



UZORKOVANJE I MORFOLOŠKA ANALIZA UZORAKA OTPADA KOJI SE UPUĆUJE NA ODLAGANJE NA ODLAGALIŠTU OTPADA JAKUŠEVEC S ODREĐIVANJEM BIORAZGRADIVE KOMPONENTE

IZRAĐIVAČ: **CROTEH d.o.o.**, Avenija Dubrovnik 15, 10 020 Zagreb

OZNAKA DOKUMENTA: **IZ-O-23088.02**

REVIZIJA: **1**

DIREKTOR: **dr.sc. Mario Panjičko, dipl.ing.**

MJESTO I DATUM IZRADE: **Zagreb, rujan 2025. god.**

**UZORKOVANJE I MORFOLOŠKA ANALIZA UZORAKA OTPADA KOJI SE UPUĆUJE
NA ODLAGANJE NA ODLAGALIŠTU OTPADA JAKUŠEVEC S ODREĐIVANJEM
BIORAZGRADIVE KOMPONENTE**

Naručitelj: **ZAGREBAČKI HOLDING d.o.o.**

Podružnica Čistoća
Radnička cesta 82
10 000 Zagreb

Izrađivač: **CROTEH d.o.o.**

Avenija Dubrovnik 15, 10 020 Zagreb

Oznaka dokumenta: IZ-O-23088.02

Revizija: 1

Datum: 08.09.2025.

Izradili: Anamarija Lončar, mag. ing. bioproc.
Anamarija Herčeki, mag.ing.cheming.
dr.sc. Gregor D. Zupančič, dipl.ing

Lončar
Herčeki *Zupančič*

Izvešće odobrio: dr. sc. Gregor D. Zupančič, dipl.ing.

Zupančič

Zagreb, rujan 2025. god.

SADRŽAJ

SADRŽAJ.....	3
1. UVOD	4
2. MORFOLOŠKA ANALIZA ODLOŽENOG OTPADA	5
2.1. Status postojećeg stanja odlagališta.....	5
2.1.1. Površina koju zauzima otpad i volumen otpada.....	5
2.1.2. Načini odlaganja, vrijeme i trajanje odlaganja.....	6
2.1.3. Izračun preostalih slobodnih kapaciteta za odlaganje otpada.....	6
2.2. Odabrani pristup i način uzorkovanja otpada	8
2.2.1. Priprema reprezentativnog uzorka.....	8
2.2.2. Morfološka analiza otpada	10
2.3. Rezultati morfološke analize otpada.....	11
2.3.1. Miješani komunalni otpad (MKO).....	12
3. ODREĐIVANJE BIORAZGRADIVE KOMPONENTE U MIJEŠANOM KOMUNALNOM OTPADU	18
3.1. Datum, vrijeme i adresa preuzimanja laboratorijskih uzoraka, vrsta otpada, masa preuzetih uzoraka	18
3.2. Priprema ispitnih uzoraka iz uzoraka otpada	18
3.3. Određivanje anaerobne biološke razgradnje otpada određivanjem bioplinskog potencijala.....	19
3.4. Određivanje aerobne biološke razgradnje otpada određivanjem respiracijskog indeksa	23
3.5. Izračun biorazgradive komponente otpada koji se upućuje na odlaganje	26
3.5.1. Izračun količina odloženog biorazgradivog otpada	27
3.6. Izračun proizvodnje odlagališnog plina iz odloženog otpada	28
4. USPOREDBA REZULTATA ISPITIVANJA	31
5. PRIMJENJENE METODE I OZNAKE NORMI	33
6. PRILOG – POTVRDA O AKREDITACIJI.....	35

1. UVOD

Obzirom na Europsku zakonsku regulativu, Republika Hrvatska obvezala se provesti odgovarajuće mjere pomoću kojih će uspostaviti sustav suvremenog gospodarenja otpadom. Te mjere uključuje radnje kao što su zatvaranje i saniranje postojećih neuređenih odlagališta otpada u odgovarajućim rokovima, smanjenje količina odloženog otpada i udjela odloženog biorazgradivog komunalnog otpada, obrade otpada prije njegova odlaganja, izgradnja infrastrukture za odvojeno sakupljanje i obradu otpada, osiguravanje odvojenog sakupljanja iskoristivog komunalnog otpada.

U ovom Izvješću prikazani su rezultati provedenog uzorkovanja te morfološke analize miješanog komunalnog otpada s određivanjem biorazgradive komponente. Uzorkovanje i određivanje morfološkog sastava miješanog komunalnog otpada provedeno je 29.05.2025. g. na odlagalištu otpada Prudinec/Jakuševac nad miješanim komunalnim otpadom koji je sakupljen komunalnim vozilima i dopremljen na odlaganje, a sve u skladu sa pripadajućom Tehničkom specifikacijom (Tehnička specifikacija - Ispitivanje fizikalnih, kemijskih i morfoloških svojstava otpada, 2023-66, Grupa 2). Rezultati prikazani u ovom Izvješću odnose se isključivo na uzorak miješanog komunalnog otpada koji je uzorkovan 29.05.2025. g.

Provedenim analizama određen je morfološki sastav uzorka miješanog komunalnog otpada koji se upućuje na odlaganje na odlagalište Prudinec/Jakuševac, odnosno udio pojedine sastavnice otpada po pojedinoj frakciji. Uz navedeno, na temelju rezultata provedenih analiza, izračunom je izrađena procjena proizvodnje odlagališnog plina iz odloženog otpada tijekom godina te biorazgradivost uzorka koji se upućuje na odlaganje.

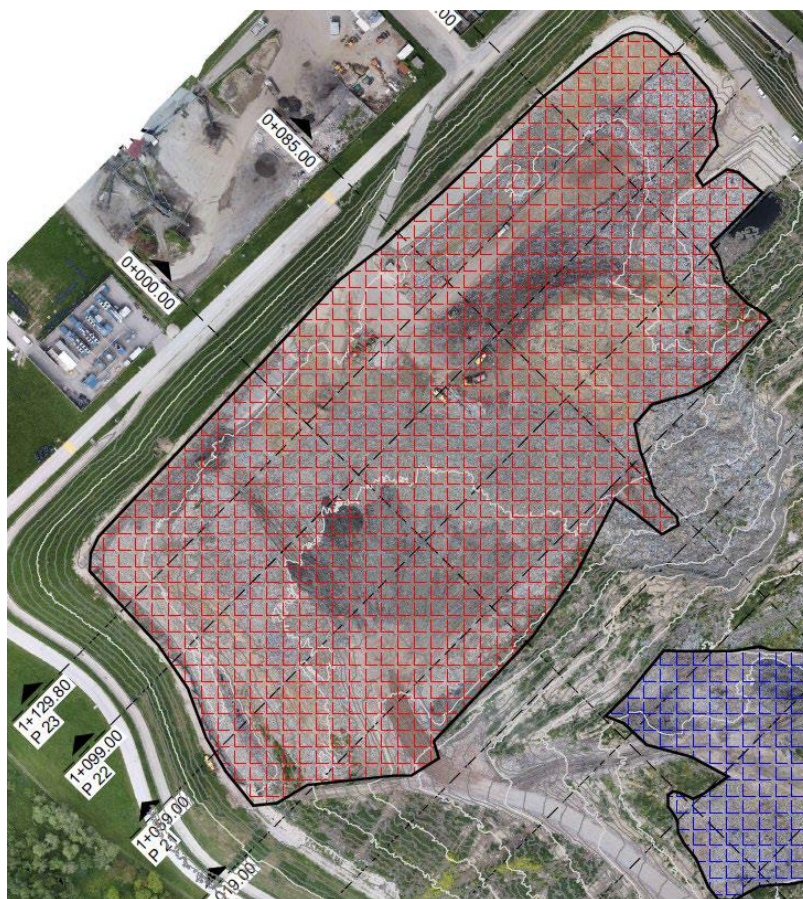
2. MORFOLOŠKA ANALIZA ODLOŽENOG OTPADA

2.1. Status postojećeg stanja odlagališta

2.1.1. Površina koju zauzima otpad i volumen otpada

U nastavku su navedeni podaci zaprimljeni od strane Naručitelja, a koji su vezani za površinu koju zauzima otpad i volumen otpada.

Prema podacima zaprimljenim od strane Naručitelja (Elaborat snimanja odlagališta otpada „Jakuševac“ iz zraka za travanj 2025., HIS d.o.o.) analiza volumena otpada provedena je s ciljem izračuna volumena otpada koji je ugrađen na plohi 6/3 odlagališta Jakuševac. Volumen otpada ugrađenog na plohi 6/3 prikazan je na osnovu snimaka dronom provedenih između 26. ožujka i 28. travnja 2025. godine. Područje na kojemu je proveden proračun prikazano je na slijedećoj slici. Sukladno podacima zaprimljenim od strane Naručitelja, volumen otpada ugrađenog na plohi 6/3 prema predmetnom proračunu iznosi 131.881 m³.



Slika 1. Područje na kojemu je proveden proračun volumena otpada ugrađenog na plohi 6/3.

Za provjeru je proveden proračun volumena usporedbom snimke iz prosinca 2023. godine (kada se na plohi 6/3 još nije odlagao otpad) i snimke 28. travnja 2025. g. Proračunom je dobiven odložen volumen otpada na plohi 6/3 od 323.747 m³.

2.1.2. Načini odlaganja, vrijeme i trajanje odlaganja

U nastavku su navedeni podaci zaprimljeni od strane Naručitelja (Svezak II. Tehnički dio (Projektni zahtjevi po sustavima), Zagrebački holding d.o.o. – Podružnica Čistoća, Zajednica ponuditelja Institut IGH – Hidroplan, ožujak 2022.), a koji su vezani za način odlaganja, vrijeme i trajanje odlaganja. Predmetni podaci dostavljeni od strane Naručitelja, dio su tehničkog dijela dokumentacije o nadmetanju za izvođenje radova. Otpad na plohu 6 još nije u potpunosti ugrađen. Trenutno se otpad ugrađuje na plohu 6/3. Dnevni prihvati i ugradnja otpada se izvodi tijekom čitave godine od ponedjeljka do uključivo subote i nedjelje. Od ponedjeljka do subote prihvat i ugradnja otpada provode se u periodu od 4:30 do 20:30 sati, a u nedjelju od 4:30 do 08:30 sati.

2.1.3. Izračun preostalih slobodnih kapaciteta za odlaganje otpada

U nastavku su navedeni podaci zaprimljeni od strane Naručitelja (Svezak II. Tehnički dio (Projektni zahtjevi po sustavima), Zagrebački holding d.o.o. – Podružnica Čistoća, Zajednica ponuditelja Institut IGH – Hidroplan, ožujak 2022.), a koji su vezani za izračun preostalih slobodnih kapaciteta za odlaganje otpada. Predmetni podaci dostavljeni od strane Naručitelja, dio su tehničkog dijela dokumentacije o nadmetanju za izvođenje radova, a odnose se na podatke prije odrona odlagališta koji su se dogodili 11.11.2023. g. i 04.12.2023. g.

U skladu s pretpostavkama o raspoloživom prostoru na pojedinim ploham odlagališta u tablici u nastavku prikazana je procjena dinamike izvedbe gornjeg brtvenog sloja i završnog prekrivanja odloženog otpada. Uz dinamiku prekrivanja istovremeno je prikazana i dinamika izvođenja otplinjavanja i njegovog priključivanja na postojeći sustav.

Tablica 1. Kapacitet odlagališnih ploha

Radna ploha	Površina plohe (hektari)	Vrijeme u kojem se izvode radovi	Raspoloživi kapacitet (milijun m ³)
1	5,10	Izvedeno	1,31
2	6,44	Izvedeno	1,75
3	8,18	Izvedeno	2,64
4	9,27	Izvedeno	3,08
5	5,10	Izvedeno	1,67
5D	3,10	Izvedeno	1,05
6	9,22	Izvedeno	3,34
Ukupno	41,31		13,62

Tablica 2. Procjena popunjavanja ploha odlagališta, izvedbe završnog prekrivnog sustava i sustava otplinjavanja.

Radna ploha	Površina plohe (hektari)	Vrijeme u kojem se izvode radovi prekrivanja	Vrijeme u kojemu se izvode plinske instalacije	Kapacitet (milijun m ³)
1	5,10	Izvedeno	Izvedeno	1,31
2	6,44	Izvedeno	Izvedeno	1,75
3	8,18	Izvedeno	Izvedeno	2,64
4	9,27	Izvedeno	Izvedeno	3,08
5	5,10	Izvedeno	Izvedeno	1,67
5D	3,10	Izvedeno	Izvedeno	1,05
6/1	2,92	Izvedeno 80%	Izvedeno 80%	1,12
				Preostali kapacitet (milijun m ³)
6/2	2,90	Urušeni dio odlagališta		/
6/3	3,40			Ovisno o količini otpada i sanaciji plohe 6/2

Ploha 6/3 ima ukupni kapacitet 1,21 mil. m³ otpada. Na temelju podataka dostavljenih od strane Naručitelja, ukupni preostali kapacitet (ploha 6/2 i ploha 6/3) je 1.078.000 m³, od toga preostali kapacitet na plohi 6/3 je 870.000 m³.

Trenutna dinamika popunjavanja odlagališta u prethodno promatranim mjesecima iznosi oko 160.000 t otpada godišnje, odnosno oko 13.000 t mjesečno.

2.2. Odabrani pristup i način uzorkovanja otpada

Uzorkovanje otpada koji se upućuje na odlaganje provedeno je 29.05.2025. godine, na istovarnoj plohi odlagališta otpada Prudinec/Jakuševac.

2.2.1. Priprema reprezentativnog uzorka

Sukladno projektnom zadatku (Tehničkoj specifikaciji), nasumičnim odabirom deset (10) vozila s miješanim komunalnim otpadom izvršen je istovar sadržaja vozila na istovarnoj plohi. Iz otpada sadržanog u navedenim vozilima pripremljen je reprezentativni uzorak miješanog komunalnog otpada.

U svrhu pripreme reprezentativnog uzorka, istovareni otpad dodatno je homogeniziran primjenom strojne mehanizacije kao što je prikazano na slici 1. Za potrebe provedbe morfološke analize otpada koji se upućuje na odlaganje, iz ukupnih količina otpada, pripremljen je reprezentativni uzorak metodom uzastopnog „čtvrtnja“. Postupak četvrtanja se ponavljao do konačne pripreme reprezentativnog uzorka. Morfološka analiza otpada koji se upućuje na odlaganje provedena je nad pripremljenim reprezentativnim uzorkom.



Slika 2. Postupak četvrtanja uzorka pomoću mehanizacije.

Tijekom uzorkovanja, odnosno pripreme reprezentativnog uzorka primijenjene su smjernice slijedećih normi:

- **HRI CEN/TR 15310-1:2008**, Karakterizacija otpada - Uzorkovanje otpadnih materijala - 1. dio: Upute za odabir i primjenu kriterija za uzorkovanje u različitim uvjetima (CEN/TR 15310-1:2006).
- **HRI CEN/TR 15310-2:2008**, Karakterizacija otpada - Uzorkovanje otpadnih materijala - 2. dio: Upute za tehnike uzorkovanja (CEN/TR 15310-2:2006),
- **HRI CEN/TR 15310-3:2008**, Karakterizacija otpada - Uzorkovanje otpadnih materijala - 3. dio: Upute za postupke poduzorkovanja na terenu (CEN/TR 15310-3:2006),
- **HRI CEN/TR 15310-5:2008**, Karakterizacija otpada – Uzorkovanje otpadnih materijala - 5 dio: Upute za izradu plana uzorkovanja (CEN/TR 1530-5:2006)

2.2.2. Morfološka analiza otpada

Morfološka analiza otpada koji se upućuje na odlaganje provedena je nad reprezentativnim uzorkom miješanog komunalnog otpada.

Nakon formiranja reprezentativnog uzorka, otpad je razvrstavan na morfološke sastavnice otpada prikazane u sljedećoj tablici.

Tablica 3. Morfološke sastavnice otpada (primarne sastavnice) obuhvaćene ispitivanjem.

#	Morfološke sastavnice otpada
1	Papir i karton
2	Metal
3	Drvo
4	Staklo
5	Tekstil/odjeća
6	Plastika
7	Guma
8	Kuhinjski otpad
9	Vrtni otpad
10	Ostali organski otpad (koža/kosti, jestiva ulja i masti)
11	Pelene
12	Složena slojevita ambalaža
13	Lijekovi
14	Baterije
15	Ostali otpad
16	Sitnica (< 20 mm)

Postupak određivanja morfoloških sastavnica otpada proveden je propuštanjem reprezentativnog uzorka kroz sita s perforacijama dimenzija $\varnothing 100$, $\varnothing 40$ i $\varnothing 20$ mm. Na taj način su na izlazu dobivene sljedeće frakcije:

- frakcija iznad 100 mm
- frakcija 40-100 mm
- frakcija 20-40 mm
- frakcija ispod 20 mm.

Navedene frakcije su zatim ručno sortirane (slika 3.) po morfološkim sastavnicama otpada u za to unaprijed određene i označene posude. Svaka odvojena frakcija (sastavnica) otpada se nakon sortiranja vagala i kao rezultat analize dobivene su količine otpada po navedenim kategorijama, kao i ukupna količina odvojene frakcije.



Slika 3. Sortiranje otpada po morfološkim sastavnicama.

2.3. Rezultati morfološke analize otpada

Morfološka analiza otpada koji se upućuje na odlaganje provedena je nad pripremljenim reprezentativnim uzorkom miješanog komunalnog otpada.

Za reprezentativni uzorak određen je udio pojedine morfološke sastavnice u ukupnoj količini otpada. Količine morfoloških sastavnica u uzorku izražene su u kilogramima (kg), odnosno udjelom pojedine sastavnice po frakcijama u ukupnoj masi uzorka, izraženog u postotcima (%).

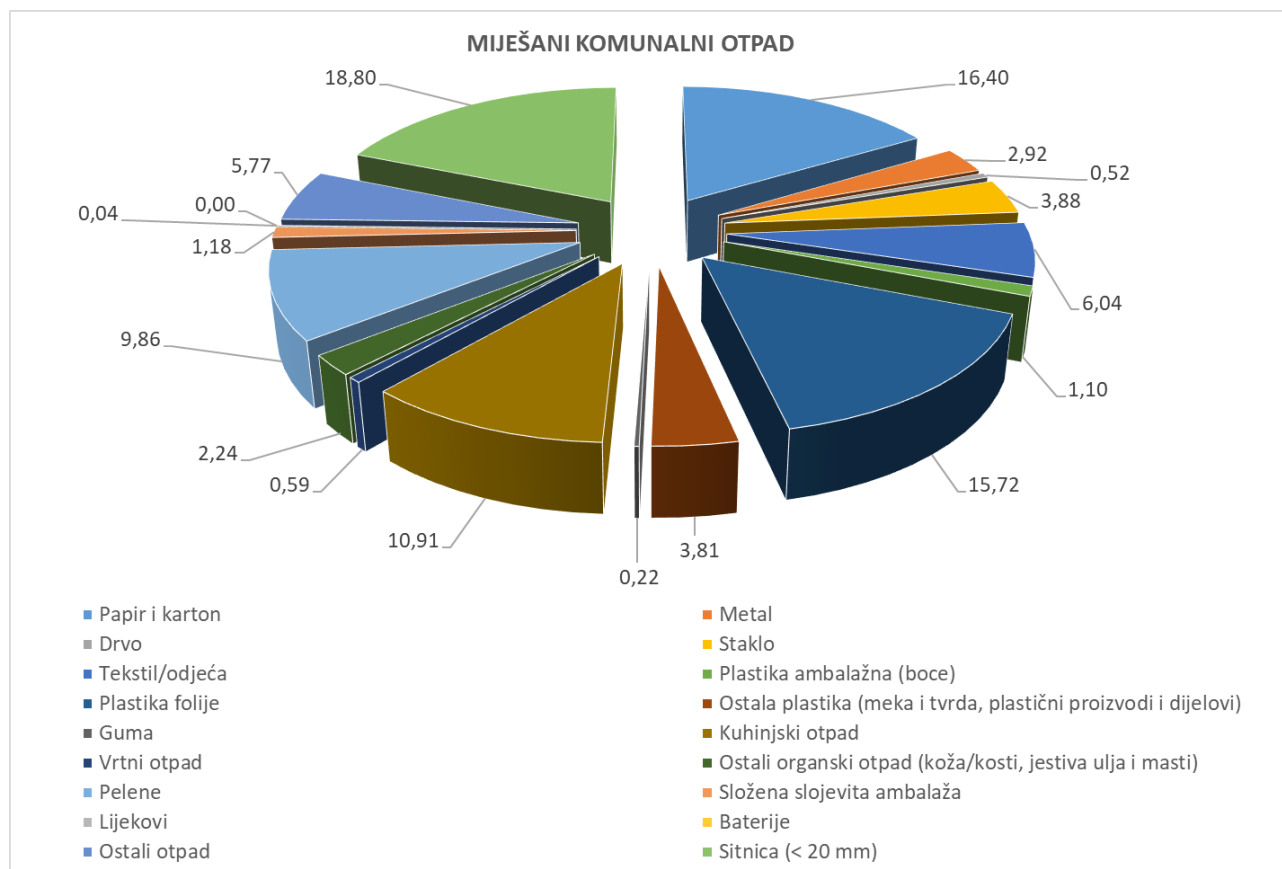
Rezultati morfološke analize otpada koji se upućuje na odlaganje prikazani su u tablicama u nastavku.

Za svaki uzorak grafički je prikazan i morfološki sastav otpada po frakcijama koje su veće od 100 mm (> 100 mm), zatim po frakcijama čija je veličina od 40 do 100 mm ($100 > X > 40$ mm) te frakcijama dimenzija manjih od 40 mm ($40 > X > 20$ mm).

2.3.1. Miješani komunalni otpad (MKO)

Tablica 4. Morfološke sastavnice reprezentativnog uzorka miješanog komunalnog otpada -sekundarne sastavnice otpada.

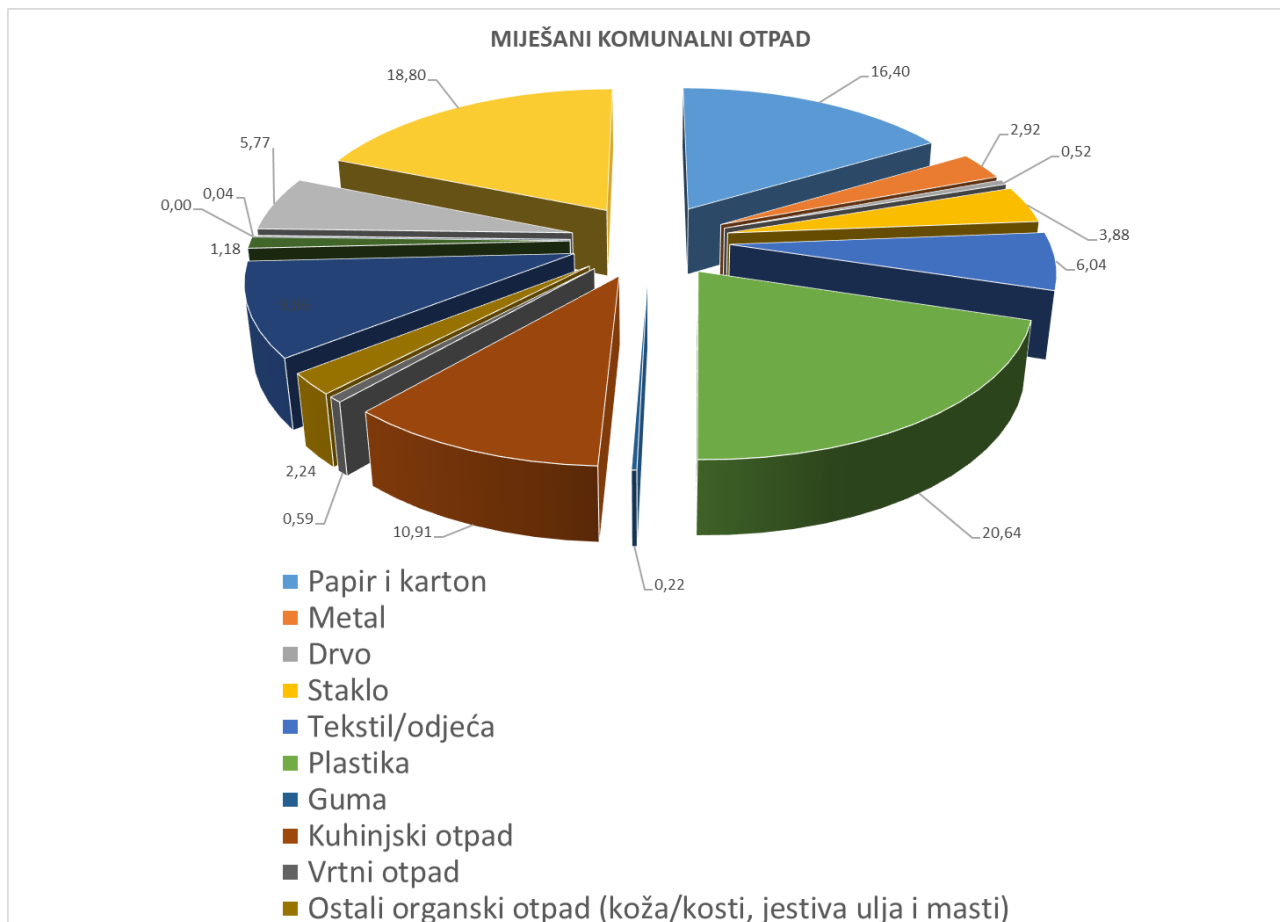
MIJEŠANI KOMUNALNI OTPAD		> 100 mm		100 > X > 40 mm		40 > X > 20 mm		UKUPNI	
Redn i br.	Sekundarna sastavnica otpada	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%
1	Papir i karton	16,87	17,86	27,89	22,42	4,92	5,86	49,68	16,40
2	Metal	2,63	2,79	5,31	4,27	0,89	1,07	8,84	2,92
3	Drvo	0,45	0,47	0,67	0,54	0,45	0,53	1,57	0,52
4	Staklo	3,25	3,44	6,50	5,22	2,01	2,40	11,76	3,88
5	Tekstil/odjeća	12,10	12,81	6,20	4,99	0,00	0,00	18,30	6,04
6	Plastika ambalažna (boce)	1,40	1,48	1,94	1,56	0,00	0,00	3,34	1,10
7	Plastika folije	16,93	17,93	29,68	23,86	1,01	1,20	47,62	15,72
8	Ostala plastika (meko i tvrda, plastični proizvodi i dijelovi)	5,49	5,81	4,82	3,87	1,23	1,46	11,53	3,81
9	Guma	0,00	0,00	0,45	0,36	0,22	0,27	0,67	0,22
10	Kuhinjski otpad	6,94	7,35	17,36	13,96	8,72	10,39	33,03	10,91
11	Vrtni otpad	0,56	0,59	0,90	0,72	0,34	0,40	1,79	0,59
12	Ostali organski otpad (koža/kosti, jestiva ulja i masti)	2,18	2,31	0,45	0,36	4,14	4,93	6,77	2,24
13	Pelene	17,36	18,38	11,93	9,59	0,56	0,67	29,85	9,86
14	Složena slojevita ambalaža	1,68	1,78	1,68	1,35	0,22	0,27	3,58	1,18
15	Lijekovi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16	Baterije	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,13	0,11	0,04
17	Ostali otpad	6,61	7,00	8,62	6,93	2,24	2,66	17,47	5,77
18	Sitnica (< 20 mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	56,93	67,78	56,93	18,80
UKUPNO		94,45	100	124,39	100	84,00	100	302,84	100



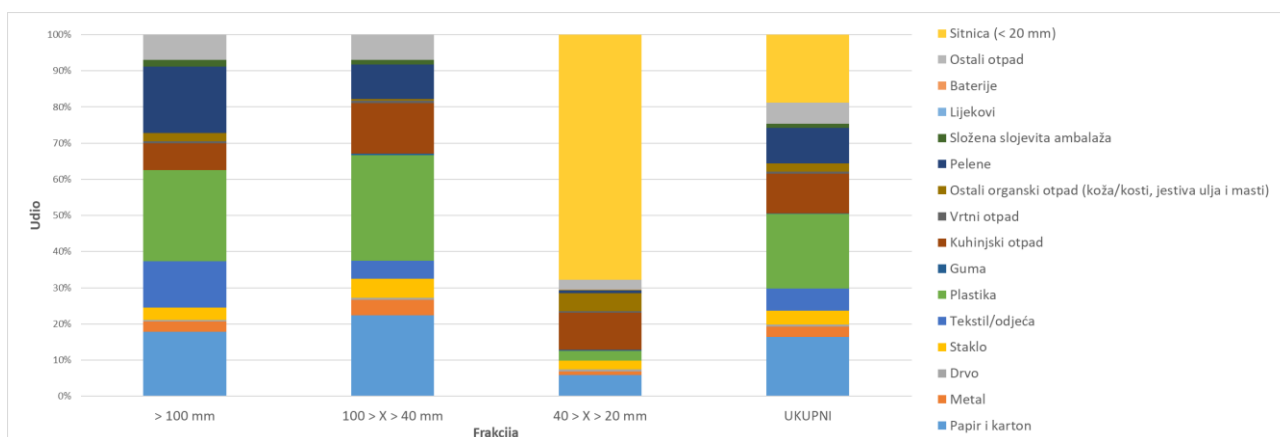
Slika 4. Morfološke sastavnice reprezentativnog uzorka miješanog komunalnog otpada – sekundarne sastavnice otpada.

Tablica 5. Morfološke sastavnice reprezentativnog uzorka miješanog komunalnog otpada – primarne sastavnice otpada.

MIJEŠANI KOMUNALNI OTPAD		> 100 mm		100 > X > 40 mm		40 > X > 20 mm		UKUPNI	
Redni br.	Primarna sastavnica otpada	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%
1	Papir i karton	16,87	17,86	27,89	22,42	4,92	5,86	49,68	16,40
2	Metal	2,63	2,79	5,31	4,27	0,89	1,07	8,84	2,92
3	Drvo	0,45	0,47	0,67	0,54	0,45	0,53	1,57	0,52
4	Staklo	3,25	3,44	6,50	5,22	2,01	2,40	11,76	3,88
5	Tekstil/odjeća	12,10	12,81	6,20	4,99	0,00	0,00	18,30	6,04
6	Plastika	23,82	25,22	36,43	29,29	2,24	2,66	62,49	20,64
7	Guma	0,00	0,00	0,45	0,36	0,22	0,27	0,67	0,22
8	Kuhinjski otpad	6,94	7,35	17,36	13,96	8,72	10,39	33,03	10,91
9	Vrtni otpad	0,56	0,59	0,90	0,72	0,34	0,40	1,79	0,59
10	Ostali organski otpad (koža/kosti, jestiva ulja i masti)	2,18	2,31	0,45	0,36	4,14	4,93	6,77	2,24
11	Pelene	17,36	18,38	11,93	9,59	0,56	0,67	29,85	9,86
12	Složena slojevita ambalaža	1,68	1,78	1,68	1,35	0,22	0,27	3,58	1,18
13	Lijekovi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	Baterije	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,13	0,11	0,04
15	Ostali otpad	6,61	7,00	8,62	6,93	2,24	2,66	17,47	5,77
16	Sitnica (< 20 mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	56,93	67,78	56,93	18,80
UKUPNO		94,45	100,0	124,3872	100,0	84	100,0	302,84	100,0



Slika 5. Morfološke sastavnice reprezentativnog uzorka miješanog komunalnog otpada – primarne sastavnice otpada.



Slika 6. Morfološke sastavnice reprezentativnog uzorka miješanog komunalnog otpada po frakcijama.

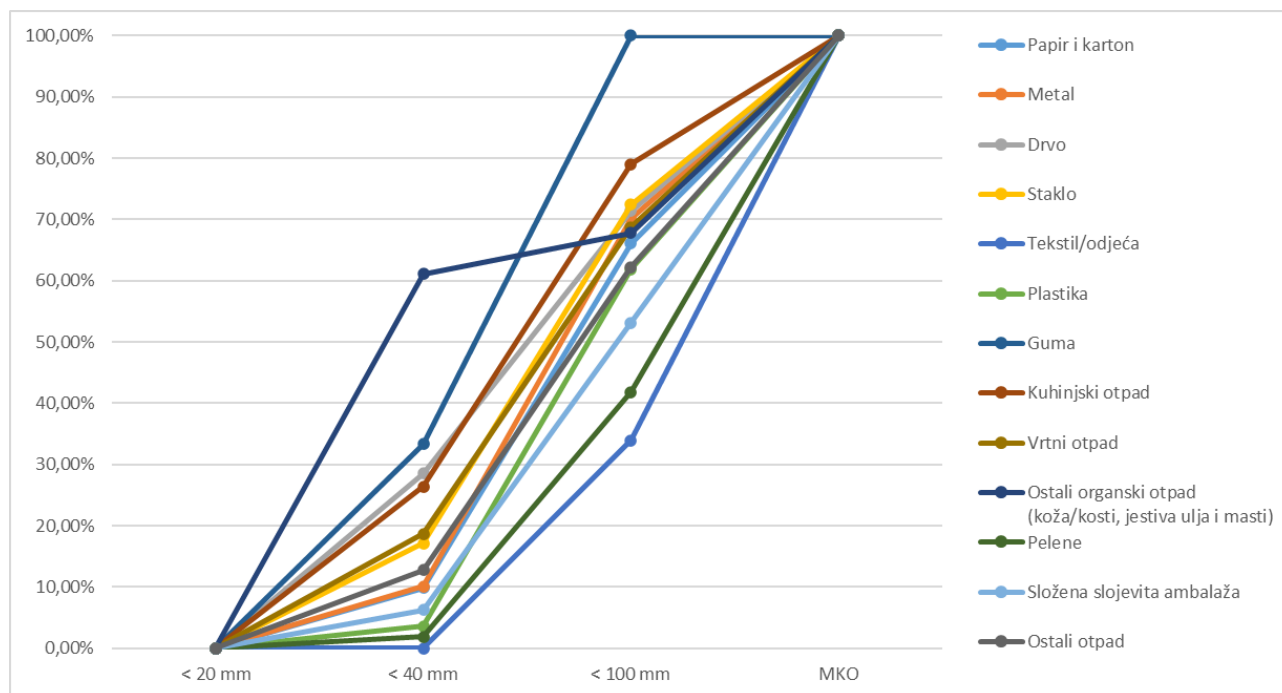
Tablica 6. Morfološki sastav reprezentativnog uzorka miješanog komunalnog otpada po frakcijama.

Veličina frakcije	Udio frakcije
mm	%
> 100 mm	31,19
100 > X > 40 mm	41,07
40 > X > 20 mm	8,94
< 20 mm	18,80
UKUPNO	100,00

Tablica 7. Maseni udjeli morfoloških sastavnica otpada prosijanih kroz sito po frakcijama otpada (> 100, 100 > x > 40, 40 > x > 20) za reprezentativni uzorak MKO.

MIJEŠANI KOMUNALNI OTPAD		Maseni udjeli primarnih sastavnica otpada prosijanih kroz sito	
Redni br.	Morfološka sastavnica otpada	< 40 mm	< 100 mm
		%	%
1	Papir i karton	9,91	66,05
2	Metal	10,13	70,21
3	Drvo	28,54	71,42
4	Staklo	17,12	72,37
5	Tekstil/odjeća	0,00	33,90
6	Plastika	3,58	61,88
7	Guma	33,30	100,00
8	Kuhinjski otpad	26,41	78,98
9	Vrtni otpad	18,73	68,74
10	Ostali organski otpad (koža/kosti, jestiva ulja i masti)	61,13	67,74
11	Pelene	1,87	41,84
12	Složena slojevita ambalaža	6,24	53,12
13	Lijekovi	0,00	0,00
14	Baterije	100,00	100,00
15	Ostali otpad	12,81	62,17
16	Sitnica (< 20 mm)	100,00	100,00

Tablica 7. prikazuje koliki maseni udio pojedine sastavnice se nalazi u pojedinim frakcijama. Tako npr. u frakciji < 100 mm nalazi se 66,05% papira prisutnog u MKO, dok se $100,00 - 66,05 = 33,95\%$ papira nalazi u frakciji > 100 mm. Na isti način, 100% gume nalazi se u frakciji < 100 mm, dok se 33,30% gume nalazi u frakciji < 40 mm.



Slika 7. Maseni udjeli morfoloških sastavnica otpada prosijanih kroz sito po frakcijama otpada (> 100 , $100 > x > 40$, $40 > x > 20$) za reprezentativni uzorak miješanog komunalnog otpada.

3. ODREĐIVANJE BIORAZGRADIVE KOMPONENTE U MIJEŠANOM KOMUNALNOM OTPADU

3.1. Datum, vrijeme i adresa preuzimanja laboratorijskih uzoraka, vrsta otpada, masa preuzetih uzoraka

Laboratorijska oznaka uzorka:	25-05-ZG-MKO
Naziv uzorka:	UZORAK 1
Lokacija uzorkovanja:	Odlagalište otpada Prudinec/Jakuševac
Datum i vrijeme dostave uzorka u laboratorij ¹ :	29.05.2025., 15:30 h.
Adresa laboratorija	CROTEH d.o.o., Av. Dubrovnik 15, 10020 Zagreb
Količina uzorka:	75,00 kg
Vrsta uzorka:	Miješani komunalni otpad

3.2. Priprema ispitnih uzoraka iz uzoraka otpada

Tijekom pripreme reprezentativnog uzorka za potrebe morfološke analize otpada koji se upućuje na odlaganje, nakon posljednjeg postupka „četvrtanja“, jedna „četvrtina“ korištena je za provedbu morfološke analize, dok je iz suprotne „četvrtine“ izdvojen jedan dio reprezentativnog uzorka (73,00 kg miješanog komunalnog otpada) koji je korišten za potrebe provođenja analiza za određivanje biorazgradive komponente u otpadu i izračun proizvodnje odlagališnog plina. Navedena količina reprezentativnog uzorka predstavlja laboratorijski uzorak dostavljen u laboratorij. Tijekom svega su primjenjivane smjernice sljedećih normi:

- **HRI CEN/TR 15310-2:2008**, Karakterizacija otpada - Uzorkovanje otpadnih materijala - 2. dio: Upute za tehnike uzorkovanja (CEN/TR 15310-2:2006),
- **HRI CEN/TR 15310-3:2008**, Karakterizacija otpada - Uzorkovanje otpadnih materijala - 3. dio: Upute za postupke poduzorkovanja na terenu (CEN/TR 15310-3:2006),

U svrhu očuvanja svojstava laboratorijskog uzorka, od trenutka uzorkovanja do dostave na adresu laboratorija primjenjivane su smjernice norme **HRI CEN/TR 15310-4:2008**, Karakterizacija otpada - Uzorkovanje otpadnih materijala - 4. dio: Upute za postupke pakiranja, skladištenja, čuvanja, transporta i dostave uzoraka (CEN/TR 15310-4:2006). Kako bi se osigurala kvalitetna statistička obrada i statistička značajnost dobivenih rezultata, analize su provedene nad deset (10) ispitnih uzoraka pripremljenih iz laboratorijskog uzorka. Ispitni uzorci pripremljeni su iz dostavljenog laboratorijskog uzorka sukladno normi **HRN EN 15002:2007**: Karakterizacija otpada – Priprema ispitnih dijelova iz laboratorijskog uzorka (EN 15002:2006).

¹ „CROTEH d.o.o., LABORATORIJ ZA EKOTEHNOLOGIJE akreditirani je ispitni laboratorij prema normi ISO/IEC 17025:2017 od strane Hrvatske akreditacijske agencije u području opisanom u prilogu Potvrde o akreditaciji broj 1697“

3.3. Određivanje anaerobne biološke razgradnje otpada određivanjem bioplinskog potencijala

Određivanje bioplinskog potencijala iz pripremljenih ispitnih uzoraka otpada koji se upućuje na odlaganje izvršeno je sukladno Smjernici njemačkog društva inženjera VDI 4630: Fermentacija organskih materijala – Karakterizacija supstrata, uzorkovanje, materijal za prikupljanje podataka, testovi fermentacije (*Vergänung organischer Stoffe – Substratcharakterisierung, Probenahme, Stoffdatenerhebung, Gärversuche; Fermentation of organic materials – Characterisation of the substrate, sampling, collection of material data, fermentation tests*). U navedenoj Smjernici prezentirana su pravila za ocjenjivanje fermentabilnosti organskih materijala, te opremu i aparaturu potrebnu za uspostavljanje odgovarajućih testova. Nadalje, Smjernica daje informacije o karakterizaciji supstrata te specificira zahtjeve na koji način se određeni parametri koji karakteriziraju supstrate moraju mjeriti. Također, dane su upute na koji je način potrebno uzeti reprezentativne uzorke iz različitih dostupnih materijalnih tokova.

Tijekom određivanja bioplinskog potencijala uzoraka otpada koji se upućuje na odlaganje, provedeni su šaržni testovi fermentacije prema procedurama propisanim u Smjernici.

Rezultati šaržnih testova fermentacije, prvenstveno pružaju informacije vezane za:

- osnovnu procjenu mogućeg prinosa bioplina kao i anaerobne biorazgradivosti materijala ili mješavine materijala,
- kvalitativnu procjenu brzine anaerobne razgradnje materijala koji se ispituje,
- kvalitativnu procjenu inhibicijskog učinka materijala koji se ispituje u rasponu koncentracija u testu.

Šaržni testovi fermentacije ne pružaju informacije vezane za:

- stabilnost procesa u reaktorima kontinuirano punjenim s materijalom ili mješavinom materijala koja se ispituje,
- prinos bioplina u praktičnim uvjetima zbog mogućeg negativnog ili pozitivnog sinergijskog učinka,
- mono-fermentabilnost supstrata u procesnim uvjetima,
- granice stupnja organskog opterećenja po jedinici volumena.

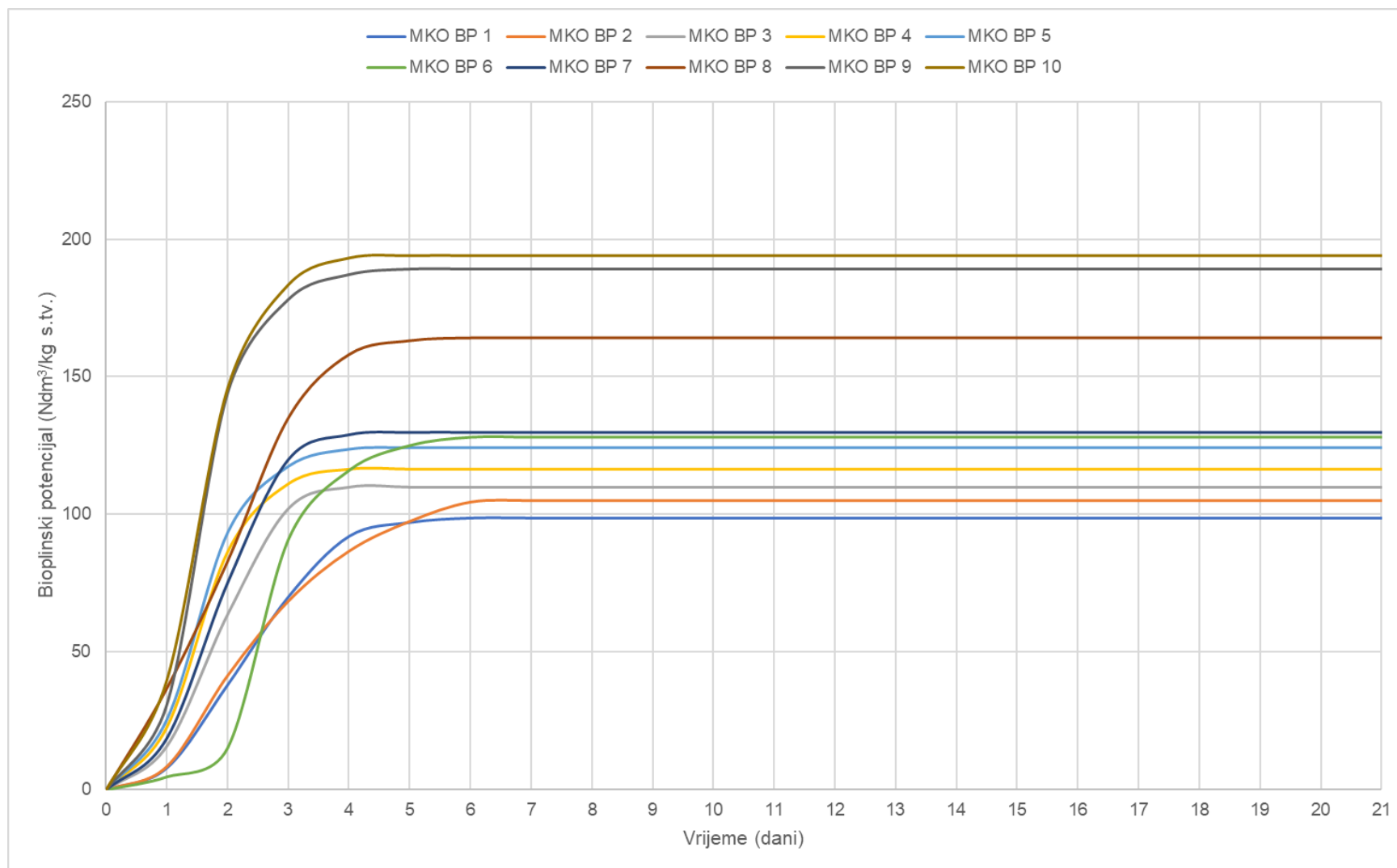
Svi provedeni testovi fermentacije provedeni su pri mezofilnim uvjetima ($37^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$).

Temperatura u testnim reaktorima održavana je pomoću vodene kupke. Kao inokulum je korištena anaerobna biomasa.

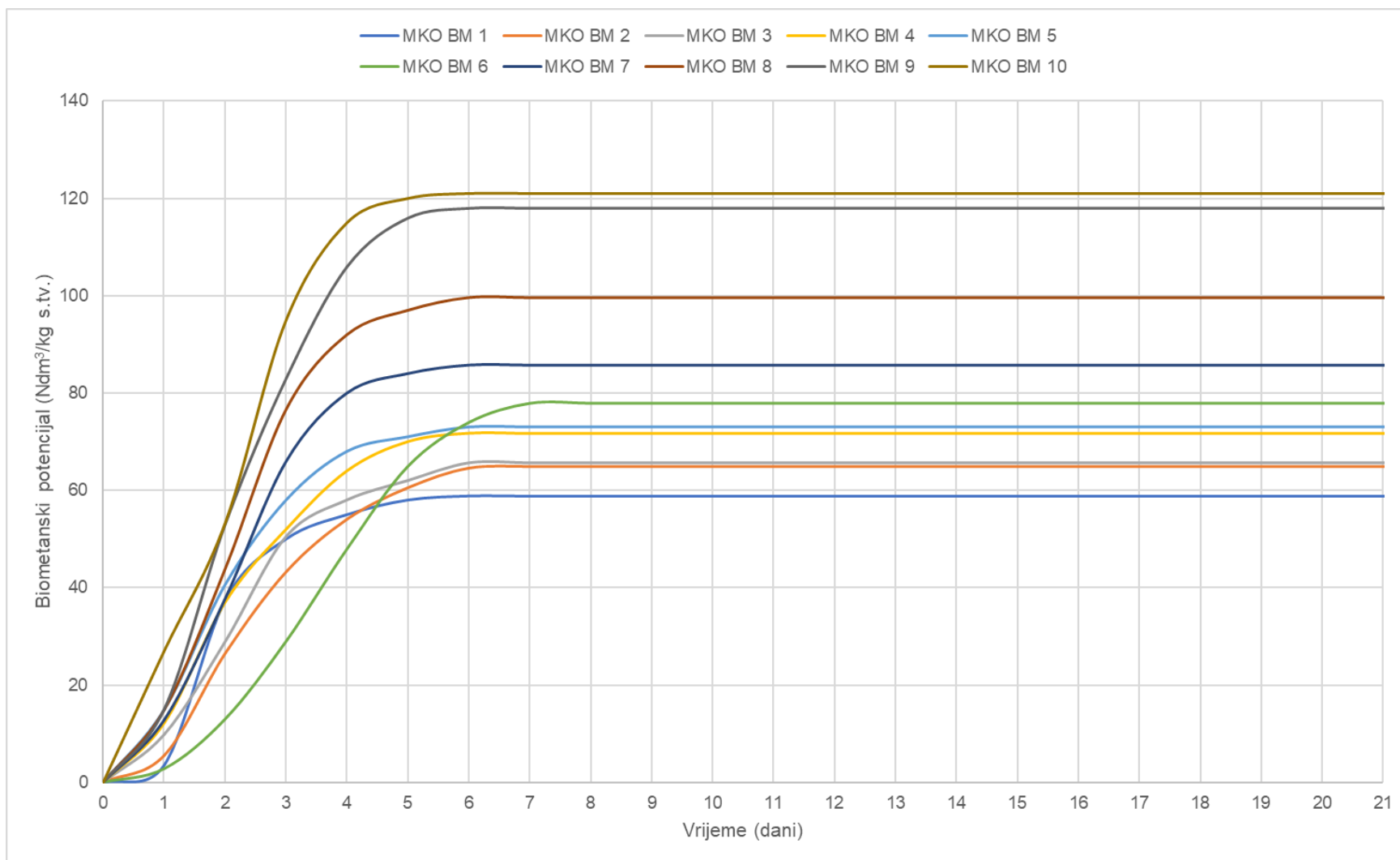
Rezultati za uzorke analiziranog odloženog otpada prikazani su u tablici 8. te na slikama 8. i 9.

Tablica 8. Bioplinski i biometanski potencijal te biorazgradivost ispitnih uzoraka miješanog komunalnog otpada.

Uzorak	Bioplinski Potencijal, Ndm ³ /kg s.t.	Biometanski Potencijal, Ndm ³ /kg s.t.	Biorazgradivost, % s.t.
Uzorak 1	99	59	12,02
Uzorak 2	105	65	12,49
Uzorak 3	110	66	13,36
Uzorak 4	116	72	13,90
Uzorak 5	124	73	15,29
Uzorak 6	128	78	15,41
Uzorak 7	130	86	14,79
Uzorak 8	164	100	19,76
Uzorak 9	189	118	22,37
Uzorak 10	194	121	22,97
Srednja vrijednost	136 ± 34	84 ± 22	16,23 ± 4,01



Slika 8. Bioplinski potencijal ispitanih uzoraka miješanog komunalnog otpada.



Slika 9. Biomatanski potencijal ispitanih uzoraka miješanog komunalnog otpada.

3.4. Odrędivanje aerobne biološke razgradnje otpada odrędivanjem respiracijskog indeksa

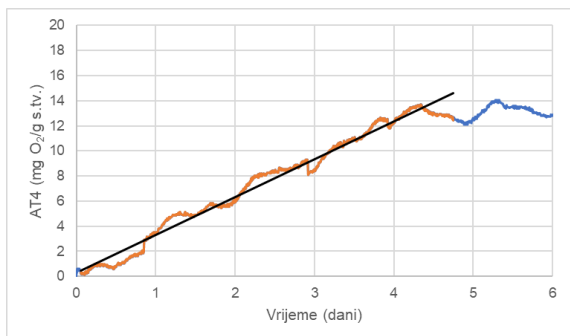
Analiza respiracijske aktivnosti izvršena je prema normi ÖNORM 2027-4:2012, „Procjena otpada iz mehaničko-biološke obrade - Dio 4: Parametri stabilnosti – Respiracijska aktivnost AT₄, (*Beurteilung von Abfällen aus der mechanisch-biologischen Behandlung - Teil 4: Stabilitätsparameter - Atmungsaktivität (AT₄); Evaluation of waste from mechanical-biological treatment - Part 4: Stability parameters - Respiration activity (AT₄)*), koji je dio grupe standarda ÖNORM 2027 Parametri stabilnosti za procjenu otpada iz mehaničko-biološke obrade, (*Stabilitätsparameter zur Beurteilung von Abfällen aus der mechanisch-biologischen Behandlung; stability parameters for the assessment of waste from mechanical-biological treatment*). Standard ÖNORM u ovoj seriji služi za procjenu biološke aktivnosti kao jedan od parametara za procjenu mogućnosti odlaganja mehaničko-biološko obrađenog otpada. Također se standard ÖNORM može upotrijebiti za procjenu kvalitete obrade otpada tijekom kompostiranja primijenjenog otpada. Postupak propisuje odrędivanja respiratornog djelovanje tijekom razdoblja 7 dana u laboratorijskim uvjetima na temperaturi 20±1°C, od kojih se broji najaktivniji interval od 4 dana.

Tijekom analize mjeri se potrošnja kisika te se rezultat iskazuje u miligramima (mg) potrošenog kisika na gram suhe tvari.

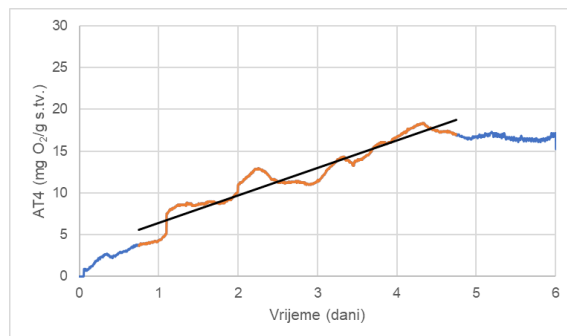
Rezultati za uzorke analiziranog odloženog otpada prikazani su u tablici 9. te na slikama 10. – 19.

Tablica 9. Parametar stabilnosti – respiracijska aktivnost (AT₄) za uzorke miješanog komunalnog otpada.

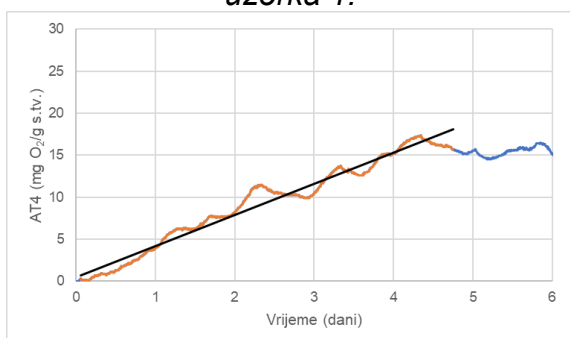
Uzorak	Respiracijska aktivnost (AT ₄) mg O ₂ /g s.t.
Uzorak 1	12,05
Uzorak 2	13,10
Uzorak 3	14,76
Uzorak 4	14,89
Uzorak 5	15,21
Uzorak 6	15,30
Uzorak 7	16,80
Uzorak 8	19,04
Uzorak 9	19,96
Uzorak 10	20,08
Srednja vrijednost	16,12 ± 2,79



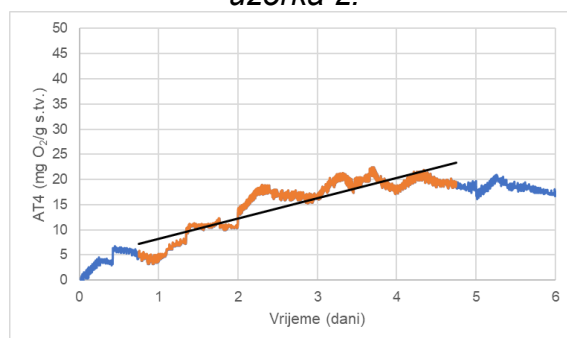
Slika 10. Respiracijska aktivnost AT_4 uzorka 1.



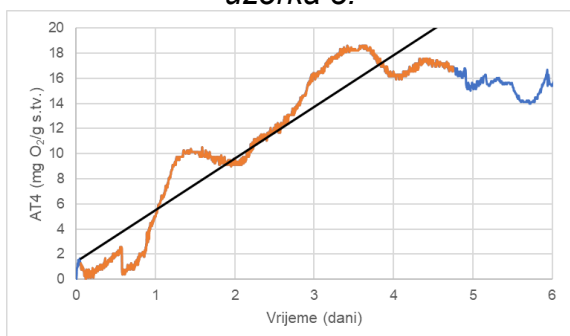
Slika 11. Respiracijska aktivnost AT_4 uzorka 2.



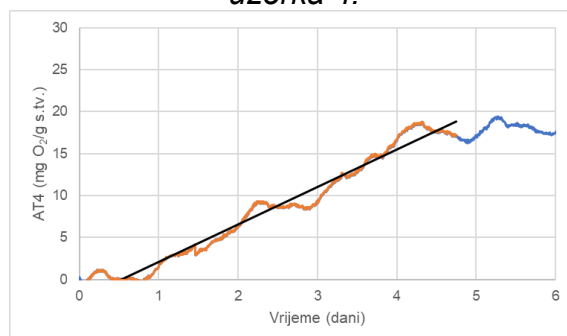
Slika 12. Respiracijska aktivnost AT_4 uzorka 3.



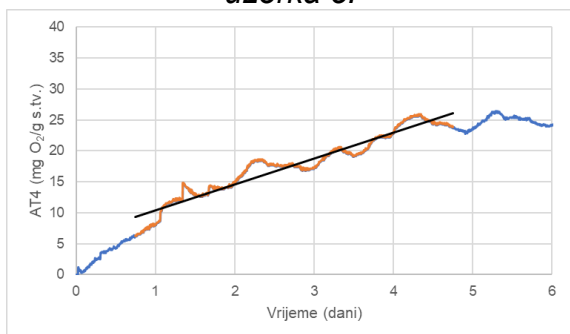
Slika 13. Respiracijska aktivnost AT_4 uzorka 4.



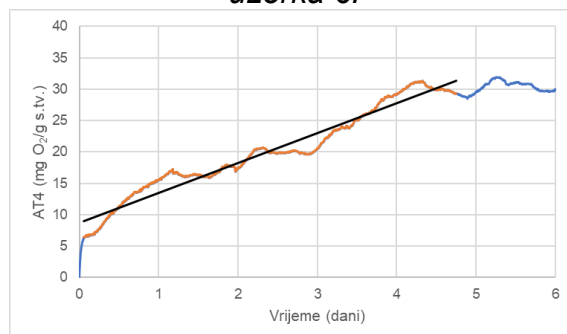
Slika 14. Respiracijska aktivnost AT_4 uzorka 5.



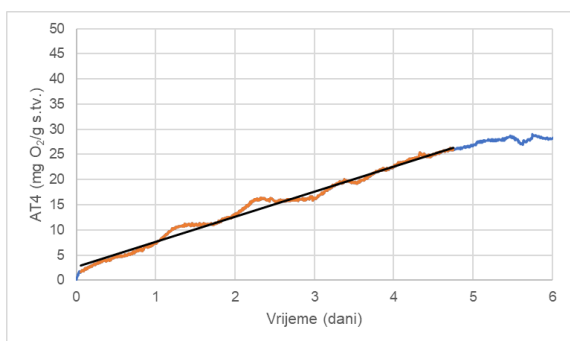
Slika 15. Respiracijska aktivnost AT_4 uzorka 6.



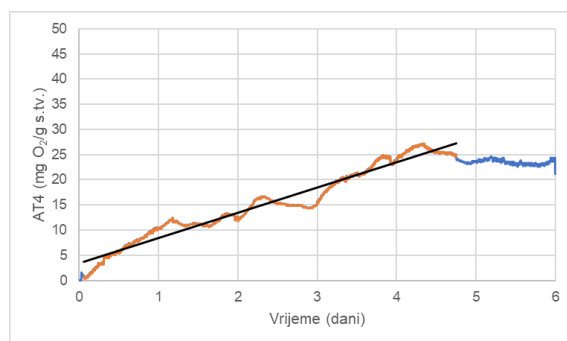
Slika 16. Respiracijska aktivnost AT_4 uzorka 7.



Slika 17. Respiracijska aktivnost AT_4 uzorka 8.



Slika 18. Respiracijska aktivnost AT_4 uzorka 9.



Slika 19. Respiracijska aktivnost AT_4 uzorka 10.

3.5. Izračun biorazgradive komponente otpada koji se upućuje na odlaganje

Nakon određivanja sastava miješanog komunalnog otpada te određivanja udjela pojedinih morfoloških kategorija, udio biorazgradive komponente određuje se množenjem udjela pojedine morfološke kategorije s pripadajućim koeficijentom definiranim u dokumentu „Metodologija za određivanje sastava i količina komunalnog odnosno miješanog komunalnog otpada“ (HAOP, 2015.).

Na osnovu rezultata morfološke analize otpada koji se upućuje na odlaganje, u nastavku je dan izračun biorazgradive komponente za otpad koji se upućuje na odlaganje.

U slijedećoj tablici dan je izračun biorazgradive komponente uzorka miješanog komunalnog otpada koji se upućuje na odlaganje.

Tablica 10. Udio biorazgradive komponente otpada koji se upućuje na odlaganje.

(1) Sastavnica otpada	(2) Udio u uzorku otpada koji se upućuje na odlaganje [%]	(3) Koeficijent za računanje biorazgradive komponente [-]	(2) x (3) Udio biorazgradive komponente u otpadu koji se upućuje na odlaganje [%]
Papir i karton	16,40	1,0	16,4
Metal	2,92	0,0	0,0
Drvo	0,52	0,5	0,3
Staklo	3,88	0,0	0,0
Tekstil/odjeća	6,04	0,5	3,0
Plastika	20,64	0,0	0,0
Guma	0,22	0,0	0,0
Kuhinjski otpad	10,91	1,0	10,9
Vrtni otpad	0,59	1,0	0,6
Ostali organski otpad (koža/kosti, jestiva ulja i masti)	2,24	1,0	2,2
Pelene	9,86	0,5	4,9
Složena slojevita ambalaža	1,18	0,0	0,0
Lijekovi	0,00	0,0	0,0
Baterije	0,04	0,0	0,0
Ostali otpad	5,77	0,5	2,9
Sitnica (< 20 mm)	18,80	0,732	13,4
UKUPNO	100,00		54,67

3.5.1. Izračun količina odloženog biorazgradivog otpada

Za potrebe unosa u Obrazac o odlagalištima i odlaganju otpada (Obrazac 000), u nastavku je dan izračun količina odloženog biorazgradivog otpada.

Količina biorazgradive komponente pojedine vrste odloženog otpada računa se korištenjem slijedeće jednadžbe:

$$m_B = m \times f_B$$

gdje su:

- m_B masa biorazgradive komponente pojedine vrste komunalnog otpada odložena na odlagalištu, [t]
 m ukupna masa pojedine vrste komunalnog otpada odložena na odlagalištu, [t]
 f_B koeficijent za računanje biorazgradive komponente, [-]

Tablica 11. Izračun količina odloženog biorazgradivog otpada u razdoblju od 01.01.2025. do 30.06.2025.

(1) Vrsta otpada	(2) Količina [t]	(3) Koeficijent [-]	(2) x (3) Količina biorazgradive komponente [t]
Miješani komunalni otpad	74.092,76	0,5467	40.506,51

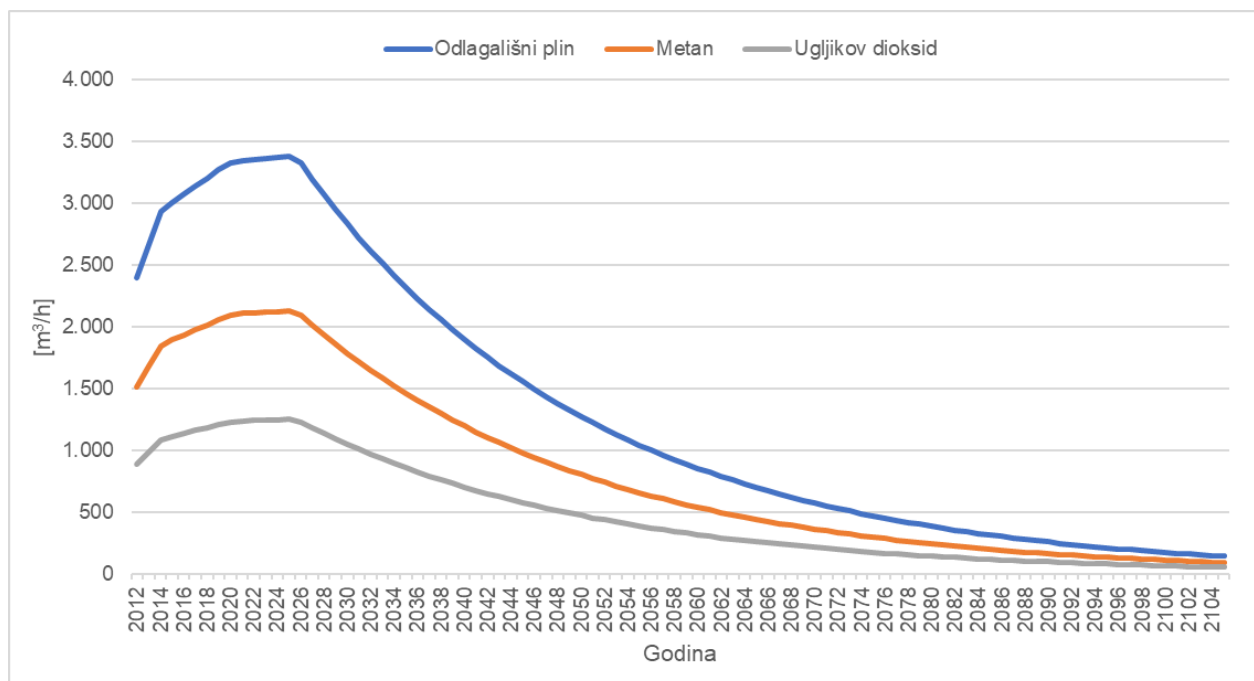
3.6. Izračun proizvodnje odlagališnog plina iz odloženog otpada

Uzimajući u obzir dostupne podatke o godišnjim količinama otpada koji je do 30.06.2025., odložen na odlagalište otpada Prudinec/Jakuševac primjenom programskog modela za izračun emisija odlagališnog plina LandGEM (*Landfill Gas Emission Model*), izvršen je izračun proizvodnje odlagališnog plina iz odloženog otpada tijekom godina. U proračunu su primijenjeni konstanta generiranja metana ($k = 0,04 \text{ god}^{-1}$ – za konvencionalna odlagališta), te potencijal stvaranja metana iz otpada ($L_0 = 113,0 \text{ m}^3/\text{t}$ otpada) i prosječni udio metana (63%) koji su definirani na osnovu rezultata provedenih analiza. Ukupna količina otpada koji će se odložiti na odlagalištu Prudinec/Jakuševac tijekom cijele 2025. godine je procijenjena na osnovu količina odloženog otpada u periodu od 01.01.-30.06.2025.

U sljedećoj tablici i slici prikazani su rezultati izračuna proizvodnje odlagališnog plina iz odloženog otpada tijekom godina.

Tablica 12. Izračun proizvodnje odlagališnog plina iz odloženog otpada tijekom godina.

Godina	Odlagališni plin		Metan		Ugljikov dioksid	
	[m ³ /h]	[m ³ /god]	[m ³ /h]	[m ³ /god]	[m ³ /h]	[m ³ /god]
2025	3.381	29.619.835	2.130	18.660.496	1.251	10.959.339
2026	3.325	29.130.927	2.095	18.352.484	1.230	10.778.443
2027	3.195	27.988.687	2.013	17.632.873	1.182	10.355.814
2028	3.070	26.891.235	1.934	16.941.478	1.136	9.949.757
2029	2.949	25.836.815	1.858	16.277.193	1.091	9.559.621
2030	2.834	24.823.739	1.785	15.638.955	1.048	9.184.783
2035	2.320	20.323.958	1.462	12.804.094	858	7.519.865
2040	1.900	16.639.850	1.197	10.483.105	703	6.156.744
2045	1.555	13.623.557	980	8.582.841	575	5.040.716
2050	1.273	11.154.025	802	7.027.036	471	4.126.989
2060	854	7.476.766	538	4.710.363	316	2.766.404
2070	572	5.011.826	360	3.157.451	212	1.854.376
2080	384	3.359.528	242	2.116.502	142	1.243.025
2090	257	2.251.959	162	1.418.734	95	833.225
2100	172	1.509.533	109	951.006	64	558.527
2105	141	1.235.901	89	778.618	52	457.283

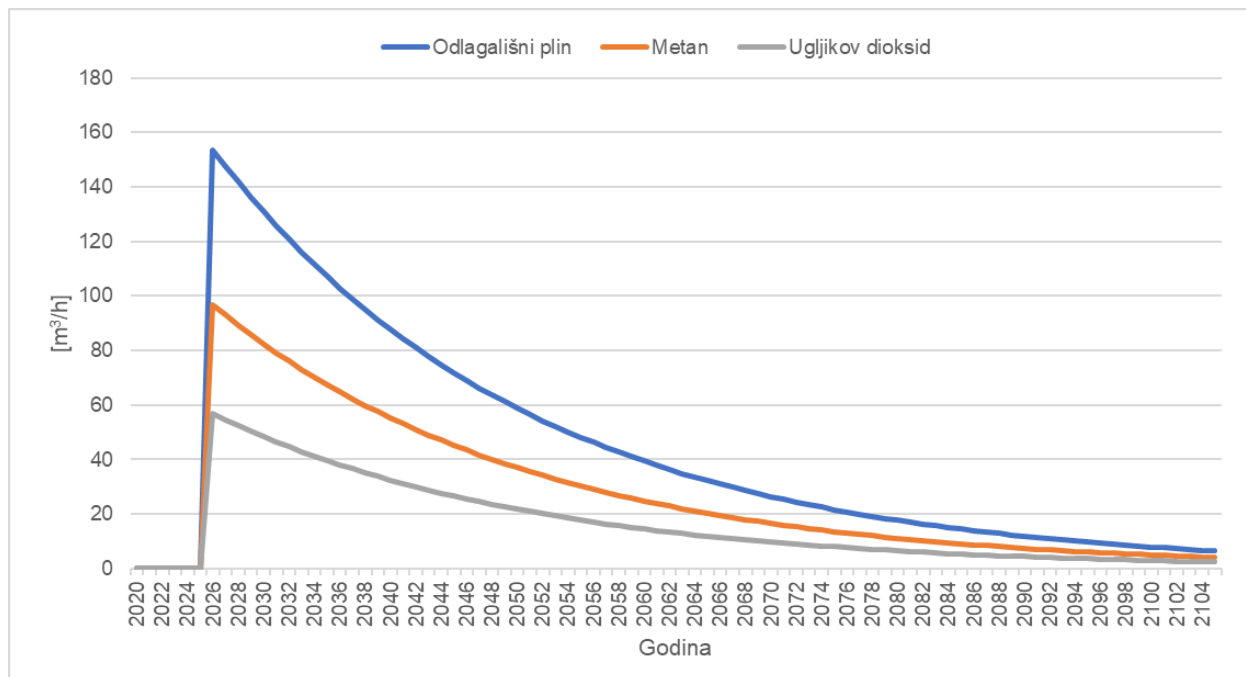


Slika 20. Proizvodnja odlagališnog plina iz odloženog otpada tijekom godina.

U sljedećoj tablici i slici prikazani su rezultati izračuna proizvodnje odlagališnog plina iz otpada odloženog tijekom 2025. godine.

Tablica 13. Izračun proizvodnje odlagališnog plina iz otpada odloženog tijekom 2025. godine.

Godina	Odlagališni plin		Metan		Ugljikov dioksid	
	[m³/h]	[m³/god]	[m³/h]	[m³/god]	[m³/h]	[m³/god]
2026	154	1.345.006	97	847.354	57	497.652
2027	148	1.292.267	93	814.128	55	478.139
2028	142	1.241.597	89	782.206	52	459.391
2029	136	1.192.913	86	751.535	50	441.378
2030	131	1.146.138	82	722.067	48	424.071
2035	107	572.032	41	360.380	24	211.652
2040	88	468.340	34	295.054	20	173.286
2045	72	383.445	28	241.570	16	141.875
2050	59	313.938	23	197.781	13	116.157
2060	39	210.439	15	132.576	9	77.862
2070	26	141.061	10	88.869	6	52.193
2080	18	94.556	7	59.570	4	34.986
2090	12	63.383	5	39.931	3	23.452
2100	8	42.487	3	26.767	2	15.720
2105	7	34.785	3	21.915	1	12.871

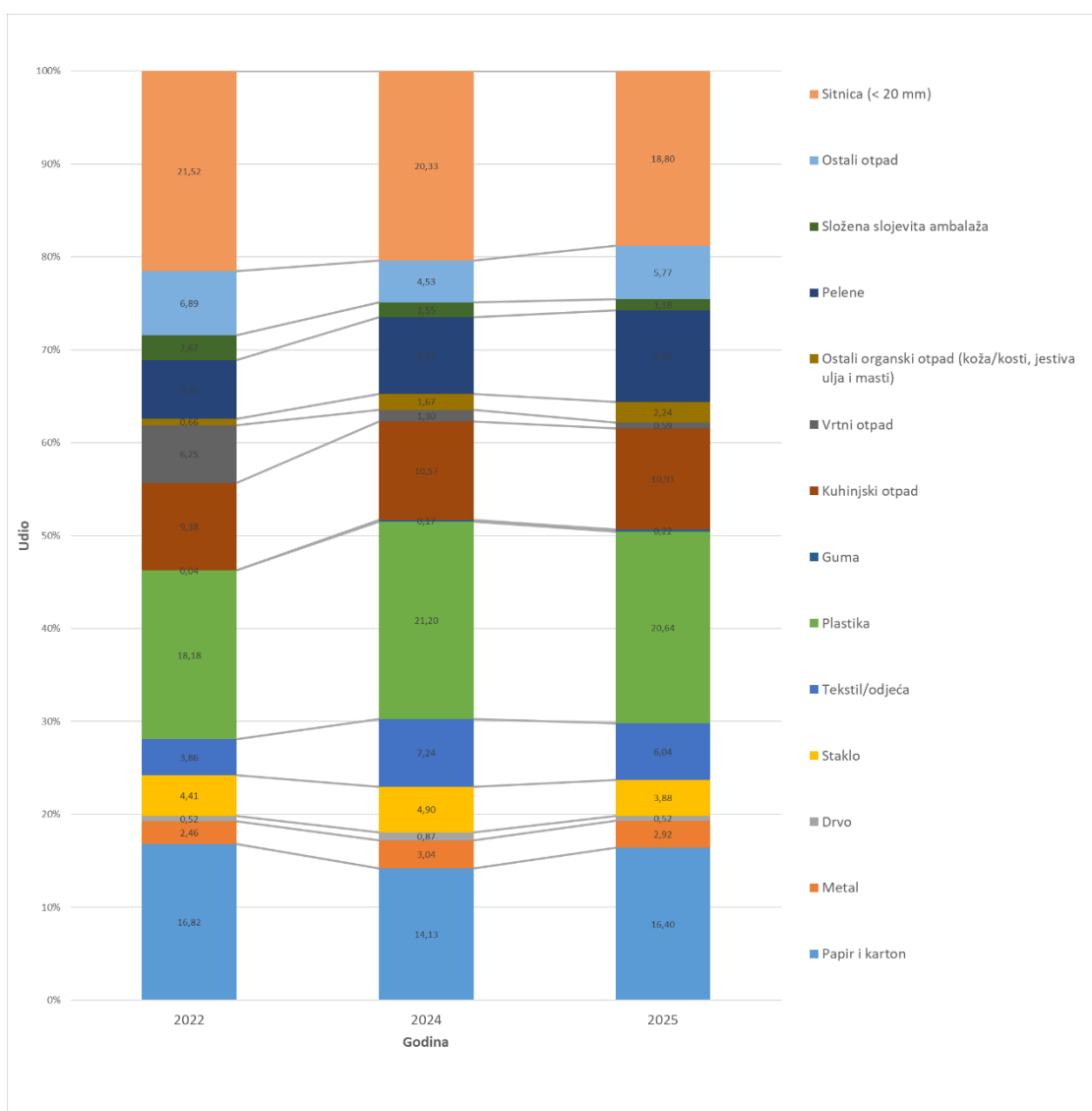


Slika 21. Proizvodnja odlagališnog plina iz otpada odloženog tijekom 2025. godine.

4. USPOREDBA REZULTATA ISPITIVANJA

U ovom poglavlju dan je usporedni prikaz rezultata ispitivanja sastava miješanog komunalnog otpada koji su prikazani u ovom Izvješću i rezultata ispitivanja sastava miješanog komunalnog otpada koja su provedena u 2024. i 2022. g. Podaci o morfološkom sastavu uzorka miješanog komunalnog otpada za 2024. g. korišteni su iz pripadajućeg Izvješća nakon provedenih analiza za 2024 g. (oznaka izvješća IZ-O-23088.01, 2023 .g.). Podaci o morfološkom sastavu uzorka miješanog komunalnog otpada za 2022. g. korišteni su iz pripadajućeg Izvješća nakon provedenih analiza za 2022 g. (oznaka izvješća IZ-O-19005.04, 2022 .g.).

Na sljedećoj slici dan je usporedni prikaz morfološkog sastava uzorka miješanog komunalnog otpada za 2025., 2024. i 2022. godinu.



Slika 22. Usporedba morfološkog sastava uzorka miješanog komunalnog otpada za 2025., 2024. i 2022. godinu.

Na slici 22. Usporedba morfološkog sastava uzorka miješanog komunalnog otpada za 2025., 2024. i 2022. godinu, vidljivo je kako je prema rezultatima nakon provedene morfološke analize nad uzorkom miješanog komunalnog otpada za 2025. godinu, zabilježeno povećanje udjela papira i kartona u odnosu na uzorak miješanog komunalnog otpada iz 2024. godine (povećanje sa 14,51% na 16,40%).

Isto tako na slici 22. vidljivo je kako je tijekom 2025. godine u odnosu na 2024. godinu zabilježeno neznatno povećanje udjela kuhinjskog otpada (sa 10,57% na 10,91%), dok je u 2022. godini u odnosu na 2025. godinu zabilježeno povećanje udjela kuhinjskog otpada (sa 9,38% na 10,91%). U odnosu na 2024. i 2022. godinu u 2025. godini zabilježeno je smanjenje udjela vrtnog otpada. Vezano za udio plastike u uzorku miješanog komunalnog otpada u 2025 godini zabilježeno je smanjenje udjela u odnosu na 2024 godinu (sa 21,20% na 20,64%), dok je 2024. g. zabilježeno je povećanje udjela u odnosu na 2022. g. (sa 18,18 % na 21,20 %).

5. PRIMJENJENE METODE I OZNAKE NORMI

Tablica 14. Primijenjene metode i oznake normi

Redni broj	Naziv metode/parametra analize	Oznaka metode (NORMA)
1	Uzorkovanje otpadnih materijala	HRI CEN/TR 15310-1:2008 Karakterizacija otpada - Uzorkovanje otpadnih materijala - 1. dio: Upute za odabir i primjenu kriterija za uzorkovanje u različitim uvjetima (CEN/TR 15310-1:2006). Characterization of waste - Sampling of waste materials - Part 1: Guidance on selection and application of criteria for sampling under various conditions (CEN/TR 15310-1:2006)
2	Uzorkovanje otpadnih materijala	HRI CEN/TR 15310-2:2008 Karakterizacija otpada - Uzorkovanje otpadnih materijala - 2. dio: Upute za tehnike uzorkovanja (CEN/TR 15310-2:2006). Characterization of waste - Sampling of waste materials - Part 2: Guidance on sampling techniques (CEN/TR 15310-2:2006)
3	Uzorkovanje otpadnih materijala	HRI CEN/TR 15310-3:2008 Karakterizacija otpada - Uzorkovanje otpadnih materijala - 3. dio: Upute za postupke poduzorkovanja na terenu (CEN/TR 15310-3:2006) Characterization of waste - Sampling of waste materials - Part 3: Guidance on procedures for sub-sampling in the field (CEN/TR 15310-3:2006)
4	Uzorkovanje otpadnih materijala	HRI CEN/TR 15310-4:2008 Karakterizacija otpada - Uzorkovanje otpadnih materijala - 4. dio: Upute za postupke pakiranja, skladištenja, čuvanja, transporta i dostave uzoraka (CEN/TR 15310-4:2006) Characterization of waste - Sampling of waste materials - Part 4: Guidance on procedures for sample packaging, storage, preservation, transport and delivery (CEN/TR 15310-4:2006)
5	Uzorkovanje otpadnih materijala	HRI CEN/TR 15310-5:2008 Karakterizacija otpada - Uzorkovanje otpadnih materijala - 5. dio: Upute za izradu plana uzorkovanja (CEN/TR 1530-5:2006) Characterization of waste - Sampling of waste materials - Part 5: Guidance on the process of defining the sampling plan (CEN/TR 15310-5:2006)
6	Priprema uzoraka	HRN EN 15002:2007 Karakterizacija otpada - Priprema ispitnih dijelova iz laboratorijskog uzorka (EN 15002:2006) Characterization of waste - Preparation of test portions from the laboratory sample (EN 15002:2006)
7	Određivanje biorazgradivosti: - Određivanje bioplinskog potencijala šaržnim testom, u trajanju od minimalno 21 dan - Biorazgradivost analiziranog uzorka	VDI 4630 Fermentacija organskih materijala – Karakterizacija supstrata, uzorkovanje, materijal za prikupljanje podataka, testovi fermentacije (<i>Vergärung organischer Stoffe – Substratcharakterisierung, Probenahme, Stoffdatenerhebung, Gärversuche; Fermentation of organic materials – Characterisation of the substrate, sampling, collection of material data, fermentation tests</i>).

Redni broj	Naziv metode/parametra analize	Oznaka metode (NORMA)
8	Određivanje parametra stabilnosti – Respiracijske aktivnosti (AT4)	ÖNORM 2027-4:2012 Procjena otpada iz mehaničko-biološke obrade - Dio 4: Parametri stabilnosti – Respiracijska aktivnost AT4, (<i>Beurteilung von Abfällen aus der mechanisch-biologischen Behandlung - Teil 4: Stabilitätsparameter - Atmungsaktivität (AT4); Evaluation of waste from mechanical-biological treatment - Part 4: Stability parameters - Respiration activity (AT4)</i>), koji je dio grupe standarda ÖNORM 2027 Parametri stabilnosti za procjenu otpada iz mehaničko-biološke obrade, (<i>Stabilitätsparameter zur Beurteilung von Abfällen aus der mechanisch-biologischen Behandlung; stability parameters for the assessment of waste from mechanical-biological treatment</i>).
9	Morfološka analiza miješanog komunalnog otpada	Vlastita metoda/ <i>In-house Method</i> RU-7_1-15 izdanje/ <i>edition</i> 3, 08.12.2023 temeljem/ <i>based on</i> Metodologija za određivanje sastava i količina komunalnog odnosno miješanog komunalnog otpada, Hrvatska agencija za okoliš i prirodu, 2015. <i>Methodology for the determination of the composition and quantity of municipal and mixed municipal waste, Croatian agency for the environm</i>

6. PRILOG – POTVRDA O AKREDITACIJI