

Toplarna Celje –objekt za izrabo energije trdnih komunalnih odpadkov

CELJE HEATING PLANT – FACILITY FOR MUNICIPAL SOLID WASTE ENERGY RECOVERY

Dr. Filip KOKALJ, univ. dipl. inž. str., Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
 Marija ZABUKOVNIK, univ. dipl. inž. el., Energetika Celje, javno podjetje d.o.o.

KLJUČNE BESEDE: SEŽIG, ENERGIJA IZ ODPADKOV, REGIJSKI CENTER ZA RAVNANJE Z ODPADKI

KEYWORDS: INCINERATION, WASTE – TO – ENERGY, REGIONAL WASTE MANAGEMENT CENTER

POVZETEK:

Razvita družba proizvaja veliko odpadkov. Uveljavljene navade in doseženi standard uvršča Slovenijo ob bok ostalim razvitim državam, saj statistično gledano vsak prebivalec Slovenije ustvari dober kilogram komunalnih odpadkov dnevno. Upošteva povprečno kurilno vrednost to pomeni ekvivalent približno četrtilne litra kurilnega olja dnevno oziroma skoraj sto litrov letno. Ta energetskega potencial se trenutno v Sloveniji večinoma ne izrablja.

Izkoriščanje tega energetskega vira na nacionalni ravni predstavlja velik okoljski izziv. Izraba energije iz odpadkov pomeni pomemben korak pri izkoriščanju lastnih energetskega virov in zmanjševanju odvisnosti od uvoza. Koristna uporaba celotne sproščene energije je vezana na sisteme daljinske energetike.

V prispevku je predstavljen sodobni integralni sistem ravnanja z odpadki v Savinjski regiji in način izkoriščanja energetske bogatega dela odpadkov po mehanski in biološki obdelavi. Toplarna Celje za gorivo uporablja visoko kalorične frakcije odpada in blato iz čistilne naprave za odpadne vode ter proizvaja električno energijo in vročo vodo. Slednja je na voljo prebivalcem Celja, ki uporabljajo toplotno energijo iz daljinskega sistema ogrevanja.

ABSTRACT:

Modern society produces a lot of waste. Habits and standard of living places Slovenia in the group of developed countries. Statistically, every

inhabitant produces over a kilogram of municipal waste per day. Taking into account the average heating value of waste this equals to around a quarter of liter of heating oil daily or almost hundred liters annually. This energy potential is presently mostly unutilized in Slovenia.

The utilization of this energy source represents great challenge at national level. Waste – to – energy presents an important step towards utilization of available energy sources and reduction of import dependence. The utilization of complete released energy is only possible through district heating systems.

This paper presents a modern integral waste management system in Celje region and utilization of energy rich waste fraction after mechanical and biological treatment. The Celje heating plant is fueled by the high calorific fraction of the waste and sewage sludge and produces electric energy and hot water. The latter is distributed to inhabitants of Celje over existing district heating system.

Uvod

Sodobna družba proizvaja vedno več odpadkov in del te družbe ter tovrstnega načina življenja smo tudi sami. Tovrstnega dejstva in podatkov se malokdo zaveda, saj se za povprečnega državljan »ravljanje« z odpadki konča, ko so ti odloženi v zabojnik.

Splošno uveljavljene življenjske navade in ekonomski standard nas uvršča med druge povprečno razvite države Evrope, kar ima za posledico tudi primerljivo ustvarjanje odpadkov, tako po količini kot sestavi.

Ravljanje z odpadki je v naši državi določeno z Zakonom o varstvu okolja [9]. Glavnina ravnanja je v pristojnosti občin, nekatere dejavnosti pa so v pristojnosti države. Regionalni pristop pri ravnanju z odpadki se je prvi ude-



janjil na področju Savinjske regije v Celju. Ta regija ima dobrih 200.000 prebivalcev in vsakoletno proizvede okrog 100.000 ton komunalnih odpadkov [6].

Potem ko odpadke že proizvedemo in jih ne moremo ponovno uporabiti, je potrebna njihova predelava skladno s hierarhijo ravnanja z odpadki. Ta predvideva najprej snovno izrabo, šele nato energijsko izrabo. Pri celjskem konceptu se tako v Toplarni Celje izkorišča samo frakcijo odpadkov, ki je ni mogoče snovno izrabiti, istočasno pa jo je zaradi dovolj visokega energijskega potenciala smiselno izkoristiti za proizvodnjo energije. Takšen energetski potencial se sicer drugje po Sloveniji odlaga na deponije ali odvažava v tujino. Odlaganje tovrstnega materiala pa je v nasprotju z evropskimi smernicami [1][2] in domačo zakonodajo [8][7].

Celovit koncept ravnanja z odpadki v Savinjski regiji

Toplarna Celje za gorivo uporablja frakcije odpada z visoko kurilno vrednostjo in proizvaja električno energijo in vročo vodo. Slednja je na voljo vse leto prebivalcem Celja, ki uporabljajo toplotno energijo iz daljinskega sistema ogrevanja.

Namen izgradnje Regionalnega centra za ravnanje z odpadki (R-CERO Celje) je bil zagotoviti pogoje, ki omogočajo sodobno tehnološko in okoljsko sprejemljivo ravnanje z odpadki za celotno regijo. Projekt R-CERO Celje je skupen projekt 24 občin Savinjske regije, ki so pristopile k skupnemu reševanju problematike odpadkov na celovit in zaokrožen način. V želji okoljsko sprejemljivega in ekonomsko učinkovitega ravnanja (ustrezne količine odpadkov) se je potrebne procese sistema ravnanja z odpadki medsebojno povežalo in uskladilo.

Sistem ravnanja z odpadki v R-CERO Celje je zastavljen v dveh fazah, skupno je načrtovan tako, da izpolnjuje zahteve zakonodaje na področju varovanja okolja in predvideva:

- zmanjševanje količin odpadkov na izvoru,
- ponovno uporabo,
- snovno izrabo odpadkov,
- energijsko izrabo odpadkov in
- deponiranje preostanka odpadkov.

Cilji energijske izrabe oziroma termične obdelave odpadkov so:

- zmanjšanje prostornine, mase in nevarnostnega potenciala odloženih odpadkov,
- izkoriščanje energetskega potenciala odpadkov za proizvodnjo toplotne in električne energije,
- proizvodnja energije iz obnovljivih virov,
- zmanjšanje energetske odvisnosti od uvoza,

- zmanjšanje količine toplogrednih plinov in
- varno odstranjevanje blata iz centralne čistilne naprave (BČN) Celje.

Splošni podatki o objektu Toplarna Celje

V tehnološki postopek termične obdelave odpadkov sme skladno z okoljevarstvenim dovoljenjem [5] letno vstopati 20.000 ton predhodno obdelanih komunalnih odpadkov v obliki tako imenovane lahke frakcije (gorivo iz odpadkov – RDF), s kurilno vrednostjo med 16 in 20 MJ/kg ter 5.000 ton blata iz centralne čistilne naprave komunalnih odpadnih voda z največ 30 % suhe snovi, katerega kurilna vrednost v dostavljenem stanju znaša pod 1 MJ/kg. Skupna kurilna vrednost mešanice v razmerju 4 : 1 znaša med 12 in 16 MJ/kg.

Lahko frakcijo tvorijo sestavine, navedene v preglednici 1, kjer so predstavljene še energijske lastnosti in okvirni deleži posamezne frakcije v celotni količini lahke frakcije, ki je predmet termične obdelave v Celju. Tovrstna mešanica odpadkov ima na izhodu iz mehansko biološke obdelave klasifikacijsko številko odpadkov 19 12 12 oziroma 19 12 10.

frakcija	ENERGIJSKE LASTNOSTI			SESTAVA	
	VLAGA	PEPEL	GORLJIVO	KURILNA VREDNOST	MASNI DELEŽ
		(%)		(MJ/KG)	(%)
tekstil	7,56	5,76	86,68	16,65	12–16
karton	6,85	11,88	81,27	17,49	10–15
mehki papir	23,99	12,43	63,58	10,1	30–40
plastična folija	0,51	13,24	86,25	40,14	10–15
trda folija	0,4	5,28	94,32	40,12	9–11
plastenke	0,42	0,15	99,43	21,51	4–6
les	12,52	2,31	85,17	16,32	2–4
stiropor	1,07	9,98	88,95	27,95	0,5–1,5

Preglednica 1: Sestava, lastnosti in okvirni masni deleži posameznih frakcij odpadkov v RDF v Celju

Naprava obratuje neprekinjeno 24 ur na dan in 7 dni v tednu, dovoljeno pa je do 8000 ur obratovanja na leto. Zaradi prilagajanja naprave toplotnim potrebam v času poletja in zime, dneva in noči, predvsem pa zaradi različne zbrane količine odpadkov na področju Savinjske regije, je naprava dimenzionirana na toplotno moč parnega kotla 15 MW.

Slika 1 prikazuje objekt Toplarnice Celje s severovzhodne strani. V ospredju slike so poslovni in tehnološki prostori, v sredini pod ločno kupolo je kurišče s parnim kotlom, na skrajnem levem delu pa je sprejem odpadkov z ločenima zalogovnikoma za RDF in BČN.

Proces termične obdelave odpadkov

Domača zakonodaja opredeljuje kurilno napravo Toplarna Celje kot sežigalnico, ki omogoča termično obdelavo nenevarnih odpadkov s proizvodnjo energije. Na kompleksu toplarne je postavljena naprava za termično obdelavo RDF in BČN ter plinska kotlovnica, kjer sta nameščena dva vročevodna kotla za zagotavljanje zadostnih količin vroče vode za omrežje daljinskega ogrevanja Celja. Pri termični obdelavi se proizvedeno paro uporablja za proizvodnjo električne energije in ogrevanje Celja s sistemom daljinskega omrežja. Postopek termične obdelave je naslednji:

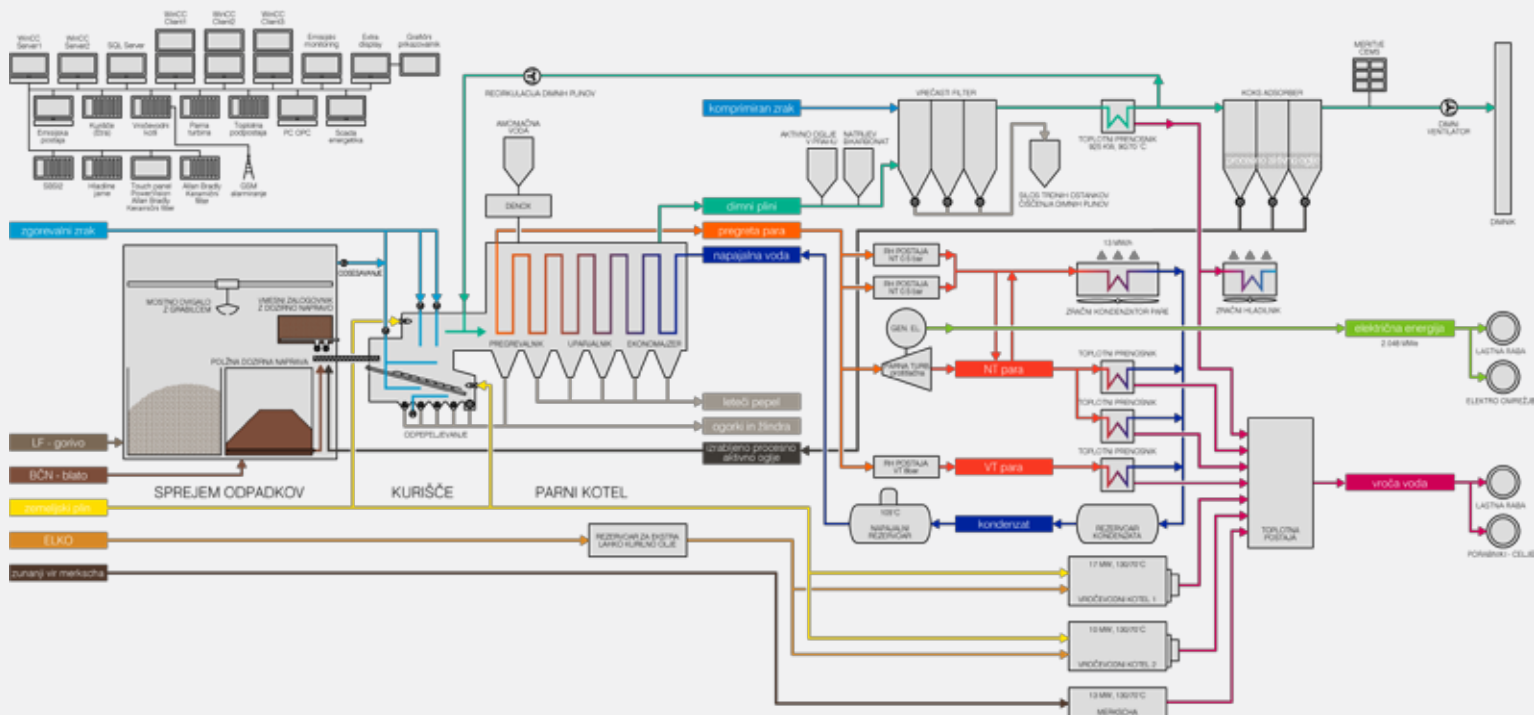
- sprejem in skladiščenje RDF in BČN,
- izvzemanje, transport RDF in BČN,
- mešanje BČN med RDF,
- doziranje mešanice trdnega goriva v kurišče,
- segrevanje, sušenje in uplinjanje trdnega goriva na rešetki,
- mešanje z zrakom in zgorevanje razvitih plinov v dogorevalni komori,
- ohlajevanje dimnih plinov v parnem kotlu in s tem izkoriščanje pri sežigu sproščene energije,
- večstopenjsko čiščenje dimnih plinov glede na vsebnost škodljivih snovi v dimnih plinih,
- proizvodnja električne energije v parni turbini s proizvedeno paro,
- kondenzacija pare in oddajanje toplote sistemu daljinskega ogrevanja Celja,
- kontinuiran emisijski monitoring polutantov v okolje.



Slika 1: Toplarna Celje (vir: Filip Kokalj)

Sistem celotnega procesa termične obdelave je shematsko predstavljen na Sliki 2.

Celoten proces obdelave odpadkov se začne z dovozom RDF in BČN na dvorišče toplarne. Izvrši se tehtanje, kontrola dokumentov, istovetnosti odpadkov in dokumentov ter presip v zalogovnika. RDF se izvzema iz zalogovnika z grabilcem mostnega žerjava, BČN pa z vijačnima črpalkama. Obe frakciji se mešata v dnevnem zalogovniku, od koder s polžnim transportom potujeta v kurišče, kamor se dovajajo primarni in sekundarni zrak ter recirkulacijski plini, ki skupaj zagotavljajo primerne fizikalno-kemijske pogoje za uplinjanje in zgorevanje ob minimalnih emisijah polutantov. Na koncu rešetke ostaja samo pepel, ki se iz kurišča transportira v kon-



Slika 2: Shema procesa termične obdelave odpadkov in izkoriščanja toplote v Toplarni Celje (avtor: Energetika Celje d.o.o.)

tejner za nenevarni odpad. Plini, ki zapuščajo kurišče, se pomešajo s terciarnim dovodom zraka, ki omogoča popolno zgorevanje in dvig temperature nad zakonsko potrebnih 850 °C, in potujejo skozi sekundarno komoro, ki je izvedena v prvem in drugem vleku parnega kotla. Dimni plini nato potujejo skozi štiri vleke parnega kotla, ki si sledijo v naslednjem vrstnem redu: pregrevalnik, uparjalnik in grelnik. Temperatura dimnih plinov pri tem pade iz več kot 850 °C na pod 200 °C, kar je izstopna temperatura plinov iz parnega kotla. Na vodni strani se iz napajalne vode, ki prihaja v kotel kot kapljevina s 100 °C, ustvari pri polni moči 20 ton pregrete pare na uro pri 350 °C in 30 bar.



Slika 3: Kurišče in kotel (vir: Filip Kokalj)

tične redukcije dušikovih oksidov pri temperaturah okrog 900 °C. Z vpihovanjem alkalnega aditiva – natrijevega bikarbonata se dosega nevtralizacijo kislih dimnih plinov, ki so posledica prisotnosti žvepovega dioksida, vodikovega klorida in vodikovega fluorida. Na osnovi reakcije nevtralizacije ostajajo soli, voda in ogljikov dioksid. Z vpihovanjem aktivnega oglja v prahu se doseže adsorbcijo težkih kovin in ogljikovodikov ter njihovo izločanje skupaj z vsemi trdnimi ostanki čiščenja na vrečastem filtru. Koks filter na koncu čiščenja opravlja vlogo končnega finega čiščenja in zniževanja škodljivih emisij še veliko pod dovoljene vrednosti, ki bi bile dosežene že brez njega.



Slika 4: Sistem čiščenja (vir: Filip Kokalj)

Pri objektu Toplarna Celje je bil v okoljskem smislu poleg zagotovitve popolnega zgorevanja odpadkov v zgorevalni komori največji poudarek namenjen čiščenju dimnih plinov. Izveden je večstopenjski sistem, ki v vseh režimih obratovanja zagotavlja izredno nizke emisije, ki so vseskozi veliko pod zakonsko dovoljenimi in pomenijo minimalni vpliv na okolje.

Čiščenje dimnih plinov sestoji iz:

- sistema recirkulacije dimnih plinov,
- vbrizgavanja amonijačne raztopine v sekundarno zgorevalno komoro,
- vpihovanja natrijevega bikarbonata in aktivnega oglja v prahu,
- vrečastega filtra in
- koks filtra.

Sistem recirkulacije dimnih plinov se uporablja za zniževanje temperature zgorevanja in ustvarja bolj enakomerne temperature v primarni zgorevalni komori, kar vpliva na nižjo tvorbo dušikovih oksidov. Razredčeno amonijačno vodo se vbrizgava v sekundarno komoro kot sredstvo za zniževanje koncentracij dušikovih oksidov po postopku selektivne nekatali-

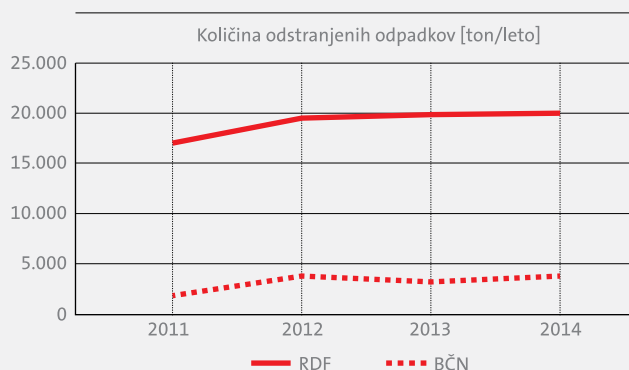
Emisije v dimniku in imisije 300 metrov od toplarne so kontinuirano spremljane z najsoodobnejšo opremo. Rezultati meritev emisije so vseskozi na voljo širši javnosti na spletni strani Energetike Celje [3].

Obratovalne izkušnje

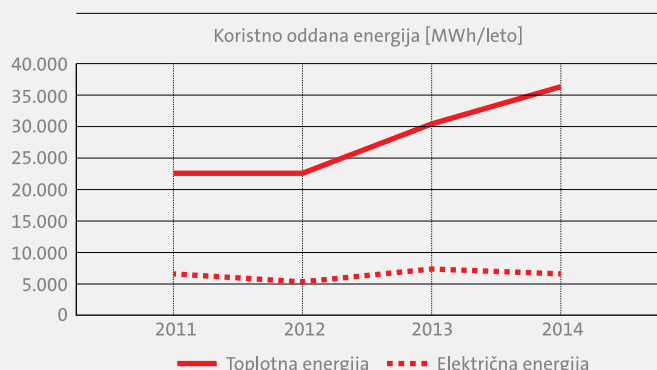
Naprava je začela obratovati v letu 2009. Prvo leto je obratovala dobrih 5.000 ur in termično obdelala skupno skoraj 14.000 ton lahke frakcije in blata s čistilne naprave. Pri tem je masno glede na vhodne količine nastalo manj kot 15 % pepela na rešetki, ki so ga odložili v okviru regijskega centra na odlagališču odpadkov, in 4,5 % ostankov po čiščenju dimnih plinov, ki pa so jih izvozili v tujino, ker v Sloveniji ni primerne odlagališča nevarnih odpadkov.

V naslednjih letih se je postopoma dosegla načrtovana kapaciteta obdelave odpadkov in obratovanje do 8.000 ur letno. Pri tem se je vsako leto v omrežje električne energije oddalo okrog 5.000 MWh električne energije in preko 20.000 MWh toplotne energije, ki se je koristno porabila v vročevodni daljinski mreži za ogrevanje mesta Celja, kjer se v zimskih mesecih koristno porabi vsa proizvedena toplota, v poletnih pa

ta objekt predstavlja edini vir za vzdrževanje toplote v celotnem daljinskem sistemu za namen priprave sanitarne tople vode. V zadnjih letih je ta koristna poraba še znatno narasla, saj je bila zgrajena povezava med vzhodnim in zahodnim vročevodnim omrežjem. [4]



Slika 5: Količina termično obdelanih odpadkov v zadnjih letih [4]



Slika 6: Količina proizvedene in koristno uporabljene energije pri termični obdelavi odpadkov [4]

Zaključek

Dosedanje izkušnje obratovanja objekta Toplarne Celje kažejo na tesno vključenost objekta v celotno shemo celovitega ravnanja z odpadki. Pokazalo se je, da je bil celoten sistem ravnanja z odpadki primerno celostno zasnovan in dimenzioniran, zato je izraba odpadkov mogoča znotraj zakonsko dovoljenih vplivov na okolje.

Za normalno obratovanje Toplarne Celje brez prekinitev mora delovati celoten sistem ravnanja s komunalnimi odpadki od zbiranja odpadkov pri občanih do predelave, sicer je prekinjena dobava predelanih odpadkov, ki se termično obdelujejo v objektu.

Za energijsko izrabo je primeren preostanek komunalnih odpadkov, ki ga ni mogoče snovno izrabiti (reciklirati) in ima visoko kurilno vrednost. Pri tem gre za uporabo delno obnovljivih virov energije, in sicer v obsegu okrog 50 % celotne sproščene energije odpadkov, ki se izrabljajo v objektu za termično obdelavo odpadkov.

Takšna izraba odpadkov pomeni zmanjševanje emisij toplogrednih plinov, racionalnejšo ravnanje z energenti in omejenim prostorom, ki ga imamo za odlaganje odpadkov.

S Toplarno Celje je Slovenija dobila prvi objekt za termično obdelavo odpadkov, ki s svojim odličnim obratovanjem in izkušnjami pomeni izredno pozitivno referenco pri načrtovanju in umeščanju tovrstnih objektov po državi.

Gradnja bodočih tovrstnih slovenskih objektov bo morala spoštovati zakonodajo in smernice. V tem smislu bo treba poiskati ustrezne umestitve teh objektov v prostor, da bo omogočena čim večja koristna izraba toplote.

Literatura:

1. Direktiva 2008/98/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 19. novembra 2008 o odpadkih in razveljavitvi nekaterih direktiv, Uradni list L 312, 22/11/2008 str. 0003–0030.
2. Direktiva Sveta 1999/31/ES z dne 26. aprila 1999 o odlaganju odpadkov na odlagališčih, Uradni list L 182, 16.7.1999, str. 1–19
3. Energetika Celje, Toplarne Celje, prikazovalnik emisij, <http://www.energetika-ce.si/r.content/29-Prikazovalnik-emisij.html>
4. Letna poročila o obratovanju Toplarne Celje, <http://www.energetika-ce.si/r.content/98-Letna-porocila-Toplarne.html>
5. Okoljevarstveno dovoljenje št. 35407-8/2005-19, 35402-65/2005-8 z dne 12.01.2006 in spremembe št. 35407-28/2011-20 z dne 30.10.2013 in 35407-28/2011-2 z dne 20.11.2013.
6. Regionalni center za ravnanje z odpadki, <http://rcero.si/?id=1>
7. Uredba o odlagališčih odpadkov, Ur. l. RS, št. 10/2014 in 54/2015
8. Uredba o odpadkih, Ur. l. RS, št. 37/2015 in 69/2015).
9. Zakon o varstvu okolja, Ur. l. RS, št. 39/2006, 49/2006 – ZMetD, 66/2006 – odl. US, 33/2007, 57/2008, 70/2008, 108/2009, 108/2009, 48/2012, 57/2012, 92/2013 in 56/2015