



Utvrdjivanje sastava komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj

Jedinstvena metodologija za utvrđivanje sastava komunalnog otpada

Lipanj, 2026.

Naziv Projekta			
Ugovor o javnoj nabavi evidencijski broj: 800/02-24/29JN, izrade dokumenta – Utvrđivanje sastava komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj, KLASA: 406-07/24-01/95, URBROJ: 517-02-3-1-25-29			
Naručitelj	Ministarstvo zaštite okoliše i zelene tranzicije, Radnička cesta 80, 10000 Zagreb		
Zajednica ponuditelja	CROTEH d.o.o., Avenija Dubrovnik 15, 10000 Zagreb IPZ UNIPROJEKT TERRA d.o.o., Voćarska cesta 68, 10000 Zagreb		
Podugovaratelj	SAFEGE d.o.o., Ulica grada Vukovara 284, 10000 Zagreb		
Naziv dokumenta			
Ključni stručnjaci	Natalija GOLUBOVAC dipl.ing.preh.tehn.		Natalija Golubovac
	Anamarija HERČEKI, mag.ing.cheming.		
	Goran LUKIĆ, dipl. ing. mech.		
Neključni stručnjaci	dr. sc. Mak KIŠEVIĆ		
	Nina ZUBAC, mag.ing.geol.		Nina Zubac

SADRŽAJ

SADRŽAJ	3
POPIS SLIKA	5
POPIS TABLICA.....	6
POPIS KRATICA.....	7
1 Uvod	1
2 Iskustva u određivanju sastava miješanog komunalnog otpada odabranih europskih zemalja	3
3 Metodologija određivanja sastava i količina komunalnog otpada	5
3.1 Osnovni metodološki pristup utvrđivanju sastava miješanog komunalnog otpada	5
3.2 Uloge i način suradnje dionika.....	7
3.3 Prostorna dimenzija i stratifikacija područja za potrebe određivanja sastava otpada	10
3.4 Vremenska dimenzija određivanja sastava i količina otpada.....	12
3.5 Pripremne aktivnosti u provođenju ispitivanja sastava komunalnog otpada	13
3.6 Priprema plana uzorkovanja.....	15
3.7 Uzorkovanje, broj i količina uzoraka	17
3.7.1 Određivanje broja uzoraka	18
3.7.2 Količina uzorka	20
3.7.3 Mjesta uzorkovanja	22
3.8 Parametri analize miješanog komunalnog otpada.....	23
3.8.1 Katalog sortiranja.....	24
3.8.2 Određivanje biorazgradive komponente komunalnog otpada za potrebe izvješćivanja	31
3.8.3 Određivanje fizikalno-kemijskih karakteristika i parametara biorazgradivosti komunalnog otpada.....	36
3.9 Statistička obrada podataka i točnost rezultata	43
3.10 Osiguranje kvalitete	46
3.11 Potrebna sredstva i oprema	49

3.12	Osoblje	51
3.13	Zaštita na radu i zaštita od požara	53
3.14	Priprema, vođenje, obrada i prezentacija podataka.....	54
3.15	Metodologija određivanja sastava miješanog komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj u 2026./2027. godini	58
3.15.1	Svrha i obuhvat metodologije za 2026./2027. godinu.....	58
3.15.2	Stratifikacije u analizi 2026./2027. godine	61
3.15.3	Odabir JLS - područja za provedbu analiza	64
3.15.4	Turistički utjecaj i otočna područja.....	65
3.15.5	Sezonska dimenzija provedbe	67
3.15.6	Broj i raspodjela uzoraka	68
3.15.7	Masa i formiranje uzorka	71
3.15.8	Način uzorkovanja i definiranja ruta.....	72
3.15.9	Priprema uzorka, prosijavanje i sortiranje	73
3.15.10	Laboratorijske analize	75
3.15.11	Sljedivost, evidentiranje i kontrola kvalitete.....	77
3.15.12	Statistička obrada i ekstrapolacija.....	78
3.15.13	Dokumentacija i izvješćivanje	80
3.15.14	Primjer primjene metodologije određivanja sastava miješanog komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj u 2026./2027. godini	81
3.16	Opravdanost odabira predložene metodologije.....	84
3.16.1	Analiza primjenjivosti i prikladnosti razmatranih opcija.....	85
3.16.2	Opravdanost ključnih metodoloških elemenata	87
4	Prilozi	95
4.1	Prilog 1: Iskustva u određivanju sastava miješanog komunalnog otpada odabranih europskih zemalja	95
4.2	Prilog 2: Statistička obrada i procjena pouzdanosti rezultata	102

4.2.1	Prilog 3: Excel dokument Standardizirani obrasci – utvrđivanje sastava miješanog komunalnog otpada / list Obrazac – terensko uzorkovanje.....	106
4.2.2	Prilog 4: Excel dokument Standardizirani obrasci – utvrđivanje sastava miješanog komunalnog otpada / list Obrazac – sortiranje MKO	106
4.3	Prilog 5: Određivanje fizikalno-kemijskih karakteristika i parametara biorazgradivosti komunalnog otpada.....	107
4.3.1	Svrha i područje primjene.....	107
4.3.2	Pregled parametara i metoda.....	107
4.3.3	Fizikalni i energetske parametri.....	108
4.3.4	Kemijski i elementarni parametri.....	110
4.3.5	Okolišni i onečišćujući parametri.....	112
4.3.6	Parametri biorazgradivosti	113
4.3.7	Postupanje s laboratorijskim uzorcima i sljedivost.....	115
4.3.8	Osiguranje kvalitete laboratorijskih ispitivanja	117
4.3.9	Priprema, vođenje, obrada i prezentacija laboratorijskih podataka	119

POPIS SLIKA

Slika 1	Shema stratifikacije i uzorkovanja miješanog komunalnog otpada	18
Slika 2	Shema postupka analize sastava miješanog komunalnog otpada.....	31

POPIS TABLICA

Tablica 1 Katalog sortiranja.....	25
Tablica 2 Udjeli za izračunavanje biorazgradive komponente pojedinih morfoloških sastavnica miješanog komunalnog otpada.....	32
Tablica 3 Udjeli za izračunavanje biorazgradive komponente u pojedinim vrstama izdvojeno sakupljenog komunalnog otpada.....	35
Tablica 4 Udjeli za izračunavanje biorazgradive komponente u pojedinim vrstama ostalog biorazgradivog otpada.....	Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.
Tablica 5 Udjeli za izračunavanje biorazgradive komponente u pojedinim vrstama izdvojeno sakupljenog komunalnog otpada.....	43
Tablica 6 Sažetak metodoloških postavki za određivanje sastava miješanog komunalnog otpada Republike Hrvatske u 2026./2027. godini	60

POPIS KRATICA

Kratika	Opis
ANOVA	Analiza varijance
As	Arsen
AT4	Respiracijska aktivnost
Cd	Kadmij
Cr	Krom
Cu	Bakar
EU	Europska unija
FTIR	Infracrvena spektroskopija s Fourierovom transformacijom
FTIR	Infracrvena spektroskopija s Fourierovom transformacijom
GC-MS	Plinska kromatografija – masena spektrometrija
GC-MS	Plinska kromatografija – masena spektrometrija
H ₂ S	Sumporovodik
HCl	Klorovodik
Hg	Živa
HHV	Gornja ogrjevna vrijednost (eng. Higher Heating Value)
JLS	Jedinica lokalne samouprave
ITR	Indeks turističke razvijenosti
LHV	Donja ogrjevna vrijednost (eng. Lower Heating Value)

LOI	Gubitak žarenjem (eng. Loss on Ignition)
MANOVA	Multivarijatna analiza varijance
MKO	Miješani komunalni otpad
MOO	Miješani ostatni otpad
MSRO	Miješani suhi reciklabilni otpad
Ni	Nikl
Pb	Olovo,
PVC	Poli(vinil-klorid)
RDRI	Realni dinamički respiracijski indeks
SO ₂	Sumpor (IV) oksid
SO ₃	Sumpor (VI) oksid
SRF	Solid Recovered Fuel
SWA-Tool	Methodology for the Analysis of Solid Waste
TC	Ukupni ugljik (eng. Total Carbon) i
TOC	Ukupni organski ugljik (eng. Total Organic Carbon)
Zn	Cink

1 Uvod

Poznavanje sastava i količina komunalnog otpada temeljni je preduvjet za učinkovito planiranje i upravljanje sustavom gospodarenja otpadom. Podaci o sastavu omogućuju procjenu potencijala za ponovnu uporabu, recikliranje i oporabu, određivanje količina biorazgradivog otpada, praćenje napretka u ispunjavanju ciljeva odvojenog sakupljanja te ispunjavanje izvještajnih obveza prema Europskoj uniji (EU) i nacionalnim propisima.

U Republici Hrvatskoj se posljednja sveobuhvatna procjena prosječnog sastava komunalnog otpada izradila 2015. godine u okviru projekta Agencije za zaštitu okoliša *Izrada jedinstvene metodologije za analize sastava komunalnog otpada, određivanje prosječnog sastava komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj i projekcija količina komunalnog otpada*. Procjena se temeljila na ograničenom broju starijih analiza provedenih u razdoblju od 2008. do 2014. godine te na ekstrapolaciji dostupnih podataka, a ne na novim sustavnim terenskim ispitivanjima. Od tada se sustav gospodarenja otpadom značajno promijenio, povećao se udio odvojenog sakupljanja, razvio se sustav reciklažnih dvorišta i zelenih otoka, a promijenile su se i navike građana te struktura potrošnje. Zbog toga su postojeći podaci o sastavu komunalnog, uključujući i miješanog komunalnog otpada (MKO), zastarjeli i nedostatan pouzdani za potrebe suvremenog planiranja i izvješćivanja.

S ciljem unaprjeđenja sustava praćenja i upravljanja komunalnim otpadom, *Ministarstvo zaštite okoliša i zelene tranzicije* pokrenulo je izradu nove, jedinstvene metodologije za određivanje sastava komunalnog otpada uključujući i terensko određivanje sastava miješanog komunalnog otpada (MKO) temeljeno na predmetnoj metodologiji. Metodologija predstavlja službeni nacionalni okvir koji će se primjenjivati na lokalnoj, županijskoj i nacionalnoj razini te omogućiti sustavno, ponovljivo i usporedivo praćenje sastava MKO.

Osim samog morfološkog sastava otpada, za potrebe nacionalnog i europskog izvješćivanja potrebno je utvrditi i udio biorazgradive komponente miješanog komunalnog otpada. Kada je to predviđeno projektnim zadatkom, Planom uzorkovanja ili posebnim zahtjevom Naručitelja, morfološka analiza može se dopuniti laboratorijskim analizama fizikalno-kemijskih karakteristika i parametara biorazgradivosti otpada.

Metodologija je izrađena u skladu s relevantnim europskim metodološkim i normativnim dokumentima te smjernicama, prije svega s dokumentom Europske komisije *Načela analize miješanog komunalnog otpada* (eng. *Principles of Mixed Municipal Waste Analysis*) (verzija 3, 18. prosinca

2025.), *HRI CEN/TR 15310 (1–5):2008 – Karakterizacija otpada – Uzorkovanje otpadnih materijala te Metodologije za analizu otpada (SWA-Tool)* (eng. Methodology for the Analysis of Solid Waste) (Europska komisija, ožujak 2004.). Uzela je u obzir i dobre prakse država članica EU te specifičnosti hrvatskog sustava gospodarenja otpadom, uključujući prostornu heterogenost (urbana, ruralna, obalna i otočna područja) i utjecaj turističke aktivnosti. Osnovni pristup temelji se na stratificiranom slučajnom uzorkovanju, obveznoj grid analizi sitne frakcije te statističkim zahtjevima koji jamče visoku pouzdanost rezultata. Metodologija je strukturirana uz osiguravanje ravnoteže između statističke pouzdanosti rezultata i operativne provedivosti na terenu, uz uvažavanje specifičnosti sustava gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj.

Metodologija obuhvaća postupak određivanja morfološkog sastava miješanog komunalnog otpada te način izračuna biorazgradive komponente komunalnog otpada za potrebe izvješćivanja. Dodatno se utvrđuje okvir za provedbu laboratorijskih analiza fizikalno-kemijskih karakteristika i parametara biorazgradivosti u slučajevima kada se takve analize provode prema posebnom projektnom zahtjevu, Planom uzorkovanja ili zbog druge stručne potrebe.

Metodologija ima za cilj uspostaviti jedinstven, standardiziran i operativno provediv pristup određivanju sastava miješanog komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj, koji omogućuje pouzdane i usporedive podatke kao osnovu za donošenje politika, planiranje sustava gospodarenja otpadom i ispunjavanje nacionalnih i EU obveza izvješćivanja.

2 Iskustva u određivanju sastava miješanog komunalnog otpada odabranih europskih zemalja

Analiza metodoloških pristupa u odabranim državama članicama Europske unije pokazuje kako, unatoč razlikama u organizaciji sustava gospodarenja otpadom, postoji visok stupanj podudarnosti u ključnim načelima određivanja sastava miješanog komunalnog otpada. U Austriji, Češkoj, Finskoj, Njemačkoj, Španjolskoj i Irskoj naglasak je stavljen na statistički utemeljeno uzorkovanje, prostornu i sezonsku reprezentativnost uzoraka, jasno definirane jedinice uzorkovanja te standardizirane postupke sortiranja i kontrole kvalitete.

Posebno je zajedničko da se uzorkovanje u pravilu temelji na stratificiranom slučajnom odabiru, pri čemu se promatrana populacija dijeli na ograničen broj reprezentativnih stratumata prema kriterijima kao što su tip područja, tip stanovanja, turistička opterećenost ili obilježja sustava sakupljanja. Time se nastoji obuhvatiti heterogenost miješanog komunalnog otpada, a istodobno osigurati zahtijevana statistička pouzdanost rezultata.

Broj i obilježja stratumata pritom se prilagođavaju cilju istraživanja i raspoloživim podacima. Dodatni kriteriji stratifikacije uključuju se kada se može obrazloženo očekivati da značajno utječu na sastav otpada i kada je njihov utjecaj moguće odgovarajuće obuhvatiti Planom uzorkovanja.

U svim analiziranim primjerima prepoznata je i važnost vremenske dimenzije, odnosno provedbe uzorkovanja u više ciklusa tijekom godine kako bi se obuhvatile sezonske promjene u nastanku i sastavu otpada. Pri tome se posebna pažnja posvećuje izbjegavanju atipičnih razdoblja, poput blagdana, velikih događanja ili drugih okolnosti koje mogu privremeno narušiti reprezentativnost rezultata.

Razlike među pristupima ponajprije se odnose na razinu uzorkovanja i veličinu uzorka. U nekim se državama prednost daje uzorkovanju iz spremnika, zbog bolje sljedivosti podrijetla otpada, dok se drugdje uzorci uzimaju iz vozila ili na lokaciji postrojenja, radi veće operativne učinkovitosti. Također se razlikuju pristupi homogenizaciji, četvrtanju i obradi uzorka prije sortiranja. Usprkos razlikama, metodologijama je cilj uspostaviti ravnotežu između praktične provedivosti i reprezentativnosti.

Značajna podudarnost postoji i u zahtjevima koji se odnose na vaganje, bilancu mase i dokumentiranje postupka. U pravilu se zahtijeva neposredno vaganje uzoraka i izdvojenih frakcija, kontrola odstupanja

ukupne mase te vođenje detaljne dokumentacije o lokaciji, vremenu, vrsti uzorka i eventualnim odstupanjima tijekom provedbe. Time se osiguravaju sljedivost, usporedivost i ponovljivost rezultata.

Prikazana iskustva potvrđuju kako suvremene metodologije određivanja sastava miješanog komunalnog otpada počivaju na nekoliko zajedničkih načela: statistički utemeljenom uzorkovanju, ograničenom broju jasno definiranih stratumata, obveznom obuhvatu sezonske varijabilnosti, standardiziranim postupcima sortiranja te strogoj kontroli kvalitete i bilance mase.

Ova su načela poslužila kao temelj za izradu predložene Metodologije za Republiku Hrvatsku, uz njihovu prilagodbu nacionalnom kontekstu, osobito u pogledu izražene prostorne heterogenosti i utjecaja turističke aktivnosti.

Detaljan uvid u metodološke pristupe određivanju sastava miješanog komunalnog otpada u odabranim europskim zemljama dostupan je u 4.1 Prilogu 1: Iskustva u određivanju sastava miješanog komunalnog otpada odabranih europskih zemalja.

3 Metodologija određivanja sastava i količina komunalnog otpada

3.1 Osnovni metodološki pristup utvrđivanju sastava miješanog komunalnog otpada

Utvrđivanje sastava i količina miješanog komunalnog otpada temelji se na sustavnom i dokumentiranom pristupu koji obuhvaća definiranje ciljeva i obuhvata istraživanja, planiranje i provedbu uzorkovanja, pripremu i obradu uzorka, određivanje morfološkog sastava, izračun biorazgradive komponente te obradu, provjeru, statističku analizu i interpretaciju dobivenih podataka.

Osnovni pristup metodologije može se podijeliti u nekoliko međusobno povezanih koraka:

- **definiranje obuhvata analize i stratifikacija područja**, pri čemu se promatrano područje dijeli na reprezentativne cjeline (stratume) prema relevantnim obilježjima, kao što su stupanj urbanizacije, turistička aktivnost, struktura stanovanja, obilježja sustava sakupljanja i razvijenost odvojenog sakupljanja otpada, kada se može obrazloženo očekivati da navedena obilježja značajno utječu na sastav otpada,
- **izrada Plana uzorkovanja**, kojim se definiraju cilj i obuhvat istraživanja, promatrana populacija, stratumi, područja i mjesta uzorkovanja, jedinice uzorkovanja, broj i masa uzoraka, način formiranja uzoraka, vremenski raspored provedbe te mjere osiguranja kvalitete,
- **uzorkovanje otpada**, koje se provodi na unaprijed definiranim mjestima unutar sustava sakupljanja otpada (npr. spremnici, vozila za prikupljanje), uz osiguravanje sljedivosti i reprezentativnosti uzoraka,
- **priprema i obrada uzorka**, uključujući homogenizaciju, prema potrebi smanjivanje mase uzorka, prosijavanje na definirane granulacijske frakcije te izdvajanje reprezentativnih poduzoraka u skladu s ciljem analize,
- **analiza otpada**, koja obuhvaća ručno razvrstavanje otpada u unaprijed definirane morfološke sastavnice prema Katalogu sortiranja, vaganje izdvojenih sastavnica, kontrolu bilance mase i izračun njihovih masenih udjela,
- **izračun biorazgradive komponente komunalnog otpada** za potrebe izvješćivanja, primjenom koeficijenata utvrđenih ovom Metodologijom ili drugih obrazloženih i dokumentiranih podataka,

- **provedbu laboratorijskih analiza fizikalno-kemijskih karakteristika i parametara biorazgradivosti**, kada su takve analize predviđene projektnim zadatkom, Planom uzorkovanja ili posebnim zahtjevom Naručitelja, odnosno kada za njih postoji stručna, tehnološka, okolišna ili izvještajna potreba,
- **mjerjenje i evidentiranje podataka**, uključujući vaganje pojedinih frakcija i sustavno bilježenje rezultata,
- **obrada i statistička analiza podataka**, koja uključuje izračun masenih udjela, agregaciju rezultata po stratumima te procjenu pouzdanosti rezultata i analizu utjecaja atipičnih nalaza,
- **ekstrapolacija rezultata**, kojom se dobiveni rezultati uzoraka prenose na ukupni tok otpada obuhvaćen analizom, u skladu s definiranim sustavom sakupljanja i obuhvatom uzorkovanja i odgovarajućim ponderima,
- **izrada izvješća i interpretacija rezultata**, uključujući prikaz dobivenih podataka i zaključaka

Svi navedeni koraci provode se uz primjenu standardiziranih postupaka i mjera osiguranja kvalitete, čime se osigurava dosljednost, usporedivost i pouzdanost rezultata.

Za potrebe primjene ove Metodologije razlikuju se aktivnosti uzorkovanja otpada, aktivnosti morfološke analize sastava otpada i laboratorijska ispitivanja otpada.

Analizu sastava miješanog komunalnog otpada, uključujući i određivanje udjela pojedinih frakcija, provodi pravna osoba odgovorna za provedbu analize sastava komunalnog otpada koja osigurava da navedene aktivnosti provodi stručno osposobljeno osoblje, u skladu s ovom Metodologijom i Planom uzorkovanja za predmetno područje, uključujući postupke osiguranja kvalitete.

Pravna osoba koja provodi analizu sastava komunalnog otpada mora imati kompetentnost potvrđenu važećom akreditacijom, pri čemu opseg akreditacije mora obuhvaćati odgovarajuće postupke uzorkovanja i ispitivanja otpada. Postupci uzorkovanja i izdvajanja reprezentativnog uzorka moraju se provoditi u skladu s načelima i postupcima definiranim normativnim dokumentima HRN CEN/TR 15310-1 do 5:2008 odnosno drugim odgovarajućim normativnim dokumentima za uzorkovanje otpada.

Laboratorijska ispitivanja fizikalno-kemijskih svojstava otpada te određivanje parametara biorazgradivosti, za koja je posebnim propisima ili normama propisana primjena akreditirane metode, provodi pravna osoba akreditirana za odgovarajuće metode ispitivanja, sukladno članku 20. stavku 1. Zakona o gospodarenju otpadom (NN 84/2021).

Kontrola kvalitete obuhvaća:

- primjenu standardiziranih i dokumentiranih metoda uzorkovanja, pripreme uzorka i sortiranja,
- osiguravanje sljedivosti uzoraka kroz sve faze postupka,
- neposredno vaganje ukupnog uzorka i svih izdvojenih frakcija,
- provjeru bilance mase uzorka,
- provjeru da pravna osoba koja provodi analizu sastava komunalnog otpada ima kompetentnost potvrđenu važećom akreditacijom, pri čemu opseg akreditacije obuhvaća odgovarajuće postupke uzorkovanja i ispitivanja otpada,
- provjeru da analizu sastava miješanog komunalnog otpada, uključujući određivanje udjela pojedinih frakcija, provodi stručno osposobljeno osoblje u skladu s ovom Metodologijom i Planom uzorkovanja za predmetno područje, uključujući postupke osiguranja kvalitete,
- vođenje standardizirane dokumentacije o uzorkovanju i analizi,
- kontrolu primjene odgovarajućih i dokumentiranih koeficijenata za izračun biorazgradive komponente otpada,
- kada se provode laboratorijske analize, provjeru da ispitivanja fizikalno-kemijskih svojstava otpada i određivanje parametara biorazgradivosti, za koja je posebnim propisima ili normama propisana primjena akreditirane metode, provodi pravna osoba akreditirana za odgovarajuće metode ispitivanja, sukladno članku 20. stavku 1. Zakona o gospodarenju otpadom (NN 84/2021),
- evidentiranje i procjenu odstupanja, nesukladnosti, atipičnih nalaza i drugih okolnosti koje mogu utjecati na valjanost ili interpretaciju rezultata,
- provjeru i validaciju podataka prije njihove statističke obrade i ekstrapolacije.

Primjena navedenih mjera osigurava pouzdanost, usporedivost i ponovljivost rezultata analize sastava otpada. Mjere kontrole kvalitete primjenjuju se tijekom cijelog postupka, jer se pogreške nastale pri odabiru rute, uzorkovanju, pripremi uzorka, sortiranju ili vaganju u pravilu ne mogu ukloniti naknadnom statističkom obradom.

3.2 Uloge i način suradnje dionika

Jedinice lokalne samouprave (JLS), odnosno Grad Zagreb, u suradnji s pružateljima javne usluge sakupljanja komunalnog otpada te po potrebi sa regionalnim i županijskim centrima za gospodarenje otpadom, osiguravaju organizacijske i operativne preduvjete za provedbu analize sastava miješanog komunalnog otpada na svom području.

Javna usluga sakupljanja komunalnog otpada, u skladu s važećim propisima o gospodarenju otpadom¹, obuhvaća prikupljanje miješanog komunalnog otpada iz kućanstava i drugih izvora, biootpada, reciklabilnog komunalnog otpada, opasnog komunalnog otpada te glomaznog otpada iz kućanstava. Uslugu osiguravaju trgovačka društva osnovana od strane JLS odnosno Grada Zagreba, ili druge pravne i fizičke osobe (obrtnici na temelju koncesije dodijeljene od strane JLS).

Pružatelj javne usluge

Pružatelji javne usluge sakupljanja komunalnog otpada ključni su operativni dionici u provedbi analize sastava miješanog komunalnog otpada te osiguravaju:

- suradnju u odabiru područja, ulica, obračunskih mjesta, ruta i tura sakupljanja iz kojih se formira uzorak,
- pristup podacima, otpadu, vozilima, vagama i lokacijama potrebnima za provedbu uzorkovanja, u opsegu prethodno utvrđenom Planom uzorkovanja,
- operativnu organizaciju sakupljanja i prijevoza otpada s odabranih područja do mjesta na kojem se provodi uzorkovanje, priprema uzorka ili sortiranje,
- dostavu podataka potrebnih za odabir reprezentativnih ruta, tumačenje rezultata, statističku obradu i ekstrapolaciju rezultata.

Podatke o količinama otpada i sustavu sakupljanja otpada pružatelji javne usluge redovito dostavljaju u Informacijski sustav gospodarenja otpadom *Ministarstva zaštite okoliša i zelene tranzicije*. Za potrebe određivanja sastava miješanog i ukupnog komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj, pružatelji javne usluge, prema potrebi, dostavljaju dodatne i detaljnije podatke tijekom provedbe analiza.

Izvođač analize

Pravna osoba koja provodi analizu sastava komunalnog otpada odgovorna je za stručno i operativno vođenje cjelokupnog postupka utvrđivanja sastava otpada. Na temelju cilja istraživanja, raspoloživih podataka i odredbi ove Metodologije izrađuje Plan uzorkovanja, predlaže odabir područja i ruta, određuje način i vrijeme provedbe te provodi postupke uzorkovanja i izdvajanja reprezentativnog uzorka, pripremu uzorka, prosijavanje, morfološko razvrstavanje, vaganje, obradu podataka i izvješćivanje.

¹ Zakon o gospodarenju otpadom (OG 84/21, 142/23) i pripadajući podzakonski propisi

Pravna osoba koja provodi analizu sastava komunalnog otpada mora imati kompetentnost potvrđenu važećom akreditacijom, pri čemu opseg akreditacije mora obuhvaćati odgovarajuće postupke uzorkovanja i ispitivanja otpada. Dužna je osigurati da aktivnosti analize provodi stručno osposobljeno osoblje u skladu s ovom Metodologijom, Planom uzorkovanja i propisanim postupcima osiguranja kvalitete.

Pravna osoba koja provodi analizu odgovorna je za primjenu Metodologije, osposobljenost osoblja, kontrolu opreme, sljedivost uzoraka i podataka, provedbu mjera osiguranja kvalitete, evidentiranje odstupanja te pravodobno obavješćivanje Naručitelja o okolnostima koje mogu utjecati na reprezentativnost ili valjanost rezultata.

Operativna pomoć JLS-a, pružatelja javne usluge ili upravitelja lokacije ne prenosi na njih stručnu odgovornost za uzorkovanje, određivanje morfološkog sastava, statističku obradu i konačne rezultate. Ručno sortiranje mogu provoditi samo osobe koje su prethodno osposobljene za primjenu Kataloga sortiranja i koje rade pod stručnim nadzorom Izvođača.

Naručitelj analize

Uloga Naručitelja obuhvaća definiranje cilja i obuhvata ugovorenog istraživanja, pregled i odobravanje Plana uzorkovanja, praćenje ugovorne provedbe te razmatranje i odobravanje obrazloženih izmjena koje utječu na opseg, rokove, troškove ili način provedbe.

Kada se predlažu dodatne laboratorijske analize fizikalno-kemijskih karakteristika ili parametara biorazgradivosti, Izvođač prije njihove provedbe dostavlja Naručitelju obrazloženje svrhe, prijedlog parametara, vrstu i broj uzoraka, područje i vrijeme uzorkovanja te način korištenja rezultata. Takve se analize provode nakon njihova uključivanja u Projektni zadatak, Plan uzorkovanja ili drugog odgovarajućeg odobrenja Naručitelja.

Upravitelj lokacije za prihvatanje, pripremu ili sortiranje otpada

Ako se uzorkovanje, priprema uzorka ili sortiranje provodi na pretovornoj stanici, odlagalištu, centru za gospodarenje otpadom, reciklažnom dvorištu ili drugoj lokaciji, upravitelj lokacije osigurava dogovoreni pristup prostoru i raspoloživoj infrastrukturi. To može uključivati korištenje kolne vage, površine za istovar, prostora za pripremu i sortiranje, priključaka za vodu i električnu energiju te organizaciju privremenog držanja razvrstanih sastavnica i ostatka nakon završetka analize.

Prije početka rada Izvođač i upravitelj lokacije usklađuju pravila kretanja vozila i osoba, mjere zaštite na radu i zaštite od požara, način postupanja s izdvojenim potencijalno opasnim predmetima te način predaje otpada nakon završetka analize.

Način komunikacije i dokumentiranja

Za svako područje provedbe određuju se odgovorne kontaktne osobe Izvođača, JLS-a, pružatelja javne usluge i, prema potrebi, upravitelja lokacije. Dogovori koji utječu na odabir područja ili rute, vrijeme uzorkovanja, podrijetlo otpada, masu uzorka ili odstupanje od Plana uzorkovanja moraju biti dokumentirani na način koji omogućuje naknadnu provjeru postupka.

Prije početka pojedinog ciklusa, Izvođač s lokalnim dionicima potvrđuje najmanje datum i vrijeme provedbe, odabranu rutu ili područje, očekivanu količinu otpada, vrstu vozila, mjesto istovara i vaganja, raspoloživost prostora i opreme te osobe odgovorne za operativnu provedbu. Svaka naknadna promjena koja može utjecati na reprezentativnost uzorka evidentira se u terenskom obrascu i razmatra u izvješću.

3.3 Prostorna dimenzija i stratifikacija područja za potrebe određivanja sastava otpada

Prostorna dimenzija određivanja sastava miješanog komunalnog otpada definira se na razini jedinica lokalne samouprave, odnosno Grada Zagreba, pri čemu se analiza provodi na odabranim područjima unutar pojedine JLS u skladu s ovom Metodologijom.

Analiza se provodi na odabranim područjima, rutama ili drugim jedinicama uzorkovanja koje moraju biti dovoljno reprezentativne za stratum odnosno podstratum kojem pripadaju. Odabir područja i ruta mora biti obrazložen u Planu uzorkovanja, uz jasno navođenje populacije otpada koju pojedini uzorak predstavlja.

Sastav i količine komunalnog otpada značajno ovise o prostornim obilježjima područja, uključujući razinu urbanizacije, gustoću naseljenosti, tip stanovanja, gospodarske aktivnosti te intenzitet turističke aktivnosti. Na sastav miješanog komunalnog otpada mogu značajno utjecati i udio otpada iz kućanstava i drugih izvora, razvijenost sustava odvojenog sakupljanja, vrste i raspoloživi volumen spremnika, učestalost odvoza, model pružanja javne usluge te drugi lokalni čimbenici. Prostorna heterogenost stoga predstavlja jedan od ključnih čimbenika koji utječe na strukturu i varijabilnost miješanog komunalnog otpada.

Ne moraju svi navedeni čimbenici predstavljati zaseban kriterij stratifikacije. Osnovni kriteriji trebaju biti ograničeni na čimbenike koji su mjerljivi, raspoloživi za cjelokupno promatrano područje i za koje se može obrazloženo očekivati da značajno utječu na sastav otpada. Ostala obilježja uzimaju se u obzir pri odabiru reprezentativnih JLS-ova, područja i ruta te pri tumačenju dobivenih rezultata.

Radi osiguravanja usporedivosti i reprezentativnosti rezultata, u skladu s DEGURBA klasifikacijom² prema stupnju urbanizacije JLS u okviru ove Metodologije razlikuju se sljedeći osnovni tipovi područja:

- gradovi (gusto naseljena područja): teritorijalne jedinice na razini JLS-ova u kojima najmanje 50% stanovništva živi u urbanim središtima,
- manji gradovi i predgrađa (područja srednje gustoće): teritorijalne jedinice na razini JLS-ova u kojima manje od 50% stanovništva živi u urbanim središtima i manje od 50% stanovništva živi u ruralnim mrežnim ćelijama,
- ruralna područja (rijetko naseljena područja): prostorne jedinice na razini JLS-ova u kojima više od 50% stanovništva živi u ruralnim mrežnim ćelijama.

DEGURBA klasifikacija predstavlja osnovu za prostornu stratifikaciju jer omogućuje primjenu jednoznačnog i usporedivog kriterija na cijelom području Republike Hrvatske. Razvrstavanje JLS-ova prema stupnju urbanizacije provodi se na temelju aktualnih službenih podataka.

Uz osnovnu DEGURBA klasifikaciju, razmatra se utjecaj turističke aktivnosti, s obzirom na to da povećani broj privremenih korisnika i promijenjeni obrasci potrošnje mogu značajno utjecati na količinu i sastav otpada, osobito na udio ambalažnog otpada i otpada od hrane. Kada se na temelju službenih pokazatelja utvrdi značajan turistički utjecaj, pojedini se osnovni stratum može podijeliti na turistički i neturistički podstratum.

Za procjenu turističkog utjecaja primjenjuju se službeni i usporedivi pokazatelji, kao što su indeks turističke razvijenosti, broj turističkih noćenja, odnos broja noćenja i stalnog stanovništva ili drugi odgovarajući podaci. Odabrani pokazatelj, granična vrijednost i razvrstavanje JLS-ova moraju biti navedeni i obrazloženi u Planu uzorkovanja.

Također, otočna JLS uključuje se u uzorkovanje kada analiza raspoloživih podataka i operativnih okolnosti pokaže da njezino uključivanje može značajno pridonijeti reprezentativnosti uzorka ili kada se radi o području ili posebnim obrascima nastanka otpada.

² <https://dzs.gov.hr/istaknute-teme-162/prostorne-klasifikacije-i-subnacionalne-statistike-2/stupanj-urbanizacije-degurba/453>

Ukoliko unutar pojedine JLS postoje značajne razlike u navedenim obilježjima, područje se može podijeliti na više prostornih cjelina radi preciznijeg tumačenja rezultata. Rezultati analize interpretiraju se na razini promatranog područja, a zatim agregiraju na višu (županijsku i nacionalnu) razinu.

3.4 Vremenska dimenzija određivanja sastava i količina otpada

Sastav i količine miješanog komunalnog otpada podložni su sezonskim varijacijama koje proizlaze iz promjena u obrascima potrošnje, intenzitetu turističke aktivnosti te organizaciji i dinamici prikupljanja otpada. Radi osiguravanja reprezentativnosti rezultata, vremenska dimenzija analize mora obuhvatiti najmanje dva sezonski različita razdoblja unutar jedne kalendarske godine.

U okviru ove Metodologije predviđa se provedba najmanje dva ciklusa uzorkovanja godišnje, i to:

- jedan u razdoblju proljeće–ljetno, pri čemu je na područjima s izraženim turističkim utjecajem obvezno obuhvatiti razdoblje povećane turističke aktivnosti (ljetna sezona),
- jedan u razdoblju jesen–zima.

Definiranjem minimalnog broja sezonskih ciklusa uzorkovanja osigurava se obuhvat varijabilnosti sastava otpada tijekom godine, čime se smanjuje rizik od sustavne pristranosti i povećava pouzdanost procjene godišnjeg prosječnog sastava otpada.

Svaki sezonski ciklus obuhvaća provedbu Plana uzorkovanja na svim stratumima i podstratumima predviđenima za taj ciklus. Uzorkovanje na pojedinom području mora obuhvatiti najmanje jedan puni operativni ciklus sakupljanja otpada, odnosno razdoblje između dva redovita odvoza iste jedinice uzorkovanja. To u pravilu odgovara najmanje jednom tjednu kod tjednog odvoza, odnosno najmanje dvama tjednima kod dvotjednog odvoza. Minimalni broj uzoraka unutar pojedinog sezonskog ciklusa određuje se prema pravilima iz poglavlja 3.7 i razrađuje Planom uzorkovanja. Svaki predviđeni stratum odnosno podstratum mora biti zastupljen najmanje jednim uzorkom po sezonskom ciklusu, osim ako je Planom uzorkovanja na temelju raspoloživih podataka i statističkog obrazloženja utvrđen veći broj uzoraka.

Prikupljanje uzoraka u pravilu se provodi na dan redovitog odvoza otpada, na način koji osigurava reprezentativnost uzorka u odnosu na promatrani tok otpada. Kako bi se izbjegao utjecaj na sastav otpada, uzorkovanje se, u pravilu, provodi bez prethodnog obavješćavanja proizvođača otpada, gdje je to primjenjivo.

Pri planiranju vremenskog rasporeda uzorkovanja potrebno je uzeti u obzir varijacije u sastavu otpada povezane s danima u tjednu. U sustavima u kojima se dio otpada akumulira tijekom vikenda i preuzima početkom tjedna, raspored uzorkovanja mora biti planiran s ciljem izbjegavanja sustavne pristranosti uzrokovane danom odvoza.

Razdoblja državnih blagdana i produženih vikenda predstavljaju predvidljiv izvor kratkotrajne varijabilnosti u količinama i sastavu otpada. Kampanje uzorkovanja u pravilu se planiraju uz izbjegavanje tjedana zahvaćenih državnim blagdanima ili značajnim pomacima u rasporedu odvoza. Ukoliko iz opravdanih razloga nije moguće izbjeći takva razdoblja, navedeno se evidentira te se uzima u obzir pri interpretaciji rezultata.

Odabir točnih termina provedbe uzorkovanja provest će se u skladu s Planom uzorkovanja, uz uvjet osiguravanja pokrivenosti razdoblja povećane sezonske varijabilnosti.

3.5 Pripremne aktivnosti u provođenju ispitivanja sastava komunalnog otpada

Pripremna faza ispitivanja sastava komunalnog otpada ima ključnu ulogu u osiguravanju reprezentativnosti i pouzdanosti rezultata. U ovoj fazi prikupljaju se i analiziraju osnovni podaci o području istraživanja, sustavu gospodarenja otpadom te demografskim i socioekonomskim obilježjima područja.

Prikupljeni podaci služe kao temelj za izradu Plana uzorkovanja, kojim se definiraju prostorna raspodjela uzorkovanja, stratifikacija uzorka, broj i masa uzoraka te vremenski raspored provedbe ispitivanja.

U okviru pripremne faze potrebno je prikupiti i dokumentirati relevantne podatke o području istraživanja, primjerice:

❖ Demografske i prostorne karakteristike područja

- broj stanovnika na području obuhvaćenom ispitivanjem,
- broj kućanstava,
- struktura stanovanja (individualne stambene jedinice, višestambene zgrade),
- tipovi područja prema DEGURBA klasifikaciji,

- posebne prostorne karakteristike koje mogu utjecati na nastanak otpada (npr. turističke zone, vikend naselja),

❖ *Informacije o sustavu gospodarenja otpadom*

- organizacija sustava sakupljanja komunalnog otpada,
- vrste spremnika za otpad i njihov volumen,
- način korištenja spremnika (individualni spremnici, zajednički spremnici, podzemni spremnici i sl.),
- prostorni raspored spremnika,
- učestalost i raspored odvoza otpada,
- tipovi vozila za prikupljanje otpada,
- način evidentiranja količina otpada (npr. sustav vaganja),
- opis ruta prikupljanja otpada,
- tokovi otpada na području istraživanja (nastale i sakupljene količine otpada po vrstama),
- način daljnje obrade otpada (sortiranje, oporaba, odlaganje).

❖ *Socioekonomske karakteristike područja*

- gospodarska struktura područja,
- prisutnost uslužnih djelatnosti koje generiraju miješani komunalni otpad,
- intenzitet turističke aktivnosti,
- drugi lokalni čimbenici koji mogu utjecati na količine i sastav otpada.

U turistički intenzivnim područjima potrebno je uzeti u obzir sezonske promjene u broju korisnika sustava gospodarenja otpadom. U takvim područjima broj stalnih stanovnika često ne odražava stvarni broj korisnika usluge tijekom turističke sezone, što može značajno utjecati na količine i sastav otpada.

Podaci potrebni za planiranje uzorkovanja mogu se pribaviti iz različitih izvora, uključujući: evidencije komunalnih društava, Informacijski sustav gospodarenja otpadom, službene statistike (npr. *Državni zavod za statistiku*), prostorne i razvojne dokumente jedinica lokalne samouprave, turističke statistike (npr. sustav eVisitor), i dr.

Podaci prikupljeni u ovoj fazi moraju biti dovoljni za definiranje reprezentativnog uzorka i izradu Plana uzorkovanja. Posebno su ključni podaci koji utječu na prostornu i sezonsku varijabilnost otpada te organizaciju sustava sakupljanja otpada.

3.6 Priprema plana uzorkovanja

Na temelju podataka prikupljenih tijekom faze Pripremne aktivnosti u provođenju ispitivanja sastava komunalnog otpada (poglavlje 3.5) izrađuje se Plan uzorkovanja, kojim se detaljno definira način provedbe uzorkovanja i ispitivanja sastava miješanog komunalnog otpada. Plan uzorkovanja izrađuje Izvođač prije početka terenskih aktivnosti.

Plan uzorkovanja predstavlja operativni dokument kojim se utvrđuju prostorna i vremenska dimenzija uzorkovanja, broj i veličina uzoraka, način stratifikacije promatrane populacije te organizacija i logistika provedbe uzorkovanja i mora biti izrađen na način da je usklađen i zadovoljava sve kriterije propisane ovom Metodologijom

Pri izradi Plana uzorkovanja potrebno je uzeti u obzir prostorne karakteristike područja obuhvaćenog ispitivanjem (poglavlje 3.3) te vremensku dimenziju uzorkovanja, uključujući broj sezonskih ciklusa uzorkovanja, razdoblja provedbe te planirane tjedne i dane uzorkovanja, u skladu s načelima opisanim u poglavlju 3.4.

U okviru Plana uzorkovanja potrebno je posebno razraditi:

- cilj istraživanja, namjenu rezultata i prostornu razinu za koju se rezultati utvrđuju – lokalnu, županijsku, regionalnu ili nacionalnu,
- definiciju promatrane populacije otpada, uključujući vrste i izvore otpada koji se uključuju odnosno ne uključuju u istraživanje,
- prostorni i vremenski obuhvat istraživanja,
- kriterije i način stratifikacije promatrane populacije, popis utvrđenih stratumata i podstratumata te obrazloženje njihove primjene,
- popis JLS-ova, područja, pružatelja javne usluge i drugih operativnih jedinica obuhvaćenih uzorkovanjem,
- razinu uzorkovanja u sustavu sakupljanja otpada (npr. uzorkovanje iz spremnika za otpad, iz vozila za sakupljanje otpada ili druge odgovarajuće razine),
- metodu uzorkovanja (npr. stratificirano slučajno uzorkovanje, sustavno uzorkovanje),
- popis (adresar) lokacija uzorkovanja,

- planiranu raspodjelu uzoraka po pojedinom stratumu,
- broj jedinica uzorkovanja te veličinu uzorka potrebnu za postizanje tražene statističke pouzdanosti rezultata,
- organizaciju i logistiku sortiranja (lokacije sortiranja, transport uzoraka, odgovorne osobe).

Ako su projektnim zadatkom ili posebnim zahtjevom Naručitelja predviđene laboratorijske analize, Plan uzorkovanja ili poseban program ispitivanja mora sadržavati i svrhu analiza, odabrane parametre, broj i vrstu uzoraka, način poduzorkovanja, uvjete čuvanja i transporta te način korištenja rezultata.

Plan uzorkovanja mora sadržavati obrazloženje i izračun predloženog broja uzoraka po relevantnim analitičkim stratumima, sezonskim ciklusima i županijama. Potrebno je prikazati na koji način predloženi broj i raspodjela uzoraka omogućuju reprezentativnost, ponderiranu agregaciju rezultata te postizanje traženih statističkih kriterija pouzdanosti propisani ovom Metodologijom.

Plan uzorkovanja treba osigurati prikupljanje uzoraka miješanog komunalnog otpada na način koji omogućuje reprezentativno obuhvaćanje različitih izvora komunalnog otpada, osobito otpada iz kućanstava te otpada sličnog otpadu iz kućanstava koji nastaje u uslužnim djelatnostima.

Za svako definirano područje uzorkovanja (npr. područje pojedinog pružatelja javne usluge prikupljanja otpada) izrađuje se zaseban Plan uzorkovanja.

Tijekom provedbe uzorkovanja i analize potrebno je voditi evidenciju o uzimanju uzoraka korištenjem standardiziranih obrazaca, čiji su primjeri dani u prilogima (4.2.1 Prilogu 3: Excel dokument Standardizirani obrasci – utvrđivanje sastava miješanog komunalnog otpada / list Obrazac – terensko uzorkovanje i 4.2.2 Prilogu 4: Excel dokument Standardizirani obrasci – utvrđivanje sastava miješanog komunalnog otpada / list Obrazac – sortiranje MKO) ove Metodologije.

Standardizirani obrasci mogu se dopuniti podacima potrebnima za pojedino istraživanje, ali se ne smiju izostaviti podaci nužni za utvrđivanje podrijetla uzorka, sljedivost, kontrolu mase i provjeru usklađenosti provedbe s Planom uzorkovanja.

Plan uzorkovanja izrađuje se u skladu s načelima i postupcima definiranim normativnim dokumentima HRN CEN/TR 15310-1 do 5:2008 odnosno drugim odgovarajućim normativnim dokumentima za uzorkovanje otpada te mora biti izrađen prije početka terenskih aktivnosti.

Postupke uzorkovanja i izdvajanja reprezentativnog uzorka provodi pravna osoba koja provodi analizu sastava komunalnog otpada. Navedena pravna osoba mora imati kompetentnost potvrđenu važećom

akreditacijom, pri čemu opseg akreditacije mora obuhvaćati odgovarajuće postupke uzorkovanja i ispitivanja otpada.

U Planu uzorkovanja odnosno dokumentaciji o provedbi navode se primijenjeni postupci uzorkovanja i izdvajanja reprezentativnog uzorka, normativni dokumenti na kojima se postupci temelje, podaci o pravnoj osobi koja provodi analizu, pripadajući opseg akreditacije te sva eventualna odstupanja od planiranog postupka.

3.7 Uzorkovanje, broj i količina uzoraka

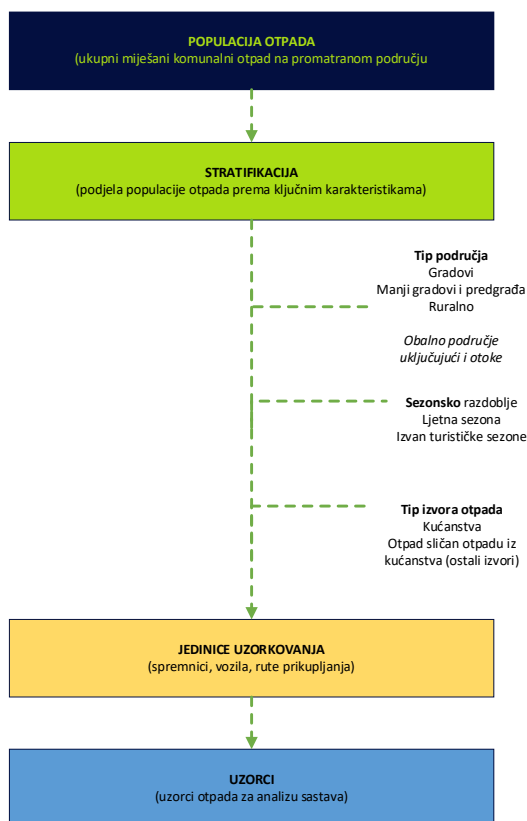
Za dobivanje reprezentativnih i statistički pouzdanih rezultata analize sastava miješanog komunalnog otpada potrebno je odrediti odgovarajući broj uzoraka i količinu otpada u pojedinom uzorku (veličinu uzorka). Postupak uzorkovanja mora biti u skladu sa *HRI CEN/TR 15310 (1–5):2008 – Karakterizacija otpada – Uzorkovanje otpadnih materijala, Metodologije za analizu krutog otpada (SWA-Tool)* (eng. Methodology for the Analysis of Solid Waste (SWA-Tool), Europska komisija, March 2004) te zadnjim relevantnim smjernicama Europske komisije o načelima analize miješanog komunalnog otpada.

U skladu s europskim metodološkim načelima za analizu sastava otpada, uzorkovanje treba biti zasnovano na metodi slučajnog uzorkovanja (eng. probability-based sampling design), pri čemu se preporučuje primjena stratificiranog slučajnog uzorkovanja. Primijenjene metode uzorkovanja moraju biti obuhvaćene odgovarajućim područjem akreditacije pravne osobe koja provodi uzorkovanje, odnosno moraju biti jasno dokumentirane u Planu uzorkovanja i izvješću o provedenoj analizi.

Rezultati analize sastava otpada trebaju se izražavati uz razinu pouzdanosti od najmanje 95 %.

Relativna pogreška procjene ne smije prelaziti 10 %, pri čemu se preporučuje primjenjivati sljedeće pragove točnosti mjerenja:

- za plastičnu ambalažu u odvojeno ili zajednički prikupljenim tokovima otpada, relativna pogreška procjene treba biti manja od 5 %,
- za ostale odvojeno ili zajednički prikupljene tokove otpada, preporučuje se relativna pogreška procjene manja od 5 %, osobito kada značajno utječu na obuhvaćanje ili gubitke plastične ambalaže,
- za ostale tokove otpada koji nisu odvojeno ili zajednički prikupljeni, relativna pogreška procjene treba biti manja od 10 %.



Slika 1 Shema stratifikacije i uzorkovanja miješanog komunalnog otpada

3.7.1 Određivanje broja uzoraka

Broj uzoraka mora biti dovoljan kako bi se osigurala reprezentativnost rezultata za promatranu populaciju otpada³ i pojedine stratumne definirane u Planu uzorkovanja.

Pri određivanju broja uzoraka potrebno je uzeti u obzir:

- veličinu promatrane populacije otpada,
- prostornu raspodjelu uzoraka na promatranom području (poglavlje 3.3),
- sezonske varijacije u nastanku otpada (poglavlje 3.4),
- heterogenost sastava otpada,
- organizaciju sustava sakupljanja otpada.

³ Statistička populacija predstavlja cjelokupni skup jedinica ili lokacija nastanka otpada relevantnih za analizu, iz kojih se odabiru uzorci (European Commission, December 2025)

Minimalni broj uzoraka ne određuje se isključivo na razini operativnog područja uzorkovanja (JLS odnosno područje davatelja javne usluge), nego na razini relevantnog stratuma za koji se rezultati procjenjuju ili koriste u agregaciji.

Plan uzorkovanja razrađuje konačan broj i raspodjelu uzoraka na temelju stvarnih ulaznih podataka, definiranih stratuma, očekivane heterogenosti sastava otpada i traženih statističkih kriterija pouzdanosti. U Planu uzorkovanja potrebno je dokumentirati primijenjene pretpostavke i obrazložiti usklađenost predloženog broja i raspodjele uzoraka s traženim statističkim kriterijima.

Radi osiguravanja statističke pouzdanosti rezultata, pri definiranju stratifikacije preporučuje se ograničiti broj stratuma po pojedinom kriteriju stratifikacije na najviše pet. Korištenje većeg broja stratuma može značajno povećati potreban broj uzoraka za svaki pojedini stratum te smanjiti statističku pouzdanost rezultata.

Također se preporučuje u najvećoj mogućoj mjeri izbjegavati definiranje stratuma koji predstavljaju vrlo mali udio ukupne populacije otpada, izuzev kada je isto metodološki opravdano (npr. u slučaju otočnih područja). U pravilu, najmanji stratum trebao bi obuhvaćati najmanje približno 15 % ukupne populacije otpada (npr. ukupne količine sakupljenog miješanog komunalnog otpada na promatranom području). Definiranje stratuma s vrlo malim udjelom u populaciji može dovesti do smanjene statističke točnosti rezultata, osobito kada je broj uzoraka ograničen.

Kriteriji stratifikacije primjenjuju se hijerarhijski i selektivno, a ne automatskim punim križanjem svih mogućih obilježja. Prije konačnog formiranja svake kombinacije kriterija stratifikacije potrebno je provjeriti udio predloženog stratuma ili podstratuma u ukupnoj populaciji otpada, očekivani utjecaj na sastav MKO-a te mogućnost osiguranja dovoljnog broja uzoraka za statističku obradu i agregaciju rezultata. Ako predložena kombinacija kriterija dovodi do vrlo malih podskupina, ista se primjenjuje samo ako je metodološki opravdana i obrazložena u Planu uzorkovanja.

Kao minimalni zahtjev, stratifikacija treba obuhvatiti:

- tip naselja (npr. urbani i ruralni karakter područja),
- sezonske varijacije u nastanku otpada,
- prostornu raspodjelu uzoraka unutar promatranog područja.

Minimalni broj uzoraka i njihova raspodjela po pojedinim stratumima definiraju se u okviru Plana uzorkovanja, uzimajući u obzir lokalne karakteristike sustava gospodarenja otpadom.

Za procjenu minimalnog broja uzoraka po pojedinom stratumu može se primijeniti standardna statistička formula za procjenu prosjeka populacije⁴:

$$n = \left(\frac{z * s}{E} \right)^2$$

gdje je:

- **z** – standardna z-vrijednost za odabranu razinu pouzdanosti (za razinu pouzdanosti od 95 % minimalna vrijednost iznosi 1,96)
- **s** – standardna devijacija, određena na temelju prethodnih analiza sastava otpada
- **E** – dopuštena pogreška procjene
- **n** – minimalni broj uzoraka koje je potrebno analizirati.

Vrijednost **E** treba odrediti uz osiguravanje relativne pogreške procjene u skladu s kriterijima točnosti navedenim u ovom poglavlju.

Za ispravnu primjenu statističke procjene minimalnog broja uzoraka potrebno je osigurati da masa pojedinačnih uzoraka bude jednaka ili veća od mase uzoraka na temelju kojih je procijenjena standardna devijacija korištena u izračunu.

3.7.2 Količina uzorka

Masa pojedinačnog uzorka mora biti dovoljna za pouzdanu analizu sastava otpada i identifikaciju svih relevantnih frakcija otpada, uzimajući u obzir heterogenost miješanog komunalnog otpada. Ciljana masa uzorka definira se za pojedinačne uzorke.

U europskoj praksi analiza sastava miješanog komunalnog otpada najčešće se provodi na uzorcima mase približno 200 kg do 500 kg ili više, ovisno o metodi uzorkovanja, organizaciji sustava sakupljanja otpada te logistici sortiranja. Manji uzorci obično se primjenjuju u slučaju uzorkovanja iz pojedinačnih spremnika ili manjih jedinica uzorkovanja, dok se veći uzorci mogu koristiti kada se uzorkovanje provodi iz vozila za sakupljanje otpada ili većih tokova otpada. Odabrana masa uzorka mora omogućiti pouzdano određivanje udjela pojedinih materijalnih frakcija, obuhvaćajući i plastičnu ambalažu, a uključujući i frakciju višeslojne (kompozitna) ambalaže. Ako se uzorci uzimaju iz većih količina otpada

⁴ Ova formula se najčešće koristi kada ukupna veličina populacije nije unaprijed određena i poznata je samo standardna devijacija eksperimentalne implementacije, jednostavnija je od Cochranove formule za udio populacije (Cochran (1977.), „Sampling Techniques“, 3. izdanje, John Wiley & Sons). Obje formule su izvedene iz načela intervala pouzdanosti.

(npr. iz vozila za prikupljanje otpada), uzorak se može formirati kao poduzorak izdvojen iz ukupne mase otpada.

Kada se iz osnovnog uzorka izdvajaju poduzorci za potrebe laboratorijskih analiza, njihova masa mora biti dovoljna za provedbu svih planiranih ispitivanja, uključujući eventualne ponovljene analize i kontrolne uzorke. Poduzorci se moraju izdvojiti nakon homogenizacije ili na drugi metodološki opravdan način kojim se osigurava reprezentativnost u odnosu na uzorak ili frakciju iz koje potječu. Masa i način izdvajanja laboratorijskog poduzorka evidentiraju se u obrascu uzorka.

Homogenizacija i izdvajanje reprezentativnog poduzorka

Prije izdvajanja radnog uzorka za vaganje i sortiranje obvezno se provodi homogenizacija cjelokupne šarže otpada iz koje se uzorak izdvaja.

Otpad se istovaruje na čistu, ravnu i čvrstu podlogu te se mora moći jasno povezati s odabranom rutom, vozilom, JLS-om, stratumom i sezonskim ciklusom. Šarža se ne smije miješati s otpadom koji nije dio odabrane jedinice uzorkovanja, odnosno s otpadom koji ne pripada odabranoj ruti, vozilu, JLS-u, stratumu ili sezonskom ciklusu, osim ako je takvo objedinjavanje unaprijed predviđeno Planom uzorkovanja i dokumentirano kao formiranje kompozitnog uzorka.

Homogenizacija se provodi mehaničkim ili ručnim miješanjem, ovisno o količini otpada i uvjetima na lokaciji. Tijekom homogenizacije potrebno je izbjegavati drobljenje, trganje, lomljenje i zbijanje otpada.

Nakon početnog miješanja otpad se razastire u ravnomjerni sloj ili izduženu hrpu. Radni uzorak ne smije se uzeti iz jednog dijela hrpe, s površine hrpe ili samo iz lako dostupnog dijela materijala. Uzorak se formira kao kompozitni uzorak sastavljen od više pojedinačnih zahvata, odnosno inkremenata, uzetih iz različitih dijelova homogenizirane šarže, uključujući površinski, središnji i donji dio hrpe, koliko je to tehnički izvedivo.

Krupni, izrazito teški ili sigurnosno problematični predmeti izdvajaju se prije daljnje redukcije uzorka, zasebno evidentiraju, razvrstavaju u odgovarajuću frakciju i važu. Takvi se predmeti ne smiju ukloniti iz analize bez evidentiranja.

Zatvorene vreće koje ulaze u početni ili radni uzorak potrebno je otvoriti prije završne homogenizacije i konačnog izdvajanja radnog uzorka. Vreće se ne smiju birati selektivno prema izgledu, veličini, boji,

masi ili pretpostavljenom sadržaju, već se uzimaju kao dio sustavno ili slučajno odabranih inkremenata iz različitih dijelova šarže.

Nakon otvaranja vreća njihov se sadržaj ravnomjerno raspoređuje po materijalu i ponovno miješa s ostatkom uzorka.

Ako je potrebno smanjiti masu uzorka na masu prikladnu za ručno sortiranje, smanjenje se provodi tek nakon homogenizacije, primjenom četvrtanja, stožarenja ili druge dokumentirane metode redukcije uzorka. Nakon svakog smanjenja mase preostali materijal potrebno je ponovno homogenizirati prije sljedećeg koraka redukcije.

Sitne frakcije i rasuti materijal moraju biti uključeni u radni uzorak. Nije dopušteno uzimati samo krupne ili vizualno uočljive dijelove otpada.

Ako se homogenizacija ne može provesti na propisani način, odstupanje se mora evidentirati i obrazložiti. Ako odstupanje može utjecati na reprezentativnost poduzorka uzorak se označava kao nevaljan za statističku obradu.

3.7.3 Mjesta uzorkovanja

Uzorkovanje miješanog komunalnog otpada provodi se na mjestima unutar sustava sakupljanja otpada koja omogućuju reprezentativno obuhvaćanje otpada iz različitih izvora nastanka otpada.

Radi osiguravanja sljedivosti uzoraka preporučuje se uzorke prikupljati što je moguće bliže mjestu nastanka otpada, primjerice iz spremnika za otpad na mjestu nastanka otpada (npr. kućni ili zajednički spremnici), vozila za sakupljanje otpada koja opslužuju jasno definirano i evidentirano područje.

Postupak uzorkovanja mora osigurati mogućnost identifikacije podrijetla otpada, primjerice:

- vrste izvora otpada (npr. kućanstva, uslužne djelatnosti) ili,
- područja obuhvaćenog sakupljanjem otpada.

Kako bi se osigurala reprezentativnost uzorka, poželjno je da uzorci potječu iz tokova otpada koji obuhvaćaju veći broj pojedinačnih proizvođača otpada. U tom smislu, uzorkovanje iz otpada sakupljenog vozilom za sakupljanje otpada može omogućiti dobivanje homogenijeg uzorka, budući kako takav tok otpada već predstavlja mješavinu otpada iz više izvora.

Uzorkovanje iz tokova otpada čije podrijetlo nije moguće jasno utvrditi (npr. lokacija bez pouzdane evidencije o području sakupljanja) treba u najvećoj mogućoj mjeri izbjegavati, jer može dovesti do smanjene reprezentativnosti uzorka.

U pravilu se preporučuje uzorkovanje iz spremnika na mjestu nastanka otpada, osim u slučajevima kada organizacija sustava sakupljanja ili drugi operativni razlozi opravdavaju uzorkovanje iz vozila ili drugih točaka u sustavu.

Konkretna mjesta uzorkovanja definiraju se u Planu uzorkovanja.

3.8 Parametri analize miješanog komunalnog otpada

Nakon uzorkovanja i pripreme uzorka provodi se utvrđivanje njegova morfološkog sastava razvrstavanjem, vaganjem i evidentiranjem sastavnica prema Katalogu sortiranja. Na temelju dobivenih masenih udjela izračunava se biorazgradiva komponenta komunalnog otpada za potrebe izvješćivanja.

Osnovni rezultati analize jesu masa i maseni udio pojedinih morfoloških sastavnica, masa i udio granulacijskih frakcija te izračunati udio biorazgradive komponente. Rezultati se koriste za nacionalno i europsko izvješćivanje, planiranje sustava gospodarenja otpadom, praćenje promjena sastava otpada i procjenu mogućnosti recikliranja i uporabe. Analiza mora biti provedena na način koji osigurava reprezentativnost uzoraka, sljedivost podataka i kontrolu kvalitete kroz sve faze postupka.

U skladu s europskim metodološkim smjernicama i dobrom praksom, analiza otpada temelji se na razvrstavanju otpada u unaprijed definirane kategorije, njihovom vaganju i evidentiranju, pri čemu se posebna pažnja posvećuje pravilnoj identifikaciji pojedinih frakcija i dosljednoj primjeni kriterija razvrstavanja.

Parametri i postupci obuhvaćeni ovim poglavljem podijeljeni su na:

- utvrđivanje morfološkog sastava primjenom Kataloga sortiranja,
- izračun biorazgradive komponente komunalnog otpada,
- laboratorijske analize fizikalno-kemijskih karakteristika i parametara biorazgradivosti, kada su takve analize predviđene projektnim zadatkom, Planom uzorkovanja ili posebnim zahtjevom Naručitelja, odnosno kada za njih postoji stručna, tehnološka, okolišna ili izvještajna potreba.

Ovakva struktura analize usklađena je s načelima suvremenih metodologija analize otpada, koje naglašavaju važnost kombiniranja morfološke klasifikacije s dodatnim analizama svojstava otpada radi cjelovitog razumijevanja njegovog sastava i ponašanja u cjelokupnom sustavu gospodarenja otpadom.

3.8.1 Katalog sortiranja

Analiza sastava miješanog komunalnog otpada provodi se razvrstavanjem uzoraka otpada u unaprijed definirane morfološke sastavnice (frakcije), u skladu s katalogom sortiranja prikazanim u **Tablica 1**. Primjena kataloga sortiranja mora biti dosljedna, dokumentirana i jednaka na svim područjima i u svim ciklusima istraživanja. Morfološko razvrstavanje, prosijavanje, vaganje i izračun masenih udjela provodi stručno osposobljeno osoblje pod odgovornošću pravne osobe koja provodi analizu sastava komunalnog otpada, u skladu s ovom Metodologijom, Planom uzorkovanja i propisanim postupcima osiguranja kvalitete. Pravna osoba koja provodi analizu sastava komunalnog otpada mora imati kompetentnost potvrđenu važećom akreditacijom, pri čemu opseg akreditacije mora obuhvaćati odgovarajuće postupke uzorkovanja i ispitivanja otpada. Postupci uzorkovanja i izdvajanja reprezentativnog uzorka provode se u skladu s načelima i postupcima definiranim normativnim dokumentima HRN CEN/TR 15310-1 do 5:2008 odnosno drugim odgovarajućim normativnim dokumentima za uzorkovanje otpada.

Katalog sortiranja temelji se na dobrim praksama europskih zemalja te smjernicama Europske komisije za analizu sastava miješanog komunalnog otpada, uz prilagodbu specifičnostima sustava gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj. Pojedine frakcije definirane su na način kako bi omogućile dovoljno detaljnu analizu ključnih tokova otpada uz zadržavanje operativne primjenjivosti na terenu. Opisi kategorija uključuju tipične primjere otpada radi ujednačene primjene tijekom sortiranja, pri čemu navedeni primjeri nisu iscrpni.

Struktura kataloga sortiranja usklađena je s potrebama izvješćivanja prema Europskoj komisiji, osobito u dijelu koji se odnosi na ambalažni otpad.

Katalog je strukturiran na dvije razine. Razina 1 predstavlja osnovne skupine materijala i primjenjuje se za osnovnu statističku obradu i usporedbu rezultata. Razina 2 predstavlja detaljniju razradu pojedinih skupina, osobito radi razlikovanja ambalažnog i neambalažnog otpada, jednokratnih plastičnih proizvoda, otpada od hrane i drugih prioriternih sastavnica. Svaki predmet razvrstava se samo u jednu kategoriju Razine 2. Zbroj masa svih kategorija Razine 2 unutar pojedine skupine mora odgovarati masi pripadajuće kategorije Razine 1.

Pravila razvrstavanja

Predmeti se razvrstavaju prema materijalu, izvornoj namjeni i funkciji koju su imali prije nego što su postali otpad. Ambalažni predmeti razvrstavaju se u odgovarajuću ambalažnu kategoriju, dok se proizvodi i predmeti koji nisu imali funkciju ambalaže razvrstavaju u neambalažnu kategoriju istog materijala.

Višeslojni i kompozitni predmeti razvrstavaju se u posebno predviđenu kategoriju kada ih nije moguće jednostavno razdvojiti na pojedine materijale. Ako se sastavni dijelovi mogu jednostavno i sigurno razdvojiti, razvrstavaju se zasebno prema materijalu.

Onečišćenost pojedinog predmeta ostacima hrane ili drugog sadržaja sama po sebi ne mijenja njegovu izvornu kategoriju. Međutim, ako sadržaj ili stanje predmeta onemogućuje sigurnu identifikaciju ili predstavlja opasnost za osoblje, predmet se izdvaja i evidentira u odgovarajućoj kategoriji potencijalno opasnog ili nekategoriziranog otpada, uz opis razloga.

U slučaju dvojbe odluku donosi voditelj sortiranja ili druga za to određena stručna osoba. Sporni i ponavljajući slučajevi fotografiraju se i evidentiraju kako bi se osigurala jednaka primjena Kataloga u svim timovima.

Kategorija „Nekategorizirano“ koristi se samo za materijal koji se nakon stručne provjere ne može pouzdano razvrstati ni u jednu prethodno definiranu kategoriju. Ne smije služiti kao zamjenska kategorija za ubrzavanje sortiranja ili za predmete kod kojih je potrebna dodatna provjera.

Tablica 1 Katalog sortiranja

Br.	Razina vrste otpada 1	Razina vrste otpada 2	Opis
1.	Stakleni otpad	Staklena ambalaža	Ambalaža od stakla, uključujući boce i staklenke za pića i hranu (primjerice (staklene boce i staklenke za: pivo, vino, vodu, bezalkoholna pića, staklenke za hranu).
2.	Stakleni otpad	Ostalo staklo	Svi stakleni predmeti koji nisu ambalaža, uključujući prozorsko staklo, staklene predmete dr. (ostalo staklo koje nije ambalaža: posuđe za kuhanje, čaše za piće, ravno staklo npr. prozori, ogledala, vjetrobrani).
3.	Papir	Ambalaža od papira	Ambalaža od papira kao što su vrećice, ambalaža proizvoda (kutije za pahuljice, vrećice i omoti za brzu hranu, papirnate vrećice, kutije za papirnate maramice, kutije za igračke, kutije za prašak za pranje, omotni papir).
4.	Karton	Pakiranje od debelog (smeđeg) valovitog kartona	Valoviti karton (npr. kutije za dostavu, ambalaža za kućanske aparate).

Br.	Razina vrste otpada 1	Razina vrste otpada 2	Opis
5.	Papir i karton	Ostali papiri i kartoni	Novine, časopisi, uredski papir, karton koji nije ambalaža, kao i ostali papirni proizvodi (knjige, uredski papir, omotnice, mape i fascikli, prospekti i katalozi).
6.	Metal	Željezna ambalaža	Ambalaža od čelika i željeza, uključujući limenke za hranu (limenke za hranu, juhe, hranu za kućne ljubimce, bezalkoholna pića).
7.	Metal	Aluminijska ambalaža	Ambalaža od aluminija, uključujući limenke za piće i aluminijske posude.
8.	Metal	Ambalaža od aerosola	Aerosolne limenke (npr. dezodoransi, lakovi), neovisno o sadržaju (prazne ili s ostacima proizvoda).
9.	Metal	Ostala metalna ambalaža	Metalna ambalaža koja nije obuhvaćena prethodnim kategorijama
10.	Metal	Neambalažni metalni otpad (osim EE otpada)	Metalni predmeti koji nisu ambalaža, uključujući (npr. pribor, alati)
11.	Plastika	PET boce za piće	Boce od PET plastike koje se koriste za pića
12.	Plastika	Ostale plastične boce za piće	Boce za piće izrađene od plastike koja nije PET (npr. HDPE)
13.	Plastika	Ambalažne vrećice i omoti	Tanka plastična ambalaža koja se koristi za pakiranje proizvoda (npr. omoti za hranu) – plastična folija za pakiranje: omoti za kekse, unutarnja vrećica u kutiji za pahuljice, prozirna folija, vrećice za čips, vrećice za smrznutu hranu, vrećice za sendviče, plastične vrećice za hranu).
14.	Plastika	Vrećice za nošenje	Plastične vrećice koje se koriste za nošenje robe
15.	Plastika	Plastična ambalažna folija	Folije za pakiranje, uključujući stretch i shrink folije
16.	Plastika	PS ambalaža	Ambalaža od polistirena (npr. posude za hranu, stiropor)
17.	Plastika	Ostala plastična ambalaža	Sva ostala plastična ambalaža koja nije obuhvaćena prethodnim kategorijama
18.	Plastika	Vreće za otpad	Plastične vreće koje se koriste za prikupljanje otpada
19.	Plastika	Ostala neambalažna plastika	Plastični proizvodi koji nisu ambalaža (npr. igračke, plastični kućanski predmeti)
20.	Kompoziti	Čaše za napitke	Jednokratne čaše (papir/plastika/kompozit) za napitke
21.	Kompoziti	Spremnici za piće	Višeslojna ambalaža za piće (npr. tetrapak)
22.	Kompoziti	Ostala kompozitna ambalaža	Ambalaža sastavljena od više materijala (plastika/papir/aluminij)
23.	Kompoziti	Neambalažni kompoziti	Predmeti izrađeni od više materijala koji nisu ambalaža
24.	Organski otpad	Otpad iz vrtova i parkova	Zeleni otpad (trava, lišće, granje, cvijeće)

Br.	Razina vrste otpada 1	Razina vrste otpada 2	Opis
25.	Organski otpad	Kuhinjski otpad	Ostaci hrane - biorazgradivi kuhinjski i kantinski otpad: kruh, talog kave, kuhana i nekuhana hrana, voće i povrće, meso i riba, hrana za ljubimce, vrećice čaja
26.	Drvo	Drvena ambalaža	Palete, sanduci i druga drvena ambalaža
27.	Drvo	Neambalažno drvo tretirano	Drvo obrađeno bojama, lakovima ili kemikalijama: iverice (iverica, šperploča), obrađeno drvo za ograde, namještaj, kuhinjske elemente, radne ploče.
28.	Drvo	Neambalažno drvo netretirano	Prirodno drvo bez kemijske obrade.
29.	Električni i elektronički predmeti	Mali kućanski aparati i kablovi	Mali električni uređaji i električni kablovi
30.	Električni i elektronički predmeti	Žarulje i fluorescentne cijevi	Rasvjetna tijela, uključujući fluorescentne i LED izvore
31.	Električni i elektronički predmeti	Tinta i toner ulošci	Kartuše i spremnici za tintu i toner
32.	Električni i elektronički predmeti	Mobiteli	Mobilni telefoni
33.	Električni i elektronički predmeti	Ostali otpadni električni i elektronički predmeti i povezani potrošni materijal	Ostali električni i elektronički uređaji i pripadajući potrošni materijal
34.	Baterije	Baterije	Sve vrste baterija i akumulatora
35.	Tekstil	Tekstilna ambalaža	Ambalaža izrađena od tekstila (npr. vreće)
36.	Tekstil	Odjeća	Razne vrste otpadne odjeće
37.	Tekstil	Cipele, torbe, remenje i ostali tekstilni dodaci	Cipele, torbe, remenje i ostali odjevni dodaci
38.	Tekstil	Ostali tekstil	Ostali tekstilni proizvodi
39.	Upijajući higijenski proizvodi	Jednokratne pelene	Pelene za djecu i odrasle
40.	Upijajući higijenski proizvodi	Ostali upijajući higijenski proizvodi	Ulošci, maramice i slični proizvodi
41.	Ostalo	Potencijalno opasni medicinski otpad	Šprice, lijekovi, medicinski otpad iz kućanstava
42.	Ostalo	Izmet kućnih ljubimaca, mrtve životinje i mačiji pijesak	Izmet, mrtve životinje, pijesak za kućne ljubimce
43.	Ostalo	Razno (šuta, kamenje, keramika, i dr.)	Šuta, kamenje, keramika
44.	Ostalo	Razno opasno (pesticidi, kemikalije, boje i lakovi i sl.) – ne uključuje onečišćenu ambalažu	Kemikalije, boje, pesticidi (bez ambalaže)
45.	Ostalo	Nekategorizirano	Otpad koji se ne može svrstati u prethodne kategorije
46.	Ostalo	Sitna frakcija	Frakcija dimenzija < 10 mm

Postupak obrade uzorka

Uzorak se prije ručnog sortiranja prosijava primjenom sita od 40 mm i 10 mm radi izdvajanja frakcija različite granulacije.

Time se uzorak razdvaja na sljedeće frakcije:

- frakcija veća od 40 mm,
- frakcija 10 - 40 mm,
- frakcija manja od 10 mm („sitna frakcija“ – fines).

Po potrebi, radi detaljnije karakterizacije krupnije frakcije, može se primijeniti dodatno sito otvora 80 mm, čime se frakcija veća od 40 mm dodatno razdvaja na:

- frakciju 40 - 80 mm,
- frakciju veću od 80 mm.

Primjena dodatnog sita nije obvezna, ali se može predvidjeti Planom uzorkovanja u slučajevima kada je potrebno detaljnije analizirati sastav krupnijih materijala ili kada se rezultati koriste za potrebe planiranja sustava obrade otpada. U slučaju primjene dodatne razdiobe, rezultati se za potrebe usporedbe i izvješćivanja mogu agregirati na razinu osnovne frakcije veće od 40 mm.

Frakcija veća od 40 mm sortira se ručno prema katalogu sortiranja (**Tablica 1**), pri čemu se, u slučaju primjene dodatnog sita od 80 mm, ručno sortiranje provodi zasebno po podfrakcijama 40–80 mm i > 80 mm.

Frakcija 10–40 mm može se analizirati u cijelosti ili putem reprezentativnog poduzorka, pri čemu se poduzorkovanje provodi na način koji osigurava reprezentativnost uzorka (npr. metodom četvrtanja ili drugom metodom slučajnog uzorkovanja), a dobiveni rezultati primjenjuju se na ukupnu masu te frakcije.

Frakcija manja od 10 mm („fines“) ne sortira se ručno, već se vaganjem evidentira kao zasebna kategorija te se izračunava maseni udio svake kategorije u skladu sa Katalogom sortiranja (**Tablica 1**).

Sitna frakcija može sadržavati značajne količine različitih materijala, uključujući čestice plastične ambalaže, organske (biorazgradive) tvari, mineralne komponente i druge materijale koji nisu prepoznatljivi vizualnim sortiranjem, te mogu utjecati na procjenu ukupnog sastava otpada, osobito u pogledu udjela plastične ambalaže i udjela organskih tvari. Pri interpretaciji rezultata potrebno je uzeti u obzir doprinos sitne frakcije ukupnom sastavu otpada, uključujući i plastičnu ambalažu.

Za frakciju <10 mm mogu se primijeniti napredne analitičke metode (npr. plinska kromatografija – masena spektrometrija (GC-MS) ili infracrvena spektroskopija s Fourierovom transformacijom (FTIR)) radi detaljnije karakterizacije sastava. Takvim analizama moguće je procijeniti udjele polimernih

materijala, biorazgradive komponente, kao i drugih relevantnih sastavnica, čime se omogućuje preciznije određivanje ukupnog sastava otpada i smanjenje nesigurnosti povezanih s ovom frakcijom radi procjene udjela polimera i preciznijeg određivanja količina plastične ambalaže.

Pravila razvrstavanja otpada

U slučajevima kada predmet otpada sadrži više materijala, razvrstavanje se provodi prema pretežitom materijalu dok se višeslojni materijali koji se ne mogu jednostavno razdvojiti razvrstavaju u kategoriju kompozitnih materijala.

Ako pojedini predmet nije moguće pouzdano svrstati u neku od definiranih kategorija, razvrstava se u kategoriju „Ostalo“.

Ambalaža koja sadrži manje količine ostataka proizvoda (npr. ostatke hrane ili pića koji su uobičajeni nakon korištenja) razvrstava se u kategoriju ambalaže. U slučajevima kada ambalaža sadrži veće količine sadržaja (djelomično ili potpuno neiskorišten proizvod), sadržaj se razvrstava u odgovarajuću kategoriju (npr. organski otpad), a ambalaža u kategoriju ambalaže. Pri razvrstavanju treba primijeniti stručnu procjenu uzimajući u obzir prevladavajući dio mase.

U kontekstu analize sastava otpada, nečistoće (onečišćenja) mogu se podijeliti na rezidualne nečistoće i unakrsnu kontaminaciju.

Rezidualne nečistoće odnose se na ostatke sadržaja ili prljavštine koji ostaju na materijalima nakon njihova korištenja i odbacivanja, dok se unakrsna kontaminacija odnosi na prisutnost neciljanih materijala unutar određenog toka otpada, uključujući i utjecaj vlage ili tekućina. Oba oblika nečistoća mogu utjecati na sastav otpada i interpretaciju dobivenih rezultata.

U okviru ove Metodologije, nečistoće se ne izdvajaju kao zasebna kategorija, već se svi materijali razvrstavaju u odgovarajuće frakcije prema katalogu sortiranja. Time se osigurava dosljedan prikaz stvarnog sastava otpada, dok se prisutnost neciljanih materijala uzima u obzir kroz analizu raspodjele pojedinih frakcija otpada i njihovu interpretaciju u odnosu na očekivani sastav otpada za promatrani tok ili područje.

Vaganje i ekstrapolacija rezultata

Svaka izdvojena frakcija otpada važe se zasebno, a rezultati se bilježe u standardizirane obrasce (prijedlog obrasca dat je u 4.2.2 Prilogu 4: Excel dokument Standardizirani obrasci – utvrđivanje sastava miješanog komunalnog otpada / list Obrazac – sortiranje MKO).

Rezultati dobiveni analizom poduzoraka (npr. za frakciju 10–40 mm) ekstrapoliraju se na ukupnu masu odgovarajuće frakcije, kako bi se dobili reprezentativni rezultati za cijeli uzorak.

Ukupna masa svih izdvojenih frakcija treba odgovarati ukupnoj masi uzorka, uz dopuštena manja odstupanja uslijed gubitaka tijekom rukovanja i obrade.

Tijekom analize potrebno je osigurati sljedivost uzorka i povezanost rezultata s definiranim izvorom otpada i jedinicom uzorkovanja.

Analiza i izvješćivanje rezultata mogu se, ovisno o ciljevima istraživanja i dostupnim resursima, provoditi na razini bruto, mokre, suhe ili neto mase⁵. Takav pristup može doprinijeti većoj preciznosti rezultata, osobito u slučajevima kada je potrebno detaljnije razdvajanje utjecaja vlage i rezidualnih nečistoća. U okviru ove Metodologije rezultati se primarno temelje na masi otpada u stanju u kojem je prikupljen, dok se dodatni postupci (npr. sušenje ili uklanjanje ostataka sadržaja) ne primjenjuju.

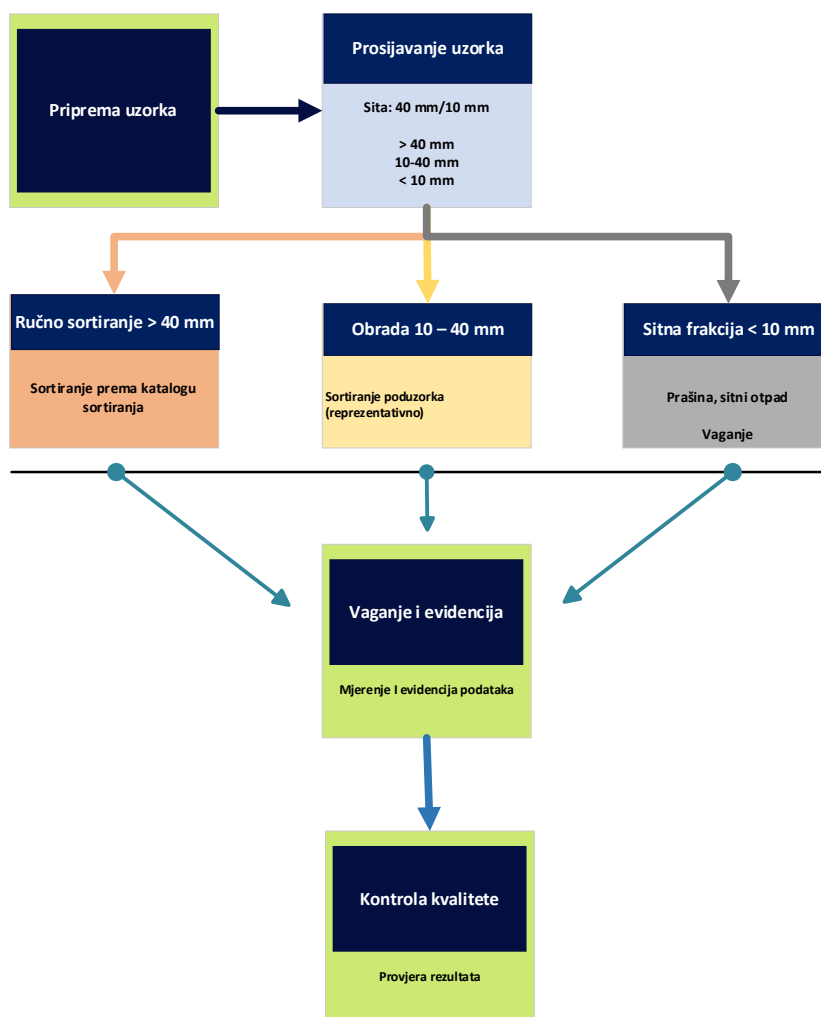
Ako se ambalaža u sustavu prikupljanja pretežno prikuplja ispražnjena, bruto i mokra masa, kao i neto i suha masa, mogu se u praksi smatrati približno ekvivalentnima.

⁵ **Bruto masa** – ukupna masa uzorka kako je prikupljen (uključuje ambalažu, sadržaj, nečistoće i vlagu)

Mokra masa – masa otpada zajedno s prisutnom vlagom (prirodnom ili od ostataka sadržaja)

Suha masa – masa otpada nakon uklanjanja vlage (može uključivati intrinzičnu ili vezanu vlagu, što je osobito relevantno za materijale poput papira, drva i drugih higroskopskih materijala)

Neto masa – masa ciljanog materijala (npr. ambalaže) nakon uklanjanja vlage i ostataka sadržaja



Slika 2 Shema postupka analize sastava miješanog komunalnog otpada

3.8.2 Određivanje biorazgradive komponente komunalnog otpada za potrebe izvješćivanja

U skladu s odredbama *Zakona o gospodarenju otpadom (NN 84/21, 142/23)*, osobito člankom 55., osigurava se prikupljanje i dostava podataka o količinama i svojstvima otpada, uključujući podatke o biorazgradivom komunalnom otpadu. Navedeni podaci čine temelj za praćenje ostvarenja ciljeva gospodarenja otpadom te za izvješćivanje prema nadležnim nacionalnim i europskim tijelima.

Dodatno, način određivanja količina biorazgradivog komunalnog otpada za potrebe praćenja i izvješćivanja o odlaganju otpada propisan je *Pravilnikom o odlagalištima otpada (NN 04/23)*, pri čemu je u Prilogu VI. Pravilnika definiran način izračuna mase biorazgradivog otpada.

U tom kontekstu, analiza sastava miješanog komunalnog otpada predstavlja ključni izvor podataka za određivanje udjela biorazgradive komponente, budući da omogućuje izravno utvrđivanje udjela

pojedinih frakcija otpada. Rezultati dobiveni primjenom Kataloga sortiranja iz prethodnog poglavlja koriste se kao ulazni podaci za izračun udjela biorazgradivog komunalnog otpada.

U ovom poglavlju dana je metodologija određivanja biorazgradive komponente komunalnog otpada usklađena s Prilogom VI. *Pravilnika o odlagalištima otpada (NN 04/23)*, a što je opisano u nastavku:

Masa biorazgradivog komunalnog otpada određuje se sukladno izrazu:

$$M_{BKO} = m_O \times U_{BS}$$

pri čemu je:

M_{BKO} – masa biorazgradivog komunalnog otpada

m_O – masa otpada koja sadrži biorazgradivu sastavnicu

U_{BS} – udio biorazgradive sastavnice u biorazgradivom otpadu određen analizom otpada ili preuzet iz tablica definiranih ovom metodologijom.

Ovom se metodologijom definiraju i koeficijenti udjela biorazgradive komponente u pojedinim vrstama komunalnog otpada.

Miješani komunalni otpad

Nakon određivanja sastava miješanog komunalnog otpada te određivanja udjela pojedinih morfoloških kategorija definiranih u poglavlju 3.8.1, udio biorazgradive komponente određuje se množenjem udjela pojedine morfološke kategorije s pripadajućim udjelom biorazgradive sastavnice. U tablici u nastavku prikazani su predloženi udjeli za izračunavanje biorazgradive komponente pojedinih morfoloških sastavnica dobivenih analizom sastava.

Tablica 2 Udjeli za izračunavanje biorazgradive komponente pojedinih morfoloških sastavnica miješanog komunalnog otpada

Br.	Razina vrste otpada 1	Razina vrste otpada 2	Udio za računanje biorazgradive komponente - U_{BS}
1.	Stakleni otpad	Staklena ambalaža	0
2.	Stakleni otpad	Ostalo staklo	0
3.	Papir	Ambalaža od papira	1
4.	Karton	Pakiranje od debelog (smeđeg) valovitog kartona	1
5.	Papir i karton	Ostali papiri i kartoni	1
6.	Metal	Željezna ambalaža	0

Br.	Razina vrste otpada 1	Razina vrste otpada 2	Udio za računanje biorazgradive komponente - U_{BS}
7.	Metal	Aluminijska ambalaža	0
8.	Metal	Ambalaža od aerosola	0
9.	Metal	Ostala metalna ambalaža	0
10.	Metal	Neambalažni metalni otpad (osim EE otpada)	0
11.	Plastika	PET boce za piće	0
12.	Plastika	Ostale plastične boce za piće	0
13.	Plastika	Ambalažne vrećice i omoti	0
14.	Plastika	Vrećice za nošenje	0
15.	Plastika	Plastična ambalažna folija	0
16.	Plastika	PS ambalaža	0
17.	Plastika	Ostala plastična ambalaža	0
18.	Plastika	Vreće za otpad	0
19.	Plastika	Ostala neambalažna plastika	0
20.	Kompoziti	Čaše za napitke	procjena sukladno sastavu
21.	Kompoziti	Spremnici za piće	procjena sukladno sastavu
22.	Kompoziti	Ostala kompozitna ambalaža	procjena sukladno sastavu
23.	Kompoziti	Neambalažni kompoziti	procjena sukladno sastavu
24.	Organski otpad	Otpad iz vrtova i parkova	1
25.	Organski otpad	Kuhinjski otpad	1
26.	Drvo	Drvena ambalaža	0,5
27.	Drvo	Neambalažno drvo tretirano	0,5
28.	Drvo	Neambalažno drvo netretirano	0,5
29.	Električni i elektronički predmeti	Mali kućanski aparati i kablovi	0
30.	Električni i elektronički predmeti	Žarulje i fluorescentne cijevi	0
31.	Električni i elektronički predmeti	Tinta i toner ulošci	0
32.	Električni i elektronički predmeti	Mobiteli	0
33.	Električni i elektronički predmeti	Ostali otpadni električni i elektronički predmeti i povezani potrošni materijal	0
34.	Baterije	Baterije	0
35.	Tekstil	Tekstilna ambalaža	0,5
36.	Tekstil	Odjeća	0,5
37.	Tekstil	Cipele, torbe, remenje i ostali tekstilni dodaci	0,5
38.	Tekstil	Ostali tekstil	0,5
39.	Upijajući higijenski proizvodi	Jednokratne pelene	0,5
40.	Upijajući higijenski proizvodi	Ostali upijajući higijenski proizvodi	0,5
41.	Ostalo	Potencijalno opasni medicinski otpad	0
42.	Ostalo	Izmet kućnih ljubimaca, mrtve životinje i mačiji pijesak	procjena sukladno sastavu
43.	Ostalo	Razno (šuta, kamenje, keramika, i dr.)	0
44.	Ostalo	Razno opasno (pesticidi, kemikalije, boje i lakovi i sl.) –	0

Br.	Razina vrste otpada 1	Razina vrste otpada 2	Udio za računanje biorazgradive komponente - U_{BS}
		ne uključuje onečišćenu ambalažu	
45.	Ostalo	Nekategorizirano	procjena sukladno sastavu
46.	Ostalo	Sitna frakcija	procjena sukladno sastavu ili provedenoj laboratorijskoj analizi

Odvojeno sakupljene vrste komunalnog otpada

Za odvojeno sakupljene vrste otpada iz komunalnog otpada poput papira i kartona, biorazgradivog otpada iz kuhinja i kantina te biorazgradivog otpada iz vrtova i parkova, udio biorazgradive frakcije iznosi 100 %, za tekstil i drvo 50 %, dok za staklo, plastiku i metal taj udio iznosi 0 %. Za vrste komunalnog otpada kao što je glomazni otpad ili otpad prijavljen pod ključnim brojem 20 03 99 (komunalni otpad koji nije specificiran na drugi način) udio se određuje analizom sastava tog otpada ili slobodnom procjenom prema sastavu otpada. U sljedećoj tablici prikazani su predloženi koeficijenti za odvojeno sakupljene vrste komunalnog otpada.

Tablica 3 Udjeli za izračunavanje biorazgradive komponente u pojedinim vrstama izdvojeno sakupljenog komunalnog otpada

Ključni broj otpada	Naziv otpada	Udio za računanje biorazgradive komponente - U_{BS}
15 01 01	papirna i kartonska ambalaža	1
15 01 02	plastična ambalaža	0
15 01 03	drvena ambalaža	0,5
15 01 04	metalna ambalaža	0
15 01 05	višeslojna (kompozitna) ambalaža	0
15 01 06	miješana ambalaža	0,5 ili procjena sukladno sastavu
15 01 07	staklena ambalaža	0
15 01 09	tekstilna ambalaža	0,5
20 01 01	papir i karton	1
20 01 02	staklo	0
20 01 08	biorazgradivi otpad iz kuhinja i kantina	1
20 01 10	odjeća	0,5
20 01 11	tekstil	0,5
20 01 25	jestiva ulja i masti	1
20 01 28	boje, tinte, ljepila i smole, koje nisu navedene pod 20 01 27*	0
20 01 30	deterdženti koji nisu navedeni pod 20 01 29*	0
20 01 32	lijekovi koji nisu navedeni pod 20 01 31*	0
20 01 34	baterije i akumulatori, koji nisu navedeni pod 20 01 33*	0
20 01 36	odbačena električna i elektronička oprema, koja nije navedena pod 20 01 21*, 20 01 23* i 20 01 35*	0
20 01 37*	drvo koje sadrži opasne tvari	0,5
20 01 38	drvo koje nije navedeno pod 20 01 37*	0,5
20 01 39	plastika	0
20 01 40	metali	0
20 01 99	ostali sastojci komunalnog otpada koji nisu specificirani na drugi način	procjena sukladno sastavu
20 02 01	biorazgradivi otpad	1
20 02 02	zemlja i kamenje	0
20 02 03	ostali otpad koji nije biorazgradiv	0
20 03 02	otpad s tržnica	1
20 03 03	ostaci od čišćenja ulica	0,65 ili procjena sukladno sastavu
20 03 04	muljevi iz septičkih jama	0,5
20 03 07	glomazni otpad	0,5 ili procjena sukladno sastavu
20 03 99	komunalni otpad koji nije specificiran na drugi način	0,65 ili procjena sukladno sastavu

Primjena i revizija koeficijenata

Za svaku kategoriju mora biti moguće utvrditi koji je koeficijent primijenjen i iz kojeg izvora potječe. U evidenciji se navodi je li korištena tablična vrijednost, procjena prema stvarnom sastavu ili rezultat dodatne laboratorijske analize.

Tablični koeficijenti predstavljaju zadane vrijednosti za redoviti izračun. Njihova se promjena ne provodi proizvoljno za pojedini uzorak, nego na temelju dokumentiranih i reprezentativnih podataka te stručnog obrazloženja.

Rezultati budućih nacionalnih kampanja, uključujući rezultate dodatnih laboratorijskih analiza kada se one provedu, mogu poslužiti za provjeru i reviziju koeficijenata. Svaka izmjena koeficijenta mora sadržavati podatke o uzorcima, primijenjenim metodama, reprezentativnosti i učinku izmjene na izvještajne rezultate.

3.8.3 Određivanje fizikalno-kemijskih karakteristika i parametara biorazgradivosti komunalnog otpada

Laboratorijske analize fizikalno-kemijskih karakteristika i parametara biorazgradivosti predstavljaju dodatni metodološki modul kojim se određuju svojstva komunalnog otpada koja nije moguće pouzdano utvrditi vizualnim pregledom i morfološkim sortiranjem. Provedba takvih analiza bila je predviđena i prethodnom nacionalnom Metodologijom iz 2015. godine, čime je uspostavljena stručna osnova za prikupljanje podataka o svojstvima komunalnog otpada relevantnima za planiranje sustava gospodarenja otpadom, materijalnu, biološku i energetske uporabu te procjenu tehnoloških i okolišnih rizika.

Laboratorijske analize provode se kada su predviđene projektnim zadatkom, Planom uzorkovanja, posebnim programom ispitivanja ili zahtjevom Naručitelja, odnosno kada za njihovu provedbu postoji jasno obrazložena stručna, tehnološka, okolišna ili izvještajna potreba.

Laboratorijske analize mogu se provoditi osobito radi:

- određivanja svojstava važnih za materijalnu, biološku ili energetske uporabu,
- pripreme tehničkih podloga za projektiranje, ugovaranje i ispitivanje rada postrojenja za obradu otpada,
- procjene biološke aktivnosti, stabilnosti i bioplinskog potencijala otpada,
- provjere ili kalibracije koeficijenata biorazgradive komponente,

- detaljnije karakterizacije sitne, mješovite ili teško prepoznatljive frakcije,
- utvrđivanja tehnoloških i okolišnih rizika,
- provjere neuobičajenih, međusobno proturječnih ili teško objašnjivih rezultata morfološke analize,
- uspostave i ažuriranja nacionalne baze podataka o svojstvima komunalnog otpada.

Prije provedbe laboratorijskih analiza potrebno je definirati njihovu svrhu, parametre koji će se određivati, vrstu i broj uzoraka, tok ili frakciju otpada iz koje se uzorci izdvajaju, prostorno i sezonsko razdoblje na koje se rezultati odnose, primijenjene metode, način korištenja rezultata i procijenjeni trošak provedbe. U okviru pojedinog projekta analize se provode nakon njihova uključivanja u ugovoreni opseg aktivnosti ili nakon odgovarajućeg odobrenja Naručitelja.

3.8.3.1 Skupine parametara

Opseg laboratorijskih ispitivanja određuje se u odnosu na unaprijed definiranu svrhu. Ne provode se automatski svi parametri navedeni u ovom poglavlju, nego se odabiru samo oni koji su neposredno povezani s ciljem ispitivanja i načinom korištenja rezultata.

Laboratorijski parametri razvrstavaju se u sljedeće osnovne skupine:

- fizikalni i energetske parametri, kojima se određuju sadržaj vode, suhe i organske tvari, udio pepela te energetska svojstva otpada,
- kemijski i elementarni parametri, kojima se određuju sadržaj ugljika, biogeni udio, klor, sumpor i druge sastavnice relevantne za obradu i uporabu,
- okolišni i onečišćujući parametri, kojima se procjenjuje prisutnost odabranih metala i drugih tvari relevantnih za emisije, kvalitetu proizvoda obrade i mogućnost uporabe,
- parametri biorazgradivosti, kojima se procjenjuju biološka aktivnost, stabilnost i potencijal anaerobne razgradnje otpada.

Pregled parametara koji se, ovisno o svrsi ispitivanja, mogu uključiti u program laboratorijskih analiza prikazan je u sljedećoj tablici.

Tablica 4 Udjeli za izračunavanje biorazgradive komponente u pojedinim vrstama izdvojeno sakupljenog komunalnog otpada

Parametar	Oznaka	Jedinica	Norma / metoda
Fizikalni i energetski parametri			
Ogrjevna vrijednost iz originalnog uzorka (gornja i donja)	HHV _{ar} / LHV _{ar}	kJ kg ⁻¹	HRN EN 15400:2011 ISO 1928 1928:2009
Ogrjevna vrijednost iz suhog uzorka (gornja i donja)	HHV _d / LHV _d	kJ kg ⁻¹ s.tv.	HRN EN 15400:2011 ISO 1928 1928:2009
Udio suhe tvari	ST	% m/m	HRN EN ISO 21660-3:2021 HRN EN 12880:2005 CEN/TS 15414-1
Gubitak žarenjem	LOI	% s.tv.	HRN EN 15935:2021 HRN EN 1744-7:2012
Pepeo	A	% s.tv.	HRN EN ISO 21656:2021 HRN EN ISO 6245:2003
Kemijski i elementarni parametri			
Ukupni ugljik	TC	% s.tv.	HRN EN 13137:2005 HRN EN 15936:2022 HRN ISO 10694:2004
Ukupni organski ugljik	TOC	% s.tv.	HRN EN 13137:2005 HRN EN 15936:2022 HRN ISO 10694:2004
Biogeni udio (udio biomase)			
Biomasa u postocima udjela ukupnog ugljika	X ^B _{TC}	% s.tv.	HRN EN ISO 21644:2021
Ne-biomasa u postocima udjela ukupnog ugljika	X _{NB} ^{TC}	% s.tv.	HRN EN ISO 21644:2021
Biomasa u postocima na masu	X _B	% s.tv.	HRN EN ISO 21644:2021
Ne-biomasa u postocima na masu	X _{NB}	% s.tv.	HRN EN ISO 21644:2021
Okolišni i onečišćujući parametri			
Klor	Cl	g kg ⁻¹ s.tv.	HRN EN 15408:2011 HRN EN 14582:2007
Sumpor	S	g kg ⁻¹ s.tv.	HRN EN 14582:2007
Sadržaj teških metala	As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Zn	mg kg ⁻¹ s.tv.	HRN EN ISO 3884:2025 HRN EN 13657:2008 HRN EN ISO 12846:2012
Parametri biorazgradivosti			
Respiracijska aktivnost AT ₄	AT ₄		ÖNORM S 2027-4
Realni dinamički respiracijski indeks RDRI	RDRI		HRN EN 15590:2012
Bioplinski potencijal	GS ₂₁ /GB ₂₁		ÖNORM S 2027-2 VDI 4630 DIN 38414-8

Tablica prikazuje mogući raspon parametara i ne predstavlja obvezni paket laboratorijskih analiza. Za pojedino ispitivanje odabiru se samo parametri koji su neposredno povezani s prethodno definiranom svrhom ispitivanja.

Za pojedine parametre može biti primjenjivo više normi ili analitičkih metoda. Odabir metode provodi se prema vrsti i stanju uzorka, području primjene metode, zahtijevanoj točnosti, raspoloživoj količini uzorka i predviđenom načinu uporabe rezultata. Primijenjena metoda mora biti jasno navedena u programu ispitivanja i laboratorijskom izvješću.

3.8.3.2 Uzorkovanje i sljedivost

Laboratorijski poduzorak izdvaja se iz reprezentativno pripremljenog uzorka miješanog komunalnog otpada ili iz jasno određene morfološke odnosno granulacijske frakcije. Vrsta uzorka iz kojeg se poduzorak izdvaja mora odgovarati svrsi ispitivanja.

Poduzorak ukupnog miješanog komunalnog otpada može se izdvojiti kada se određuju prosječna fizikalno-kemijska svojstva cijelog toka otpada. Poduzorak pojedine morfološke ili granulacijske frakcije izdvaja se kada se ispituju svojstva te frakcije, primjerice sitne frakcije, biootpada, papira, plastike ili gorive komponente.

Izdvajanje laboratorijskog poduzorka provodi se nakon odgovarajućeg miješanja i pripreme osnovnog uzorka, primjenom četvrtanja, uzimanja više inkremenata ili drugog dokumentiranog postupka kojim se osigurava njegova reprezentativnost. Poduzorak se ne smije izdvojiti samo s površine, ruba ili drugog lako dostupnog dijela uzorka.

Broj, masa i raspodjela laboratorijskih poduzoraka određuju se prema cilju ispitivanja, očekivanoj varijabilnosti, odabranim parametrima, zahtjevima primijenjenih metoda i potrebi za eventualnim ponovljenim ili kontrolnim ispitivanjima. Ne utvrđuje se jedinstvena masa laboratorijskog uzorka za sve vrste analiza.

Plan uzorkovanja ili poseban program laboratorijskih ispitivanja mora sadržavati najmanje:

- vrstu i oznaku osnovnog uzorka,
- frakciju ili tok otpada iz kojeg se laboratorijski poduzorak izdvaja,
- ciljanu masu poduzorka,
- način njegova izdvajanja i smanjivanja,
- vrstu ambalaže i način označavanja,
- uvjete i najdulje dopušteno vrijeme čuvanja,
- uvjete transporta i rok dostave laboratoriju,
- tražene parametre i planirane metode ispitivanja.

Normativni i tehnički dokumenti relevantni za planiranje uzorkovanja, izdvajanje laboratorijskih poduzoraka, njihovo pakiranje, čuvanje, transport i pripremu ispitnih dijelova prikazani su u sljedećoj tablici.

Tablica 5 Udjeli za izračunavanje biorazgradive komponente u pojedinim vrstama izdvojeno sakupljenog komunalnog otpada

Dokument	Područje primjene
HRN EN 14899 – Karakterizacija otpada – Uzorkovanje otpadnih materijala – Okvir za pripremu i primjenu plana uzorkovanja	Izrada i primjena Plana uzorkovanja, definiranje cilja, populacije, strategije i postupaka osiguranja kvalitete.
HRI CEN/TR 15310-1 – Karakterizacija otpada – Uzorkovanje otpadnih materijala – 1. dio	Kriteriji za odabir i primjenu metoda uzorkovanja u različitim uvjetima.
HRI CEN/TR 15310-2 – Karakterizacija otpada – Uzorkovanje otpadnih materijala – 2. dio	Tehnike uzorkovanja rasutih, zrnastih i drugih otpadnih materijala.
HRI CEN/TR 15310-3 – Karakterizacija otpada – Uzorkovanje otpadnih materijala – 3. dio	Postupci smanjivanja mase uzorka i pripreme poduzoraka na terenu.
HRI CEN/TR 15310-4 – Karakterizacija otpada – Uzorkovanje otpadnih materijala – 4. dio	Pakiranje, skladištenje, čuvanje, transport i dostava uzoraka.
HRI CEN/TR 15310-5 – Karakterizacija otpada – Uzorkovanje otpadnih materijala – 5. dio	Postupak izrade i dokumentiranja Plana uzorkovanja.
HRN EN 15002 – Karakterizacija otpada – Priprema ispitnih dijelova iz laboratorijskog uzorka	Homogenizacija, smanjivanje i priprema reprezentativnih ispitnih dijelova u laboratoriju.
EN 16457 – Karakterizacija otpada – Okvir za izradu programa ispitivanja	Planiranje programa ispitivanja i povezivanje cilja, uzorkovanja, metoda i vrednovanja rezultata.

Prethodna tablica sadrži osnovne normativne dokumente koji se mogu primijeniti ovisno o vrsti uzorka i cilju ispitivanja. Odabir dokumenta ili kombinacije dokumenata mora biti obrazložen u Planu uzorkovanja odnosno programu ispitivanja.

Svaki laboratorijski poduzorak dobiva jedinstvenu identifikacijsku oznaku povezanu s oznakom osnovnog uzorka. Evidencija mora omogućiti jednoznačno povezivanje poduzorka najmanje s:

- područjem, JLS-om i rutom sakupljanja,
- stratumom odnosno podstratumom,
- datumom i sezonskim ciklusom uzorkovanja,
- masom i vrstom osnovnog uzorka,
- frakcijom iz koje je poduzorak izdvojen,
- datumom i načinom izdvajanja,
- osobom koja je provela izdvajanje,
- uvjetima pakiranja, čuvanja i transporta,
- datumom i vremenom predaje laboratoriju,
- laboratorijskim izvješćem i dobivenim rezultatima.

Pri predaji poduzorka laboratoriju evidentira se stanje ambalaže, temperatura uzorka kada je relevantna, datum i vrijeme primitka te svako odstupanje koje može utjecati na rezultat. Ako su prekoračeni propisani uvjeti čuvanja ili transporta, laboratorij i Izvođač procjenjuju prihvatljivost uzorka prije provedbe ili interpretacije ispitivanja.

3.8.3.3 Metode i osiguranje kvalitete

Opseg i učestalost laboratorijskih analiza određuju se za svaki projekt ili program ispitivanja zasebno, prema jasno utvrđenoj svrsi, reprezentativnosti uzoraka, raspoloživim podacima i odobrenom opsegu aktivnosti.

Laboratorijska ispitivanja provode se primjenom odgovarajućih normiranih, međunarodno priznatih ili validiranih metoda prikladnih za predmetnu vrstu uzorka. Metoda namijenjena homogenim gorivima, tlu, mulju, kompostu ili drugoj posebnoj matrici ne primjenjuje se automatski na miješani komunalni otpad bez prethodne ocjene njezine prikladnosti i potrebne prilagodbe pripreme uzorka.

Laboratorijska ispitivanja fizikalno-kemijskih svojstava otpada te određivanje parametara biorazgradivosti, za koja je posebnim propisima ili normama propisana primjena akreditirane metode, provodi pravna osoba akreditirana za odgovarajuće metode ispitivanja, sukladno članku 20. stavku 1. Zakona o gospodarenju otpadom (NN 84/2021).

Opseg laboratorijskih analiza određuje se projektnim zadatkom, Planom uzorkovanja, posebnim programom ispitivanja ili odgovarajućim zahtjevom odnosno odobrenjem Naručitelja. U laboratorijskom izvješću mora biti jasno navedena primijenjena metoda te, kada je primjenjivo, njezin status u području akreditacije pravne osobe koja je provela ispitivanje.

Osiguranje kvalitete laboratorijskih ispitivanja obuhvaća najmanje:

- primjenu dokumentiranih postupaka zaprimanja, označavanja i čuvanja uzoraka,
- provjeru prikladnosti, količine i stanja zaprimljenog uzorka,
- primjenu odgovarajućih postupaka homogenizacije i pripreme ispitnih dijelova,
- uporabu umjerene, provjerene i održavane opreme,
- primjenu kontrolnih uzoraka, slijepih proba, duplikata, referentnih materijala ili drugih mjera kontrole kada su primjenjive,
- utvrđivanje granice detekcije odnosno određivanja kada je relevantno,
- provjeru prihvatljivosti rezultata prije njihova izdavanja,
- evidentiranje odstupanja i nesukladnosti te procjenu njihova utjecaja na rezultat.

Broj paralelnih određivanja i ponavljanja ne propisuje se jedinstveno za sve parametre, nego se određuje prema primijenjenoj metodi, heterogenosti uzorka, cilju ispitivanja i programu osiguranja kvalitete. Kada se provodi jedno određivanje izrazito heterogenog uzorka, potrebno je posebno obrazložiti reprezentativnost pripremljenog ispitnog dijela.

Rezultati laboratorijskih analiza prikazuju se odvojeno od rezultata morfološke analize. Za svaki rezultat navode se najmanje:

- jedinstvena oznaka uzorka,
- vrsta ispitivanog materijala ili frakcije,
- datum uzorkovanja, izdvajanja poduzorka i zaprimanja u laboratorij,
- način pripreme uzorka,
- primijenjena metoda,
- mjerna jedinica i rezultat,
- mjerna nesigurnost kada je relevantna i raspoloživa,
- status metode u području akreditacije,
- datum provedbe ispitivanja i izdavanja izvješća,
- naziv pravne osobe koja je provela ispitivanje,
- odstupanja ili ograničenja važna za interpretaciju rezultata.

Pojedinačni laboratorijski rezultat ne smije se bez prethodne ocjene reprezentativnosti automatski primijeniti na cijelu JLS, županiju ili područje Republike Hrvatske. Pri agregiranju i interpretaciji rezultata potrebno je uzeti u obzir vrstu uzorka, područje i sezonu uzorkovanja, broj rezultata i utvrđenu varijabilnost.

Kad se laboratorijski rezultati koriste za provjeru ili izmjenu koeficijenata biorazgradive komponente iz poglavlja 3.8.2, potrebno je prikazati najmanje broj i raspodjelu analiziranih uzoraka, prostornu i sezonsku reprezentativnost, primijenjene metode, varijabilnost rezultata i procijenjeni učinak predložene izmjene na izračun biorazgradive komponente. Pojedinačni ili nereprezentativni rezultati mogu se koristiti za indikativnu provjeru, ali ne predstavljaju dovoljnu osnovu za izmjenu nacionalno primjenjivog koeficijenta.

Detaljniji opis svrhe pojedinih parametara, područja njihove primjene, postupaka izdvajanja i pripreme uzoraka, analitičkih metoda, mjera osiguranja kvalitete i načina interpretacije rezultata nalazi se u

Prilogu 5: „Detaljni opis laboratorijskih analiza fizikalno-kemijskih karakteristika i parametara biorazgradivosti komunalnog otpada“.

3.9 Statistička obrada podataka i točnost rezultata

Statistička obrada podataka provodi se s ciljem osiguravanja reprezentativnosti, pouzdanosti i usporedivosti rezultata analize sastava miješanog komunalnog otpada na razini jedinice lokalne samouprave, županije te na nacionalnoj razini.

Osnovna statistička obrada obuhvaća rezultate morfološke analize i rezultate izračuna biorazgradive komponente komunalnog otpada. Kada se provode laboratorijske analize fizikalno-kemijskih karakteristika ili parametara biorazgradivosti, njihovi se rezultati obrađuju i prikazuju u skladu sa svrhom i opsegom programa ispitivanja.

Na temelju provedenog sortiranja i vaganja pojedinih frakcija određuju se njihovi maseni udjeli u ukupnom uzorku. Dobiveni rezultati služe za procjenu sastava otpada na razini promatranog područja te se agregiraju na više razine sukladno načelima ponderiranja i ekstrapolacije definiranim u ovoj Metodologiji.

Rezultati pojedinačnih uzoraka najprije se obrađuju na razini pripadajućeg stratuma odnosno podstratuma. Rezultati stratuma zatim se ponderiraju prema njihovu udjelu u ukupnoj količini miješanog komunalnog otpada promatrane prostorne cjeline. Ako je broj uzoraka među stratumima raspoređen disproporcionalno, rezultati se ne smiju agregirati primjenom jednostavnog neponderiranog prosjeka.

Radi procjene pouzdanosti rezultata, za izračunate udjele pojedinih frakcija određuju se intervali pouzdanosti, na razini od najmanje 95 %.

Relativna pogreška procjene treba biti u skladu s kriterijima točnosti definiranim ovom metodologijom, pri čemu za miješani komunalni otpad ne bi trebala prelaziti 10 % dok za pojedine tokove otpada (osobito ambalažni otpad) preporučuje se niža razina pogreške (vidi poglavlje 3.7 Broj i količina uzorka).

Rezultati dobiveni analizom poduzoraka, primjerice frakcije 10-40 mm ili sitne frakcije, ekstrapoliraju se na ukupnu masu odgovarajuće frakcije. Pri tome se mora jasno dokumentirati masa osnovne frakcije,

masa analiziranog poduzorka, rezultat analize poduzorka te način ekstrapolacije na ukupnu masu frakcije.

Tijekom statističke obrade potrebno je provjeriti postojanje atipičnih nalaza i ekstremnih vrijednosti koje mogu bitno utjecati na izračun aritmetičke sredine, standardne devijacije i ekstrapoliranih rezultata. Atipičnim nalazom smatra se pojedinačni rezultat ili komponenta uzorka koja po masi, sastavu ili podrijetlu znatno odstupa od uobičajenog profila miješanog komunalnog otpada promatranog područja ili stratumata.

Atipični nalazi i ekstremne vrijednosti ne isključuju se automatski iz statističke obrade. Potrebno ih je evidentirati, opisati i obrazložiti na temelju terenske dokumentacije, fotodokumentacije, podataka o ruti, podrijetlu otpada i okolnostima uzorkovanja. Ako takav nalaz može značajno utjecati na konačni rezultat, u izvješću se prema potrebi prikazuje analiza osjetljivosti, odnosno usporedni prikaz rezultata s uključenim atipičnim nalazom i uz njegovo posebno izdvojeno tumačenje.

Isključivanje pojedinog nalaza iz osnovnog statističkog izračuna dopušteno je ako je dokumentirano da nalaz ne pripada promatranom toku otpada, da je posljedica pogreške u uzorkovanju, kontaminacije uzorka ili druge jasno utvrđene izvanredne okolnosti. Razlog isključenja mora biti naveden u izvješću.

Rezultati određivanja biorazgradive komponente komunalnog otpada predstavljaju izvedene pokazatelje koji se dobivaju na temelju rezultata morfološke analize i primjene odgovarajućih koeficijenata udjela biorazgradive sastavnice iz poglavlja 3.8.2. Pouzdanost ovih rezultata ovisi o pouzdanosti određivanja masenih udjela pojedinih frakcija, kao i o prikladnosti primijenjenih koeficijenata za promatrani otpad.

Kod prikaza rezultata biorazgradive komponente potrebno je jasno navesti jesu li udjeli određeni primjenom tabličnih koeficijenata, procjenom prema sastavu otpada ili na temelju dodatnih laboratorijskih analiza. U slučajevima kada su za pojedine frakcije provedene laboratorijske analize, njihovi rezultati mogu se koristiti za korekciju, provjeru ili verifikaciju primijenjenih koeficijenata.

Rezultati laboratorijskih analiza fizikalno-kemijskih karakteristika i parametara biorazgradivosti analiziraju se i obrađuju odvojeno od rezultata morfološke analize sastava. Za laboratorijske parametre u pravilu se prikazuju izmjerene vrijednosti, srednje vrijednosti, rasponi vrijednosti, standardne devijacije i, kada je broj analiza dovoljan, intervali pouzdanosti. Laboratorijski rezultati interpretiraju se u odnosu na vrstu uzorka, frakciju iz koje je uzorak izdvojen, način pripreme uzorka i primijenjenu analitičku metodu.

Kada se laboratorijski rezultati koriste za eventualnu kalibraciju koeficijenata biorazgradive komponente, procjenu svojstava sitne frakcije ili dodatnu interpretaciju rezultata morfološke analize, potrebno je jasno dokumentirati način povezivanja laboratorijskog poduzorka s osnovnim uzorkom i rezultatima sortiranja.

Kontrola statističke pogreške i kvalitete podataka

Kako bi se smanjila statistička pogreška i osigurala pouzdanost rezultata, potrebno je osigurati robusnost cjelokupnog procesa mjerenja (od uzorkovanja do analize i obrade podataka) te pravovremeno identificirati i ograničiti moguće izvore pogrešaka.

U tu svrhu potrebno je:

- identificirati i smanjiti sustavne pogreške, primjerice kroz provjeru i validaciju postupaka te umjeravanje i kontrolu mjerne i laboratorijske opreme,
- osigurati dosljednu primjenu Metodologije (analizirati i uspoređivati samo podatke dobivene istim ili usporedivim protokolom),
- pratiti i dokumentirati varijabilnost rezultata kroz vrijeme, između različitih područja, stratumata i kampanja uzorkovanja,
- osigurati usklađenost broja i mase uzorka zahtjevima ove metodologije,
- kada se provode laboratorijske analize, osigurati pravilno poduzorkovanje, označavanje, pakiranje, čuvanje, transport i dostavu uzoraka u skladu s poglavljem 3.8.3.2 i primjenjivim normativnim dokumentima,
- dokumentirati sve koeficijente i pretpostavke korištene za izračun biorazgradive komponente,
- identificirati reprezentativne uzorke i područja koja omogućuju pouzdanu procjenu sastava i svojstava otpada,
- provjeriti potpunost podataka, bilancu mase, faktore preračunavanja i primijenjene pondere prije konačne obrade,
- osigurati sljedivost svih izmjena, ispravaka i isključenja podataka.

U slučajevima nepotpunih podataka ili neravnomjerne pokrivenosti uzorka, mogu se primijeniti odgovarajuće metode prilagodbe kako bi se osigurala reprezentativnost rezultata.

To uključuje:

- primjenu ekstrapolacije i interpolacije podataka, kada je primjenjivo,

- ponderiranje rezultata pojedinih stratuma u skladu s njihovim udjelom u ukupnoj populaciji otpada,
- prilagodbe rezultata radi uzimanja u obzir sezonskih varijacija ili nedostajućih podataka.

U svrhu usporedbe rezultata između različitih područja, sezona ili razdoblja, može se primijeniti odgovarajući statistički test (npr. test razlike između dvaju udjela) kako bi se utvrdilo postoje li statistički značajne razlike u sastavu otpada.

Za usporedbu rezultata između različitih područja, sezona ili razdoblja može se primijeniti statistički test razlike između dvaju udjela (z-test). Rezultati dobiveni analizom poduzoraka (npr. frakcija 10–40 mm ili sitna frakcija) ekstrapoliraju se na ukupnu masu odgovarajuće frakcije.

Detaljno pojašnjenje statističke obrade i procjene pouzdanosti rezultata dato je u 4.2 Prilogu 2: Statistička obrada i procjena pouzdanosti rezultata.

3.10 Osiguranje kvalitete

Osiguranje kvalitete u okviru ove Metodologije obuhvaća sve faze provedbe analize otpada, od planiranja i provedbe uzorkovanja, preko pripreme uzorka, prosijavanja, određivanja morfološkog sastava i izračuna biorazgradive komponente, do laboratorijskih analiza fizikalno-kemijskih karakteristika i parametara biorazgradivosti, kada se one provode, te obrade i interpretacije podataka. Cilj osiguranja kvalitete je postići točnost, ponovljivost, sljedivost i usporedivost rezultata.

Sustav osiguranja kvalitete temelji se na dosljednoj primjeni ove Metodologije, primjeni standardiziranih postupaka i normi te jasno definiranim odgovornostima svih sudionika u procesu. Posebna pažnja posvećuje se identificiranju i smanjenju mogućih izvora pogrešaka u svim fazama provedbe. Mjere osiguranja kvalitete moraju biti planirane prije početka terenskih aktivnosti, primjenjivane tijekom provedbe te dokumentirane na način koji omogućuje naknadnu provjeru postupka i rezultata.

Statističko osiguranje kvalitete (validacija podataka, kontrola pogrešaka, intervali pouzdanosti i ponderiranje) detaljno je opisano u poglavlju 3.9 i 4.2 Prilogu 2: Statistička obrada i procjena pouzdanosti rezultata, dok se ovo poglavlje odnosi na operativni i proceduralni okvir osiguranja kvalitete.

Svi koraci postupka analize miješanog komunalnog otpada, uključujući pripremu, uzorkovanje, transport, prosijavanje, poduzorkovanje, sortiranje i vaganje, provode se u skladu s unaprijed

definiranim i dokumentiranim postupcima. Ti postupci čine sastavni dio Plana uzorkovanja, a njihova dosljedna primjena preduvjet je za osiguranje usporedivosti rezultata. Za evidenciju uzoraka i rezultata koriste se standardizirani obrasci (vidi 4.2.1 Prilog 3: Excel dokument Standardizirani obrasci – utvrđivanje sastava miješanog komunalnog otpada / list Obrazac – terensko uzorkovanje i 4.2.2 Prilog 4: Excel dokument Standardizirani obrasci – utvrđivanje sastava miješanog komunalnog otpada / list Obrazac – sortiranje MKO), kao i dodatni obrasci korišteni za izračun biorazgradive komponente i, kada se provode dodatna laboratorijska ispitivanja, evidenciju laboratorijskih poduzoraka i rezultata.

Nepravilno provedena homogenizacija šarže i izdvajanje poduzorka iz samo jednog dijela hrpe smatra se značajnim odstupanjem od Metodologije jer može dovesti do pristranosti uzorka i tzv. fundamentalne pogreške uzorkovanja. Takvo odstupanje mora se evidentirati, obrazložiti i uzeti u obzir pri ocjeni valjanosti uzorka.

Radi smanjenja rizika subjektivne pogreške pri ručnom sortiranju, osobito kod sitnijih frakcija, kompozitnih materijala, onečišćene ambalaže i drugih graničnih slučajeva, tijekom provedbe analize potrebno je provoditi internu kontrolu ponovljivosti sortiranja. Kontrola se provodi pregledom dijela već sortiranog materijala od strane odgovorne osobe, ponovnom provjerom frakcija ili usporedbom rezultata razvrstavanja između članova tima.

Ako se tijekom provedbe utvrde značajna odstupanja u razvrstavanju pojedinih frakcija, potrebno je provesti dodatno usklađivanje tima, pojasniti kriterije razvrstavanja prema Katalogu sortiranja te, prema potrebi, ponoviti razvrstavanje spornih frakcija. Provedene kontrole i eventualna odstupanja potrebno je dokumentirati u pripadajućoj dokumentaciji uzorka.

Za svaki uzorak mora biti osigurana potpuna sljedivost kroz sve faze postupka. To uključuje jasno označavanje uzoraka i povezivanje s podacima o podrijetlu (područje, stratum, jedinica uzorkovanja), kao i s podacima o vremenu uzorkovanja i obradi uzorka. Kod pripreme i izdvajanja poduzoraka za laboratorijske analize, potrebno je osigurati sljedivost od osnovnog uzorka ili frakcije do laboratorijskog rezultata, uključujući evidenciju načina poduzorkovanja, mase poduzorka, uvjeta čuvanja i transporta te identifikacije laboratorija.

Mjerna i tehnička oprema mora biti ispravna i redovito provjeravana. Vage moraju biti umjerene te se kalibriraju prije svake kampanje uzorkovanja, dok sita i ostala oprema moraju biti u dobrom tehničkom stanju i prikladna za korištenje.

Tijekom provođenja laboratorijskih analiza potrebno je primjenjivati normirane, međunarodno priznate ili odgovarajuće validirane metode prikladne za predmetnu vrstu i stanje uzorka. Laboratorijska

ispitivanja provodi pravna osoba akreditirana za odgovarajuće metode ispitivanja. Dokumentiraju se primijenjena metoda, mjerna jedinica i, kada je primjenjivo, granica određivanja, mjerna nesigurnost i status metode u području akreditacije. Detaljniji zahtjevi laboratorijskog osiguranja kvalitete navedeni su u poglavlju 3.8.3.3 i Prilogu 5.

Analizu sastava miješanog komunalnog otpada, uključujući određivanje udjela pojedinih frakcija, provodi stručno osposobljeno osoblje pod odgovornošću pravne osobe koja provodi analizu sastava komunalnog otpada. Navedena pravna osoba mora imati kompetentnost potvrđenu važećom akreditacijom, pri čemu opseg akreditacije mora obuhvaćati odgovarajuće postupke uzorkovanja i ispitivanja otpada.

Osoblje koje provodi postupke uzorkovanja, izdvajanja reprezentativnog uzorka i morfološkog razvrstavanja mora biti osposobljeno za primjenu odgovarajućih dijelova Metodologije, Plana uzorkovanja, normativnih dokumenata za uzorkovanje otpada, Kataloga sortiranja i postupaka osiguranja kvalitete. Osoblje uključeno u izračun biorazgradive komponente mora biti upoznato s primjenom koeficijenata iz poglavlja 3.8.2, dok osobe koje izdvajaju i pripremaju laboratorijske poduzorke moraju biti osposobljene za pravilno poduzorkovanje, označavanje i očuvanje uzoraka do trenutka analize.

Kod izračuna biorazgradive komponente komunalnog otpada potrebno je osigurati pravilnu i dosljednu primjenu koeficijenata iz poglavlja 3.8.2 te transparentnost svih korištenih pretpostavki. Za svaku frakciju mora biti jasno dokumentiran primijenjeni koeficijent i njegov izvor (tablična vrijednost, procjena ili laboratorijska analiza), pri čemu se svi izračuni evidentiraju u odgovarajućim obrascima.

Prije uključivanja podataka u statističku obradu provodi se validacija koja uključuje provjeru potpunosti i konzistentnosti podataka, kao i kontrolu ukupne mase uzorka u odnosu na zbroj pojedinih frakcija te provjeru ispravnosti izračuna biorazgradive komponente. Kod laboratorijskih analiza provodi se i provjera usklađenosti laboratorijskih rezultata s pripadajućim uzorcima i poduzorcima. Sva odstupanja moraju biti evidentirana i obrazložena.

Tijekom uzorkovanja i analize potrebno je dokumentirati sve relevantne okolnosti koje mogu utjecati na rezultate, uključujući odstupanja od Plana uzorkovanja, specifične uvjete na terenu, način postupanja sa sitnom frakcijom i poduzorcima te eventualna tehnička ograničenja. Također je potrebno dokumentirati sve odluke vezane uz primjenu koeficijenata, procjene ili korištenje laboratorijskih rezultata u interpretaciji podataka.

Osiguranje kvalitete kontinuirani je proces koji se provodi tijekom cijelog trajanja projekta. Sva prikupljena dokumentacija, uključujući obrasce iz Priloga 3 i 4, rezultate izračuna biorazgradive komponente te laboratorijske izvještaje kada su laboratorijske analize provedene, čini sastavni dio dokumentacije projekta i osigurava transparentnost i provjerljivost dobivenih rezultata.

3.11 Potrebna sredstva i oprema

Za provedbu analize sastava miješanog komunalnog otpada potrebno je osigurati odgovarajuće tehničke, prostorne i organizacijske uvjete koji omogućuju sigurno, učinkovito i metodološki usklađeno provođenje uzorkovanja, pripreme uzorka, morfološke analize sastava, izračuna biorazgradive komponente te kada se provode laboratorijske analize, izdvajanja i očuvanja laboratorijskih poduzoraka. Provedba se temelji na zahtjevima ove Metodologije i normama *HRN CEN/TR 15310 (1–5):2008 – Karakterizacija otpada – Uzorkovanje otpadnih materijala*.

Opseg i vrsta potrebnih sredstava ovise o veličini uzorka, organizaciji sustava gospodarenja otpadom i planiranom opsegu analize (osnovna morfološka analiza ili i dodatne laboratorijske analize), ali u pravilu obuhvaćaju opremu za uzorkovanje, obradu uzorka, sortiranje, mjerenje, evidentiranje podataka te, prema potrebi, izdvajanje i očuvanje laboratorijskih poduzoraka. Analiza se provodi na za to predviđenoj lokaciji koja omogućuje sigurno i kontrolirano rukovanje otpadom.

Prostor za sortiranje treba osigurati:

- dovoljno radne površine za raspodjelu i obradu uzorka,
- zaštitu od vremenskih uvjeta (preporučuje se natkriveni ili zatvoreni prostor),
- pristup vozilima za dopremu otpada,
- mogućnost odvojenog odlaganja i privremenog skladištenja razvrstanih frakcija,
- uvjete koji omogućuju sigurno rukovanje otpadom i sprječavanje kontaminacije uzoraka.

Za uzorkovanje i pripremu uzorka koristi se osnovna oprema za rukovanje otpadom (npr. lopate, grablje, spremnici za privremeno odlaganje otpada), kao i ravne radne površine ili podloge za miješanje i četvrtanje uzorka radi dobivanja reprezentativnih poduzoraka. Oprema mora omogućiti homogenizaciju uzorka i pravilno izdvajanje poduzoraka u skladu s postupcima definiranim u Planu uzorkovanja.

Za izdvajanje frakcija prema veličini čestica koriste se sita odgovarajućih dimenzija (40 mm i 10 mm) za razdvajanje uzorka na granulacijske razrede (>40 mm, 10–40 mm i <10 mm). Po potrebi je moguće

koristiti i dodatno sito (npr. 80 mm), pri čemu se mora osigurati mogućnost agregiranja rezultata na razine definirane ovom metodologijom.

U fazi sortiranja i mjerenja potrebno je osigurati opremu koja omogućuje jasno razdvajanje frakcija i pouzdano mjerenje njihove mase:

- spremnici ili posude za odvojeno prikupljanje pojedinih frakcija prema Katalogu sortiranja (Tablica 1, poglavlje 3.8.1),
- elektronička ili mehanička vaga s važećim certifikatom o umjeravanju:
 - nosivost do 200 kg, osjetljivost najmanje 10 g (za veće frakcije),
 - nosivost do 3 kg, osjetljivost najmanje 1 g (za manje frakcije i sitnu frakciju <10 mm).

Nosivost i razlučivost vaga mogu se prilagoditi planiranim masama ako se time osigurava odgovarajuća kvaliteta mjerenja. Vaga mora omogućiti vaganje bez prekoračenja nazivnog mjernog područja i bez neprihvatljivog gubitka razlučivosti kod malih masa.

Vage moraju biti umjerene te se kalibriraju prije svake kampanje uzorkovanja, a po potrebi i češće, u skladu sa zahtjevima iz poglavlja 3.10 Osiguranje kvalitete.

U slučajevima kada se uzorkovanje provodi iz vozila za prikupljanje otpada ili drugih većih tokova otpada, preporučuje se korištenje kolnih vaga (mostnih vaga) za određivanje ukupne mase otpada ili mase uzorkovanog toka. Podaci s kolnih vaga koriste se za kontrolu mase, procjenu reprezentativnosti uzorka te, prema potrebi, za potrebe ekstrapolacije rezultata na ukupni tok otpada. Preporučuje se evidentirati odnos mase uzorka i ukupne mase otpada iz kojeg je uzorak izdvojen.

Kod provedbe analiza fizikalno-kemijskih karakteristika i parametara biorazgradivosti (poglavlje 3.8.3), potrebno je osigurati dodatnu opremu za izdvajanje, označavanje, pakiranje i privremeno čuvanje laboratorijskih poduzoraka. To uključuje odgovarajuće posude ili vrećice za uzorke, oznake s jedinstvenim identifikacijskim oznakama, pribor za poduzorkovanje i homogenizaciju, kao i opremu za očuvanje svojstava uzorka (npr. zatvorene posude, rashladne kutije kada je primjenjivo). Oprema mora spriječiti gubitak vlage, kontaminaciju ili promjenu svojstava uzorka prije analize.

Tijekom provedbe analize osigurava se sustavno prikupljanje i evidentiranje podataka korištenjem standardiziranih obrazaca (vidi 4.2.1 Prilog 3: Excel dokument Standardizirani obrasci – utvrđivanje sastava miješanog komunalnog otpada / list Obrazac – terensko uzorkovanje i 4.2.2 Prilog 4: Excel dokument Standardizirani obrasci – utvrđivanje sastava miješanog komunalnog otpada / list Obrazac –

sortiranje MKO), kao i dodatnih obrazaca za izračun biorazgradive komponente i, kada se provode dodatna laboratorijska ispitivanja, evidenciju laboratorijskih poduzoraka i rezultata. Evidencija mora omogućiti potpunu sljedivost uzoraka i kasniju provjeru rezultata.

Za provedbu terenskog rada potrebno je osigurati i dodatna pomoćna sredstva. To uključuje digitalni fotoaparat za dokumentiranje postupka uzorkovanja i analize, kao i ostali potrošni materijal i opremu, poput računalne opreme, pripadajućih kabela, kalkulatora i sličnih alata potrebnih za evidentiranje i obradu podataka.

Sva oprema mora omogućavati postizanje tražene točnosti mjerenja (relativna pogreška procjene sukladno poglavlju 3.7) i osigurati sljedivost rezultata u skladu s poglavljem 3.10 Osiguranje kvalitete.

3.12 Osoblje

Provedba analize sastava miješanog komunalnog otpada zahtijeva odgovarajuće stručno i operativno osoblje koje je osposobljeno za sve faze postupka, od planiranja i uzorkovanja, preko pripreme uzorka, morfološke analize sastava, izračuna biorazgradive komponente, do evidentiranja podataka, kontrole kvalitete, laboratorijskih aktivnosti i statističke obrade rezultata.

Svi članovi tima moraju biti upoznati s ovom Metodologijom, Katalogom sortiranja (poglavlje 3.8.1), postupkom određivanja biorazgradive komponente (poglavlje 3.8.2), osnovama fizikalno-kemijskih analiza i parametara biorazgradivosti (poglavlje 3.8.3), pravilima uzorkovanja i poduzorkovanja te postupcima osiguranja kvalitete (poglavlje 3.10), kako bi se osigurala dosljedna primjena i usporedivost rezultata na nacionalnoj razini

Tim za provedbu analize minimalno uključuje sljedeće vrste stručnjaka:

- voditelja projektnog tima / koordinatora analize (odgovorna osoba za cjelokupnu provedbu, nadzor metodologije, organizaciju rada i koordinaciju s pružateljem javne usluge),
- stručnjaka iz područja gospodarenja komunalnim otpadom (osoba s iskustvom u planiranju i provedbi terenskih analiza sastava komunalnog otpada),
- terensko osoblje za uzorkovanje i sortiranje (tim od minimalno 3–5 osoba osposobljenih za rukovanje otpadom, prosijavanje, ručno sortiranje i evidentiranje podataka),
- stručnjak za obradu i analizu podataka zadužen za statističku obradu, validaciju podataka, izračun biorazgradive komponente i pripremu izvješća),

- kada se provode laboratorijske analize, stručnu osobu za njihovu koordinaciju, odgovornu za izdvajanje, označavanje, evidentiranje i sljedivost laboratorijskih poduzoraka te komunikaciju s laboratorijem.

Odgovornosti unutar tima trebaju jasno biti definirane u Planu uzorkovanja i obuhvaćaju:

- uzorkovanje, označavanje i transport uzoraka,
- priprema uzorka (prosijavanje, miješanje, poduzorkovanje),
- ručno sortiranje prema katalogu sortiranja i pravilima razvrstavanja,
- vaganje pojedinih frakcija i evidentiranje sirovih podataka u standardizirane obrasce (vidi Prilog 3 i Prilog 4),
- izračun biorazgradive komponente komunalnog otpada primjenom koeficijenata iz poglavlja 3.8.2,
- kada su predviđene laboratorijske analize, izdvajanje, označavanje, pakiranje, čuvanje, transport i evidenciju laboratorijskih poduzoraka,
- kontrola kvalitete i validacija rezultata (uključujući provjeru mase uzorka, dvostruku provjeru kritičnih frakcija i provjeru izračuna),
- statistička obrada, ponderiranje, ekstrapolacija i priprema izvješća.

Svi sudionici u uzorkovanju i sortiranju moraju proći obveznu obuku o primjeni Kataloga sortiranja, pravilima razvrstavanja otpada, postupcima uzorkovanja i poduzorkovanja, korištenju opreme te postupcima osiguranja kvalitete (poglavljje 3.10) i zaštite na radu (poglavljje 3.13). Osoblje uključeno u izračun biorazgradive komponente mora biti dodatno osposobljeno za primjenu koeficijenata i interpretaciju rezultata, dok osobe koje izdvajaju laboratorijske poduzorke moraju biti osposobljene za pravilno rukovanje uzorcima kako bi se očuvala njihova reprezentativnost i svojstva do trenutka analize.

Voditelj projektnog tima odgovoran je za učinkovitu komunikaciju unutar tima te s pružateljem javne usluge sakupljanja otpada, kao i za pravovremeno rješavanje operativnih i metodoloških pitanja. Redovita koordinacija smanjuje rizik od pogrešaka i osigurava poštivanje svih zahtjeva osiguranja kvalitete (poglavljje 3.10) te zaštite na radu (poglavljje 3.13).

Tijekom provođenja laboratorijskih analiza, potrebno je osigurati jasnu raspodjelu odgovornosti između terenskog tima i laboratorija, pri čemu terenski tim odgovara za pravilno izdvajanje i sljedivost uzoraka, a laboratorij za provedbu analiza u skladu s primijenjenim metodama i izdavanje rezultata. Svi rezultati moraju biti povezivi s odgovarajućim uzorkom i dokumentirani na način koji omogućuje njihovu provjeru i interpretaciju.

3.13 Zaštita na radu i zaštita od požara

S obzirom na prirodu rada s miješanim komunalnim otpadom, sve aktivnosti uzorkovanja, pripreme uzorka, prosijavanja, poduzorkovanja, sortiranja, vaganja te izdvajanja poduzoraka za laboratorijske analize, moraju se provoditi uz strogo poštivanje mjera zaštite na radu i zaštite od požara. Primjenjuju se odredbe *Zakona o zaštiti na radu (NN 71/14, 118/14, 154/14, 94/18, 96/18)*, *Zakona o zaštiti od požara (NN 92/10, 114/22)* te važećih podzakonskih propisa.

Organizacija rada treba se temeljiti na prethodno izrađenoj procjeni rizika, koja mora uzeti u obzir sve specifičnosti postupaka definiranih ovom metodologijom, uključujući:

- mehaničke rizike (oštri predmeti, ubodi, klizanje, spoticanje, rukovanje opremom),
- biološke rizike (prisustvo organske tvari, mikroorganizama i potencijalno infektivnog materijala),
- kemijske rizike (onečišćena ambalaža, opasne tvari, isparavanja),
- fizikalne rizike (prašina, buka, vibracije, rad na otvorenom prostoru),
- ergonomske rizike (ručno podizanje i prenošenje tereta, dugotrajan rad u neprirodnim položajima).

Svo osoblje mora koristiti odgovarajuću osobnu zaštitnu opremu. Osnovni set obuhvaća rezootporne i vodonepropusne zaštitne rukavice, zaštitnu obuću s čeličnom kapicom i protukliznim đonom te zaštitno odijelo ili kombinezon dugih rukava i nogavica. Dodatna zaštita, primjerice zaštitne naočale ili vizir, zaštitne maske FFP2 ili FFP3 te druga sredstva zaštite dišnih puteva, koristi se prema procjeni rizika, osobito pri radu sa sitnom frakcijom (<10 mm), prašnjavim materijalima ili prilikom poduzorkovanja za laboratorijske analize. Ostala zaštitna sredstva (kaciga, zaštita sluha i sl.) koriste se kada to zahtijevaju uvjeti rad.

Radni prostor mora biti organiziran na način kako bi omogućio sigurno kretanje i rukovanje otpadom. Potrebno je osigurati jasno označene radne zone, odvojene površine za sortiranje, poduzorkovanje i privremeno odlaganje razvrstanih frakcija te nesmetan pristup vozilima i opremi. Posebna pozornost posvećuje se sprječavanju klizanja i spoticanja redovitim čišćenjem radnih površina i održavanjem radnog prostora u urednom stanju.

Kod izdvajanja poduzoraka za laboratorijske analize (poglavlje 3.8.3), potrebno je dodatno osigurati sigurno rukovanje uzorcima, osobito u pogledu sprječavanja izlaganja štetnim tvarima, kontaminacije

uzorka i kontakta s potencijalno opasnim komponentama otpada. Poduzorkovanje se provodi na način koji minimizira izravni kontakt s otpadom i smanjuje mogućnost izlaganja opasnostima.

U svrhu zaštite od požara osiguravaju se osnovne preventivne mjere. Na lokaciji moraju biti dostupni odgovarajući vatrogasni aparati (najmanje dva aparata od 6 kg praha, prikladna za A, B i C klasu požara), postavljeni na vidljivim i pristupačnim mjestima. Potrebno je osigurati slobodan pristup za hitne intervencije. Zabranjeno je pušenje i uporaba otvorenog plamena na radnom prostoru, a poseban oprez potrebno je posvetiti rukovanju zapaljivim frakcijama otpada (plastika, papir, aerosolne limenke i sl.).

Svo osoblje mora biti upoznato s mjerama zaštite na radu i zaštite od požara te s postupcima u slučaju izvanrednih događaja. Obuka se provodi u sklopu osposobljavanja osoblja (poglavlje 3.12) i obuhvaća postupanje u slučaju ozljede, izloženosti opasnim tvarima, pronalaska opasnog otpada, požara ili drugih izvanrednih situacija, kao i upoznavanje s lokacijom sredstava prve pomoći i najbliže zdravstvene ustanove.

Na lokaciji mora biti dostupna osnovna oprema za pružanje prve pomoći, a najmanje jedna osoba u timu mora biti osposobljena za pružanje prve pomoći. U slučaju pronalaska opasnog otpada (npr. medicinski otpad, kemikalije, baterije, spremnici pod tlakom), takav otpad se ne sortira ručno, već se izdvoji na siguran način i zbrine u skladu s važećim propisima.

Svi izvanredni događaji moraju se odmah evidentirati, prijaviti odgovornoj osobi i analizirati kako bi se utvrdili uzroci i poduzele odgovarajuće korektivne mjere. Evidencija o izvanrednim događajima čini sastavni dio dokumentacije projekta te se koristi za unapređenje sigurnosti rada i provedbe metodologije.

3.14 Priprema, vođenje, obrada i prezentacija podataka

Priprema, vođenje, obrada i prezentacija podataka provode se kao integrirani proces koji povezuje sve faze utvrđivanja sastava miješanog komunalnog otpada. Sustav upravljanja podacima mora omogućiti potpunu sljedivost svakog uzorka, od mjesta uzorkovanja do konačnih rezultata analize, uključujući sve međukorake obrade i laboratorijske analize, kada se one provode.

Podaci koji se vode u okviru ove Metodologije obuhvaćaju tri međusobno povezane skupine:

- podatke o uzorkovanju i morfološkoj analizi sastava otpada (poglavlje 3.8.1),
- podatke potrebne za izračun biorazgradive komponente komunalnog otpada (poglavlje 3.8.2),

- kada se provode laboratorijske analize, podatke o fizikalno-kemijskim karakteristikama i parametrima biorazgradivosti (poglavlje 3.8.3).

Podaci prikupljeni tijekom uzorkovanja i sortiranja evidentiraju se na standardiziran način koji osigurava jednoznačnu identifikaciju svakog uzorka i njegovu povezanost s pripadajućim prostornim i vremenskim obilježjima (identifikacijski broj, stratum, lokacija, razdoblje uzorkovanja, datum i vrijeme, masa uzorka, mase pojedinih frakcija, fotografije). Za evidentiranje se koriste standardizirani obrasci (vidi 4.2.1 Prilog 3: Excel dokument Standardizirani obrasci – utvrđivanje sastava miješanog komunalnog otpada / list Obrazac – terensko uzorkovanje i 4.2.2 Prilog 4: Excel dokument Standardizirani obrasci – utvrđivanje sastava miješanog komunalnog otpada / list Obrazac – sortiranje MKO).

Jedinstvena identifikacijska oznaka uzorka mora se dosljedno primjenjivati na terenskim obrascima, zapisima vaganja, obrascima sortiranja, fotografijama, laboratorijskim poduzorcima, elektroničkim datotekama i izvješćima.

Vođenje podataka mora omogućiti jednoznačnu identifikaciju uzorka, povezivanje rezultata s Planom uzorkovanja te naknadnu provjeru i reviziju podataka. Sustav evidentiranja treba osigurati cjelovitost podataka i njihovu konzistentnost kroz sve faze obrade.

Na temelju rezultata morfološke analize provodi se izračun biorazgradive komponente komunalnog otpada primjenom koeficijenata iz poglavlja 3.8.2. Tijekom obrade podataka mora biti jasno evidentirano koji je koeficijent primijenjen na pojedinu frakciju, kao i izvor koeficijenta (tablična vrijednost, procjena ili rezultat laboratorijskih analiza). Svi izračuni moraju biti transparentni i provjerljivi.

Kod provedbe laboratorijskih analiza, podaci se vode na način koji omogućuje povezivanje svakog laboratorijskog rezultata s odgovarajućim uzorkom ili frakcijom iz koje je poduzorak izdvojen. Evidencija laboratorijskih analiza mora sadržavati najmanje: identifikacijsku oznaku osnovnog uzorka i poduzorka, vrstu frakcije, masu poduzorka, način poduzorkovanja, primijenjenu metodu ili normu, analizirani parametar, rezultat i mjernu jedinicu, datum analize te naziv laboratorija. Način vođenja ovih podataka mora biti usklađen s obrascima iz Priloga 3 i 4 te, prema potrebi, dodatno proširen.

Prije statističke obrade provodi se validacija podataka (potpunost, konzistentnost, provjera mase) u skladu s poglavljem 3.10 Osiguranje kvalitete. Validacija uključuje provjeru potpunosti i konzistentnosti podataka, kontrolu ukupne mase uzorka u odnosu na zbroj masa pojedinih frakcija, provjeru ispravnosti izračuna biorazgradive komponente, provjeru usklađenosti laboratorijskih rezultata

s pripadajućim uzorcima, ekstrapolaciju poduzoraka, ponderiranje po stratumima i agregaciju na više razine (JLS, županije, nacionalna).

Obrada podataka obuhvaća izračun masenih udjela pojedinih frakcija otpada, ekstrapolaciju rezultata dobivenih na poduzorcima (npr. granulacijske frakcije ili sitna frakcija), ponderiranje rezultata po stratumima te agregaciju na više razine (jedinica lokalne samouprave, županija, nacionalna razina). Postupci obrade i ekstrapolacije definirani su u poglavljima 3.8 i 3.9, dok su detaljni statistički postupci opisani u 4.2 Prilogu 2: Statistička obrada i procjena pouzdanosti rezultata.

Rezultati analize se prikazuju kao maseni udjeli pojedinih frakcija otpada, uz odgovarajuće agregacije po prostornim i vremenskim razinama (npr. JLS, županija, sezona), čime se omogućuje njihova usporedba i daljnja interpretacija. Uz rezultate morfološke analize prikazuje se i izračun biorazgradive komponente komunalnog otpada, uključujući primijenjene koeficijente i način izračuna.

Rezultati laboratorijskih analiza prikazuju se odvojeno, ali se interpretiraju u kontekstu rezultata morfološke analize i izračuna biorazgradive komponente. Njihova prezentacija mora uključivati opis uzoraka, primijenjene metode i dobivene vrijednosti, kao i eventualnu primjenu u kalibraciji ili interpretaciji rezultata.

Rezultati se prikazuju u tabličnom i grafičkom obliku, uz navođenje intervala pouzdanosti i relativne pogreške procjene za relevantne pokazatelje. Prezentacija mora biti transparentna, ponovljiva i jasno odvojena od interpretacije.

Prikupljeni podaci vode se u strukturiranom formatu koji omogućuje njihovu daljnju obradu i analizu (npr. tablični formati poput Excela ili odgovarajući informacijski sustavi). Sadržaj standardiziranog obrasca za unos podataka prikazan je u pripadajućem prilogu (4.2.1 Prilog 3: Excel dokument Standardizirani obrasci – utvrđivanje sastava miješanog komunalnog otpada / list Obrazac – terensko uzorkovanje), dok se zahtjevi za podatke o dodatnim laboratorijskim analizama detaljnije razrađuju u Prilogu 5.

Detaljni postupci statističke obrade i procjene pouzdanosti rezultata prikazani su u zasebnom prilogu (4.2 Prilog 2: Statistička obrada i procjena pouzdanosti rezultata). Sadržaj Izvješća o provedenoj analizi miješanog komunalnog otpada.

Za svako odabrano područje na kojem se provodi analiza sastava miješanog komunalnog otpada izrađuje se zasebno izvješće o provedenoj analizi, u skladu s Planom uzorkovanja i ovom metodologijom.

Izješće se izrađuje na standardiziran način te obuhvaća opis metodološkog pristupa, provedbe terenskih aktivnosti, prikaz i obradu podataka, kao i rezultate analize s pripadajućim statističkim pokazateljima. Izješće mora omogućiti jasnu sljedivost svih provedenih aktivnosti i rezultata te biti dovoljno detaljno da omogući provjeru i ponovljivost postupka. Posebnu pozornost potrebno je posvetiti dokumentiranju eventualnih odstupanja od ove metodologije i Plana uzorkovanja, kao i uvjetima provedbe koji su mogli utjecati na rezultate.

U sadržajnom smislu, izješće treba obuhvatiti minimalno sljedeće cjeline:

- opis promatranog područja i osnovnih karakteristika sustava gospodarenja otpadom, uz definiranje obuhvata analize (prostornog i vremenskog),
- podatke o pravnoj osobi koja je provela analizu sastava miješanog komunalnog otpada, uključujući podatke o važećoj akreditaciji i opsegu akreditacije koji obuhvaća odgovarajuće postupke uzorkovanja i ispitivanja otpada,
- kada su provedena dodatna laboratorijska ispitivanja, podatke o pravnoj osobi koja ih je provela, primijenjenim metodama ispitivanja te, kada je primjenjivo, statusu pojedine metode u području akreditacije,
- prikaz Plana uzorkovanja za predmetno područje, uključujući definiciju stratumata, jedinica uzorkovanja, lokacija (adresara), broja i mase uzoraka,
- opis provedbe uzorkovanja i sortiranja, uključujući vremenski raspored, organizaciju terenskog rada i suradnju s dionicima,
- navođenje i obrazloženje svih odstupanja od ove metodologije i Plana uzorkovanja,
- opis provedenih kontrola kvalitete sortiranja, evidentiranih odstupanja, atipičnih nalaza i ekstremnih vrijednosti te, prema potrebi, prikaz provedene analize osjetljivosti,
- prikaz prikupljenih podataka i opis njihove obrade, uključujući agregaciju po stratumima, obradu poduzoraka i primijenjene postupke ekstrapolacije,
- rezultate morfološke analize sastava izražene kao masene udjele pojedinih frakcija otpada, uz odgovarajuće tablične i grafičke prikaze,
- prikaz osnovnih statističkih pokazatelja i procjenu pouzdanosti rezultata,
- prikaz sastava miješanog komunalnog otpada prema frakcijama iz Kataloga sortiranja,
- prikaz izračuna biorazgradive komponente komunalnog otpada, uključujući korištene koeficijente, način izračuna i eventualne korekcije (poglavlje 3.8.2),
- prikaz rezultata fizikalno-kemijskih analiza i analiza parametara biorazgradivosti, uključujući opis uzoraka, primijenjene metode i interpretaciju rezultata (poglavlje 3.8.3),

- zaključke i interpretaciju rezultata u kontekstu promatranog područja, te županijske i nacionalne razine.

Uz navedeno, kod provođenja laboratorijskih analiza, potrebno je jasno navesti svrhu njihove provedbe (npr. provjera i kalibracija koeficijenata biorazgradive komponente, analiza sitne frakcije, procjena svojstava otpada), način uzorkovanja i pripreme poduzoraka te način povezivanja laboratorijskih rezultata s rezultatima morfološke analize.

Sastavni dio izvješća čine i prilozi, koji uključuju Plan uzorkovanja, detaljne tablice podataka i izračune, fotodokumentaciju postupka uzorkovanja i sortiranja te druge relevantne zapise. Kod provedbe laboratorijskih analiza, prilozi uključuju i laboratorijske izvještaje o ispitivanju te evidenciju o sljedivosti poduzoraka.

Uz izvješće se obvezno dostavljaju i sirovi podaci prikupljeni tijekom uzorkovanja i analize, u standardiziranom formatu (4.2.1 Prilog 3: Excel dokument Standardizirani obrasci – utvrđivanje sastava miješanog komunalnog otpada / list Obrazac – terensko uzorkovanje i 4.2.2 Prilog 4: Excel dokument Standardizirani obrasci – utvrđivanje sastava miješanog komunalnog otpada / list Obrazac – sortiranje MKO), kao i dodatni podaci o izračunu biorazgradive komponente i laboratorijskim analizama, na način koji omogućuje njihovu daljnju obradu, provjeru i usporedbu.

3.15 Metodologija određivanja sastava miješanog komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj u 2026./2027. godini

3.15.1 Svrha i obuhvat metodologije za 2026./2027. godinu

U okviru Projekta „Utvrđivanje sastava komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj“ (Projekt SKORH) provodi se analiza sastava miješanog komunalnog otpada za potrebe određivanja sastava miješanog komunalnog otpada i komunalnog otpada na nacionalnoj razini primjenom jedinstvene metodologije koja je usklađena s dokumentom Europske komisije *Načela analize miješanog komunalnog otpada* (verzija 3, 18. prosinca 2025.), normama *HRI CEN/TR 15310 (1–5):2008 – Karakterizacija otpada – Uzorkovanje otpadnih materijala*, smjernicama projekta *SWA-Tool* (2004.) te analiziranim metodološkim pristupima određivanja sastava miješanog komunalnog otpada odabranih zemalja članica EU.

Predmet analize u 2026./2027. godini je miješani komunalni otpad koji se prikuplja u okviru javne usluge sakupljanja komunalnog otpada. Cilj je utvrditi reprezentativan sastav miješanog komunalnog

otpada na razini JLS, županija i nacionalnoj razini, uz poseban naglasak na udio plastične ambalaže, kompozitne ambalaže, otpada od hrane i drugih frakcija relevantnih za izvješćivanje prema EU propisima.

Osim određivanja morfološkog sastava otpada, Metodologija predviđa određivanje udjela biorazgradive komponente komunalnog otpada te, kada su predviđene projektnim zadatkom, Planom uzorkovanja, posebnim programom ispitivanja ili zahtjevom Naručitelja, provedbu dodatnih laboratorijskih analiza fizikalno-kemijskih karakteristika i parametara biorazgradivosti. Time se mogu osigurati podaci potrebni za izvješćivanje, planiranje sustava gospodarenja otpadom te za postupnu provjeru i, prema potrebi, kalibraciju koeficijenata i metodoloških pretpostavki korištenih pri procjeni svojstava komunalnog otpada.

Ovo poglavlje definira obvezne metodološke postavke za 2026./2027. godinu, uključujući:

- kriterije stratifikacije i način određivanja stratuma i podstratuma,
- prostorne i vremenske okvire,
- određivanje turističkog utjecaja,
- minimalni broj i masu uzoraka,
- uzimanje u obzir izvora otpada i razvijenosti sustava odvojenog sakupljanja,
- način uzorkovanja, formiranja, pripreme i sortiranja uzoraka,
- uvjete za laboratorijske analize,
- statističku obradu, ponderiranje i izvješćivanje.

Metodologija 2026./2027. predstavlja provedbenu razradu načela iz prethodnih poglavlja. Operativni detalji (točne lokacije, broj uzoraka, datumi i dr) definirat će se u Planu uzorkovanja za svako područje analize.

Rezultati analize obrađuju se i prikazuju na sljedećim razinama:

- pojedinačnog uzorka;
- stratuma i podstratuma;
- jedinice lokalne samouprave;
- županija;
- nacionalnoj.

Na temelju rezultata morfološke analize provodi se i izračun biorazgradive komponente komunalnog otpada u skladu s poglavljem 3.8.2, čime se omogućuje izravna primjena rezultata za potrebe nacionalnog i europskog izvješćivanja.

U skladu s Planom uzorkovanja za 2026./2027. godinu, predviđena je i provedba analiza fizikalno-kemijskih karakteristika i parametara biorazgradivosti (poglavlje 3.8.3), osobito radi:

- provjere i kalibracije koeficijenata biorazgradive komponente,
- detaljnije analize sitne frakcije, mješovitih frakcija i cjelokupnih uzoraka miješanog komunalnog otpada,
- unaprjeđenja interpretacije rezultata i razvoja sustava gospodarenja otpadom.

Budući da u Republici Hrvatskoj trenutno ne postoje dostatni reprezentativni i dugoročno usporedivi podaci o sastavu miješanog komunalnog otpada, udjelu biorazgradive komponente te fizikalno-kemijskim svojstvima i parametrima biorazgradivosti otpada, Metodologijom se predviđa da se tijekom 2026./2027. godine provode morfološke analize sastava otpada i određivanje biorazgradive komponente, dok se laboratorijske analize provode ciljano, na obrazloženo odabranim uzorcima. Na temelju rezultata prikupljenih tijekom provedbe projekta moguće je provesti stručnu reviziju metodoloških pretpostavki te potrebe, učestalosti i opsega budućih laboratorijskih analiza, uz uvjet da se i dalje osigura potrebna razina pouzdanosti, reprezentativnosti i usporedivosti podataka na nacionalnoj razini.

Analiza obuhvaća i izradu procjene nacionalnog sastava ukupnih količina komunalnog otpada na temelju službenih podataka iz Informacijskog sustava gospodarenja otpadom.

Tablica 6 Sažetak metodoloških postavki za određivanje sastava miješanog komunalnog otpada Republike Hrvatske u 2026./2027. godini

Element metodologije	Postavka za 2026./2027. godinu	Primjena u Planu uzorkovanja / napomena
Predmet analize	Miješani komunalni otpad sakupljen u okviru javne usluge sakupljanja komunalnog otpada.	-
Razina uzorkovanja	Odabrane JLS i rute sakupljanja kao operativne jedinice uzorkovanja. Broj uzoraka i uzorkovanja na razini stratum/podstratum.	Uzorkovanje se ne provodi u svim JLS, sve JLS moraju biti uključene u okvir za agregaciju rezultata.
Razina iskaza rezultata	Pojedinačni uzorak, stratum/podstratum, JLS, županija i nacionalna razina.	-
Osnovni stratifikacijski kriterij	DEGURBA kategorija JLS-a ⁶ .	DEGURBA klasifikacija: 1 – gradovi, 2 – manji gradovi i predgrađa, 3 – ruralna područja
Sezonska dimenzija	Najmanje dva sezonska ciklusa: proljetno-ljetni (obvezno obuhvaća vrhunac turističke sezone) i jesensko-zimski.	Sezona nije zaseban stratum, nego vremenska dimenzija uzorkovanja.
Turistički utjecaj	Kriterij za formiranje podstratum.	Formira se samo ako je utjecaj mjerljiv, relevantan i operativno izvediv (vidi 3.16.4).
Otočnost	Posebna operativna kategorija.	Uzima se u obzir kod planiranja ako utječe na logistiku, sezonalnost ili reprezentativnost.

⁶ <https://dzs.gov.hr/istaknute-teme-162/prostorne-klasifikacije-i-subnacionalne-statistike-2/stupanj-urbanizacije-degurba/453>

Element metodologije	Postavka za 2026./2027. godinu	Primjena u Planu uzorkovanja / napomena
Jedinica istraživanja	Uzorak MKO iz vozila nakon završetka definirane rute	Ruta mora biti jasno povezana sa stratumom/podstratumom.
Način uzorkovanja	Stratificirano slučajno uzorkovanje (probability-based)	Isključivo iz vozila za sakupljanje MKO.
Masa uzorka	Ciljana masa: 300 kg Standardni raspon: 200–500 kg	Odstupanja >500 kg ili <200 kg samo iznimno, uz obrazloženje.
Broj uzoraka	Prema formuli iz 3.7.1 (95 % pouzdanost) + minimalni zahtjevi	Početni minimalni broj uzoraka određuje se prema formuli iz poglavlja 3.7.1, kada su dostupni pouzdani podaci o varijabilnosti sastava otpada, te prema minimalnim metodološkim zahtjevima. Početni minimalni broj uzoraka određuje se na razini relevantnog analitičkog stratuma. Svaki stratum mora biti zastupljen s najmanje jednim uzorkom u svakom sezonskom ciklusu. Za količinski značajne, očekivano heterogene ili metodološki posebno važne stratumne, u pravilu se planiraju najmanje dva uzorka po sezonskom ciklusu. Raspodjela uzoraka može biti proporcionalna ili disproporcionalna u odnosu na količine MKO-a, uz obvezno ponderiranje rezultata pri agregaciji. Minimalni broj uzoraka predstavlja početni provedbeni okvir, a njegova dostatnost provjerava se nakon prvog sezonskog ciklusa na temelju stvarne varijabilnosti rezultata. Navedeni minimalni broj uzoraka predstavlja početni provedbeni okvir i ne smatra se sam po sebi dokazom postizanja tražene statističke pouzdanosti.
Zahtjevi točnosti	Fracije Razine 1 Kataloga sortiranja: <10 % relativna pogreška (županijska), <5 % (nacionalna) Plastična ambalaža: <5 %	Ako se zahtijevana točnost ne može postići, rezultat se prikazuje uz interval pouzdanosti i jasno navedeno ograničenje.
Formiranje uzorka	Reprezentativni poduzorak iz više makro-uzoraka + miješanje + četvrtnje po potrebi	Osigurati homogenost i reprezentativnost.
Priprema i sortiranje	Prosijavanje (40 mm i 10 mm) + ručno sortiranje prema Katalogu sortiranja, po potrebi i upotreba dodatnih sita, npr. 80 mm (Tablica 1, poglavlje 3.8)	Fracija >40 mm sortira se ručno. Fracija 10–40 mm analizira se u cijelosti ili poduzorkom. Fracija <10 mm evidentira se kao sitna frakcija.
Vaganje i kontrola kvalitete	Kalibrirane vage + kolne vage gdje je moguće. Dopušteni gubitak mase: maks. ±3 %.	Certifikati o umjeravanju obvezni
Laboratorijske analize	Provede se prema obrazloženoj potrebi i u prethodno definiranom odnosno odobrenom opsegu.	Opseg analiza definiran je Planom uzorkovanja.
Obrada rezultata	Statistička obrada rezultata prema postupcima opisanima u poglavlju 3.9 i Prilogu 2	-
Izješćivanje	Izješće, standardizirani obrasci, sirovi podaci, fotodokumentacija i prilozi.	Izješće se izrađuje za svako analizirano područje u skladu s poglavljem 3.15.

3.15.2 Stratifikacije u analizi 2026./2027. godine

Analiza sastava miješanog komunalnog otpada u 2026./2027. godini provodi se primjenom stratificiranog slučajnog uzorkovanja (probability-based sampling design).

Osnovni stratifikacijski kriterij je tip područja prema DEGURBA klasifikaciji. Svaka JLS uključena u okvir za odabir područja i agregaciju rezultata razvrstava se prema unaprijed pripremljenoj DEGURBA klasifikaciji u jednu od sljedećih kategorija: gradovi, manji gradovi i predgrađa te ruralna područja. U provedbi analize županija se koristi kao obvezna razina za planiranje pokrivenosti, ponderiranje, agregaciju i prikaz rezultata.

Sezonski ciklusi ne predstavljaju zasebne stratume, nego vremenski okvir za obuhvat promjena u nastanku i sastavu otpada tijekom godine. Uzorkovanje se provodi u najmanje dva sezonska ciklusa, kako je definirano u poglavlju 3.16.5.

Turistički utjecaj i otočnost koriste se za formiranje podstratuma samo kada je njihov utjecaj mjerljiv, značajan i operativno izvediv (vidi poglavlje 3.16.4).

Za potrebe Plana uzorkovanja za 2026./2027. godinu relevantni analitički stratum predstavlja kombinaciju osnovne DEGURBA kategorije i turističkog podstratuma, ako je on formiran. Ako turistički podstratum nije formiran, relevantni analitički stratum odgovara pripadajućoj DEGURBA kategoriji.

U Planu uzorkovanja takvi se stratumi mogu prikazati oznakama koje povezuju DEGURBA kategoriju i turistički status područja, primjerice D1-T, D2-T, D2-N, D3-T i D3-N, pri čemu oznaka „T” označava turistički podstratum, a oznaka „N” područja bez izraženog turističkog statusa.

Minimalni broj uzoraka za provedbu analize 2026./2027. godine određuje se primarno na razini tako definiranog relevantnog analitičkog stratuma.

Ostala obilježja, kao što su izvor otpada, udio ne-kućanskih korisnika, organizacija sakupljanja i dostupnost odvojenog sakupljanja, evidentiraju se prvenstveno za odabir ruta, provjeru reprezentativnosti i interpretaciju rezultata. Ne koriste se automatski za formiranje stratuma ili podstratuma, osim ako su razlike među područjima jasno dokumentirane, značajne za sastav MKO-a i moguće ih je obuhvatiti dovoljnim brojem uzoraka.

U okviru Projekta SKORH stratifikacija je usmjerena na osiguravanje reprezentativnosti rezultata na nacionalnoj razini, uz istodobno omogućavanje agregacije i usporedbe rezultata na razini županija i pojedinih jedinica lokalne samouprave. Odabrani stratifikacijski pristup temelji se na pretpostavci da DEGURBA klasifikacija, turistički utjecaj i sezonske promjene predstavljaju najvažnije čimbenike koji utječu na sastav miješanog komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj.

Raspodjela uzoraka planira se tako da nacionalni uzorak obuhvati sve DEGURBA kategorije, uzimajući u obzir količine miješanog komunalnog otpada, prostornu pokrivenost Republike Hrvatske, dostupnost ruta i operativnu provedivost uzorkovanja.

Pri izradi Plana uzorkovanja potrebno je procijeniti zastupljenost pojedinih stratuma i podstratuma u ukupnim količinama miješanog komunalnog otpada te osigurati da odabrani uzorci omogućuju statistički pouzdanu procjenu sastava otpada na razini za koju se rezultati iskazuju. U slučaju disproporcionalnog uzorkovanja, obvezno se primjenjuje odgovarajuće ponderiranje rezultata tijekom statističke obrade.

Za potrebe izrade Plana uzorkovanja za JLS-ove uključene u okvir za odabir potrebno je osigurati i analizirati najmanje sljedeće ulazne podatke:

- DEGURBA kategoriju JLS;
- godišnju količinu sakupljenog miješanog komunalnog otpada na razini JLS;
- osnovne podatke o sustavu sakupljanja otpada (struktura stanovanja (individualne stambene jedinice, višestambene zgrade)), model naplate javne usluge, razvijenosti sustava odvojenog sakupljanja);
- izvor otpada (kućanstvo, uslužna djelatnost) gdje ih je moguće pouzdano povezati s rutom odnosno područjem sakupljanja otpada;
- podatke o turističkom utjecaju, gdje je relevantno
- podatke o otočnosti i drugim prostorno-operativnim obilježjima, gdje su relevantna.

Po potrebi se mogu koristiti i dodatni podaci koji mogu utjecati na sastav otpada, poput podataka o gustoći naseljenosti, strukturi stanovništva, prisutnosti značajnijih gospodarskih aktivnosti ili drugih obilježja specifičnih za pojedino područje.

Na temelju tih podataka izrađuje se okvir za odabir područja i ruta uključenih u Plan uzorkovanja.

Okvir za odabir područja mora biti dokumentiran na način koji omogućuje naknadnu provjeru postupka odabira, ponovljivost istraživanja i transparentnost donošenja odluka o uključivanju ili isključivanju pojedinih područja, ruta, stratuma i podstratuma.

3.15.3 Odabir JLS - područja za provedbu analiza

Odabir jedinica lokalne samouprave odnosno područja za provedbu morfološke analize miješanog komunalnog otpada provodi se u Planu uzorkovanja, na temelju kriterija definiranih u ovom poglavlju. Nije potrebno provesti uzorkovanje u svim JLS, ali sve moraju biti obuhvaćene okvirom agregacije (putem DEGURBA klasifikacije, količina MKO, pripadnosti županiji, utjecaju turizma, prostorne specifičnosti – otoci, organizaciji sustava sakupljanja otpada (struktura stanovanja (individualne stambene jedinice, višestambene zgrade)), model naplate javne usluge, razvijenosti sustava odvojenog sakupljanja));.

Odabrana područja moraju omogućiti:

- pokrivenost svih županija (izravno ili preko usporedivih stratumata);
- reprezentativnost svih DEGURBA kategorija;
- odgovarajuću zastupljenost županijski značajnih stratumata prema količinama MKO;
- odgovarajući obuhvat područja s izraženim turističkim utjecajem i otočnih područja;
- obuhvat različitih organizacijskih modela sakupljanja MKO, ako se utvrdi njihov utjecaj na količine i sastav MKO;
- mogućnost ponderiranja prema količinama MKO.

Pri odabiru JLS/područja prednost se daje stratumima koji imaju značajan udio u količinama MKO na županijskoj ili nacionalnoj razini, odnosno stratumima za koje se može očekivati da bitno utječu na sastav otpada.

Pri određivanju broja područja uključenih u pojedini stratum potrebno je voditi računa o heterogenosti sastava otpada, količinama miješanog komunalnog otpada te očekivanoj varijabilnosti rezultata. Područja za koja se očekuje veća varijabilnost sastava otpada ili veći utjecaj na ukupne količine MKO u pravilu zahtijevaju veći broj uzoraka radi postizanja ciljne razine statističke pouzdanosti.

Odabir područja, obrazloženje njihove reprezentativnosti te način njihove povezanosti s definiranim stratumima i podstratumima moraju biti sastavni dio Plana uzorkovanja. Sve naknadne izmjene odabranih područja tijekom provedbe istraživanja moraju biti dokumentirane i obrazložene.

3.15.4 Turistički utjecaj i otočna područja

Turistička aktivnost predstavlja jedan od ključnih faktora koji može utjecati na količine i sastav miješanog komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj te se stoga uključuje kao kriterij za formiranje podstratuma unutar osnovnih DEGURBA stratuma. Turizam ne predstavlja zasebnu razinu stratifikacije, već varijablu kojom se prepoznaju JLS u kojima sezonska ili prostorno koncentrirana turistička aktivnost može utjecati na količine i/ili sastav miješanog komunalnog otpada.

Uključivanje turističkog utjecaja u metodologiju opravdano je činjenicom da turistička aktivnost može uzrokovati značajne promjene ne samo u ukupnim količinama otpada, već i u njegovu sastavu. Povećana potrošnja proizvoda za jednokratnu uporabu, ambalažiranih proizvoda, hrane i pića tijekom turističke sezone može rezultirati promjenama u udjelima pojedinih frakcija otpada, osobito plastične ambalaže, staklene ambalaže, kompozitne ambalaže i otpada od hrane.

Pokazatelji za procjenu turističkog utjecaja uključuju broj turističkih noćenja po stanovniku jedinice lokalne samouprave, sezonske promjene količina miješanog komunalnog otpada te, prema potrebi, druge pokazatelje turističkog intenziteta, uključujući indeks turističke razvijenosti (ITR) ili drugi usporedivi pokazatelj. Broj noćenja po stanovniku koristi se kao mjera relativnog turističkog opterećenja jer omogućuje usporedbu JLS-ova različite veličine i demografske strukture te predstavlja izvedeni pokazatelj turističkog intenziteta.

Dodatni pokazatelji koriste se za provjeru intenziteta turističkog utjecaja, sezonalnosti i prostorne koncentracije turističkog opterećenja:

- ukupan godišnji broj turističkih noćenja u JLS-u — radi procjene apsolutnog volumena turističkog opterećenja;
- udio noćenja u glavnoj turističkoj sezoni (lipanj-rujan) — radi procjene sezonalnosti;
- sezonsko povećanje količina miješanog komunalnog otpada — radi provjere stvarnog učinka na sastav otpada, ako su podaci dostupni;
- prostorno izdvojive turističke zone, rute ili naselja — radi procjene može li se turistički utjecaj prostorno izdvojiti;
- promjene u učestalosti odvoza otpada u turističkoj sezoni.

Po potrebi se mogu koristiti i drugi raspoloživi pokazatelji koji omogućuju procjenu intenziteta turističkog opterećenja, uključujući broj smještajnih kapaciteta, broj dolazaka turista, procjene dnevnih posjetitelja ili druge podatke dostupne od nadležnih institucija i pružatelja javne usluge.

Primarni izvor podataka je sustav eVisitor, a dopunski izvori uključuju Državni zavod za statistiku, turističke zajednice, JLS-ove i pružatelje javne usluge.

Ako se za formiranje turističkog podstratuma koristi ITR ili drugi kompozitni pokazatelj, Plan uzorkovanja mora navesti izvor podataka, godinu podataka, vrijednosti pokazatelja za razmatrane JLS-ove, primijenjeni prag, način određivanja praga te obrazloženje zašto odabrani prag razdvaja turistički relevantne JLS-ove od ostalih JLS-ova unutar promatrane županije.

Primjena ITR-a ili drugog kompozitnog pokazatelja ne podrazumijeva automatsko formiranje turističkog podstratuma. Turistički podstratum formira se samo ako su ispunjeni uvjeti mjerljivosti i relevantnosti turističkog utjecaja, značajnog udjela u količinama MKO-a, mogućnosti osiguranja reprezentativnih uzoraka i očuvanja mogućnosti ponderirane agregacije rezultata.

Na temelju navedenih pokazatelja procjenjuje se opravdanost formiranja turističkog podstratuma. Odluka o njegovom formiranju donosi se zasebno, na temelju sljedećih kumulativnih kriterija:

- utjecaj turizma na količine i/ili sastav MKO-a je mjerljiv i relevantan;
- turistički utjecaj moguće je povezati s konkretnim JLS-ovima, naseljima ili rutama;
- podstratum čini značajan udio u ukupnim količinama MKO-a promatranog područja;
- moguće je osigurati dovoljan broj reprezentativnih uzoraka;
- izdvajanje podstratuma ne narušava mogućnost ponderirane agregacije rezultata.

Ako navedeni uvjeti nisu ispunjeni, turistički utjecaj evidentira se kao kontekstualna varijabla te se koristi pri odabiru ruta, provjeri reprezentativnosti i interpretaciji rezultata, bez formiranja zasebnog turističkog podstratuma.

Prilikom donošenja odluke o formiranju turističkog podstratuma potrebno je procijeniti doprinos takvog podstratuma ukupnoj preciznosti rezultata. Ukoliko izdvajanje turističkog podstratuma ne doprinosi značajno kvaliteti procjene ili dovodi do nedovoljnog broja uzoraka za statistički pouzdanu analizu, preporučuje se da se turistički utjecaj evidentira samo kao dodatna opisna varijabla.

Otočne JLS razmatraju se kao posebna operativna kategorija zbog specifičnih uvjeta sustava gospodarenja otpadom. Turistički pokazatelji ne obuhvaćaju u potpunosti logističke i organizacijske specifičnosti otočnih sustava, osobito u pogledu dostupnosti usluge. Osim turističkog opterećenja, otočna područja mogu imati specifične obrasce nastanka otpada povezane s prometnom izoliranošću, sezonskim promjenama broja korisnika, organizacijom prijevoza otpada, ograničenim prostorom za privremeno skladištenje otpada te posebnim režimima sakupljanja otpada. Navedeni čimbenici mogu

utjecati na sastav i količine miješanog komunalnog otpada neovisno o samom turističkom intenzitetu. Stoga se otočna JLS uključuje u uzorkovanje kada analiza raspoloživih podataka i operativnih okolnosti pokaže kako njezino uključivanje može značajno pridonijeti reprezentativnosti uzorka ili kada se radi o području s izraženim sezonskim opterećenjem ili posebnim obrascima nastanka otpada.

Način uključivanja otočnih područja, broj uzoraka te eventualno formiranje zasebnih podstratuma za otočna područja definiraju se Planom uzorkovanja na temelju procjene njihove zastupljenosti u ukupnim količinama miješanog komunalnog otpada te očekivanog utjecaja na rezultate istraživanja.

3.15.5 Sezonska dimenzija provedbe

Uzorkovanje se provodi u najmanje dva sezonska ciklusa: proljetno-ljetni (obvezno obuhvaća vrhunac turističke sezone) i jesensko-zimski ciklus.

U područjima za koja je utvrđen izražen turistički utjecaj ili je formiran turistički podstratum, uzorkovanje unutar proljetno-ljetnog ciklusa mora obuhvatiti razdoblje stvarnog vršnog turističkog opterećenja. Vršno razdoblje određuje se na temelju raspoloživih podataka o noćenjima, sezonskim promjenama količina MKO-a, promjenama učestalosti odvoza, sezonskim izmjenama ruta i drugim relevantnim podacima pružatelja javne usluge, eVisitor, JLS-a ili turističkih zajednica. U Planu uzorkovanja temeljem službenih podataka potrebno je elaborirati odabrano razdoblje vršnog turističkog opterećenja. Primjena najmanje dva sezonska ciklusa temelji se na potrebi obuhvaćanja vremenske varijabilnosti u količinama i sastavu miješanog komunalnog otpada. U Republici Hrvatskoj, sezonske razlike mogu biti posljedica promjena životnih navika stanovništva, klimatskih uvjeta, turističkih aktivnosti te promjena u intenzitetu korištenja pojedinih proizvoda i usluga. Uključivanje sezonske dimenzije stoga predstavlja važan preduvjet za dobivanje reprezentativne godišnje procjene sastava miješanog komunalnog otpada.

Svaki ciklus obuhvaća cjelovitu provedbu Plana uzorkovanja i traje najmanje jedan puni operativni ciklus sakupljanja otpada (minimalno jedan tjedan kod tjednog odvoza, odnosno dva tjedna kod dvotjednog odvoza). Unutar ciklusa, uzorkovanje se provodi najmanje dva puta.

Pri planiranju vremenskog rasporeda uzorkovanja potrebno je uzeti u obzir varijacije u sastavu otpada povezane s danima u tjednu. U sustavima u kojima se dio otpada akumulira tijekom vikenda i preuzima početkom tjedna, raspored uzorkovanja mora biti planiran na način kako bi se izbjegla sustavna pristranost uzrokovana danom odvoza. Također je potrebno voditi računa o mogućim promjenama u organizaciji sustava sakupljanja otpada tijekom godine, uključujući sezonske izmjene rasporeda odvoza, povećanje broja korisnika usluge, privremene promjene ruta te druge organizacijske

čimbenike koji mogu utjecati na reprezentativnost uzoraka. Također, ciklusi uzorkovanja u pravilu se planiraju tako da ne obuhvaćaju tjedne zahvaćene državnim blagdanima ili značajnim pomacima u rasporedu odvoza. Ukoliko iz opravdanih razloga nije moguće izbjeći takva razdoblja, navedeno se evidentira te se uzima u obzir pri interpretaciji rezultata.

3.15.6 Broj i raspodjela uzoraka

Za procjenu minimalnog broja uzoraka po pojedinom stratumu primjenjuje se standardna statistička formula za procjenu prosjeka populacije dana u poglavlju 3.7.1 (u slučaju kada su raspoložive pouzdane prethodne analize sastava otpada). Ako takva procjena nije dostupna, početni broj uzoraka određuje se na temelju minimalnih metodoloških zahtjeva, količina MKO, zastupljenosti DEGURBA kategorija, postojanja podstratuma, očekivane heterogenosti otpada i operativne izvedivosti.

Za potrebe provedbe analize u 2026./2027. godini početni minimalni broj uzoraka određuje se na razini relevantnog analitičkog stratuma. Analitički stratum predstavlja kombinaciju DEGURBA kategorije i turističkog podstratuma, ako je on formiran. Ako je formiran turistički podstratum, njegova zastupljenost mora biti osigurana u proljetno-ljetnom ciklusu u razdoblju stvarnog vršnog turističkog opterećenja, u skladu s poglavljem 3.16.5. Ako turistički podstratum nije formiran, relevantni analitički stratum odgovara pripadajućoj DEGURBA kategoriji.

Svaki relevantni analitički stratum mora biti zastupljen s najmanje jednim uzorkom u svakom sezonskom ciklusu. Za količinski značajne, očekivano heterogene ili metodološki posebno važne stratumе, uključujući turističke i otočne podstratumе kada su formirani, u pravilu se planiraju najmanje dva uzorka po sezonskom ciklusu.

Ako Plan uzorkovanja za pojedini relevantni analitički stratum predviđa samo jedan uzorak po sezonskom ciklusu, potrebno je obrazložiti da je takva početna zastupljenost primjerena s obzirom na količine MKO-a, očekivanu heterogenost, dostupnost reprezentativnih ruta, udio stratuma u ukupnim količinama i mogućnost ponderirane agregacije rezultata.

Navedeni minimalni broj uzoraka predstavlja početni provedbeni okvir i ne smatra se sam po sebi dokazom postizanja tražene statističke pouzdanosti definirane ovom Metodologijom. Nakon provedbe prvog sezonskog ciklusa obvezno se provodi provjera dostatnosti broja uzoraka na temelju stvarno utvrđene varijabilnosti sastava otpada. Ako provjera pokaže da početni broj uzoraka nije dostatan za postizanje traženih kriterija pouzdanosti, Plan uzorkovanja mora se dopuniti povećanjem broja uzoraka u relevantnom analitičkom stratumu

Primjenom navedenog pravila u nacrtu Plana uzorkovanja za 2026./2027. godinu okvirno je predviđeno 68 uzoraka po sezonskom ciklusu, odnosno 136 uzoraka godišnje za 20 županija i Grad Zagreb. Ova procjena predstavlja početni provedbeni okvir, izrađen na temelju dostupnih podataka o količinama MKO-a, DEGURBA kategoriji, turističkom podstratumu i potrebi ponderirane agregacije rezultata.

Primjena minimalnih metodoloških zahtjeva mora biti obrazložena u Planu uzorkovanja, osobito u pogledu zastupljenosti relevantnih stratuma, mogućnosti ponderirane agregacije i očekivanog postizanja traženih statističkih kriterija.

Rezultati moraju imati pouzdanost 95 % s relativnom pogreškom za frakcije Razine 1 Kataloga sortiranja <10 % (županijska) odnosno <5 % (nacionalna). Za plastičnu ambalažu, kao prioritetnu frakciju za potrebe izvješćivanja prema zahtjevima Europske komisije, relativna pogreška procjene treba biti <5 %.

Broj uzoraka i njihova raspodjela određuju se uzimajući u obzir sljedeće ključne čimbenike:

- količine miješanog komunalnog otpada na razini odabranog područja, JLS, županije i nacionalne razine;
- DEGURBA kategoriju područja;
- postojanje i značaj turističkog podstratuma;
- sezonsku varijabilnost sastava i količina otpada;
- očekivanu heterogenost sastava otpada unutar stratuma;
- organizacijske i logističke značajke sustava sakupljanja otpada;
- zahtjev za mogućnošću pouzdane agregacije i ponderiranja rezultata na županijsku i nacionalnu razinu

Primjenjuju se minimalni zahtjevi navedeni u nastavku, uz obvezno poštivanje statističkih kriterija pouzdanosti:

- svaki ciklus uzorkovanja traje najmanje jedan puni operativni ciklus sakupljanja miješanog komunalnog otpada, odnosno najmanje jedan tjedan kod tjednog odvoza, odnosno najmanje dva tjedna kod dvotjednog odvoza;
- unutar svakog ciklusa uzorkovanje se provodi najmanje dva puta;
- uzorkovanje se provodi u najmanje dva sezonska ciklusa (proljetno-ljetni, obvezno obuhvaća vrhunac turističke sezone) i jesensko-zimski);

- ako odabrano područje obuhvaća više relevantnih DEGURBA kategorija, uzorci se raspoređuju tako da sve kategorije budu zastupljene;
- ako je formiran turistički podstratum, osigurava se njegova zastupljenost u proljetno-ljetnom ciklusu;
- ukupan broj uzoraka u Planu uzorkovanja mora omogućiti statistički pouzdan iskaz rezultata na županijskoj i nacionalnoj razini.

Navedeni minimalni zahtjevi predstavljaju polazište. Ako statistički izračun prema poglavlju 3.7.1 pokaže potrebu za većim brojem uzoraka radi postizanja tražene preciznosti, primjenjuje se veći broj uzoraka. Plan uzorkovanja mora prikazati kako predloženi broj uzoraka po stratumima, podstratumima i sezonskim ciklusima omogućuje iskaz rezultata na županijskoj i nacionalnoj razini u skladu s kriterijima pouzdanosti iz ove Metodologije.

Raspodjela uzoraka po odabranim područjima, DEGURBA kategorijama i turističkim podstratumima provodi se u pravilu proporcionalno količinama miješanog komunalnog otpada.

Ako je radi osiguranja reprezentativnosti potrebno osigurati adekvatnu zastupljenost metodološki važnih, ali količinski manje zastupljenih DEGURBA kategorija ili turističkih podstratuma, može se primijeniti disproporcionalna raspodjela uzoraka. U tom slučaju rezultati se pri statističkoj obradi i agregaciji obvezno ponderiraju prema stvarnom udjelu pojedine kategorije ili podstratuma u ukupnim količinama miješanog komunalnog otpada.

Plan uzorkovanja mora jasno prikazati način na koji se rezultati iz odabranih JLS odnosno područja koriste za procjenu sastava miješanog komunalnog otpada na županijskoj razini. Ako u pojedinoj županiji nisu izravno uzorkovane sve relevantne DEGURBA kategorije ili turistički podstratumi, Plan uzorkovanja mora detaljno opisati način procjene rezultata za te kategorije, uključujući korištenje podataka iz usporedivih područja, primijenjene pondere te navođenje eventualnih ograničenja.

Ako tijekom provedbe preliminarni ili operativni rezultati pokažu kako varijabilnost pojedinih frakcija Razine 1 onemogućuje postizanje zahtijevane preciznosti, broj uzoraka će se povećati u relevantnom području, DEGURBA kategoriji ili podstratumu, ako je to operativno izvedivo. U slučaju da povećanje nije moguće, rezultati se prikazuju uz pripadajući interval pouzdanosti i jasno navedena ograničenja interpretacije.

Za frakcije Razine 2 rezultati se prikazuju kao detaljnija razrada sastava otpada. Za njih se ne zahtijeva ista razina statističke preciznosti kao za frakcije Razine 1, osim ako Plan uzorkovanja za pojedine prioritetne frakcije (osobito plastičnu ambalažu) ne odredi drukčije.

3.15.7 Masa i formiranje uzorka

Uzorkovanje u okviru analize 2026./2027. godine provodi se iz vozila za sakupljanje miješanog komunalnog otpada (kamiona), nakon završetka unaprijed definirane rute. Time se osigurava homogenizacija otpada od većeg broja proizvođača i veća reprezentativnost uzorka.

Ciljana masa pojedinačnog uzorka miješanog komunalnog otpada iznosi 300 kg.

Standardni operativni raspon mase pojedinačnog uzorka kreće se od 200 kg do 500 kg. Ovaj raspon omogućuje ravnotežu između reprezentativnosti uzorka, operativne provedivosti ručnog sortiranja, kontrole bilance mase i troškova provedbe analize.

Masa uzorka određuje se u Planu uzorkovanja, uzimajući u obzir sljedeće čimbenike:

- ukupnu količinu miješanog komunalnog otpada u vozilu nakon završetka odabrane rute;
- očekivanu heterogenost otpada;
- DEGURBA kategoriju područja;
- turistički utjecaj, gdje je relevantno;
- logističke uvjete na lokaciji istovara i sortiranja;
- mogućnost provedbe sortiranja uz propisanu kontrolu kvalitete.

Primjenjuju se sljedeća pravila:

- 200–300 kg koristi se za manje količine otpada u vozilu, ruralna područja, otočna područja, logistički zahtjevnije rute ili rute s manjim brojem korisnika;
- oko 300 kg predstavlja standardnu ciljanu masu uzorka za većinu redovitih ruta;
- 300–500 kg koristi se za gusto naseljena područja, turistički intenzivna područja, heterogene rute ili slučajeve u kojima se očekuje veća varijabilnost sastava otpada.

Uzorak mase veće od 500 kg može se koristiti samo iznimno, ako je to metodološki opravdano (izrazita heterogenost otpada, veliki obuhvat rute, visoki turistički pritisak, posebna potreba za preciznijim određivanjem prioriternih frakcija i sl.). U Planu uzorkovanja potrebno je detaljno obrazložiti razlog korištenja veće mase, način formiranja uzorka, očekivani utjecaj na pouzdanost rezultata te mjere osiguranja bilance mase i kontrole kvalitete.

Uzorak mase manje od 200 kg može se koristiti samo u iznimnim slučajevima, kada objektivne okolnosti onemogućuju prikupljanje veće količine. Razlog odstupanja mora biti dokumentiran, a ograničenje uzeto u obzir pri interpretaciji rezultata.

Ako je ukupna masa otpada u vozilu veća od planirane mase uzorka, konačni uzorak se u pravilu formira kao reprezentativni poduzorak ukupnog toka otpada sakupljenog na odabranoj ruti. Uzorak se formira iz više makro-uzoraka uzetih s različitih dijelova istovarene mase. Makro-uzorci se dobro miješaju radi postizanja što veće homogenosti, a po potrebi se nakon miješanja provodi poduzorkovanje metodom četvrtanja ili drugom dokumentiranom metodom koja osigurava reprezentativnost.

Prilikom poduzorkovanja potrebno je osigurati da laboratorijski poduzorci budu izdvojeni iz istog homogeniziranog uzorka iz kojeg se provodi morfološka analiza. Time se osigurava međusobna usporedivost rezultata morfološke analize, izračuna biorazgradive komponente te rezultata laboratorijskih ispitivanja.

Postupci homogenizacije, miješanja, četvrtanja i izdvajanja laboratorijskih poduzoraka moraju biti dokumentirani i provedeni u skladu s Planom uzorkovanja te relevantnim normama za uzorkovanje otpada navedenima u ovoj metodologiji.

Odabrana masa uzorka mora omogućiti pouzdano određivanje udjela frakcija Razine 1 Kataloga sortiranja te dovoljno detaljnu procjenu prioriternih frakcija, uključujući plastičnu ambalažu, kompozitnu ambalažu i otpad od hrane.

Za potrebe provedbe laboratorijskih analiza fizikalno-kemijskih karakteristika i parametara biorazgradivosti, masa uzorka mora biti dovoljna za izdvajanje laboratorijskih poduzoraka bez ugrožavanja reprezentativnosti morfološke analize. Potrebna količina laboratorijskog uzorka određuje se Planom uzorkovanja, uzimajući u obzir vrstu i broj predviđenih laboratorijskih ispitivanja.

3.15.8 Način uzorkovanja i definiranja ruta

Uzorkovanje mora biti provedeno u skladu s normom *HRI CEN/TR 15310 (1–5):2008 – Karakterizacija otpada – Uzorkovanje otpadnih materijala*.

Definiranje ruta provodi se u dva koraka:

1. Formiranje okvira uzorkovanja

Okvir uzorkovanja formira se na temelju podataka iz Informacijskog sustava gospodarenja otpadom te podataka prikupljenih putem standardiziranog upitnika i izravne suradnje s jedinicama lokalne samouprave i davateljima javne usluge. Informacijski sustav služi kao primarni izvor podataka o količinama nastalog miješanog komunalnog otpada i odvojeno sakupljenih frakcija. Putem upitnika i suradnje prikupljaju se detaljni podaci o rutama,

obuhvatu područja, organizacijskoj spremnosti, lokacijama za istovar i sortiranje, tehničkim uvjetima te drugim operativnim preduvjetima. Posebna pozornost posvećuje se identifikaciji ruta koje prolaze područjima s turističkim utjecajem (umjerenim ili izraženim), kako bi se omogućila adekvatna zastupljenost turističkog podstratuma u proljetno-ljetnom ciklusu (vidi poglavlje 3.16.4).

2. Odabir ruta

Nakon utvrđivanja okvira uzorkovanja, rute se biraju slučajnim odabirom unutar prethodno definiranih stratumskih okvira (DEGURBA kategorije i turistički podstratum), uzimajući u obzir dostupnost podataka, prostornu zastupljenost, sezonske uvjete i operativne mogućnosti provedbe. Cilj je osigurati da odabrane rute budu reprezentativne za promatrano područje, uključujući područja s različitim intenzitetom turističkog utjecaja, te da omoguće provedbu uzorkovanja u skladu s Planom uzorkovanja.

Kriteriji uključivanja i isključivanja ruta

Ruta se uključuje u okvir uzorkovanja ako su poznati osnovni podaci potrebni za njezinu identifikaciju, ako se može pouzdano povezati s odgovarajućim stratumom/podstratumom te ako su ispunjeni operativni uvjeti za sigurno i reprezentativno uzorkovanje.

Ruta se isključuje ako podaci nisu dostatni, ako nije moguće osigurati pristup ili ako tehnički i sigurnosni uvjeti ne omogućuju provedbu uzorkovanja. Svako isključenje mora biti dokumentirano i obrazloženo u Planu uzorkovanja.

3.15.9 Priprema uzorka, prosijavanje i sortiranje

Nakon dopreme uzorka na lokaciju sortiranja provodi se prosijavanje pomoću sita od 40 mm i 10 mm (po potrebi i dodatnog sita, npr. 80 mm), čime se uzorak razdvaja na granulacijske frakcije:

- frakcija > 40 mm – ručno sortiranje prema katalogu sortiranja (Tablica 1, poglavlje 3.8),
- frakcija 10–40 mm – analizira se u cijelosti ili putem reprezentativnog poduzorka (metodom četvrtanja ili slučajnog uzorkovanja),
- frakcija < 10 mm (sitna frakcija) – evidentira se vaganjem kao zasebna kategorija.

Prije početka prosijavanja i sortiranja, iz homogeniziranog uzorka mogu se izdvojiti reprezentativni laboratorijski poduzorci za potrebe određivanja fizikalno-kemijskih karakteristika i parametara

biorazgradivosti sukladno poglavlju 3.8.3. Način izdvajanja, količina i broj laboratorijskih poduzoraka definiraju se Planom uzorkovanja.

Za sitnu frakciju, prema potrebi, mogu se primijeniti dodatne analitičke metode (npr. GC-MS, FTIR ili druge metode iz poglavlja 3.8.3) radi procjene udjela polimera, biorazgradive komponente i drugih sastavnica. S obzirom da sitna frakcija može sadržavati značajan udio teško prepoznatljivih organskih i anorganskih sastavnica, laboratorijske analize mogu predstavljati važnu dopunu morfološkoj analizi, osobito kod određivanja biorazgradive komponente komunalnog otpada te procjene svojstava otpada relevantnih za obradu i uporabu.

Svi poduzorci moraju biti reprezentativni, a rezultati ekstrapolirani na ukupnu masu odgovarajuće frakcije.

Nakon izdvajanja laboratorijskih poduzoraka potrebno je osigurati njihovu jednoznačnu identifikaciju, označavanje i sljedivost kroz sve faze transporta, skladištenja, pripreme i laboratorijske analize. Laboratorijski poduzorci moraju ostati povezani s izvornim uzorkom, rutom sakupljanja, stratumom i sezonskim ciklusom iz kojeg potječu.

Nakon prosijavanja provodi se ručno sortiranje prema Katalogu sortiranja (Tablica 1, poglavlje 3.8). Svaka izdvojena frakcija važe se zasebno neposredno nakon sortiranja na kalibriranoj vagi, čime se osigurava točno određivanje masenih udjela i mogućnost kasnije provjere konzistentnosti podataka.

Za veće frakcije (frakcija > 40 mm i 10–40 mm) koristi se elektronička ili mehanička vaga s nosivošću do 60 kg i osjetljivosti najmanje 10 g. Za sitnu frakciju (< 10 mm) koristi se vaga s nosivošću do 3 kg i osjetljivosti najmanje 1 g.

Preciznost vaga mora omogućiti pouzdano određivanje masenih udjela frakcija te mora biti usklađena sa zahtjevima dopuštene relativne pogreške procjene za miješani komunalni otpad i prioritetne frakcije, uključujući plastičnu ambalažu.

Uzorkovanje se provodi iz vozila za prikupljanje otpada (kamiona) te gdje to dopuštaju terenski uvjeti koriste kolne vage (mostne vage). Podaci s kolne vage (ukupna masa toka i masa uzorkovanog dijela) obvezno se evidentiraju u standardizirani obrazac uzorka (4.2.1 Prilog 3: Excel dokument Standardizirani obrasci – utvrđivanje sastava miješanog komunalnog otpada / list Obrazac – terensko uzorkovanje i 4.2.2 Prilog 4: Excel dokument Standardizirani obrasci – utvrđivanje sastava miješanog komunalnog otpada / list Obrazac – sortiranje MKO). Ovim se omogućuje precizna procjena udjela uzorkovanog dijela (npr. 500 kg uzorka iz 12.000 kg kamiona) te znatno poboljšava pouzdanost

ekstrapolacije rezultata na ukupni tok otpada. Kolne vage moraju imati važeći certifikat o umjeravanju, a podaci s njih predstavljaju sastavni dio dokumentacije uzorka.

Pri vaganju pojedinačnih frakcija evidentiraju se, gdje je to primjenjivo i tehnički izvedivo, bruto, mokra, suha i neto masa svake frakcije u skladu s definicijama datim u poglavlju 3.8. U praksi hrvatskih sustava sakupljanja otpada, gdje se ambalaža pretežno prikuplja ispražnjena, bruto i mokra masa te neto i suha masa često se mogu koristiti kao približno ekvivalentne vrijednosti.

Iako se preporučuje bilježiti sve četiri vrijednosti radi veće usporedivosti rezultata i mogućnosti usklađenja s podacima o ambalaži stavljenoj na tržište, određivanje suhe i neto mase (sušenje uzoraka) nije obvezno ako znatno povećava troškove analize ili nije tehnički izvedivo na lokaciji sortiranja. Odluka o opsegu vaganja donosi se u Planu uzorkovanja za pojedino područje, uz obrazloženje odluke i utjecaja na osiguranje kvalitete.

Za potrebe provedbe analiza fizikalno-kemijskih karakteristika i parametara biorazgradivosti otpada, laboratorijski poduzorci mogu se dodatno pripremati, homogenizirati, usitnjavati, sušiti ili podvrgavati drugim postupcima pripreme uzorka sukladno zahtjevima pojedine metode ispitivanja i normama navedenima u poglavlju 3.8.3.

Ukupna masa svih izdvojenih frakcija mora odgovarati masi uzorka uz dopušteni gubitak od maksimalno ± 3 %. Ako se utvrdi veći gubitak, uzorak se označava kao nevaljan ili se provodi ponovno vaganje i analiza uzroka, što se obvezno dokumentira.

Sve vage (uključujući kolne vage) moraju imati važeći certifikat o umjeravanju izdan od ovlaštene pravne osobe. Kalibracija se provodi prije svake kampanje, a po potrebi i tijekom kampanje ako se utvrdi odstupanje.

3.15.10 Laboratorijske analize

Laboratorijske analize predstavljaju dopunu morfološkoj analizi sastava miješanog komunalnog otpada te omogućuju određivanje fizikalno-kemijskih karakteristika i parametara biorazgradivosti koji se ne mogu pouzdano utvrditi isključivo vizualnim pregledom i ručnim sortiranjem otpada.

Svrha laboratorijskih analiza je:

- određivanje fizikalno-kemijskih svojstava otpada relevantnih za planiranje sustava gospodarenja otpadom,
- određivanje parametara biorazgradivosti otpada,

- provjera i, prema potrebi, kalibracija izračuna biorazgradive komponente komunalnog otpada iz poglavlja 3.8.2,
- prema potrebi, detaljnija karakterizacija sitne frakcije (<10 mm), mješovitih frakcija i drugih teško prepoznatljivih sastavnica otpada,
- prikupljanje podataka o fizikalno-kemijskim svojstvima i parametrima biorazgradivosti komunalnog otpada radi unaprjeđenja pouzdanosti procjena i metodoloških pretpostavki,
- unaprjeđenje budućih procjena sastava otpada i razvoja sustava gospodarenja otpadom.

Budući da u Republici Hrvatskoj trenutno ne postoje dostatni reprezentativni i dugoročno usporedivi podaci o fizikalno-kemijskim karakteristikama i parametrima biorazgradivosti komunalnog otpada, laboratorijske analize predstavljaju važnu dopunu provedbi Metodologije u 2026. i 2027. godini te mogu poslužiti za provjeru primjenjivosti korištenih koeficijenata i metodoloških pretpostavki.

Iz tog razloga tijekom provedbe Metodologije tijekom 2026. i 2027. godine predviđeno je provođenje laboratorijskih analiza paralelno s morfološkom analizom sastava otpada i određivanjem biorazgradive komponente komunalnog otpada. Dobiveni rezultati koristit će se za stvaranje pouzdanijeg stručnog okvira za procjenu svojstava komunalnog otpada, provjeru i, prema potrebi, kalibraciju korištenih koeficijenata i metodoloških pretpostavki, procjenu varijabilnosti pojedinih parametara te utvrđivanje potrebe za budućom učestalošću i opsegom provođenja laboratorijskih analiza.

Nakon prikupljanja dovoljnog broja podataka moguće je provesti stručnu i statističku reviziju opsega, broja uzoraka i učestalosti laboratorijskih analiza, pri čemu se može utvrditi potreba za njihovim provođenjem, kao i prilagodbu dinamike provedbe pojedinih analiza.

Laboratorijski uzorci izdvajaju se iz reprezentativnog homogeniziranog uzorka miješanog komunalnog otpada prije ili tijekom postupka sortiranja, sukladno Planu uzorkovanja. Uzorci moraju biti reprezentativni u odnosu na osnovni uzorak, tok ili frakciju iz koje su izdvojeni te moraju imati osiguranu potpunu sljedivost tijekom svih faza transporta, skladištenja, pripreme i analize.

Vrsta, broj i masa laboratorijskih uzoraka određuju se Planom uzorkovanja uzimajući u obzir:

- ciljeve istraživanja,
- očekivanu heterogenost otpada,
- količine miješanog komunalnog otpada,
- potrebu za određivanjem pojedinih fizikalno-kemijskih parametara,
- potrebu za određivanjem parametara biorazgradivosti.

Laboratorijske analize provode se na reprezentativnim uzorcima ili poduzorcima miješanog komunalnog otpada, pojedinim frakcijama otpada izdvojenima tijekom morfološke analize ili sitnoj frakciji (<10 mm), ovisno o cilju ispitivanja.

Parametri koji se mogu određivati uključuju osobito:

- sadržaj vlage,
- sadržaj suhe tvari,
- sadržaj organske tvari,
- sadržaj pepela,
- ukupni organski ugljik (TOC),
- gornju i donju ogrjevnu vrijednost,
- sadržaj biomase,
- sadržaj sumpora, klora, fluora i broma,
- sadržaj teških metala i drugih elemenata,
- respiracijsku aktivnost (AT₄),
- potencijal proizvodnje bioplina (GS₂₁, GB₂₁),
- ostale parametre navedene u poglavlju 3.8.3.

Prilikom određivanja pojedinih parametara primjenjuju se odgovarajuće norme i metode navedene u poglavlju 3.8.3. Ako za određeni parametar postoji više priznatih normi ili metoda, može se koristiti bilo koja metoda koja omogućuje pouzdano određivanje predmetnog parametra, pod uvjetom da je primijenjena metoda jasno dokumentirana u izvješću.

Rezultati laboratorijskih analiza povezuju se s rezultatima morfološke analize sastava otpada te se koriste za provjeru i unaprjeđenje procjene biorazgradive komponente komunalnog otpada, interpretaciju rezultata sastava otpada te razvoj nacionalnih pokazatelja relevantnih za gospodarenje otpadom.

3.15.11 Sljedivost, evidentiranje i kontrola kvalitete

Svaki uzorak miješanog komunalnog otpada dobiva jedinstveni identifikacijski broj koji omogućuje potpunu sljedivost kroz sve faze postupka, od uzorkovanja iz vozila do konačnih rezultata analize. U okviru sljedivosti potrebno je zasebno evidentirati pravnu osobu odgovornu za provedbu morfološke analize, pravnu osobu koja je provela uzorkovanje otpada, primijenjenu metodu

uzorkovanja i pripadajuće područje akreditacije te, kada su provedena laboratorijska ispitivanja, laboratorij, primijenjene metode ispitivanja i njihov status u području akreditacije.

Podaci se unose u standardizirane obrasce (4.2.1 Prilog 3: Excel dokument Standardizirani obrasci – utvrđivanje sastava miješanog komunalnog otpada / list Obrazac – terensko uzorkovanje i 4.2.2 Prilog 4: Excel dokument Standardizirani obrasci – utvrđivanje sastava miješanog komunalnog otpada / list Obrazac – sortiranje MKO) koji uključuju: datum i vrijeme uzorkovanja, rutu sakupljanja, stratum, ukupnu masu uzorka, masu reprezentativnog uzorka (nakon četvrtanja) i fotografije.

U okviru obrade podataka, posebna se pozornost posvećuje evidentiranju rezultata morfološke analize i njihovom povezivanju s izračunom biorazgradive komponente komunalnog otpada. Za svaku frakciju potrebno je jasno dokumentirati primijenjeni koeficijent, njegov izvor i način izračuna, čime se osigurava transparentnost i ponovljivost rezultata.

Kod provedbe laboratorijskih analiza, dodatno se uspostavlja sustav sljedivosti poduzoraka kojim se osigurava jasna veza između osnovnog uzorka, izdvojenog poduzorka i laboratorijskog rezultata. Evidencija mora uključivati podatke o načinu poduzorkovanja, masi poduzorka, uvjetima čuvanja i transporta te primijenjenim analitičkim metodama. Za svaki laboratorijski rezultat mora biti moguće jednoznačno utvrditi iz kojeg je uzorka i poduzorka rezultat dobiven, kao i laboratorij koji je proveo ispitivanje.

Prije statističke obrade provodi se validacija podataka (potpunost, konzistentnost, provjera mase). Validacija obuhvaća provjeru potpunosti i konzistentnosti podataka, kontrolu mase uzorka u odnosu na zbroj masa pojedinih frakcija, provjeru ispravnosti izračuna biorazgradive komponente te provjeru usklađenosti laboratorijskih rezultata s pripadajućim uzorcima. Sva odstupanja se dokumentiraju i obrazlažu u izvješću.

3.15.12 Statistička obrada i ekstrapolacija

Statistička obrada provodi se prema postupcima opisanima u poglavlju 3.9 i 4.2 Prilogu 2: Statistička obrada i procjena pouzdanosti rezultata (izračun udjela, 95 %-ni intervali pouzdanosti, z-test razlike između udjela, ponderiranje po stratumima). Dobiveni rezultati na razini pojedinačnih uzoraka agregiraju se na razinu stratuma, a zatim se, primjenom odgovarajućih postupaka ponderiranja, ekstrapoliraju na razinu JLS, županije i nacionalne razine. Pri tome se uzimaju u obzir razlike između stratuma, uključujući tip područja, sezonske utjecaje i intenzitet turističke aktivnosti. Model obračuna odnosno naplate javne usluge koristi se kao deskriptivna/kontrolna varijabla pri interpretaciji rezultata i procjeni mogućih izvora sustavne pogreške. Model naplate ne uvodi se kao zaseban numerički ponder,

osim ako Plan uzorkovanja i dostupni podaci ne omogućuju jasno obrazloženu i dokumentiranu primjenu takvog pristupa.

Pri prikazu ponderiranih rezultata na razini JLS-a, županije i nacionalnoj razini prikazuje se i pripadajuća procjena pouzdanosti, u skladu s postupkom opisanim u Prilogu 2.

Pri tumačenju rezultata statističkih usporedbi između stratumata, sezonskih ciklusa, ili drugih analitičkih skupina potrebno je uzeti u obzir veličinu uzorka, varijabilnost podataka i širinu intervala pouzdanosti. Nedostatak statistički značajne razlike ne tumači se sam po sebi kao dokaz nepostojanja stvarne razlike u sastavu otpada, osobito kada je broj uzoraka ograničen ili je varijabilnost rezultata velika. Na temelju rezultata morfološke analize provodi se izračun biorazgradive komponente komunalnog otpada, pri čemu se primjenjuju koeficijenti definirani u poglavlju 3.8.2. Pouzdanost dobivenih vrijednosti ovisi o kvaliteti ulaznih podataka i primijenjenih koeficijenata, a u slučajevima gdje su dostupni laboratorijski rezultati, oni se mogu koristiti za dodatnu interpretaciju, provjeru ili kalibraciju izračuna.

Rezultati laboratorijskih analiza fizikalno-kemijskih karakteristika i parametara biorazgradivosti koriste se kao dodatni izvor podataka za provjeru konzistentnosti rezultata morfološke analize, provjeru korištenih koeficijenata biorazgradivosti te unapređenje budućih procjena sastava i svojstava komunalnog otpada. Posebna vrijednost ovih analiza proizlazi iz činjenice da u Republici Hrvatskoj trenutno ne postoje dostatni reprezentativni i dugoročno usporedivi podaci o fizikalno-kemijskim svojstvima i parametrima biorazgradivosti miješanog komunalnog otpada, zbog čega njihovi rezultati mogu biti korisni za provjeru primjenjivosti korištenih metodoloških pretpostavki.

Ukoliko se dodatne laboratorijske analize ciljano provode tijekom više ciklusa odnosno godina, može se postupno uspostaviti pouzdaniji stručni okvir za provjeru, kalibraciju i, prema potrebi, reviziju korištenih koeficijenata i metodoloških pretpostavki. Nakon prikupljanja dovoljnog broja prostorno i sezonski reprezentativnih rezultata moći će se preispitati potreban opseg i učestalost pojedinih analiza te optimirati budući programi praćenja sastava i svojstava komunalnog otpada, uz zadržavanje potrebne razine pouzdanosti i usporedivosti podataka.

Konačni rezultati, zajedno s podacima iz Informacijskog sustava gospodarenja otpadom, koriste se za procjenu sastava ukupnih količina komunalnog otpada na razini Republike Hrvatske. Procjena se izrađuje povezivanjem rezultata sastava miješanog komunalnog otpada sa službenim podacima o količinama miješanog komunalnog otpada i odvojeno sakupljenih vrsta komunalnog otpada. Način

izračuna, izvori podataka, referentna razdoblja, korištene pretpostavke i eventualni koeficijenti moraju biti jasno dokumentirani.

3.15.13 Dokumentacija i izvješćivanje

Za svako analizirano područje izrađuje se zasebno izvješće u skladu s poglavljem 3.15, koje mora obuhvatiti sve ključne elemente provedbe analize i dobivenih rezultata. Izvješće uključuje opis metodologije, prikaz provedbe uzorkovanja i sortiranja, rezultate morfološke analize, izračun biorazgradive komponente te rezultate provedenih laboratorijskih analiza i njihovu interpretaciju.

Posebna se pozornost posvećuje transparentnosti prikaza rezultata, uključujući jasno navođenje svih pretpostavki, koeficijenata i postupaka korištenih u obradi podataka. Izvješće mora omogućiti razumijevanje dobivenih rezultata u kontekstu promatranog područja, kao i njihovu usporedbu na županijskoj i nacionalnoj razini.

Dokumentacija mora sadržavati prikaz planiranog i stvarno provedenog broja uzoraka po županiji, relevantnom stratumu, eventualnom podstratumu i sezonskom ciklusu, uz prikaz primijenjenih pondera i statističkih parametara kvalitete rezultata.

Sastavni dio dokumentacije čine i svi prateći materijali, uključujući standardizirane obrasce za uzorkovanje i sortiranje (Prilog 3 i Prilog 4), statističku obradu (Prilog 2), fotodokumentaciju te laboratorijske izvještaje. Cjelokupna dokumentacija mora biti strukturirana na način koji omogućuje naknadnu provjeru, reviziju i korištenje podataka u budućim analizama.

Prikupljeni podaci predstavljaju temelj za postupno unaprjeđenje spoznaja o sastavu, biorazgradivoj komponenti te fizikalno-kemijskim karakteristikama i parametrima biorazgradivosti komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj te za provjeru i, prema potrebi, kalibraciju korištenih koeficijenata i metodoloških pretpostavki.

Rezultati dobiveni provedbom metodologije tijekom 2026./2027. godine koristit će se za procjenu potrebe za eventualnim izmjenama koeficijenata, statističkih pretpostavki, opsega laboratorijskih analiza i učestalosti budućih istraživanja. Time se osigurava kontinuirano unaprjeđenje metodologije na temelju stvarnih podataka prikupljenih u hrvatskim uvjetima.

Ovakav pristup osigurava da se analiza sastava miješanog komunalnog otpada tijekom 2026. i 2027. godine provoditi na sustavan, transparentan i metodološki ujednačen način, uz mogućnost daljnjeg unaprjeđenja kroz integraciju dodatnih podataka i iskustava iz provedbe.

3.15.14 Primjer primjene metodologije određivanja sastava miješanog komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj u 2026./2027. godini

Primjer primjene metodologije prikazuje način na koji se metodološke postavke koriste pri izradi Plana uzorkovanja. Primjer je ilustrativan i ne predstavlja unaprijed određenu raspodjelu uzoraka za bilo koju županiju.

Broj uzoraka u primjeru prikazuje početni provedbeni okvir i ne predstavlja dokaz statističke dostatnosti broja uzoraka što se provjerava se na temelju stvarno utvrđene varijabilnosti rezultata nakon provedbe sezonskog ciklusa.

Za svaku županiju najprije se prikupljaju podaci potrebni za određivanje područja na kojima će provoditi analiza sastava MKO. Prikupljaju se najmanje slijedeći podaci:

- količine miješanog komunalnog otpada, na razini JLS;
- DEGURBA kategorija JLS-a;
- raspoložive rute sakupljanja;
- davatelj javne usluge, učestalost odvoza, tip i broj korisnika, struktura stanovanja, model naplate javne usluge;
- dostupnost i tip sustava odvojenog prikupljanja;
- turistički utjecaj na području;
- tehnički uvjeti za istovar, izdvajanje uzorka, vaganje i sortiranje i dr.

Podaci se prikupljaju iz Informacijskog sustava gospodarenja otpadom, putem standardiziranog upitnika te izravnom suradnjom s JLS-ovima i davateljima javne usluge. Podaci iz upitnika koriste se za provjeru operativne izvedivosti uzorkovanja i za formiranje okvira prihvatljivih ruta.

Za svaku DEGURBA kategoriju u županiji izračunava se količina MKO-a koju ta kategorija predstavlja, čime se utvrđuje njezin relativni udio u ukupnoj županijskoj količini.

U nastavku je prikazan pojednostavljeni ilustrativni primjer određivanja početnog broja i raspodjele uzoraka za jednu županiju. Primjer ne predstavlja obvezujući broj uzoraka, već prikazuje način na koji se ulazni podaci koriste za formiranje relevantnih analitičkih stratuma i početnu raspodjelu uzoraka. Konačan broj uzoraka u Planu uzorkovanja mora se obrazložiti na temelju količina MKO-a, relevantnih stratuma, očekivane heterogenosti, raspoloživih ruta, mogućnosti ponderirane agregacije i traženih statističkih kriterija.

Ilustrativni prikaz početne raspodjele uzoraka po relevantnim analitičkim stratumima u jednom sezonskom ciklusu: :

DEGURBA kategorija	Godišnja količina MKO-a	Udio u županijskoj količini MKO-a	Početna zastupljenost u jednom sezonskom ciklusu	Napomena
D1-N	20.000 t	50 %	2 uzorka	Količinski značajan stratum
D2-N	10.000 t	25%	1 uzorak	Početni minimum, provjera nakon ciklusa
D2-T	6.000 t	15 %	1 uzorak	Turistički podstratum, obuhvatiti vršnu sezonu
D3-N	4.000 t	10 %	1 uzorak	Manji udio, potrebno obrazloženje
Ukupno	40.000 t	100 %	5 uzoraka	Početni provedbeni okvir

Prikazani broj uzoraka je ilustrativan i predstavlja početni provedbeni okvir te se ne smatra se dokazom statističke dostatnosti. Navedena raspodjela predstavlja početnu proporcionalnu raspodjelu uzoraka prema količinama MKO-a. Konačna raspodjela može se prilagoditi kako bi se osigurala zastupljenost turističkog podstratuma, otočnih područja ili drugih metodološki važnih okolnosti.

Određivanje turističkog utjecaja i mogućeg podstratuma

Za svaku JLS dodatno se procjenjuje turistički utjecaj temeljem podataka iz sustava eVisitor, DZS-a, turističkih zajednica u skladu sa poglavljem.3.16.4.

Ako se unutar određene DEGURBA kategorije nalazi JLS s izraženim turističkim utjecajem koji se može povezati s konkretnim rutama ili zonama, može se formirati turistički podstratum. Turistički podstratum formira se samo ako su ispunjeni kumulativni uvjeti definirani u poglavlju 3.16.4.

Nakon određivanja početnog broja i raspodjele uzoraka izrađuje se okvir prihvatljivih ruta. Svaka ruta se povezuje s pripadajućom županijom, JLS-om, DEGURBA kategorijom, turističkim podstratumom (ako je formiran), davateljem usluge, procijenjenom količinom MKO-a, učestalošću odvoza i tehničkim mogućnostima provedbe.

Iz okvira uzorkovanja isključuju se rute za koje nije moguće utvrditi područje nastanka otpada, rute izvan redovnog sustava, rute s izvanrednim tokovima otpada ili rute koje se ne mogu pouzdano povezati sa stratumom/podstratumom. Razlozi isključenja moraju biti dokumentirani. Razlozi za isključenje ruta dokumentiraju se u Planu uzorkovanja.

Nakon formiranja okvira provodi se slučajni odabir ruta unutar definiranih stratumskih okvira. Prije početka uzorkovanja Izvođač u suradnji s JLS-om i davateljem usluge potvrđuje sve operativne detalje (datum, vrijeme, vozilo, lokacija istovara, mogućnost korištenja kolne vage, zamjenske rute, kontakt osobe itd.).

Za odabrane uzorke, u skladu s Planom uzorkovanja, predviđeno je izdvajanje poduzoraka za određivanje fizikalno-kemijskih karakteristika i parametara biorazgradivosti. Rezultati laboratorijskih analiza koristiti će se za dodatnu interpretaciju sastava otpada, procjenu biorazgradive komponente te provjeru i postupnu kalibraciju korištenih koeficijenata.

Agregiranje rezultata

Rezultati pojedinačnih uzoraka koriste se za izračun masenih udjela frakcija, a zatim se agregiraju na razinu DEGURBA kategorije, turističkog podstratuma (ako postoji), županijske i nacionalne razine. Županijski rezultat izračunava se ponderiranjem prema količinama MKO-a po DEGURBA kategorijama i turističkim podstratumima.

Ako neke DEGURBA kategorije ili podstratumi nisu izravno uzorkovani, Plan uzorkovanja mora jasno opisati način njihove procjene (korištenje usporedivih područja, ponderi i ograničenja).

Nacionalni rezultat dobiva se agregacijom županijskih rezultata uz ponderiranje prema ukupnim količinama MKO-a po županijama.

Uz rezultate morfološke analize izračunava se i biorazgradiva komponenta komunalnog otpada primjenom koeficijenata definiranih u poglavlju 3.8.2. Za sve ključne pokazatelje procjenjuju se intervali pouzdanosti i relativna pogreška procjene u skladu s metodološkim zahtjevima.

Rezultati dobiveni tijekom 2026./2027. godine, zajedno s rezultatima laboratorijskih analiza, predstavljaju važan temelj za stvaranje pouzdanijeg stručnog okvira za procjenu sastava, biorazgradive komponente te fizikalno-kemijskih karakteristika komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj. Prikupljeni podaci koristit će se za provjeru reprezentativnosti metodologije, kalibraciju koeficijenata i metodoloških pretpostavki te eventualnu optimizaciju opsega i učestalosti budućih istraživanja.

3.16 Opravdanost odabira predložene metodologije

Predložena metodologija određivanja sastava miješanog komunalnog otpada predstavlja cjelovit, metodološki utemeljen i operativno provediv pristup razvijen na temelju relevantnih europskih smjernica, normi i dobre prakse država članica Europske unije, uz istodobno uvažavanje specifičnosti hrvatskog sustava gospodarenja otpadom. Metodologija povezuje terensku morfološku analizu sastava otpada, statističku obradu i ponderiranje rezultata, izračun biorazgradive komponente te, u opsegu definiranom Planom uzorkovanja, određivanje fizikalno-kemijskih karakteristika i parametara biorazgradivosti. Na taj se način, uz podatke o sastavu otpada, dobivaju i podaci o njegovim svojstvima relevantnim za procjenu mogućnosti materijalne i energetske uporabe, odabir i optimizaciju tehnologija obrade otpada, procjenu okolišnih utjecaja te dugoročno planiranje razvoja sustava gospodarenja otpadom.

Odabir metodologije temelji se na potrebi da se osiguraju podaci koji su dovoljno pouzdani za iskaz rezultata na županijskoj i nacionalnoj razini, ali istodobno prikupljeni na način koji je operativno izvediv u postojećem sustavu sakupljanja miješanog komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj. Predložena metodologija uspostavlja ravnotežu između statističke pouzdanosti, terenske provedivosti, troškova provedbe i uporabne vrijednosti dobivenih rezultata. Opravdanost odabranog pristupa ogleda se i u tome što se broj uzoraka ne određuje proizvoljno, nego kroz kombinaciju statističkih kriterija, minimalnih metodoloških zahtjeva i obrazložene alokacije u Planu uzorkovanja. Time se osigurava razmjeran odnos između potrebne pouzdanosti rezultata, mogućnosti županijske i nacionalne agregacije, operativne provedivosti i opsega terenskog rada.

Poseban naglasak stavljen je na uspostavu nacionalno usporedivog pristupa prikupljanju i obradi podataka o sastavu i svojstvima komunalnog otpada, budući da takvi podaci u Republici Hrvatskoj trenutno nisu dostupni u dovoljnom opsegu i kontinuitetu. Stoga metodologija, uz određivanje sastava otpada, predviđa i sustavno određivanje biorazgradive komponente, dok se podaci o fizikalno-kemijskim karakteristikama i parametrima biorazgradivosti prikupljaju ciljano, kada su dodatne laboratorijske analize predviđene Projektnim zadatkom, Planom uzorkovanja, posebnim programom ispitivanja ili odgovarajućim zahtjevom Naručitelja. Dobiveni podaci mogu poslužiti za provjeru i, prema potrebi, kalibraciju korištenih koeficijenata i metodoloških pretpostavki, unaprjeđenje sustava izvješćivanja te donošenje strateških odluka u području gospodarenja otpadom. Posebna vrijednost metodologije ogleda se u činjenici da istovremeno omogućuje dobivanje podataka potrebnih za ispunjavanje obveza izvješćivanja prema nacionalnim i europskim propisima te stvaranje pouzdanijeg stručnog okvira za procjenu sastava i svojstava komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj.

3.16.1 Analiza primjenjivosti i prikladnosti razmatranih opcija

Radi obrazloženja primjenjivosti i prikladnosti odabrane metodologije, u nastavku je prikazana usporedba razmatranih metodoloških pristupa u odnosu na prednosti, ograničenja, trošak i kvalitetu dobivenih podataka.

Razmatrana opcija	Primjenjivost, prednosti i ograničenja	Odnos troška i kvalitete	Zaključak
Uzorkovanje iz pojedinačnih spremnika	Visoka sljedivost do izvora otpada uz mogućnost detaljne analize po tipu korisnika ili mikrolokaciji. Zahtijeva velik broj lokacija, intenzivnu koordinaciju s JLS i davateljima javne usluge te dulje trajanje terenskog rada. Pojedinačni spremnici mogu biti pod snažnim utjecajem ponašanja malog broja korisnika, često je teže osigurati dovoljnu masu uzorka.	Visok trošak za detaljne lokalne podatke, ali ograničena učinkovitost za nacionalnu razinu.	Nije odabrano kao osnovni pristup za provedbu u 2026./2027., ali može biti primjenjivo za specifične lokalne analize.
Uzorkovanje iz kamiona nakon završetka definirane rute	Obuhvaća otpad od većeg broja korisnika. Dobra homogenizacija, reprezentativnost, operativna izvedivost, dovoljna masa uzorka. Ograničenje je potreba za jasnom sljedivošću rute i pouzdanim povezivanjem otpada s JLS, županijom, DEGURBA kategorijom i, gdje je primjenjivo, turističkim podstratumom.	Dobar odnos troška i kvalitete.	Odabrano kao osnovni pristup za provedbu u 2026./2027.
Uzorkovanje na pretovarnoj stanici, centru za gospodarenje otpadom ili odlagalištu	Operativno jednostavnije, omogućuje pristup većim količinama otpada. Slabija sljedivost porijekla otpada uz rizik miješanja više područja i tokova otpada. Otežana interpretacija prema JLS, županiji, DEGURBA kategoriji i turističkom utjecaju.	Niži terenski trošak, ali značajno niža analitička vrijednost za potrebe stratifikacije, ponderiranja i agregacije rezultata.	Nije odabrano kao osnovni pristup jer ne osigurava dovoljnu sljedivost za županijsku i nacionalnu procjenu.

Odabrani pristup predstavlja najprikladniji kompromis između kvalitete i troškova za potrebe županijske i nacionalne procjene. U odnosu na uzorkovanje iz pojedinačnih spremnika smanjuje broj lokacija, trajanje terenskog rada i trošak provedbe, a u odnosu na uzorkovanje na centrima za gospodarenje otpadom ili odlagalištima osigurava bolju sljedivost porijekla otpada i mogućnost pouzdanog povezivanja rezultata sa JLS, županijom, DEGURBA kategorijom i turističkim podstratumom.

Osim odabira načina uzorkovanja, tijekom izrade metodologije analizirana je i opravdanost uključivanja laboratorijskih analiza fizikalno-kemijskih karakteristika i parametara biorazgradivosti komunalnog otpada. Iako je morfološka analiza sastava otpada temelj za određivanje sastava komunalnog otpada i izračun udjela biorazgradive komponente, sama po sebi ne omogućuje procjenu energetskih svojstava otpada, sadržaja biomase, potencijala za proizvodnju bioplina, stupnja biološke stabilnosti niti

prisutnosti pojedinih onečišćujućih tvari. Stoga su razmotrene različite opcije uključivanja laboratorijskih analiza u sustav praćenja sastava komunalnog otpada.

Razmatrana opcija	Primjenjivost, prednosti i ograničenja	Odnos troška i kvalitete	Zaključak
Morfološka analiza bez laboratorijskih analiza	Omogućuje određivanje sastava otpada prema materijalnim frakcijama uz relativno jednostavnu provedbu i niže troškove. Ne omogućuje određivanje energetske svojstava otpada, sadržaja biomase, parametara biorazgradivosti niti procjenu prikladnosti pojedinih tehnologija obrade.	Najniži trošak provedbe, ali ograničena vrijednost rezultata za strateško planiranje sustava gospodarenja otpadom.	Prikladno za osnovno određivanje sastava otpada.
Laboratorijske analize svih uzoraka	Omogućuje vrlo detaljnu karakterizaciju otpada i najveću količinu podataka. Značajno povećava troškove provedbe, zahtjeve za uzorkovanjem, logistiku i vrijeme obrade podataka.	Najveća količina podataka, ali nepovoljan odnos dodatne vrijednosti i troškova za nacionalna istraživanja velikog opsega.	Nije odabrano kao osnovni pristup.
Laboratorijske analize reprezentativnog podskupa uzoraka	Omogućuje dobivanje podataka o fizikalno-kemijskim svojstvima i parametrima biorazgradivosti uz prihvatljive troškove provedbe. Rezultati se mogu koristiti za validaciju rezultata morfološke analize, unaprjeđenje pouzdanosti procjena sastava i svojstava otpada te provjeru i, prema potrebi, kalibraciju korištenih koeficijenata i metodoloških pretpostavki te planiranje sustava obrade otpada.	Najpovoljniji odnos troška i kvalitete podataka.	Odabrano kao dodatni pristup u okviru metodologije, kada su dodatne laboratorijske analize predviđene projektnim zadatkom, Planom uzorkovanja, posebnim programom ispitivanja ili odgovarajućim zahtjevom Naručitelja

Provedena analiza pokazala je da laboratorijske analize mogu predstavljati vrijednu nadogradnju morfološke analize sastava otpada, osobito u državama poput Republike Hrvatske u kojima trenutno ne postoje dostatni reprezentativni i dugoročno usporedivi podaci o fizikalno-kemijskim svojstvima i parametrima biorazgradivosti komunalnog otpada. Laboratorijske analize stoga je opravdano provoditi ciljano, na obrazloženo odabranim uzorcima i za parametre neposredno povezane sa svrhom ispitivanja. Njihov se opseg određuje prije provedbe, uzimajući u obzir potrebnu reprezentativnost, način korištenja rezultata, zahtjeve analitičkih metoda, raspoložive resurse i očekivanu dodatnu vrijednost podataka. Takvi rezultati mogu poslužiti za procjenu varijabilnosti pojedinih svojstava otpada, provjeru i, prema potrebi, kalibraciju koeficijenata te planiranje budućih programa ispitivanja.

Nakon što se prikupi dovoljan broj reprezentativnih podataka i stekne bolji uvid u varijabilnost pojedinih pokazatelja, preporučuje se provesti stručnu reviziju učestalosti i opsega pojedinih analiza.

Na temelju rezultata takve revizije moguće je prilagoditi dinamiku provedbe laboratorijskih analiza fizikalno-kemijskih karakteristika i parametara biorazgradivosti, uz uvjet da se i dalje osigura potrebna razina pouzdanosti, reprezentativnosti i usporedivosti podataka na nacionalnoj razini.

3.16.2 Opravdanost ključnih metodoloških elemenata

Odabrani postupak uzorkovanja iz vozila za sakupljanje otpada nakon završetka rute omogućuje homogenizaciju otpada od većeg broja korisnika i smanjuje utjecaj pojedinačnih korisnika ili spremnika na sastav uzorka. Time se omogućuje formiranje uzorka dovoljne mase za morfološku analizu, uz uvjet da je ruta jasno definirana i da se može povezati s odgovarajućom jedinicom lokalne samouprave, županijom, DEGURBA kategorijom i, gdje je primjenjivo, turističkim podstratumom.

Primjena stratificiranog slučajnog uzorkovanja osigurava statističku utemeljenost postupka i omogućuje obuhvat ključnih izvora varijabilnosti u sastavu miješanog komunalnog otpada. Za provedbu u 2026./2027. godini osnovni stratifikacijski kriterij je tip područja prema DEGURBA klasifikaciji, čime se izbjegava opisna i potencijalno neujednačena podjela područja koja bi mogla otežati statističku obradu i usporedbu rezultata.

Turistički utjecaj i otočnost koriste se kao kriteriji za formiranje podstratuma, čime su uzeti u obzir ključni specifični čimbenici koji u Hrvatskoj značajno utječu na količine i sastav otpada. Ovakav pristup stratifikaciji omogućuje da se rezultati pouzdano agregiraju na razinu županije i države, uz jasno dokumentirane pretpostavke o zastupljenosti pojedinih stratumata odnosno podstratumata.

Metodologija predviđa provedbu analize u najmanje dva sezonski različita ciklusa: proljetno-ljetnom i jesensko-zimskom. Time se obuhvaćaju sezonske razlike u nastanku i sastavu otpada, uključujući razdoblja povećane turističke aktivnosti.

Ovakav pristup povećava troškove u odnosu na jednokratno uzorkovanje, ali je metodološki opravdan jer jednokratna analiza ne bi mogla pouzdano prikazati godišnji sastav miješanog komunalnog otpada, osobito u područjima s izraženim sezonskim opterećenjem. Uključivanje sezonske dimenzije u stratifikaciju osigurava da se prostorne razlike između područja mogu odvojiti od vremenskih varijacija unutar istih područja.

Prosijavanje uzorka pomoću sita od 40 mm i 10 mm, uz mogućnost primjene dodatnog sita primjerice od 80 mm, omogućuje razdvajanje uzorka na granulacijske frakcije koje se zatim zasebno sortiraju ili evidentiraju. Ovaj postupak smanjuje rizik podcjenjivanja udjela plastične ambalaže, kompozitne

ambalaže i drugih sitnih sastavnica, čija je zastupljenost ključna za procjenu potencijala recikliranja i izvješćivanje o ambalaži.

Statistički zahtjevi definirani ovom metodologijom postavljeni su na razini koja osigurava pouzdanost i usporedivost rezultata. Primjena razine pouzdanosti od najmanje 95%, uz ograničenje relativne pogreške procjene za frakcije Razine 1 Kataloga sortiranja na najviše 10% na županijskoj razini i 5% na nacionalnoj razini, omogućuje da rezultati budu prikladni za planiranje sustava gospodarenja otpadom i ispunjavanje obveza izvješćivanja.

Za plastičnu ambalažu, kao prioritetnu frakciju, ciljna relativna pogreška procjene iznosi $\leq 5\%$, gdje je to moguće postići s obzirom na broj uzoraka, varijabilnost frakcije i dostupne podatke.

Definirani statistički zahtjevi i način raspodjele uzoraka rezultat su analize odnosa između opsega uzorkovanja, kvalitete rezultata i zahtjeva provedbe. Smanjenje broja uzoraka ili sezonskih ciklusa smanjilo bi opseg terenskog rada i troškove provedbe, ali bi povećalo nesigurnost procjene te smanjilo mogućnost pouzdanog razlikovanja prostornih i sezonskih razlika u sastavu otpada. S druge strane, dodatno povećanje broja uzoraka, razine stratifikacije ili broja sezonskih ciklusa moglo bi doprinijeti određenom povećanju preciznosti rezultata, ali uz istodobno povećanje opsega uzorkovanja i obrade podataka.

Kombinacija stratificiranog uzorkovanja, obuhvata ključnih prostornih i sezonskih izvora varijabilnosti te ciljanih razina pouzdanosti omogućuje dobivanje rezultata prikladnih za potrebe nacionalnog i županijskog izvješćivanja, planiranja sustava gospodarenja otpadom i praćenja napretka prema nacionalnim i europskim ciljevima, bez nerazmjernog povećanja opsega provedbe. U tom smislu odabrana metodologija predstavlja najpovoljniji odnos između kvalitete dobivenih podataka i zahtjeva potrebnih za njihovo prikupljanje i obradu.

Posebna vrijednost metodologije proizlazi iz činjenice da omogućuje izravnu povezanost između rezultata morfološke analize i izračuna biorazgradive komponente komunalnog otpada. Time se osigurava da rezultati analize nisu samo opisni, već se mogu koristiti za potrebe praćenja ciljeva gospodarenja otpadom, planiranja mjera i izvješćivanja u skladu s nacionalnim i europskim propisima.

Metodologija također omogućuje provedbu analiza fizikalno-kemijskih karakteristika i parametara biorazgradivosti kada postoji obrazložena potreba i kada je njihov opseg predviđen projektnim zadatkom, Planom uzorkovanja, posebnim programom ispitivanja ili odgovarajućim zahtjevom Naručitelja. Takve analize predstavljaju važnu nadogradnju morfološke analize sastava otpada jer omogućuju određivanje svojstava relevantnih za procjenu mogućnosti materijalne i energetske oporabe,

planiranje tehnologija obrade otpada te procjenu okolišnih utjecaja. Posebna vrijednost laboratorijskih analiza proizlazi iz njihove uloge u određivanju i provjeri udjela biorazgradive komponente komunalnog otpada te razvoju nacionalnih faktora i pokazatelja koji se mogu koristiti u budućim sustavima izvješćivanja i planiranja.

Budući da u Republici Hrvatskoj trenutno ne postoje dostatni reprezentativni i dugoročno usporedivi podaci o sastavu miješanog komunalnog otpada, udjelu biorazgradive komponente te fizikalno-kemijskim i biološkim svojstvima otpada, opravdano je sustavno provoditi morfološke analize i određivanje biorazgradive komponente, dok se dodatna laboratorijska ispitivanja provode ciljano, na obrazloženo odabranim uzorcima i za parametre neposredno povezane sa svrhom ispitivanja. Takav pristup omogućuje postupno prikupljanje usporedivih podataka i provjeru metodoloških pretpostavki, procjenu prostorne i vremenske varijabilnosti rezultata te provjeru reprezentativnosti korištenih koeficijenata i metodoloških pretpostavki.

Nakon prikupljanja dovoljnog broja prostorno i sezonski reprezentativnih podataka preporučuje se provesti stručnu reviziju učestalosti i opsega pojedinih ispitivanja, primijenjenih koeficijenata, metodoloških pretpostavki te potrebe, učestalosti i opsega laboratorijskih ispitivanja. Na temelju rezultata takve revizije dinamika provedbe pojedinih analiza može se prilagoditi uz uvjet da se i dalje osigura potrebna razina pouzdanosti, reprezentativnosti i usporedivosti podataka na nacionalnoj razini.

Predloženi pristup ostavlja potrebnu operativnu fleksibilnost. Detalji provedbe, uključujući odabir lokacija, broj uzoraka po stratumima, raspored kampanja i opseg analiza, definiraju se u Planu uzorkovanja za svako pojedino područje. Time se omogućuje prilagodba različitim lokalnim uvjetima, uz zadržavanje jedinstvenog metodološkog okvira i usporedivosti rezultata na nacionalnoj razini.

Sve navedeno pokazuje da je predložena Metodologija predstavlja uravnotežen i stručno utemeljen pristup provedbi analiza sastava MKO u Republici Hrvatskoj u 2026./2027., koje istodobno zadovoljava zahtjeve metodološke utemeljenosti, statističke pouzdanosti, operativne provedivosti i praktične primjenjivosti u sustavu gospodarenja otpadom Republike Hrvatske.

4 Prilozi

4.1 Prilog 1: Iskustva u određivanju sastava miješanog komunalnog otpada odabranih europskih zemalja

Austrija

U austrijskoj praksi određivanje sastava miješanog komunalnog otpada temelji se na jasno strukturiranom pristupu koji obuhvaća preliminaru analizu, planiranje uzorkovanja, provedbu terenskih aktivnosti te kontrolu kvalitete rezultata.

U pripremnoj fazi definira se obuhvat analize na temelju godišnjih količina sakupljenog miješanog komunalnog otpada iz kućanstava i sličnih izvora, uz razradu na razini općina i, prema potrebi, manjih prostornih cjelina. Istodobno se utvrđuju ciljevi analize, uključujući ključne frakcije otpada, očekivane razlike u sastavu te potrebna razina preciznosti, u pravilu uz primjenu 95 % intervala pouzdanosti.

Prostorna reprezentativnost osigurava se primjenom socioekonomske stratifikacije, najčešće na urbana, prijelazna i ruralna područja, uz mogućnost dodatne podjele (npr. turistička područja ili kategorije spremnika). Broj stratumata ograničava se na najviše pet, pri čemu najmanji stratum treba obuhvaćati više od 15 % ukupne mase otpada. Pri definiranju stratifikacije uzimaju se u obzir i specifični lokalni čimbenici, osobito dnevne migracije stanovništva te turistička aktivnost, koji mogu značajno utjecati na količine i sastav otpada.

Vremenska dimenzija uzorkovanja planira se kroz dva do četiri sezonska ciklusa, uz izbjegavanje atipičnih razdoblja poput blagdana ili velikih događanja. Preporučeno je provođenje uzorkovanja i analiza krajem zime i krajem ljeta. U slučaju kada prethodna ispitivanja pokažu izostanak značajnih sezonskih razlika, moguće je provesti manji broj ciklusa, ali bez smanjenja ukupne mase uzoraka.

Uzorkovanje se u pravilu provodi iz vanjskih spremnika (kante ili kontejneri), čime se osigurava dobra sljedivost podrijetla otpada uz prihvatljivu operativnu izvedivost. Uzorci se uzimaju na dan odvoza ili neposredno prije njega, pri čemu se nedovoljno popunjeni spremnici (ispod 20 % volumena) isključuju i zamjenjuju unaprijed definiranim zamjenskim jedinicama.

Jedinica uzorka definira se volumenom spremnika, pri čemu se kao referentni uzorak najčešće koristi spremnik volumena 240 l. Manji spremnici i vreće mogu se agregirati do ciljanog volumena, dok se iz

većih spremnika (>240 l) uzima poduzorak metodom četvrtanja ili osminjanja, bez prethodne homogenizacije. Krupni pojedinačni predmeti izdvajaju se, važu i proporcionalno uključuju u rezultat.

Broj i raspodjela uzoraka određuju se u skladu s ciljevima istraživanja i heterogenošću otpada, a lokacije uzorkovanja odabiru se stratificiranim slučajnim postupkom proporcionalno udjelu pojedinog stratuma. Unutar područja, odabir spremnika dodatno se prilagođava njihovom volumenu i učestalosti pražnjenja, uz unaprijed definirane zamjenske lokacije.

Sortiranje uzoraka provodi se prema standardiziranom katalogu frakcija, bez prosijavanja i bez prethodne homogenizacije. Poseban naglasak stavlja se na kontrolu kvalitete, uključujući ograničenje udjela neidentificiranog ostatka sortiranja (u pravilu do 10 % mase uzorka) te obveznu provjeru bilance mase. Dopušteno odstupanje između ukupne mase uzorka i zbroja izdvojenih frakcija iznosi ± 3 %, dok se uzorci s većim odstupanjem odbacuju. Takav pristup, koji kombinira stratificirano uzorkovanje, kontrolu volumena uzorka i stroge kriterije kvalitete, omogućuje dobivanje reprezentativnih i statistički pouzdanih rezultata.

Češka

Metodologija određivanja sastava miješanog komunalnog otpada u Češkoj temelji se na preporukama projekta *Europske komisije (SWA-Tool, 2004)*, uz dodatna unapređenja kroz nacionalne projekte i usklađenost s važećim zakonodavstvom i normama (npr. *ČSN EN 14899* i *ČSN ISO 3534-1*). Pristup se temelji na stratificiranom slučajnom uzorkovanju, standardiziranim postupcima uzorkovanja i jasno definiranim statističkim zahtjevima.

Plan uzorkovanja predviđa provedbu najmanje četiri ciklusa tijekom godine, preporučeno u veljači, svibnju, kolovozu i studenom, kako bi se obuhvatile sezonske varijacije. U slučaju odstupanja od preporučenog rasporeda ili broja ciklusa, potrebno je dati obrazloženje u Planu uzorkovanja. Trajanje ciklusa prilagođava se učestalosti pražnjenja spremnika⁷, pri čemu uzorkovanje mora obuhvatiti cijeli operativni ciklus sakupljanja otpada.

Stratifikacija se provodi prema relevantnim obilježjima populacije, uz preporuku ograničenja na najviše pet stratuma. Stratumi s udjelom manjim od približno 15 % ukupne količine otpada ili populacije u

⁷ Primjerice kod dvostrukog tjednog odvoza uzimaju se najmanje dva uzorka u kampanji, ako se spremnik prazni jednom u dva tjedna, unutar jedne kampanje mora se uzeti jedan uzorak za cijelo razdoblje pražnjenja (2 tjedna) utvrđenog spremnika.

pravilu se ne definiraju zbog smanjene statističke pouzdanosti. Svi elementi Plana uzorkovanja definiraju se i na razini pojedinih stratumata.

Jedinica uzorka određuje se u skladu sa sustavom sakupljanja otpada, pri čemu reprezentativni uzorak najčešće odgovara volumenu spremnika od približno 1 m³ (npr. 1.100 l). U sustavima s manjim spremnicima, uzorci se formiraju agregiranjem više djelomičnih uzoraka ili se definiraju kao reprezentativni uzorci za pojedini podskup korisnika.

Preporučeni opseg istraživanja iznosi oko 40 reprezentativnih uzoraka (približno 10 po kampanji), uz obvezu najmanje 6 uzoraka najmanjeg stratumata po kampanji u slučaju stratificiranog pristupa. Uzorci se uzimaju neposredno prije pražnjenja spremnika, uz uvjet barem djelomično napunjenog spremnika. Prazni ili nedovoljno napunjeni spremnici isključuju se i zamjenjuju, a razina napunjenosti i masa uzorka obvezno se evidentiraju⁸.

Uzorkovanje se preporučuje provoditi bez prethodnog informiranja korisnika kako bi se izbjegao utjecaj na sastav otpada.

Točnost rezultata osigurava se neposrednim vaganjem uzoraka i svih izdvojenih frakcija te provjerom bilance mase, pri čemu dopušteno odstupanje ne smije prelaziti ± 3 %.

Priprema i analiza uzoraka provode se prema standardiziranim pravilima: manji spremnici mogu se agregirati do ciljanog volumena, uzorci iz većih spremnika uzimaju se bez homogenizacije, a svaki uzorak sortira se zasebno prema definiranom katalogu frakcija, bez prosijavanja, kako bi se očuvala reprezentativnost i osigurala pouzdanost rezultata.

Finska

U finskoj praksi analiza sastava miješanog komunalnog otpada temelji se na jasno definiranoj populaciji otpada koja se stratificira na najviše pet međusobno isključivih skupina prema relevantnim kriterijima, poput proizvođača otpada, tipa područja, sustava sakupljanja i tipa objekta. Pri tome se mogu isključiti neprikladne lokacije (npr. kombinirani stambeno-poslovni objekti ili zajednički sustavi prikupljanja) kako bi se osigurala reprezentativnost uzorka.

Stratifikacija se često provodi prema:

⁸ Informacija o razini napunjenosti spremnika mora biti navedena u zapisniku o uzorkovanju (npr. udjelom napunjenosti u obliku razlomka – spremnik napunjen 2/3 – ili u postocima – spremnik napunjen 50 %) zajedno s informacijom o masi dobivenog uzorka.

- proizvođaču otpada (npr. kućanstva, škole, bolnice, trgovine),
- tipu područja (npr. urbano, gusto ili rijetko naseljeno),
- sustavu sakupljanja (npr. dostupnost odvojenog sakupljanja),
- tipu objekta (npr. višestambene zgrade ili obiteljske kuće).

Dimenzija obuhvata planira se uzorkovanjem što šireg geografskog područja, uz obveznu barem regionalnu stratifikaciju. Pojedinačni uzorak najčešće predstavlja akumulaciju otpada iz 100–200 kućanstava tijekom jednog tjedna, što odgovara ukupnoj masi od približno 1 do 2,5 t. Za potrebe ručnog sortiranja, minimalna veličina uzorka iznosi oko 100 kg (približno volumen spremnika od 600 l).

Vremenski raspored uzorkovanja usklađuje se s uobičajenim intervalima pražnjenja spremnika. Međutim, ukoliko financijska sredstva i logističke mogućnosti dopuštaju, skupljanje uzoraka organizira se kroz zasebne vožnje sakupljanja uzoraka za svaki pojedini stratum. U slučaju uzorkovanja iz vozila ili na lokaciji obrade, obvezno se evidentiraju podaci o podrijetlu otpada, uključujući lokacije sakupljanja, udio otpada iz uslužnih djelatnosti te intervale pražnjenja spremnika, kako bi se očuvala reprezentativnost podataka.

Količina uzoraka određuje se prema traženoj pouzdanosti i heterogenosti: ako disperzija nije poznata, preporučuje se 35 uzoraka miješanog komunalnog otpada iz kućanstava. Idealno je 35 po stratumu, dok se u stratificiranim istraživanjima najmanje 6 uzoraka po stratumu često smatra dostatnim. Ukoliko su stratumi različitih veličina, broj uzoraka se proporcionalno prilagođava udjelu pojedinog stratuma u cijeloj populaciji. Primjerice, u zonama visoke gustoće stanovanja (višestambene zgrade), broj uzetih uzoraka mora reflektirati stvarni udio otpada generiranog u tim objektima u odnosu na ukupnu masu.

Točnost rezultata osigurava se dosljednim vaganjem svih relevantnih masa (uzorka, ukupne mase otpada i izdvojenih krupnih predmeta) te primjenom korekcija kojima se izdvojeni predmeti ponovno uključuju u ukupne rezultate⁹.

⁹ Izdvojeni krupni predmeti računavaju se natrag u rezultate po frakcijama pomoću koeficijenta $x = k/(o - s)$, gdje su:

o k - masa uzorka,
o o - masa gomile, a
o s - masa izdvojenih krupnih i odstupajućih predmeta.

Njemačka

U njemačkoj praksi analiza sastava miješanog komunalnog otpada temelji se na jasno definiranim zahtjevima za sezonsko uzorkovanje, stratifikaciju prema strukturi izgrađenosti te standardiziranim postupcima uzorkovanja i dokumentiranja.

Uzorkovanje se provodi kroz dvija sezonski neovisna ciklusa, jedan u razdoblju izvan vegetacije (približno studeni do ožujak) i jedan u razdoblju vegetacije. Kampanje se planiraju s ciljem izbjegavanja atipičnih razdoblja, poput blagdana, školskih praznika ili drugih događaja koji mogu utjecati na sastav otpada.

Stratifikacija se provodi prema strukturi izgrađenosti područja, pri čemu se definiraju najmanje tri reprezentativna stratum (npr. veliki stambeni kompleksi, višestambene zgrade, obiteljske kuće, ruralna ili suburbana naselja). Ovaj pristup omogućuje obuhvat razlika u načinu stanovanja, gustoći naseljenosti i načinu korištenja spremnika.

Za svaki stratum potrebno je prikupiti najmanje 6 pojedinačnih uzoraka volumena približno 1 m³ (ili 1,1 m³), što rezultira s najmanje 24 uzorka po kampanji, odnosno ukupno najmanje 48 uzoraka za dvije sezonske kampanje.

Uzorkovanje se provodi na redovni dan odvoza otpada, neposredno prije pražnjenja spremnika, pri čemu se kao uzorak uzima cjelokupni sadržaj spremnika, uključujući dodatne vreće i odloženi otpad uz spremnik. U slučajevima kada se spremnici prazne više puta tjedno, uzorkovanje se provodi više puta u skladu s učestalošću pražnjenja.

Pri uzorkovanju je potrebno dokumentirati ključne podatke o lokaciji i uzorku, uključujući adresu, broj korisnika, volumen spremnika, masu otpada po spremniku te, gdje je primjenjivo, učestalost pražnjenja u sustavima naplate prema količini.

Neprikladne jedinice uzorkovanja (npr. prazni spremnici ili spremnici s jasno prepoznatljivim otpadom iz uslužnog sektora) isključuju se iz analize i zamjenjuju unaprijed definiranim zamjenskim lokacijama. U slučaju nedovoljnog odaziva korisnika (neiznošenje spremnika), uzorak se nadopunjuje dodatnim lokacijama.

Masa uzorka određuje se vaganjem na licu mjesta pomoću baždarenih vaga, a svi dodatni elementi otpada moraju biti evidentirani kako bi se osigurala točnost i reprezentativnost rezultata.

Španjolska

U Španjolskoj je određivanje sastava komunalnog otpada uređeno nacionalnim protokolom (*Diseño de una caracterización normalizada de los residuos municipales*), kojim se propisuje obveza periodičkog provođenja analiza sastava otpada radi osiguravanja usporedivih i ažurnih podataka na različitim teritorijalnim razinama.

Metodologija obuhvaća karakterizaciju ključnih tokova komunalnog otpada, uključujući biootpad, laganu ambalažu¹⁰, papir i karton, odvojeno prikupljenu staklenu ambalažu te miješanu (ostatnu) frakciju, uz mogućnost primjene na otpadu iz odvojenog prikupljanja i miješanom komunalnom otpadu.

Provedbi analize prethodi izrada Plana uzorkovanja kojim se definiraju područje obuhvata, vremenski raspored i učestalost uzorkovanja, pri čemu se preporučuje obuhvat cijele godine radi uključivanja sezonske varijabilnosti.

Uzorkovanje se u pravilu provodi na lokaciji postrojenja ili iz vozila za prikupljanje otpada, pri čemu se prednost daje uzorcima koji dolaze izravno iz vozila. Početni uzorak mase približno 1.000 kg dobiva se nakon homogenizacije materijala, čime se osigurava njegova reprezentativnost. Daljnjom obradom, primjenom postupka uzastopnog četvrtanja, uzorak se reducira na približno 250 kg, koji se koristi za ručno sortiranje.

Postupci uzorkovanja i sortiranja provode se u što kraćem roku nakon sakupljanja otpada (najviše 48 sati, odnosno 24 sata u ljetnim mjesecima), uz obvezno dokumentiranje podataka o uzorku i fotografsku evidenciju.

Karakterizacija otpada provodi se razvrstavanjem u definirane frakcije, pri čemu se za pojedine materijale dodatno razlikuje ambalažni i neambalažni otpad u skladu s propisima o ambalaži. Također se, gdje je moguće, provodi razdvajanje otpada prema podrijetlu (kućanstva i uslužne djelatnosti), čime se omogućuje detaljnija analiza sastava otpada.

Irska

U Irskoj određivanje sastava kućanskog komunalnog otpada temelji se na strukturiranom pristupu koji obuhvaća preliminaru analizu, planiranje uzorkovanja, terenske aktivnosti i izradu nacionalnog profila. U pripremnoj fazi definira se obuhvat na nacionalnoj razini, s fokusom na tokove

¹⁰ Uglavnom se sastoji od plastičnih boca, plastične folije (filma), aluminijske folije, limenki, višeslojne ambalaže (tetrapaka). U ovoj frakciji ne prikupljaju se papirna i kartonska ambalaža niti staklena ambalaža.

sakupljene “na kućnom pragu” (miješani ostatni otpad, miješani suhi reciklabilni otpad, organski otpad). Plan uzorkovanja temelji se na najnovijim dostupnim operativnim podacima (podaci koji su dostavljeni od strane ovlaštenih sakupljača otpada na godišnjoj razini) u trenutku početka projekta utvrđivanja sastava kućanskog komunalnog otpada (količine i broj opsluženih kućanstava po stratumu), koji su korišteni za ažuriranje raspodjele opterećenja po tokovima “na kućnom pragu”, po tipu područja i sustavu sakupljanja (grad/ruralno, 2-spremnika, 3-spremnika) te za izradu popisa ovlaštenih sakupljača. Unutar stratuma uključeno je reprezentativno uzorkovanje stanova.

Prostorna reprezentativnost osigurava se stratifikacijom prema vrsti otpada, sustavu prikupljanja (2-spremnika/3-spremnika) i tipu područja (urbano te ruralno/mješovito). Tijekom suradnje s ovlaštenim sakupljačima otpada utvrđeno je kako su rute s 2 spremnika, osobito urbane (ali i ruralne), manje dostupne od očekivanog zbog prostornog proširenja dostupnosti spremnika za organski otpad i ograničenja preostalih 2-spremnčkih ruta (mali broj ruta, suprikupljanje 2 i 3 spremnika, nepovoljne demografske značajke) koja nisu ispunjavala uvjete uzorkovanja. Kao odgovor, provedene su zamjene, oba uzorka miješanog ostatnog otpada (dalje u tekstu: MOO) iz urbanog područja iz sustava s 2 spremnika zamijenjena su uzorcima iz sustava s 3 spremnika, jedan uzorak miješanog suhog reciklabilnog otpad (dalje u tekstu: MSRO) te MOO iz sustava s 2 spremnika iz urbanog područja zamijenjen je ruralnim MSRO/MOO iz 2-spremnčkog sustava, jedan ruralni uzorak MOO iz 2-spremnčkog sustava zamijenjen je ruralnim MOO iz 3-spremnčkog sustava. Budući kako mnoge stambene zgrade u urbanom području nemaju uslugu prikupljanja organskog otpada “na kućnom pragu” (2-spremnčki sustav), jedan planirani uzorak iz stambene zgrade iz urbanog područja MOO iz 3-spremnčkog sustava nije bio dostupan te je, nakon dogovora, zamijenjen uzorkom MOO iz 3-spremnčkog sustava iz stambene zgrade u ruralnom području.

Vremenska dimenzija obuhvaća terensko uzorkovanje od veljače do studenog, čime se pokrivaju više sezona (izbjegavanje atipičnih razdoblja nisu posebno specificirani).

Izvor, odnosno porijeklo materijala, jest kućanski otpad prikupljen “na kućnom pragu” koji nije prethodno obrađen sortiranjem ili prosijavanjem. Materijal se ili doprema izravno s rute prikupljanja u odgovarajuće postrojenje, ili se privremeno skladišti u međupostrojenju prije isporuke u postrojenje za energetska oporaba otpada. Operativna pravila poput isključenja nedovoljno popunjenih spremnika, agregiranja manjih jedinica, poduzorkovanja iz velikih spremnika ili postupanja s krupnim predmetima nisu navedena.

Sukladno natječajnoj dokumentaciji prema kojoj je izrađeno izvješće *Karakterizacija komunalnog otpada iz kućanstava prikupljenog „na pragu” 2022. godine*, zahtijevano je provesti 50 karakterizacija

otpada kućanstava, odnosno 50 pojedinačnih uzorkovanja. Minimalna količina po uzorku iznosi 100 kg, a dodatno se po mogućnosti odvaja 20 kg kao sigurnosna pričuva za slučaj gubitka ili druge poteškoće s uzorkom. Raspodjela uzoraka određuju se prema udjelima tokova i opsluženosti kućanstava po stratumima, uz dinamične prilagodbe dostupnosti ruta (metoda odabira lokacija unutar stratumu nije detaljizirana). Sortiranje se provodi fizikalnom analizom do razine primarnih kategorija, primarnih podkategorija i sekundarnih podkategorija (uključujući jednokratnu plastiku, kompostabilni otpad i “predmete od posebnog interesa”). Definirana je frakcija sitnih čestica kao materijal koji prolazi kroz sito od 20 mm.

Rezultati se ponderiraju najnovijim dostupnim količinama otpada prikupljenog na kućnom pragu te se izrađuje nacionalni profil koji, po definiciji, isključuje tokove izvan kućnog prikupljanja (zeleni otoci, reciklažna dvorišta, “plati, pa odloži”).

4.2 Prilog 2: Statistička obrada i procjena pouzdanosti rezultata

Statistička obrada podataka provodi se s ciljem procjene sastava miješanog komunalnog otpada te utvrđivanja pouzdanosti dobivenih rezultata na razini promatranog područja, županije i nacionalnoj razini.

Rezultati se izražavaju uz razinu pouzdanosti od najmanje 95 %.

Izračun udjela otpada

Za pojedinu frakciju otpada udio frakcije ($\hat{p}$) izračunava se kao:

$$\hat{p} = \frac{X}{n}$$

n = ukupna masa uzorka

X = masa promatrane frakcije

Procjena pouzdanosti temelji se na središnjem graničnom teoremu. Standardizirana varijabla (z-score) definirana je kao:

$$z = \frac{\bar{p} - p}{\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}}$$

Prema središnjem graničnom teoremu, varijabla z približno slijedi standardnu normalnu distribuciju za dovoljno velike uzorke.

Pri tome:

- p predstavlja stvarni udio frakcije otpada
- $\hat{p}$ predstavlja procijenjeni udio iz uzorka

Na temelju prethodnog izraza moguće je izvesti interval pouzdanosti za nepoznati udio p :

$$\bar{p} - z \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} < p < \bar{p} + z \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

Budući kako stvarni udio p nije poznat, u praksi se zamjenjuje procijenjenim udjelom $\hat{p}$, čime se dobiva aproksimacija:

$$\hat{p} \pm z \cdot \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}}$$

Za razinu pouzdanosti od 95 % koristi se vrijednost: $z=1.96$

U kontekstu analize otpada, gdje se udjeli određuju na temelju mase, navedeni izračun predstavlja aproksimaciju statističke pouzdanosti rezultata.

Primjer izračuna

Neka ukupna masa uzorka iznosi: $n = 616$ kg

Masa promatrane frakcije: $X = 264$ kg

Procijenjeni udio:

$$\bar{p} = \frac{264}{616} = 0.428 = 42.8\%$$

95 %-tne granice pouzdanosti za stvarni udio dobivaju se na sljedeći način:

$$\bar{p} \pm z \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} = 0.428 \pm 1.96 \sqrt{\frac{(0.428)(0.572)}{616}} = 0.428 \pm 0.039$$

Iz toga slijedi:

$$0.389 < p < 0.467$$

što znači kako se s 95 %-tnom pouzdanošću očekuje stvarni udio frakcije u populaciji otpada leži unutar raspona 38,9 % – 46,7 %.

Test razlike između dvaju udjela (z-test)

Koristi se za usporedbu udjela između dva uzorka (npr. dva razdoblja ili dva stratuma).

Neka je:

- n_1, X_1 – masa uzorka i frakcije u uzorku 1
- n_2, X_2 – masa uzorka i frakcije u uzorku 2

Procijenjeni udjeli:

$$\hat{p}_1 = \frac{X_1}{n_1}, \quad \hat{p}_2 = \frac{X_2}{n_2}$$

Kombinirani udio:

$$\hat{p} = \frac{X_1 + X_2}{n_1 + n_2}$$

Test statistika:

$$z = \frac{(\bar{p}_1 - \bar{p}_2) - (p_1 - p_2)}{\sqrt{\hat{p}(1-\hat{p})\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

Hipoteze:

$$H_0: p_1 - p_2 = 0$$

$$H_1: p_1 - p_2 \neq 0$$

Interpretacija:

p -vrijednost $> 0,05$, razlika nije statistički značajna

p -vrijednost $< 0,05$, razlika je statistički značajna

Rezultati pojedinih stratuma ponderiraju se prema njihovom udjelu u ukupnoj populaciji otpada (npr. prema količinama prikupljenog miješanog komunalnog otpada po JLS/županiji). Time se dobivaju reprezentativne procjene na nacionalnoj razini.

Pri tumačenju rezultata testa razlike između dvaju udjela potrebno je razlikovati statistički značajnu razliku od nedostatka dokaza o razlici. Rezultat prema kojem razlika nije statistički značajna ne znači nužno da razlika u populaciji ne postoji, već može upućivati na to da raspoloživi broj uzoraka ili varijabilnost podataka ne omogućuju pouzdanu detekciju razlike zadane veličine.

Stoga se uz rezultat testa, osim p -vrijednosti, prikazuju i veličine uspoređivanih uzoraka, procijenjeni udjeli, razlika udjela te, kada je primjenjivo, interval pouzdanosti razlike. Kada se rezultat testa koristi za zaključivanje o usporedivosti dviju skupina, a osobito kada je broj uzoraka ograničen, u izvješću se navodi dodatno obrazloženje pouzdanosti zaključka, primjerice kroz procjenu statističke snage testa ili minimalno detektabilne razlike, uz navođenje primijenjenih pretpostavki.

Kod prikaza ponderiranih rezultata potrebno je prikazati i pripadajuću procjenu pouzdanosti. Procjena pouzdanosti ponderiranog rezultata određuje se uzimajući u obzir pouzdanost procjena pojedinih stratuma i njihove pondere u ukupnoj populaciji otpada.

Ako se primjenjuje složeniji plan uzorkovanja, disproporcionalna raspodjela uzoraka, korekcije sezonalnosti ili druge prilagodbe, u izvješću se navodi korišteni postupak izračuna i primijenjene pretpostavke.

Za detaljniju analizu podataka mogu se primijeniti dodatne statističke metode:

- deskriptivna statistika (srednja vrijednost, medijan, varijanca, standardna devijacija, koeficijent varijacije)
- analiza varijance (ANOVA) i multivarijatna analiza varijance (MANOVA) za testiranje razlika između stratuma, sezona ili regija.

Primjena ovih metoda nije obvezna i ovisi o ciljevima analize.

**4.2.1 Prilog 3: Excel dokument Standardizirani obrasci – utvrđivanje sastava
miješanog komunalnog otpada / list Obrazac – terensko uzorkovanje**

**4.2.2 Prilog 4: Excel dokument Standardizirani obrasci – utvrđivanje sastava
miješanog komunalnog otpada / list Obrazac – sortiranje MKO**

4.3 Prilog 5: Određivanje fizikalno-kemijskih karakteristika i parametara biorazgradivosti komunalnog otpada

4.3.1 Svrha i područje primjene

Određivanje fizikalno-kemijskih karakteristika i parametara biorazgradivosti dopuna je morfološkoj analizi sastava miješanog komunalnog otpada podacima koje nije moguće pouzdano utvrditi isključivo vizualnim pregledom i ručnim sortiranjem. Takve analize omogućuju funkcionalnu karakterizaciju otpada, odnosno procjenu njegova ponašanja u postupcima biološke, termičke i druge obrade.

Dobiveni podaci mogu se koristiti za procjenu potencijala materijalne i energetske uporabe, prikladnosti pojedinih tehnologija obrade, biološke aktivnosti i stabilnosti otpada, bioplinskog potencijala, tehnoloških i okolišnih rizika te za provjeru metodoloških pretpostavki i koeficijenata koji se primjenjuju pri izračunu biorazgradive komponente komunalnog otpada.

U Republici Hrvatskoj ne postoji kontinuirani program kojim bi se ujednačeno i dugoročno pratila navedena svojstva komunalnog otpada. Zbog toga ciljano provedena laboratorijska ispitivanja mogu pridonijeti stvaranju usporedivih referentnih podataka, osobito za sitnu frakciju (< 10 mm), mješovite frakcije i druge sastavnice kod kojih je mogućnost pouzdane vizualne karakterizacije ograničena.

Laboratorijske analize potrebno je provoditi na reprezentativno pripremljenom uzorku cjelokupnog miješanog komunalnog otpada ili na jasno određenoj morfološkoj odnosno granulacijskoj frakciji. Pri odabiru parametara i metoda uzimaju se u obzir svrha ispitivanja, vrsta i stanje uzorka, očekivana heterogenost, potrebna točnost, raspoloživa masa uzorka i predviđeni način uporabe rezultata. Zahtjevi uzorkovanja, sljedivosti, pripreme uzorka i osiguranja kvalitete primjenjuju se u skladu s osnovnim dokumentom Metodologije.

4.3.2 Pregled parametara i metoda

Fizikalno-kemijske karakteristike i parametri biorazgradivosti razvrstavaju se u četiri osnovne skupine: fizikalne i energetske parametre, kemijske i elementarne parametre, okolišne i onečišćujuće parametre te parametre biorazgradivosti. Pregled parametara koji se, ovisno o svrsi ispitivanja, mogu uključiti u program laboratorijskih analiza prikazan je u sljedećoj tablici.

Parametar	Oznaka	Jedinica	Norma / metoda
Fizikalni i energetske parametari			
Ogrjevna vrijednost iz originalnog uzorka (gornja i donja)	HHV _{ar} / LHV _{ar}	kJ kg ⁻¹	HRN EN 15400:2011; ISO 1928:2009
Ogrjevna vrijednost iz suhog uzorka (gornja i donja)	HHV _d / LHV _d	kJ kg ⁻¹ s.tv.	HRN EN 15400:2011; ISO 1928:2009
Udio suhe tvari	ST	% m/m	HRN EN ISO 21660-3:2021; HRN EN 12880:2005; CEN/TS 15414-1
Gubitak žarenjem	LOI	% s.tv.	HRN EN 15935:2021; HRN EN 1744-7:2012
Pepeo	A	% s.tv.	HRN EN ISO 21656:2021; HRN EN ISO 6245:2003
Kemijski i elementarni parametari			
Ukupni ugljik	TC	% s.tv.	HRN EN 13137:2005; HRN EN 15936:2022; HRN ISO 10694:2004
Ukupni organski ugljik	TOC	% s.tv.	HRN EN 13137:2005; HRN EN 15936:2022; HRN ISO 10694:2004
Biomasa u udjelu ukupnog ugljika	X _B ^{TC}	%	HRN EN ISO 21644:2021
Ne-biomasa u udjelu ukupnog ugljika	X _{NB} ^{TC}	%	HRN EN ISO 21644:2021
Biomasa u masenom udjelu	X _B	% s.tv.	HRN EN ISO 21644:2021
Ne-biomasa u masenom udjelu	X _{NB}	% s.tv.	HRN EN ISO 21644:2021
Okolišni i onečišćujući parametari			
Klor	Cl	g kg ⁻¹ s.tv.	HRN EN 15408:2011; HRN EN 14582:2007
Sumpor	S	g kg ⁻¹ s.tv.	HRN EN 14582:2007
Odabrani metali i drugi elementi	As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Zn	mg kg ⁻¹ s.tv.	HRN EN ISO 3884:2025; HRN EN 13657:2008; HRN EN ISO 12846:2012
Parametri biorazgradivosti			
Respiracijska aktivnost	AT ₄	prema metodi	ÖNORM S 2027-4
Realni dinamički respiracijski indeks	RDRI	prema metodi	HRN EN 15590:2012
Bioplinjski potencijal	GS ₂₁ / GB ₂₁	npr. NL kg ⁻¹ s.tv.	ÖNORM S 2027-2; VDI 4630; DIN 38414-8

Parametri i norme iz gornje tablice predstavljaju mogući raspon ispitivanja, a ne obvezni paket laboratorijskih analiza. Za pojedino ispitivanje odabiru se parametri povezani s prethodno definiranim svrhom. Kada je za određeni parametar primjenjivo više metoda, odabire se metoda prikladna za predmetnu matricu i stanje uzorka, uz jasno navođenje primijenjene metode u laboratorijskom izvješću.

4.3.3 Fizikalni i energetske parametari

Fizikalni i energetske parametari daju osnovne informacije o sadržaju vode, suhe, organske i mineralne tvari te energetske potencijalu otpada. Posebno su važni pri procjeni mogućnosti termičke obrade, proizvodnje goriva iz otpada te odabira odgovarajućih postupaka obrade.

4.3.3.1 Ogrjevna vrijednost

Ogrjevna vrijednost predstavlja energiju oslobođenu izgaranjem uzorka s kisikom pod definiranim uvjetima. Gornja ogrjevna vrijednost (HHV) obuhvaća ukupno oslobođenu energiju, dok je donja ogrjevna vrijednost (LHV) umanjena za energiju povezanu s kondenzacijom vode sadržane u uzorku i vode nastale izgaranjem.

Rezultat se može određivati i iskazivati za originalni uzorak i za suhu tvar. Donja ogrjevna vrijednost originalnog uzorka posebno je značajna za procjenu stvarne mogućnosti energetske uporabe jer sadržaj vode neposredno smanjuje raspoloživu energiju. Određivanje se u pravilu provodi kalorimetrijskom metodom.

Primjenjive norme uključuju:

- HRN EN 15400:2011 – Kruta oporabljena goriva – Određivanje ogrjevne vrijednosti.
- ISO 1928:2009 – Kruta mineralna goriva – Određivanje gornje ogrjevne vrijednosti kalorimetrijskom bombom i izračun donje ogrjevne vrijednosti.

4.3.3.2 Udio suhe tvari i sadržaj vlage

Udio suhe tvari predstavlja masu ostatka uzorka nakon uklanjanja vode sušenjem pri definiranim uvjetima u odnosu na početnu masu uzorka. Sadržaj vlage određuje se iz razlike početne mase i mase suhe tvari.

Ovaj parametar izravno utječe na energetska vrijednost otpada te na njegovo ponašanje tijekom skladištenja, biološke obrade i termičke obrade. Visok sadržaj vode smanjuje ogrjevnju vrijednost, dok je odgovarajuća vlažnost nužna za odvijanje mikrobioloških procesa pri kompostiranju i anaerobnoj digestiji.

Primjenjive norme uključuju:

- HRN EN ISO 21660-3:2021 – Određivanje sadržaja vlage metodom sušenja u sušioniku.
- HRN EN 12880:2005 – Određivanje suhog ostatka i sadržaja vode.
- CEN/TS 15414-1 – Određivanje ukupne vlage referentnom metodom.

4.3.3.3 Gubitak žarenjem (LOI)

Gubitak žarenjem označava smanjenje mase suhog uzorka nakon žarenja pri definiranoj temperaturi. Rezultat se izražava kao udio suhe tvari i daje procjenu količine organske i drugih hlapivih sastavnica koje se uklanjaju tijekom žarenja.

LOI se može koristiti kao pokazatelj organske komponente otpada, ali ne predstavlja izravnu mjeru biorazgradivosti jer u gubitku mase mogu sudjelovati i druge hlapive tvari. Rezultat se stoga interpretira zajedno s podacima o sastavu uzorka i drugim parametrima.

Primjenjive norme uključuju:

- HRN EN 15935:2021 – Određivanje gubitka žarenjem u tlu, otpadu, obrađenom biootpadu i mulju.
- HRN EN 1744-7:2012 – Određivanje gubitka žarenjem pepela iz ložišta spalionica komunalnog otpada.

4.3.3.4 Sadržaj pepela

Sadržaj pepela predstavlja udio anorganskog ostatka koji preostaje nakon izgaranja organske i gorive komponente uzorka. Parametar daje informaciju o udjelu mineralne odnosno inertne komponente otpada.

Povećan udio pepela smanjuje energetska vrijednost otpada i povećava količinu ostatnog materijala koji nastaje nakon termičke obrade. Pri interpretaciji rezultata potrebno je voditi računa o primijenjenoj temperaturi i uvjetima ispitivanja.

Primjenjive norme uključuju:

- HRN EN ISO 21656:2021 – Kruta oporabljena goriva – Određivanje sadržaja pepela.
- HRN EN ISO 6245:2003 – Naftni proizvodi – Određivanje pepela.

4.3.4 Kemijski i elementarni parametri

Kemijski i elementarni parametri omogućuju karakterizaciju sadržaja ugljika i udjela materijala biogenog podrijetla. Koriste se za procjenu organske komponente, obnovljivog udjela, emisijskih pokazatelja i svojstava važnih za obradu i uporabu otpada.

4.3.4.1 Ukupni ugljik i ukupni organski ugljik

Ukupni ugljik (TC) obuhvaća sav ugljik prisutan u uzorku, uključujući organski ugljik i anorganski ugljik iz mineralnih sastavnica, primjerice karbonata. Ukupni organski ugljik (TOC) predstavlja dio ugljika vezan u organskim spojevima.

Razlika između TC-a i TOC-a može se koristiti za procjenu anorganskog ugljika. TOC daje važnu informaciju o organskoj komponenti otpada, ali sam po sebi ne pokazuje koliki je dio organskog ugljika stvarno biorazgradiv. Za procjenu biološke aktivnosti i razgradivosti potrebno ga je tumačiti zajedno s morfološkim sastavom i parametrima biorazgradivosti.

Određivanje se u pravilu provodi izgaranjem pripremljenog uzorka i mjerenjem nastalog ugljikova dioksida, uz odgovarajući postupak razlikovanja organskog i anorganskog ugljika.

Primjenjive norme uključuju:

- HRN EN 13137:2005 – Određivanje ukupnoga organskog ugljika u otpadu, muljevima i sedimentima.
- HRN EN 15936:2022 – Određivanje ukupnoga organskog ugljika suhim spaljivanjem.
- HRN ISO 10694:2004 – Određivanje organskoga i ukupnog ugljika suhim spaljivanjem.

4.3.4.2 Biogeni udio (udio biomase)

Biogeni udio predstavlja udio materijala podrijetlom iz biomase, primjerice papira, kartona, drva, prirodnih tekstilnih vlakana i biootpada. Podatak je relevantan za razlikovanje biogenog i fosilnog ugljika, procjenu obnovljivog udjela energije te izračun klimatskih i emisijskih pokazatelja.

Norma HRN EN ISO 21644:2021 obuhvaća metode ručnog sortiranja, selektivnog otapanja i određivanja udjela radioaktivnog izotopa ugljika ¹⁴C. Prikladnost metode ovisi o homogenosti i granulaciji uzorka, potrebnoj točnosti, raspoloživoj opremi i trošku ispitivanja.

Ručna metoda temelji se na razvrstavanju sastavnica na biogene i nebiogene, ali je kod sirovog i heterogenog miješanog komunalnog otpada ograničena prisutnošću sitne frakcije, vlage i kompozitnih materijala. Metoda ¹⁴C omogućuje izravnije razlikovanje biogenog i fosilnog ugljika, ali zahtijeva

specijaliziranu opremu. Selektivno otapanje može predstavljati operativno primjenjiv pristup za određene vrste uzoraka, uz obvezno razmatranje ograničenja i područja primjene metode.

Rezultat se može iskazati kao udio biomase u suhoj tvari, ukupnom ugljiku ili energetske vrijednosti. U izvješću mora biti jasno navedena osnova na kojoj je rezultat izražen.

4.3.5 Okolišni i onečišćujući parametri

Okolišni i onečišćujući parametri primjenjuju se kada je potrebno procijeniti utjecaj sastava otpada na tehnologiju obrade, emisije, koroziju opreme, kvalitetu proizvoda obrade ili potencijalne rizike za okoliš i zdravlje ljudi.

4.3.5.1 Klor

Klor u komunalnom otpadu može potjecati iz PVC-a, drugih plastičnih materijala, tekstila, papira, kuhinjskog otpada i soli. Tijekom izgaranja može prijeći u plinovite spojeve, osobito klorovodik (HCl), koji utječe na koroziju opreme i zahtjeve sustava za pročišćavanje dimnih plinova.

Sadržaj klora važan je pri procjeni mogućnosti proizvodnje i uporabe goriva iz otpada, dimenzioniranju sustava za obradu kiselih plinova, procjeni troškova održavanja i klasifikaciji goriva. Određivanje se može provoditi izgaranjem uzorka u kisiku uz naknadno određivanje halogena ili drugim odgovarajućim postupkom.

Primjenjive norme uključuju:

- HRN EN 15408:2011 – Određivanje sadržaja sumpora, klora, fluora i broma.
- HRN EN 14582:2007 – Određivanje halogena i sumpora izgaranjem u atmosferi kisika u zatvorenim sustavima.

4.3.5.2 Sumpor

Sumpor može potjecati iz organskih, tekstilnih, industrijskih i mineralnih sastavnica otpada. U termičkoj obradi nastaju sumporni oksidi, koji utječu na emisije, koroziju i zahtjeve sustava pročišćavanja dimnih plinova.

U anaerobnim i drugim biološkim procesima sumporni spojevi mogu pridonijeti nastanku sumporovodika (H₂S), koji je toksičan, korozivan i povezan s neugodnim mirisima. Sadržaj sumpora stoga se može koristiti pri projektiranju termičke i biološke obrade te procjeni okolišnih utjecaja.

Primjenjiva norma uključuje:

- HRN EN 14582:2007 – Određivanje halogena i sumpora izgaranjem u atmosferi kisika u zatvorenim sustavima.

4.3.5.3 Odabrani metali i drugi elementi

U komunalnom otpadu mogu biti prisutni elementi poput olova, kadmija, žive, kroma, nikla, arsena, bakra i cinka. Njihovi izvori uključuju baterije, električnu i elektroničku opremu, boje, lakove, plastiku s aditivima, tekstil i druge proizvode.

Tijekom obrade pojedini se elementi mogu prenijeti u plinovitu fazu ili koncentrirati u pepelu, kompostu, digestatu i drugim proizvodima ili ostacima obrade. Rezultati se koriste za procjenu emisija, prihvatljivosti proizvoda obrade, uvjeta uporabe ili odlaganja te okolišnih rizika.

Određivanje se u pravilu provodi nakon odgovarajuće digestije i pripreme uzorka primjenom instrumentalnih metoda, primjerice ICP-OES, ICP-MS ili AAS. Odabir postupka mora odgovarati vrsti uzorka, traženim elementima i području primjene metode.

Primjenjive norme uključuju:

- HRN EN ISO 3884:2025 – Metode određivanja sadržaja elemenata u krutim uporabljanim gorivima.
- HRN EN 13657:2008 – Digestija zlatotopkom za naknadno određivanje topivih elemenata.
- HRN EN ISO 12846:2012 – Određivanje žive metodom atomske apsorpcijske spektrometrije, kada je metoda prikladna za pripremljeni ispitni uzorak.

4.3.6 Parametri biorazgradivosti

Parametri biorazgradivosti daju podatke o biološkoj aktivnosti, stabilnosti i anaerobnom razgradnom potencijalu otpada. Rezultati ovise o načinu uzorkovanja, homogenizaciji i pripremi, sadržaju vode, veličini čestica, temperaturi i drugim uvjetima ispitivanja.

4.3.6.1 *Respiracijska aktivnost AT₄*

AT₄ predstavlja kumulativnu potrošnju kisika tijekom četiri dana biološke razgradnje uzorka u kontroliranim aerobnim uvjetima. Više vrijednosti upućuju na veću količinu lako razgradive organske tvari i višu biološku aktivnost, dok niže vrijednosti upućuju na stabiliziraniji materijal.

Parametar se koristi za usporedbu stupnja stabilizacije i učinkovitosti biološke obrade te, u pojedinim sustavima, kao kriterij za procjenu otpada nakon mehaničko-biološke obrade. Pri primjeni na sirovi MKO potrebno je posebno ocijeniti prikladnost uzorka i metode.

Primjenjiva norma uključuje:

- ÖNORM S 2027-4 – Parametri stabilnosti – respiracijska aktivnost AT₄.

4.3.6.2 *Realni dinamički respiracijski indeks (RDRI)*

RDRI izražava brzinu potrošnje kisika tijekom aerobne razgradnje organske tvari i daje uvid u trenutačni intenzitet mikrobiološke aktivnosti. Više vrijednosti upućuju na veću prisutnost lako razgradive organske tvari, a niže vrijednosti na stabiliziraniji materijal.

Parametar se može koristiti pri praćenju procesa kompostiranja, biosušenja i drugih bioloških postupaka, procjeni stupnja stabilizacije i usporedbi različitih tehnologija obrade. Za razliku od AT₄, koji predstavlja kumulativnu potrošnju kisika, RDRI opisuje brzinu respiracijske aktivnosti.

Primjenjiva norma uključuje:

- HRN EN 15590:2012 – Određivanje trenutačne vrijednosti aerobne bakterijske aktivnosti pomoću stvarnoga dinamičkog indeksa disanja.

4.3.6.3 *Bioplinski potencijal – GS₂₁ i GB₂₁*

Bioplinski potencijal predstavlja sposobnost organske frakcije otpada da u anaerobnim uvjetima proizvede bioplin, odnosno metan i ugljikov dioksid. Parametar omogućuje razlikovanje ukupne organske tvari od dijela koji se u definiranim uvjetima stvarno anaerobno razgrađuje.

Rezultat je relevantan za procjenu prikladnosti otpada za anaerobnu digestiju, dimenzioniranje bioplinskih postrojenja, procjenu energetskeg potencijala i procjenu mogućeg nastajanja metana pri odlaganju.

Ispitivanje se provodi inkubacijskim testovima u kontroliranim anaerobnim uvjetima. Rezultat se iskazuje kao volumen proizvedenog bioplina ili metana po jedinici mase suhe tvari, uz jasno navođenje temperature, trajanja, inokuluma, standardnih uvjeta i drugih bitnih postavki ispitivanja.

Primjenjive norme i smjernice uključuju:

- ÖNORM S 2027-2 – Parametri stabilnosti – proizvodnja plina inkubacijskim testom GS21.
- DIN 38414-8 – Određivanje razgradivosti anaerobnom digestijom.
- VDI 4630 – Karakterizacija supstrata, uzorkovanje i provedba fermentacijskih testova.

4.3.7 Postupanje s laboratorijskim uzorcima i sljedivost

Laboratorijski uzorci i poduzorci moraju se izdvajati, označavati, čuvati i transportirati na način kojim se osigurava njihova jednoznačna povezanost s osnovnim uzorkom miješanog komunalnog otpada, morfološkom odnosno granulacijskom frakcijom iz koje su izdvojeni te pripadajućim područjem, stratumom, podstratumom i sezonskim ciklusom. Sljedivost mora biti osigurana od trenutka izdvajanja laboratorijskog poduzorka do završetka ispitivanja i izdavanja laboratorijskog izvješća.

Svaki laboratorijski poduzorak označava se jedinstvenom identifikacijskom oznakom koja se povezuje s oznakom osnovnog uzorka. Uz oznaku se evidentiraju najmanje datum i mjesto uzorkovanja, JLS i ruta sakupljanja, pripadajući stratum odnosno podstratum, sezonski ciklus, vrsta uzorka ili frakcije, masa poduzorka, datum i vrijeme njegova izdvajanja te osoba koja je provela izdvajanje. Ako je laboratorijski poduzorak izdvojen iz granulacijske ili morfološke frakcije, mora se evidentirati i ukupna masa predmetne frakcije u osnovnom uzorku.

Laboratorijski poduzorak izdvaja se iz reprezentativno pripremljenog osnovnog uzorka ili iz prethodno homogenizirane frakcije. Izdvajanje se provodi uzimanjem više inkremenata iz različitih dijelova materijala, četvrtnjem ili drugim dokumentiranim postupkom smanjivanja mase kojim se smanjuje rizik selektivnog odabira. Nije dopušteno izdvajati samo vizualno uočljive, lako dostupne ili naizgled homogene dijelove materijala.

Masa laboratorijskog uzorka određuje se prema zahtjevima odabranih metoda, heterogenosti materijala i broju planiranih analiza. Mora biti dovoljna za provedbu osnovnog ispitivanja, eventualnih paralelnih ili ponovljenih određivanja te, kada je opravdano, za čuvanje rezervnog uzorka. Ako se iz jednog poduzorka provodi više analiza, način njegove podjele na ispitne dijelove mora biti dokumentiran.

Ambalaža i spremnici za laboratorijske uzorke moraju biti čisti, kemijski i mehanički prikladni za predmetni uzorak te ne smiju utjecati na svojstva koja se ispituju. Potrebno je spriječiti istjecanje, gubitak vlage, hlapivih sastavnica ili sitnih čestica te sekundarno onečišćenje uzorka. Kod uzoraka koji mogu sadržavati opasne, oštre, biološki aktivne ili druge sigurnosno problematične sastavnice primjenjuje se odgovarajuće sigurnosno pakiranje i označavanje.

Uvjeti i dopušteno trajanje čuvanja i transporta određuju se prema vrsti uzorka i zahtjevima primijenjene metode. Kada je potrebno održavati određenu temperaturu, uzorak se transportira u odgovarajućoj rashladnoj ili drugoj kontroliranoj ambalaži, a uvjeti transporta se evidentiraju. Za parametre osjetljive na promjene vlage, biološku razgradnju ili gubitak hlapivih tvari vrijeme između izdvajanja poduzorka i početka analize mora biti što kraće.

Prilikom predaje uzorka laboratoriju evidentiraju se datum i vrijeme predaje i zaprimanja, stanje ambalaže, količina i stanje uzorka te tražena ispitivanja. Laboratorij pri zaprimanju provjerava sukladnost oznake i dokumentacije, cjelovitost ambalaže, raspoloživu količinu materijala i prikladnost uzorka za planirana ispitivanja. Svako odstupanje, primjerice oštećena ambalaža, nedovoljna količina uzorka, neodgovarajući uvjeti transporta ili nejasna oznaka, mora se evidentirati.

Ako utvrđeno odstupanje može utjecati na valjanost rezultata, laboratorij o tome obavještava naručitelja ispitivanja prije početka analize. Odluka o prihvatanju uzorka, ograničenoj uporabi rezultata, ponovnom uzorkovanju ili odbacivanju uzorka mora biti dokumentirana.

Laboratorijska priprema uzorka, uključujući homogenizaciju, smanjivanje veličine čestica, sušenje, mljevenje i izdvajanje ispitnih dijelova, provodi se prema zahtjevima primijenjene metode. Postupak pripreme mora biti prilagođen vrsti i stanju uzorka te proveden tako da se izbjegne promjena svojstava koja se određuju, gubitak materijala i međusobna kontaminacija uzoraka.

Kada se čuva rezervni uzorak, potrebno je definirati uvjete i rok čuvanja te način njegova zbrinjavanja nakon isteka roka. Preostali uzorci i materijali nastali tijekom ispitivanja zbrinjavaju se u skladu s njihovim svojstvima i primjenjivim pravilima gospodarenja otpadom.

4.3.8 Osiguranje kvalitete laboratorijskih ispitivanja

Laboratorijska ispitivanja provode se primjenom normiranih, međunarodno priznatih ili odgovarajuće validiranih metoda koje su prikladne za predmetnu vrstu i stanje uzorka, a pravna osoba koja provodi ispitivanja mora biti akreditirana za odgovarajuće metode ispitivanja. Pri odabiru metode potrebno je uzeti u obzir njezino područje primjene, zahtjeve pripreme uzorka, očekivane koncentracije ili vrijednosti parametra, granicu određivanja, raspoloživu količinu materijala i namjeravanu uporabu rezultata.

Za svaku primijenjenu metodu mora biti jasno dokumentiran njezin naziv, oznaka i izdanje norme ili internog postupka. Ako se primjenjuje modificirana normirana metoda ili interna metoda, moraju biti dokumentirane provedene izmjene, razlozi njihove primjene i način na koji je potvrđena prikladnost metode za predmetni uzorak.

Laboratorij mora imati uspostavljene postupke kojima se osigurava ispravnost, održavanje, umjeravanje i provjera laboratorijske opreme. Oprema koja može značajno utjecati na rezultat mora imati važeće i sljedeće zapise o umjeravanju odnosno provjeri. Prije uporabe i tijekom rada provode se funkcionalne provjere u skladu s laboratorijskim postupcima i zahtjevima metode.

Osiguranje kvalitete analitičkih rezultata, ovisno o vrsti parametra i primijenjenoj metodi, može uključivati uporabu slijepih proba, laboratorijskih duplikata, paralelnih određivanja, kontrolnih uzoraka, uzoraka s dodatkom poznate količine analita i certificiranih referentnih materijala. Vrsta i učestalost kontrola određuju se prema metodi, očekivanoj varijabilnosti uzorka, složenosti matrice i svrsi ispitivanja.

Za primijenjene kontrole moraju biti unaprijed definirani kriteriji prihvatljivosti. Ako rezultat kontrole kvalitete ne zadovoljava utvrđeni kriterij, potrebno je provesti provjeru pripreme uzorka, opreme, reagensa, izračuna i drugih mogućih izvora pogreške. Prema potrebi analiza se ponavlja, a rezultat se ne izdaje dok se ne utvrdi da su ispunjeni uvjeti prihvatljivosti ili dok se u izvješću jasno ne navedu ograničenja.

Kod izrazito heterogenih uzoraka miješanog komunalnog otpada varijabilnost između paralelnih određivanja može biti veća nego kod homogenih materijala. Zbog toga broj ponavljanja i način procjene prihvatljivosti ne treba unaprijed jednako propisivati za sve parametre, nego ih treba odrediti prema svojstvima uzorka, zahtjevima metode i važnosti rezultata za donošenje zaključaka.

Granica detekcije i granica određivanja navode se kada su relevantne za interpretaciju rezultata, osobito kod određivanja metala, halogena i drugih parametara koji mogu biti prisutni u niskim koncentracijama. Rezultati ispod granice određivanja prikazuju se primjenom jednoznačne oznake i ne zamjenjuju se automatski nulom.

Mjerna nesigurnost procjenjuje se i iskazuje kada je to zahtijevano metodom, akreditacijom, ugovorom ili namjeravanom uporabom rezultata. Pri interpretaciji laboratorijskih rezultata potrebno je razlikovati mjernu nesigurnost laboratorijskog postupka od nesigurnosti povezane s uzorkovanjem, poduzorkovanjem i heterogenošću miješanog komunalnog otpada.

Laboratorijska ispitivanja provodi stručno osposobljeno osoblje, a odgovornosti za zaprimanje, pripremu, analizu, kontrolu izračuna i odobravanje rezultata moraju biti jasno utvrđene. Kritični izračuni, pretvorbe mjernih jedinica i prijenos rezultata iz radnih zapisa u izvješće podliježu dokumentiranoj provjeri.

Sve nesukladnosti i odstupanja od propisanog postupka moraju se evidentirati. Zapis treba sadržavati opis odstupanja, procjenu njegova mogućeg utjecaja na rezultat, poduzete korektivne radnje i odluku o prihvatljivosti rezultata. Ako odstupanje može značajno utjecati na rezultat, mora biti navedeno u laboratorijskom izvješću.

Status primijenjene metode u području akreditacije mora biti jasno utvrđen. Metoda laboratorijskog ispitivanja otpada mora biti obuhvaćena područjem akreditacije pravne osobe koja provodi ispitivanje. U laboratorijskom izvješću mora biti jasno naznačen status metode u području akreditacije te svako eventualno odstupanje od metode navedene u području akreditacije. U laboratorijskom izvješću mora biti moguće razlikovati rezultate dobivene akreditiranim metodama od rezultata dobivenih metodama koje nisu u području akreditacije.

Prije izdavanja laboratorijskog izvješća provodi se stručni pregled rezultata kojim se provjeravaju najmanje identifikacija uzorka, primijenjena metoda, ispravnost izračuna, mjerne jedinice, osnova izražavanja rezultata, rezultati kontrola kvalitete i eventualna odstupanja. Izvješće odobrava ovlaštena osoba laboratorija.

4.3.9 Priprema, vođenje, obrada i prezentacija laboratorijskih podataka

Laboratorijski podaci moraju se voditi na način koji omogućuje njihovu potpunu povezanost s osnovnim uzorkom, laboratorijskim poduzorkom, primijenjenom metodom i izvornim radnim zapisima. Za svaki rezultat mora biti moguće utvrditi na koji se uzorak ili frakciju odnosi, kako je uzorak pripremljen, koja je metoda primijenjena i na kojoj je osnovi rezultat izražen.

U evidenciji se najmanje navode jedinstvena oznaka osnovnog uzorka i laboratorijskog poduzorka, vrsta analiziranog materijala, pripadajuća morfološka ili granulacijska frakcija, datum uzorkovanja i zaprimanja, datum analize, primijenjena metoda, rezultat, mjerna jedinica, osnova izražavanja i naziv laboratorija. Kada je relevantno, evidentiraju se i granica određivanja, mjerna nesigurnost, broj paralelnih određivanja i status metode u području akreditacije.

Izvorni laboratorijski rezultat mora se čuvati odvojeno od naknadno preračunatih ili agregiranih vrijednosti. Svaka pretvorba, primjerice preračun rezultata s originalne odnosno mokre mase na suhu tvar, mora biti provedena primjenom dokumentirane formule i odgovarajuće vrijednosti udjela suhe tvari. U evidenciji moraju biti dostupne izvorna vrijednost, korištena formula, ulazni podaci i konačni rezultat.

Pri prikazu rezultata mora biti jasno naznačeno je li vrijednost izražena:

- na originalnom odnosno mokrom uzorku,
- na suhoj tvari,
- u odnosu na ukupni ugljik,
- u odnosu na organsku tvar,
- po jedinici energije,
- ili na drugoj osnovi definiranoj metodom.

Rezultati izraženi na različitim osnovama ne smiju se neposredno uspoređivati bez odgovarajućeg preračunavanja.

Kada je provedeno više paralelnih ili ponovljenih određivanja, pojedinačne vrijednosti moraju ostati evidentirane. Način izračuna konačnog rezultata, primjerice aritmetička sredina ili drugi postupak

propisan metodom, mora biti jasno dokumentiran. Rezultat koji značajno odstupa ne smije se automatski isključiti bez stručne provjere i dokumentiranog obrazloženja.

Rezultati ispod granice određivanja prikazuju se oznakom „< LOQ“ ili drugom jednoznačnom oznakom uz navođenje vrijednosti granice određivanja. Takvi rezultati ne smiju se automatski prikazivati kao nula. Ako se koriste u statističkoj obradi, mora se jasno navesti primijenjeni način postupanja s takvim vrijednostima.

Ako je analizirana pojedina morfološka ili granulacijska frakcija, laboratorijski rezultat odnosi se samo na tu frakciju. Za izračun doprinosa frakcije svojstvima cjelokupnog uzorka rezultat se može povezati s masenim udjelom predmetne frakcije u osnovnom uzorku. Takav preračun mora sadržavati jasno prikazanu formulu, korištenu masu frakcije i ograničenja koja proizlaze iz reprezentativnosti laboratorijskog poduzorka.

Laboratorijski rezultat dobiven na pojedinačnom uzorku ili ograničenom broju uzoraka prikazuje se kao pojedinačan odnosno indikativan rezultat. Ne smije se bez odgovarajućeg broja prostorno i sezonski reprezentativnih uzoraka automatski ekstrapolirati na cijelu JLS, županiju ili Republiku Hrvatsku.

Kod prikaza skupa laboratorijskih rezultata navodi se najmanje broj analiziranih uzoraka, vrsta uzoraka i frakcija, prostorni i sezonski obuhvat te osnovni statistički pokazatelji primjereni raspoloživom broju rezultata. Kada je broj uzoraka malen, rezultati se prikazuju pojedinačno ili kao indikativni raspon, bez stvaranja dojma veće statističke pouzdanosti od stvarno postignute.

Laboratorijski rezultati prikazuju se odvojeno od rezultata morfološke analize, ali se između njih mora osigurati jednoznačna poveznica. U tablicama i grafičkim prikazima moraju biti jasno navedeni parametar, vrsta uzorka, mjerna jedinica, osnova izražavanja, broj rezultata i eventualna ograničenja.

Grafički prikazi moraju biti oblikovani tako da ne stvaraju pogrešan dojam o veličini ili značaju razlika između rezultata. Potrebno je koristiti usporedive mjerne jedinice i jasno označene osi, a odstupajuće vrijednosti ne smiju se izostavljati bez obrazloženja.

Svi elektronički podaci moraju se čuvati u strukturiranom obliku koji omogućuje njihovu naknadnu provjeru, ponovno izračunavanje i povezivanje s izvornom dokumentacijom. Potrebno je primjenjivati dosljedne nazive datoteka, kontrolu pristupa i sigurnosne kopije.

Naknadne izmjene podataka ne smiju prebrisati izvorne vrijednosti bez traga. Za svaku izmjenu mora biti moguće utvrditi početnu i izmijenjenu vrijednost, razlog izmjene, datum i osobu koja je promjenu provela. Konačni skup podataka koji se koristi u izvješću mora biti označen odgovarajućom verzijom.

Opća statistička obrada, procjena pouzdanosti, ponderiranje i ekstrapolacija rezultata provode se prema poglavlju 3.9 i Prilogu 2 osnovne Metodologije. Ovo poglavlje uređuje prvenstveno pripremu, kontrolu i prezentaciju laboratorijskih podataka prije njihova eventualnog uključivanja u širu statističku obradu.