



Univerza v Mariboru

---

Fakulteta za strojništvo

LABORATORIJ ZA TERMODINAMIKO, ZGOREVANJE IN OKOLJSKO INŽENIRSTVO

SMETANOVA UL. 17, P.P. 224, 2000 MARIBOR, SLOVENIJA

TELEFON: (02) 220-7500 ♦ FAX: (02) 220-7990

**ŠTUDIJA:**

***IZRAČUN IN PRIMERJAVA EMISIJ SNOVI V ZRAK PO  
OBSTOJEČEM DOVOLJENJU IN PREDLOGU  
NADGRADNJE TOPLARNE CELJE***

Končno poročilo

Maribor, junij 2020

**Naslov projekta:** *Izračun in primerjava emisij snovi v zrak po obstoječem dovoljenju in predlogu nadgradnje Toplarne Celje*

**Oznaka izdelka:** Študija – končno poročilo

**Naslov izdelka:** *Izračun in primerjava emisij snovi v zrak po obstoječem dovoljenju in predlogu nadgradnje Toplarne Celje*

**Vodja projekta:** **Niko Samec**

**Sodelavci:** Filip Kokalj, Boštjan Rajh in Niko Samec

**Izvajalec:** *Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo,  
Laboratorij za termodinamiko, zgorevanje in okoljsko inženirstvo*

**Naročnik:** **Energetika Celje, javno podjetje, d.o.o.,  
Smrekarjeva ulica 1,  
3000 Celje**

*Ponudba številka: P-0411-8-251/2020-KEPOI/FK z dne 12.05.2020*

*Naročilnica številka: EC20-0266-0 z dne 19.05.2020*

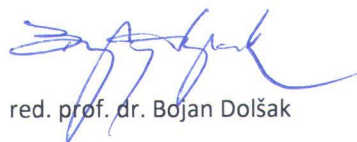
Vodja priprave študije:



red. prof. dr. Niko Samec



Dekan:



red. prof. dr. Bojan Dolšak

## Kazalo

1	Uvod .....	4
1.1	Projektna naloga .....	4
2	Uvod .....	5
3	Dosedanje lastnosti odpadkov in omejitev emisij snovi v zrak .....	6
4	BAT zaključki za sežiganje odpadkov [1] .....	11
5	Dokumentacija projektanta in izdelovalca naprave .....	14
5.1	Izvleček iz idejnega projekta Toplarne Celje [3] .....	14
5.1.1	Kurišče - zgorevalna komora .....	14
5.1.2	Parni kotel .....	16
5.1.3	Čiščenje dimnih plinov .....	18
6	Preračun dovoljenih letnih emisij snovi v zrak .....	21
6.1	Lastnosti odpadkov na vhodu v napravo .....	21
6.2	Zmesi RDF in blata pri letni kapaciteti 30.000 in 40.000 ton .....	23
6.2.1	Obratovanje pri 30.000 ton/a .....	23
6.2.2	Obratovanje pri 40.000 ton/a .....	26
6.3	Poraba zraka in količina ter sestava dimnih plinov .....	30
6.4	Letna emisija snovi v zrak .....	32
6.5	Emisije onesnaževal v zrak in trdne ostanek .....	34
6.6	Adiabatna temperatura, temperatura zgorevanja in čas zadrževanja .....	36
7	Sklep .....	38
8	Literatura .....	39

# 1 Uvod

Ta naloga obravnava dovoljene letne emisije snovi v zrak iz Toplarne Celje in pričakovane emisije po pridobitvi dovoljenja za povečano letno kapaciteto. Trenutno objekt obratuje z dovoljenjem za odstranjevanje odpadkov s klasifikacijsko številko 19 12 12 in 19 08 05 v skupni količini 30.000 ton na leto. Naprava za termično obdelavo odpadkov redno obratuje že več kot deset let brez preseganj mejnih emisijskih vrednosti.

Energetika Celje namerava za potrebe nadaljnjega obratovanja Toplarne Celje pridobiti novo okoljevarstveno dovoljenje, ki bo omogočilo napravi, da bo izkoristila vse svoje tehnološke danosti in skupno obdelala do 40.000 ton odpadkov na leto.

Pričujoča ponudba predstavlja izračune, ki bodo pokazali, da ima naprava kapaciteto, s katero je mogoče doseči to novo letno količino odpadkov, istočasno pa povečana skupna letna količina dimnih plinov ne bo predstavljala skupnega dovoljenega vpliva na okolje. To bo doseženo z znižanjem dovoljenih mejnih emisijskih vrednosti snovi v zrak skladno z novimi zahteva BAT zaključkov [1].

## 1.1 Projektna naloga

Pri povečanju kapacitete kurilne naprave se poveča količina dimnih plinov na enoto časa, kar lahko ob nespremenjenih koncentracijah škodljivih snovi, izraženih v enotah mase na enoto volumna, pomeni povečanje letno emitiranih količin škodljivih snovi. Zato je potrebno nižati mejne emisijske vrednosti na osnovi katerih se določa obremenitev ozračja, da se kljub povečani količini letno obdelanih odpadkov obremenitev okolja ne spremeni, kar predstavlja izhodišče za pridobitev novega OVD.

Za pridobitev OVD bo potrebno izdelati poročilo o vplivih na okolje za pričakovano povečanje letne količine odpadkov iz sedanjih 30.000 ton na 40.000 ton, za kar so potrebni ustrezni preračuni procesa zgorevanja in nekaterih procesnih parametrov kurilne naprave in sicer:

- Količine vlažnih in suhih dimnih plinov.
- Osnovna sestava dimnih plinov, količina CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O.
- Ocena vsebnosti kovin v dimnih plinih ob upoštevanju empiričnih faktorjev konverzije iz odpadkov in blata.
- Določitev priporočenih mejnih emisijskih vrednosti ob upoštevanju BAT zaključkov in ohranitve nespremenjene obremenitve ozračja na enoto časa.
- Adiatatna temperatura zgorevanja odpadkov in blata ter srednja adiatatna temperatura zgorevanja mešanice odpadkov in blata.
- Ocena časa zadrževanja plinov v zgorevalni komori ob predpostavki popolnega zgorevanja.

Na osnovi izračunanih parametrov in analiz bo mogoče relativno dobro oceniti vpliv povečanja kapacitete kurilne naprave na okolje, pri čemer se lahko pokaže, da bo Toplarna Celje kljub povečani količini letno obdelanih odpadkov ohranila nivo dovoljenih neposrednih obremenitev okolja z emisijami snovi v zrak in celo zmanjšala okoljsko obremenitev na enoto proizvedene energije.

## 2 Uvod

V obdobju poskusnega obratovanja, ko so se iskale meje zmogljivosti nove kurilne naprave v okviru dokončevanja Toplarne Celje, je bilo ugotovljeno, da omogoča tehnologija sežiga urne kapacitete, ki bi ob konstantnem letnem obratovanju 8.000 ur zagotovile kapaciteto naprave do 40.000 ton letno. V takratnem obdobju ni bilo potrebe po takšni kapaciteti, zato se je investitor odločil pridobiti okoljevarstveno dovoljenje (OVD) za letno kapaciteto naprave 25.000 ton. Zaradi vse večjih potreb po energetski predelavi odpadkov pa upravljalec želi dvigniti letno kapaciteto naprave na 40.000 ton, za kar mora pridobiti nov OVD. Osnovno izhodišče upravljalca Toplarne Celje pri pridobivanju novega OVD je, da se kljub povečanju letne kapacitete kurilne naprave ne sme povečati letna obremenitev okolja izražena v količinah onesnažil na leto, kar posledično pomeni nižje mejne emisijske vrednostih emisij škodljivih snovi v zrak.

### 3 Dosedanje lastnosti odpadkov in omejitev emisij snovi v zrak

Naprava ima veljavno okoljevarstveno dovoljenje, ki natančno določa režim obratovanja in maksimalne dovoljene emisije snovi v okolje. [5] Tabela 1 podaja mejne emisije snovi v zrak, ki bodo za to študijo osnova določitve maksimalnih obremenitev, ki so dovoljene in ki jih lahko ima naprava na zrak z emisijo snovi. Večina vrednosti v tabeli je določenih z Uredbo o sežigalnicah odpadkov in napravah za sosežig odpadkov [7] in Direktivo o industrijskih emisijah [2]. V nadaljevanju tega dokumenta bomo mejne dnevne povprečne vrednosti poimenovali mejne emisijske vrednosti (MEV).

Tabela 1: Meje emisijske vrednosti emisij snovi v zrak za Toplarno Celje skladno z OVD [5]

Parameter	Mejne koncentracije <sup>a)</sup>		
	polurna povp. vrednost A(100%)	polurna povp. vrednost B(97%)	dnevna povp. vrednost
Celotni prah	30 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>
Ogljikov monoksid (CO)	100 mg/m <sup>3</sup>	150 mg/m <sup>3b)</sup>	50 mg/m <sup>3</sup>
Skupni organski ogljik (TOC)	20 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>
Plinaste anorganske spojine klora (kloridi izraženi kot HCl)	60 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>
Fluor in njegove spojine (HF)	4 mg/m <sup>3</sup>	/	/
Dušikovi oksidi, izraženi kot NO <sub>x</sub>	400 mg/m <sup>3</sup>	200 mg/m <sup>3</sup>	200 mg/m <sup>3</sup>
Žveplov dioksid (SO <sub>2</sub> )	200 mg/m <sup>3</sup>	50 mg/m <sup>3</sup>	50 mg/m <sup>3</sup>
Kadmij in spojine kadmija (Cd) in Talij in njegove spojine (Tl) skupaj	0,05 mg/m <sup>3</sup>	/	/
Živo srebro in njegove spojine (Hg)	0,05 mg/m <sup>3</sup>	/	/
Antimon in njegove spojine, (Sb), Arzen in njegove spojine, (As), Svinec in njegove spojine, (Pb), Krom in njegove spojine, (Cr), Kobalt in njegove spojine, (Co), Baker in njegove spojine, (Cu), Mangan in njegove spojine, (Mn), Nikelj in njegove spojine, (Ni), Vanadij in njegove spojine, (V) in Kositer in njegove spojine, (Sb), skupaj	0,5 mg/m <sup>3</sup>	/	/
Dioksini in furani (PCDD+PCDF) v	0,1 (ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup> )	/	/
Amoniak (NH <sub>3</sub> )	10 mg/m <sup>3</sup>	/	/
Benzo(a)piren	0,05 mg/m <sup>3</sup>	/	/

Opombe:

/ ni določenih vrednosti

<sup>a)</sup>računska vsebnost kisika je 11 vol%

<sup>b)</sup> mejna vrednost za CO v stolpcu »polurna povp. Vrednost B (97%)« velja za 95% vseh izmerjenih 10-minutnih povprečnih vrednosti

Tabela 2 pa podaja lastnosti lahke frakcije odpadkov (RDF) – EWC oziroma LoW [4] oznaka 19 12 12, ki so bili obdelani v vseh preteklih letih rednega obratovanja naprave v Toplarni Celje. Kurilna vrednost odpadkov se je precej spreminjala, saj se je poleg nadgradnje naprave za mehansko biološko obdelavo v RCERO Celje, spremenil odnos prebivalcev do komunalnih odpadkov – sedaj veliko več ločeno zbiramo komunalne odpadke kot pred 10 leti.

Tabela 2: Lastnosti lahke frakcije odpadkov – RDF s klasifikacijsko številko odpadka 19 12 12

Poročilo o odpadku z dne:		1.06.2010	30.12.2011	28.01.2013	16.04.2014	16.04.2015	16.04.2016	27.03.2017	27.03.2018	27.03.2019	27.03.2020
PARAMETRI	TRDI MATRIKS ENOTA	IZMERJENA VREDNOST	IZMERJENA VREDNOST	IZMERJENA VREDNOST	IZMERJENA VREDNOST	IZMERJENA VREDNOST	IZMERJENA VREDNOST	IZMERJENA VREDNOST	IZMERJENA VREDNOST	IZMERJENA VREDNOST	IZMERJENA VREDNOST
Sušilni ostanek (suha snov)	% mase	91	97,1	93	93,7	96,6	96,4	96,4	72	72	50,7
Vlažnost	%	9	2,9	7	6,3	3,4	3,6	3,6	28	28	49,3
Žarilna izguba	% suhe snovi	84	92,4	85	51,3	84,2	89,5	89,5	/	/	/
Celotni klor (Cl)	% mase	0,762	0,21	0,47	0,14	0,7	0,5	0,5	0,32	0,32	0,36
Kurilna vrednost (kurilnost)	MJ/kg	13,899	22,4	18,78	23,029	23,4	14,6	14,6	15,482	15,482	7,61
Sežigna vrednost	MJ/kg suhe snovi	17,525	24,5	21,76	25,302	25,2	18,4	18,4	21,503	21,503	15
Žveplo (S)	% suhe snovi	0,4	0,24	0,32	0,15	0,3	0,3	0,3	0,13	0,13	0,087
Antimon (Sb)	mg/kg suhe snovi	2,3	1	6	15	200	16	16	65	65	2,1
Arzen (As)	mg/kg suhe snovi	0,4	< 1	< 5	< 1	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	< 1,0
Barij (Ba)	mg/kg suhe snovi	/	30	80	120	/	/	/	270	270	120
Baker (Cu)	mg/kg suhe snovi	33	15	45	32	690	280	280	160	160	40
Berilij (Be)	mg/kg suhe snovi	/	< 1	< 1	< 1	/	/	/	0,5	0,5	< 0,23
Bor (B)	mg/kg suhe snovi	/	20	25	135	/	/	/	92	92	<120
Cink (Zn)	mg/kg suhe snovi	/	57	130	185	/	/	/	380	380	180
Kadmij (Cd)	mg/kg suhe snovi	34	0,2	1,2	0,8	0,68	3,6	3,6	0,55	0,55	< 0,3
Celotni krom (Cr)	mg/kg suhe snovi	25	10	220	100	56	96	96	35	35	15
Kobalt (Co)	mg/kg suhe snovi	3,5	< 1	6	4	7	9,4	9,4	5,8	5,8	1,8
Kositer (Sn)	mg/kg suhe snovi	/	< 10	10	4	/	/	/	20	20	3
Mangan (Mn)	mg/kg suhe snovi	112	40	165	150	240	240	240	410	410	110
Nikelj (Ni)	mg/kg suhe snovi	19	< 1	13	10	22	24	24	14	14	6,9
Selen (Se)	mg/kg suhe snovi	/	< 1	1	< 1	/	/	/	0,5	0,5	< 0,20
Svinec (Pb)	mg/kg suhe snovi	68	8	24	17	64	50	50	52	52	10
Talij (Tl)	mg/kg suhe snovi	< 1	< 1	< 1	< 1	< 2	< 2	< 2	0,5	0,5	< 0,16
Telur (Te)	mg/kg suhe snovi										0,2
Titan (Ti)	mg/kg suhe snovi										490

Vanadij (V)	mg/kg suhe snovi	5	2	< 5	< 1	9,8	6,8	6,8	5,6	5,6	< 3,9
Živo srebro (Hg)	mg/kg suhe snovi	0	0	< 0,5	< 0,5	0,19	0,38	0,38	0,10	0,10	< 0,15
Molibden (Mo)	mg/kg suhe snovi										2,4
Železo (Fe)	mg/kg suhe snovi										950
Amonij	mg/kg suhe snovi										1.530
Poliklorirani bifenili (PCB) - vsota	mg/kg suhe snovi	/	< 0,2	< 0,2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,0
PAO	mg/kg suhe snovi					< 1	1,9	1,9	10,0	10,0	1,4
PCDD/PCDF	ng I-TEQ/kg suhe snovi					8,55	3,60	3,60	/	/	/
AOX	mg/kg suhe snovi					1.800	1.100	1.100	930	930	200
Mineralna olja	mg/kg suhe snovi					2.330	1.200	1.200	/	/	/
BTX	mg/kg suhe snovi					2,1	0,55	0,55	3,90	3,90	14,70
Fenoli	mg/kg suhe snovi					2,6	< 2,5	< 2,5	10,0	10,0	3,7
Nevarne lastnosti - Uredba Komisije (EU) št. 1357/2014 [6]		NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE

OPOMBA: Uporabljena uredba za izdelavo ocene odpadka za sežig ne določa mejnih vrednosti in nabora parametrov

Tabela 3: Lastnosti blata iz komunalne čistilne naprave Celje s klasifikacijsko številko odpadka 19 08 05

Poročilo o odpadku z dne:		19.05.2011	12.07.2012	11.07.2013	4.08.2014	4.08.2015	5.08.2016	11.08.2017	10.08.2018	10.08.2019
PARAMETRI	TRDI MATRIKS ENOTA	IZMERJENA VREDNOST	IZMERJENA VREDNOST	IZMERJENA VREDNOST	IZMERJENA VREDNOST	IZMERJENA VREDNOST	IZMERJENA VREDNOST	IZMERJENA VREDNOST	IZMERJENA VREDNOST	IZMERJENA VREDNOST
Kurilna vrednost (kurilnost)	MJ/kg	/	0,486	1,492	1,8	3,41	3,81	3,66	3,73	
Sežigna vrednost	MJ/kg suhe snovi	13,384	14,252	15,6	14,01	13,98	13,27	13,34	12,9	
Sušilni ostanek (suha snov)	%	22,4	21,7	26	27,3	28,75	28,7	27,4	28,9	24,4
Žarilna izguba	% suhe snovi	70	74,5	64	61,9	/	64,5	67,1	63,5	70,8
Celotni vezani dušik (N)	mg/kg suhe snovi	/	49.000	51.600	10.607	/	51.189	53.900	54.000	1.100
Celotni fosfor (P)	mg/kg suhe snovi	/	50.800	16.000	13.532	6.980	14.199	15.300	11.600	16.400
Talij (Tl)	mg/kg suhe snovi	< 1	< 1	< 1	< 2	< 2	< 2	0,5	0,36	0,28
Vanadij (V)	mg/kg suhe snovi	7	11	17	26	27	25	21	26	< 3,9
Antimon (Sb)	mg/kg suhe snovi	1,2	2	2	2,4	4,6	3,1	3,0	2,7	10,0



Arzen (As)	mg/kg suhe snovi	6,1	7	5	8	7,2	7,3	7,9	7,4	7,2
Baker (Cu)	mg/kg suhe snovi	216	250	190	230	330	260	190	120	260
Cink (Zn)	mg/kg suhe snovi	1.580	1.930	2.300	2.100	4.200	1.800	2.000	1.800	2.300
Kadmij (Cd)	mg/kg suhe snovi	1	1,9	3,7	3,4	3,0	2,7	2,3	2,8	2,9
Kobalt (Co)	mg/kg suhe snovi	25	7	6	8,2	9,1	16	23	18	23
Celotni krom (Cr)	mg/kg suhe snovi	34	64	60	72	240	120	100	92	130
Krom - šestvalentni	mg/kg suhe snovi	/	< 5	< 5	< 4	4,2	< 4	< 4,0	< 4,0	< 4,0
Mangan (Mn)	mg/kg suhe snovi	440	/	/	1.200	1.300	1.300	840	650	480
Nikelj (Ni)	mg/kg suhe snovi	11	33	17	22	95	43	28	23	24
Svinec (Pb)	mg/kg suhe snovi	66	62	49	79	100	77	91	74	68
Živo srebro (Hg)	mg/kg suhe snovi	0,06	0,6	0,7	0,95	1,0	1,4	1,1	0,79	1,50
Celotni organski ogljik - TOC	% mase suhe snovi	/	50,7	37	31,8	37,9	34,3	30,3	34	37,2
Raztopljeni organski ogljik - DOC (v izlužku)	mg/kg suhe snovi	/	6.600	26.600	19.200	16.400	6.290	4.070	18.100	21.100
Poliklorirani bifenili (PCB) - vsota	mg/kg suhe snovi	/	< 0,2	< 0,2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,054	0,030
PAH	mg/kg suhe snovi	/	0,36	0,45	< 1	< 1	< 1	< 0,43	/	/
Klor (Cl)	% suhe snovi	0,01	0,06	0,06	0,067	0,065	0,046	0,076	0,052	0,06
Žveplo (S)	% suhe snovi	0,14	0,85	1	0,17	0,85	0,72	0,65	0,51	0,74
PAO	mg/kg suhe snovi								0,28	0,69
AOX	mg/kg suhe snovi								420	466
Indeks mineralnih olj	mg/kg suhe snovi								1240	1550
BTX	mg/kg suhe snovi								0,7	41
Fenolne snovi - skupne	mg/kg suhe snovi								3,5	14,5
LKCH	mg/kg suhe snovi								< 6,5	< 1,6
Sulfid lahkorazgradljivi	mg/kg suhe snovi								130	220
Amonij	mg/kg suhe snovi								2970	213
PCDD/PCDF	ng I-TEQ/kg s.s.								1,4	1,11
Nevarne lastnosti - Uredba Komisije (EU) št. 1357/2014 [6]		NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE

OPOMBA: Uporabljena uredba za izdelavo ocene odpadka za sežig ne določa mejnih vrednosti in nabora parametrov

Tabela 3 prikazuje lastnosti blata s komunalne čistilne naprave Celje, kot je nastajalo v preteklih 10 letih.

Podatki o lastnostih za blato in RDF so bili določeni v okviru obveznega vrednotenja lastnosti odpadka, kot se izvaja skladu s slovensko zakonodajo.

Podatki iz teh dveh tabel predstavljajo osnovo za določitev lastnosti RDF in blata, kot je bilo uporabljeno za izračune in rezultate, ki so predstavljeni v nadaljevanju.

Za RDF so se za izračune uporabili povprečni podatki za onesnaževala, med tem ko se je za kurilno vrednost uporabilo vrednosti 13 MJ/kg, 18 MJ/kg in 23 MJ/kg. Te kurilne vrednosti predstavljajo najnižjo, srednjo in najvišjo kurilno vrednost, ki se je uporabljala v napravi v preteklih 10 letih (najvišjo in najnižjo kurilno vrednost nismo upoštevali).

Za blato smo enako uporabili povprečne podatke za onesnaževala, sicer pa smo uporabili samo eno sestavo za blato in eno kurilno vrednost in sicer 0,42 MJ/kg. Blato se trenutno dostavlja na sežig z vrednostjo suhe snovi med 20 in 25 % suhe snovi.

## 4 BAT zaključki za sežiganje odpadkov [1]

Konec lanskega leta (december 2019) je Evropska komisija pripravila in objavila nove BAT zaključke za sežiganje odpadkov v okviru izvedbenega sklepa, s čimer je ta dokument zavezujoč za vse države članice.

Ravni emisij, povezane z najboljšimi razpoložljivimi tehnikami za emisije v zrak, (BAT-AEL), navedene v nadaljevanju, se nanašajo na koncentracije, izražene kot masa izpuščenih snovi na prostornino dimnega plina pod naslednjimi standardnimi pogoji: suhi plin pri temperaturi 273,15 K in tlaku 101,3 kPa, izražene pa so v mg/Nm<sup>3</sup>, µg/ Nm<sup>3</sup>, ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup> ali ng WHO-TEQ/Nm<sup>3</sup>. Referenčna vsebnosti kisika, s katerimi se izrazijo ravni emisij, je 11 volumskih odstotkov v suhem odpadnem plinu.

Tabela 4 podaja BAT emisije v zrak za prah, kovine in polkovine.

Tabela 4: Raven emisij, povezana z BAT, za kanalizirane emisije prahu, kovin in polkovin, ki nastanejo pri sežiganju odpadkov, v zrak

Parameter	BAT-AEL [mg/Nm <sup>3</sup> ]	Čas povprečenja
Prah	< 2–5 <sup>1</sup>	dnevno povprečje
Cd + Tl	0,005–0,02	povprečje v obdobju vzorčenja
Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V	0,01–0,3	povprečje v obdobju vzorčenja

Opomba:

<sup>1</sup> Pri obstoječih napravah, namenjenih sežiganju nevarnih odpadkov, pri katerih se vrečasti filter ne uporablja, je zgornja meja razpona ravni emisij, povezane z BAT, 7 mg/Nm<sup>3</sup>.

Tabela 5 podaja emisije v zrak za kisle dimne pline – HCl, HF in SO<sub>2</sub>. Za nadaljnji izračun v poglavju 6 na strani 21 smo uporabili vrednosti za obstoječo napravo.

Tabela 5: Raven emisij, povezana z BAT, za kanalizirane emisije HCl, HF in SO<sub>2</sub>, ki nastanejo pri sežiganju odpadkov, v zrak

Parameter	BAT-AEL [mg/Nm <sup>3</sup> ]		Čas povprečenja
	nova naprava	obstoječa naprava	
HCl	< 2–6 <sup>2</sup>	< 2–8 <sup>2</sup>	dnevno povprečje
HF	< 1	< 1	dnevno povprečje ali povprečje v obdobju vzorčenja
SO <sub>2</sub>	5–30	5–40	dnevno povprečje

Opomba:

<sup>2</sup> Spodnja meja razpona ravni emisij, povezanih z BAT, se lahko doseže z uporabo mokrega pralnika; zgornja meja razpona je lahko povezana z uporabo vbrizgavanja suhega sorbenta.

Tabela 6 prikazuje emisije NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub> in CO pri sežigu. Za nadaljnji izračun v poglavju 6 na strani 21 smo uporabili vrednosti za obstoječo napravo.

Tabela 6: Ravni emisij, povezane z BAT, za kanalizirane emisije NO<sub>x</sub> in CO, ki nastanejo pri sežiganju odpadkov, v zrak in kanalizirane emisije NH<sub>3</sub>, ki nastanejo pri uporabi SNCR in/ali SCR, v zrak

Parameter	BAT-AEL [mg/Nm <sup>3</sup> ]		Čas povprečenja
	nova naprava	obstoječa naprava	
NO <sub>x</sub>	50–120 <sup>3</sup>	50–150 <sup>3, 4</sup>	dnevno povprečje
CO	10–50	10–50	
NH <sub>3</sub>	2–10 <sup>3</sup>	2–10 <sup>3 5</sup>	

Opomba:

<sup>3</sup> Spodnjo mejo razpona ravni emisij, povezane z BAT, je mogoče doseči z uporabo selektivne katalitične redukcije. Spodnje meje razpona ravni emisij, povezane z BAT, morda ne bo mogoče doseči pri sežiganju odpadkov z visoko vsebnostjo dušika (npr. ostankov iz proizvodnje organskih dušikovih spojin).

<sup>4</sup> Zgornja meja razpona ravni emisij, povezane z BAT, je 180 mg/Nm<sup>3</sup>, če se SCR ne uporablja.

<sup>5</sup> Pri obstoječih napravah, opremljenih s SNCR brez mokrih tehnik za zmanjševanje emisij, je zgornja meja razpona ravni emisij, povezane z BAT, 15 mg/Nm<sup>3</sup>.

Tabela 7 prikazuje emisije neizgorelih organskih snovi – TVOC, PCDD/F in dioksinom podobnih PCB pri sežigu. Za nadaljnji izračun v poglavju 6 na strani 21 smo uporabili vrednosti za obstoječo napravo, za PCDD/F pa smo uporabili vrednosti, ki veljajo za povprečje v obdobju vzorčenja. Parameter PCDD/F + dioksinu podobni PCB nismo vrednotili, saj ga veljavni OVD [5] ne obravnava in do sedaj ni bil merjen.

Tabela 7: Ravni emisij, povezane z BAT, za kanalizirane emisije TVOC, PCDD/F in dioksinom podobnih PCB, ki nastanejo pri sežiganju odpadkov, v zrak

Parameter	Enota	BAT-AEL		Čas povprečenja
		nova naprava	obstoječa naprava	
TVOC	mg/Nm <sup>3</sup>	< 3–10	< 3–10	dnevno povprečje
PCDD/F <sup>6</sup>	ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup>	< 0,01–0,04	< 0,01–0,06	povprečje v obdobju vzorčenja
		< 0,01–0,06	< 0,01–0,08	dolgoročno obdobje vzorčenja <sup>7</sup>
PCDD/F + dioksinu podobni PCB <sup>6</sup>	ng WHO-TEQ/Nm <sup>3</sup>	< 0,01–0,06	< 0,01–0,08	povprečje v obdobju vzorčenja
		< 0,01–0,08	< 0,01–0,1	dolgoročno obdobje vzorčenja <sup>7</sup>

Opomba:

<sup>6</sup> Uporablja se raven emisij, povezana z BAT, za PCDD/F ali raven emisij, povezana z BAT, za PCDD/F in dioksinu podobne PCB.

<sup>7</sup> Raven emisij, povezana z BAT, se ne uporablja, če se dokaže, da so ravni emisij dovolj stabilne.

Tabela 8 prikazuje emisije živega srebra pri sežigu. Za nadaljnji izračun v poglavju 6 na strani 21 smo uporabili vrednosti za obstoječo napravo in za dnevno povprečje ali povprečje v obdobju vzorčenja.

Tabela 8: Ravni emisij, povezane z BAT, za kanalizirane emisije živega srebra iz sežiganja odpadkov v zrak

Parameter	BAT-AEL [ $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ] <sup>8</sup>		Čas povprečenja
	nova naprava	obstoječa naprava	
Hg	< 5–20 <sup>9</sup>	< 5–20 <sup>9</sup>	dnevno povprečje ali povprečje v obdobju vzorčenja
	1–10	1–10	dolgoročno obdobje vzorčenja

Opomba:

<sup>8</sup> Uporablja se raven emisij, povezana z BAT, za dnevno povprečje ali povprečje v obdobju vzorčenja ali raven emisij, povezana z BAT, za dolgoročno obdobje vzorčenja. Raven emisij, povezana z BAT, za dolgoročno vzorčenje se lahko uporabi pri napravah za sežiganje odpadkov z dokazano nizko in stabilno vsebnostjo živega srebra (npr. monotokovi odpadkov nadzorovane sestave).

<sup>9</sup> Spodnjo mejo razponov ravni emisij, povezane z BAT, je mogoče doseči s:

- sežiganjem odpadkov z dokazano nizko in stabilno vsebnostjo živega srebra (npr. monotokovi odpadkov nadzorovane sestave) ali
- uporabo posebnih tehnik za preprečevanje ali zmanjševanje pojava najvišjih vrednosti emisij živega srebra med sežiganjem nenevarnih odpadkov.

Okvirno je polurno povprečje ravni emisij živega srebra ponavadi:

- < 15–40  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  za obstoječe naprave,
- < 15–35  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  za nove naprave.

## 5 Dokumentacija projektanta in izdelovalca naprave

Pregledali smo dokumentacijo, ki jo je pripravil odgovorni projektant naprave in podjetje, ki je napravo Toplarne Celje izdelala. Ta dokumentacija je bila tudi osnova za leta 2006 pridobljen OVD [5].

V nadaljevanju podajamo neposredni navedek pomembnih delov te dokumentacije, ki se tiče preračunov, ki smo jih izvedli v tej študiji.

### 5.1 Izvleček iz idejnega projekta Toplarne Celje [3]

#### 5.1.1 Kurišče - zgorevalna komora

##### Primarna zgorevalna komora

Primarna zgorevalna komora je tunelske oblike, znotraj obložena s primerno debelino delovne in izolacijske obloge. Zunanost je zaščiten z zračno hlajenim jeklenim plaščem in opremljena z ustreznimi odprtini za vizualni nadzor.

Dno komore tvorijo hidravlično pomične litoželezne rešetke, ki s pomikanjem naprej - nazaj potiskajo odpadke in trde produkte zgorevanja proti jašku za pepel. Hitrost pomikanja je nastavljiva. (WI/2.3.1.2.) Hlajenje rešetke je predvideno z zračnim tokom primarnega zraka, ki se dovaja pod rešetko. (WI/5.2, WI/5.3., WI/4.2.14)

Zgorevalni zrak se dovaja kot primarni zrak po posameznih conah pod rešetko in z bočnih sten nad rešetko. Za preprečevanje prekomernega porasta temperature zgorevanja v primarni komori je predvidena recirkulacija dimnih plinov z dovodom le teh preko šob na bočnih stenah kurišča. (WI/2.3.1.5.)

Pri zagonu je potrebno komoro s pomočjo gorilnikov segreti na obratovalno temperaturo, ki zagotavlja pravilno izplinjaje gorljivih snovi iz odpadkov. Gorilnika komore se vključita tudi tedaj, če temperatura v komori pade pod 850°C. (WI/2.3.1.6.)

Odvod žlindre in pepela iz kurišča je izveden s polžnimi transporterji. (WI/2.3.1.3.)

Pod rešetkami so nameščeni polži za pepel, ki pade skozi rešetko. Transportni sistem tvorita še zbirni tračni transporter vzdolžno ob kurišču in v nadaljevanju še poševni tračni transporter do kontejnerja za ostanke zgorevanja. Vsi elementi so praho tesni izvedbi, in preprečujejo vdor okoliškega zraka, kar omogoča kontroliran dovod zraka in s tem zgorevanje.

Na koncu kurišča je nameščen vodno hlajen transporter za žlindro. Hlajenje se vrši v zaprtem krogu. Hladilni sistem sestavljajo črpalke, lamelni ventilatorski hladilniki, raztezna posoda in armature.

Hladilni sistem omogoča samodejno dolivanje manjkajoče vode. V primeru prekomerne temperature hladilne vode in v primeru izpada električne napetosti se izvaja prisilno hlajenje. Voda iz vodovodnega omrežja s tlakom omogoča pretok preko naprav, ki se hladijo, ogreta voda temperature 30°C pa se preko raztezne posode odvaja v kanalizacijo.

##### Sekundarna zgorevalna komora

Za popolno zgorevanje v sekundarni zgorevalni komori, t. i. termoreaktorju, so potrebne visoke temperature 850 ÷ 1100°C, določen čas za reakcijo ter pravilno mešanje zraka. Sama velikost termoreaktorja je prilagojena potrebnemu času zadrževanja plinov v coni zgorevanja glede na ekološke zahteve kvalitete dimnih plinov in znaša minimalno 2 sekundi (WI/2.3.1.7).

Reguliran dovod sekundarnega in terciarnega zraka se vrši na vstopu nedogorelih plinov v sekundarno zgorevalno komoro, kar je ugodno za omejevanje nastanka termičnega NO<sub>x</sub>.

Gorilniki sekundarne komore so potrebni za začetno segrevanje, v nadaljevanju pa skrbijo za vzdrževanje minimalne delovne temperature 850°C v primeru slabe kvalitete plina iz odpadkov nizke kurilne vrednosti.

#### **Opis kurišča:**

Izdelano je kot predkurišče, katerega se nadgradi visokotlačni vodocevní parni kotel . Sestavljeno je iz:

- ohišja,
- vozička s pomičnimi rešetkami ter hidravličnim pogonom,
- vodno hlajenega vstopnega dela,
- revizijskih odprtín,
- zračnih kanalov,
- šamotne obzidave,
- izolacije in oplašča,
- hlajenje bočnih sten.

#### **Način gradnje:**

##### **Ohišje**

Na betonski temelj (ploščo) je postavljena osnovna jeklena konstrukcija, izdelana iz jeklenih profilov. Sestavljena je iz stranskih in prečnih nosilcev, nosilca dozirne naprave, opazovalnih in inšpekcijskih odprtín ter nosilcev za pritrditev izolacijskih plošč. Posamezne stranice se vsled velikosti (transportne omejitve) sestavijo (varijo) na objektu. V stranskih stenah so vgrajene odprtine, ki se zapirajo z vrati, in ki služijo za opazovanje plamena, revizijo ali manjše posege. V prednji steni je vgrajen vodno hlajen vstopni konus na katerega se prigradi dozirna naprava. Volumen vodno hlajenega vstopnega konusa je mnogovoden in je dimenzioniran tako, da preprečuje uparjanje vode.

##### **Pomična stopničasta rešetka z vozičkom**

V ohišje je vstavljena pomična stopničasta rešetka za zgorevanje odpadkov. Sestoji se iz: jeklene konstrukcije vozička, rešetk, primarnih zračnih kanalov, zbirnih pod vozičkom za pepel ter hidravlične opreme. Rešetke so položene na voziček.

Pomik rešetke se izvaja s pomočjo hidravličnega pogona. Sestavljen je iz hidravličnega agregata, elektro opreme, lovilne kadi (1,5 x V) in cevne kompleta za povezavo. Elektro-krmiljenje je izvedeno v sklopu krmiljenja kompletnega sistema kotla.

Revizijske odprtine za opazovanje, revizijo ali manjše posege so v stene kurišča vstavljene odprtine z kvalitetnimi litimi vrati (litoželezne, Al-litina), ki so tudi šamotirana.

##### **Zračni kanali**

Kvalitetno obvladovanje sistema zgorevanja zahteva točno določene količine primarnega in sekundarnega zraka. Do posameznih con zgorevanja so dovedeni zračni kanali, ki so v stranskih stenah opremljeni tudi z vpihovalnimi šobami. Zrak se dovaja s pomočjo ventilatorjev (frekvenčno vodenih). Z obzirom na to, da so zračni kanali izvedeni v sklopu ohišja, zajemajo topli zrak, ki ga nato dovajajo v posamezne cone (večji izkoristek).

##### **Šamot in obzidava**

Vsled visokih temperatur v kurišču je potrebno izvesti šamotiranje in obzidavo, ki se sestoji iz šamotne obloge kurišča, delovne obloge in izolacijske obloge. Izvedeno je v več slojih z odgovarjajočim materialom. Kompletni material je atestiran za delovne parametre kurišča.

#### Izolacija in oplašč

Kompletno kurišče je izolirano z izolacijsko oblogo (obzidava), kerline oblogo in oblogo iz kamene volne. Nosilci zunanjšega oplašča (izvedeno z lakirano profilirano pločevino) so montirani tako, da je ustvarjen tudi dodatni zračni izolacijski prostor.

Zunanja delovna (dotikalna) temperatura oplašča je tako bistveno izpod zakonsko predpisanih norm (60°C).

#### Osnovni podatki kurišča:

toplotna moč kurišča:	18 MW <sub>t</sub>
dimenzije kurišča:	9,9 x 6,8 x 5,5 m
površina rešetke:	34 m <sup>2</sup>
specifična obremenitev rešetke:	530 kW/m <sup>2</sup>
vsebnost Cr v rešetki:	min. 26%
količina dimnih plinov:	41.000 Nm <sup>3</sup> /h
minimalni čas zadrževanja d. p.:	> 2 s
debelina delovne izolacije kurišča:	250mm
max. trajna temperaturna obremenitev delovne izolacije:	1400°C
količina dimnih plinov:	41.000 Nm <sup>3</sup> /h
količina primarnega zraka:	18.000 Nm <sup>3</sup> /h
količina sekundarnega zraka:	10.000 Nm <sup>3</sup> /h
količina terciarnega zraka:	6.000 Nm <sup>3</sup> /h
količina recirkulacijskega zraka:	10.000 Nm <sup>3</sup> /h

#### 5.1.2 Parni kotel

Je vodocevne izvedbe, trovlečni, 1. in 2. vlek sta vertikalna, 3. je horizontalni v katerem so nameščeni 3. paketi pregrevalnika, 1. paket uparjalnika in 2. paketa grelnika vode.

Membranske stene z paketnimi izmenjevalci so obešeni na nosilno konstrukcijo kotla.

Kotel je izoliran in opremljen z pohodno galerijo, ki omogoča nemoteno posluževanje vseh za kotel pomembnih lokacij.

#### Osnovni podatki:

##### Parametri kotla na vodni strani:

- tlak pare	28 bar
- temperatura nasičene pare:	240 °C
- temperatura pregrete pare:	350 °C
- toplotna moč kotla:	15MW <sub>t</sub>

##### Parametri kotla na dimni strani:

- količina dimnih plinov:	41.000 Nm <sup>3</sup> /h
- vstopna temperatura d.p.:	950 °C
- izstopna temperatura d.p.:	180 °C
- tlačni padec na dimni strani:	5 mbar

##### Boben

- prostornina:	4,5m <sup>3</sup>
- osnovni material:	pločevina/P295GH
- teža:	12.000 kg



#### 1. in 2. vlek (membranske stene)

- ogrevna površina: 135 m<sup>2</sup>
- osnovni material: cev/St35.8/III.  
Pločevina/RSt 37.2
- teža: 25.000 kg

#### 3. vlek (membranske stene)

- ogrevna površina: 125 m<sup>2</sup>
- osnovni material: cev/St35.8/III.  
Pločevina/RSt 37.2
- teža: 19.000 kg

#### Pregrevalnik 1 (cevni paket)

- ogrevna površina: 140 m<sup>2</sup>
- osnovni material: cev/15Mo3
- teža: 5.500 kg

#### Pregrevalnik 2 (cevni paket)

- ogrevna površina: 120 m<sup>2</sup>
- osnovni material: cev/15Mo3
- teža: 4.800 kg

#### Pregrevalnik 3 (cevni paket)

- ogrevna površina: 160 m<sup>2</sup>
- osnovni material: cev/15Mo3
- teža: 5.900 kg

#### Uparjalnik (cevni paket)

- ogrevna površina: 220 m<sup>2</sup>
- osnovni material: cev/15Mo3, St35.8/I
- teža: 7.800 kg

#### Grelnik vode 1 in 2 (cevni paket)

- ogrevna površina: 760 m<sup>2</sup>
- osnovni material: cev/St35.8/I
- teža: 19.000 kg

Čiščenje kotla na dimni strani bo urejeno s »russblaeser-ji« parnimi šobami, ki bodo nameščeni v 3.vleku med posameznimi paketi izmenjevalcev.

Odpepeljevanje je urejeno z izstopnimi lijaki, ki se nahajajo pod 2. in 3.vlekom. Prah se nato preko celičnega dozatorja iz lijaka transportira po polžnih transporterjih do zbirnega tračnega transporterja v prahotesni izvedbi in od tu naprej v kontejner pepela.

Telo kotla je opremljeno z izoliranimi vrati (za čiščenje cevi), z dimniškim priključkom in čistilnimi vratci, priključki za armaturo, kontrolnimi in revizijskih odprtini.

Pri izboru kvalitete materialov, določitvi posameznih debelin, pri konstrukciji in pri garancijskih parametrih so upoštevani predpisi/norme SIST, EN - DIN, TRD in VGB smernice oz. napotila. Kontrola gradnje in prevzem kotla se izvede s strani pooblaščenih institucij(npr. TÜV ali ustrezen – CE znak).

Izolacija kotla je izvedena z mineralno volno na žičnem pletivu, debeline 150 mm. Oplaščenje kotla je izvedeno z lakirano profilirano pločevino (dodatni zračni kanali kot izolacija), debeline 1,0 mm in zaključnimi profili.

Maksimalna dotikalna temperatura površine je 60 °C (z izjemo vrat in opazovalnih odprtih – označeno z opozorilnimi napisi).

Fina armatura – kotel je opremljen s priključki in s potrebno fino armaturo (vključno z BOSB – 24 ur), ki je nameščena na priključke kotla. Fina armatura se prigradi na objektu.

### 5.1.3 Čiščenje dimnih plinov

#### Naprava za redukcijo emisije dušikovih oksidov

Za zmanjševanje emisije dušikovih oksidov je predvidena recirkulacija dimnih plinov in razprševanje amonijev hidroksid  $\text{NH}_4\text{OH}$  med dimne pline temperature  $900 \div 1000^\circ\text{C}$ .

Recirkulacija dimnih plinov predstavlja prisilno vodenje ohlajenih in delno očiščenih dimnih plinov, ki izstopajo iz vrečastega filtra, do zgorevalnih komor, kjer se preko ustreznega števila šob dovajajo v vroče cone zgorevanja. S tem dosežemo znižanje temperature zgorevanja in posredno tudi znižanje emisije dušikovih oksidov.

Sistem obsega:

- ventilator,
- izolirane dimovodne kanale,
- šobe za vpih
- in regulacijske organe.

Osnovni podatki:

SNCR postopek razprševanja amonijevega hidroksida med dimne pline temperature  $850 \div 1100^\circ\text{C}$ , količina dimnih plinov  $41.000 \text{ Nm}^3/\text{h}$ , sestavljene iz rezervoarja za pripravo 20 % vodne raztopine (ESB) z mešalom moči 1,1 kW, z nivojnima sondama za minimalni in maksimalni nivo, z zapornim ventilom za dovod vode in odvod raztopine, dozirna posoda z dvema dozirnima črpalkama moči 1,1 kW, s cevnimi povezavami in pršilnimi šobami za razprševanje vgrajeno v vstopno komoro kotla.

Nekatalitska metoda zmanjševanja emisije dušikovih oksidov temelji na razprševanju sečnine med vroče dimne pline. Kemijska reakcija poteka pri temperaturi dimnih plinov  $900 \div 1000^\circ\text{C}$ . Pri tem se dušikovi oksidi razgradijo na dušik in vodno paro. Količina dodanega aditiva se ravna po pretoku dimnih plinov in vsebnosti  $\text{NO}_x$ .

#### Filter prašnih delcev

Princip delovanja filtra je na izločanju prahu na filterskih ceveh, ki se regenerirajo s komprimiranim zrakom. Onesnaženi dimni plini vstopajo v konusni del filtra. Pri prehodu skozi filter material se prah in reagent zadrži na zunanji strani filtrirne tkanine, očiščeni dimni plini pa se transportirajo skozi čisto komoro v nadaljnjo obdelavo. Vsled izpihovanja se filter prah loči od površine filterskih cevi in pada v zbirni konus in posodo, ki se občasno prazni.

Izpihovanje je izvedeno s pnevmatskimi ventili, izpihovalnimi cevmi in pnevmatskim razvodnikom, vse v odvisnosti od upora v filtru. Proces čiščenja se odvija avtomatsko preko elektronskega programatorja. Za zagotovitev čiščenja tudi finega in lahkega prahu je filter razdeljen na več sektorjev, tako da pri izpihovanju skozi sektor ni pretoka dimnih plinov.

Za posluževanje in nadzor je filter opremljen s kontrolno-vzdrževalnimi vrati na zgornji strani. Filter je ustrezno toplotno izoliran.

#### Osnovni podatki:

- nosilno ogrodje filtrskih vreč: W. 1.4571
- material vreče: 100% PTFE

#### Tehnični podatki:

- količina zraka: 65.100 Bm<sup>3</sup>/h
- temperatura okolice: -30 do +40 °C
- temperatura obratovanja: 150 ÷ 160 °C
- izbirna temperatura: 200°C
- površina filtra: 1.166 m<sup>2</sup>
- površinska obremenitve filtrske tkanine: 0,93 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/min
- emisija prahu: 5 mg/Nm<sup>3</sup>
- poraba zraka: 0,6 m<sup>3</sup>/min  
(0 °C, 1013 mbar)
- med prekinitvami: 15 s
- zahteve za zrak: brez olja in suh
- tlak kompr. zraka: 4 ÷ 6 bar
- izhod prahu: 2 x ZRS DN 275, 0,75 kW,  
polžni transporter 7,8 m
- Material ohišja: 1.0038
- Konus filtra: 1.4301
- Skupna masa: 17.000 kg

#### Koks adsorber

Na 120 do 150°C ohlajeni dimni plini vstopajo v spodnji - porazdelilni del naprave.

Iz porazdelilnika prehajajo skozi dve dvojni lamelasti pregradi in skozi plast polnila (aktivni koks rjavega premoga) proti vrhu v zbirni sistem za odvajanje plinov iz naprave. Polutanti v odpadnih plinih pridejo v stik s polnilom in se na polnilo adsorbirajo in kemijsko vežejo. Pri tem se izločijo dioksini, furani in polirajo emisije kislih plinov. Očiščeni dimni plini zapuščajo napravo skozi zbirni odvod.

Izvedba pomične plasti s posebno konstrukcijo dvojnih lamelastih pregrad in odvzemnikom je takšna, da omogoča hitrejše odvajanje dela polnila, ki je najbolj obremenjeno s finimi delci prahu v primerjavi s celotnim polnilom.

S tem je preprečeno povišanje tlačnega upora naprave, ki je pri drugih izvedbah največje zaradi preobremenitve tanke plasti polnila v coni, kjer dimni plini vstopajo v napravo. Razen tega taka izvedba omogoča manjšo porabo polnila za enak volumen enako obremenjenih plinov kot pri drugih napravah.

Polžni transporterji po časovnem programu glede na obratovalne ure naprave odstranijo iztrošen koks iz naprave. Iztrošen koks se vodi do dozirne naprave, kjer se pomešan z ostalim gorivom termično obdela.

Čas nasičenja koks adsorberja (vzdrževanje konstantnega intervala med prebojnima točkama Hg v napravi) dosegamo z meritvami Hg v dimnih plinih, na osnovi katerih dovajamo prah aktivnega oglja v tok dimnih plinov pred vrečastim filtrom, s čemer izločamo Hg iz naprave in preprečujemo njegovo akumulacijo.

Dopolnjevanje svežega aktivnega koksa je avtomatsko in poteka z zgornje strani naprave.

Napravo sestavljajo ohišje, zadrževalni in razdelilni lijaki, vstopno izstopne odprtine za koks in dimne pline, izvzemalni in transportni polžni transporterji ter avtomatska naprava za gašenje.

Osnovni podatki:

- količina dimnih plinov 41.000 Nm<sup>3</sup>/h,
- normalna obratovalna temperatura 120 do 150 °C,
- tlačni padec dimnih plinov na napravi 25 do 35 mbar,
- polnilo koks rjavega premoga granulacija 3 ÷ 6 mm.

Sklop se sestoji iz 8 modulov katere sestavljajo jekleno varjeno ohišje, zadrževalni in razdelilni lijaki polnila, vstopno izstopne odprtine za polnilo in dimne pline, posluževalne in kontrolne odprtine, jeklena podporna konstrukcija, toplotna izolacija 100 mm kamena volna na žičnem pletivu prekrito s trapezno Al pločevino, z elektrodvižno napravo svežega koksa nosilnosti 750 kg, 12 kos izvzemalni polžni transporterji iztrošenega polnila moči motorja 2,2 kW, 2 kos zbirni polžni transporter iztrošenega polnila moči motorja 2,2 kW, 2 kos celična zapora za izsip iztrošenega polnila moči motorja 1,1 kW, avtomatska naprava za gašenje s CO<sub>2</sub> delujoča na osnovi porasta izstopne temperature in ogljikovega monoksida.

## 6 Preračun dovoljenih letnih emisij snovi v zrak

### 6.1 Lastnosti odpadkov na vhodu v napravo

Na osnovi podatkov, predstavljenih v poglavju 3 na stani 6, ki govori o odpadkih, ki so bili uporabljeni do sedaj v času rednega obratovanja naprave, podatkov proizvajalca naprave [3] in širšega pregleda strokovne in znanstvene literature so se določile ultimativne lastnosti RDF s 13, 18 in 23 MJ/kg, ki so predstavljene v naslednjih treh tabelah (Tabela 9, Tabela 10 in Tabela 11). Enako kot za RDF se je določila tudi ultimativna analiza blata (Tabela 12).

Tabela 9: Ultimativna analiza RDF s 13 MJ/kg

Parameter	Enota	Vrednost
C	%	31,70
H	%	4,00
S	%	0,30
O	%	12,00
N	%	1,00
Voda	%	31,00
Pepel	%	20,00
Kurilna vrednost	MJ/kg	13,04

Tabela 10: Ultimativna analiza RDF s 18 MJ/kg

Parameter	Enota	Vrednost
C	%	38,40
H	%	6,00
S	%	0,30
O	%	11,00
N	%	0,70
Voda	%	25,60
Pepel	%	18,00
Kurilna vrednost	MJ/kg	18,02

Tabela 11: Ultimativna analiza RDF s 23 MJ/kg

Parameter	Enota	Vrednost
C	%	45,30
H	%	8,00
S	%	0,30
O	%	10,00
N	%	0,40
Voda	%	22,00
Pepel	%	14,00
Kurilna vrednost	MJ/kg	23,03

Tabela 12: Ultimativna analiza blata s komunalne čistilne naprave

Parameter	Enota	Vrednost
C	%	5,80
H	%	1,00
S	%	0,20
O	%	6,00
N	%	1,00
Voda	%	75,00
Pepel	%	11,00
Kurilna vrednost	MJ/kg	0,42

Vsebnost težkih kovin, halogenih elementov in žvepla v RDF in blatu (Tabela 13 in Tabela 14) predstavlja povprečno koncentracijo onesnaževal, kot so bile določene zadnjih 10 let in so predstavljene v poglavju 3 na strani 6 (Tabela 2 in Tabela 3). Vsebnost težkih kovin, ki ni podana v poglavju 3, pa je povzeta po širšem pregledu strokovne in znanstvene literature.

Tabela 13: Vsebnost težkih kovin, halogenih elementov in žvepla v RDF

Parameter	Enota	Vrednost
As	mg/kg	1,20
Cd	mg/kg	5,02
Co	mg/kg	5,86
Cr	mg/kg	68,80
Cu	mg/kg	173,50
Hg	mg/kg	0,21
Mn	mg/kg	211,70
Ni	mg/kg	16,32
Pb	mg/kg	39,49
Sb	mg/kg	38,84
Se	mg/kg	0,67
Sn	mg/kg	11,40
Te	mg/kg	0,16
Tl	mg/kg	0,50
V	mg/kg	5,94
Zn	mg/kg	218,67
Cl	mg/kg	5.000,00
S	mg/kg	3.000,00
F	mg/kg	100,00

Tabela 14: Vsebnost težkih kovin, halogenih elementov in žvepla v blatu

Parameter	Enota	Vrednost
As	mg/kg	7,01
Cd	mg/kg	2,63
Co	mg/kg	15,03
Cr	mg/kg	101,33
Cu	mg/kg	227,33
Hg	mg/kg	0,90
Mn	mg/kg	887,14
Ni	mg/kg	32,89
Pb	mg/kg	74,00
Sb	mg/kg	3,44
Se	mg/kg	1,10
Sn	mg/kg	1,00
Te	mg/kg	0,20
Tl	mg/kg	0,38
V	mg/kg	20,00
Zn	mg/kg	2.223,33
Cl	mg/kg	600,00
S	mg/kg	7.000,00
F	mg/kg	100,00

## 6.2 Zmesi RDF in blata pri letni kapaciteti 30.000 in 40.000 ton

Pri določevanju zmesi RDF in blata smo izhajali iz predpostavke, da se proizvede največ energije iz zmesi obeh vrst odpadkov, kar pomeni tudi najvišjo količino sproščenih dimnih plinov ob letni omejitvi količine obdelanih odpadkov 30.000 oziroma 40.000 ton mešanice odpadkov, istočasno pa se ne preseže maksimalna termična kapaciteta naprave, ki znaša 18 MW in letno število obratovalnih ur, ki znaša 8.000.

V tem smislu so se za letni kapaciteti 30.000 (sedanja kapaciteta) in 40.000 (pričakovana kapaciteta) ton pripravile po tri zmesi RDF in blata, ki so predstavljena v naslednjih 12 tabelah (Tabela 15 do Tabela 26).

### 6.2.1 Obratovanje pri 30.000 ton/a

Tabela 15: Izračunane ultimativne lastnosti mešanice RDF s 13 MJ/kg in blata pri kapaciteti 30.000 ton/a

Parameter	Enota	Vrednost
C	%	31,70
H	%	4,00
S	%	0,30
O	%	12,00
N	%	1,00
Voda	%	31,00
Pepel	%	20,00
Kurilna vrednost	MJ/kg	13,04

Tabela 16: Izračunana vsebnost težkih kovin, halogenih elementov in žvepla v mešanici RDF s 13 MJ/kg in blata pri kapaciteti 30.000 ton/a

Parameter	Enota	Vrednost
As	mg/kg	1,20
Cd	mg/kg	5,02
Co	mg/kg	5,86
Cr	mg/kg	68,80
Cu	mg/kg	173,50
Hg	mg/kg	0,21
Mn	mg/kg	211,70
Ni	mg/kg	16,32
Pb	mg/kg	39,49
Sb	mg/kg	38,84
Se	mg/kg	0,67
Sn	mg/kg	11,40
Te	mg/kg	0,16
Tl	mg/kg	0,50
V	mg/kg	5,94
Zn	mg/kg	218,67
Cl	mg/kg	5.000,00
S	mg/kg	3.000,00
F	mg/kg	100,00

Pri kurilni vrednosti RDF 13 MJ/kg in letni kapaciteti 30.000 ton je zmes odpadkov v celoti sestavljena iz RDF, pa kljub temu ne zagotovimo letno obratovanje naprave na polni moči. Če bi primešali še blato, bi bila moč obratovanja še nižja.

Tabela 17: Izračunane ultimativne lastnosti mešanice RDF z 18 MJ/kg in blata pri kapaciteti 30.000 ton/a

Parameter	Enota	Vrednost
C	%	37,00
H	%	5,79
S	%	0,30
O	%	10,79
N	%	0,71
Voda	%	27,72
Pepel	%	17,70
Kurilna vrednost	MJ/kg	17,27



Tabela 18: Izračunana vsebnost težkih kovin, halogenih elementov in žvepla v mešanici RDF z 18 MJ/kg in blata pri kapaciteti 30.000 ton/a

Parameter	Enota	Vrednost
As	mg/kg	1,45
Cd	mg/kg	4,92
Co	mg/kg	6,25
Cr	mg/kg	70,20
Cu	mg/kg	175,81
Hg	mg/kg	0,24
Mn	mg/kg	240,74
Ni	mg/kg	17,03
Pb	mg/kg	40,97
Sb	mg/kg	37,32
Se	mg/kg	0,69
Sn	mg/kg	10,95
Te	mg/kg	0,16
Tl	mg/kg	0,49
V	mg/kg	6,55
Zn	mg/kg	304,87
Cl	mg/kg	4.810,80
S	mg/kg	3.172,00
F	mg/kg	100,00

Pri kurilni vrednosti RDF 18 MJ/kg in letni kapaciteti 30.000 ton je zmes odpadkov sestavljena iz 28.710 ton RDF in 1.290 ton blata, da zagotovimo obratovanje naprave na polni moči.

Tabela 19: Izračunane ultimativne lastnosti mešanice RDF s 23 MJ/kg in blata pri kapaciteti 30.000 ton/a

Parameter	Enota	Vrednost
C	%	35,25
H	%	6,22
S	%	0,27
O	%	8,98
N	%	0,55
Voda	%	35,48
Pepel	%	13,24
Kurilna vrednost	MJ/kg	17,28

Tabela 20: Izračunana vsebnost težkih kovin, halogenih elementov in žvepla v mešanici RDF s 23 MJ/kg in blata pri kapaciteti 30.000 ton/a

Parameter	Enota	Vrednost
As	mg/kg	2,68
Cd	mg/kg	4,41
Co	mg/kg	8,19
Cr	mg/kg	77,08
Cu	mg/kg	187,20
Hg	mg/kg	0,38
Mn	mg/kg	383,53
Ni	mg/kg	20,54
Pb	mg/kg	48,27
Sb	mg/kg	29,84
Se	mg/kg	0,78
Sn	mg/kg	8,75
Te	mg/kg	0,17
Tl	mg/kg	0,47
V	mg/kg	9,52
Zn	mg/kg	728,65
Cl	mg/kg	3.880,64
S	mg/kg	4.017,60
F	mg/kg	100,00

Pri kurilni vrednosti RDF 23 MJ/kg in letni kapaciteti 30.000 ton je zmes odpadkov sestavljena iz 22.368 ton RDF in 7.632 ton blata, da zagotovimo obratovanje naprave na polni moči.

### 6.2.2 Obratovanje pri 40.000 ton/a

Tabela 21: Izračunane ultimativne lastnosti mešanice RDF s 13 MJ/kg in blata pri kapaciteti 40.000 ton/a

Parameter	Enota	Vrednost
C	%	31,54
H	%	3,98
S	%	0,30
O	%	11,96
N	%	1,00
Voda	%	31,26
Pepel	%	19,95
Kurilna vrednost	MJ/kg	12,96

Tabela 22: Izračunana vsebnost težkih kovin, halogenih elementov in žvepla v mešanici RDF s 13 MJ/kg in blata pri kapaciteti 40.000 ton/a

Parameter	Enota	Vrednost
As	mg/kg	1,23
Cd	mg/kg	5,01
Co	mg/kg	5,91
Cr	mg/kg	69,00
Cu	mg/kg	173,82
Hg	mg/kg	0,21
Mn	mg/kg	215,75
Ni	mg/kg	16,42
Pb	mg/kg	39,70
Sb	mg/kg	38,63
Se	mg/kg	0,67
Sn	mg/kg	11,34
Te	mg/kg	0,16
Tl	mg/kg	0,50
V	mg/kg	6,03
Zn	mg/kg	230,69
Cl	mg/kg	4.973,60
S	mg/kg	3.024,00
F	mg/kg	100,00

Pri kurilni vrednosti RDF 13 MJ/kg in letni kapaciteti 40.000 ton je zmes odpadkov sestavljena iz 39.760 ton RDF in 240 ton blata, da zagotovimo obratovanje naprave na polni moči.

Tabela 23: Izračunane ultimativne lastnosti mešanice RDF z 18 MJ/kg in blata pri kapaciteti 40.000 ton/a

Parameter	Enota	Vrednost
C	%	29,01
H	%	4,56
S	%	0,27
O	%	9,56
N	%	0,79
Voda	%	39,83
Pepel	%	15,98
Kurilna vrednost	MJ/kg	12,95

Tabela 24: Izračunana vsebnost težkih kovin, halogenih elementov in žvepla v mešanici RDF z 18 MJ/kg in blata pri kapaciteti 40.000 ton/a

Parameter	Enota	Vrednost
As	mg/kg	2,87
Cd	mg/kg	4,33
Co	mg/kg	8,50
Cr	mg/kg	78,17
Cu	mg/kg	189,00
Hg	mg/kg	0,41
Mn	mg/kg	406,23
Ni	mg/kg	21,09
Pb	mg/kg	49,43
Sb	mg/kg	28,65
Se	mg/kg	0,79
Sn	mg/kg	8,40
Te	mg/kg	0,17
Tl	mg/kg	0,47
V	mg/kg	9,99
Zn	mg/kg	796,01
Cl	mg/kg	3.732,80
S	mg/kg	4.152,00
F	mg/kg	100,00

Pri kurilni vrednosti RDF 18 MJ/kg in letni kapaciteti 40.000 ton je zmes odpadkov sestavljena iz 28.480 ton RDF in 11.520 ton blata, da zagotovimo obratovanje naprave na polni moči.

Tabela 25: Izračunane ultimativne lastnosti mešanice RDF s 23 MJ/kg in blata pri kapaciteti 40.000 ton/a

Parameter	Enota	Vrednost
C	%	27,68
H	%	4,88
S	%	0,26
O	%	8,22
N	%	0,67
Voda	%	45,64
Pepel	%	12,66
Kurilna vrednost	MJ/kg	12,95

Tabela 26: Izračunana vsebnost težkih kovin, halogenih elementov in žvepla v mešanici RDF s 23 MJ/kg in blata pri kapaciteti 40.000 ton/a

Parameter	Enota	Vrednost
As	mg/kg	3,79
Cd	mg/kg	3,96
Co	mg/kg	9,95
Cr	mg/kg	83,31
Cu	mg/kg	197,51
Hg	mg/kg	0,52
Mn	mg/kg	512,95
Ni	mg/kg	23,71
Pb	mg/kg	54,88
Sb	mg/kg	23,05
Se	mg/kg	0,86
Sn	mg/kg	6,76
Te	mg/kg	0,18
Tl	mg/kg	0,45
V	mg/kg	12,21
Zn	mg/kg	1.112,75
Cl	mg/kg	3.037,60
S	mg/kg	4.784,00
F	mg/kg	100,00

Pri kurilni vrednosti RDF 23 MJ/kg in letni kapaciteti 40.000 ton je zmes odpadkov sestavljena iz 22.160 ton RDF in 17.840 ton blata, da zagotovimo obratovanje naprave na polni moči.

### 6.3 Poraba zraka in količina ter sestava dimnih plinov

V naslednjih 2 tabelah (Tabela 27 in Tabela 28) so rezultati izračuna potrebne količine zraka za zgorevanje 3 mešanic odpadkov s 13, 18 in 23 MJ/kg za letno kapaciteto naprave 30.000 in 40.000 ton/a.

Tabela 27: Poraba zraka in količina ter sestava dimnih plinov pri zgorevanju mešanice RDF in blata pri letni kapaciteti 30.000 ton

	RDF 13 MJ/kg + blato	RDF 18 MJ/kg + blato	RDF 23 MJ/kg + blato	
Parameter				
C	31,70	37,00	35,25	%
H	4,00	5,79	6,22	%
S	0,30	0,30	0,27	%
O	12,00	10,79	8,98	%
N	1,00	0,71	0,55	%
Voda	31,00	27,72	35,48	%
Pepel	20,00	17,70	13,24	%
Teoretična poraba kisika	0,73	0,94	0,94	m <sup>3</sup> (O <sub>2</sub> )/kg (goriva)
Teoretična količina zraka	3,48	4,47	4,48	m <sup>3</sup> (zraka)/kg (goriva)
Dejanska količina zraka	7,17	9,11	9,10	m <sup>3</sup> (zraka)/kg (goriva)
Količina dimnih plinov	7,86	9,85	9,95	m <sup>3</sup> /kg goriva (normni pogoji)
<b>Količina suhih dimnih plinov</b>	<b>7,03</b>	<b>8,86</b>	<b>8,82</b>	m <sup>3</sup> /kg goriva (normni pogoji)
Količina in sestava dimnih plinov				
CO <sub>2</sub> "	0,59	0,69	0,65	m <sup>3</sup> /kg goriva (normni pogoji)
H <sub>2</sub> O"	0,83	0,99	1,13	m <sup>3</sup> /kg goriva (normni pogoji)
N <sub>2</sub> "	5,67	7,20	7,20	m <sup>3</sup> /kg goriva (normni pogoji)
O <sub>2</sub> "	0,77	0,98	0,97	m <sup>3</sup> /kg goriva (normni pogoji)
skupaj	7,86	9,85	9,95	m <sup>3</sup> /kg goriva (normni pogoji)
Sestava vlažnih dimnih plinov				
CO <sub>2</sub> "	7,48%	6,97%	6,57%	
H <sub>2</sub> O"	10,56%	10,03%	11,38%	
N <sub>2</sub> "	72,11%	73,10%	72,30%	
O <sub>2</sub> "	9,84%	9,90%	9,74%	
skupaj	100,00%	100,00%	100,00%	
Sestava suhih dimnih plinov				
CO <sub>2</sub> "	8,37%	7,75%	7,42%	
N <sub>2</sub> "	80,63%	81,25%	81,58%	
<b>O<sub>2</sub>"</b>	<b>11,00%</b>	<b>11,00%</b>	<b>11,00%</b>	
skupaj	100,00%	100,00%	100,00%	

Tabela 28: Poraba zraka in količina ter sestava dimnih plinov pri zgorevanju mešanice RDF in blata pri letni kapaciteti 40.000 ton

	RDF 13 MJ/kg + blato	RDF 18 MJ/kg + blato	RDF 23 MJ/kg + blato	
Parameter				
C	31,54	29,01	27,68	%
H	3,98	4,56	4,88	%
S	0,30	0,27	0,26	%
O	11,96	9,56	8,22	%
N	1,00	0,79	0,67	%
Voda	31,26	39,83	45,64	%
Pepel	19,95	15,98	12,66	%
Teoretična poraba kisika	0,73	0,73	0,73	m <sup>3</sup> (O <sub>2</sub> )/kg (goriva)
Teoretična količina zraka	3,46	3,47	3,48	m <sup>3</sup> (zraka)/kg (goriva)
Dejanska količina zraka	7,13	7,09	7,08	m <sup>3</sup> (zraka)/kg (goriva)
Količina dimnih plinov	7,83	7,90	7,98	m <sup>3</sup> /kg goriva (normni pogoji)
<b>Količina suhih dimnih plinov</b>	<b>7,00</b>	<b>6,90</b>	<b>6,87</b>	m <sup>3</sup> /kg goriva (normni pogoji)
Količina in sestava dimnih plinov				
CO <sub>2</sub> "	0,59	0,54	0,51	m <sup>3</sup> /kg goriva (normni pogoji)
H <sub>2</sub> O"	0,83	1,00	1,11	m <sup>3</sup> /kg goriva (normni pogoji)
N <sub>2</sub> "	5,64	5,60	5,60	m <sup>3</sup> /kg goriva (normni pogoji)
O <sub>2</sub> "	0,77	0,76	0,76	m <sup>3</sup> /kg goriva (normni pogoji)
skupaj	7,83	7,90	7,98	m <sup>3</sup> /kg goriva (normni pogoji)
Sestava vlažnih dimnih plinov				
CO <sub>2</sub> "	7,48%	6,81%	6,44%	
H <sub>2</sub> O"	10,63%	12,68%	13,92%	
N <sub>2</sub> "	72,06%	70,90%	70,17%	
O <sub>2</sub> "	9,83%	9,60%	9,47%	
skupaj	100,00%	100,00%	100,00%	
Sestava suhih dimnih plinov				
CO <sub>2</sub> "	8,37%	7,80%	7,48%	
N <sub>2</sub> "	80,63%	81,20%	81,52%	
<b>O<sub>2</sub>"</b>	<b>11,00%</b>	<b>11,00%</b>	<b>11,00%</b>	
skupaj	100,00%	100,00%	100,00%	

## 6.4 Letna emisija snovi v zrak

Naslednji 2 tabeli (Tabela 29 in Tabela 30) podajata pregled porabe posameznih odpadkov pri kapaciteti 30.000 in 40.000 ton mešanice odpadkov na leto in letno količino suhih dimnih plinov za vsako zmes. Letna količina suhih dimnih plinov je povprečje letnih emisij pri računski sestavi goriva.

Tabela 29: Poraba odpadkov in količina dimnih plinov pri letni kapaciteti 30.000 ton

	RDF 13 MJ/kg + blato	RDF 18 MJ/kg + blato	RDF 23 MJ/kg + blato		
Parameter	Vrednost	Vrednost	Vrednost	Enota	Opomba
Letna količina RDF	30.000	28.710	22.368	ton/leto	
Letna količina blata	0	1.290	7.632	ton/leto	
Letna količina mešanice	30.000	30.000	30.000	ton/leto	
Skupna kurilna vrednost	13	17	17	MJ/kg	
Količina suhih dimnih plinov	7,032	8,863	8,820	m <sup>3</sup> /kg	normno stanje pri 11% kisika
Letna količina suhih dimnih plinov:	210.947.626	265.904.470	264.597.149	m <sup>3</sup> /leto	normno stanje pri 11% kisika

Tabela 30: Poraba odpadkov in količina dimnih plinov pri letni kapaciteti 40.000 ton

	RDF 13 MJ/kg + blato	RDF 18 MJ/kg + blato	RDF 23 MJ/kg + blato		
Parameter	Vrednost	Vrednost	Vrednost	Enota	Opomba
Letna količina RDF	39.760	28.480	22.160	ton/leto	
Letna količina blata	240	11.520	17.840	ton/leto	
Letna količina mešanice	40.000	40.000	40.000	ton/leto	
Skupna kurilna vrednost	13	13	13	MJ/kg	
Količina suhih dimnih plinov	6,997	6,902	6,868	m <sup>3</sup> /kg	normno stanje pri 11% kisika
Letna količina suhih dimnih plinov:	279.863.623	276.080.815	274.707.880	m <sup>3</sup> /leto	normno stanje pri 11% kisika

Obstoječi OVD [5] podaja skupno letno količino odpadkov, ki znaša 30.000 ton/a. Pri tej kapaciteti obdelave odpadkov se je v tehnični dokumentaciji navajala tudi količina dimnih plinov v višini 35.000 m<sup>3</sup>/h pri normnem stanju in 11% O<sub>2</sub>. Za pričakovano stanje dovoljenja za sežig 40.000 ton/a je pričakovana najvišja količina dimnih plinov 45.000 m<sup>3</sup>/h pri normnem stanju in 11% O<sub>2</sub>.

Ker so v nadaljevanju tega dokumenta podane vrednosti, ki so vezane na urne emisije snovi v okolje, smo za primerjave in izračune uporabili izračunane vrednosti v prejšnjih poglavjih in za dodatno primerjavo še računsko količino dimnih plinov 35.000 Nm<sup>3</sup>/h pri normnem stanju in 11% O<sub>2</sub> za kapaciteto 30.000 ton/a odpadkov in za pričakovano povečano kapaciteto na 40.000 ton/a 45.000 Nm<sup>3</sup>/h dimnih plinov pri normnem stanju in 11% O<sub>2</sub>.

Tabela 31 podaja letne maksimalne dovoljene emisije pri obratovanju 8.000 ur in maksimalni količini dimnih plinov 35.000 Nm<sup>3</sup>/h (30.000 ton/a), ki so izračunane iz obstoječih vrednostih MEV, kot jih narekuje OVD [5] in letne količine suhih dimnih plinov, ki smo jih izračunali in predstavili v tabeli 29. Vse vrednosti so podane v kg/a, razen za PCDD/F, katerih vrednost je podana v g I-TEQ/a.

Tabela 32 podaja predlog novih MEV, ki smo jih oblikovali na osnovi priporočil BAT zaključkov [1] in kljub povečanju kapacitete sežiga odpadkov na 40.000 ton/a zagotavljajo, da bo letna emisija snovi v zrak nižja kot je le-ta sedaj dovoljena. Za izračun smo uporabili vrednosti iz tabele 30. Primerjava letnih emisij za maksimalne vrednosti dimnih plinov 35.000 Nm<sup>3</sup>/h (30.000 ton/a) in povišane maksimalne količine dimnih plinov na 45.000 Nm<sup>3</sup>/h (40.000 ton/a) prav tako zagotavlja, da bo letna emisija snovi v zrak nižja kot je le-ta sedaj dovoljena. Vse vrednosti so podane v kg/a, razen za PCDD/F, katerih vrednost je podana v g I-TEQ/a.



Tabela 31: Obstoječe MEV in letna maksimalna dovoljena emisija onesnaževala [kg/a] pri kapaciteti 30.000 ton

	OVD [5]	RDF 13 MJ/kg + blato	RDF 18 MJ/kg + blato	RDF 23 MJ/kg + blato	Maks. urna količina d.p. 35.000 m <sup>3</sup> /h
Parameter	Dnevna MEV [mg/Nm <sup>3</sup> ]	Letna emisija [kg/a]	Letna emisija [kg/a]	Letna emisija [kg/a]	Letna emisija [kg/a]
Skupni prah	10	2.109,48	2.659,04	2.645,97	2.800,00
Ogljikov monoksid (CO)	50	10.547,38	13.295,22	13.229,86	14.000,00
Skupne organske snovi (TOC)	10	2.109,48	2.659,04	2.645,97	2.800,00
Plinaste anorganske spojine klora, izražene kot HCl	10	2.109,48	2.659,04	2.645,97	2.800,00
Plinaste anorganske spojine fluora, izražene kot HF*	4	843,79	1.063,62	1.058,39	1.120,00
Dušikovi oksidi, izraženi kot NO <sub>2</sub>	200	42.189,53	53.180,89	52.919,43	56.000,00
Žveplov oksidi izraženi kot SO <sub>2</sub>	50	10.547,38	13.295,22	13.229,86	14.000,00
Težke kovine in njihove spojine:					
a) Cd ,Tl*	0,05	10,55	13,30	13,23	14,00
b) Hg*	0,05	10,55	13,30	13,23	14,00
c) Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V*	0,5	105,47	132,95	132,30	140,00
Dioksini in furani**	0,1	0,0211	0,0266	0,0265	0,03
Amonijak NH <sub>3</sub> *	10	2.109,48	2.659,04	2.645,97	2.800,00
Benzo(a)piren*	0,05	10,55	13,30	13,23	14,00

Opombe:

\* občasne meritve

\*\* vrednost podana v ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup> oziroma g I-TEQ/a

Tabela 32: Predlog novih MEV in na njihovi osnovi izračunana letna maksimalna emisija onesnaževala [kg/a] pri kapaciteti 40.000 ton

	PREDLOG NOVIH VREDNOSTI	RDF 13 MJ/kg + blato	RDF 18 MJ/kg + blato	RDF 23 MJ/kg + blato	Maks. urna količina d.p. 45.000 m <sup>3</sup> /h
Parameter	Dnevne MEV [mg/Nm <sup>3</sup> ]	Letna emisija [kg/a]	Letna emisija [kg/a]	Letna emisija [kg/a]	Letna emisija [kg/a]
Skupni prah	5	1.399,32	1.380,40	1.373,54	1.800,00
Ogljikov monoksid (CO)	35	9.795,23	9.662,83	9.614,78	12.600,00
Skupne organske snovi (TOC)	7	1.959,05	1.932,57	1.922,96	2.520,00
Plinaste anorganske spojine klora, izražene kot HCl	7	1.959,05	1.932,57	1.922,96	2.520,00
Plinaste anorganske spojine fluora, izražene kot HF	1	279,86	276,08	274,71	360,00
Dušikovi oksidi, izraženi kot NO <sub>2</sub>	150	41.979,54	41.412,12	41.206,18	54.000,00
Žveplov oksidi izraženi kot SO <sub>2</sub>	35	9.795,23	9.662,83	9.614,78	12.600,00
Težke kovine in njihove spojine:					
a) Cd ,Tl	0,02	5,60	5,52	5,49	7,20
b) Hg	0,02	5,60	5,52	5,49	7,20
c) Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V	0,3	83,96	82,82	82,41	108,00
Dioksini in furani*	0,06	0,0168	0,0166	0,0165	0,0216
Amonijak NH <sub>3</sub>	7	1.959,05	1.932,57	1.922,96	2.520,00
Benzo(a)piren	0,035	9,80	9,66	9,61	12,60

Opombe:

\* vrednost podana v ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup> oziroma g I-TEQ/a

## 6.5 Emisije onesnaževal v zrak in trdne ostanek

V tem podpoglavju so predstavljene izračunane vrednosti porazdelitve onesnaževal na emisije v zrak in trdni preostanek. Rezultati rednih meritev emisij v zrak preteklih let pri kapaciteti 30.000 so predstavljali izhodišče za izračun pričakovanih emisij oziroma porazdelitve onesnaževal pri kapaciteti 40.000 ton/a. Prav tako so v tabelah (Tabela 37 in Tabela 38) izračunane urne emisije oziroma porazdelitev onesnaževal za obe kapaciteti.

Tabela 33: Koncentracija kovin in kislih plinov v suhih dimnih plinih na dimniku pri letni kapaciteti 30.000 ton

			RDF 13 MJ/kg + blato	RDF 18 MJ/kg + blato	RDF 23 MJ/kg + blato
Parameter	Oznaka	Enota	Vrednost	Vrednost	Vrednost
Volumen suhih dimnih plinov		Nm <sup>3</sup> /kg	7,0316	8,8635	8,8199
Težke kovine	Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu,Mn, Ni, V, Sn	mg/Nm <sup>3</sup>	0,0173	0,0148	0,0202
Kadmij in talij	Cd, Tl	mg/Nm <sup>3</sup>	0,0200	0,0156	0,0141
Živo srebro	Hg	mg/Nm <sup>3</sup>	0,0100	0,0091	0,0148
Klor	Cl	mg/Nm <sup>3</sup>	1,2799	0,9770	0,7920
Žveplo	S	mg/Nm <sup>3</sup>	1,2799	1,0736	1,3665
Fluor	F	mg/Nm <sup>3</sup>	0,1550	0,1230	0,1236

Tabela 34: Koncentracija kovin in kislih plinov v suhih dimnih plinih na dimniku pri letni kapaciteti 40.000 ton

			RDF 13 MJ/kg + blato	RDF 18 MJ/kg + blato	RDF 23 MJ/kg + blato
Parameter	Oznaka	Enota	Vrednost	Vrednost	Vrednost
Volumen suhih dimnih plinov		Nm <sup>3</sup> /kg	6,9966	6,9020	6,8677
Težke kovine	Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu,Mn, Ni, V, Sn	mg/Nm <sup>3</sup>	0,0175	0,0268	0,0321
Kadmij in talij	Cd, Tl	mg/Nm <sup>3</sup>	0,0201	0,0177	0,0163
Živo srebro	Hg	mg/Nm <sup>3</sup>	0,0103	0,0200	0,0255
Klor	Cl	mg/Nm <sup>3</sup>	1,2795	0,9735	0,7961
Žveplo	S	mg/Nm <sup>3</sup>	1,2966	1,8047	2,0898
Fluor	F	mg/Nm <sup>3</sup>	0,1558	0,1579	0,1587

Tabela 35: Koncentracija kovin, žvepla, klora in fluora v trdnih ostankih (mg/kg trdnih ostankov) pri letni kapaciteti 30.000 ton

			RDF 13 MJ/kg + blato	RDF 18 MJ/kg + blato	RDF 23 MJ/kg + blato
Parameter	Oznaka	Enota	Vrednost	Vrednost	Vrednost
Masa trdnih ostankov/gorivo		(kg/kg)	0,23	0,21	0,16
Težke kovine	Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu,Mn, Ni, V, Sn	mg/kg	1.758,48	2.107,62	3.649,90
Kadmij in talij	Cd, Tl	mg/kg	23,39	25,48	29,30
Živo srebro	Hg	mg/kg	0,59	0,76	1,56
Klor	Cl	mg/kg	21.700,00	23.199,87	23.857,26
Žveplo	S	mg/kg	13.004,35	15.278,44	24.669,56
Fluor	F	mg/kg	430,04	477,85	609,17

Tabela 36: Koncentracija kovin, žvepla, klora in fluora v trdnih ostankih (mg/kg trdnih ostankov) pri letni kapaciteti 40.000 ton

			RDF 13 MJ/kg + blato	RDF 18 MJ/kg + blato	RDF 23 MJ/kg + blato
Parameter	Oznaka	Enota	Vrednost	Vrednost	Vrednost
Masa trdnih ostankov/gorivo		(kg/kg)	0,23	0,19	0,16
Težke kovine	Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu,Mn, Ni, V, Sn	mg/kg	1.781,96	3.252,64	4.688,76
Kadmij in talij	Cd, Tl	mg/kg	23,38	24,63	27,39
Živo srebro	Hg	mg/kg	0,61	1,41	2,18
Klor	Cl	mg/kg	21.636,22	19.627,48	19.359,80
Žveplo	S	mg/kg	13.139,23	21.805,44	30.453,63
Fluor	F	mg/kg	431,06	521,02	631,53

Tabela 37: Masna bilanca težkih kovin, halogenih elementov in žvepla pri letni kapaciteti 30.000 ton [kg/h]

	RDF 13 MJ/kg + blato		RDF 18 MJ/kg + blato		RDF 23 MJ/kg + blato	
Parameter	V zrak	Trdni ostanki	V zrak	Trdni ostanki	V zrak	Trdni ostanki
Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu,Mn, Ni, V, Sn	0,0005	1,5167	0,0005	1,6360	0,0007	2,2224
Cd, Tl	0,0005	0,0202	0,0005	0,0198	0,0005	0,0178
Hg	0,0003	0,0005	0,0003	0,0006	0,0005	0,0009
Cl	0,0338	18,7163	0,0325	18,0080	0,0262	14,5262
S	0,0338	11,2163	0,0357	11,8593	0,0452	15,0208
F	0,0041	0,3709	0,0041	0,3709	0,0041	0,3709

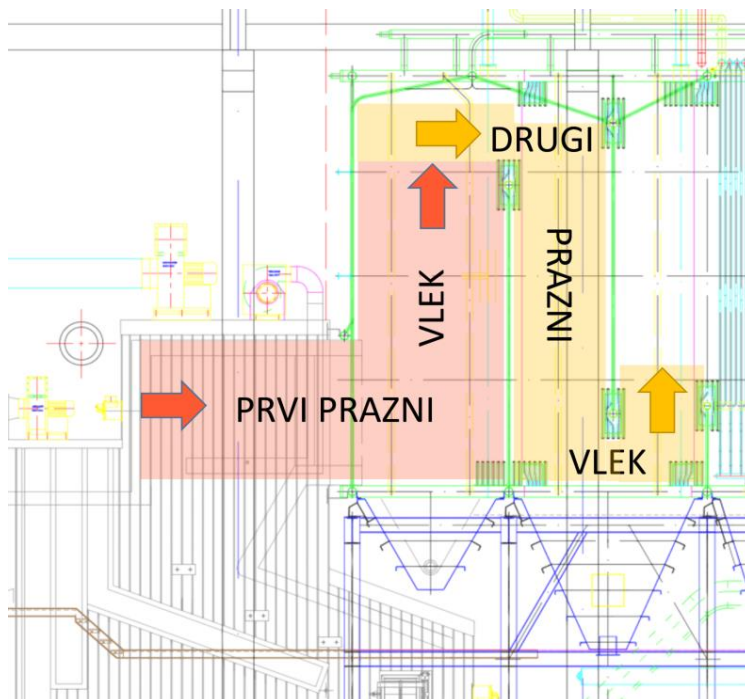
Tabela 38: Masna bilanca težkih kovin, halogenih elementov in žvepla pri letni kapaciteti 40.000 ton [kg/h]

Parameter	RDF 13 MJ/kg + blato		RDF 18 MJ/kg + blato		RDF 23 MJ/kg + blato	
	V zrak	Trdni ostanki	V zrak	Trdni ostanki	V zrak	Trdni ostanki
Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu,Mn, Ni, V, Sn	0,0006	2,0444	0,0009	3,0874	0,0011	3,6718
Cd, Tl	0,0007	0,0268	0,0006	0,0234	0,0006	0,0214
Hg	0,0004	0,0007	0,0007	0,0013	0,0009	0,0017
Cl	0,0448	24,8232	0,0336	18,6304	0,0273	15,1607
S	0,0454	15,0746	0,0623	20,6977	0,0718	23,8482
F	0,0055	0,4946	0,0055	0,4946	0,0055	0,4946

## 6.6 Adiatna temperatura, temperatura zgorevanja in čas zadrževanja

Naslednji tabeli (Tabela 39 in Tabela 40) prikazujeta rezultate izračuna časa zadrževanja dimnih plinov po zadnjem dovajanju goriva in zraka do prvega toplotnega prenosnika (pregrevalnika pare), kjer se odvzema toplota dimnim plinom, s čimer se le-ti ohladijo. Ta temperatura mora biti skladno z zahtevami naše in EU zakonodaje ves čas nad 850 °C, čas zadrževanja pa znašati vsaj 2 sekundi [2],[7]. Pri izračunu se je predpostavilo homogeno temperaturno, snovno in tokovno polje ter izvedel integralni izračun vzdolž poti dimnih plinov. Za temperaturo zgorevanja smo uporabili izračun, pri čemer smo glede na adiatno temperaturo predpostavili 10 % izgub in izračunali obratovalno temperaturo, količino dimnih plinov pa so se uporabili podatki v zgoraj predstavljenih izračunih (poglavje 6.3 na strani 30). Temperature za maksimalno urno količino dimnih plinov in vsebnost vlage so bile predpostavljene, saj jih zaradi nepoznavanja natančne sestave odpadkov nismo mogli izračunati. Slika 1 predstavlja prečni prerez kurišča in kotla, kjer sta označena prosta vleka brez odvzema toplote med zadnjim dovodom zraka in gorilnikom ter prvim toplotnim prenosnikom (pregrevalnikom) za odvzem toplote dimnim plinom. Prosta vleka sta označena ločeno, saj se spremeni presek vleka.

Čas zadrževanja je izračunan na polni moči, ko so časi zadrževanja najkrajši. Čas je ustrezen v vseh preračunanih primerih.



Slika 1: Lokacija prvega in drugega praznega vleka v Toplarni Celje

Tabela 39: Čas zadrževanja dimnih plinov na temperaturi nad 850°C pri obratovanju s kapaciteto 30.000 ton/a

Temperatura zgorevanja	Enota	RDF 13 MJ/kg + blato	RDF 18 MJ/kg + blato	RDF 23 MJ/kg + blato	Maks. urna količina d.p. 35.000 m <sup>3</sup> /h*
Adiabatna	°C	1094	1154	1143	1100
Dejanska (10% izgub)	°C	994	1049	1039	1000
Količina dimnih plinov					
Pri normnih pogojih	m <sup>3</sup> /kg	7,86	9,85	9,95	10,36
Pri adiabatni temperaturi zgorevanja	m <sup>3</sup> /kg	39,36	51,50	51,64	52,10
Pri dejanski temperaturi zgorevanja	m <sup>3</sup> /kg	36,49	47,71	47,85	48,31
Polna moč	MW	14	18	18	18
Količina d.p. na polni moči - dejanska	m <sup>3</sup> /s	38,01	49,74	49,85	50,32
Presek kotla - prvi prazni vlek (3,6x2,9 m)	m <sup>2</sup>	10,44	10,44	10,44	10,44
Presek kotla - drugi prazni vlek (3,6x1,9 m)	m <sup>2</sup>	6,84	6,84	6,84	6,84
Dolžina prvega vleka	m	7,00	7,00	7,00	7,00
Dolžina drugega vleka	m	9,00	9,00	9,00	9,00
<b>Čas zadrževanja</b>	<b>s</b>	<b>3,54</b>	<b>2,71</b>	<b>2,70</b>	<b>2,68</b>

Opomba:

\*Predpostavljena adiabatna in dejanska temperatura zgorevanja ter vsebnost vlage v dimnih plinih

Tabela 40: Čas zadrževanja dimnih plinov na temperaturi nad 850°C pri obratovanju s kapaciteto 40.000 ton/a

Temperatura zgorevanja	Enota	RDF 13 MJ/kg + blato	RDF 18 MJ/kg + blato	RDF 23 MJ/kg + blato	Maks. urna količina d.p. 45.000 m <sup>3</sup> /h*
Adiabatna	°C	1092	1081	1071	1050
Dejanska (10% izgub)	°C	993	983	974	950
Količina dimnih plinov					
Pri normnih pogojih	m <sup>3</sup> /kg	7,83	7,90	7,98	9,99
Pri adiabatni temperaturi zgorevanja	m <sup>3</sup> /kg	39,15	39,21	39,28	48,41
Pri dejanski temperaturi zgorevanja	m <sup>3</sup> /kg	36,30	36,36	36,43	44,75
Polna moč	MW	18	18	18	18
Količina d.p. na polni moči - dejanska	m <sup>3</sup> /s	53,18	50,53	50,66	62,16
Presek kotla - prvi prazni vlek (3,6x2,9 m)	m <sup>2</sup>	10,44	10,44	10,44	10,44
Presek kotla - drugi prazni vlek (3,6x1,9 m)	m <sup>2</sup>	6,84	6,84	6,84	6,84
Dolžina prvega vleka	m	7,00	7,00	7,00	7,00
Dolžina drugega vleka	m	9,00	9,00	9,00	9,00
<b>Čas zadrževanja</b>	<b>s</b>	<b>2,67</b>	<b>2,66</b>	<b>2,66</b>	<b>2,17</b>

Opomba:

\*Predpostavljena adiabatna in dejanska temperatura zgorevanja ter vsebnost vlage v dimnih plinih

## 7 Sklep

Z izračuni se je preverilo obstoječe obratovanje Toplarne Celje s kapaciteto 30.000 ton in izvedla simulacija obratovanja s kapaciteto 40.000 ton na leto mešanice RDF in blata. Za izračune so se oblikovale različne mešanice, pri čemer se je za njihov izračun uporabil RDF s tremi različnimi kurilnimi vrednostmi (13, 18 in 23 MJ/kg), vedno pa se je poskušalo z mešanico in dovoljeno letno kapaciteto zagotoviti najvišjo termično moč odpadkov oziroma polno izkoriščenost naprave.

Pri izračunih se je upoštevalo obratovanje naprave 8.000 ur na leto in maksimalno dopustno toplotno moč mešanice odpadkov 18 MW.

Naprava ima skladno z OVD [5] določene MEV, ki so bile osnova za določitev največjih letnih emisij onesnaževal.

Decembra 2019 so bili uveljavljeni BAT zaključki, ki nižajo mejne emisijske vrednosti. Z njihovo uveljavitvijo bi letne dovoljene emisije snovi v zrak kljub povečani kapaciteti naprave na 40.000 ton znižali. V ta namen predlagamo, da se **nove MEV** za napravo (povprečne dnevne vrednosti) določijo na nivoju, ki je predstavljan v naslednji tabeli (Tabela 41).

Tabela 41: Predlog novih MEV ob povečanju kapacitete na 40.000 ton/a za znižano maksimalno dovoljeno emisijo snovi v zrak

Parameter	PREDLOG NOVIH VREDNOSTI	BAT zaključki [1]	
	Dnevne MEV [mg/Nm <sup>3</sup> ]	Od	Do
Skupni prah	5	2	5
Ogljikov monoksid (CO)	35	10	50
Skupne organske snovi (TOC)	7	3	10
Plinaste anorganske spojine klora, izražene kot HCl	7	2	8
Plinaste anorganske spojine fluora, izražene kot HF	1	-	1
Dušikovi oksidi, izraženi kot NO <sub>2</sub>	150	50	180
Žveplovi oksidi izraženi kot SO <sub>2</sub>	35	5	40
Težke kovine in njihove spojine:			
a) Cd, Tl	0,02	0,005	0,02
b) Hg	0,02	0,005	0,02
c) Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V	0,3	0,01	0,3
Dioksini in furani*	0,06	0,01	0,06
Amonijak NH <sub>3</sub>	7	2	15
Benzo(a)piren**	0,035	-	0,05

Opomba:

\* vrednost podana v ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup>

\*\* Parameter benzo(a)pirena ni podan v BAT zaključkih. Parameter in vrednost izhajata iz OVD.

## 8 Literatura

- [1] BAT zaključki najboljših razpoložljivih tehnik za sežiganje odpadkov, december 2019, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32019D2010&from=EN>
- [2] Direktiva 2010/75/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 24. novembra 2010 o industrijskih emisijah (celovito preprečevanje in nadzorovanje onesnaževanja) Besedilo velja za EGP, Uradni list Evropske unije L 334, 17.12.2010, str. 17–119 s popravkom, UL L 158, 19.6.2012, str. 25 (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?qid=1545378152880&uri=CELEX:02010L0075-20110106>).
- [3] Dokumentacija odgovornega projektanta dr. Filipa Kokalj (IZS S-1422) in izdelovalca naprave KIV Engineering, d.o.o., lasten arhiv
- [4] Odločba komisije z dne 3. maja 2000 o nadomestitvi Odločbe 94/3/ES o oblikovanju seznama odpadkov skladno s členom 1(a) Direktive Sveta 75/442/EGS o odpadkih in Odločbe Sveta 94/904/ES o oblikovanju seznama nevarnih odpadkov skladno s členom 1(4) Direktive Sveta 91/689/EGS o nevarnih odpadkih (2000/532/ES), UL L 226 6.9.2000, str. 3 in popravki ter dopolnitve: ODLOČBA KOMISIJE 2001/118/ES z dne 16. januarja 2001, ODLOČBA KOMISIJE 2001/119/ES z dne 22. januarja 2001, ODLOČBA SVETA 2001/573/ES z dne 23. julija 2001, SKLEP KOMISIJE 2014/955/EU z dne 18. decembra 2014 in pravek, UL L 172, 5.7.2017, str. 36 (2014/955/EU)
- [5] Okoljevarstveno dovoljenje, Energetika Celje javno podjetje, d.o.o., izdano 12. 01. 2006, št. zadeve 35407-8/2005, in odločbe o spremembi: izdaja 30.10.2013 (št. zadeve 35407-28/2011), izdaja 18.12.2015 (št. zadeve 35406-46/2015) in izdaja 31.01.2019 (št. zadeve 35406-76/2017)
- [6] Uredba Komisije (EU) št. 1357/2014 z dne 18. decembra 2014 o nadomestitvi Priloge III k Direktivi 2008/98/ES Evropskega parlamenta in Sveta o odpadkih in razveljavitvi nekaterih direktiv, UL L 365, 19.12.2014, str. 89–96
- [7] Uredba o sežigalnicah odpadkov in napravah za sosežig odpadkov, Uradni list RS, št. 8/16