

PRIMERJALNA ANALIZA IN PREDLOG OBDELAVE PREOSTALIH MEŠANIH KOMUNALNIH ODPADKOV NA PRIMERU LJUBLJANSKE REGIJE

THE COMPARATIVE ANALYSIS AND RESIDUAL MIXED MUNICIPAL WASTE TREATMENT PROPOSITION IN REGARD TO THE LJUBLJANA REGION CASE

mag. Marta Malus, univ. dipl. inž. grad.

SNAGA Javno podjetje, d. o. o., Povšetova 6, Ljubljana
marta.malus@snaga.si

Strokovni članek

UDK: 628.47

prof. dr. Viktor Grilc, univ. dipl. inž. kem.

Kemijski inštitut Ljubljana, Hajdrihova ulica 19, 1000 Ljubljana
viktor.grilc@ki.si

Povzetek | Zaradi zahtev zakonodaje po trajnostnem ravnanju z odpadki in vedno težjega in dražjega zagotavljanja površin za odlaganje odpadkov je v ljubljanski regiji predvidena MBO (mehansko-biološka obdelava) preostalih mešanih komunalnih odpadkov. Prikazani so poglobljeni možni postopki za obdelavo preostalih mešanih komunalnih odpadkov in analiza izbranih postopkov na osnovi načel trajnostnega ravnanja ter predlagan prednostni postopek, izbran na osnovi primerjalne analize. Izbrani postopki so analizirani in med sabo primerjani z okoljskega, ekonomskega in sociološkega vidika, v primerjavo pa je vključen tudi postopek, ki ga predlaga Snaga (Snaga Javno podjetje, d. o. o., Ljubljana), saj so bile v tem delu prikazane analize izdelane povsem ločeno od analiz Snage. Predlagani prednostni postopek je sestavljen iz izločanja sekundarnih surovin in mehanske separacije lahke, energetske bogate frakcije kot surovine za pripravo trdnega goriva, separacije težje frakcije, ki vsebuje koncentrirane organske biorazgradljive snovi in njene priprave za anaerobno fermentacijo, anaerobne fermentacije s proizvodnjo in energetske izrabo bioplina ter dehidracije pregnetega blata pred končno oskrbo.

Summary | Because of the legislation demands and increasingly difficult and expensive way to provide the landfill space, MBT (mechanical-biological treatment) of the residual mixed municipal waste is foreseen for the Ljubljana region. The analysis of possible treatments for residual mixed municipal waste and analysis of chosen treatments are presented. The chosen treatments are analysed from the principles of sustainable development. On the basis of comparative analysis, a proposition of preferential procedure is suggested. The chosen treatments are analysed and compared from the environmental point of view and also from economic and sociological point of view. The treatment process recently suggested by Snaga is also taken into consideration. The analyses, which are presented in this paper, were made completely separately from those made by Snaga. The proposition of preferential treatment consists of sorting-out the recyclables, mechanical separation of the lighter, caloric fraction to be used as a solid recovered fuel, whereas the residual heavy fraction (which contains the concentrated biodegradable components) is prepared and utilised in an anaerobic digestion with the production of biogas and the dehydration of the sludge before disposal.

1 • UVOD

PMKO (preostali mešani komunalni odpadki) sestavlja mešanica papirja, stekla, embalaže in biološko razgradljivih odpadkov, ki niso bili ločeno zbrani, in odpadki, ki ne sodijo med naštetih štiri frakcije, ki se zbirajo ločeno. Sestavljeni so iz PMGO (preostali mešani gospodinjski odpadki) in POSD (mešani komunalni odpadki iz proizvodnih, obrtnih in storitvenih dejavnosti).

V Ljubljani potekajo intenzivne priprave na posodobitev sedanjega sistema ravnanja z odpadki, ki temelji predvsem na odlaganju PMKO na odlagališče nenevarnih odpadkov Barje. Koncept ravnanja z odpadki Ljubljane

predvideva izgradnjo RCERO (Regijski center za ravnanje z odpadki) Ljubljana, lociranem na območju odlagališča nenevarnih odpadkov Barje v Ljubljani, v katerem je predvidena mehansko-biološka obdelava PMKO.

V idejni študiji iz leta 2005, ki jo je naročila Snaga, je bilo pregledanih in analiziranih več postopkov obdelave PMKO, prednostni postopki so bili obdelani v predinvesticijski zasnovi, najugodnejši postopek pa še v idejnem projektu in tudi investicijskem programu leta 2006.

V naši raziskavi, ki je potekala neodvisno od selekcije postopka v Snagi, smo najprej

opredelili naj sodobnejše postopke obdelave PMKO ter za nadaljnjo analizo izbrali postopka, ki nista bila analizirana niti obdelana v nobeni študiji ali dokumentaciji za obdelavo odpadkov ljubljanske regije. Izbrane postopke smo med sabo primerjali, v primerjavo in oceno pa smo vključili še postopek, ki je bil obdelan v idejnem projektu leta 2006, in različico tega postopka iz vloge za pomoč EU pri nadgradnji RCERO Ljubljana iz leta 2007, z upoštevanjem zadnjih sprememb vloge leta 2008 in 2009.

Po primerjalni analizi prednostnih postopkov obdelave odpadkov in značilnosti ljubljanske regije v nadaljevanju predlagamo s tehnokonomskega in ekološkega stališča najugodnejši postopek obdelave PMKO ljubljanske regije.

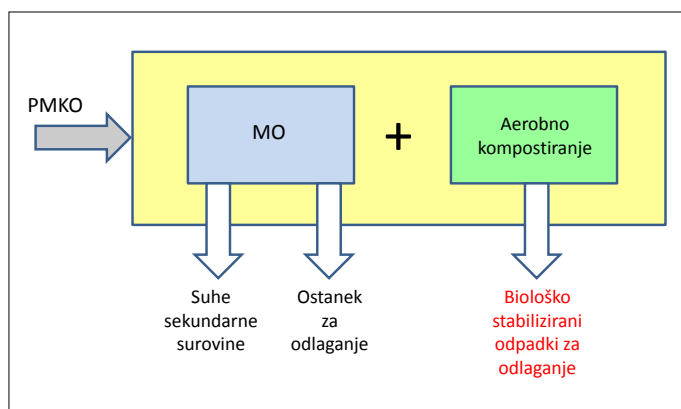
2 • MOŽNI POSTOPKI OBDELAVE PMKO

Pri obdelavi PMKO se vedno bolj uveljavlja MBO z različnimi postopki MO (mehanska obdelava) in BO (biološka obdelava). Za obdelavo odpadkov se lahko uporabi tudi MFO (mehansko-fizikalna obdelava). Kot fizikalno obdelavo štejemo sušenje odpadkov s toploto, dodano iz zunanjega vira, in se uporablja predvsem za proizvodnjo TG (trdno gorivo iz odpadkov) dobre kakovosti (JCS, 2005).

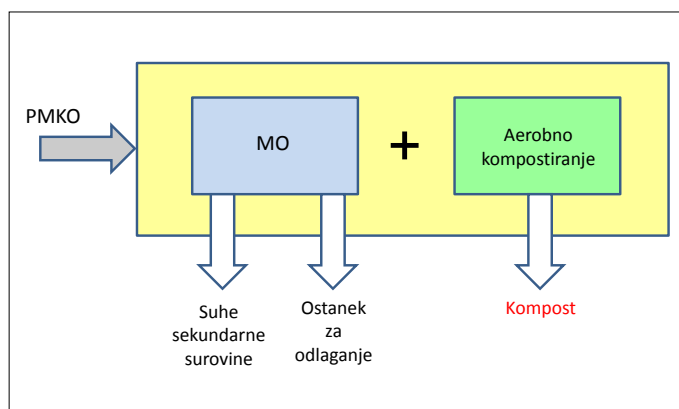
Cilji MO odpadkov so maksimalni zajem reciklabilnih komponent, priprava odpadkov za biološko obdelavo in rafinacija produktov. Izbira postopka BO je povezana z želenim produktom procesa MBO: proizvodnjo biostabiliziranih odpadkov za odlaganje na odlagališču, proizvodnjo komposta, proizvodnjo bioplina in proizvodnjo TG dobre kakovosti.

Po navadi želimo proizvajati več kot en proizvod, zato ima večina naprav za MBO kombinacijo več postopkov biološke obdelave (JCS, 2005). Glede na ugotovitve smo določili sedem potencialnih postopkov znotraj MBO, ki bi jih bilo (same ali v kombinaciji) možno uporabiti za obdelavo PMKO ljubljanske regije. Prikazani so na slikah od 1 do 7. V praksi se uporabljajo več naprave za MBO, pri katerih se kombinira več osnovnih bioloških postopkov, na primer AF (anaerobna fermentacija), z ali brez predhodnega precejanja, in kompostiranje v zaprtem prostoru ali biosušenje (JCS, 2005).

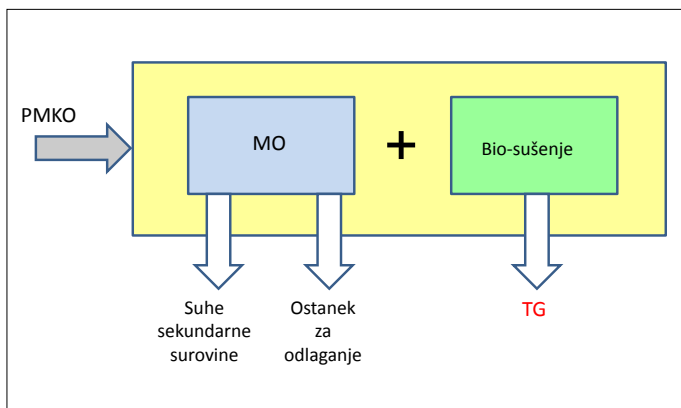
Sedem postopkov, ki smo jih določili kot potencialno možne postopke, smo ocenili glede na zmanjšanje vsebnosti biorazgradljivih snovi,



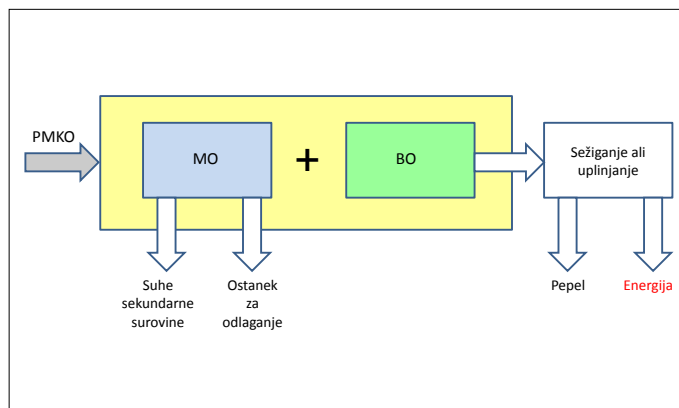
Slika 1 • Postopek s stabilizacijo odpadkov za odlaganje na odlagališču



Slika 2 • Postopek s proizvodnjo uporabnega komposta



Slika 3 • Postopek s proizvodnjo trdnega goriva z uporabo biosušenja

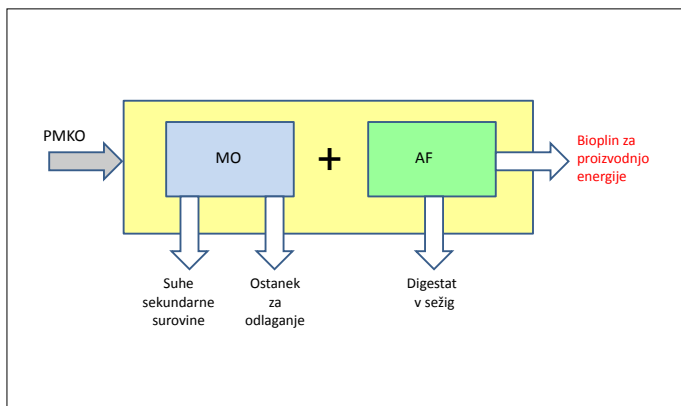


Slika 4 • Postopek s ciljem zmanjšanja količine PMKO za sežig

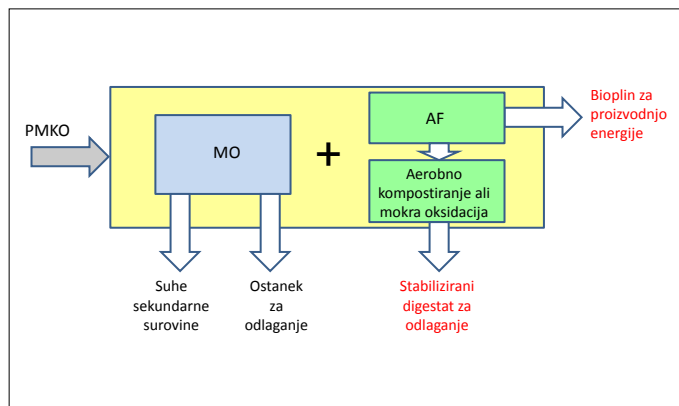
proizvodnjo goriva in vpliv na okolje in zdravje ljudi. Vseh sedem postopkov zmanjšuje vsebnost biorazgradljivih snovi v odpadkih, obseg zmanjšanja pa je odvisen od vrste postopkov in vhodnih snovi. Pri petih postopkih se

proizvaja gorivo. Vsi postopki in naprave za obdelavo odpadkov, tudi sedem postopkov, ki smo jih določili kot možne za obdelavo PMKO iz ljubljanske regije, imajo vpliv na okolje z emisijami v zrak, z emisijami v vodo in z odla-

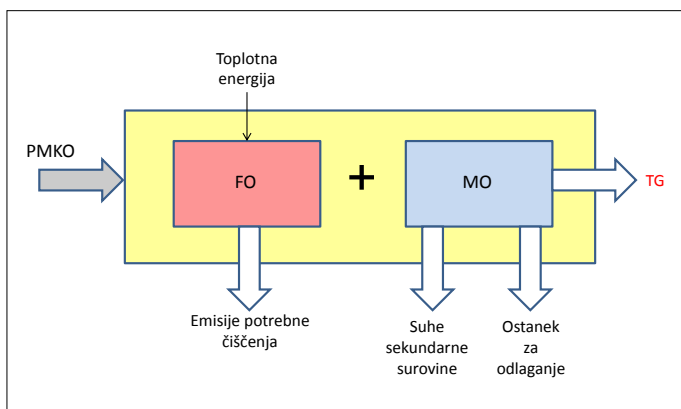
ganjem ostankov obdelave na odlagališče, imajo pa tudi potencialni vpliv na zdravje ljudi. Pri MBO moramo z ustreznimi ukrepi zagotoviti, da je vpliv na okolje in zdravje ljudi znotraj določenih zakonskih meja.



Slika 5 • Postopek s proizvodnjo bioplina in sežig dehidriranega digestata



Slika 6 • Postopek s proizvodnjo bioplina in stabiliziranega digestata za odlaganje



Slika 7 • Postopek s proizvodnjo trdnega goriva z MFO

3 • PREDNOSTNI POSTOPKI OBDELAVE PMKO

Izmed možnih postopkov obdelave PMKO smo za nadaljnjo analizo izbrali dva postopka, ki sta prikaza na slikah 5 in 6 ter ju podrobneje analizirali. Za izbrana postopka smo se odločili, ker se pri njiju proizvaja in zajema bioplina, ki ga uporabimo znotraj same naprave in je možnost za energijsko neodvisnost naprave od zunanjih virov energije. Prav tako sta v letih 2005 in 2006 začela v Nemčiji obratovati dva referenčna objekta s podobnima postopkoma MBO in rezultati obratovanja so ugodni ter znotraj zakonskih meja.

Za analizo smo določili postopka:

- MBO PMKO z uporabo mehanske obdelave, kjer se izloči groba (lahka) frakcija in predela v TG, precejanja (*percolation*) vode skozi srednjo in fino frakcijo odpadkov v precejalniku (*percolator*), mezofilne AF precejene vode s proizvodnjo in energetske izrabo bioplina, biosušenja precejanih in dehidriranih odpadkov v tunelih ter mehanskega ločevanja po biosušenju na lahko frakcijo za TG in na ostanke za sežig v namenski sežigalnici ter na mineralne ostanke za odlaganje, ki smo ga na kratko poimenovali MBO s precejanjem. Predvideno je čiščenje odpadne vode na ČN (čistilna naprava) in čiščenje 2/3 odpadnega zraka z biofiltri ter 1/3 z RTO (regenerativna toplotna oksidacija).

- MBO PMKO, kjer se z uporabo mehanske obdelave izloči groba in srednja lahka frakcija in pripravi za TG, mokre mezofilne AF težke biološke frakcije PMKO s proizvodnjo in energetske izrabo bioplina, stabilizacije tekočega digestata z aeracijo (*wet oxidation*) in dehidracije stabiliziranega digestata ter njegovo odlaganje na odlagališče, ki smo ga na kratko poimenovali MBO z aeracijo ter ločili še podvarianti s sušenjem TG in brez sušenja TG. Tudi tu je predvideno čiščenje odpadne vode na ČN in čiščenje 2/3 odpadnega zraka z biofiltri ter 1/3 z napravo RTO.

Za izbrana postopka smo za razpoložljivo količino odpadkov določili blok sheme, procesne sheme, potrebne površine za umešitev v prostor, masne bilance z določitvijo lastnosti produktov, energetske bilance in vplive na okolje in ljudi. Določili smo tudi investicijske in obratovalne stroške MBO. Izbrani postopki so analizirani in med sabo primerjani z okoljskega, ekonomskega in sociološkega vidika, v primerjavo pa je vključen tudi postopek, ki ga predlaga Snaga, saj so bile analize v naši raziskavi izdelane povsem ločeno od analiz Snage. Izbrana postopka sta izpolnjevala zahteve in mejne vrednosti posameznih parametrov po slovenskih predpisih, delno tudi nemških,

ki jim morajo zadoščati produkti po MBO in zahtevane mejne vrednosti emisij iz naprav za MBO.

Postopek MBO PMKO, obdelan v idejnem projektu Snage iz leta 2006, je sestavljen iz:

- Mehanske separacije lahke, energetske bogatejšje frakcije kot surovine za pripravo trdnega goriva, mehanskega čiščenja lahke frakcije, sušenja trdnega goriva in konfencioniranja po zahtevah odjemalca ter priprave za transport, separacije težje frakcije, ki vsebuje koncentrirane organske biorazgradljive snovi, in priprave za anaerobno fermentacijo, suhe termofilne anaerobne fermentacije težje frakcije s proizvodnjo in energetske izrabo bioplina, mokre separacije ostankov AF in dehidracije ter termičnega sušenja digestata iz AF in odvoza na sežig. Predvideno je čiščenje odpadne vode na ČN in čiščenje odpadnega zraka na A/D-T (adsorpcijsko/desorpcijski) napravi (Idejni projekt, 2006).

V letih 2008 in 2009 je Snaga obnovila vlogo za pomoč EU pri nadgradnji RCERO Ljubljana iz leta 2007 ter v njej nekoliko spremenila postopek MBO PMKO glede na idejni projekt.

- V mehansko obdelavo je dodana sortirnica za izločanje čim večjih količin sekundarnih surovin, opuščena je mokra separacija ostankov AF in sušenje digestata iz AF ter sušenje TG iz srednje težke frakcije (Upgrading, 2009).

Čiščenje zraka iz industrijskih objektov so še v razvojni fazi, prav tako zanje še ni na voljo podatkov o emisijah po termičnem sežigu, zato smo tudi za Snagina postopka MBO iz idejnega projekta in za MBO iz vloge za pomoč EU pripravili varianti čiščenja manj obremenjenega odpadnega zraka s prašnimi filtri, pralniki in z biofiltri oziroma ene tretjine bolj obremenjenega zraka z napravo RTO, in to upoštevali v primerjavi energetskih bilanc na sliki 10. Energetska bilanca pri MBO iz idejnega projekta in pri MBO iz vloge za pomoč EU se s tem bistveno poslabša. MBO iz vloge za pomoč EU je bila prej energetske neodvisna, sedaj pa je treba zagotavljati del električne energije (okoli 1,2 mio. kWh/leto) iz javnega omrežja.

Iz slike 11 so razvidni specifični investicijski stroški in specifični bruto in neto letni obratovalni stroški ter specifični letni prihodki za vseh pet postopkov MBO, dodali pa smo še MBO iz vloge za pomoč EU ob predpostavki

4 • REZULTATI

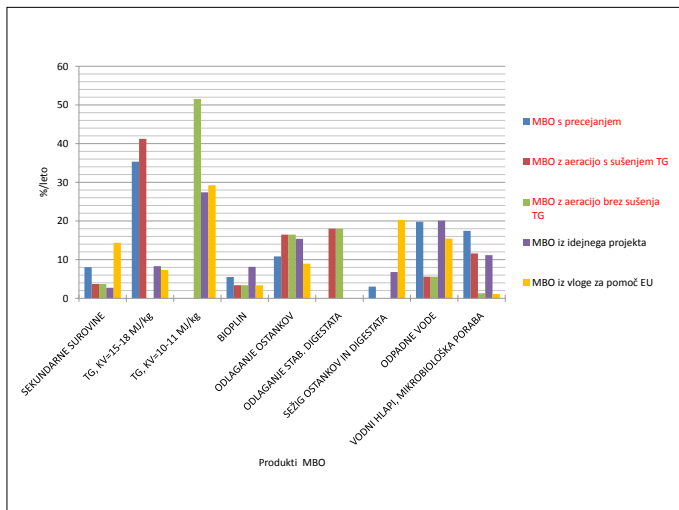
V nadaljevanju podajamo rezultate analiz in primerjav postopkov na slikah 8 do 11. Iz slike 8 je razvidna primerjava letne količine produktov pri posameznih postopkih.

Pri MBO iz vloge za pomoč EU dobimo največjo količino sekundarnih surovin, hkrati pa je potreben sežig večje količine dehidriranega digestata v namenski sežigalnici. Ugotovili smo, da je pri MBO iz idejnega projekta precejena količina proizvedenega bioplina, kar posledično pomeni tudi precejeno proizvodnjo električne in toplotne energije. Do enakega zaključka je prišla tudi Snaga, zato je pri MBO iz vloge za pomoč EU količina bioplina zmanjšala za dobro polovico.

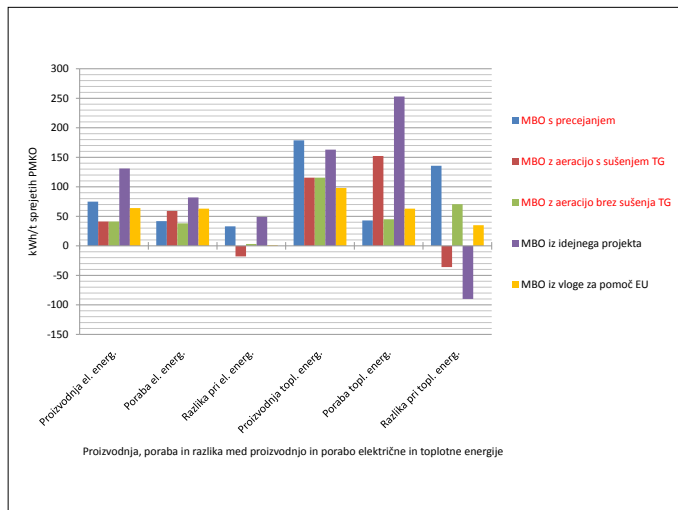
Iz slike 9 lahko ugotovimo, da je pri postopku MBO iz idejnega projekta zelo velika poraba toplotne energije, kar je prav gotovo posledica

porabljenega toplotne energije za sušenje digestata in za sušenje celotnega TG. Zaradi sušenja TG je velika poraba toplotne energije tudi pri postopku MBO z aeracijo s sušenjem TG. Po opustitvi sušenja digestata in opustitvi sušenja TG iz srednje težke frakcije, se poraba toplote pri MBO iz vloge za pomoč EU bistveno zmanjša. Najugodnejšo energetske bilanco izkazuje MBO s precejanjem.

Pri izbranih dveh postopkih smo upoštevali čiščenje dveh tretjin manj onesnaženega zraka s prašnimi filtri, pralniki in biofiltri ter ene tretjine zelo onesnaženega zraka (precejalniki, tuneli za biosušenje, zaprti bazeni za aeracijo) z napravo RTO. Pri MBO iz idejnega projekta in pri MBO iz vloge za pomoč EU je predvideno čiščenje odpadnega zraka na napravi A/D-T. Naprave A/D-T za



Slika 8 • Primerjava letne količine produktov

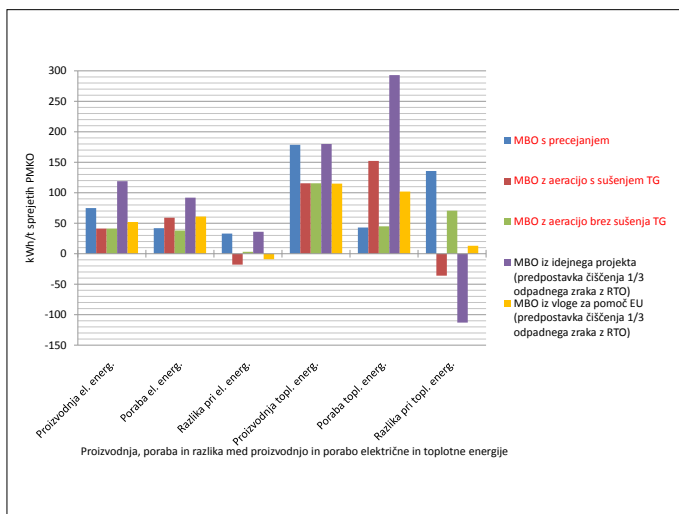


Slika 9 • Primerjava letne proizvodnje in porabe energije

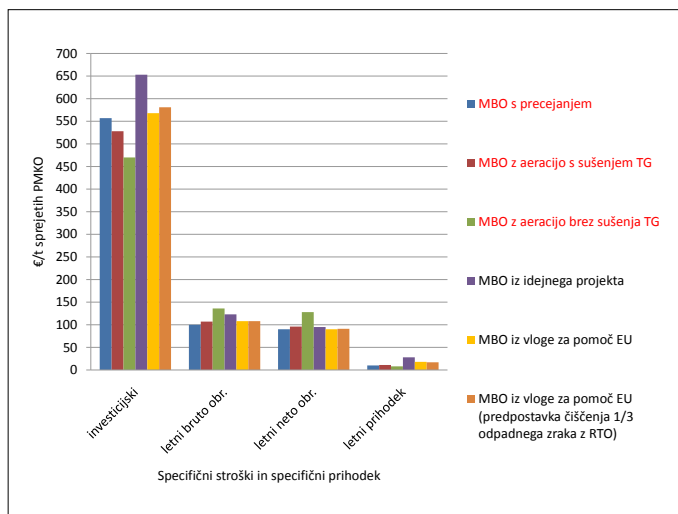
čiščenja ene tretjine zelo onesnaženega odpadnega zraka z napravo RTO. Ugotovili smo, da so letni neto obratovalni stroški najugodnejši pri MBO s precejanjem (90 €/t) in pri MBO iz vloge za pomoč EU (90 €/t). Pri investicijskih stroških je najugodnejši postopek MBO z aeracijo brez sušenja digestata

(470 €/t), ki mu sledijo MBO z aeracijo s sušenjem TG (528 €/t) in MBO s precejanjem (557 €/t) ter MBO iz vloge za pomoč EU (568 €/t). Letni prihodek pri MBO iz idejnega projekta izstopa in izhaja iz večje količine prodane električne energije, vendar pa smo že prej ugotovili, da je bila v idejnem projektu

precenjena količina proizvedenega bioplina in s tem tudi količina proizvedene električne energije. V obratovalnih stroških je upoštevan brezplačni prevzem TG s KV = 15–18 MJ/kg, strošek prevzema TG s KV = 10–11 MJ/kg 80 €/t TG in stroški prevoza na razdaljo okoli 100 km v obeh primerih 15 €/t TG.



Slika 10 • Primerjava letne proizvodnje in porabe energije (biofiltri in RTO)



Slika 11 • Primerjava specifičnih investicijskih in obratovalnih stroškov ter prihodkov

5 • SKLEP

Na osnovi analiz in primerjav so na sliki 12 prikazane ocene posameznih postopkov MBO z okoljskega, ekonomskega in sociološkega vidika.

Pri okoljskem vidiku imajo postopki MBO s precejanjem, MBO iz idejnega projekta in MBO iz vloge za pomoč EU prednost pred postopkom MBO z aeracijo predvsem zaradi

tega, ker se na odlagališče ne odlaga digestat, ki predstavlja potencialno nevarnost za nastanek toplogrednih plinov v primeru, da ni v zadostni meri stabiliziran, pa tudi količina odloženih mineralnih ostankov ni velika. Pri ekonomskem vidiku smo ugotovili, da je najcenejša izgradnja naprave za MBO z aeracijo brez sušenja TG, vendar so pri njej

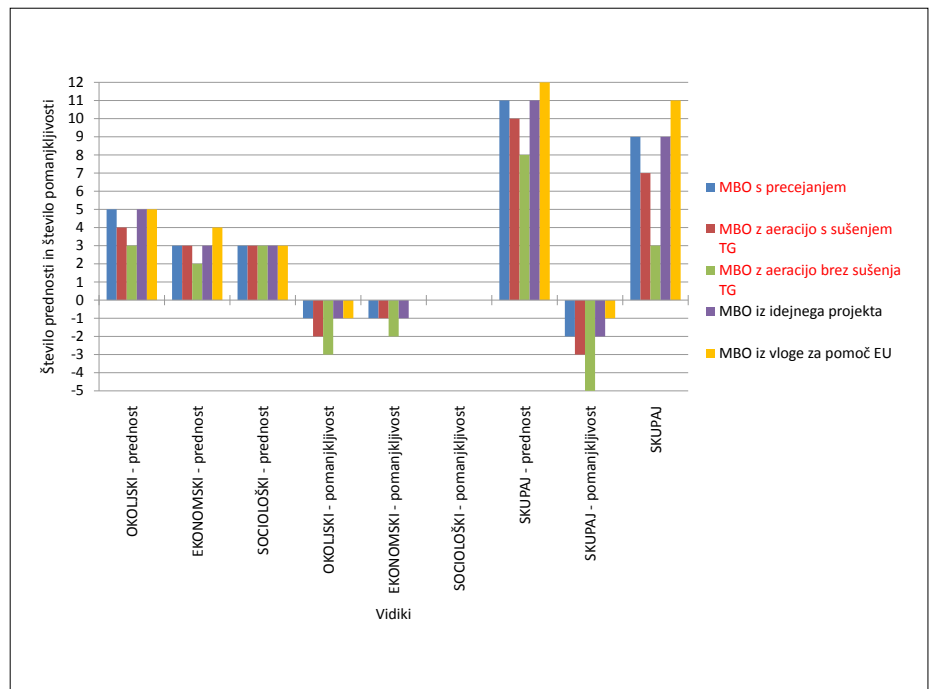
najvišji neto obratovalni stroški, predvsem zaradi dragega sežiga TG. Obratovalni stroški so najnižji pri MBO s precejanjem in pri MBO iz vloge za pomoč EU, sprejemljivi pa so tudi pri vseh drugih postopkih MBO, razen pri postopku MBO z aeracijo brez sušenja TG. Ocenjujemo, da so koristi izvedbe vseh treh naprav približno enakovredne in se kažejo v prihranku sredstev za naravne vire (fosilna goriva) in zmanjšanju emisije toplogrednih plinov z uporabo bioplina na plinskih agregatih. Z ekonomskega vidika je najugodnejši postopek MBO iz vloge za pomoč EU.

S sociološkega vidika so vsi postopki MBO enakovredni in jih lahko enakovredno ocenimo.

Iz slike 12 je razvidno, da je najugodnejši postopek MBO iz vloge za pomoč EU, sledita postopek MBO iz idejnega projekta in postopek MBO s precejanjem z enako oceno, na koncu pa sta postopka MBO z aeracijo s sušenjem in brez sušenja TG.

Na osnovi analiz, primerjav in ocen postopkov MBO predlagamo za prednostni postopek obdelave PMKO iz ljubljanske regije postopek, ki ga sestavljajo:

- mehanska separacija lahke frakcije za pripravo TG (brez sušenja TG, eventualno sušenje TG iz lahke frakcije),
- sortirnica sekundarnih surovin,
- odlaganje inertnih ostankov,
- separacija težje frakcije, priprava za AF, AF,
- dehidracija digestata in njegova končna oskrba (odvoz na sežig v sežigalnico),
- čiščenje odpadne vode na ČN in čiščenje odpadnega zraka s preizkušeno tehniko.



Slika 12 • Ocene MBO z okoljskega, ekonomskega in sociološkega vidika

6 • LITERATURA

Idejni projekt objektov anaerobne fermentacije biorazgradljive frakcije iz mešanih gospodinskih odpadkov, sušenje digestata in izkoriščanje bioplina v sklopu RCERO Ljubljana, Tehnološki načrt, Ljubljana, Hidroinženiring, d.o.o., Snaga Javno podjetje, d.o.o., 2006.

JCS, Juniper Consultancy Services LTD, Mechanical-Biological-Treatment, A Guide for decision Makers – Processes, Policies and Markets, Gloucestershire, http://www.juniper.co.uk/Publications/mbt_report.html, 2005.

Malus, M., Primerjalna analiza in predlog obdelave ostalih mešanih komunalnih odpadkov na primeru ljubljanske regije. Magistrska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo, Komunalna smer, 2009.

Upgrading of Regional Waste Management Centre Ljubljana, Application for Assistance, Ljubljana, SI consult, d.o.o., Mestna občina Ljubljana, February 2007, Upgrading February 2009.