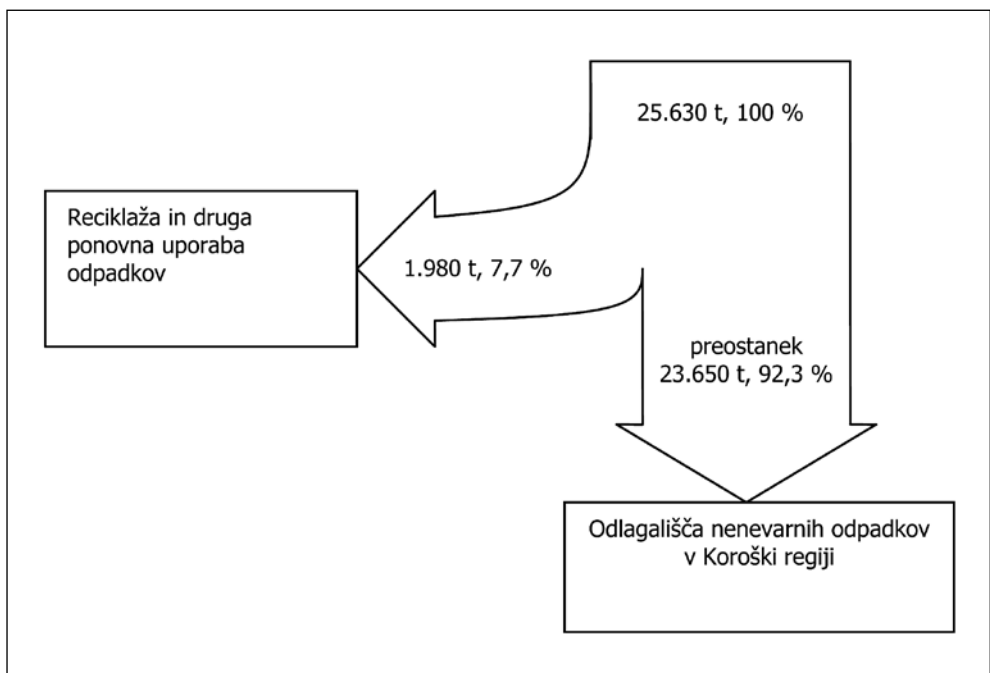
Pravna podlaga za skupno in celovito ravnanje z odpadki v Koroški razvojni regiji je ***Medobčinska pogodba o vzpostavitvi enotnega sistema gospodarjenja z odpadki in izgradnji ter o obratovanju centra za ravnanje z odpadki*** (z dne 11.11.2003 in 21.9.2006), s katero se je 12 občin med drugim zavezalo za skupno izvajanje aktivnosti na področju ravnanja s komunalnimi odpadki in za financiranje izgradnje potrebne infrastrukture pod skupnim imenom »KOCEROD – Koroški center za ravnanje z odpadki«. Za realizacijo projekta vzpostavitve enotnega sistema gospodarjenja z odpadki na območju Koroške razvojne regije so se podpisnice pogodbe dogovorile:

- **v tehničnem smislu na ravni občin za:**
 - pristop k uvedbi ločenega zbiranja odpadkov na izvoru;
 - ureditev zbiralnic in zbirnih centrov ter ureditev sistema kosovnih in nevarnih odpadkov.
- **v tehničnem smislu na ravni Koroške regije za:**
 - uvedbo sortiranja obdelave in predelave odpadkov, recikliranja in predelave ločenih frakcij, trženja sekundarnih surovin, kompostiranja biološko razgradljivih odpadkov ter odlaganja preostanka odpadkov.
- **v normativnem (organizacijskem) smislu za:**
 - sprejem skupnega odloka o ravnanju z odpadki v Koroški regiji;
 - organizacijsko poenotenje javnih služb na področju ravnanja z odpadki;
 - ustanovitev skupnega podjetja za ravnanje in odlaganje odpadkov;
 - skupno izvajanje aktivnosti (organizacijska-tehnična opravila, vodenje operativnih nalog) povezanih z izgradnjo infrastrukturnih objektov za ravnanje s komunalnimi odpadki KOCEROD.
- **v finančnem smislu za :**
 - skupno financiranje izgradnje infrastrukturnih objektov za ravnanje s komunalnimi odpadki KOCEROD.

2. OPIS STANJA PRED ZAČETKOM SKUPNIH AKTIVNOSTI DO LETA 2008

Stanje po območjih je bilo različno:

- delež prebivalcev vključenih v javni odvoz komunalnih odpadkov je v letu 2000 znašal od 60 % do 100 % (UE Dravograd 61 %, UE Radlje ob Dravi 63 %, UE Ravne na Koroškem 89 %, UE Slovenj Gradec 100 %);
- pri odlaganju so prevladovali komunalni odpadki, povsod pa so na ista odlagališča odlagali tudi gradbene in industrijske odpadke;
- v regiji obratujejo štiri odlagališča: **Črneče** za občino Dravograd; **Gortina** za občine Radlje ob Dravi, Muta, Podvelka, Ribnica na Pohorju in Vuzenica; **Holmec** za občine Ravne na Koroškem, Prevalje, Mežica in Črna na Koroškem; **Mislinjska Dobrava** za občini Slovenj Gradec in Mislinja;
- eno od odlagališč se nahaja na tveganem poplavnem območju;
- le na enem odlagališču je potekalo spremljanje izcednih in površinskih vod;
- vsa štiri obstoječa odlagališča niso primerna za nadaljnjo širitev in jih je potrebno zapreti in sanirati;
- večina zbranih komunalnih odpadkov konča na odlagališčih brez predhodne obdelave.



Slika 1.: Snovni tok odpadkov – leto 2004.

3. OPIS PROJEKTA »KOCEROD«

Projekt KOCEROD – vključuje izgradnjo in upravljanje Koroškega centra za ravnanje z odpadki in zajema ravnanje z odpadki 12 občin (Črna na Koroškem, Dravograd, Mežica, Mislinja, Muta, Podvelka, Prevalje, Radlje ob Dravi, Ravne na Koroškem, Ribnica na Pohorju, Slovenj Gradec in Vuzenica) Koroške razvojne regije s cca. 74.000 prebivalci.

KOCEROD se nahaja na dveh lokacijah:

- na lokaciji Mislinjska Dobrava (občina Slovenj Gradec), kjer so predvideni objekti za predelavo odpadkov (lokacija se nahaja v neposredni bližini obstoječega odlagališča Slovenj Gradec) in
- na lokaciji Zmes (občina Prevalje), kjer je predviden objekt odstranjevanja odpadkov (lokacija je poimenovana po lastniku parcel lokacije in je predvidena za izgradnjo odlagališča preostanka odpadkov).

KOCEROD v celoti izpolnjuje zahteve okoljske zakonodaje:

- zmanjšanje količin biorazgradljivega dela odpadkov, ki se odlaga na odlagališče (ločeno zbiranje mešanih komunalni odpadkov (mokra frakcija) in biološko razgradljivih odpadkov – (v nadaljevanju BIOO) ter predelava v objektih: mehansko biološke obdelave – (v nadaljevanju MBO) in kompostarni;
- ločeno zbiranje plastike, papirja in kartona, kovin ter stekla na izvoru (suha frakcija) in v zbiralnicah ter naknadno sortiranje v sortirnici v sklopu KOCEROD;
- ločeno zbiranje predpisanih frakcij v zbirnih centrih ter demontaža le-teh v objektu demontaže in
- je sestavljen iz naslednjih komponent:
 - kompostarne za obdelavo ločeno zbrane BIOO v kompost (kapacitete 3.000 ton);
 - MBO za obdelavo mešanih odpadkov v gorivo (kapacitete 22.000 ton);
 - sortirnice za obdelavo ločeno zbranih mešanih odpadkov (suha frakcija) - zbrane frakcije papirja, kartona, kovin in plastike (kapacitete 5.000 ton) ter demontaže za kosovne odpadke (kapacitete 3.000 ton);
 - spremljajoče infrastrukture (tehtnice, nadzora, bazeni izcednih vod, zalogovniki za frakcije...);
 - odlagališča (na lokaciji Zmes v občini Prevalje, ki je namenjeno odlaganju preostanka odpadkov po obdelavi (kapacitete 108.000 m³).

Ločitev objektov predelave (lokacija Mislinjska Dobrava) od objektov odstranjevanja (lokacija Zmes) se je izpeljala zaradi omejene razpoložljivosti obstoječega odlagališča Slovenj Gradec (obratovanje še samo do konca leta 2011). V ta namen se je v neposredni bližini objektov predelave iskala najprimernejša lokacija za izgradnjo novega odlagališča preostanka odpadkov. Primerjani sta bili dve lokaciji glede na: dostopnost območja, razpoložljivo

kapaciteto, planske omejitve in namensko rabo prostora, omejitve z vidika poselitve, možnostjo odkupa zemljišč in pridobitve soglasij mejnih lastnikov ter geoloških razmer. Izbrana je bila lokacija Zmes, na kateri je sedaj načrtovano odlagališče preostanka odpadkov.

3.1. Opis tehnoloških rešitev

KOCEROD – objekti za predelavo odpadkov na lokaciji Mislinjska Dobrava vključujejo:

- kompostarno/MBO (kompostarna kapacitete 3.000 t/leto; MBO 22.000 t/leto) za ločeno zbrane biološke odpadke ter preostanka mešanih komunalnih odpadkov. V kompostarni poteka nadzorovana aerobna razgradnja pripravljene kompostne mešanice (5 dni intenzivni razkroj, pospešeno biooksidiranje 17 dni, in intenzivna razgradnja z dokončnim zorenjem do skupaj končnih 92 dni). Proces se odvija v zaprti odsesovani hali. Po končanem zorenju sledi rafinacija in separacija komposta. V drugem delu hale poteka mehansko biološka stabilizacija preostanka mešanih komunalnih odpadkov. Po mletju preostankov odpadkov sledi 14 dni biostabilizacije (proces podoben kot v kompostarni, z razliko, da odpadkov ne vlažimo temveč sušimo) in mehanska obdelava osušenih odpadkov. Po mehanski obdelavi (izločanje železnih in ne-železnih kovin ter sejanje) sledi izločanje gorljive frakcije (RDF) in preostanka za odlaganje;
- sortirnico (kapacitete 5.000 t/leto) za naknadno ročno sortiranje ločeno zbranih mešanih (suhih odpadkov) v ločene frakcije: papirja, kartona, plastike in kovin.... Odbrane frakcije se na koncu zbalirajo in pripravijo za oddajo;
- demontažo kosovnih odpadkov (kapacitete 3.000 t/leto), kjer se kosovnim odpadkom odvzamejo uporabljive sestavine za predajo. Znotraj objekta so predvidene delavnice za vzdrževanje objektov in garaže delovnih strojev;
- spremljajočo infrastrukturo (elektronska mostna tehtnica, parkirišča za osebna in dostavna vozila, upravni objekt, bazen za izcedne vode, bazen za požarno vodo, plato za strukturni material, trafo postaja z dizel agregatom, vrečasti filter, rekonstrukcija ceste do objektov predelave).

Tehnologija predelave odpadkov je bila izbrana na podlagi razumnih in sprejemljivih investicijskih in obratovalnih stroškov ter na osnovi zahtev za popolno obvladovanje emisij snovi v zrak, vode in tla (objekt obratuje pod konstantnim podtlakom, zrak se prečisti v vrečastih filtrih in biofiltrih, tehnološke vode se porabijo za vlaženje, odličen nadzor tehnološkega procesa) in minimalni porabi prostora.

KOCEROD – objekt za odstranjevanje odpadkov na lokaciji Zmes vključuje:

- odlagališče preostanka odpadkov volumna 108.000 m³, kjer se odloži preostanek komunalnih odpadkov po obdelavi;

- modernizacijo dovozne ceste do odlagališča dolžine 2.051 m in ureditev železniškega prehoda.

3.2. Zasledovani cilji v projektu »KOCEROD«

Osnovni cilj pri izbiri načinov oskrbe odpadkov je v odlaganju kar najmanjših količin nereaktivnih odpadkov v okolje (načrtovano manj kot tretjina prvotnih količin na izvoru) in je izvedljiv z naslednjim vrstnim redom: s preprečevanjem nastajanja odpadkov (zapiranje proizvodnih ciklusov) z najvišjo sprejemljivo stopnjo snovne izrabe in z recikliranjem odpadnih materialov z varno končno oskrbo odpadkov, ki jih ni mogoče reciklirati ali ponovno uporabiti (to je predelava v gorivo in odlaganje preostanka z vsebnostjo manj kot 18 % ogljika po obdelavi v MBO).

Izvedba projekta bo prispevala k sledečim ciljem trajnostnega razvoja:

- zmanjšale se bodo količine neobdelanih trdnih odpadkov za 83 % glede na obstoječe stanje;
- zmanjšala se bo količina odloženih odpadkov na odlagališču Zmes in zmanjšal se bo delež biološkega deleža v odloženih odpadkih (za cca. 70 %, glede na sedanje vrednosti);
- zmanjšale se bodo količine emisij v tla in posredno v podzemne vodne rezerve (obstoječa odlagališča v regiji se bodo zaprla in postopno sanirala);
- zmanjšale se bodo emisije v zrak; z zmanjšanjem biološko razgradljivega deleža v odpadkih se bodo zmanjšale emisije toplogrednih plinov v zrak, gre predvsem za metan (CH_4) in ogljikov dioksid (CO_2) (s tem se izpolnjujejo zahteve Kjotskega protokola in nacionalne strategije glede zmanjšanja emisij toplogrednih plinov).

Predvidene aktivnosti pri zbiranju in obdelavi odpadkov v novem centru za ravnanje z odpadki in tudi pri izgradnji sodobnega in varnega odlagališča nenevarnih odpadkov bodo izboljšale ravnanje z odpadki v celotni regiji.

Glede na Operativni program, ki predvideva dva kazalnika učinka za razvojno prioriteto Ravnanje s komunalnimi odpadki, je pričakovano:

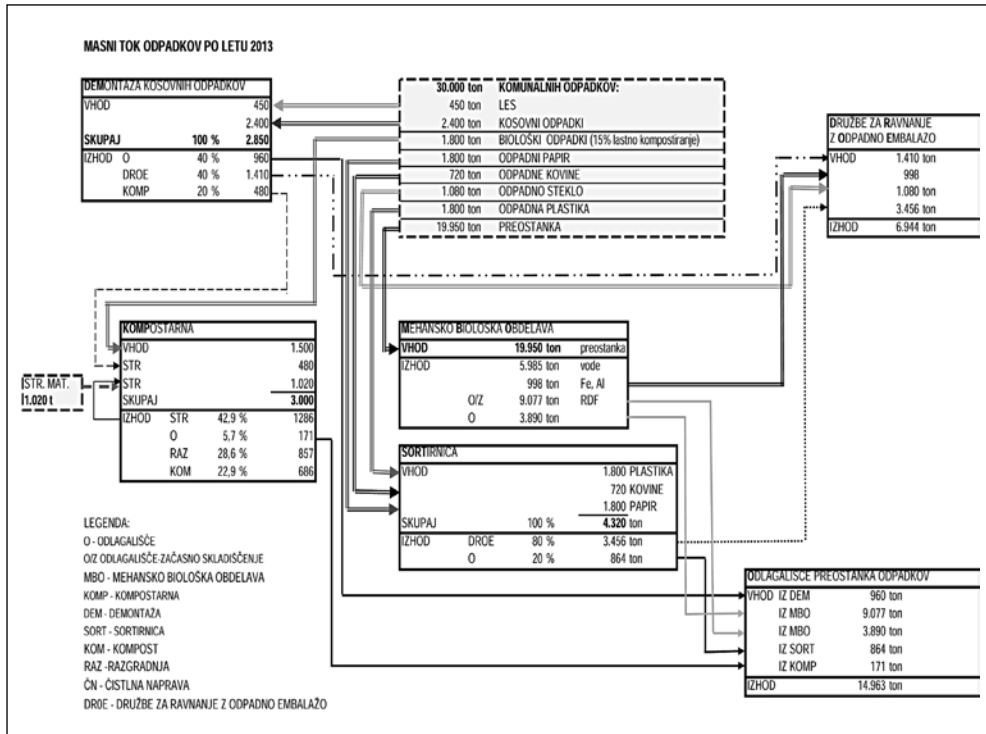
- Zmanjšanje količin odloženih nenevarnih odpadkov (v tonah/leto); Cilj, ki ga bo dosegel KOCEROD: 24.000 ton/leto_(trenutno stanje) – 10.000 ton/leto_(konec obdobja) = 14.000 ton/leto. Delež, ki ga k zmanjšanju količin odloženih nenevarnih odpadkov na državnem nivoju prispeva KOCEROD znaša 3,5%.
- Povečanje količin ločeno zbranih frakcij (v tonah/leto); Cilj, ki ga bo dosegel KOCEROD: 1.800 ton/leto_(trenutno stanje) – 10.000 ton/leto_(konec obdobja) = 8.200 ton/leto. Delež, ki ga k povečanju količin ločeno zbranih frakcij na državnem nivoju prispeva KOCEROD znaša 2,78%.

3.3. Predvideni rezultati projekta »KOCEROD«

Izgradnja modernega centra za ravnanje z odpadki v Koroški statistični regiji z 12 občinami bo rešila problem predelave odpadkov okrog 74.077 prebivalcem in tako zmanjšala stroške morebitnega transporta odpadkov v drugo regijo. V celotno regijo bo vpeljana možnost ločenega zbiranja odpadkov na izvoru. Z novim centrom za ravnanje z odpadki pa se bodo tako v fazi izgradnje kot tudi med obratovanjem odprle nove možnosti zaposlovanja za lokalno prebivalstvo.

Izvedba projekta tako zagotavlja:

- nova delovna mesta za lokalno prebivalstvo (med fazo gradnje okrog 30 delovnih mest, med fazo obratovanja 17 delovnih mest) nova delovna mesta za lokalno prebivalstvo (med fazo gradnje okrog 30 delovnih mest, med fazo obratovanja 17 delovnih mest);
- izboljšanje vplivov na okolje (zmanjšanje emisij v zrak in tla kot tudi zmanjšanje količine biološko razgradljivih odpadkov);
- dostopnost dopolnilnim dejavnostim, nove surovine narejene iz sekundarnih surovih materialov in
- možnost uporabe novih okoljskih tehnologij.



Slika 2.: Masni tok odpadkov po letu 2013.

Tabela 1.: Časovni razpored izvajanja aktivnosti projekta »KOCEROD«.

Izvedba projekta "KOCEROD"	Datum začetka (A)	Datum zaključitve (B)
1. Študija izvedljivosti in analiza stroškov in koristi (vključno s finančno analizo)	2005	november 2006
2. Ponovljena študija izvedljivosti in Investicijski program (v skladu s spremembami in upoštevanjem EU priročnika)	februar 2007	avgust 2007
3. Presoja vpliva na okolje	ZMES: 4.10.2004 (začetek izdelave poročila)	ZMES: 10.8.2006 (pridobitev okoljevarstvenega soglasja MOP-ARSO šifra 35402-174/204-31 z dne, 08.03.2006)
3. Presoja vpliva na okolje	MISLINJSKA DOBRAVA 10.6.2005 (začetek izdelave poročila)	MISLINJSKA DOBRAVA 2.11.2006 (ustavljen postopek PVO, sklep MOP-ARSO št. 35402-110/2006-2, z dne 27.10.2006)
4. Načrtovalne študije	začetek izdelave IDP 04.10.2004	pridobitev gradbenega dovoljenja: ZMES: 26.07.2007 M. DOBRAVA: 23.05.2008
5. Priprava razpisne dokumentacije	31/07/2007	31/12/2007
6. Predviden začetek javnega(-nih) razpisa(-ov)	junij 2008	november 2008
7. Pridobivanje zemljišč	2003	julij 2007
8. Konstrukcijska faza/naročilo	oktober 2008	december 2011
9. Operativna faza	januar 2012	



Slika 3.: KOCEROD - predelava odpadkov na lokaciji Mislinjska Dobrava.



Slika 4.: KOCEROD - objekt za odstranjevanje odpadkov na lokaciji Zmes.

3.4. Okvirna finančna struktura projekta »KOCEROD«

Celotna vrednost projekta celovitega ravnanja z odpadki v Koroški razvojni regiji je ocenjena cca 25 mio EUR, od tega bodo občine same zagotovile cca 40 % sredstev iz zbranih taks in neposredno iz proračunov po ključu prebivalstva, preostala sredstva pa bodo pridobljena iz Kohezijskega sklada in proračuna RS.

Tabela 2.: Vir skupnih naložbenih stroškov (EUR).

Skupni naložbeni stroški	Pomoč Skupnosti EU Pomoč Skupnosti EU	Nacionalni javni (ali enakovredni)	Nacionalni zasebni	Drugi viri – občinski proračun
a) = b) + c) + d) + e)	b)	c)	d)	e)
24.980.383	12.805.314	2.364.058		9.811.010

4. ZAKLJUČEK

Učinkovito in za družbo sprejemljivo ravnanje z odpadki zahteva veliko število ukrepov, ki so med seboj povezani in se dopolnjujejo, zato je nujno potrebno združevati vse elemente ravnanja na višjih nivojih (potrebno je vzpostaviti selektiven pristop in ravnovesje med organizacijskimi in pravno-ekonomskimi ukrepi na eni strani ter konkretnimi tehničnimi rešitvami na drugi). Regijski (medobčinski) pristop je torej glede na prostorske, naravne, poselitvene in druge danosti slovenskega prostora, pa tudi zaradi tehnoloških možnosti, ekonomičnosti in logistike edini upravičen in izvedljiv.

Koroška razvojna regija dokazuje, da so občine sposobne vzpostaviti primerno sodelovanje na področju ravnanja z odpadki za zagotovitev čistega okolja in povečanje kakovosti življenjskega okolja. Dosedanja praksa izvajanja dogovora potrjuje, da je prav celovit pristop obravnave ravnanja iz vseh aspektov že na samem začetku nujen pogoj za uspešno razreševanje vseh problemov, ki se nanašajo na problematiko ravnanja komunalnih odpadkov. Za uspešno realizacijo zastavljenih aktivnosti je nujen pravočasen in temeljit dialog z zainteresirano javnostjo, še posebej s prebivalci območij, kjer bodo locirani objekti za predelavo in odstranjevanje odpadkov. Prav tako je pomembno, da so vsi občani že pred samim začetkom izvajanja ukrepov podrobno seznanjeni s pomenom celovitega ravnanja in njihovo nenadomestljivo aktivno udeležbo pri izvajanju s ciljem izboljšanja življenjskega okolja.

Predlagani ukrepi dajejo dobro osnovo za izboljšanje stanja in doseganje evropsko primerljive obravnave tovrstne problematike na območju občin

Koroške razvojne regije. Tehnologija predelave odpadkov je bila izbrana na podlagi razumnih in sprejemljivih investicijskih in obratovalnih stroškov ter na osnovi zahtev za popolno obvladovanje emisij snovi v zrak, vode in tla in minimalni porabi prostora. Učinkovito in za družbo sprejemljivo ravnanje z odpadki zahteva veliko število ukrepov, ki so med seboj povezani in se dopolnjujejo, zato je nujno potrebno združevati vse elemente ravnanja na višjih nivojih (potrebno je vzpostaviti selektiven pristop in ravnovesje med organizacijskimi in pravno-ekonomskimi ukrepi na eni strani ter konkretnimi tehničnimi rešitvami na drugi). Regijski (medobčinski) pristop je torej glede na prostorske, naravne, poselitvene in druge danosti slovenskega prostora, pa tudi zaradi tehnoloških možnosti, ekonomičnosti in logistike edini upravičen in izvedljiv.

Koroška razvojna regija dokazuje, da so občine sposobne vzpostaviti primereno sodelovanje na področju ravnanja z odpadki za zagotovitev čistega okolja in povečanje kakovosti življenjskega okolja. Dosedanja praksa izvajanja dogovora potrjuje, da je prav celovit pristop obravnave ravnanja iz vseh aspektov že na samem začetku nujen pogoj za uspešno razreševanje vseh problemov, ki se nanašajo na problematiko ravnanja komunalnih odpadkov. Za uspešno realizacijo zastavljenih aktivnosti je nujen pravočasen in temeljit dialog z zainteresirano javnostjo, še posebej s prebivalci območij, kjer bodo locirani objekti za predelavo in odstranjevanje odpadkov. Prav tako je pomembno, da so vsi občani že pred samim začetkom izvajanja ukrepov podrobno seznanjeni s pomenom celovitega ravnanja in njihovo nenadomestljivo aktivno udeležbo pri izvajanju s ciljem izboljšanja življenjskega okolja.

Predlagani ukrepi dajejo dobro osnovo za izboljšanje stanja in doseganje evropsko primerljive obravnave tovrstne problematike na območju občin Koroške razvojne regije. Tehnologija predelave odpadkov je bila izbrana na podlagi razumnih in sprejemljivih investicijskih in obratovalnih stroškov ter na osnovi zahtev za popolno obvladovanje emisij snovi v zrak, vode in tla in minimalni porabi prostora.



Regionalna razvojna agencija za Koroško





ID 01

Environmental impact of Al and Cr in bauxite ore and red mud

**Cândida Radicchi O. ALMÉRI¹, assoc.prof.dr. Radmila MILAČIČ¹,
dr. Tea ZULIANI¹, Anže MARTINČIČ¹, prof.dr. Janez ŠČANČAR¹**

¹ *Jožef Stefan Institute, Department of Environmental Sciences, Jamova 39,
SI-1000 LJUBLJANA
janez.scancar@ijs.si*

Abstract

Al is mostly produced from bauxite ore, which contains up to 54 % of Al_2O_3 (alumina). Before alumina is refined to aluminium metal, it must be purified. Bauxite is digested with a hot solution of NaOH, that converts the alumina to $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$. The solid impurities that are not dissolved are removed by filtration. The so called red mud represents a disposal problem. In Kidričevo, Slovenia, red mud was washed with 16 subsequent applications of water, deposited on land, covered by soil and planted by coniferous trees. In Ajka, Hungary, the red mud slurry was collected directly to a containment structure, which burst caused the major accident in October 2010. In the present work, environmental impacts of bauxite ore and red mud from Kidričevo and Ajka were evaluated by applying sequential extraction procedure and speciation analysis. The predominate fraction in bauxite ore and red mud was the insoluble residual. Special attention was devoted to highly mobile water-soluble fraction. Al and Cr in bauxite ore were not leached with water, while in Kidričevo and Ajka red mud, the water-soluble fraction was significantly important. The pH of the water soluble fraction that critically influence Cr and Al speciation was 12 in Ajka, and 8 in Kidričevo red mud. Data of speciation analysis demonstrated that at pH 8 Al present in red mud existed mainly as insoluble hydroxide, while at pH 12 in its toxic $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ form. The prevailing Cr species at pH 8 was $\text{Cr}(\text{OH})_3$, while at pH 12 almost all Cr was present in its toxic hexavalent form. The results demonstrated high toxicity of Ajka red mud and much lower toxicity of Kidričevo red mud.

Key words: bauxite ore, red mud, sequential extraction procedure, speciation analysis.

Razširjeni povzetek

Al večinoma pridobivamo iz boksitne rude, ki vsebuje do 54 % Al_2O_3 . Preden boksit predelamo v kovinski aluminij, moramo Al_2O_3 očistiti. Z alkalno ekstrakcijo z vročo raztopino NaOH pridobimo čisti Al_2O_3 , tako imenovano glinico. Trdne nečistoče ki se pri alkalni ekstrakciji ne raztopijo, odstranimo s filtracijo, nastali odpadki redeče blato, ki vsebuje visoko koncentracijo aluminija in železa in še nekaterih strupenih kovin, pa predstavlja problem varnega odlaganja. V Kidričevem v Sloveniji je do 90 let prejšnjega stoletja potekala proizvodnja glinice iz boksita in nadaljnje pridobivanje kovinskega Al s postopkom elektrolize. Po alkalni ekstrakciji so rdeče blato ustrezno sprali z vodo ga odložili na deponijo, ki so jo, ko se je depozit posušil, prekrili s plastjo zemlje, ter nasadili iglavce. V Ajki na Madžarskem, so suspenzijo rdečega blata shranjevali v betonskem bazenu, ki je oktobra 2010 popustil in povzročil z razlitjem rdečega blata ekološko katastrofo. V predstavljenem delu smo ocenili okoljske vplive boksitne rude in rdečega blata iz Kidričevega in Ajke z uporabo sekvenčnih ekstraktov in speciacijske analize. Rezultati sekvenčnih ekstraktov so pokazali, da sta Al in Cr v boksitni rudi in v rdečem blatu porazdeljena predvsem v slabo topnih kemijskih oblikah. Posebno pozornost smo posvetili vodotopni frakciji, v kateri se elementi nahajajo v oblikah, ki so v okolju zelo mobilne. Al in Cr sta se v vodotopni frakciji v rdečem blatu pojavila v relativno visokih koncentracijah. pH vodotopne frakcije, ki bistveno vpliva na speciacijo Al in Cr, je bil v boksitni rudi 7, rdečega blata iz Kidričevega 9, rdečega blata iz Ajke pa 12. Zaradi zelo nizke topnosti Al in Cr v rudi (pH 7), boksit ne povzroča škodljivih okoljskih vplivov. Rezultati speciacijske analize rdečega blata v vodotopni frakciji vzorca iz Kidričevega so pokazali, da je Al prisoten pri pH 9 v glavnem v obliki netopnega hidroksida, v rdečem blatu iz Ajke pa je bil pri pH 12 prisoten pretežno v strupeni obliki $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$. Pri pH 9 je bil Cr porazdeljen med trivalentni $\text{Cr}(\text{OH})_3$ in prisoten tudi kot šestvalentni Cr, pri pH 12 pa je bil skoraj ves Cr prisoten v obliki strupenega šestvalentnega Cr. Rezultati so pokazali visoko strupenost rdečega blata iz Ajke in bistveno nižjo strupenost rdečega blata iz Kidričevega. Izsledki naše raziskave bodo prispevali k boljšemu načrtovanju ustreznih načinov remediacije kontaminiranega okolja na področju ekološke katastrofe v Ajki.

Ključne besede: boksitna ruda, rdeče blato, okoljski vplivi, sekvenčna ekstrakcija, speciacijska analiza

1. INTRODUCTION

Aluminium (Al) is the most abundant metal in the lithosphere, comprising about 8 % of the Earth's crust. Due to its reactivity Al never occurs as the free metal in nature but is present predominantly in sparingly soluble oxides and aluminosilicates. Al chemistry depends strongly on pH. Normally it is very insoluble. Nevertheless, its solubility is significantly increased under acidic (pH < 6.0) or alkaline (pH > 8.0) conditions. Acid rain may substantially mobilize and release Al into soil solution, underground and surface waters. This phenomenon is accentuated particularly in poorly buffered soils [1,2]. The released mononuclear ionic Al species may undergo polymerization [3,4] or may be complexed by available organic or inorganic ligands [5-8]. Al is widely used in the industry. The anthropogenic sources of Al represent an additional burden to the environment. Elevated concentrations of soluble Al species in the environment cause toxic effects to living organisms. The toxicity of Al depends primarily on its chemical forms. Labile positively charged aqua- and hydroxy mononuclear Al complexes have been recognised as the most toxic Al species to the aquatic organisms [9] and plants [10-13]. Histopathological findings demonstrated Al neurotoxicity to humans [14], its toxic effects (provoker of encephalopathy, osteomalacia and microcytic anemia) are well known also to patients with chronic renal failure [15,16]. Despite controversy of its contribution to Alzheimer's disease [16], Al is considered to be one of risk factors for this disease [17].

To understand Al behaviour in the environment it is necessary to know the distribution of various Al species in the aquatic ecosystems and the potential for Al complexation with different naturally occurring inorganic and organic ligands [4,16,18-23]. In aqueous solutions at pH below 5.0 the prevalent mononuclear Al species is hexaaqua Al^{3+} complex. In less acidic solutions at pH values more than 5.0 hexaaqua Al^{3+} undergoes hydrolysis that yields pentaqua $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$ and tetraqua $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ species. In the neutral pH range Al is mainly precipitated as $\text{Al}(\text{OH})_3$. In basic solutions higher than pH 8.0 the precipitate re-dissolves, resulting in formation of $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ species [18]. Not only mononuclear Al species exist in aqueous solutions. At pH values above 5.0, Al tends to polymerize. Coalescence of polymers lead to precipitation of Al from solution as amorphous $\text{Al}(\text{OH})_3$ [19,21-23].

Al is mostly produced from bauxite ore, which contains about 50 % of Al_2O_3 (alumina). Before alumina is refined to aluminium metal, it must be purified. To obtain pure alumina, bauxite is extracted with a hot solution of NaOH. Metal Al is further produced from alumina by the electrolysis process. As a by-product red mud emerges from the alkaline leaching of bauxite and its major constituents are Fe_2O_3 , Al_2O_3 , SiO_2 , TiO_2 , Na_2O and CaO , with minor

concentrations of elements likes V, Ga, Cr, P, Mn, Cu, Cd, Ni, Zn, Pb, Mg, Zr, Hf, Nb, U, Th, K, Ba, Sr and traces of rare earth elements. In generally red mud exits as highly alkaline slurry (pH 10–12.5) with 15–30 % solids and as such represents huge disposal problem [24]. At all the world's 85 alumina plants, 1.0–1.6 tons of red mud is generated per ton of alumina and it is estimated that over 66 million tons of this waste is impounded annually in the world [25].

In Kidričevo, Slovenia, red mud was efficiently washed with water to lower the pH before its disposal to land. After being dried it was covered by soil and planted by coniferous trees. In Ajka, Hungary, the red mud slurry was collected directly to a containment structure, which burst caused the major accident in October 2010.

The aim of the present work was to evaluate the environmental impacts of bauxite ore and red mud from Kidričevo and Ajka. For this purpose sequential extraction procedure and speciation analysis were applied to estimate the mobility and chemical speciation of Al and Cr.

2. EXPERIMENTAL

Instrumentation

Concentrations of Al and Cr were determined by FAAS on a Varian (Mulgrave, Victoria, Australia) SpectrAA 110 atomic absorption spectrometer or by ETAAS on a on a Hitachi Z-8270 polarized Zeeman atomic absorption spectrometer. For the digestion of bauxite ore and red mud samples a closed vessel microwave digestion CEM MARS 5 system was used. The water extractable Cr(VI) and the content of Cr(VI) in the leachates was determined by fast protein liquid chromatography with ETAAS detection (FPLC-ETAAS). A strong anion-exchange FPLC column of Mono Q HR 5/5 was used for the Cr(VI) separation. The separated chromium species were determined by ETAAS.

Reagents

Merck suprapur acids and Milli-Q water were used for the preparation of the samples and the standard solutions. All the other reagents were of analytical reagent grade. Stock standard solutions of Al ($1000 \text{ mg L}^{-1} \pm 2 \text{ mg L}^{-1}$ in 5 % HNO_3) and $(\text{CrO}_4)^{2-}$ ($1000 \pm 2 \text{ mg L}^{-1}$) were also purchased from Merck. Fresh working standard solutions were prepared by dilution of an appropriate stock solution with water. Sartorius $0.45 \mu\text{m}$ cellulose nitrate membrane filters of 25 mm diameter were used in the filtration procedure.

Samples

Bauxite ore certified reference material CRM 395 was used to evaluate the environmental impact of Al ore. Red mud samples were collected from the alumina plant of Ajka, Veszprém County, in western Hungary (samples were taken in the vicinity of plant after the red mud accident in Ajka) and Aluminum Processing Plant in Kidričevo, Slovenia (deposited red mud). Samples were collected in a polyethylene bags. The red mud samples contained about 30 % of moisture and were dried in an oven at 105 °C for 48 h, homogenized and sieved through 200 µm sieve prior analysis.

Sequential extraction procedure

To study the partitioning of Al and Cr in samples investigated the Tessier's sequential extraction procedure [26] was modified as described by Ščančar et al. [27] who investigated highly alkaline samples of quicklime treated sewage sludge.

I step: Water-soluble

To 2 g of dry sample 20 mL of water was added in a 38 mL polyethylene centrifuge tube. Samples were then shaken for 2 h, centrifuged (10000 rpm, 20 min) decanted and filtered through membrane filters of 0.45 µm pore size. The concentrations of Al and Cr in water extracts were determined by FAAS or ETAAS. Aliquots of these solutions were used for determination of water soluble Cr(VI) [28]. The solid residues after each extraction step were washed with 10 mL of water, shaken for 5 min, centrifuged at 10000 rpm for 10 min and decanted. The washing solution was discarded prior to the addition of the next extractant. After each extraction step centrifugation (10000 rpm, 20 min), decantation and filtration through a 0.45 µm membrane filter was performed prior to determination of metals by FAAS or ETAAS.

II step: Exchangeable

To determine the exchangeable metal fraction, 20 mL of 1 mol L⁻¹ MgCl₂ (pH 7) was added to the solid residue and shaken for 1 h at 25 °C.

III step: Metals bound to carbonates

Carbonate-bound metals were extracted by shaking the washed solid residue from the previous extraction step with 20 mL of 1 mol L⁻¹ sodium acetate (adjusted to pH 5 with acetic acid) for 5 h at 25 °C.

IV step: Metals bound to iron and manganese oxides

To the solid residue 20 mL of 0.04 mol L⁻¹ hydroxylamine hydrochloride (NH₂OH·HCl) in 25% (v/v) acetic acid was added. Extraction was carried out at 95 °C for 6 h with occasional agitation.

V step: Metals bound to organic matter

To determine organic matter-bound portions of the metals, the procedure adopted from Gupta and Chen [29] was applied. To the solid residue from the previous step 20 mL of solution prepared from 156,25 mL of 30% H₂O₂ + 93,75 mL of 0.02 mol L⁻¹ HNO₃ and adjusted to pH2 with HNO₃ was added, and the mixture was heated to 85° C for 2 h with occasional agitation. Before analysis the solution was cooled to room temperature.

VI step: Residual fraction

In the last step an aliquot of 0.2 g of the residual fraction was weighted into Teflon tube and microwave assisted digestion using the mixture of HNO₃, HCl and HF was applied according to the procedure of Ščančar et al. [30]. All analyses were done in triplicate.

Cr speciation analysis

Cr speciation were performed according to FPLC-ETAAS procedure developed by Milačič and Ščančar [28].

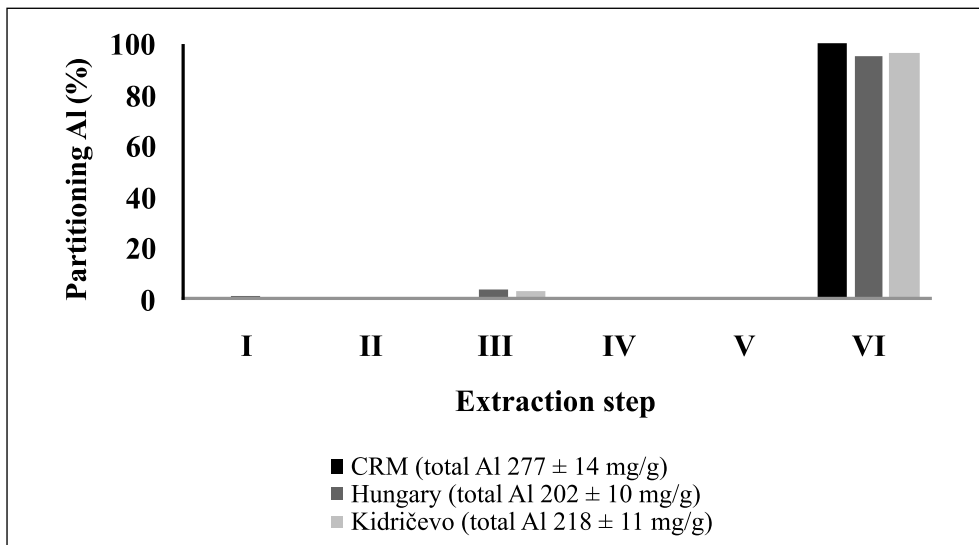
3. RESULTS AND DISCUSSION

Optimization of the mass per volume ratio in the sequential extraction procedure

Sequential extraction procedure developed by Tessier et al. [26] was modified according to the procedure of Ščančar et al. [27]. First mass per volume ratio in the water-soluble fraction was optimized using different weights of samples and volumes of added water and applying extraction of red mud samples for 16 h. For bauxite concentrations of Al and Cr in the water-soluble fraction were not detected. The results are presented in Table 1.

Table 1.: Optimization of the mass per volume ratio for determination of Al and Cr in the water-soluble red mud samples.

Mass (g) per volume (mL)	Kidričevo		Ajka	
	Al ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Cr ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Al ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Cr ($\mu\text{g g}^{-1}$)
1:8	140 \pm 3	2.30 \pm 0.05	2600 \pm 50	4.70 \pm 0.09
2:20	180 \pm 5	2.50 \pm 0.05	2900 \pm 50	5.40 \pm 0.09
0.5:20	170 \pm 5	2.40 \pm 0.05	2900 \pm 50	5.40 \pm 0.09
0.5:25	180 \pm 5	2.40 \pm 0.05	3000 \pm 50	5.60 \pm 0.09

**Figure 1.:** Partitioning of Al between various phases (I: Water-soluble, II: Exchangeable, III: Bound to carbonates, IV: Bound to Fe and Mn oxides, V: Bound to organic matter, VI: Residual fraction) in bauxite ore (CRM sample) and Kidričevo and Ajka red mud samples.

Data of the experiments from Table 1 proved that regarding the sample volume (enough sample extract for total metal determination as well as for and speciation analysis), and the dilution factor which enables measurements of elements in the optimal concentration ranges, the most convenient mass per volume ratio was found to be applying 2 g of sample and 20 mL of the extractant. Taking into consideration the above statements the 6-step extraction procedure as described in the experimental section was applied.

Partitioning of Al and Cr in bauxite ore and red mud

In order to estimate the environmental impacts of bauxite ore and red mud samples sequential extraction procedure was applied. The results of the partitioning of Al and Cr in bauxite ore and red mud samples from Kidričevo and Ajka are presented in Figs. 1 and 2.

From data of Fig. 1 it is evident, that in bauxite ore and red mud samples Al is associated mainly with the insoluble residual fraction. However, attention should be paid to the water-soluble fraction of red mud from Kidričevo and Ajka. Total concentration of Al in the water-soluble fraction is $130 \mu\text{g mL}^{-1}$, while in Kidričevo this concentration is $12 \mu\text{g mL}^{-1}$. In bauxite ore the water soluble fraction is negligible, below $0.1 \mu\text{g mL}^{-1}$. Low solubility of Al from bauxite ore is related to neutral pH and its presence in the insoluble residual fraction. Due to processing of ore with hot alkaline NaOH solution the water-soluble Al fraction is substantially higher in red mud. In Kidričevo red mud, the released Al species at pH 9 of water extract correspond mainly to colloidal $\text{Al}(\text{OH})_3$ and partially to $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ species [31]. In Ajka red mud water extract, the solubility of Al is due to high pH (pH 12) appreciably higher than in Kidričevo. Al concentration in the water-soluble fraction was found to be $130 \mu\text{g mL}^{-1}$. It may be presumed that at this pH Al is present exclusively as $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ species [31], which is highly mobile and toxic to living organisms.

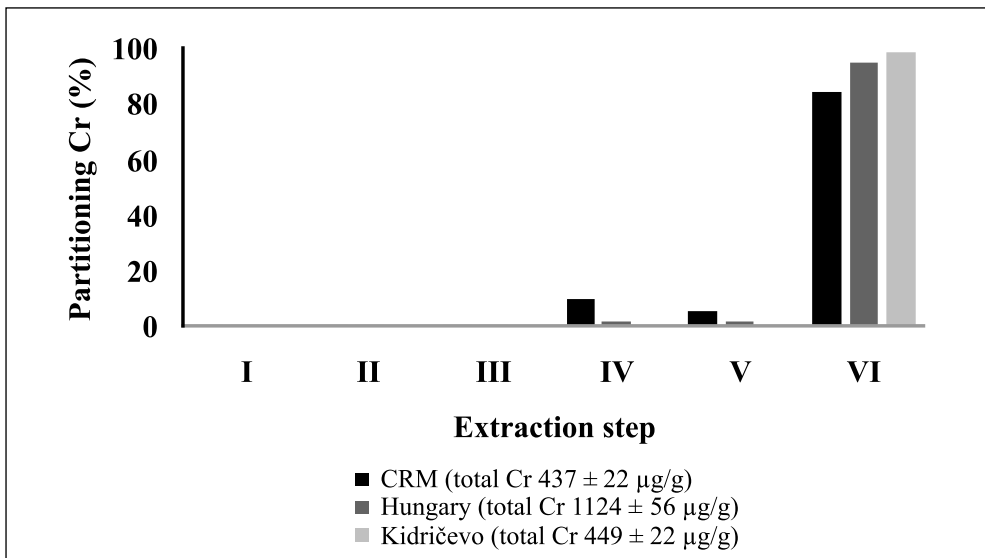


Figure 2.: Partitioning of Cr between various phases (I: Water-soluble, II: Exchangeable, III: Bound to carbonates, IV: Bound to Fe and Mn oxides, V: Bound to organic matter, VI: Residual fraction) in bauxite ore (CRM sample) and Kidričevo and Ajka red mud samples.

Data of Fig. 2 indicate that Cr in bauxite ore and red mud samples is similarly to Al, present almost entirely in the insoluble residual fraction. Nevertheless, in the water-soluble fraction of red mud from Kidričevo and Ajka elevated concentrations of Cr were observed. Total concentration of Cr and Cr(VI) in the water-soluble bauxite ore and red mud fractions are presented in Table 2.

Table 2.: Concentrations of the total water-soluble Cr and Cr(VI) in bauxite ore and red mud samples determined by ETAAS and FPLC-ETAAS, respectively.

Sample	Total Cr ($\mu\text{g mL}^{-1}$)	Cr(VI) ($\mu\text{g mL}^{-1}$)	pH
Bauxite ore (CRM)	<0.01	<0.01	7.0
Red mud Kidričevo	0.113±0.002	0.051±0.001	9.0
Red mud Ajka	0.429±0.006	0.391±0.006	12.0

From data of Table 2 it is evident that concentration of Cr and Cr(VI) in the water-soluble fraction of bauxite ore is negligible, below $0.01 \mu\text{g mL}^{-1}$. Low solubility of Cr from bauxite ore is related to neutral pH range and partitioning of Cr between sparingly soluble ore fractions. In Kidričevo red mud sample low concentration of the water-soluble Cr (about $0.110 \mu\text{g Cr mL}^{-1}$) is observed. About 50 % of this Cr is present in its hexavalent form. In Ajka red mud aqueous extract moderate concentration (about $400 \mu\text{g Cr mL}^{-1}$) of the water-soluble Cr was found, present almost exclusively in its toxic hexavalent form.

Considering the relatively high concentrations of toxic AlOH_4^- and Cr(VI) species present in the highly mobile water-soluble fraction of the Ajka red mud samples it may be concluded that regarding these two elements hazardous effects to the environment may be expected.

4. CONCLUSIONS

The environmental impacts of bauxite ore and red mud from Kidričevo, Slovenia, and Ajka, Hungary, were evaluated by the use of sequential extraction procedures and speciation analysis. The predominate fraction of Al and Cr in bauxite ore and red mud was the insoluble residual. Since the main environmental impacts are related to highly mobile element species special concern was oriented to highly mobile water-soluble fraction. Al and Cr in bauxite ore were not leached with water, while in Kidričevo and Ajka red mud, the water-soluble fraction was significantly important. The pH of the water soluble fraction that critically influence Cr and Al speciation was 12 in Ajka, and 9 in Kidričevo red mud. Data of speciation analysis demonstrated that at pH 8 Al present in red mud existed mainly as insoluble hydroxide, while at pH 12 in its toxic $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ form. The Cr species at pH 9 were distributed between $\text{Cr}(\text{OH})_3$ and Cr(VI), while at pH 12 almost all Cr was present in its toxic hexavalent form. The results demonstrated high toxicity of Ajka red mud and much lower toxicity of Kidričevo red mud. The outcomes of our investigation will contribute to better and effective measures on remediation strategies in the contaminated region of the Ajka ecological disaster.

Acknowledgement: This work was supported by the Ministry of Higher Education, Science and Technology of the Republic of Slovenia within the research programme P1-0143. Authors would like to thank Prof.dr. Tibor Kovács from University of Pannonia, Veszprém, Hungary and Matjaž Cencič, M.Sc. from Kidričevo, Slovenia for providing red mud samples.

REFERENCES

- [1] Dambrine E, Thomas AL, Party JP, Probst A, Boudot JP, Duc M, Dupouey JL, Gégout JC, Guérolot F, King D, Landman G, Maitat O, Nicolai M, Pollier B, Thimonier A, Acad CR (1999). *Sci Agric Fr* 84:75-94.
- [2] Lawrence GB, David MB (1997). *Environ Sci Technol* 31:825-830.
- [3] Poleo ABS (1995) *Aquat Toxicol* 31:347-356.
- [4] Bi S, Wang C, Cao Q, Zhang C (2004). *Coord Chem Rev* 248:441-455.
- [5] Smith RW (1996). *Coord Chem Rev* 149:81-93.
- [6] Martell AE, Hancock RD, Smith RW, Motekaitis RJ (1996). *Coord Chem Rev* 149:311-328.
- [7] Guibaud G, Gauthier C, Ayele J (2000). *Agronomie* 20:577-590.
- [8] Exley C, Schneider C, Doucet FJ (2002). *Coord Chem Rev* 228:127-135.
- [9] Gensemer RW, Playle RC (1999). *Crit Rev Environ Sci Technol* 29:315-450.
- [10] Ma JF, Zheng SJ, Matsumoto H, Hiradate S (2000) *Plant Cell Physiol* 41:383-390.
- [11] Mossor-Pietraszewska T., (2001). *Acta Biochim Polon* 48:673-686.
- [12] Hoekenga OA, Vision TJ, Shaff JE, Monforte AJ, Lee GP, Howell SH, Kochain LV (2003). *Plant Physiol* 132:936-948.
- [13] Kochain LV (1995). *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol* 46:237-260.
- [14] Corain, B., Bombi, GG., Trappo, A., Perazzolo, M., Zatta, P., (1996). *Coord Chem Rev* 149:11-22.
- [15] D'Haese, PC., De Broe, ME., (1994). In: Nicolini M, Zatta PF, Corain B (eds) *Aluminium in Chemistry Biology and Medicine: Recent insights in the monitoring, diagnosis and treatment of aluminum-overload in dialysis patients*, vol 2. Harwood Academic Publishers GmbH, Switzerland; *Life Chem Rep* 11:215-224.

- [16] Yokel, RA., (2004). In: Merian E, Anke M, Ihnat M, Stoeppler M (eds) Aluminium: elements and their compounds in the environment. Occurrence, analysis and biological relevance. Wiley-VCH, Weinheim, Germany; 2:635-658.
- [17] Jansson, ET., (2005). *Medical Hypothesis* 64:960-967.
- [18] Martin, RB., (1988). In: Sigel H, Sigel A (eds) Metal ions in biological systems, volume 24, aluminium and its role in biology: bioinorganic chemistry of aluminium. Marcel Dekker, Inc. New York, USA; 2-57.
- [19] Driscoll, CT., Schecher WD., (1988). In: Sigel H, Sigel A (eds) Metal ions in biological systems, volume 24, aluminium and its role in biology: aluminium in the environment. Marcel Dekker, Inc. New York, USA; 59-122.
- [20] Driscoll, CT., Schecher WD., (1990). *Environ Biochem Health* 12:28-49.
- [21] Bertsch, PM., (1989). In: Sposito G (ed) The environmental chemistry of aluminium: aqueous polynuclear aluminium species. CCR Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA; 88-115.
- [22] Milačič, R., (2005). In: Cornelis R, Crews H, Heumann K (eds) Handbook of elemental speciation II: Species in the environment, food medicine & occupational health: speciation of aluminium. Environment. John Wiley & Sons, Ltd. Chichester West Sussex, United Kingdom; 7-19.
- [23] Ščančar, J., Milačič, R., (2006). *Anal Bioanal Chem* 386: 999–1012.
- [24] Hind AR, Bhargava SK, Grocott SC (1999). *Colloids Surf A* 146:359–374.
- [25] Cooling DJ, Glenister DJ, Practical aspects of dry residue disposal, in: Cutshall ER (Ed.), *Light Metals Proceedings of the 121st TMS Annual Meeting*, San Diego, CA, TMS, 1992, pp. 25–31.
- [26] Tessier A, Campbell PGC, Bisson M (1979). *Anal Chem* 51: 844–851.
- [27] Ščančar J, Milačič R, Stražar M, Burica O, Bukovec P (2001) *J Environ Monit* 3: 226-231.
- [28] Milačič R, Ščančar J (2000). *Analyst* 125: 1938-1942.
- [29] Gupta SK, Chen KY (1975). *Environ Lett* 10: 129-158.
- [30] Ščančar J, Zuliani T, Turk T, Milačič R (2007). *Environ Monit Assess* 127:271–282.
- [31] Mitrović B, Milačič R, Pihlar B (1996). *Analyst* 121: 627-634.



ID 06

Mreža REUSE centrov v Sloveniji

dr. Marinka VOVK¹, Katja ZAJKO²

¹EKO-TCE d.o.o., Kidričeva 25, SI-3000 CELJE
eko.tce@siol.net

²Okoljsko raziskovalni zavod, Sp. Preloge 55, SI-3210 SLOVENSKE KONJICE
orz@siol.com

Povzetek

Zaradi potreb po zagotavljanju ponovne uporabe, ki jo narekuje nova uredba, je zaznan velik interes, da bi čimveč lokalnih skupnosti omogočilo občanom podaljšanje življenjske dobe še uporabnim izdelkom. Vedno bolj postaja jasno, da ima planet Zemlja svojo nosilno zmogljivost in da na dolgi rok ne bo mogoče preživeti, če bomo uporabili za svoje življenje 3 planete, kot sedaj pokaže izračun ogljičnega odtisa. Praktični primer možnosti zmanjševanja odpadkov in varčevanja z naravnimi viri je REUSE center oz. Center ponovne uporabe, ki zagotavlja nova delovna mesta s tem, z zaposlitvijo težje zaposljivih oseb, ki izvajajo družbeno koristna dela. Področje vnovične uporabe rabljene opreme ima poleg okoljskih tudi socialne in ekonomske učinke. Zaradi potreb po vzpostavitvi mreže takšnih centrov, se je Okoljsko raziskovalni zavod s partnerji prijavil na Javni razpis za spodbujanje enakih možnosti in socialne vključenosti na trgu dela 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 in bil uspešen. Projekt financira Evropski socialni sklad in Ministrstvo za delo, družino in socialne zadeve.

Ključne besede: trajnostni razvoj, ponovna uporaba, REUSE center, zelena cena, rabljena oprema, socialno podjetništvo.

Abstract

The need to ensure Reuse, dictated by the new regulation, it is perceived great interest to allow as many local citizens are extending the lifetime of useful products. It is becoming increasingly clear that the planet Earth and its carrying capacity in the long run will not survive if we use for our lives three planets, as now appears calculate the carbon footprint. A practical example

of reducing waste and saving natural resources or the Reuse Center. Reuse Center providing jobs, the employment prospects, performing socially useful work. Field re-used equipment in addition to environmental and social and economic effects. The need for setting up a network of such centers, the Environmental Research Institute with partners reported to the public tender for the promotion of equal opportunities and social inclusion in the labor market in the fourth development priority: »Equality of opportunity and promoting social inclusion 'policies and priorities 4.1. »Equal opportunities in the labor market and strengthening social inclusion« Operational Programme Human Resources Development for 2007-2013 and was successful. Project funded by the European Social Fund and Ministry of Labour, Family and Social Affairs.

Key words: Sustainable Development, Reuse, Reuse Centre, Green price, used equipment, social entrepreneurship.

1. ZAKAJ REUSE CENTRI V SLOVENIJI

Ideja je nastala na osnovi potrebe v praksi, kajti na tem področju smo v praksi ugotovili, da nujno potrebujemo delovne procese, ki bodo omogočili ponovno uporabo rabljeni opremi, ki še sploh ni odpadek. Gre predvsem za gospodinjsko opremo, od pohištva, bele tehnike, malih gospodinjskih aparatov, dekorativnih izdelkov, posode, igrač, knjig, koles, športne opreme, skratka vse, kar imamo doma in ne potrebujemo več. Imetniki potencialnih odpadkov, torej rabljene opreme se odločajo na osnovi možnosti, kam bodo oddali te za njih neuporabno robo. V kolikor obstaja zgolj možnost oddaje med kosovne odpadke, se veliko tovrstne opreme poškoduje in zaradi sistema zbiranja in nadaljnje obdelave vse to konča na odlagališčih. V tujini, kjer imajo veliko tovrstnih objektov, specializiranih za različna področja REUSE centri delujejo že več kot dvajset let. Tako so nekateri centri usmerjeni zgolj za popravilo in obnovo pohištva, drugi za elektroniko, tekstil in podobno. Pri nas smo vse to združili v dejavnost enega REUSE centra, saj imamo manjša prispevna območja in še prav nobene tradicije na tem področju. V direktivi 2008/98/ES Evropskega parlamenta in sveta z dne 19. novembra 2008 o odpadkih in razveljavitvi nekaterih direktiv je namreč navedeno spodbujanje ponovne uporabe in/ali popravila ustreznih odvrženih proizvodov ali njihovih delov, zlasti z uporabo izobraževalnih, ekonomskih, logističnih ali drugih ukrepov, kot so denimo podpora pooblaščenim centrom in mrežam za popravilo in ponovno uporabo ali vzpostavitev takih centrov in mrež zlasti v gosto naseljenih regijah. Tako imamo zakonodajno in povsem praktično potrebo po tem, da vzpostavimo mrežo tovrstnih centrov tudi v Sloveniji, saj prvi Center obratuje v Rogaški Slatini od leta 2010.



Slika 1.: Vnovična uporaba ima pomembno vlogo pri ozaveščanju javnosti o pomenu trajnostne potrošnje.

2. NOVA DELOVNA MESTA S SPODBUJANJEM SOCIALNEGA PODJETNIŠTVA

Idejo o mrežni povezavi REUSE centrov, torej centrov ponovne uporabe bomo lahko uresničili s projektom **VZPOSTAVITEV POGOJEV ZA DELOVANJE MREŽE REUSE CENTROV Z ZELENIMI DELOVNIMI MESTI**, skrajšano »USE REUSE« ki smo ga prijaviili na razpis Javni razpis za spodbujanje enakih možnosti in socialne vključenosti na trgu dela 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. Projekt financira Evropski socialni sklad in Ministrstvo za delo, družino in socialne zadeve.

V projektu sodeluje kot **prijavitelj Okoljsko raziskovalni zavod** in trije partnerji, to so **Tehnološki center za aplikativno ekologijo iz Celja, Inštitut za okolje in prostor iz Celja in Zveza ekoloških gibanj Slovenije iz Ljubljane**. Pridruženi partnerji so podpisali izjave o sodelovanju

v projektu USE REUSE, s čimer prispevajo k uresničevanju temeljnega cilja projekta, na njihovih lokacijah bomo vzpostavili pogoje za delovanje novih REUSE centrov. V projektu tako sodelujejo: Simbio d.o.o. Celje, Mestna občina Velenje, Komunala Trebnje d.o.o., *Občina Miklavž na Dravskem polju*, Komunala Kranj d.o.o., Snaga Ljubljana in Anita Kozole KAIJ d.o.o. iz Dola pri Hrastniku.


Osnovna ideja projekta je vzpostaviti pogoje za prenos že preizkušene ideje REUSE centra iz lokalnega na regijski nivo, zagotoviti učinkovit sistem ponovne uporabe na 5 novih lokacijah pri pridruženih partnerjih v okviru zbirnih centrov za ločene odpadke, kjer bodo s pomočjo promotorjev ponovne uporabe vzpostavljeni osnovni pogoji za začetek delovanja REUSE centrov, ki jih bomo povezali v **mrežo na nacionalnem in evropskem nivoju**. Mreža novih 7-ih REUSE centrov v Savinjski, Podravski, Osrednjeslovenski, Zasavski, Gorenjski in Jugovzhodni Sloveniji bo omogočala nove zaposlitve tudi ranljivim skupinam, saj bomo projektni partnerji s strokovnim delom na področju razvoja inovativnih metod in tehnik za vključevanje ranljivih skupin na trg dela ponovne uporabe omogočili pokriti tržno nišo, ki v tujini deluje že več kot dvajset let. EKO-TCE je razvil idejo ponovne uporabe in razpolaga s strokovnim znanjem na področju evropskih zahtev in trendov zmanjševanja količin odloženih odpadkov ter zagotavljanja procesov ponovne uporabe. ZEG-Zveza ekoloških gibanj Slovenije ima dolgoletne izkušnje na področju nevladnih organizacij, IOP-Institut za okolje in prostor pa strokovne izkušnje pri razvoju novih inovativnih dejavnosti na področju okoljskih tehnologij. Zaradi interdisciplinarnega področja »odpadki« je pomemben tako sociološki kot okoljski in ekonomski vidik. Partnerji so ustrezno usposobljeni za izvedbo projektnih aktivnosti.

Po izračunih, ki smo jih naredili, bi Slovenija potrebovala vsaj 50 takšnih centrov za prispevna območja velikosti 40.000 prebivalcev. V kolikor bi imeli večja prispevna območja, več kot 200.000 prebivalcev, bi bilo sicer REUSE centrov manj, a ljudje se ne bi vozili 200 km daleč samo zato, da bodo obiskali center. Ekonomsko smiselno je, da imajo zbirni centri kotičke za ponovno uporabo, kjer se opravijo manjša popravila, večja popravila pa bi se izvajala v mreži tovrstnih centrov.


3. ciljna javnost reuse cENTrov


Centri so namenjeni vsem potrošnikom, tako tistim, ki odvečno, za njih nerabno opremo oddajo in se tako znebijo nečesa, kar jim je bilo doma v napotu kot tisti, ki to opremo, ko je obnovljena, popravljena po simbolični ceni kupijo. Vsak potrošnik se lahko nahaja v obeh oblikah, lahko je imetnik


rabljene opreme ali okoljsko odgovoren kupec, ki ne kupi novih izdelkov in s tem dodatno obremenjuje okolje, ampak kupuje po simbolični ceni v REUSE centru in s tem podpira zelena delovna mesta, da o okoljskih učinkih sploh ne govorimo. Za npr. stol, ki ga kupi v trgovini, se za izdelek porabi nov les, novi plastični materiali in kovine, dodatno izdelek obremenijo še stroški transporta, ker ta oprema pripotuje največkrat iz Kitajske. V kolikor sem okoljsko odgovoren potrošnik, lahko stol kupim v REUSE centru, za ta stol ni bilo potrebno uporabiti novih virov, niti dolgega transporta, pa še okolje je razbremenjeno odpadkov. Skratka, odločitev za REUSE center ima okoljske, ekonomske in socialne prednosti, ki jih je treba ravno v času gospodarske krize poudariti, kajti na pohodu je že okoljska kriza, ki pa bo imela nepopravljive posledice za vso človeštvo. Planet Zemlja je omejen in tega se je treba zavedati. Ranljivo ciljno skupino za projektno izvedbo- nezaposlene ženske bomo identificirali s pomočjo evidenc Centrov za socialno delo. Nadalje bomo njihovo prostovoljno vključitev v projekt spodbudili z motivacijskimi ukrepi – ker gre za posebno ciljno skupino so potrebni strokovni pristopi. Naša ciljna skupina za doseganje dolgoročnih ciljev potrebuje posebne motivacijske pristope, ki bodo uspešni za njihovo vključitev.





Postopki obdelave, ki se izvajajo v CPU














- razstavljanje izdelkov z ročnim orodjem
- odstranjevanje poškodovanih delov predmeta in restavriranje z ročnim in strojnim orodjem
- izdelava krp, delov izdelka ali kopije iz lesa, furnirja ali lesnih plošč z ročnim orodjem in z osnovnimi lesnoobdelovalnimi stroji
- sestavljanje in lepljenje razstavljenih delov

Slika 2.: Postopek obnove in razstavljanje lesenih izdelkov.

Izbrani oz. zainteresirani posamezniki iz ciljne skupine se bodo usposabljali v preizkušnem programu usposabljanja, s katerim bodo predhodno tudi seznanjeni. Program usposabljanja v 240 ur bo potekal v REUSE centrih, ki bodo imeli osnovne pogoje z delovanje in izvajanje delovnih procesov. Najmanj 75% vsebin bo potekalo ob praktičnem usposabljanju in konkretnem delu na lokacijah v različnih regijah, kjer bodo REUSE centri. Ciljne skupine bodo sodelovale pri pripravi prostorov oz. kotičkov za ponovno uporabo pri pridruženih partnerjih. Vloga teh partnerjev je pomoč pri vzpostavitvi REUSE centrov na lokacijah zbirnih centrov, kjer bodo centri izvajali aktivnosti ponovne uporabe. Osebe iz ranljive ciljne skupine se bodo v projektne aktivnosti najprej vključile preko usposabljanja (skupno 12 oseb), ki bo potekalo 2 meseca, v tem času bodo seznanjene z delovnimi nalogami, ki jih bodo v prihodnosti opravljale, pridobile potrebna znanja o delovnih procesih, ki potekajo v REUSE centru. Po končanem usposabljanju se bo 6 oseb iz izbrane ranljive ciljne skupine zaposlilo za polni delovni čas in sicer na pet delovnih mest promotor ponovne uporabe REUSE centra in eno delovno mesto koordinator mreže REUSE centrov. Njihova naloga bo vzpostaviti delovanje REUSE centra, vodenje posamezne enote REUSE centra, sodelovanje s slovensko in mednarodno mrežo REUSE centrov.






4. socialna integracija in družbeno koristno delo

S projektom bomo pripomogli k ustvarjanju zelenih delovnih mest, kar pomeni, da bomo z izvajanjem postopkov ponovne uporabe neposredno privarčevali vire, kot so voda, les, električna energija, surovine, saj bodo »novi proizvodi« dejansko izdelani iz materialov, ki bi brez procesov ponovne uporabe končali med odpadki. Dodatni prispevek je v zmanjšanju emisij toplogrednih plinov, saj se le-te bistveno zmanjšajo, ker pridobimo vire za izvajanje delovnih procesov iz lokalnega okolja ob hkratnem posledičnem zmanjšanju količin odloženih odpadkov na odlagališča. Sredstva za delo in oprema bo izdelana v procesu ponovne uporabe, s čimer je mogoče dodatno promovirati pomen ponovne uporabe v praksi. Zaposlili bomo 6 oseb iz ranljive ciljne skupine »nezaposlene ženske«, eno od teh na mesto koordinator mreže REUSE, ostalih 5 pa na delovno mesto promotor ponovne uporabe REUSE centrov. V vsakem REUSE centru, kjer bomo vzpostavili pogoje za delovanje pri pridruženih partnerjih, bodo imeli tudi dodatne zaposlitve, tako da se bo število zaposlenih na račun vzpostavitve mreže REUSE centrov kar povečalo.

5. delovni procesi v reuse centrih

Sprejeta rabljena oprema, kot so izdelki in kosovni material se razvrstijo v eno izmed treh frakcij:

- oprema, ki je uporabna v celoti;
- oprema, ki je uporabna delno (rezervni deli);
- neuporabna oprema.

Postopki obdelave, ki se izvajajo v CPU

- diagnosticiranje in odpravljanje napak
- uporaba potrebnega orodja, pripomočkov in materialov pri izvajanju električnih in komunikacijskih inštalacij
- montaža, priključitev in vzdrževanje ter preizkušanje električne opreme, strojev in naprav
- demontaža, popravila

Slika 3.: Postopek obnove in razstavljanja bele tehnike in športne opreme.

Oprema, ki je uporabna v celoti, se kasneje očisti, vzdržuje in odnese na police v prodajni del. Primer za ponovno uporabo otroške igrače:







rabljena otroška igrača → postopek čiščenja → igrača je pripravljena za prodajo

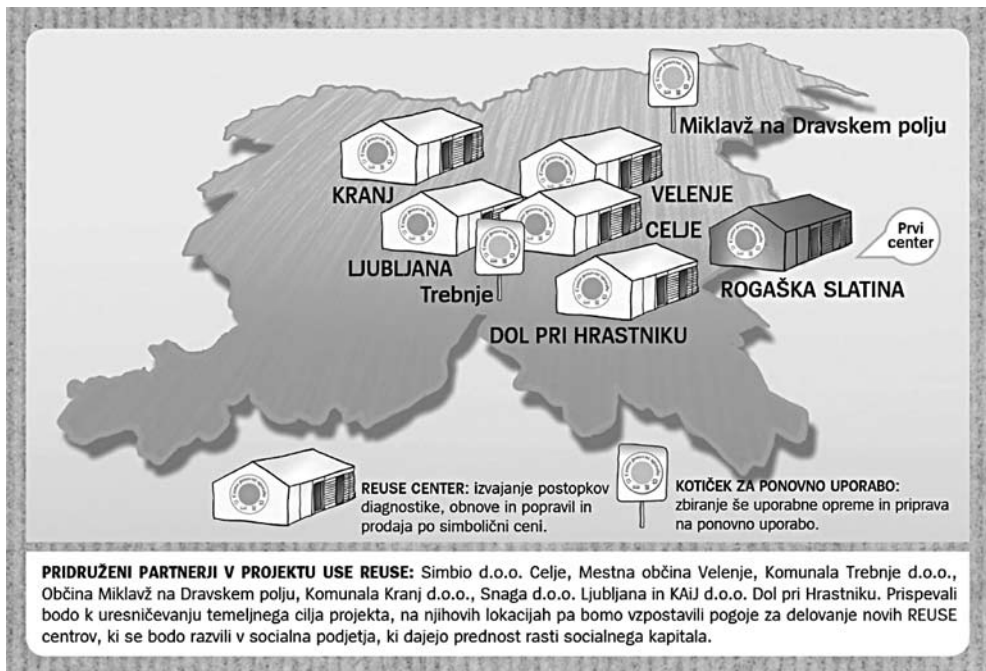
Oprema, ki je uporabna delno, se obnovi ali pa popravi ali pa se deli le-te shranijo kot rezervni deli in služijo za popravilo druge opreme. Primer za uporabo rabljenega pralnega stroja:

star pralni stroj → postopek diagnostike → dele uporabimo za popravilo drugega, ki ima npr. iztrošene ležaje.

V nadaljevanju prikazujemo primere obnov, ki se izvajajo po izvedeni diagnostiki rabljene opreme

Tabela 1.: Prikaz izvajanja delovnih procesov v REUSE centru.

	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sprejem (kozarci) 2. Diagnostika 3. Čiščenje (vlivanje voska) 4. Ponovna uporaba: <ol style="list-style-type: none"> a. Stroški obnove (material): 1 EUR b. Nova vrednost: 2 EUR
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sprejem (svetila) 2. Diagnostika 3. Čiščenje 4. Ponovna uporaba: <ol style="list-style-type: none"> a. Stroški čiščenja (1/2 ure): 4,5 EUR b. Nova vrednost: 5-15 EUR
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sprejem (igrače) 2. Diagnostika 3. Čiščenje 4. Ponovna uporaba: <ol style="list-style-type: none"> a. Stroški čiščenja (1/2 ure): 4,5 EUR b. Nova vrednost: 1-3 EUR
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sprejem (mali gospodinjski aparati) 2. Diagnostika 3. Čiščenje 4. Popravilo 5. Ponovna uporaba: <ol style="list-style-type: none"> a. Stroški čiščenja, popravila (1/2 ure): 4,5 EUR b. Nova vrednost: 5-10 EUR
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sprejem (omara) 2. Diagnostika 3. Čiščenje 4. Restavriranje 5. Ponovna uporaba: <ol style="list-style-type: none"> a. Stroški obnove, materiala: 50 EUR b. Nova vrednost: 100 EUR
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sprejem (knjige) 2. Diagnostika 3. Čiščenje 4. Ponovna uporaba: <ol style="list-style-type: none"> a. Stroški čiščenja: 0,5 EUR/kos b. Nova vrednost: 1 EUR



Slika 4.: Mreža REUSE centrov v Sloveniji.

6. ZAKLJUČEK

S projektom želimo skozi socialno podjetniško idejo prenosa dobre prakse iz lokalnega na regionalni nivo logistike zbiranja, diagnostike, obdelovanja, ecodesigna in prodaje izdelkov za vnovično uporabo ustvariti zaposlitvene možnosti in zelena delovna mesta za ranljivo skupino ženske. S projektnimi aktivnostmi in merljivimi kazalniki učinkov (kvantitativnimi in kvalitativnimi) bomo projektni partnerji pomembno prispevali k večji socialni vključenosti in integraciji brezposelnih, ki zaradi svojih specifičnih potreb sodijo v najbolj ranljivo ciljno skupino prebivalcev. Projekt se umešča v četrto razvojno prioriteto – enakost možnosti in spodbujanje socialne vključenosti. V projektu bomo omogočili usposabljanje in zaposlitve 6 novim osebam iz ranljive skupine. Pri izvajanju projekta bo povezanih več ciljnih skupin, ki bodo nastopali v različnih vlogah. Poslanstvo socialnega podjetja je izvajanje ekonomsko vzdržne dejavnosti skozi zaposlovanje socialno izključenih skupin, kar nam bo uspelo s povezavo in sodelovanjem z izvajalci javnih služb presežek prihodkov nad odhodki pa vračati v delovanje sistema in ustvarjanje novih delovnih mest. Skladno z zahtevami zakonodaje lokalne skupnosti iščejo možnosti zmanjšanja količin odpadkov, povečanega recikliranja in uporabe odpadkov kot virov. Ker je že začela delovati nova uredba o okoljskih daja-

tvah, ki bo vezana na uspešnost ločenega zbiranja in zagotavljanje programov minimizacije odpadkov. Projekt bo tako prispeval k praktični implementaciji zakonodaje in omogočal zaposlitve predvsem ranljivim skupinam.

VIRI IN LITERATURA

- [1] Direktiva Evropskega sveta o odpadkih (2008); 19. nov. 2008.
- [2] European Comission Archives (online). Costwastemanagement. (Citirano 25.04.2010). Dostopno na naslovu. <http://europa.eu.int/comm/environment/waste/costwastemanagement.pdf>
- [3] Klinčar, J. (2007); Poslovni Načrt za vzpostavitev Centra ponovne uporabe. Slovenske Konjice 2007, str. 46.
- [4] Vovk, M., (online). Prvi Center ponovne uporabe v Sloveniji. (Citirano 20.04.2010). Dostopno na naslovu: <http://www.orz.si/>.
- [5] Vovk, M. (2003); Poročilo o vzpostavitivi Centra ponovne uporabe. Celje 2009, str. 23.
- [6] Vovk. M., (online). Prvi primer v Sloveniji Center ponovne uporabe (CPU) v Rogaški Slatini. (Citirano 21.04.2010). Dostopno na naslovu: <http://www.eko-tce.eu>.



ID 14

Celovito obvladovanje odpadkov v proizvodnem podjetju

Rok ROTAR¹

¹ *Gorenje Surovina d.o.o., Ulica Vita Kraigherja 5, SI-2000 MARIBOR*
rok.rotar@surovina.com

Povzetek

Eno od ključnih vodil poslovne uspešnosti proizvodnega podjetja je specializacija lastne dejavnosti. Proizvodno podjetje je specialist za svoj proizvodno-prodajni program, kjer sočasno nastajajo tudi odpadki. Družba Gorenje Surovina d.o.o. ima dolgoletne izkušnje na področju izvajanja koncepta »Celovito obvladovanje odpadkov« predvsem pri proizvajalcih, ki imajo zahteven, delovno intenziven proizvodni program, posebno s področja avtomobilske industrije. Gre za vrsto različnih sestavnih delov, ki tvorijo končni izdelek, hkrati pa v procesu proizvodnje nastajajo odpadki iz širokega spektra klasifikacij, določenih v zakonodaji (Uredba o ravnanju z odpadki).

Osnovna vodila obvladovanja odpadkov so preprečevanje nastajanja, ponovna uporaba, predelava in energetska izraba odpadkov. Odlaganje, ki je danes še običajno v slovenskem prostoru za področje mešanih komunalnih odpadkov, je v stroki s področja odpadkov zadnja možnost, zadnja prioriteta. Koncept obvladovanja odpadkov v proizvodnem podjetju sestavljajo koraki zbiranje odpadkov na delovnih mestih (kriterij za število zbirnih posod so prepoznane frakcije, ki jih je možno predelati, kot je npr. papir, jeklo...), prevoz odpadkov do notranjih in zunanjih zbirališč v podjetju, obdelava odpadkov pred odvozom (embaliranje, baliranje, stiskanje) in odvoz odpadkov k predelovalcu in končnemu predelovalcu. Nabor odpadnih materialov, ki zahtevajo ločeno zbiranje, je širok (nekaj deset vrst odpadkov), v osnovi pa odpadke delimo na nenevarne in nevarne odpadke. Nevarni odpadki zahtevajo posebno ravnanje, zbiranje, embaliranje in prevoz do končne predelave.

Ključna novost v slovenskem prostoru, ciljno na področju odpadkov iz gospodarskih družb, je predelava trdnih odpadkov v gorivo, ki jo izvaja Gorenje Surovina.

Ključne besede: odpadki, celovito obvladovanje odpadkov, energetska izraba odpadkov, trdno gorivo iz odpadkov.

1. UVOD

Osnovna vodila obvladovanja odpadkov so preprečevanje nastajanja, ponovna uporaba, predelava in energetska izraba odpadkov. Odlaganje, ki je danes še običajno v slovenskem prostoru za področje mešanih komunalnih odpadkov, je v stroki s področja odpadkov zadnja možnost, zadnja prioriteta. Koncept celovitega obvladovanja odpadkov (COO) v proizvodnem podjetju sestavljajo koraki zbiranje odpadkov na delovnih mestih (kriterij za število zbirnih posod so prepoznane frakcije, ki jih je možno predelati, kot je npr. papir, jeklo, itd.), prevoz odpadkov do notranjih in zunanjih zbirališč v podjetju, obdelava odpadkov pred odvozom (embaliranje, baliranje, stiskanje) in odvoz odpadkov k predelovalcu in končnemu predelovalcu. Nabor odpadnih materialov, ki zahtevajo ločeno zbiranje, je širok (nekaj deset vrst odpadkov), v osnovi pa odpadke delimo na inertne, nenevarne in nevarne odpadke. Nevarni odpadki zahtevajo posebno ravnanje, zbiranje, embaliranje in prevoz do končne predelave.

Pri ravnanju z mešanimi komunalnimi odpadki opažamo vidno razhajanje med ravnanjem v Sloveniji in ostalih članicah Evropske skupnosti severno in zahodno od nas. Podatki Ministrstva za okolje RS (Spletna stran MOP-kazalci okolja) kažejo naslednje:

- Komunalni odpadki: Količina komunalnih odpadkov v Sloveniji se je leta 2009 rahlo zmanjšala prvič po letu 2002. Leta 2009 je bilo zbranih 912.981 ton komunalnih odpadkov oziroma 449 kg odpadkov na prebivalca. Pri ravnanju s komunalnimi odpadki še vedno prevladuje odstranjevanje (71%), predvsem odlaganje (64 %).
- Ravnanje z odpadki: V obdobju 2002-2008 je količina nastalih odpadkov narasla za 55 %. Leta 2008 je bilo odstranjenih 42 %, predelanih pa 58 % odpadkov. Najbolj zaskrbljujoče je ravnanje s komunalnimi odpadki, saj se jih še vedno odloži več kot 70 %. Kljub temu, da se v zadnjih letih količina predelanih odpadkov zvišuje in jih odstranjujemo manjše količine, se pri ravnanju z odpadki še vedno kaže veliko zaostajanje za razvitejšimi članicami Evropske unije.

Ključna novost v slovenskem prostoru, ciljno na področju odpadkov iz gospodarskih družb, je predelava trdnih odpadkov v gorivo, ki jo izvaja Gorenje Surovina. S tem zagotavljamo trajnostni pristop k reševanju nastajanja in obdelave komunalnih odpadkov, ki namesto odlaganja v naravnem prostoru postanejo koristna surovina-sekundarni energent.

2. REZULTATI

Osnovna izhodišča za izajanje celovitega obvladovanja odpadkov so spoštovanje zahtev zakonodaje in spoštovanje zahtev partnerskega odnosa proizvajalec-izvajalec.

2.1 Zahteve zakonodaje

- Npr. proizvajalec avtomobilov mora imeti dovoljenje pristojnega ministrstva za svojo dejavnost
- Izvajalec celovitega obvladovanja odpadkov mora imeti okoljevarstvena dovoljenja, ki jih ministrstvo za okolje in prostor podeli na osnovi:
 - o tehničnih možnosti za ravnanje z odpadki (manipulacijski prostor, skladišče, tehnologija prevoza in obdelave odpadkov) in
 - o usposobljenih delavcev izvajalca.

Vprašanje za razmišljanje: kdo zagotavlja spoštovanje zahtev okoljske zakonodaje v državi? Kakšne so lahko posledice neodgovornega ravnanja z npr. odpadno vodo v gospodarski družbi?

2.2 Zahteve pogodbenih partnerjev

Celovito obvladovanje odpadkov pomeni zbiranje, odvoz, obdelavo in predelavo:

- nevarnih
- nenevarnih in
- komunalnih inertnih odpadkov.

Najučinkovitejši način zbiranja odpadkov z namenom končne obdelave je ločevanje frakcij odpadkov na viru.

Proizvajalec avtomobilov sistematsko postavlja zahteve za ravnanje z odpadki:

- tehnične postopke za odvoz odpadkov z delovnih mest do njihove predelave/odstranitve
- komercialne pogoje navedenih postopkov.

Izvajalec na drugi strani:

- izvaja navedene tehnične in komercialne zahteve proizvajalca
- načrtuje izboljšave obstoječih postopkov, s cilji:
 - o zmanjšati vpliv na okolje
 - o skrajšati manipulacijski čas in
 - o znižati stroške za ravnanje z odpadki.

Orodja kakovostnega dela v sodobnih industrijskih podjetjih so osnovana na standardnih proizvodnih postopkih, katerih filozofija je v veliki meri izšla iz

standardov avtomobilske industrije v sedemdesetih letih dvajsetega stoletja. Celoten proces izdelave avtomobila danes poleg proizvodnje vključuje tudi proces obvladovanja odpadkov, ki nastajajo na delovnih mestih v proizvodnji. Vodila pri partnerskem odnosu so prikazana v tabeli 1.

Tabela 1.: Sinergija interesa celovitega obvladovanja odpadkov.

Interes proizvajalca:	Interes pogodbenika:
<ul style="list-style-type: none"> • Zagotoviti <u>kakovosten</u> in ekonomičen avto kot končni izdelek za kupca 	<ul style="list-style-type: none"> • prevzemanje <u>čistih frakcij</u> odpadkov, ki bodo služile kot sekundarne surovine ali energenti

Interes obeh pogodbenikov je spremljanje okoljskih pokazateljev (odpadki na enoto vozila), kjer oba partnerja sodelujeta pri zmanjševanju obremenjevanja okolja.

Vprašanje za razmislek: proizvajalec predaja, izvajalec sprejema odpadke-
kdo postavlja zahteve oz. kaj v tem primeru pomeni partnerski odnos?

2.3 Načrtovanje sistema celovitega obvladovanja odpadkov

V proizvodnem procesu delavec izvaja proizvodno operacijo, kjer sočasno nastajajo odpadki. V trenutku, ko delavec odpadek odvrže v zbirno posodo, ta postane odgovornost izvajalca.

Načrtovanje sistema celovitega obvladovanja odpadkov zahteva analizo naslednjih korakov:

1. Ločenega zbiranja na mestih nastanka. *Problematika:* definiranost pogojev ločevanja odpadkov-osnovna delovna sredstva, usposobljenost in ozaveščenost izvajalcev.
2. Notranjega odvoza odpadkov z mest nastanka do notranjih in zunanjih zbirališč odpadkov. *Problematika:* dinamika proizvodnje, določitev frekvence odvoza, izvajanje odvoza odpadkov po določenem urniku, izredni odvozi.
3. Obdelave odpadkov: baliranje, stiskanje, embaliranje, itd. *Problematika:* razpoložljivi prostor za začasno skladiščenje pred in po stiskanju.
4. Zunanjega odvoza do zbiralcev in vmesnih ter končnih predelovalcev odpadkov. *Problematika:* frekvenca odvoza, sledenje zakonske in komercialne dokumentacije.
5. Finančna analiza obstoječih in potrebnih postopkov.

Tabela 2.: Koraki in finančna analiza postopkov.

KORAK	€
Zbiranje odpadkov na delovnih mestih	-
Notranji odvoz v podjetju	-
Obdelava odpadkov na zbirališčih v podjetju	-
Predaja na končno predelavo	+

Vsakemu koraku ravnanja z odpadki sledi ekonomika izvedenih postopkov. Tako lahko celotno storitev ocenimo s finančnimi učinki. Izboljšanje je mogoče tam, kjer ga znamo izmeriti.

Vprašanje za razmišljanje: kateri je pravi vrstni red prioritete za pojme:

- ekonomika
- porabljeni čas
- ohranjanje stanja okolja.

Odgovor nam da razmislek o pojmu trajnostni razvoj naše civilizacije in pogoji, potrebni za naš obstoj na Zemlji. Finančni vidik je pomemben, a ima težo tudi okoljski-pitna voda, življenjski prostor brez odpadkov in okoljski vidiki so s časom vse bolj strateškega pomena. Okoljska osveščenost kupcev se povečuje in postaja pomemben element odločitve o nakupu avtomobila.

2.4 Orodja optimizacije sistema – stalno izboljševanje

Kdo je pristojen za stalno izboljševanje celovitega obvladovanja odpadkov? Delo smo ljudje, ki ga opravljamo-torej vsi udeleženci.

Temelji optimizacije sistema so:

- planiranje postopkov zbiranja, odvoza in obdelave odpadkov
- nadzor postopkov-izvajanje presoj stanja in merjenje učinkovitosti
- izvajanje ukrepov za izboljšanje stanja v smislu kdo, kaj, kdaj
- usposabljanje in ozaveščanje izvajalcev in njihovih podizvajalcev v smislu odličnosti storitve (sestanki, plačna stimulacija osebnih rezultatov).

2.5 Tehnične zahteve

Tehnične zahteve navaja tabela 3.

Tabela 3.: Tehnologija celovitega obvladovanja odpadkov.

KORAK	TEHNOLOGIJA
zbiranje odpadkov na delovnih mestih	<ul style="list-style-type: none"> • posode
notranji transport - vedno preden je posoda polna	<ul style="list-style-type: none"> • vozila: <ul style="list-style-type: none"> o trak o viličar o vlačilec • prikolice
obdelava odpadkov - embaliranje, stiskanje	<ul style="list-style-type: none"> • stiskalnice <ul style="list-style-type: none"> o ploščne o polžne o za pločevino o balirke
zunanji odvoz	<ul style="list-style-type: none"> • železnica • cesta
predelava - pridobivanje sekundarnih surovin in/ali energije	<ul style="list-style-type: none"> • predelovalci odpadkov

Ostale tehnološke zahteve:

- posode za odpadke na delovnih mestih morajo biti:
 - o prilagojene vrsti odpadka
 - o hitro zamenljive in
 - o blizu transportnih poti.
- voznik uporablja transportna sredstva v proizvodnem procesu, ki so tehnološko-logistično odobrena-standard so transportna sredstva, ki se že uporabljajo za potrebe proizvodnje
- transport odpadkov zahteva jasno definirano transportno logistiko:
 - o poti in
 - o čase.
- obdelava odpadkov se vrši na centralnem prostoru-zbirnem centru:
 - o razlaganje transportnih enot
 - o embaliranje frakcij plastike
 - o stiskanje frakcij kartona in plastike.

Osnova tehnologije je, da ima proizvodni proces razpoložljivi prostor v vsaki delovni izmeni.

2.6 Komercialne zahteve

Vsako fazo iz tabele 3. izvajalec oceni v:

- finančni protivrednosti in

- možnih vplivih na okolje, ki so sicer tudi ovrednoteni v kazenskih sankcijah veljavnih predpisov.

Celoten sistem naj deluje preventivno, da do prekomernih vplivov na okolje niti ne pride.

Vprašanje za razmišljanje: zaščita naravnega okolja je trajnostni proces, ki sledi zakonitosti: malo vložka na začetku-več na koncu projekta. Kakšne posledice imajo čezmerni vplivi na okolje nam lahko prikaže primer odlaganja gudrona v Pesnici-sanacija takih odlagališč čez leta močno obremeni povzročitelje ali pa državo.

2.7 Zahteve ohranjanja naravnih virov

Ključne zahteve trajnostnega razvoja in delovanja so ohranjanje naravnega okolja:

- čista tla
- čista voda
- čist zrak
- hrup v okviru mejnih vrednosti

Velja za celoten sklop tehnoloških postopkov ravnanja z odpadki.

Vprašanje za razmišljanje: zaščita naravnega okolja je trajnostni proces, ki sledi zakonitosti: malo vložka na začetku-več na koncu projekta. Kakšne posledice imajo čezmerni vplivi na okolje nam lahko prikaže primer odlaganja gudrona v Pesnici-sanacija takih odlagališč čez leta močno obremeni povzročitelje ali pa državo.

2.8 Ukrepi

Ukrepe načrtujemo v smislu reševanja pri vzrokih nastalih neskladij med zahtevami in izvedbo. Na kratko ukrepe povzamemo na naslednji način:

- Jasno definirati tehnično-prevzemne pogoje odpadkov
- Jasno definirati odgovornost izvajalcev za ravnanje z odpadki, vključno z ustreznimi navodili za delo
- Jasno definirati urnike notranjih in zunanjih odvozov odpadkov.

2.9 Metodologija

Metodologija celovitega obvladovanja odpadkov temelji na naslednjih načelih:

- Analiza obstoječega stanja
- Koraki vzpostavljanja sistema obvladovanja odpadkov
- Stalno izboljševanje obstoječih postopkov.

2.10 Rezultati

Rezultate učinkovitega sistema lahko povzamemo na naslednji način:

- tehnični (proizvajalec osvobodi svoje vire za doseganje konkurenčnosti svojih proizvodov)
- komercialni (zaveza izvajalca k večanju učinkovitosti celovite storitve)
- sinergija proizvajalca in izvajalca storitve.

Izhodišča so:

1. Popolna zakonska ustreznost postopkov
2. Nemoten proizvodni proces proizvajalca, tudi v primeru lastnih nihanj
3. Sprotno prilagajanje dinamike odvoza odpadkov s strani izvajalca
4. Izvajanje stalnih izboljšav obstoječih postopkov, kot je npr. izločanje gorljivih frakcij iz mešanih komunalnih odpadkov, ki lahko tvorijo trdno gorivo iz odpadkov.

V osnovi so pozitivni učinki tako okoljski (manj odpadkov za odlaganje, itd.) kot ekonomski (cenovno trajnostno naravnano pogodbeni odnos z vnaprej definiranimi finančnimi učinki).

3. ZAKLJUČEK

Celovito obvladovanje odpadkov je nov uspešen koncept, ki učinkovito deluje v proizvodnih in storitvenih podjetjih pod pogoji, da:

- so jasno definirane odgovornosti kdo/kaj/kdaj
- postopki dela tečejo po diagramu načrtuj/izvedi/preveri/ukrepaj
- delo poteka v smislu stalnega izboljševanja postopkov dela
- ločevanje frakcij poteka že na mestu nastajanja odpadkov
- snovna in energetska izraba nadomesti odlaganje odpadkov
- Win-win princip vodi oba pogodbeni partnerja
- sta oba partnerja zavezana k nenehnemu izboljševanju postopkov zbiranja in ravnanja in si za vsako poslovno leto načrtata skupne letne cilje sodelovanja.

VIRI IN LITERATURA

- [1] Spletna stran MOP-kazalci okolja: http://kazalci.arso.gov.si/?data=group&group_id=18 (3.7.2011).
- [2] Gorenje Surovina d.o.o.: <http://surovina.si/>.
- [3] Nacionalni program varstva okolja, dostopno na naslovu <http://zakonodaja.gov.si>, Ur. l. RS, št. 83/1999 (3.7.2011).

- [4] Register predpisov RS, dostopno na naslovu <http://zakonodaja.gov.si>, NARAVA IN OKOLJE, Ohranjanje narave, Varstvo okolja (tla, voda, zrak, hrup) (3.7.2011).
- [5] Zakon o varstvu okolja, dostopno na naslovu <http://zakonodaja.gov.si>, Ur. l. RS, št. 41/2004 s popravki (3.7.2011).
- [6] Uredba o ravnanju z odpadki, dostopno na naslovu <http://zakonodaja.gov.si>, Ur. l. RS, št. 34/2008 (3.7.2011).
- [7] Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališčih, dostopno na naslovu <http://zakonodaja.gov.si>, Ur. l. RS, št. 32/2006, 98/2007, 62/2008 (3.7.2011).
- [8] Odredba o ravnanju z ločeno zbranimi frakcijami pri opravljanju javne službe ravnanja s komunalnimi odpadki, dostopno na naslovu <http://zakonodaja.gov.si>, Ur. l. RS, št. 21/2001 (3.7.2011).
- [9] Robert A. Corbitt (1998), Standard Handbook of Environmental Engineering, New York, ZDA, McGraw-Hill..
- [10] Baza Toxnet, dostopno na naslovu <http://toxnet.nlm.nih.gov>, baza HSDB (3.7. 2011).



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.irgo.si>

email: info@irgo.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.irgo.si>

email: info@irgo.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

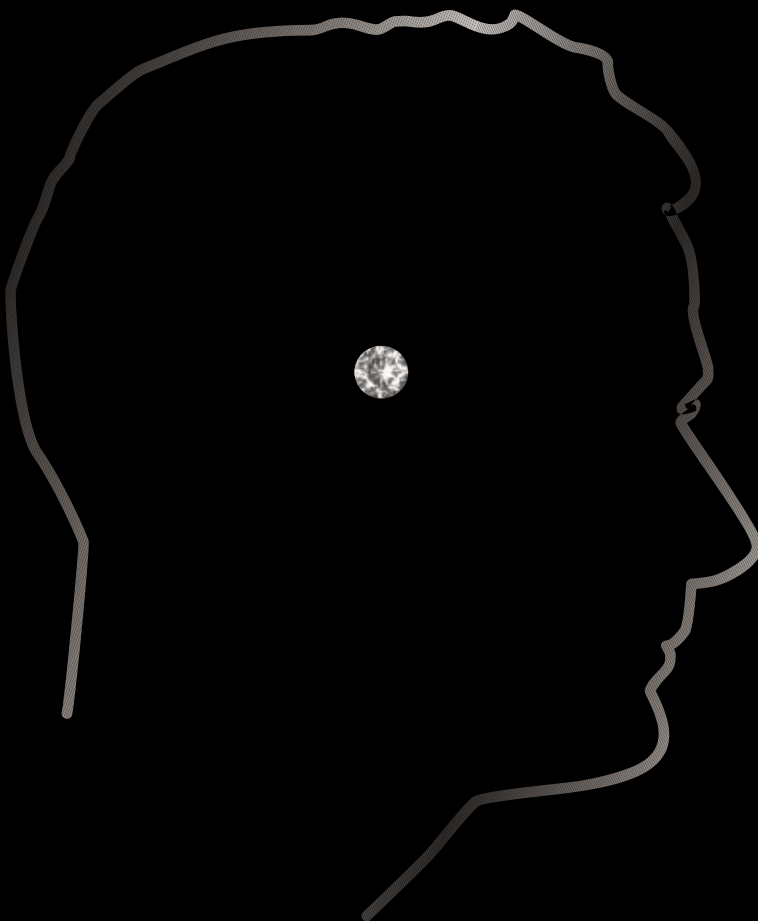
TEHNOLOGIJE ZA OKOLJE

- 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., Bizjanova 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
tehnološke opreme
Inženiring na področju
skladiščnih in transportnih sistemov
Inženiring na področju energetike
Inženiring na področju ekologije
Gradbeni inženiring



RIKO - EKOS

- Sistemi za zbiranje ločeno zbranih frakcij
- Sistemi za sortiranje mešanih komunalnih odpadkov
- Sistemi za sortiranje industrijskih odpadkov
- Mehanska obdelava odpadkov
- Sistemi za proizvodnjo alternativnih goriv
- Horizontalne stiskalnice - balirke
- Vertikalne stiskalnice
- Transportna tehnika (veržni, lamelni, gumi transporterji)
- Sortirne kabine
- Trgalci vreč, trgalci bal
- Bobnasta sita, vibracijska sita
- Separatorji kovin in nekovin



Riko-Ekos d.o.o.

Mali Log 2a, 1318 Loški potok | t: 01 / 836 70 56 | f: 01 / 836 70 40 | e: info@riko-ekos.si | www.riko-ekos.si

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 gospodarnjejši.



Z vami že 50 let – in tudi v prihodnosti

Kostak, komunalno stavbno podjetje, d. d.
Leskovaška 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



www.ekora.si



EKORA, Jurij Ravnik s.p., Janševa ulica 9, 4240 Radovljica,
tel: 04 530 55 90, fax: 04 530 55 92
e-mail: ekora@siol.net, www.ekora.si

NAPRAVE ZA ZMANJŠEVANJE PROSTORNINE NENEVARNIH ODPADKOV

- horizontalne balirke, vertikalne balirke- enoprekatne in večprekatne
- stiskalnice z zabojniki: mobilne in stacionarne, s polžem ali potisno ploščo
- pretovorne postaje
- stiskalnice za posebne namene
- briketirke za kovino, les in odpadno embalažo
- balirke in škarje za odpadne kovine
- rezalniki, drobilniki, mlini, granulatorji
- linije za reciklažo hladilnikov, bele tehnike in elektronskega odpada

EKORA

Z našeto opremo lahko uspešno rešujemo probleme velike prostornine odpadnih materialov, s katerimi se srečujemo: papir, karton, plastika, tekstil, kovine, les, komunalni odpadki ...

Naši partnerji so uveljavljeni proizvajalci, v glavnem iz Nemčije, ki jih zastopamo na področju bivše Jugoslavije. Poleg prodaje obsega ponudba tudi ustrezno tehnično podporo in servisno službo.



Zaupanje v kakovost!

UNIVERZA V LJUBLJANI
NARAVOSLOVNO-TEHNIŠKA 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

