



GP sistemi, d.o.o.

GP sistemi, inženiring, d.o.o.
Rožna dolina, cesta XVII 024C
SI – 1000 Ljubljana
Matična št.: 3280047000
ID za DDV: SI59287454

T +386 59 097 700
E info@gp-sistemi.com
www.gp-sistemi.com
Osnovni kapital: 2.100.000 EUR
Reg. organ: Okrožno sodišče Celje

ELABORAT M4 – PRESOJA PROJEKTIRANE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI OBRATA za sežigalnico komunalnih odpadkov Maribor

Naziv projekta:

Študija izvedljivosti umestitve, izvedbe in obratovanja objekta za energijsko izrabo odpadkov Maribor ter ostalih objektov ravnanja z odpadki

Faza projekta: Prijava na koncesijo

Naročnik:

Javno podjetje Energetika Maribor d.o.o., Jadranska cesta 28, 2000 Maribor

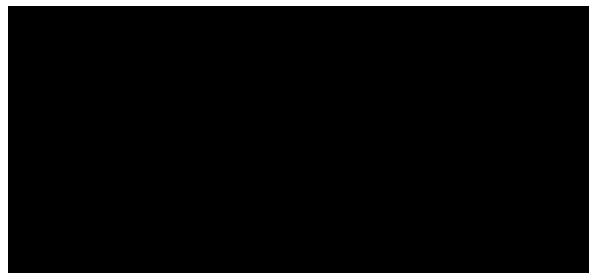
Dobavitelj:

pripravljalec Študije izvedljivosti za sežigalnico komunalnih odpadkov Maribor GP sistemi inženiring d.o.o. in podizvajalec XORTIMAX d.o.o.

Lokacija: Maribor

Elaborat pripravila: [REDACTED], [REDACTED]
[REDACTED]

Datum izdelave elaborata: 29.01.2026



Vsebina

1. NAMEN, CILJ IN PRAVNA PODLAGA.....	3
2. PRAVNE PODLAGE IN REFERENČNI DOKUMENTI.....	3
3. OPIS OBJEKTA IN TEHNOLOŠKE REŠITVE	3
3.1 Osnovni podatki o objektu	3
3.2 Tehnološki proces	4
4. ENERGETSKI KONCEPT OBRATA.....	5
4.1 Viri energije	5
4.2 Proizvodnja energije	5
4.3 Toplotne izgube.....	5
4.4 IZRAČUN energetske učinkovitosti obrata.....	6
4.4.1 Formula	6
4.4.2 Vhodni podatki.....	6
4.4.3 Izračun.....	6
4.5 IZRAČUN energetske učinkovitosti predelave odpadkov po postopku R1	7
5. UKREPI ZA DOSEGANJE VISOKE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI	8
6. OKOLJSKI VIDIKI IN PODNEBNI UČINKI	9
7. SKLEP.....	9

1. NAMEN, CILJ IN PRAVNA PODLAGA

Ta elaborat je pripravljen kot del vloge za pridobitev koncesije za izvajanje gospodarske javne službe termične obdelave odpadkov. Namen elaborata je presoja projektirane energetske učinkovitosti predvidenega objekta in tehnologije ter dokazovanje skladnosti z veljavno zakonodajo, razpisnimi pogoji in načeli najboljše razpoložljive tehnike (BAT).

Elaborat obravnava celostni energetski koncept obrata, vključno s pretvorbo energije iz odpadkov, lastno rabo energije, izrabo proizvedene toplote in električne energije ter prispevek objekta k trajnostnemu energetskega sistema.

2. PRAVNE PODLAGE IN REFERENČNI DOKUMENTI

Pri pripravi elaborata so bili upoštevani naslednji predpisi in dokumenti:

- Zakon o varstvu okolja (ZVO-2),
- Uredba o odpadkih,
- Direktiva 2008/98/ES o odpadkih,
- Direktiva 2010/75/EU (IED),
- Energetski zakon (EZ-2),
- Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES),
- Direktiva 2010/75/EU o industrijskih emisijah (IED),
- BAT Conclusions for Waste Incineration (EU 2019/2010),
- Nacionalni energetski in podnebni načrt Republike Slovenije (NEPN).

3. OPIS OBJEKTA IN TEHNOLOŠKE REŠITVE

3.1 Osnovni podatki o objektu

Predvidena je naprava za sežig komunalnih odpadkov z letno kapaciteto 50.000 ton. Od tega je 31.000 ton GJS, 19.000 ton pa posebnih storitev. Uporabniki GJS morajo Če odpadkov za izvajanje GJS iz lastnega prispevnega območja ni dovolj, se manjkajočo količino dopolni iz drugih prispevnih območij z gorivom za izvajanje posebne storitve sežiga. Največjo količino izvajanja posebnih storitev izvajalcu gospodarske javne službe določi konkudent v tekočem letu za prihodnje leto na njegovo prošnjo (člen 6, točka 3 iz Uredbe o opravljanju in izvajanju obvezne državne gospodarske javne službe sežiganja).

Obratovanje je zasnovano kot neprekinjeno v režimu (24/7), z visoko razpoložljivostjo sistema in z eno načrtovano zaustavitvijo letno za izvedbo letnega servisa (obratovanje 8.000 h letno).

Energija, ki se sprosti pri sežigu odpadkov se preko membranskih sten in izmenjevalcev toplote naprave pretvori v visoko tlačno paro s katero se v dvostopenjski kondenzacijski parni turbini v sproizvodnji proizvaja toplota in električna energija. Del toplote se uporabi za daljinsko ogrevanje mesta Maribor, del za sušenja blat KČN, ostala energija pa se v turbini v nizko tlačnem delu parne turbine porabi za proizvodnjo električne energije v kondenzacijskem načinu.

Toplotna moč vhodnega goriva je 28,8 MW, izračunana glede na letno količino 50.000 ton goriva in nižjo kurilno vrednostjo goriva 16,6 MJ/kg. Največja moč toplotnega izmenjevalca za daljinsko ogrevanje na pragu objekta je 17,32 MW.

Energija, ki se sprosti pri sežigu odpadkov z dimnimi plini zapusti kurišče in se preko membranskih sten prenaša v paro. Za tem sledi prenos energije iz dimnih plinov v visoko tlačno paro s paro v pregrevanikih pare. Z visoko tlačno paro se v dvostopenjski kondenzacijski parni turbini v soproizvodnji proizvaja toplota in električna energija. Del toplote se uporabi za daljinsko ogrevanje mesta Maribor, del za sušenja blat KČN, ostala energija pa se v turbini v nizko tlačnem delu parne turbine porabi za proizvodnjo električne energije v kondenzacijskem načinu.

Pri tehnologiji sežiga v vrtničnem sloju peska (BFB) je proizvodnja pare 32,58 ton na uro, pri tehnologiji rešetke pa 31,89 ton na uro. Razlika nastane predvsem zaradi slabšega izgorevanja ogljika v gorivu, ki je posledica slabšega nadzora procesa izgorevanja goriva v kurišču. Posledično je nekaj nižja moč ogrevanja in moč proizvodnje električne energije.

V spodnji tabeli je prikazanih nekaj osnovnih podatkov in razlik glede na tehnologijo sežiga. Porabljen energija za potrebe ogrevanja je izračunana na podlagi podatkov na urni osnovi za celo leto po potrebni energiji na izmenjevalcu toplote na meji naprave, ki jo je posredoval Naročnik in vključuje širitev sistema ogrevanja na levi breg.

Tabela: primerjava nekaterih osnovnih parametrov tehnologij sežiga BFB in rešetka

Opis	e.m.	BFB	rešetka
Ure obratovanja letno (remont predviden 1 mesec poleti)	ura	8.000	8.000
Poraba goriva	t/h	6,25	6,25
Moč vhodnega goriva	MW	28,8	28,8
Energija vhodnega goriva	MWh/leto	230.400	230.400
Proizvodnja pare (64 bara, 430°C)	t/h	32,58	31,89
Proizvodnja pare (64 bara, 430°C)	t/leto	260.640	255.120
Največja moč ogrevanja	MW	17,32	16,89
Neto moč za sušenje blat KČN	MW	0,94	0,94
Predvidena poraba toplote za ogrevanje	MWh/leto	72.821	72.821
Porabljen (oddana) toplota za daljinsko ogrevanje	MWh/leto	61.693	60.995
Porabljen toplota za sušenja blata	MWh/leto	7.519	7.519
Proizvedena električna energija bruto	MWh/leto	49.948	48.811
Lastna raba električne energije	MWh/leto	8.798	8.798
Proizvedena električna energija neto	MWh/leto	41.150	40.013

3.2 Tehnološki proces

V obratu za termično obdelavo odpadkov je predvidena termična obdelava predhodno mehansko obdelanih komunalnih odpadkov ter kosovnega odpada, kjer se odpad predela v gorivo za novi obrat za termično obdelavo: odstrani se kovinske dele ter druge dele, ki jih je mogoče snovno predelati, ter celotno gorivo zdrobi na ustrezno majhno dimenzijo.

Obrat za termično obdelavo nenevarnih odpadkov bo vseboval naslednje sklope:

- Sistem sprejema goriva in začasnega skladiščenja – predvidena kapaciteta skladišča je za nekaj dni obratovanja obrata,
- Visokotlačni parni kotel s sistemom doziranja goriva, izločanja neizgorelih delcev,
- Sistem čiščenja dimnih plinov, merilnik emisij, dimnik,

- Sistem za zbiranje in skladiščenje pepela
- Sistem za pripravo turbinske vode in napajalni rezervoar,
- Dvostopenjska turbina z električnim generatorjem,
- Toplotni izmenjevalec za predajo toplote sistemu daljinskega ogrevanja,
- Kondenzator pare z zračnim hladilnikom,
- NN krmilni del ter SN del s transformatorjem.

4. ENERGETSKI KONCEPT OBRATA

Energetski koncept obrata temelji na visoko učinkoviti pretvorbi energije, vsebovane v odpadkih, v uporabno električno in toplotno energijo. Cilj zasnove je maksimalna izraba razpoložljive energije ob minimalni lastni rabi in minimalnih obratovalnih izgubah.

4.1 Viri energije

Primarni vir energije predstavljajo odpadki z ocenjenim povprečnim spodnjim kurilnim vrednostjo 16,6 MJ/kg. Dodatni viri energije so omejeni na zagon naprave, ki je predviden enkrat letno, in varnostno obratovanje. Ob zagonu naprave je predvidena uporaba zemeljskega plina s polovično močjo delovanja naprave v dolžini 12-24 ur ter pred sinhronizacijo generatorja parne turbine z električnim omrežjem poraba električne energije za lastni odjem kotla.

4.2 Proizvodnja energije

Toplotna energija, pridobljena v parnem kotlu, se uporablja za:

- proizvodnjo električne energije v generatorju parne turbine za lastni odjem (delovanje visokotlačnega parnega kotla),
- dobavo toplote v sistem daljinskega ogrevanja,
- sušenje blat KČN Maribor,
- pokrivanje lastnih energetskih potreb obrata – predgretje izgorevalnega zraka.

4.3 Toplotne izgube

Termični izkoristek celotne sežigalnice je odvisen tudi od izbire tehnologije izgorevanja. Višje vrednosti izkoristkov dosegajo obrati s tehnologijo izgorevanja v vrtinčnem sloju peska, kjer v pepelu in neizgorelih snoveh iz kurišča ni preostalega ogljika. Nekoliko nižje vrednosti termičnega izkoristka dosegajo obrati s tehnologijo izgorevanja na rešetki, kjer ostane v pepelu majhen delež ogljika.

Največ toplote odteka iz obrata z dimnimi plini, ki imajo na izhodu iz dimnika temperaturo 150-160°C. Taka izbira izhodne temperature je skladna z BAT.

Drugi največji vir izgub toplote predstavljajo stene visokotlačnega parnega kotla, ki so obdane s 15 cm – 20 cm debelo izolacijo iz kamene volne. Toplotne izgube skozi izolacijo sten so 0,3% - 0,7% energijske vrednosti vnesenega goriva. Da bi v kotlovnici zagotovili primerne temperaturne razmere za merilno-regulacijsko tehniko, kar pomeni temperaturo pod 40°C, je potrebno kotlovnico ustrezno prezračevati. Namestitev prezračevalnih rež na ustreznih delih fasade zadostuje za odvod toplote iz kotlovnice v okolico z naravno cirkulacijo zraka. Izbira izolacije z zgoraj navedeno debelino ustreza zahtevam BAT.

V poletnem času, ko sistem daljinskega ogrevanja Maribora ne potrebuje toliko toplote, kot jo proizvede obrat za termično obdelavo odpadkov, je predvideno delovanje parne turbine v kondenzacijskem načinu delovanja. To pomeni, da se para, ki izstopa iz parne turbine, utekočini v kondenzatorju, toplota pa preko zračnih hladilnikov prehaja v okoliški zrak. Na ta način se odda v okolico do 50% energije vložene goriva.

4.4 IZRAČUN energetske učinkovitosti obrata

4.4.1 Formula

Po sklepu evropske komisije 2019/2010 z dne 12. november 2019 na podlagi Direktive 2010/75/EU Evropskega parlamenta in Sveta o industrijskih emisijah se izračun projektirane energetske učinkovitosti obrata izračuna na sledeč način (letni obračun):

Formula:

$$\eta_{\text{obrat}} = \frac{E_{\text{oddano}}}{E_{\text{odpadki}} + E_{\text{pomožna}}}$$

η_{obrat}	projektirana učinkovitost obrata
E_{oddano}	skupna oddana koristna energija letno
E_{odpadki}	vhodna energija odpadkov
$E_{\text{pomožna}}$	energija, ki je v obrat pripeljana od zunaj in ni iz goriva, služi pa za proizvodnjo koristne energije (poraba zemeljskega plina ob zagonu po remontu, elektrika)

4.4.2 Vhodni podatki

V tabeli so količine podane v MWh/leto

Opis	BFB	rešetka
Energija v odpadkih	230.400	230.400
Proizvedena električna energija (bruto)	49.948	48.811
Oddana toplotna energija za potrebe daljinskega ogrevanja	61.693	60.995
Oddana toplotna energija za sušenje blat KČN	7.519	7.519
Lastna raba električne energije	8.798	8.798
Oddana električna energija (neto)	41.150	40.013
Poraba zemeljskega plina	600	600

4.4.3 Izračun

$$\eta_{\text{obrat}} = \frac{E_{\text{oddano}}}{E_{\text{odpadki}} + E_{\text{pomožna}}}$$

Izračun za BFB:

$$\eta_{\text{obrat}} = \frac{49.948 \text{ MWh} + 7.519 \text{ MWh} + 61.693 \text{ MWh}}{230.400 \text{ MWh} + 600 \text{ MWh}} = 51,6 \%$$

Izračun za rešetko:

$$\eta_{\text{obrat}} = \frac{48.811 \text{ MWh} + 7.519 \text{ MWh} + 60.995 \text{ MWh}}{230.400 \text{ MWh} + 600 \text{ MWh}} = 50,7 \%$$

4.5 IZRAČUN energetske učinkovitosti predelave odpadkov po postopku R1

V Prilogi 1 Uredbe o odpadkih so opredeljene vrste postopkov predelave odpadkov.

V sežigalnici se bo izvajal sežig komunalnih odpadkov po postopku predelave R1 – Uporaba predvsem kot gorivo ali drugače za pridobivanje energije.

Za to vrsto predelave odpadkov je v Prilogi 1 Uredbe o odpadkih naveden izračun energetske učinkovitosti.

Formula:

$$\text{Energetska učinkovitost} = (E_p - (E_f + E_i)) / (0,97 \times (E_w + E_f))$$

- E_p pomeni letno proizvodnjo toplotne ali električne energije; izračuna se z električno energijo, pomnoženo z 2,6 in toplotno energijo, proizvedeno za komercialno uporabo, pomnoženo z 1,1 (GJ/leto),
- E_f pomeni energijo, dovedeno v sistem iz goriv, ki prispevajo k proizvodnji pare, na leto (GJ/leto),
- E_w pomeni energijo, ki jo vsebujejo odpadki za obdelavo, izračunano z uporabo neto kalorične vrednosti odpadkov, na leto (GJ/leto),
- E_i pomeni dovedeno energijo, razen E_w in E_f , na leto (GJ/leto),
- 0,97 je faktor, ki pomeni energetske izgube zaradi pepela iz kotla in rešetke ter sevanja.

Podatki izračuna za tehnologijo BFB:

- E_p
Proizvodnja električne energije letno 49.948 MWh letno, oziroma 179.812,8 GJ letno.
Oddana toplota za potrebe daljinskega ogrevanja mesta Maribor letno 61.693,0 MWh oziroma 222.094,8 GJ letno.
Oddana toplota za sušenje blat KČN je neto 7.519 MWh letno, oziroma 27.068,4 GJ letno,

$$E_p = 2,6 \times 179.812,8 \text{ GJ} + 1,1 \times (222.094,8 \text{ GJ} + 27.068,4 \text{ GJ})$$

$$E_p = 467.513,28 \text{ GJ} + 274.079,52 \text{ GJ}$$

$$E_p = 741.592,8 \text{ GJ}$$

- E_f
Porabljen električna energija 8.798 MWh letno, oziroma 31.672,8 GJ letno.
Poraba zemeljskega plina letno 600 MWh letno, oziroma 2.160,0 GJ letno.

$$E_f = 33.832,8 \text{ GJ}$$

- E_w
Energija dovedena z odpadki 230.400 MWh letno, oziroma 829.440,0 GJ letno.
- E_i , ni takšne energije

$$\text{Izračun R1} = (741.592,8 \text{ GJ} - (33.832,8 \text{ GJ} + 0)) / (0,97 \times (829.440,0 \text{ GJ} + 33.832,8 \text{ GJ}))$$

$$\text{R1} = 0,84 \text{ za BFB}$$

Energetska učinkovitost sežigalnice s tehnologijo izgorevanja BFB je 0,84.

Podatki izračuna za tehnologijo rešetka:

- Ep

Proizvodnja električne energije letno 48.811 MWh letno, oziroma 175.719,6 GJ letno.

Oddana toplota za potrebe daljinskega ogrevanja mesta Maribor letno 60.995,0 MWh oziroma 219.582,0 GJ letno.

Oddana toplota za sušenje blat KČN neto 7.519 MWh letno, oziroma 27.068,4 GJ letno,

$$\text{Ep} = 2,6 \times 175.719,6 \text{ GJ} + 1,1 \times (219.582,0 + 27.068,4 \text{ GJ})$$

$$\text{Ep} = 456.870,9 \text{ GJ} + 271.315,4 \text{ GJ}$$

$$\text{Ep} = 728.186,4 \text{ GJ}$$

- Ef

Porabljena električna energija 8.798 MWh letno, oziroma 31.672,8 GJ letno.

Poraba zemeljskega plina letno 600 MWh letno, oziroma 2.160,0 GJ letno.

$$\text{Ef} = 33.832,8 \text{ GJ}$$

- Ew

Energija dovedena z odpadki 230.400 MWh letno, oziroma 829.440,0 GJ letno.

- Ei, ni takšne energije

$$\text{Izračun R1} = (728.186,4 \text{ GJ} - (33.832,8 \text{ GJ} + 0)) / (0,97 \times (829.440,0 \text{ GJ} + 33.832,8 \text{ GJ}))$$

$$\text{R1} = 0,82 \text{ za rešetko}$$

Energetska učinkovitost sežigalnice s tehnologijo izgorevanja na rešetki je 0,82.

5. UKREPI ZA DOSEGANJE VISOKE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

Za doseganje visoke energetske učinkovitosti so za obrat toplotne obdelave odpadkov Maribor predvideni naslednji ukrepi:

- izbira tehnologije izgorevanja, ki omogoča optimalno izgorevanje goriva in zelo nizko vrednost preostalega ogljika tako v preostanku goriva kot v pepelu in dimnih plinih,
- nizka temperatura dimnih plinov pri vstopu v dimnik (skladno z BAT),
- predaja zelo visokega deleža v obratu proizvedene toplote v sistem daljinskega ogrevanja,
- optimizacija lastnega odjema električne energije za delovanje sistema: izbira energetsko učinkovitih ventilatorjev, črpalk, transportnih sistemov, načrtovanje zračnih in dimnih kanalov na način, da je upor skozi kanale čim manjši,
- napredni sistem krmiljenja izgorevanja, vodno parnega dela, sistema čiščenja dimnih plinov, ter parne turbine z generatorjem, ki omogoča optimalno izgorevanje ter delovanje pomožnih sistemov v optimalni obratovalni točki.

6. OKOLJSKI VIDIKI IN PODNEBNI UČINKI

Predvidena rešitev termične obdelave preostalega dela odpadkov, ki ga ni mogoče snovno predelati v surovino, pomembno prispeva k zmanjšanju emisij toplogrednih plinov v primerjavi z alternativnimi načini ravnanja z odpadki (odlaganje). Sočasna proizvodnja električne in toplotne energije nadomešča energijo iz fosilnih virov in podpira cilje NEPN.

7. SKLEP

Na podlagi izvedene presoje je ugotovljeno, da je projektirana energetska učinkovitost obrata (letno povprečje):

- 51,6% za tehnologijo sežiganja odpadkov BFB in
- 50,7% za tehnologijo sežiganja odpadkov rešetka.

Izračun energetske učinkovitosti predelave odpadkov po postopku R1:

- R1 sežigalnice s tehnologijo izgorevanja BFB je 0,84.
- R1 sežigalnice s tehnologijo izgorevanja na rešetki je 0,82.

V izračunu faktorja R1 je upoštevana načrtovana razširitev mreže daljinskega ogrevanja na levi breg.

V primeru, da razširitev daljinskega ogrevanja na levi brega ne bo izvedena se energetska učinkovitost R1 nekoliko zmanjša, še vedno pa izpolnjuje zahteve po energetske učinkovitosti predelave odpadkov po postopku R1, kot je določeno v Uredbi o odpadkih (nad 0,65).

S proizvodnjo toplote v sežigalnici se nadomešča obstoječe vire s katerimi se trenutno mesto ogreva.

Poleg tega projektirana rešitev:

- izpolnjuje zahteve energetske učinkovitosti,
- je skladna z razpisnimi pogoji za podelitev koncesije,
- temelji na najboljših razpoložljivih tehnikah,
- predstavlja dolgoročno trajnostno rešitev za ravnanje z odpadki.