



Sveučilište u Zagrebu
GEOTEHNIČKI FAKULTET

Hallerova aleja 7 | HR - 42000 Varaždin
telefon: +385 (0)42 408 900 | e-pošta: ured.dekana@gfv.unizg.hr
OIB: 16146181375 | mrežna stranica: www.gfv.unizg.hr

**STUDIJ
INŽENJERSTVA
OKOLIŠA**



**Nalaz i mišljenje vještaka zaštite okoliša za lokaciju
kompleksa bivšeg kamenoloma u Benkovačkom selu,
Kukalj, na k.č. 673/194 k.o. Benkovac**

Varaždin, lipanj 2026.



IZRAĐIVAČ: SVEUČILIŠTE U ZAGREBU, GEOTEHNIČKI FAKULTET
Hallerova aleja 7, 42 000 Varaždin

NARUČITELJ: Državno odvjetništvo, Ured za suzbijanje korupcije i organiziranog kriminaliteta (Broj: Kis-US-12/2025 od 15. siječnja 2026.)

VRSTA DOKUMENTA: Nalaz i mišljenje vještaka zaštite okoliša za kompleks bivšeg kamenoloma u Benkovačkom selu, Kukalj, na k.č. 673/194 k.o. Benkovac

ZADATAK: Vještačenje zaštite okoliša

BROJ DOKUMENTA: KLASA: 303-01/25-01/22
URBROJ: 2186-73-12-26-40

Datum: 18. lipnja 2026.

Sadržaj

1	Uvod.....	5
1.1	Povod izrade nalaza i mišljenja vještaka.....	5
1.2	Opis lokacije i problematike onečišćenja	7
1.3	Metodološki pristup u provedbi vještačenja	9
1.3.1	Neinvazivni istražni radovi.....	9
1.3.2	Invazivni istražni radovi	10
1.3.3	Uzorkovanje otpada.....	11
1.3.4	Mjerenje radioaktivnosti	17
1.3.5	Analize uzoraka	17
1.3.6	Utvrdjivanje opasnih svojstava otpada	23
1.3.7	Volumen otpada	33
1.3.8	Druge relevantne informacije i podaci	34
2	Opis stanja na lokaciji Benkovac.....	35
2.1	Prostorno – planska dokumentacija	35
2.2	Građevinska dozvola.....	39
2.3	Determinacija otpada na odlagalištu.....	39
2.3.1	Rezultati analize testa procjeđivanja	40
2.3.2	Rezultati kvantitativne analize.....	43
2.3.3	Rezultati analize - granulometrija, vodopropusnost, pepeo, vlažnost, udio metala i gustoća čvrstih čestica	43
2.3.4	Rezultati mikroskopiranja	49
2.3.5	H svojstvo.....	54
2.3.6	Količine otpada	58
2.3.7	Rezultati sortiranja	59
2.3.8	Rezultati mikrobiološke analize otpada.....	80

2.3.9	Mjerenje radioaktivnosti	81
2.4	Geološke i hidrogeološke karakteristike lokacije	81
2.5	Kvaliteta vode na izvorštima	83
2.6	Karakterizacija tla	93
2.7	Biljke.....	95
2.8	Zaštićena područja i Natura 2000.....	95
2.9	Fauna	101
2.10	Kvaliteta zraka.....	101
3	Utjecaj otpada na sastavnice okoliša.....	105
3.1	Metodologija.....	105
3.1.1	Metodologija provedbe vještačenja utjecaja na okoliš.....	105
3.1.2	Razgraničenje procjene stanja i utjecaja	106
3.1.3	Ograničenja procjene i primjena stručne prosudbe	106
3.2	Karakterizacija otpada	107
3.2.1	Fizikalna i strukturna svojstva zakopanog otpada	107
3.2.2	Sastav otpada.....	110
3.2.3	Testovi procjeđivanja i mobilnost metala	111
3.2.4	Sadržaj teških metala u otpadu	112
3.2.5	Interpretacija rezultata mikroskpiranja otpada	114
3.2.6	Izračun HP14 - ekotoksičnost	127
3.2.7	Zaključak	130
3.3	Utjecaj na tlo.....	132
3.4	Utjecaj na floru i faunu	134
3.5	Utjecaj na zrak	137
3.6	Utjecaj na podzemne vode	138
3.7	Mikroplastika	140
3.8	Kumulativni utjecaj	143

3.9	Utjecaj na zdravlje ljudi	145
4	Nalaz i mišljenje vještaka	149
4.1	Utvrđene činjenice	149
4.2	Sažeti prikaz nalaza	152
4.2.1	Karakterizacija otpada i lokacije	152
4.2.2	Otpad kao osnovni izvor utjecaja	154
4.2.3	Sažeti prikaz utjecaja otpada na okoliš i zdravlje ljudi	155
5	Zaključak i mišljenje	159
5.1	Opseg, vrsta, sastav, svojstva i količina otpada	159
5.2	Promjene u okolišu	161
5.3	Opseg, trajnost i reverzibilnost štete	162
5.4	Prekoračenja regulatornih vrijednosti	163
5.5	Razina opasnosti i vjerojatnost nastanka štete	164
5.6	Zaključak	165
6	Popis literature	167
7	Popis slika	168
8	Popis tablica	171

1 Uvod

1.1 Povod izrade nalaza i mišljenja vještaka

Geotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu u predmetu Ureda za suzbijanje korupcije i organiziranog kriminaliteta broj Kis-US-12/2025 protiv _____, zbog kaznenih djela iz članka 328. stavka 1. Kaznenog zakona, provodio je vještačenja iz područja zaštite okoliša, geotehnike i hidrogeologije te je tijekom pojedinih dokaznih radnji pružao stručnu pomoć policijskim službenicima, a sve temeljem naloga Ureda za suzbijanje korupcije i organiziranog kriminaliteta broj Kis-US-12/2025.

Temeljem naloga Ureda za suzbijanje korupcije i organiziranog kriminaliteta broj Kis-US-12/2025 od 03. studenog 2025., dana 4. i 5. studenog 2025. proveden je očevid na katastarskoj čestici 673/194 k.o. Benkovac.

Temeljem naloga Ureda za suzbijanje korupcije i organiziranog kriminaliteta broj Kis-US-12/2025 od 03. studenog 2025. provedena je prva faza vještačenja zaštite okoliša, koja je obuhvatila analizu geotehničkih i hidrogeoloških snimanja i mjerenja provedenih tijekom očevida, te stručnu obradu prikupljenih podataka radi procjene stanja tla i podzemnih voda.

Ovaj nalaz i mišljenje daje se temeljem naloga Ureda za suzbijanje korupcije i organiziranog kriminaliteta broj Kis-US-12/2025 od 15. siječnja 2026., kojim je Geotehničkom fakultetu, radi davanja nalaza i mišljenja u ovom predmetu, povjereno vještačenje zaštite okoliša u odnosu na sljedeće zadatke:

1. Tijekom opažanja prikupljenih tijekom očevida provedenog dane 4. i 5. studenog 2025. godine po nalogu Ureda za suzbijanje korupcije i organiziranog kriminaliteta (Kis-US-12/2025 od 3. studenog 2025.), rezultata analiza geotehničkih i hidrotehničkih snimanja i mjerenja po nalogu Ureda za suzbijanje korupcije i organiziranog kriminaliteta (Kis-US-12/2025 od 3. studenog 2025.), sadržaja dokumentacije i podataka iz spisa predmeta, rezultata pretrage proveden temeljem naloga Županijskog suda u Splitu te rezultata analiza uzoraka, utvrditi sve promjene u okolišu u odnosu na nekretninu u Benkovcu, oznake k.č. 673/194 k.o. Benkovac, te po potrebi i u odnosu na druge okolne nekretnine, posebice oštećenja tla, vode, zraka, podzemlja, biološke

raznolikosti, uključujući divlje vrste biljaka, životinja i gljiva i drugih elemenata okoliša, sve uslijed nepropisno zbrinutog otpada na način da se utvrdi opseg, trajnost i reverzibilnost štete, zatim opseg, vrsta, sastav, svojstva i količina otpada, kao i prekoračenja propisanih regulatornih pragova, vrijednosti i/ili parametara, te podredno razina opasnosti, odnosno vjerojatnost nastanka štete za okoliš, biološku raznolikost i zdravlje ljudi,

2. utvrditi prisutnost, smjer, dinamiku kretanja i količinu podzemnih voda te razinu onečišćenja metodom monitoringa izvora u okruženju (Kakma, Turjansko, Kutijin stan, Biba, Begovača i eventualno drugi) i drugim odgovarajućim metodama, te utvrditi sve druge relevantne karakteristike tla, podzemnih slojeva i podzemnih voda koje su od značaja za procjenu okolišnih i sanacijskih rizika,
3. očitovati se na sve druge činjenice i okolnosti na koje se naiđe tijekom vještačenja, koje su u svezi s predmetnom inkriminacijom,
4. pružiti stručnu pomoć policijskim službenicima Ravnateljstva policije, Uprave kriminalističke policije i policijskim istražiteljima prilikom izuzimanja uzoraka otpada, tla i drugih tvari tijekom provođenja dokaznih radnji pretraga i očevida na nekretninama navedenim u podtočki 1. točke III. naloga u svrhu ispravnog prikupljanja i skladištenja uzoraka radi daljnje kemijsko-fizikalne, toksikološke i druge analize te vještačenja,
5. provesti geodetsko snimanje te analizu uzoraka izuzetih tijekom pretrage na nekretninama navedenim u podtočki 1. točke III. naloga, sortiranjem, granulometrijskom analizom, određivanje gustoće, mjerenjima te drugim radnjama, radi utvrđivanja ključnog broja uzoraka otpada, kategorizacije otpada, mogućeg načina zbrinjavanja i dr., sve u svrhe zadatka vještačenja navedenog u podtočki 1. točke III. naloga.

Glede službenih radnji na lokaciji u Benkovcu provedeno je slijedeće:

- zapisnik MUP, ravnateljstvo policije
o provedenom **očevidu** u Benkovcu dana 4 i 5. studenog 2025 na nekretnini oznake k.č. 673/194 k.o. Benkovac - kada su temeljem naloga Ureda broj Kis-US-12/2025 od 3. studenog 2026. provedena mjerenja i snimanja od strane Geotehničkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu te **vještačenje** istog fakulteta analizom geotehničkih i hidrotehničkih snimanja i mjerenja provedenih tijekom očevida;

- temeljem naloga Županijskog suda u Splitu broj dana 16. siječnja 2026. provedena je **pretraga** kompleksa bivšeg kamenoloma u Benkovačkom Selu, Kukalj, odnosno dvorišnog i vanjskog prostor poslovnih zgrada, koji se nalazi na katastarskoj čestici broja 673/194 upisanoj u z.k. uložak broja 883 k.o. Benkovac – o čemu je sačinjen Zapisnik o pretrazi doma i drugih prostora MUP, Ravnateljstvo policije, Uprava kriminalističke policije, Služba općeg kriminaliteta, i u kompleksu bivšeg kamenoloma u Benkovačkom selu, Kukalj od 16. siječnja 2026. s kriminalističko tehničkim izvješćima
- Zavod Štampar i Geotehnički fakultet vještačili (analizirali) ste uzorke oznaka: P1.1, P1.2, P1.3, P1.4, P2.1, P2.2, P2.3, P3.1, P3.2, P4.1, P4.2, P5.1, P5.2, P6.1, P6.2, P7.1, P7.2, P8.1, P8.2 (ukupno 19 uzoraka – uzeti su u duplikatima, a za Zavod za javno zdravstvo Andrija Štampar je nadodana oznaka AŠ) temeljem:
 - Naloga Ureda broj Kis-US-12/205 od 28. siječnja 2026. godine za provođenje fizikalno-tehničkog vještačenja nad materijalom (uzorci otpada) (Geotehnički fakultet)
 - Naloga Ureda broj Kis-US-12/205 od 28. siječnja 2026. godine za provođenje kemijsko – fizikalno i mikrobiološko vještačenja nad materijalom (uzorci otpada) (NZJZ Andrija Štampar)

1.2 Opis lokacije i problematike onečišćenja

Lokacija koja je bila predmet vještačenja nalazi se u Benkovcu, Zadarska županija, kč 673/194 k.o. Benkovac na području Građevinskog područja naselja Kula Atlagić u zoni površine za iskorištavanje mineralne sirovine. Lokacija predstavlja napušteni kamenolom na kojem se nalazi vidljivi nasipani i poravnani plato sa vidljivim kamenim materijalom izmiješanim sa plastikom, vrgumom i sličnim otpadom. Nasuti plato izmiješanog kamenog materijala i plastike dio je navedene katastarske čestice.

U neposrednoj blizini nelegalnog odlagališta na čestici smještena su tri objekta i prostor na kojem se skladište kameni proizvodi (ploče). Najbliže kuće odaljene su više od 1000 m od lokacije.



Slika 1. Lokacija odloženog otpada



Slika 2. Lokacija kčbr. 673/194 k.o. Benkovac i prostor odloženog otpada



Slika 3. Područje odloženog otpada

Na lokaciju se pristupa sa glavne prometnice državne ceste D27 pristupnom cestom koja je asfaltirana. Lokacija nije ograđena te je omogućen pristup. Na lokaciji nije evidentirana hidrantska mreža niti drugi elementi.

U spisu predmeta navodi se da je površina koju otpad zauzima 3.674,64 m², a maksimalna visina nasipa 8,86 m (Geovid d.o.o. oznaka elaborata 83/2024).

1.3 Metodološki pristup u provedbi vještačenja

Za potrebe ovog vještačenja provedeni su slijedeće aktivnosti:

1.3.1 Neinvazivni istražni radovi

Prema Nalogu izdanom 3. studenoga 2025. od Državnog odvjetništva, Ureda za suzbijanje korupcije i organiziranog kriminaliteta (Broj: Kis-US-12/2025), Geotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu pristupio je provedbi neinvazivnih istražnih radova na lokaciji, te po potrebi i na drugim okolnim nekretninama.

Temeljem Naloga bilo je potrebno napraviti:

- Očevid o utvrđivanju količine i prostorne rasprostranjenosti otpada koji je nasipan i odložen u tlo, odnosno prirodnoj površini, utvrđivanja nalaze li se na toj lokaciji podzemne vode te radi pronalaska tragova otpada u okoliš;
- privremeno oduzimanja predmeta i to tragova otpada te drugih predmeta koji mogu poslužiti pri utvrđivanju činjenica u postupku.

Stoga su u ovom dijelu provedeni neinvazivni istražni radovi u svrhu:

- A. Definiranja geološke i hidrogeološke strukture mikrolokacije
- B. Definiranje daljnjih radova potrebnih za ocjenu potencijalnog utjecaja ilegalnog odlagališta na podzemne vode
- C. Definiranja lokacije i broja bušotina/iskopa na platou za uzimanje uzoraka (ukoliko je potrebno)
- D. Definiranja horizontalna i vertikalna rasprostranjenosti otpada ispod platoa

Za potrebe definiranja geološke i hidrogeološke strukture mikrolokacije i definiranja daljnjih radova potrebnih za ocjenu potencijalnog utjecaja ilegalnog odlagališta na podzemne vode (A i B) provedena je terenska prospekcija terena, odnosno geološko i hidrogeološko rekognosciranje šireg područja predmetne lokacije u prostoru oko lokacije odloženog otpada, te su provedena i geofizička ispitivanja.

Za potrebe definiranja lokacija i broja bušotina/iskopa na platou za uzimanje uzoraka i definiranje horizontalna i vertikalna rasprostranjenosti otpada ispod platoa (C i D) provedeno je snimanje georadarom i provedeni su geoelektrični istražni radovi, te pregled vanjskog dijela lokacije koji je otvoren i omogućen mu je pristup.

Geotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu ima Rješenje Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja o ispunjenju posebnih uvjeta za obavljanje djelatnosti geofizičkih istraživanja, od 8. kolovoza 2022. (KLASA: UP/I-325-07/22-04/06; URBROJ: 517-09-1-2-2-22-5), 2 lista.

Rezultati provedenih neinvazivnih istražnih radova nalaze se u dokumentu *Nalaz i mišljenje o provedenim aktivnostima po nalogu Ureda za suzbijanje korupcije i organiziranog kriminaliteta broj Kis-US-12/2025 od 3. studenoga 2025. za vještačenje zaštite okoliša – lokacija Benkovac - neinvazivni istražni radovi* (Klasa: 018/2025/1111 Urbroj: 517-09-1-2-2-22-5 od 14. prosinca 2025.).

1.3.2 Invazivni istražni radovi

Invazivni istražni radovi uključili su uzimanje uzoraka iz tijela odlagališta i to iskopavanjem radnim strojem bagerom do maksimalne dubine 3 m.

1.3.3 Uzorkovanje otpada

U spisu predmeta nalazi se zapisnik o provedenim radnjama u kojima je evidentiran način, dinamika i lokacija uzorkovanja pojedinačne vrste otpada i to Zapisnik o pretrazi doma i drugih prostora od : . godine broj: . Uprave kriminalističke policije, Službe općeg kriminala i Kriminalističko-tehničko izvješće (Broj evidencijskog upisnika u nastavku se daje detaljan opis provedbe uzorkovanja. Kao osnova za provedbu vještačenja uzeti su uzorci otpada na više lokacija platoa.

Uzorci podzemne vode ispod/uz tijelo nelegalnog odlagališta nisu uzeti jer ne postoje otvoreni vodotoci u blizini, a radi se krškom području koje je izrazito propusno stoga izvođenje piezometara nije bilo svrsishodno (vidjeti dokument *Nalaz i mišljenje o provedenim aktivnostima po nalogu Ureda za suzbijanje korupcije i organiziranog kriminaliteta broj Kis-US-12/2025 od 3. studenoga 2025. za vještačenje zaštite okoliša – lokacija Benkovac - neinvazivni istražni radovi*).

Kako je okruženje lokacije napušteni kamenolom vrlo strmih padina i teško pristupačni i siromašni vegetacijom ili je nema, uzorci biljaka i tla u neposrednoj blizini lokacije nisu uzeti.

Otpad

Za potrebe izrade vještačenja uzeti su uzorci pri iskopavanju platoa na kojem je otpad zakopan pomoću radnog stroja bagera. Uzeti uzorci stavljeni su u plastične vrećice svaki zasebno i označeni, te zatvoreni i transportirani do analitičkog mjesta.

Lokacije uzimanja uzoraka definirane su na način da se pokrije cijeli prostor nelegalnog odlagališta uz uvažavanje konfiguracije terena i to ravnomjerno horizontalno i vertikalno kako bi se dobili reprezentativni uzorci. Rubno uz tijelo nelegalnog odlagališta nisu uzeti uzorci zbog opasnosti od proklizavanja.

Radni stroj je na svakoj lokaciji uzimanja uzorka napravio prokop dužine 400-600 cm te širine od oko 120 cm. Prilikom iskapanja iz pojedinih uzoraka oslobađala se toplota u vidu pare.

Svi uzorci pakirani su u omote odvojeno i označeni. Svaki uzorak podijeljen je u dva dijela (za Geotehnički fakultet i Nastavni zavod za javno zdravstvo Andrija Štampar). U iskopu P1 uzeta su četiri uzorka, u iskopu P2 tri uzorka, a u iskopima P3 do P8 po dva uzorka.





Slika 4. Fotografije uzorkovanja

Oznaka iskopa P1 – iskop dubine oko 300 cm

Oznaka uzorka P1.1. na dubini oko 30 cm

Oznaka uzorka P1.2. na dubini oko 200 cm

Oznaka uzorka P1.3. na dubini oko 300 cm.

Oznaka uzorka P1.4. na dubini oko 300 cm pakiran odvojeno u PVC kanticu za biološki otpad



Slika 5. Uzorci iz iskopa P1

Oznaka iskopa P2 – iskop dubine 370 cm

Oznaka uzorka P2.1. na dubini oko 50 cm

Oznaka uzorka P2.2.2 na dubini oko 240 cm

Oznaka uzorka P2.3. na dubini oko 370 cm



Slika 6. Uzorci iz iskopa P2

Oznaka iskopa P3 – iskop dubine oko 300 cm

Oznaka uzorka P3.1. na dubini oko 70 cm

Oznaka uzorka P3.2. na dubini oko 370 cm

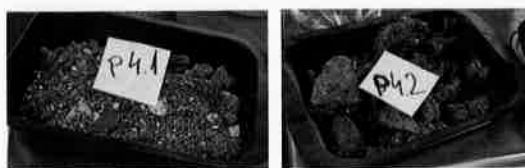


Slika 7. Uzorci iz iskopa P3

Oznaka iskopa P4 – iskop dubine oko 250 cm

Oznaka uzorka P4.1. na dubini oko 70 cm

Oznaka uzorka P4.2. na dubini oko 250 cm



Slika 8. Uzorci iz iskopa P4

Oznaka iskopa P5 – iskop dubine oko 400 cm

Oznaka uzorka P5.1. na dubini oko 170 cm

Oznaka uzorka P5.2. na dubini oko 400 cm



Slika 9. Uzorci iz iskopa P5

Oznaka iskopa P6 – iskop dubine 420 cm

P6.1. na dubini oko 160 cm

P6.2. na dubini oko 420 cm



Slika 10. Uzorci iz iskopa P6

Oznaka P7 – iskop dubine oko 320 cm

P7.1. na dubini oko 190 cm

P7.2. na dubini oko 320 cm



Slika 11. Uzorci iz iskopa P7

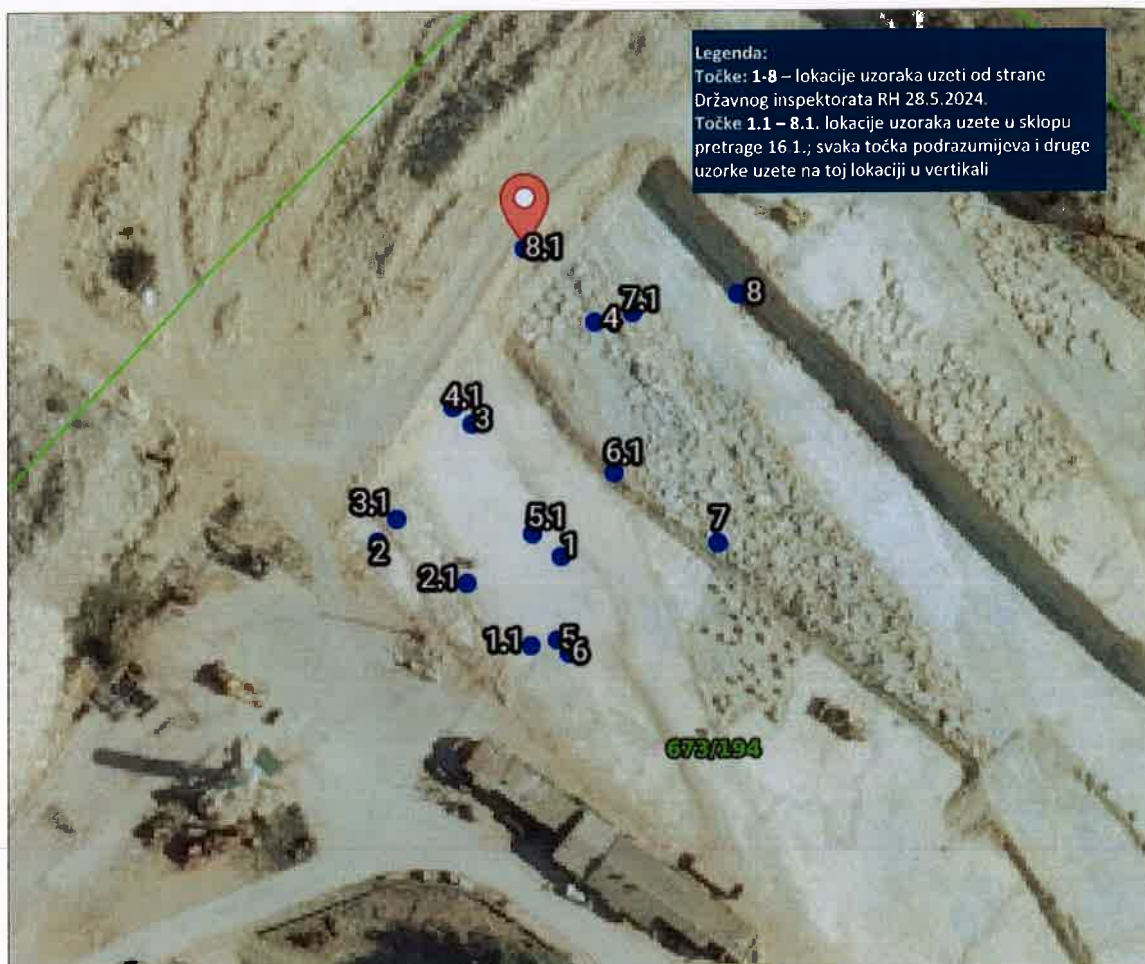
Oznaka P8 – iskop dubine oko 370 cm

P8.1. na dubini oko 130 cm

P8.2. na dubini oko 370 cm



Slika 12. Uzorci iz iskopa P8



Slika 13. Lokacije uzimanja uzoraka (1-8 – uzorci DIRH), (1.1-8.1 – uzorci očevid)

1.3.4 Mjerenje radioaktivnosti

Na svim uzorcima dostavljenim na Geotehnički fakultet provedeno je mjerenje radioaktivnosti. Radijacija je mjerena Geigerovim brojačem Gamma Scout GS2 uređajem s mjernim rasponom od 0,01 do 5000 $\mu\text{Sv/h}$ i točnošću mjerenja $\pm 5\%$.

1.3.5 Analize uzoraka

U sklopu ovog vještačenja ukupno je analizirano 19 uzorka u duplikatu iz kojih su napravljena 3 kompozitina uzorka (Kompozit 1 – uzorci 1, 2 i 3, Kompozit 2 – uzorci 4, 5 i 6, Kompozit 3 – uzorci 7 i 8) za određivanje H svojstava. Dodatno je za svaki iskop gdje je uzeto više vertikalnih uzoraka napravljeno 8 kompozita (8 iskopa) za određivanje mikrobioloških svojstava otpada.

Analize uzoraka proveo je Nastavni zavod za javno zdravstvo Andrija Štampar, a dio analiza proveo je Geotehnički fakultet.

Na temelju dostavljenih izvora, u nastavku je tablica koja prikazuje vrste analiza provedenih na pojedinačnim uzorcima i skupinama uzoraka (kompozitima) s lokacije Benkovac.

Tablica 1. Popis vrsta provedenih ispitivanja

Da/Ne	Test procj ediv anja	Vlaž nost	Gustoć a čvrstih čestica ¹	Granul ometri ja ²	Prosija vanje	Sortir anje ³	Mikrosko piranje	Udi o met ala	Udio orga nske tvari ⁴	Mjer enje radio aktiv nosti	Mikr obiol ogija	H svojs tva, ekot oksič nost
Da/Ne												
P 1.1	da	da	da	da	da	da	da	da	da	da	ne	ne
P 1.2	da	da	ne	ne	da	da	da	da	da	da	ne	ne
P 1.3	da	da	da	da	da	da	da	da	ne	da	ne	ne
P 1.4	da	da	da	da	da	da	da	da	ne	da	ne	ne
P 2.1	da	da	da	da	da	ne	da	da	ne	da	ne	ne
P 2.2	da	da	ne	ne	da	da	da	da	da	da	ne	ne
P 2.3	da	da	ne	ne	da	da	da	da	da	da	ne	ne
P 3.1	da	da	ne	ne	da	da	da	da	da	da	ne	ne
P 3.2	da	da	ne	ne	da	da	da	da	da	da	ne	ne
P 4.1	da	da	da	da	da	da	da	da	ne	da	ne	ne
P 4.2	da	da	ne	da	da	da	da	da	da	da	ne	ne
P 5.1	da	da	ne	ne	da	da	da	da	da	da	ne	ne
P 5.2	da	da	ne	ne	da	da	da	da	da	da	ne	ne

¹ Gustoća čvrstih čestica nije određena za uzorke P1.2, P2.2, P2.3, P3.1, P3.2, P4.2, P5.1, P5.2, P6.1, P6.2, P7.1, P7.2 i P8.2 zbog predimenzioniranosti čestica (okvirno > 3 cm), što nije omogućavalo provođenje mjerenja korištenom aparaturom.

² Granulometrijska analiza nije provedena za uzorke P1.2, P2.2, P2.3, P3.1, P3.2, P5.1, P5.2, P6.1, P6.2, P7.1 i P8.2 zbog prisutnosti čestica dimenzija većih od raspona primijenjenih sita.

³ Sortiranje krupne frakcije nije provedeno za uzorke P2.1 i P8.1 zbog premale veličine čestica za pouzdano određivanje morfološkog sastava.

⁴ Određivanje udjela organske tvari žarenjem nije provedeno za uzorke P1.3, P1.4, P2.1, P4.1 i P8.1 jer je sastav uzorka procijenjen na temelju rezultata određivanja gustoće čvrstih čestica, koja predstavlja indirektan pokazatelj udjela mineralne i organske/polimerne komponente.

P 6.1	da	da	ne	ne	da	da	da	da	da	da	ne	ne
P 6.2	da	da	ne	ne	da	da	da	da	da	da	ne	ne
P 7.1	da	da	ne	ne	da	da	da	da	da	da	ne	ne
P 7.2	da	da	ne	da	da	da	da	da	da	da	ne	ne
P 8.1	da	da	da	da	da	ne	da	da	ne		ne	ne
P 8.2	da	da	ne	ne	da	da	da	da		da	ne	ne
Kompozit 1 (H)	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	da
Kompozit 2 (H)	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	da
Kompozit 3 (H)	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	da
Kompozit iskop 1	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	da	ne
Kompozit iskop 2	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	da	ne
Kompozit iskop 3	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	da	ne
Kompozit iskop 4	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	da	ne
Kompozit iskop 5	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	da	ne
Kompozit iskop 6	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	da	ne
Kompozit iskop 7	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	da	ne
Kompozit iskop 8	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	da	ne

Tablica 2. Popis naloga za uzorke

Nalog Ureda Kis-US-12/2025	Datum naloga	Vrsta vještačenja	Oznake uzoraka i vrsta uzorka	Institucija
Kis-US-12/2025	28.1.2026.	fizikalno-tehničko	P1.1, P1.2, P1.3, P1.4, P2.1, P2.2, P2.3, P3.1, P3.2, P4.1, P4.2. P5.1, P5.2, P6.1, P6.2, P7.1, P7.2, P8.1, P8.2	Geotehnički fakultet
Kis-US-12/2025	28.1.2026.	kemijsko-fizikalno i mikrobiološko	P1.1 AŠ, P1.2 AŠ, P1.3 AŠ, P1.4 AŠ, P2.1 AŠ, P2.2 AŠ, P2.3 AŠ, P3.1 AŠ, P3.2 AŠ, P4.1 AŠ, P4.2 AŠ. P5.1 AŠ, P5.2 AŠ, P6.1 AŠ, P6.2 AŠ, P7.1 AŠ, P7.2 AŠ, P8.1 AŠ, P8.2 AŠ	NZJZ „dr. Andrija Štampar“

Vlažnost u zatečenom stanju

Udio vlage u materijalu određen je gravimetrijskom metodom sušenja do konstantne mase. Reprezentativni uzorak najprije se izvaže, a zatim se suši u sušioniku pri temperaturi od $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$ do postizanja konstantne mase. Nakon sušenja uzorak se ohladi u eksikatoru i ponovno važe. Omjer mase isparene vode i ukupne mase uzorka prije sušenja definira maseni udio vode u uzorku u odnosu na ukupnu masu uzorka. Postupak se provodi sukladno relevantnoj normi za tlo, kao npr. ASTM D2216.

Gustoća čvrstih čestica otpada

Gustoća čvrstih čestica otpada određena je primjenom modificiranog plinskog piknometra. Metoda plinskog piknometra prilagođena je prema normi ASTM International, 2020. Standard Test Methods for Determining the Water (Moisture) Content, Ash Content, And Organic Material of Peat and Other Organic Soils (D2974–20e1). ASTM International, West Conshohocken, PA. Plinski piknometar koristi se za određivanje gustoće čvrstih čestica na temelju mjerenja volumena istisnutog plina. Uređaj radi na principu Boyle–Mariotteovog zakona, pri čemu se uzorak smješta u mjernu komoru poznatog volumena, a zatim se u sustav uvodi zrak (u idealnom slučaju inertni plin). Zrak prodire u sve dostupne pore između čestica, ali ne ulazi u zatvorene pore, čime omogućuje precizno određivanje stvarnog volumena čvrste faze. Mjerenjem promjene tlaka u referentnoj i mjernoj komori izračunava se volumen uzorka, a gustoća čvrstih čestica dobiva se kao omjer mase uzorka i izmjerenog volumena. Točnost korištenog plinskog piknometra iznosila je $\pm 3\%$, što se smatralo prihvatljivom točnošću (Petrović i sur., 2022a, 2022b).

Granulometrijski sastav

Postupak analize veličine čestica otpada prilagođen je ASTM D 422 normi za analizu granulometrijskog sastava tla. Uzorci su prosijani kroz niz sita s otvorima veličina: 16; 8; 4; 2; 1 i 0,5 mm. Dobivena granulometrijska krivulja uobičajeno se prikazuje u polulogaritamskom mjerilu.

Gustoća suhih uzoraka u rahlom stanju

Ispitivanje minimalne nasipne gustoće otpada prilagođeno je metodi „A” norme ASTM D-4254. Kako je definirano u navedenoj normi, minimalna nasipna gustoća predstavlja najrahlije stanje

nekohezivnog materijala koje se može postići standardiziranim laboratorijskim postupkom. Uzorci su se nasipavali u kalup poznatog volumena pomoću ručne lopatice. Prije početka ispitivanja, volumen kalupa utvrđen je metodom izravnog mjerenja promjera i visine kalupa pomičnom mjerkom. Gustoća uzoraka u rahlom stanju određena je kao omjer odgovarajuće mase uzorka nasipanog u rastresitom stanju u kalup poznatog volumena.

Gustoća suhih uzoraka u zbijenom stanju

Ispitivanje maksimalne nasipne gustoće provedena je po vlastitoj metodi. Suhi uzorci su se zbijali statički utezima mase od 4,14 kg i 24,34 kg što predstavlja vertikalno naprezanje na uzorak od $16,5 \text{ kN/m}^2$ i $96,98 \text{ kN/m}^2$. Uz zapreminsku težinu otpada u najrahlijem stanju od $3,3 \text{ kN/m}^3$, ovim naprezanjima simulirala se zbijenost otpada na dubinama od 5 i 30 metara. Maksimalna nasipna gustoća predstavlja najzbijenije stanje nekohezivnog materijala koje se može postići standardiziranim laboratorijskim postupkom zbijanja. Prije početka ispitivanja, volumen kalupa utvrđen je metodom izravnog mjerenja promjera i visine kalupa pomičnom mjerkom. Gustoća uzoraka u zbijenom stanju određena je kao omjer odgovarajuće mase uzorka u zbijenom stanju i odgovarajućeg volumena uzorka utvrđenog mjerenjem pomičnom mjerkom.

Udio metala

Udio magnetskih metala u uzorcima utvrđivan je prelaskom snažnog magneta iznad površine razasrtog uzorka otpada. Količina čestica privučenih na magnet uslijed djelovanja magnetskog polja (ukoliko ih bude) će se izvagati te izračunati maseni udio magnetskih čestica u ispitivanim uzorcima.

Sastav otpada

Metodologija utvrđivanja sastava otpada prilagođena je vrsti uzorka te su primijenjena dva pristupa i to ručno sortiranje i mikroskopiranje otpada.

Sortiranje otpada provedeno je prema standardiziranom postupku frakcioniranja na temelju veličine i materijalnog sastava. Cjelokupni početni uzorak najprije je prosijan kroz sito nominalnog otvora 16 mm, čime je odvojena sitna frakcija ($<16 \text{ mm}$) od krupnije frakcije ($>16 \text{ mm}$). Sav materijal koji je zaostao na situ činio je radni uzorak za daljnju analitičku podjelu.

Prosijavanje je provedeno kako bi se lakše evidentirali krupniji materijali karakteristični za određenu vrstu otpada. Iako su u frakciji <16 mm lokalno vidljivi fragmenti različitih materijala, sortiranje sitnice nije provedeno budući je primarna namjena ove frakcije bila utvrđivanje prisutnosti mikroplastike (<5mm) mikroskopiranjem. Frakcioniranje zaostalog materijala provedeno je ručnim sortiranjem uz pomoć vizualne identifikacije prema makroskopskim morfološkim obilježjima. Materijal je razvrstan u sljedeće kategorije:

- plastika (tvrdi polimeri, kruti fragmenti, obojeni komadi)
- folija (tanki polimerni listići i ambalažni filmovi)
- guma (elastični i spužvasti fragmenti elastomera)
- tekstil (tkanine, netkani materijali, sintetska i celulozna vlakna)
- građevinski otpad (keramika, cigla, beton, mort)
- kamen (prirodni mineralni agregati, šljunak)
- staklo (lomljeni fragmenti prozirnog i pigmentiranog stakla)
- metal (kompaktni metalni fragmenti, lim, žica)
- drvo (celulozni fragmenti, komadi obrađenog ili prirodnog drveta)

Nakon sortiranja, svaka frakcija je kvantificirana vaganjem. Mjerenje mase provedeno je na vagi G&G E15KY-1 preciznosti 1 gram, a mase pojedinih frakcija zabilježene su u radnu tablicu za potrebe daljnje obrade podataka. Podaci o masama korišteni su za izračun relativne zastupljenosti pojedinih kategorija otpada te za interpretaciju kompozicije ukupnog uzorka.

Mikroskopska analiza

Mikroskopska analiza provedena je s ciljem utvrđivanja prisutnosti mikroplastike obzirom na veličinu čestica (bez određivanja vrste polimera), uz morfološku evaluaciju i određivanje materijalnog sastava opaženih čestica. Za analizu je korišten mikroskop Olympus SZX7, opremljen integriranom digitalnom kamerom Olympus EP50, koja omogućuje snimanje mikroskopskih slika visoke rezolucije.

Iz svakog uzorka otpada izdvojen je manji reprezentativni poduzorak, čija je veličina bila prilagođena objektnoj pločici i radnom području mikroskopa. Poduzorci su mikroskopirani pri povećanjima prilagođenima morfologiji materijala, pri čemu je mjerilo 500 µm korišteno kao referentna skala u analizama mikroplastike i mineralnih agregata.

Za svaki uzorak izrađene su mikrofotografije snimljene kamerom Olympus EP50. Mikroskopski pregled uključivao je:

- opažanje geometrije čestica (rubovi, lom, oblik)
- klasifikaciju površinske teksture (glatka, hrapava, porozna)
- identifikaciju boje i optičkih svojstava
- detekciju eventualnih vlaknastih struktura
- procjenu prisutnosti mineralnih i drugih inkluzija
- usporedbu opažanja s tipičnim morfološkim obilježjima poznatih polimera i prirodnih materijala

Zaključci o prirodi materijala (npr. plastika, tekstil, staklo, mineralni agregat, drvo) doneseni su na temelju morfološke analize mikroskopskih slika u kombinaciji s makroskopskim opažanjem uzoraka.

Također treba napomenuti da je u mehanici otpada uobičajeno analize provoditi sukladno standardima za ispitivanje tla budući da odgovarajuće norme za ispitivanje otpada ne postoje. Slijedom navedenog ispitni laboratorij, zbog razlika između uzoraka tla i otpada, može prilagoditi normirani postupak prirodi ispitnog uzorka ukoliko se za to ukaže potreba.

1.3.6 Utvrđivanje opasnih svojstava otpada

1.3.6.1 *Opasna H svojstva otpada*

Prema Direktivi 2008/98/EZ od 19. studenoga 2008. o otpadu definira se u čl. 3 st. 1 i st. 2

1. „*otpad*” znači *svaka tvar ili predmet koji posjednik odbacuje ili namjerava ili mora odbaciti;*
2. „*opasan otpad*” znači *otpad koji posjeduje **jedno ili više** opasnih svojstava navedenih u Prilogu III.;*

Zakon o gospodarenju otpadom (NN 84/21, 142/23) usklađen je s Direktivom 2008/98/EZ.

Provedbenom **Uredbom Komisije (EU) br. 1357/2014** zamjenjuje se Prilog III Direktive 2008/98/EZ i preciziraju kriteriji za 15 opasnih svojstava (HP1-HP15) koja otpad mogu učiniti opasnim (Tablica 3). Uredba je izravno primjenjiva i odnosi se na kriterije klasifikacije otpada kao opasnog na temelju sadržaja opasnih tvari i njihove klasifikacije po kemijskim kriterijima.

Tablica 3. Opasna svojstva otpada (H1–H15 / HP1–HP15) s primjerima spojeva i aktivnosti

Oznaka	Naziv opasnog svojstva	Što se gleda	Kriteriji za utvrđivanje	Primjeri spojeva / aktivnosti	Nalaz
HP1	Eksplozivno	Potencijal eksplozije	Tvari klasificirane kao H200–H204, H240–H241 (CLP)	TNT, nitroglicerina, amonijev nitrat visoke čistoće, organski peroksidi	Nema indikacija
HP2	Oksidirajuće	Poticanje izgaranja	H270–H272 (CLP)	Kalijev permanganat, natrijev klorat, nitrati	Nema indikacija
HP3	Zapaljivo	Zapaljivost	Fizikalna svojstva (FP < 60 °C) i/ili H220–H226, H228, H250–H252, H260–H261	Benzin, toluen, aceton, uljni muljevi	Nema indikacija
HP4	Nadražujuće	Iritacija kože, očiju, dišnog sustava	H315, H319, H335 iznad pragova (CLP)	Cement, vapno, alkalni materijali	Nema utvrđenih tvari iznad pragova
HP5	Štetno	Toksični učinci na organe / aspiracija	H304, H335, H336, H370–H373 (CLP)	Uljni otpadi, otapala, dizelski muljevi	Nema utvrđenih tvari iznad pragova
HP6	Toksično	Akutna toksičnost	H300–H302, H310–H312, H330–H332 (LD ₅₀ / LC ₅₀)	Živa, cijanidi, pesticidi	Nema indikacija
HP7	Karcinogeno	Potencijal izazivanja raka	H350, H351 iznad pragova	PAH (benzo[a]piren), Cr(VI), arsen	Nema dokaza
HP8	Korozivno	Razaranje tkiva	H314 ≥ 5% ili pH ≤ 2 ili ≥ 11.5 (indikativno)	H ₂ SO ₄ , HCl, NaOH	Nema indikacija
HP9	Infektivno	Prisutnost patogena	Medicinski / sanitarni kriteriji	Medicinski i biološki otpad	Nema (mikrobiologija negativna)
HP10	Reprotoksično	Utjecaj na plodnost i fetus	H360 ili H361 iznad pragova (0,3% / 3% ovisno o klasi)	Olovo, ftalati	Nema utvrđenih tvari iznad pragova
HP11	Mutageno	Genetska oštećenja	H340, H341 iznad pragova	Cr(VI), epoksidni spojevi	Nema utvrđenih tvari iznad pragova
HP12	Otpušta toksične plinove	Reakcije s vodom/kiselinama	EUH029, EUH031, EUH032	Sulfidi (H ₂ S), cijanidi (HCN)	Nema indikacija
HP13	Senzibilizirajuće	Alergijske reakcije	H317, H334 iznad pragova	Izocijanati, nikal	Nema utvrđenih tvari iznad pragova

HP14	Ekotoksično	Toksičnost za vodeni okoliš	H400–H413 + zbrajanje prema Uredbi (EU) 2017/997 ili ekotoks testovi (npr. <i>Daphnia magna</i>)	Cu, Zn, Ni, Pb, pesticidi	Prisutni elementi, ali nije dokazana klasifikacija iznad pragova / potrebno dodatno vrednovanje
HP15	Naknadna opasnost	Sekundarna opasna svojstva	EUH001, EUH019, EUH044 ili dokaz nastanka opasnih eluata	Reaktivni pepeo, nestabilni otpadi	Potencijal postoji, procjenjuje se zasebno

HP14 je svojstvo otpada ekotoksično i znači da otpad sadrži tvari koje mogu uzrokovati štetne učinke na ekosustave, prvenstveno vodeni okoliš, u koncentracijama koje su same po sebi opasne, neovisno o lokaciji ili načinu odlaganja (to je svojstvo otpada).

Karakterizacija ekotoksičnosti za neki materijal (otpad) ima jasno značenje za okoliš. Ekotoksičnost može biti kratkoročna (akutno) i dugoročna (kronično). Procjena ovog svojstva važna je jer određuje može li otpad uzrokovati negativne posljedice u slučaju kontakta s okolišem, primjerice putem procjednih voda.

Akutna (kratkoročna) ekotoksičnost znači da otpad može u vrlo kratkom vremenu, u slučaju da dođe u kontakt s vodom, ispire se s oborinama ili dospije u kanalizaciju ili recipijent, uzrokovati uginuće vodenih organizama, gubitak biološke aktivnosti i poremećaj hranidbenog lanca (planktoni, alge, beskralježnjaci (*Daphnia magna*), ribe.

Kronična (dugoročna) ekotoksičnost znači da otpad može uzrokovati dugotrajne, kumulativne i teško reverzibilne učinke, čak i ako ne ubija odmah. Ovo uključuje bioakumulaciju (nakupljanje u organizmima povećanje koncentracije kroz hranidbeni lanac, smanjenje reprodukcije), promjenu biljne ili životinjske zajednice, onečišćenje sedimenta i/ili tla. (Rand et al 1995, Alloway 2013, Salomons, 1984)

Procjena opasnog svojstva **HP14 – ekotoksičnost** u europskom sustavu klasifikacije otpada primarno se temelji na **kemijskoj procjeni sastava otpada i regulatornom izračunu ekotoksičnosti**.

Ekotoksikološki biotestovi, poput testa s *Daphnia magna*, mogu se koristiti kao **dopunski alat za procjenu potencijalnog biološkog učinka eluata**, osobito kada kemijski sastav otpada nije potpuno poznat, kada je izrazito heterogen ili kada je potrebno dodatno procijeniti utjecaj smjese tvari.

Ekotoksikološki biotestovi (*Daphnia magna*) mjere stvarni biološki učinak eluata na organizam dok se kod računskog pristupa (izračun HP14) obavlja klasifikacija otpada prema kemijskom sastavu i CLP klasifikaciji (CLP-Classification, labeling and packaging).

Kemijska analiza određuje ukupnu koncentraciju tvari koje su potencijalno toksične, dok biotest mjeri biodostupnu frakciju, odnosno dio tvari koji je stvarno dostupan organizmima u okolišu.

Primjena ekotoksikoloških testova ima nekoliko važnih prednosti u procjeni ekotoksičnosti otpada. Za razliku od kemijskog izračuna koji promatra pojedinačne tvari, biotestovi omogućuju procjenu ukupnog biološkog učinka cijele smjese. Time je moguće detektirati sinergijske ili antagonističke interakcije između različitih spojeva koje se ne mogu predvidjeti samo na temelju koncentracija pojedinačnih tvari. Osim toga, biotestovi procjenjuju biodostupnost tvari, odnosno dio tvari koji je stvarno dostupan organizmima u okolišu. Kemijska analiza najčešće određuje ukupnu koncentraciju tvari, dok biotest registrira učinak samo onih tvari koje su dostupne organizmima. Ova razlika posebno je važna kod metala i organskih kontaminanata koji mogu biti vezani u matrici otpada i time smanjiti njihovu dostupnost organizmima. Dodatna prednost biotestova je mogućnost procjene učinka neidentificiranih tvari koje nisu obuhvaćene kemijskom analizom, ali mogu imati značajan utjecaj na organizme.

Posebno je važna činjenica da se potencijalni utjecaj otpada na okoliš u praksi najčešće manifestira kroz procjedne vode, odnosno eluate koji nastaju kontaktom otpada s vodom. Testiranje eluata omogućuje procjenu potencijalnog utjecaja takvih procjednih voda na vodene ekosustave. Na taj način biotestovi omogućuju realističniju procjenu potencijalnog utjecaja otpada na okoliš u odnosu na procjenu temeljenu isključivo na ukupnom kemijskom sastavu otpada.

U praksi se stoga često primjenjuje integrirani pristup koji kombinira obje metode. Ekotoksikološki biotestovi omogućuju procjenu stvarnog biološkog učinka otpada na organizme i ekosustave, dok kemijski izračun osigurava regulatornu klasifikaciju otpada u skladu s europskim zakonodavstvom.

Tablica 4. Usporedni prikaz ekotoksikološkog biotesta i kemijskog izračuna za definiranje ekotoksičnosti

Kriterij	Ekotoksikološki biotest (npr. test s <i>Daphnia magna</i>)	Kemijski izračun prema CLP klasifikaciji
Osnovni princip	Mjeri stvarni biološki učinak eluata otpada na organizam	Procjenjuje ekotoksičnost na temelju koncentracija opasnih tvari u otpadu
Regulativna osnova	OECD i ISO ekotoksikološki standardi	Commission Regulation (EU) 2017/997
Vrsta procjene	Integrirani učinak cijele smjese	Zbroj pojedinačnih doprinosa identificiranih tvari
Biodostupnost tvari	Uključena u rezultat testa	Nije izravno uključena
Sinergijski učinci	Detektira ih	Ne uzima ih u obzir
Nepoznate tvari	Učinak se registrira kroz biološki odgovor	Nije moguće procijeniti
Fizikalno-kemijski utjecaji (pH, salinitet)	Mogu utjecati na rezultat	Ne uzima ih u obzir
Reproducibilnost	Ovisi o biološkim uvjetima testa	Visoka reproduktivnost
Zakonodavni okvir	Dopunska metoda	Primarna metoda u EU zakonodavstvu

1.3.6.2 Metoda utvrđivanja H14 - ekotoksičnost

Ključni parametar za određivanje opasnog svojstva koje utječe na okoliš je H14 – ekotoksičnost.

Za izračun H14 važno je uzeti u obzir Uredbu (EC) br. 1272/2008 ("CLP regulacija" – Classification, labeling and packaging - sustav Europske unije za razvrstavanje, označavanje i pakiranje kemikalija).

CLP uredba ne primjenjuje se izravno za otpad, ali se koristi za klasifikaciju opasnih svojstava otpada, jer se kriteriji za HP svojstva otpada u Uredbi 1357/2014 temelje na klasifikacijskim pravilima CLP-a (npr. H315, H318, EUH028 i sl.).

CLP uredba određuje:

1. je li neka tvar ili smjesa opasna
2. kojoj vrsti opasnosti pripada (npr. zapaljivo, toksično, karcinogeno, ekotoksično)
3. kako se ta opasnost komunicira (H-oznake, piktogrami, signalne riječi)

Otpad se ne razvrstava direktno prema CLP-u, ali se HP svojstva otpada određuju na temelju CLP klasifikacije tvari koje se u otpadu nalaze (primjeri dati u tablici 5).

Prilikom procjene opasnog svojstva HP14 razmatrani su različiti mogući kemijski oblici bakra, cinka i olova. Budući da provedenim analizama nije određena vrsta metalnog spoja, nije moguće sa sigurnošću utvrditi u kojem su kemijskom obliku pojedini metali prisutni u otpadu. Za bakar i cink kao potencijalno relevantni spojevi razmatrani su bakrov oksid (CuO) i cinkov oksid (ZnO). Navedeni spojevi predstavljaju česte oblike pojavljivanja bakra i cinka u čvrstim otpadima, osobito u metalnim frakcijama, oksidiranim materijalima, pepelima, sitnim česticama nastalim trošenjem i obradom metala te drugim antropogenim materijalima. Stoga se CuO i ZnO mogu smatrati stručnom i regulatorno prihvaćenom pretpostavkom u slučajevima kada stvarni kemijski oblik metala nije poznat. Njihova primjena u procjeni HP14 ne predstavlja dokaz da su metali u otpadu prisutni upravo u tim oblicima, već konzervativan i regulatorno prihvatljiv pristup procjeni ekotoksičnog svojstva temeljem raspoloživih analitičkih podataka.

Kako lokaciju karakteriziraju sporadično i slabo razvijeno tlo i biljke nije bilo moguće odabrati reprezentativne lokacije za uzorkovanje tla i biljaka sa ciljem utvrđivanja mobilnosti teških metala. Takva situacija razlikuje se od slučajeva u kojima postoje dodatni okolišni pokazatelji migracije metala iz tijela otpada. Primjerice, kada se u okolnom tlu utvrde povišene koncentracije bakra ili cinka koje se mogu povezati s izvorom onečišćenja, takav nalaz predstavlja dokaz da su metali napustili tijelo otpada te postali okolišno raspoloživi. U takvim okolnostima primjena regulatornih oblika poput CuO i ZnO ima dodatno stručno uporište jer postoje dokazi njihove migracije u okoliš.

Lokacija nelegalno odloženog otpada se nalazi unutar napuštenog karbonatnog kamenoloma, a tijekom istraživanja proizlazi (rješenja o provođenju istrage broj Kis-US-12/2025 od 14. veljače 2025.) je da je otpad zatrpavan lokalnim kamenim materijalom nastalim eksploatacijom karbonatne stijenske mase. Stoga postoji mogućnost da dio izmjerenih vrijednosti potječe od kamenog materijala.

Stoga se izračun HP14 provodi korištenjem navedenih reprezentativnih spojeva sukladno regulatornim pravilima za klasifikaciju otpada te dobiveni rezultat predstavlja regulatornu procjenu HP14 svojstva temeljenu na konzervativnom scenariju prisutnosti navedenih spojeva.

Kod olova su razmatrani olovni oksid (PbO) i olovni karbonat (PbCO_3). Olovni karbonat predstavlja okolišno realan oblik olova u karbonatnim sredinama te je geokemijski vjerojatniji od lako topljivih oblika olova (koji nisu evidentirani u eluatima). Međutim, izmjerene koncentracije olova u svim analiziranim uzorcima ostale su ispod propisanih pragova za uključivanje u izračun HP14 te stoga ne utječu na konačnu procjenu.

Podaci o koncentracijama ovih metala uzeti su iz Geokemijskog atlasa Republike Hrvatske za predmetnu lokaciju kako bi se isključila mogućnost utjecaja elemenata (Zn, Cu i Pb) koji potječu iz nasipnog materijala na H svojstvo, te su vrijednosti iz Geokemijskog atlasa oduzete od izmjerenih vrijednosti, a zatim je računato HP14 svojstvo.

Slijedom navedenoga, rezultati izračuna HP14 predstavljaju procjenu potencijalnog ekotoksičnog svojstva otpada temeljenu na regulatorno prihvaćenom scenariju.

Tablica 5. Pojavni oblici Cu, Zn i Pb i njihova svojstva

Metal	Spoj (reprezentativni oblik)	Tipična ekotoksičnost (CLP)	Mobilnost / topivost u vodi	Pojavnost u otpadu / okolišu	Relevantnost za HP14	U kojem scenariju se koristi	Obrazloženje
Cu	CuSO ₄ (bakrov sulfat)	vrlo visoka; H400/H410	vrlo topiv visoka mobilnost Cu ²⁺	kemijska industrija, biocidi, zaštitna drva, galvanizacija	vrlo visoka	Najgori scenarij	predstavlja vrlo mobilan i ekotoksičan oblik bakra; koristi se kao konzervativna pretpostavka
Cu	CuCl ₂ (bakrov klorid)	vrlo visoka; H400/H410	vrlo topiv visoka mobilnost	galvanizacija, kloridni procesi, kemijska obrada metala	vrlo visoka	Najgori scenarij	topiv kloridni oblik; maksimalni potencijal oslobađanja Cu ²⁺
Cu	CuO (bakrov oksid)	visoka; često H410	umjereno topiv srednja mobilnost	pepeli, metalurški otpad, oksidni procesi, EE otpad, metalne frakcije	visoka	Realni scenarij	čest oblik bakra u čvrstim industrijskim otpadima
Cu	Cu u mineralnoj matrici (silikati, karbonati)	niska ili bez klasifikacije	vrlo slaba mobilnost	tlo, stabilizirani otpad	ograničena	Najbolji scenarij	pretpostavlja vezanje bakra u stabilnoj mineralnoj fazi
Zn	ZnSO ₄ (cinkov sulfat)	vrlo visoka; H400/H410	vrlo topiv visoka mobilnost Zn ²⁺	galvanizacija, kemijska industrija,	vrlo visoka	Najgori scenarij	mobilan i vrlo ekotoksičan oblik cinka
Zn	ZnCl ₂ (cinkov klorid)	vrlo visoka; H400/H410	vrlo topiv vrlo mobilan	metalna obrada, galvanizacija	vrlo visoka	Najgori scenarij	kloridni oblik s vrlo visokom topljivošću
Zn	ZnO (cinkov oksid)	visoka; često H410	umjerena topivost	spalionički pepeo, metalurški otpad, EE otpad, frakcije	visoka	Realni scenarij	čest oblik Zn u industrijskim čvrstim otpadima

Metal	Spoj (reprezentativni oblik)	Tipična ekotoksičnost (CLP)	Mobilnost / topivost u vodi	Pojavnost u otpadu / okolišu	Relevantnost za HP14	U kojem scenariju se koristi	Obrazloženje
				kablova, sitna prašina od industrijskih procesa			
Zn	Zn u silikatima/karbonatima	niska	vrlo slaba mobilnost	mineralna matrica otpada, stariji otpad	ograničena	Najbolji scenarij	pretpostavlja stabilno vezan Zn
Pb	PbO (olovni oksid)	srednja do visoka; H410/H411	niska do umjerena topivost	metalurški otpad i otpadne baterije, frakcije od EE opreme	srednja	Najgori scenarij	koristi se za konzervativnu procjenu
Pb	PbCl ₂ (olovni klorid)	srednja do visoka; H410/H411	umjerena topivost	kloridni industrijski procesi	srednja	Najgori scenarij	mobilniji oblik olova nego karbonati
Pb	PbCO ₃ (olovni karbonat)	kronična ekotoksičnost; H411	slabo topiv	tlo, korozijski produkti olova, produkt reakcije karbonatnog medija i olova, stariji otpad	srednja	Realni scenarij	tipičan okolišni oblik olova
Pb	PbSO ₄ (olovni sulfat)	kronična ekotoksičnost; H411	vrlo slabo topiv	baterijski i mineralni otpadi	srednja	Realni slučaj	stabilan ali kronično toksičan oblik
Pb	Pb u stabilnoj mineralnoj matrici	vrlo niska	minimalna mobilnost	stabilizirani otpad, mineralne frakcije	ograničena	Najbolji slučaj	pretpostavlja vrlo nisku bioraspodjivost

Temeljem raspoloživih analitičkih podataka, karakteristika otpada i stručne procjene mogućih oblika pojavljivanja metala u čvrstim otpadima, za potrebe regulatornog izračuna HP14 razmatrani su sljedeći reprezentativni spojevi sa pripadajućim CLP:

- **CuO (bakrov oksid) - H410**
- **ZnO (cinkov oksid) - H410**
- **PbCO₃ (olovni karbonat) - H411⁵**
- **PbO (olovni oksid) – H410**
- **Pb u stabilnoj mineralnoj matrici - bez relevantne H4xx klasifikacije za račun HP14, pa ne doprinosi računu.**

To znači da se HP14 račun radi s ovim pravilima:

- CuO = H410, cut-off⁶ 0,1 %, ponder 100
- ZnO = H410, cut-off 0,1 %, ponder 100
- PbCO₃ = H411, cut-off 1,0 %, ponder 10
- PbO = H410, cut.off 0,1% ponder 100

Formula prema kojoj se računa HP14:

$$100 \times \Sigma c(H410) + 10 \times \Sigma c(H411) + \Sigma c(H412) \geq 25\%$$

S tim da je izmjerene koncentracije potrebno pretvoriti u postotke prema formuli:

$$\% = \frac{\text{mg/kg}}{10\,000}$$

Za potrebe ovog vještačenja za kompozitne uzorke kompozit 1,2 i 3, kompozit 4, 5 i 6 i kompozit iskopa 7 i 8 utvrđeno je HP14 svojstvo.

⁵ Konzervativan pristup

⁶ Minimalnu koncentraciju tvari u otpadu ispod koje se ta tvar ne uzima u obzir u izračunu opasnog svojstva. Ako je koncentracija neke tvari u otpadu manja od cut-off vrijednosti, ta se tvar ignorira u računu HP svojstva, iako sama po sebi može imati opasnu CLP klasifikaciju, ovako se računa kako bi se izbjeglo da neka tvar u tragovima automatski utječe na označavanje nekog otpada opasnim.

1.3.6.3 Metodologija akutne toksičnosti (inhibicija pokretljivosti *Daphnia magna*)

Metoda određivanja ekotoksičnosti pomoću organizma *Daphnia magna* temelji se na standardiziranom ekotoksikološkom testu kojim se procjenjuje akutni toksični učinak uzorka na vodene organizme. *Daphnia magna* je planktonski slatkovodni račić koji se često koristi u ekotoksikologiji zbog svoje visoke osjetljivosti na promjene u kemijskom sastavu vode te zbog dobre reproducibilnosti laboratorijskih ispitivanja.

Metoda je standardizirana međunarodnim protokolima kao što su OECD Test Guideline 202 i ISO 6341. U postupku ispitivanja najprije se priprema eluat uzorka, odnosno vodeni ekstrakt dobiven postupkom izlučivanja otpada u laboratorijskim uvjetima, čime se simulira moguće otpuštanje topljivih tvari iz otpada u okoliš.

Mlade jedinke *Daphnia magna* izlažu se različitim koncentracijama eluata tijekom standardnog razdoblja od 48 sati. Tijekom testa prati se imobilizacija organizama, odnosno gubitak sposobnosti aktivnog kretanja, koji predstavlja pokazatelj toksičnog učinka uzorka.

Na temelju rezultata određuje se EC50 vrijednost (Effective Concentration 50) (u rezultatima označena kao LID-D), odnosno koncentracija uzorka koja uzrokuje imobilizaciju 50 % testnih jedinki. Rezultat testa obično se izražava kao EC50 vrijednost ili kroz razrede toksičnosti, koji omogućuju jednostavniju interpretaciju rezultata. U takvom sustavu klasifikacije vrijednosti se mogu interpretirati na sljedeći način:

- 1 – bez toksičnog učinka (vrlo niska ili neznatna toksičnost)
- 2 – slaba toksičnost
- 3 – umjerena toksičnost
- 4 – izražena toksičnost
- 5 – vrlo visoka toksičnost

Niže EC50 vrijednosti i viši razredi toksičnosti ukazuju na veći toksični učinak uzorka na testne organizme. Metoda omogućuje procjenu ukupnog biološkog učinka uzorka jer organizmi reagiraju na sve prisutne tvari i njihove međusobne interakcije.

1.3.7 Volumen otpada

U dokumentu *Nalaz i mišljenje o provedenim aktivnostima po nalogu Ureda za suzbijanje korupcije i organiziranog kriminaliteta broj Kis-US-12/2025 od 3. studenoga 2025. za vještačenje zaštite okoliša – lokacija Benkovac - neinvazivni istražni radovi* (I

, Urbroj: , od 14. prosinca 2025.) temeljem provedenih geofizičkih istražnih radova i uzimajući u obzir prosječnu dubinu tijela odlagališta definiran je volumen od **14.775,00 m³**.

1.3.8 Druge relevantne informacije i podaci

Za potrebe vještačenja sakupljeni su dostupni podaci i informacije o lokaciji sa Bioportala (<https://bioportal.hr/>), službenih internetskih stranica Grada Benkovca (<https://benkovac.hr/index.html>), Registra izvora prostornih podataka NIPP-a (http://registri.nipp.hr/izvori/view_xml.php?identifier=0236), <https://katalog.mgipu.hr/details/30a3efd6-99da-4d6c-929f-3c536f71a240> provedena je stručna prospekcija šireg područja terena te su korišteni znanstveni i stručni izvori. Za potrebe vještačenja korišteni su i rezultati analiza koje je proveo Državni inspektorat Republike Hrvatske (u daljnjem tekstu: DIRH) za predmetnu lokaciju tijekom nadzora. Ortofoto podloge koje su korištene u izradi vještačenja uzete su sa Informacijskog sustava prostornog uređenja (<https://ispu.mgipu.hr/>). Nadalje, JISMS RH je **Jedinstveni informacijski sustav mineralnih sirovina Republike Hrvatske**, koji vodi Ministarstvo gospodarstva za potrebe upravljanja istraživanjem i eksploatacijom mineralnih sirovina (<https://jisms.gospodarstvo.gov.hr/#/maps>), te podacima Geološkog instituta <https://www.hgi-cgs.hr/>.

2 Opis stanja na lokaciji Benkovac

2.1 Prostorno – planska dokumentacija

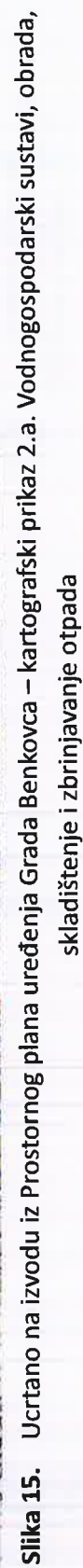
Za lokaciju Benkovac koja je predmet ovog vještačenja relevantan je Prostorni plan uređenja Grada Benkovca (Službeni glasnik Zadarske županije broj 1/03, 6/03-ispravak greške, Službeni glasnik Grada Benkovca broj 2/08, 4/12, 2/13, 5/13-ispravak greške, 6/13, 2/16, 3/16-pročišćeni tekst, 4/17, 5/17-pročišćeni tekst, 7/19, 8/19-pročišćeni tekst, 1/20-ispravak greške, 8/20, 10/20-pročišćeni tekst i 12/25) - Važeća revizija plana: IX. izmjene i dopune plana.

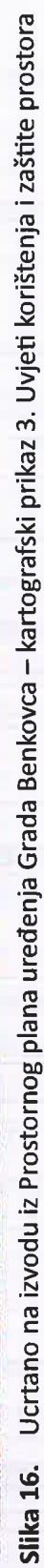
Uvidom u tekstualni dio plana čestica k.č. 673/194 k.o. Benkovac nije navedena kao lokacija za odlaganje otpada već prostor za eksploataciju mineralnih sirovina.

Uvidom u **Jedinstveni informacijski sustav mineralnih sirovina Republike Hrvatske** <https://jisms.gospodarstvo.gov.hr/> lokacija k.č. 673/194 k.o. Benkovac nalazi se na području neaktivnog eksploatacijskog polja EP Kukalj Kave. Ovo eksploatacijsko polje nije brisano što implicira da nisu iskorištenje sve mineralne sirovine do kraja.

Katastarska čestica k.č. 673/194 k.o. Benkovac nalazi se u području bivšeg/neaktivnog eksploatacijskog polja „Kukalj Kave“, za koje je pravo na eksploatacijsko polje prestalo 1. rujna 2017. godine. Za predmetno eksploatacijsko polje u registru nisu evidentirani važeće odobrenje za eksploataciju ni važeća koncesija za eksploataciju mineralnih sirovina. Eksploatacijsko polje nije brisano iz registra.







2.2 Građevinska dozvola

Za predmetnu lokaciju izdana je Građevinska dozvola Klasa: UP/I-361-03/23-01/000845, Urbroj: 2198-07-08/1-23-0016. 15.9.2023. godine za građenje građevine namijenjene eksploataciji mineralnih sirovina, 2.b skupine, tlačna ploča za otvoreno skladište sirovine za građevni kamen

U Glavnom projektu koji je bio podloga za ishođenje građevinske dozvole i koji je sastavni dio građevinske dozvole (Mapa I, Glavni arhitektonski projekt: Gradnja tlačne ploče za otvoreno skladište na kčbr: 673/194 k.o. Benkovac, navodi da je tlačna ploča za otvoreno skladište dvostruko armirana betonska ploča debljine 40 cm. Priprema temeljne podloge za izradu tlačne ab ploče izvodi se nasipavanjem građevinskog materijala, kompozitnog cementnog materijala izoXeco u slojevima debljine 40 cm. Slojevi će se izvesti nasipavanjem i izravnavanjem, te valjanjem i zbijanjem, odnosno vibriranjem do propisanog modula stižljivosti. Kompozitni cementni materijal izoXeco s dodatkom reciklirane plastike ispitan je na kontrolu kvalitete u Institutu IGH d.d. prema propisanim normama.

2.3 Determinacija otpada na odlagalištu

Za potrebe izrade ovog vještačenja uzeti su uzorci na čestici kč. 673/194 k.o. Benkovac na području nelegalno odloženog otpada kako je prethodno navedeno te je napravljen test procjeđivanja, analiza sastava krute faze (ukupni sadržaj metala), te analiza prisutnosti patogenih mikroorganizama. Ove analize napravio je Nastavni zavod za javno zdravstvo Andrija Štampar. Dodatno, u ovom vještačenju korišteni su i analizirani rezultati analiza koje je naručio DIRH (analize od 5.7.2024). Na Geotehničkom fakultetu napravljeno je određivanje vlažnosti, suhe gustoće otpada u najrahljijem i najzbijenijem stanju, gustoće čvrstih čestica otpada, udio metala, granulometrijski sastav i mikroskopiranje otpada, utvrđivanje radioaktivnosti.

Tijekom iskopa nije evidentiran materijal kompozitnog cementnog materijala izoXeco niti u jednom iskopu do dubine od 4,2 m. Površina tijela odlagališta sastojala se od izmiješanog plastičnog materijala i nasipnog materijala (jalovine).

2.3.1 Rezultati analize testa procjeđivanja

U nastavku dan je prikaz rezultata testa procjeđivanja za uzorke uzorkovane tijekom pretraga 16. siječnja 2026. godina (Tablica 7), dok su u Tablici 6 prikazani rezultati testa koji su analizirani temeljem naloga DIRH iz 2024. godine (5.7.2024).

Tablica 6. Rezultati analize testa procjeđivanja (DIRH) (analize od 5.7.2024)

Naziv	Analički broj	Koordinate (E / N)	Suha tvar/pH	Kloridi	Sulfati	Fluorid	TDS	DOC	Kadmij	Bakar	Živa (Hg)	Nikal (Ni)	Barij (Ba)	Krom (Cr)	Molibden (Mo)	Olovo (Pb)/Antimon (Sb)	Selen (Se)	Cink (Zn)	Arsen (As)	
			%	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	
Uzorak 1	05800669/24	N 44o3'41,836", E 15o28'22,389"	83,6	8,1	410	1402,23	1960	1	<0,03	<5	<0,002	<2	<10	<1,0	<1,0	<2,0	0,24	<0,050	<0,20	
Uzorak 2	05800671/24	N 44o3'41,9" E 15o28'22,389"	35,4	8,2	65	270	<2,0	1760	69,9	<0,03	<5	<0,002	<2	<10	<1,0	<2,0	0,14	<0,050	<0,2	
Uzorak 3	05800672/24	N 44o3'42,469" E 15o28'22,389"	77,2	8,4	140	300	6,2	2240	134	<0,03	<5	<0,002	<2	<10	<1,0	<2,0	0,14	<0,050	<0,2	
Uzorak 4	05800673/24	N 44o3'42,962" E 15o28'22,389"	81,7	8,5	150	340	4,81	1700	148	<0,03	<5	<0,002	<2	<10	<1,0	<2,0	0,16	<0,050	<0,2	
Uzorak 5	05800674/24	N 44o3'41,44" E 15o28'22,389"	68,5	8,4	520	610	5,10	4060	378	<0,03	<5	<0,002	<2	<10	<1,0	<2,0	0,72	<0,050	<0,20	
Uzorak 6	05800675/24	N 44o3'41,382" E 15o28'22,389"	99,1	8,7	180	140	2,21	1540	195	<0,03	<5	<0,002	<2	<10	<1,0	<2,0	0,30	<0,050	<0,20	
Uzorak 7	05800676/24	N 44o3'41,908" E 15o28'22,389"	99,4	8,6	62	270	6,25	2340	210	<0,03	<5	<0,002	<2	<10	<1,0	<2,0	0,16	<0,050	<0,20	
Uzorak 8	05800677/24	N 44o3'43,096" E 15o28'22,389"	99,4	8,3	48	200	3,33	3280	506	<0,03	<5	<0,002	<2	<10	<1,0	<2,0	0,69	<0,050	<0,20	
		MDK Inert*	-	-	800	1.000	10	4.000	500	0,04	2	0,01	0,4	20	0,5	0,5	0,06	0,1	4	0,5
		MDK Neop.	-	-	15.000	20.000	150	60.000	800	1	50	0,2	10	100	10	10	0,7	0,5	50	2
		MDK Opisni*	-	-	25.000	50.000	500	100.000	1.000	5	100	2	40	300	70	30	5	7	200	25

Tablica 7. Rezultati analize testa procjeđivanja za uzorke uzete tijekom pretrage (analize od 20.2.2026)

Naziv	Analički broj	Koordinate (E / N)	Suha tvar/pH	pH	Kloridi	Sulfati	Fluorid	TDS	DOC	Kadmij	Bakar	Živa (Hg)	Nikal (Ni)	Barij (Ba)	Krom (Cr)	Molibden (Mo)	Olovo (Pb)	Antimon (Sb)	Selen (Se)	Cink (Zn)	Arsen (As)
			%		mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
P 1.1 AŠ	00163/26	Iskop 1 (N 44°03.690', E 15°28'22.389")	75,4	8,1	33	51	< 2,00	< 1000	145	< 0,3	< 5	< 0,002	< 2	< 10	< 1,0	< 1,0	< 2,0	0,60	< 0,050	< 5,0	< 0,20
P 1.2 AŠ	00164/26	Iskop 1 (N 44°03.690', E 15°28'22.389")	62,7	8,3	120	240	2,78	1200	524	< 0,3	< 5	< 0,002	< 2	< 10	< 1,0	< 1,0	< 2,0	0,15	< 0,050	< 5,0	< 0,20
P 1.3 AŠ	00165/26	Iskop 1 (N 44°03.690', E 15°28'22.389")	61,6	8,1	1200	260	< 2,00	5920	512	< 0,3	< 5	< 0,002	< 2	< 10	< 1,0	< 1,0	< 2,0	0,95	< 0,050	< 5,0	< 0,20
P 1.4 AŠ	00166/26	Iskop 1 (N 44°03.690', E 15°28'22.389")	55,6	7,3	250	43	< 2,00	2720	1150	< 0,3	< 5	< 0,002	< 2	< 10	< 1,0	< 1,0	< 2,0	0,21	< 0,050	< 5,0	< 0,20
P 2.1 AŠ	00167/26	Iskop 2 (N 44°03.695', E 15°28'22.389")	66,5	8,2	280	62	< 2,00	1150	412	< 0,3	< 5	< 0,002	< 2	< 10	< 1,0	< 1,0	< 2,0	1,3	< 0,050	< 5,0	< 0,20
P 2.2 AŠ	00168/26	Iskop 2 (N 44°03.695', E 15°28'22.389")	39,8	8,2	170	430	3,46	3300	590	< 0,3	< 5	< 0,002	< 2	< 10	< 1,0	< 1,0	< 2,0	0,090	< 0,050	< 5,0	< 0,20
P 2.3 AŠ	00169/26	Iskop 2 (N 44°03.695', E 15°28'22.389")	76,0	8,1	200	350	3,20	2740	511	< 0,3	< 5	< 0,002	< 2	< 10	< 1,0	< 1,0	< 2,0	0,17	< 0,050	< 5,0	< 0,20

P 3.1 AŠ	00170/26	Iskop 3 (N 44°03.700', E 15°55'00.000')	55,4	8,2	57	250	3,39	2340	403	< 0,3	7	< 0,002	< 2	< 10	< 1,0	< 1,0	< 2,0	0,12	< 0,050	< 5,0	< 0,20
P 3.2 AŠ	00171/26	Iskop 3 (N 44°03.700', E 15°55'00.000')	93,8	8,1	200	200	2,18	2380	459	< 0,3	< 5	< 0,002	< 2	< 10	< 1,0	< 1,0	< 2,0	0,080	< 0,050	< 5,0	< 0,20
P 4.1 AŠ	00172/26	Iskop 4 (N 44°03.709', E 15°55'00.000')	81,9	8,2	88	44	2,54	2140	431	< 0,3	< 5	< 0,002	< 2	< 10	< 1,0	< 1,0	< 2,0	1,6	< 0,050	< 5,0	< 0,20
P 4.2 AŠ	00173/26	Iskop 4 (N 44°03.709', E 15°55'00.000')	74,4	8,2	59	120	2,76	1130	423	< 0,3	< 5	< 0,002	< 2	< 10	< 1,0	< 1,0	< 2,0	0,17	< 0,050	< 5,0	< 0,20
P 5.1 AŠ	00174/26	Iskop 5 (N 44°03.699', E 15°55'00.000')	63,6	8,2	94	210	< 2,00	1840	452	< 0,3	< 5	< 0,002	< 2	< 10	< 1,0	< 1,0	< 2,0	0,17	< 0,050	< 5,0	< 0,20
P 5.2 AŠ	00175/26	Iskop 5 (N 44°03.699', E 15°55'00.000')	83,0	7,9	260	350	< 2,00	2720	612	< 0,3	< 5	< 0,002	< 2	< 10	< 1,0	< 1,0	< 2,0	< 0,070	< 0,050	< 5,0	< 0,20
P 6.1 AŠ	00176/26	Iskop 6 (N 44°03.704', E 15°55'00.000')	64,2	8,1	100	290	2,41	1220	541	< 0,3	< 5	< 0,002	< 2	< 10	< 1,0	< 1,0	< 2,0	0,42	< 0,050	< 5,0	< 0,20
P 6.2 AŠ	00177/26	Iskop 6 (N 44°03.704', E 15°55'00.000')	77,4	8,0	160	310	2,50	1560	511	< 0,3	< 5	< 0,002	< 2	< 10	< 1,0	< 1,0	< 2,0	0,14	< 0,050	< 5,0	< 0,20
P 7.1 AŠ	00178/26	Iskop 7 (N 44°03.717', E 15°55'00.000')	90,6	8,1	38	140	3,61	1160	464	< 0,3	< 5	< 0,002	< 2	< 10	< 1,0	< 1,0	< 2,0	0,20	< 0,050	< 5,0	< 0,20
P 7.2 AŠ	00179/26	Iskop 7 (N 44°03.717', E 15°55'00.000')	80,8	8,0	370	540	< 2,00	2040	542	< 0,3	< 5	< 0,002	< 2	< 10	< 1,0	< 1,0	< 2,0	0,12	< 0,050	< 5,0	< 0,20
P 8.1 AŠ	00180/26	Iskop 8 (N 44°03.722', E 15°55'00.000')	81,2	8,2	46	83	2,15	< 1000	491	< 0,3	< 5	< 0,002	< 2	< 10	< 1,0	< 1,0	< 2,0	1,7	< 0,050	< 5,0	< 0,20
P 8.2 AŠ	00181/26	Iskop 8 (N 44°03.722', E 15°55'00.000')	94,0	8,2	150	190	3,26	1600	503	< 0,3	< 5	< 0,002	< 2	< 10	< 1,0	< 1,0	< 2,0	0,15	< 0,050	< 5,0	< 0,20
		MDK Inert*	-	-	800	1.000	10	4.000	500	0,04	2	0,01	0,4	20	0,5	0,5	0,5	0,06	0,1	4	0,5
		MDK Neop.	-	-	15.000	20.000	150	60.000	800	1	50	0,2	10	100	10	10	10	0,7	0,5	50	2
		MDK Opasni*	-	-	25.000	50.000	500	100.000	1.000	5	100	2	40	300	70	30	50	5	7	200	25

2.3.2 Rezultati kvantitativne analize

Tablica 8. Rezultati kvantitativne analize (DIRH 2024, 5.7.2024)

	Olovo	Živa	Nikal	Berilij	Kadmij	Vanadij	Titan	Mineralna ulja	BTEX
	mg kg ⁻¹ s.t.	mg kg ⁻¹ s.t.	mg kg ⁻¹ s.t.	mg kg ⁻¹ s.t.	mg kg ⁻¹ s.t.	mg kg ⁻¹ s.t.	mg kg ⁻¹ s.t.	mg kg ⁻¹ s.t.	mg kg ⁻¹ s.t.
Uzorak 1	1828	0,38	33	0,26	19	16	39	327	<1
Uzorak 2	114	0,35	38	0,34	6,8	29	87	213	<1
Uzorak 3	148	0,38	44	0,45	5,3	43	89	<200	<1
Uzorak 4	<10	0,79	96	0,27	12	32	101	<200	<1
Uzorak 5	441	0,44	65	0,47	6,3	28	50	<200	<1
Uzorak 6	1188	0,40	34	0,22	11	15	42	<200	<1
Uzorak 7	1182	0,14	169	0,28	18	40	178	<200	<1
Uzorak 8	1082	0,18	239	0,31	13	40	169	<200	<1
Kompozit 1-3				< 1	2,17				
Kompozit 4-6				< 1	1,9				
Kompozit 7-8				< 1	6,38				

2.3.3 Rezultati analize - granulometrija, vodopropusnost, pepeo, vlažnost, udio metala i gustoća čvrstih čestica

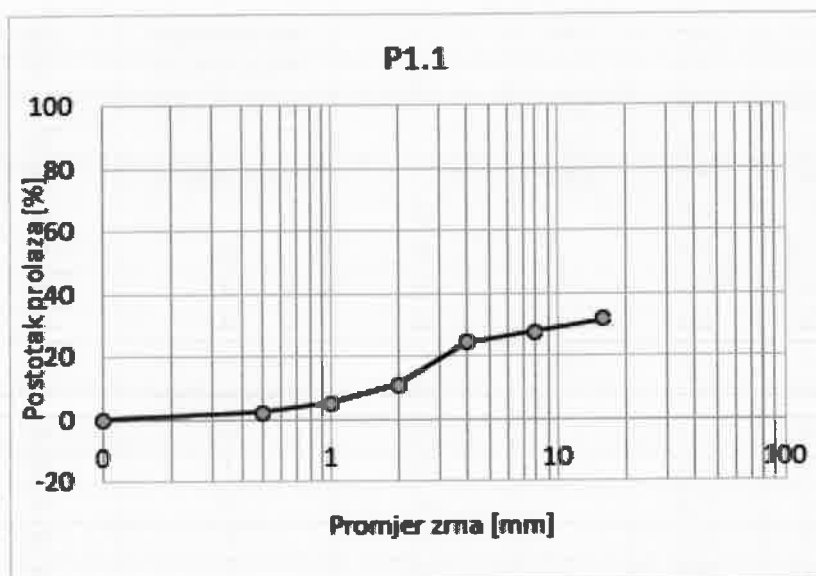
Tablica 9. Vlažnost, gustoća čvrstih čestica, udio organske tvari, udio metala, granulometrija

Oznaka uzorka	Vlažnost	Gustoća čvrstih čestica	Udio organske tvari izgubljen žarenjem (440 °C)	Udio metala	Prosiljano
	[%]	[g/cm ³]	[%]	[%]	DA/NE

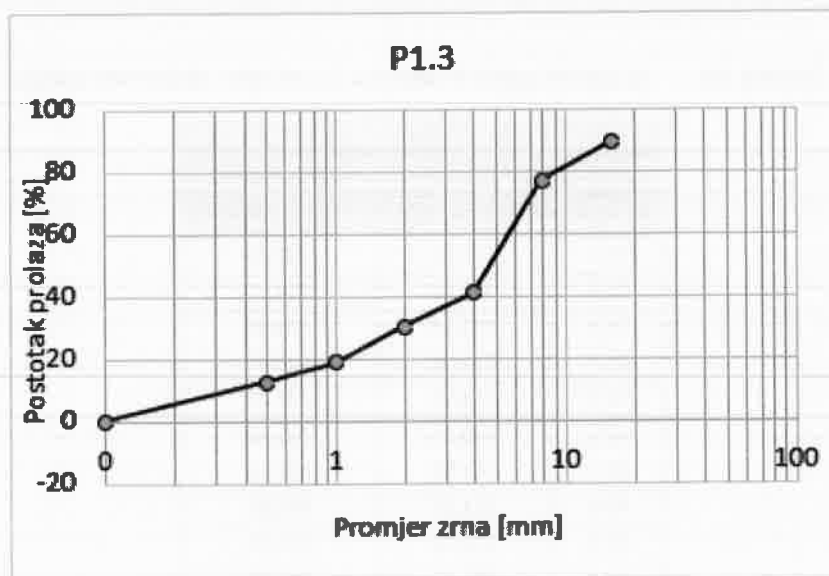
P1.1	20,0	1,44		Nije detektirano	DA
P1.2	20,7		55	Nije detektirano	NE
P1.3	23,5	1,42		Nije detektirano	DA
P1.4	41,9	1,17		1	DA
P2.1	21,1	1,85		Nije detektirano	DA
P2.2	20,6		36	7	NE
P2.3	18,8		30	8	NE
P3.1	29,5		25	9	NE
P3.2	26,0		21	3	NE
P4.1	12,4	1,91		Nije detektirano	DA
P4.2	11,2		13	Nije detektirano	DA
P5.1	20,4		33	15	NE
P5.2	19,2		21	1	NE
P6.1	23,9		40	10	NE
P6.2	21,3		50	7	NE
P7.1	25,7		50	3	NE
P7.2	28,1		42	2	DA
P8.1	23,9	1,78		1	DA
P8.2	25,8		44	14	NE

Tablica 10. Gustoće suhih P uzoraka u rahlom i zbijenom stanju

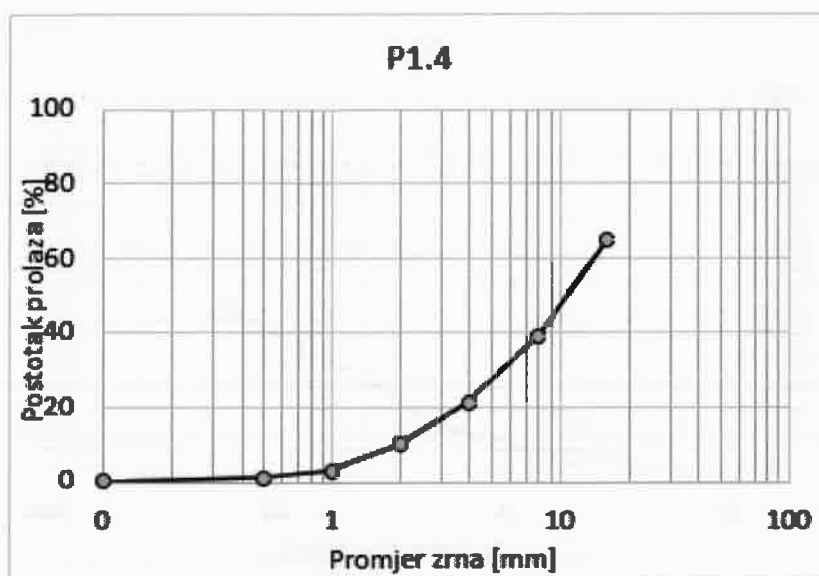
Oznaka uzorka	Gustoća rahlog uzorka	Gustoća uzorka na dubini od 4 m
	[kg/m ³]	[kg/m ³]
P1.1	537,18	647,20
P1.2	323,86	404,14
P1.3	344,34	434,59
P1.4	211,28	326,67
P2.1	456,65	572,89
P2.2	260,29	372,42
P2.3	247,93	347,19
P3.1	271,24	368,85
P3.2	219,32	311,71
P4.1	525,17	621,64
P4.2	577,09	654,75
P5.1	304,79	417,85
P5.2	339,05	413,78
P6.1	204,49	310,40
P6.2	302,67	384,43
P7.1	212,61	317,79
P7.2	364,83	454,17
P8.1	396,10	554,93
P8.2	215,79	356,47
Prosjek	332,35	435,36



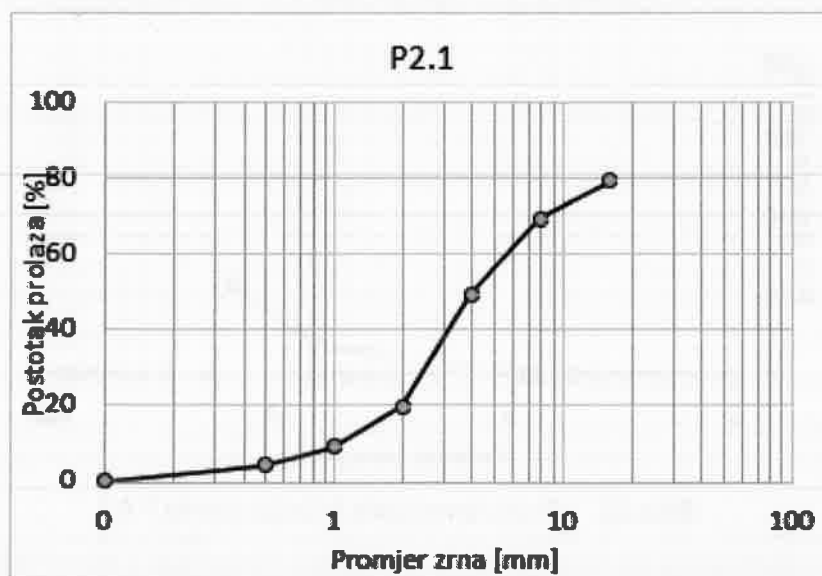
Slika 17. Granulometrijska krivulja uzorka P 1.1



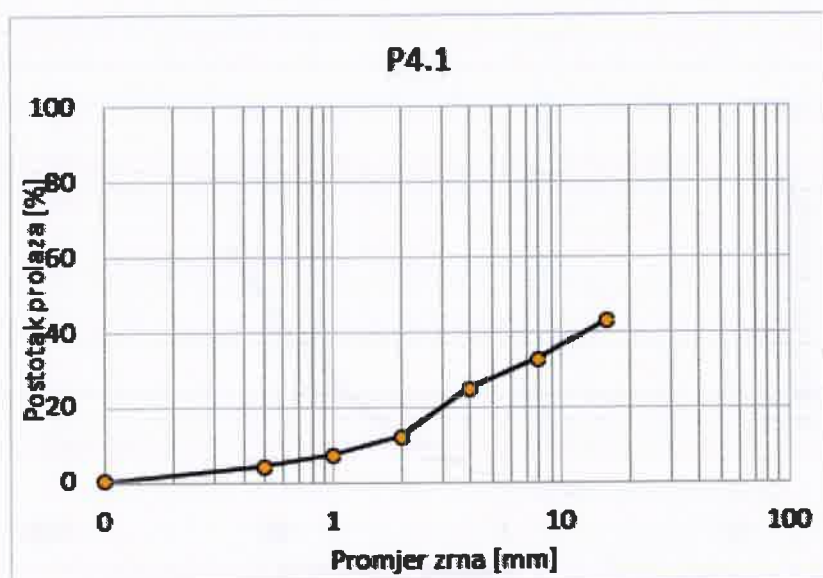
Slika 18. Granulometrijska krivulja uzorka P 9.1



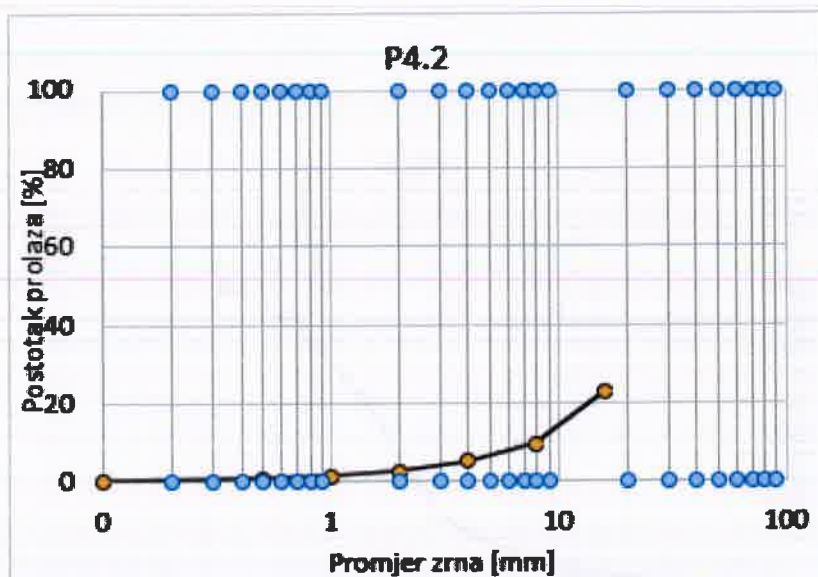
Slika 19. Granulometrijska krivulja uzorka P 1.4



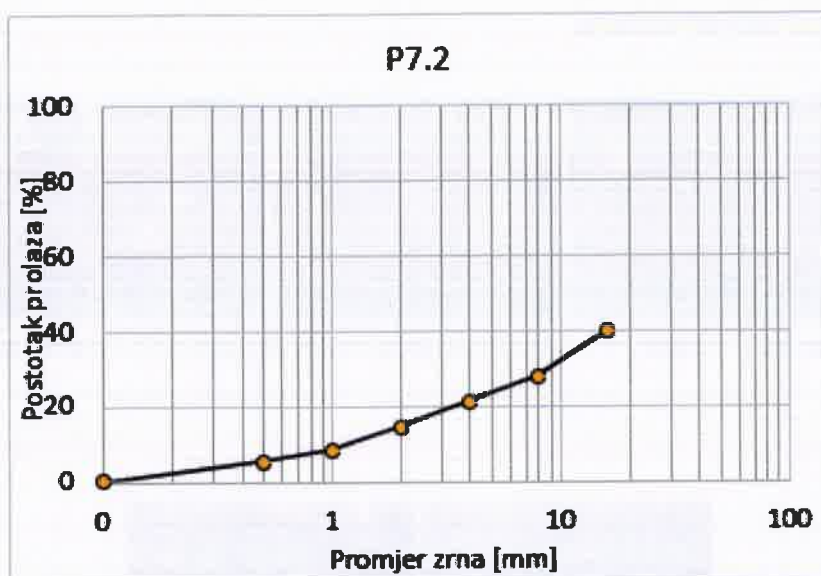
Slika 20. Granulometrijska krivulja uzorka P 2.1



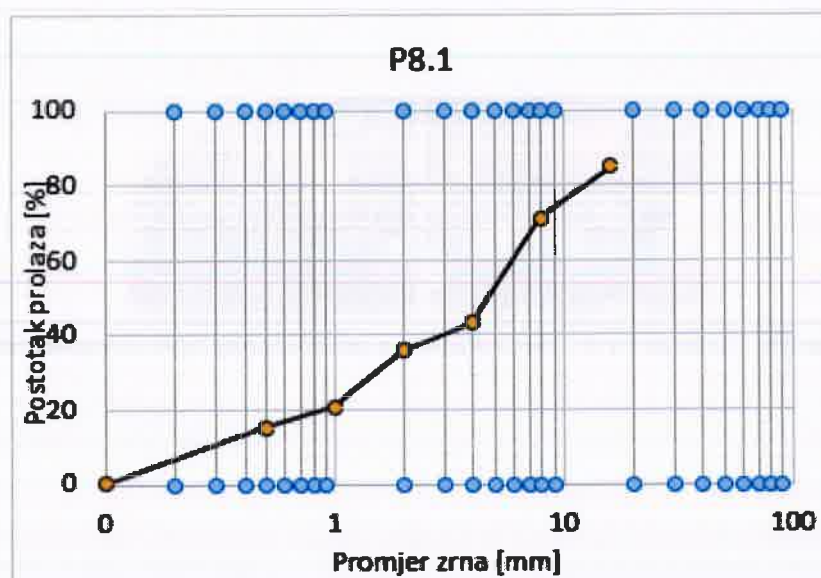
Slika 21. Granulometrijska krivulja uzorka P 4.1



Slika 22. Granulometrijska krivulja uzorka P 4.2



Slika 23. Granulometrijska krivulja uzorka P 7.2



Slika 24. Granulometrijska krivulja uzorka P 8.1

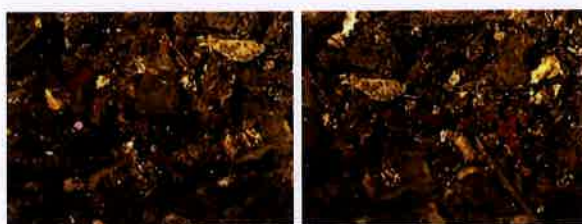
2.3.4 Rezultati mikroskopiranja

Uzorak P1.1



Slika 25. Uzorak P1.1 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

Uzorak P1.2



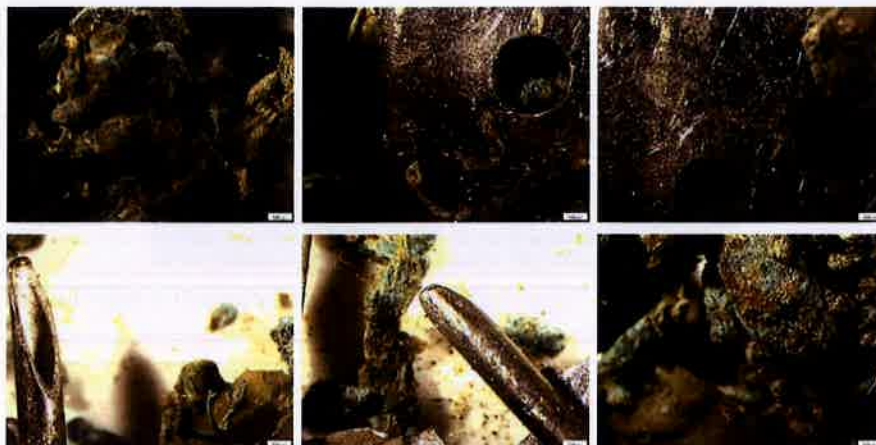
Slika 26. Uzorak P1.2 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

Uzorak P1.3



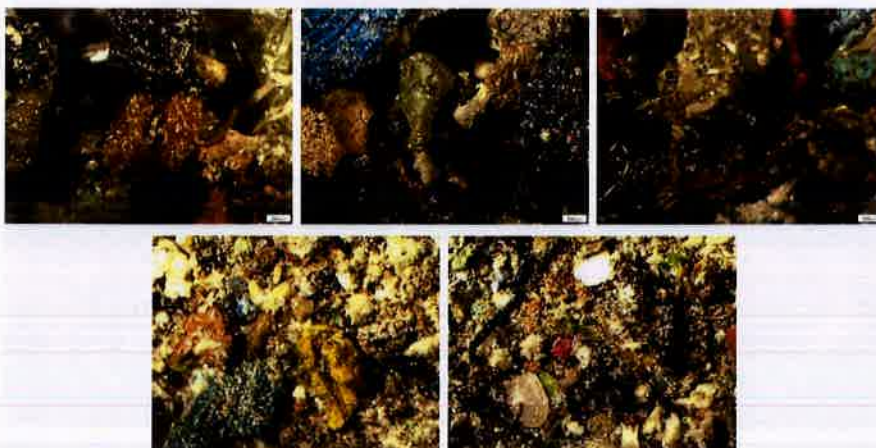
Slika 27. Uzorak P1.3 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

Uzorak P1.4



Slika 28. Uzorak P1.4 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

Uzorak P2.1



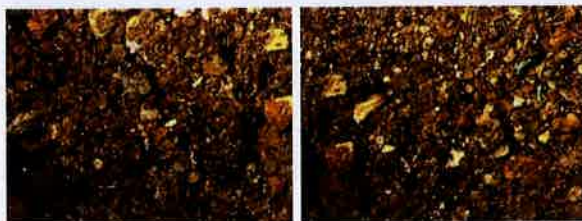
Slika 29. Uzorak P2.1 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

Uzorak P2.2



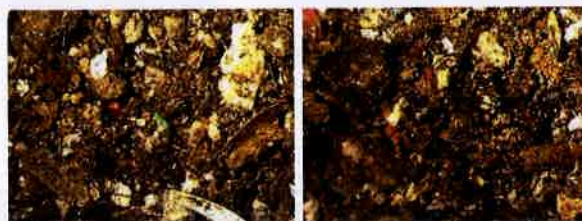
Slika 30. Uzorak P2.2 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

Uzorak P2.3



Slika 31. Uzorak P2.3 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

Uzorak P3.1



Slika 32. Uzorak P3.1 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

Uzorak P3.2



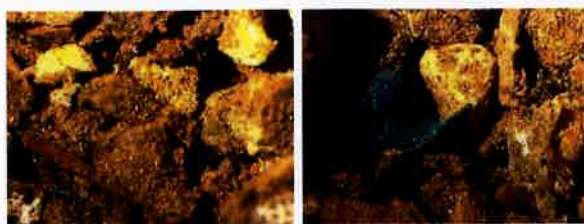
Slika 33. Uzorak P3.2 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

Uzorak P4.1



Slika 34. Uzorak P4.1 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

Uzorak P4.2



Slika 35. Uzorak P4.2 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

Uzorak P5.1



Slika 36. Uzorak P5.1 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

Uzorak P5.2



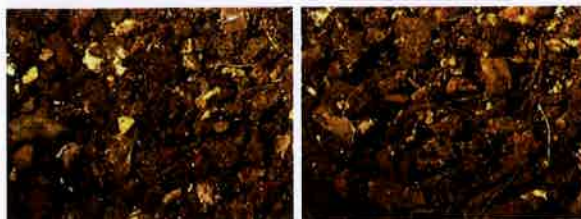
Slika 37. Uzorak P5.2 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

Uzorak P6.1



Slika 38. Uzorak P6.1 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

Uzorak P6.2



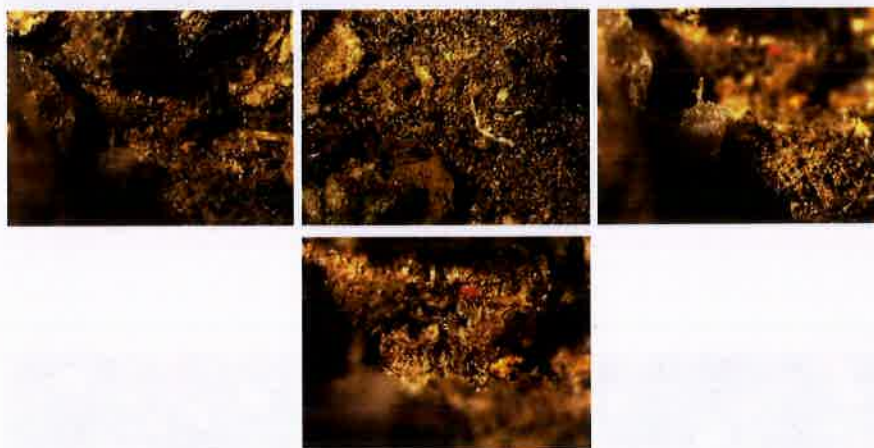
Slika 39. Uzorak P6.2 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

Uzorak P7.1



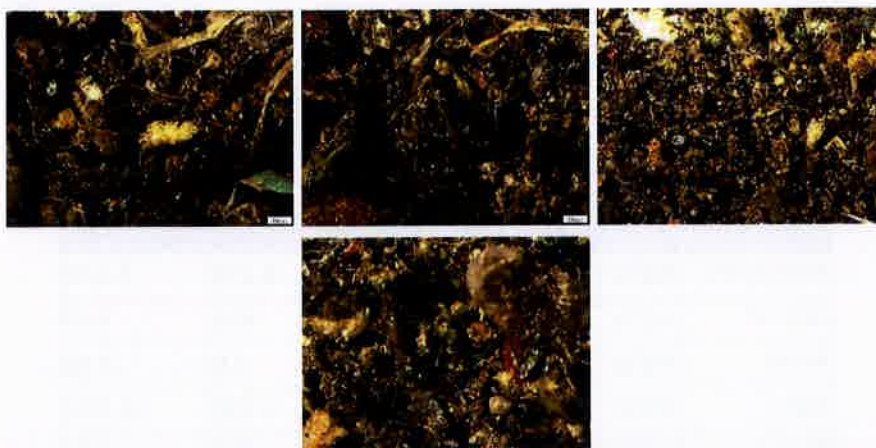
Slika 40. Uzorak P7.1 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

Uzorak P 7.2



Slika 41. Uzorak P7.2 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

Uzorak P8.1



Slika 42. Uzorak P8.1 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

Uzorak P8.2



Slika 43. Uzorak P8.2 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

2.3.5 H svojstvo

Za potrebe određivanja H opasnih svojstava otpada napravljena su tri kompozitna uzorka (Kompozit 1 – iskop 1, 2 i 3, Kompozit 2 – iskop 4, 5 i 6, Kompozit 3 – iskop 7 i 8). Svi metali u ovoj tablici mjereni su tehnikom ICP-AES nakon razaranja zlatotopkom prema normi HRN EN 13657:2008.

Rezultati su prikazani u Tablicama 11 do 14.

Tablica 11. Rezultati ispitivanja sastava krute faze (metali)

Parametar	Mjerna jedinica	Kompozit iskopa 1, 2 i 3 (058 00267/26)	Kompozit iskopa 4, 5 i 6 (058 00268/26)	Kompozit iskopa 7 i 8 (058 00269/26)
Aluminij (Al)	mg kg ⁻¹	34.000	3.310	6.670
Antimon	mg kg ⁻¹	312	474	410
Arsen	mg kg ⁻¹	2,03	1,8	2,16
Bakar	mg kg ⁻¹	6.030	3.490	12.200
Barij	mg kg ⁻¹	154	368	238
Berilij	mg kg ⁻¹	< 1	< 1	< 1
Bor	mg kg ⁻¹	53,4	173	54,2
Cink	mg kg ⁻¹	781	965	1150
Kadmij	mg kg ⁻¹	2,17	1,9	6,38
Kalcij	mg kg ⁻¹	30.100	38.900	31.700
Kobalt	mg kg ⁻¹	2,17	3,22	4,27
Krom	mg kg ⁻¹	16,2	12,5	50,4
Magnezij (Mg)	mg kg ⁻¹	1730	1180	1780
Molibden	mg kg ⁻¹	2,52	3,85	4,85
Natrij	mg kg ⁻¹	351	579	498
Olovo	mg kg ⁻¹	223	163	494
Selen	mg kg ⁻¹	< 1	< 1	< 1
Srebro	mg kg ⁻¹	1,73	< 1	3,41
Talij	mg kg ⁻¹	< 1	< 1	< 1
Vanadij	mg kg ⁻¹	4	4,73	5,95
Živa	mg kg ⁻¹	0,351	0,4	0,37
Stroncij	mg kg ⁻¹	9,68	18,3	11,6
Litij	mg kg ⁻¹	1,43	1,95	2,54

Tablica 12. Policiklički aromatski ugljikovodici (PAH)

Parametar	Mjerna jedinica	Kompozit iskopa 1, 2 i 3 (058 00267/26)	Kompozit iskopa 4, 5 i 6 (058 00268/26)	Kompozit iskopa 7 i 8 (058 00269/26)
Ukupni PAH	mg kg ⁻¹ s.t.	0,54	1,07	0,75
Naftalen	mg kg ⁻¹ s.t.	0,03	< 0,01	0,02
Acenaften	mg kg ⁻¹ s.t.	< 0,01	0,07	< 0,01
Fluoren	mg kg ⁻¹ s.t.	0,02	0,02	0,01
Fenantren	mg kg ⁻¹ s.t.	0,04	0,07	0,06
Antracen	mg kg ⁻¹ s.t.	0,02	0,03	0,04
Fluoranten	mg kg ⁻¹ s.t.	0,11	0,18	0,19
Piren	mg kg ⁻¹ s.t.	0,21	0,46	0,31
Benzo(a)antracen	mg kg ⁻¹ s.t.	< 0,01	0,01	< 0,01
Krizen	mg kg ⁻¹ s.t.	0,01	< 0,01	0,01
Benzo(b)fluoranten	mg kg ⁻¹ s.t.	0,04	0,08	0,05
Benzo(k)fluoranten	mg kg ⁻¹ s.t.	0,01	0,02	0,02
Benzo(a)piren	mg kg ⁻¹ s.t.	0,02	0,07	0,02
Dibenz(a,h)antracen	mg kg ⁻¹ s.t.	0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(g,h,i)perilen	mg kg ⁻¹ s.t.	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Indeno(1,2,3-	mg kg ⁻¹ s.t.	0,02	0,06	0,02

Tablica 13. Pesticidi i ostali organski parametri

Parametar	Mjerna jedinica	Kompozit iskopa 1, 2 i 3 (058 00267/26)	Kompozit iskopa 4, 5 i 6 (058 00268/26)	Kompozit iskopa 7 i 8 (058 00269/26)
Suma PCB (9 kongenera)	mg kg ⁻¹	2,9	4,7	4,8

Mineralna ulja	mg kg ⁻¹	214	240	258
BTEX (zbroj)	mg kg ⁻¹	< 1	< 1	< 1
DDT (zbroj)	mg kg ⁻¹	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Lindan (gamma-HCH)	mg kg ⁻¹	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Heptaklor	mg kg ⁻¹	< 0,05	< 0,05	< 0,05

Tablica 14. Fizikalna svojstva, ekotoksičnost i mikrobiologija

Parametar	Mjerna jedinica	Kompozit iskopa 1, 2 i 3 (058 00267/26)	Kompozit iskopa 4, 5 i 6 (058 00268/26)	Kompozit iskopa 7 i 8 (058 00269/26)
Suha tvar (105°C)	%	65,8	73,7	85,6
Akutna toksičnost	LID--D	1	1	1
Aerobni i anaerobni mikroorganizmi	n.n./10 g	nađeno	nađeno	nađeno
Patogeni mikroorganizmi	-	nisu izolirani	nisu izolirani	nisu izolirani

- **LID--D:** Jedinica za akutnu toksičnost koja označava najniže razrjeđenje eluata pri kojem nema štetnog učinka na ispitne organizme (*Daphnia magna*).
- **n.n./10 g:** "Nije nađeno" u 10 grama uzorka, što je granica detekcije za mikrobiološka ispitivanja krutih uzoraka.

U ispitnim izvještajima za kompozitne uzorke navedeni su i dodatni detalji:

- Kod **Kompozita iskopa 1, 2 i 3**, iako su izolirani aerobni mikroorganizmi, specifične bakterijske kulture uključuju *Bacillus firmus*, *Enterobacter cloacae*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Micrococcus luteus* i *Rothia aeria*.
- Kod **Kompozita iskopa 7 i 8** izolirane su bakterijske kulture *Cupriavidus gilardi* i *Staphylococcus hominis*.

2.3.6 Količine otpada

U dokumentu *Nalaz i mišljenje o provedenim aktivnostima po nalogu Ureda za suzbijanje korupcije i organiziranog kriminaliteta broj Kis-US-12/2025 od 3. studenoga 2025. za vještačenje zaštite okoliša – lokacija Benkovac - neinvazivni istražni radovi* (Klasa: :

Urbroj: : od 14. prosinca 2025.) temeljem provedenih geofizičkih istražnih radova i uzimajući u obzir prosječnu dubinu tijela odlagališta definiran je volumen od **14.775,00 m³**.

Analiza gustoće pokazuje izraženu varijabilnost između pojedinih iskopa i dubina, što je očekivano za heterogeni otpad odložen bez prethodnog razvrstavanja, kontroliranog formiranja slojeva i sustavnog zbijanja.

Gustoća rahlog uzorka kretala se u rasponu od 204,49 kg/m³ (P6.1 – vršni dio iskopa 6) do 577,09 kg/m³ (P4.2 – srednji dio iskopa 4), uz prosječnu vrijednost od 332,35 kg/m³.

Gustoća uzorka u zbijenom stanju kretala se u rasponu od 310,40 kg/m³ (P6.1 – vršni dio iskopa 6) do 654,75 kg/m³ (P4.2 – srednji dio iskopa 4), uz prosječnu vrijednost od 435,36 kg/m³.

Najveće gustoće zabilježene su u iskopima P1, P4 i djelomično P8, dok su najmanje gustoće utvrđene u iskopima P6 i P7, što ukazuje na značajne razlike u sastavu i stupnju zbijenosti otpada unutar istraživnog tijela.

Promatrajući rezultate po dubinama, ne može se uočiti jednoznačan trend povećanja gustoće s dubinom. Primjerice, u iskopu P2 gustoća se smanjuje od vrha prema dnu, dok u iskopu P7 raste prema dnu. U iskopima P1 i P8 također nisu utvrđene pravilne promjene koje bi ukazivale na sustavno povećanje gustoće s dubinom. Da je otpad odlagan planski, u jasno definiranim slojevima i uz redovito kompaktiranje, očekivao bi se postupni porast gustoće u dubljim dijelovima uslijed djelovanja vlastite težine i dugotrajnog slijeganja materijala. Međutim, dobiveni rezultati pokazuju da dubina sama po sebi nije dominantan čimbenik koji određuje gustoću otpada.

Izostanak jasne povezanosti između gustoće i dubine upućuje na izraženu heterogenost odloženog materijala, odnosno na različite udjele mineralne frakcije, građevinskog otpada, plastike, tekstila, drva i drugih sastavnica te na različite lokalne uvjete odlaganja tijekom vremena.

Prosječne vrijednosti gustoće dobivene su kao aritmetička sredina svih 19 ispitanih uzoraka. Uočava se da je prosječna gustoća zbijenog uzorka ($435,36 \text{ kg/m}^3$) za približno 103 kg/m^3 , odnosno oko 31 %, veća od prosječne gustoće rahlog uzorka ($332,35 \text{ kg/m}^3$). Takva razlika ukazuje na prisutnost značajnog volumena međuprostora unutar odloženog materijala te potvrđuje mogućnost dodatne kompresije otpada.

Pritom je važno naglasiti da je raspon izmjerenih gustoća vrlo širok. Kod rahlih uzoraka gustoće se kreću od približno 200 do gotovo 600 kg/m^3 , a kod zbijenih od približno 310 do 655 kg/m^3 . Gotovo trostruka razlika između najmanjih i najvećih izmjerenih vrijednosti dodatno potvrđuje da se radi o prostorno vrlo neujednačenom odlagališnom tijelu. Stoga prosječnu vrijednost treba promatrati prvenstveno kao reprezentativan podatak za procjenu ukupne mase otpada, dok pojedinačni rezultati odražavaju lokalne razlike u sastavu i stupnju zbijenosti materijala.

Temeljem provedenih mjerenja može se zaključiti da je prosječna gustoća od oko 435 kg/m^3 u zbijenom stanju reprezentativna za procjenu ukupne količine otpada na lokaciji, dok velika raspršenost pojedinačnih rezultata potvrđuje heterogen karakter odlagališnog tijela i neujednačene uvjete njegova nastanka.

Temeljem navedenog na lokaciji se nalazi minimalno **6.427 t** otpada.

2.3.7 Rezultati sortiranja

Za potrebe ovog vještačenja provedeno je sortiranje izuzetih uzoraka.

Tablica 15. Sumarni prikaz rezultata sortiranja

Naziv uzorka	Sitnica <16 mm	Plastika	Folija	Guma	Tekstil	Građevinski otpad	Kamen/glina	Staklo	Metal	Metal (Ferozni)	Drvo	EE otpad	Bakrene žice	Jalovina/ neidentificirano
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
P 1.1	35	10	0	8	4	0	43	0	0	0	0	0	0	0
P 1.2	18	43	0	18	9	0	4	1	0	0	0	7	0	0
P 1.3	81	7	0	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P 1.4	95	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	4
P 2.1	81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19
P 2.2	19	43	0	20	10	0	0	0	2	1	0	0	4	0
P 2.3	7	38	0	25	18	0	3	0	0	0	0	0	8	0
P 3.1	14	28	0	30	19	0	0	0	0	6	0	0	3	0
P 3.2	16	45	0	7	25	0	4	0	0	0	0	0	3	0
P 4.1	44	7	0	3	0	47	0	0	0	0	0	0	0	0
P 4.2	28	4	0	6	0	0	62	0	0	0	0	0	0	0
P 5.1	17	35	0	18	2	0	12	0	0	12	0	0	3	0
P 5.2	30	41	0	16	6	0	7	0	0	0	0	0	1	0
P 6.1	10	37	0	25	9	0	8	0	6	1	0	0	3	0
P 6.2	23	41	0	11	8	0	11	0	0	5	0	0	2	0
P 7.1	29	46	0	1	11	0	9	0	1	0	0	0	2	0
P 7.2	42	21	0	29	7	0	0	0	2	0	0	0	0	0

P 8.1	92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
P 8.2	23	39	0	6	16	0	3	0	2	0	0	12	0

Oznaka uzorka	Prošireni opis uzorka	Vrsta otpada (stručna kvalifikacija)	Potencijalni ključni brojevi otpada temeljem sortiranja	Slika uzorka
P.1.1	Pretežno mineralni uzorak s izraženim udjelom sitne frakcije (35 %) i kamene komponente (43 %). Sitna frakcija sastoji se od sitnozrnatog materijala mineralno-organskog porijekla, dok je krupna polimerna komponenta prisutna kao kruti, nepravilni fragmenti mehanički usitnjene plastike. Guma čini manji udio uzorka i nalazi se pretežno u sitnozrnatoj frakciji.	Mješavina pretežno zemljanog materijala (jalovine) i plastike	19 12 04 17 01 07	

Oznaka uzorka	Prošireni opis uzorka	Vrsta otpada (stručna kvalifikacija)	Potencijalni ključni brojevi otpada temeljem sortiranja	Slika uzorka
P.1.2	Heterogeni uzorak u kojem prevladava plastična i gumena komponenta. Plastična (43 %) je prisutna pretežito u obliku krutih, nepravilnih fragmenata, dok se gumena komponenta (18 %) nazire kao kompaktni, tamni fragmenti elastične strukture. Sitna frakcija (<16 mm) čini 18 % uzorka te se sastoji od prašinastog materijala te usitnjenih polimernih čestica. U uzorku je uočen fragment elektroničkog otpada (tiskana pločica), čija masa čini 7% uzorka. Sastav i morfologija uzorka upućuje na mehanički obrađeni EE otpad ili otpad koji sadrži EE opremu	Otpad kompatibilan s mehanički obrađenim metalnim i električnim i elektroničkim otpadom (EE otpad)	19 12 04 19 12 12	

Oznaka uzorka	Prošireni opis uzorka	Vrsta otpada (stručna kvalifikacija)	Potencijalni ključni brojevi otpada temeljem sortiranja	Slika uzorka
P1.3	U uzorku prevladava sitna frakcija (<16 mm) koja čini 81 % njegove mase. Uzorak čini prašinasta matrica sačinjena od usitnjenih polimernih materijala, uz prisustvo većih polimernih čestica nepravilnog oblika.	Usitnjeni polimerni otpad tehnološkog porijekla	19 12 04	
P1.4	Uzorak s pretežito sitnozrnatom frakcijom (<16 mm), vlaknaste strukture. Sitnozrnata frakcija sadrži komade degradirane plastike, tekstilnih vlakana i tankih folijastih polimera. Ova frakcija prema sadržaju odgovara obrađenom medicinskom otpadu. Ovakav tip otpada evidentiran je i na lokaciji Gospić	Otpad porijeklom iz obrade medicinskog otpada	19 12 12 19 12 04 19 12 11*	

Oznaka uzorka	Prošireni opis uzorka	Vrsta otpada (stručna kvalifikacija)	Potencijalni ključni brojevi otpada temeljem sortiranja	Slika uzorka
P2.1	Uzorak s pretežito sitnozrnatom frakcijom (<16 mm). Zbog veličine čestica uzorka nije bilo moguće provesti pouzdanu razdiobu materijala po frakcijama, iako su u uzorku vidljivi sitni fragmenti polimernih otpad tehnološkog materijala. Uzorak je prosijan te je porijekla utvrđeno da sitna frakcija (<16 mm) čini 81%, a krupna (>16 mm) 19% ukupne mase uzorka.	Usitnjeni polimerni otpad tehnološkog materijala	19 12 04	

Oznaka uzorka	Prošireni opis uzorka	Vrsta otpada (stručna kvalifikacija)	Potencijalni ključni brojevi otpada temeljem sortiranja	Slika uzorka
P2.2	Dominantna sastavnica uzorka je plastika (43 %), prisutna pretežito u obliku krutih, nepravilnih fragmenata, dok se gumeni komponenta (20 %) pojavljuje kao tamni fragmenti elastične strukture. Sitna frakcija (<16 mm, 19 %) sastoji se od prašinastog polimerno-organskog materijala s prisutnim komadima usitnjenih polimera. Tekstil (10 %) je prisutan u obliku fragmentiranih vlakana i trakastih elemenata. U uzorku je utvrđena prisutnost bakrenih žica s izolacijom (4 %). Visok udio usitnjene plastike i gume, kao i prisutnost bakrenih vodiča s izolacijom upućuje na mehanički obrađeni EE otpad ili otpad koji sadrži EE opremu ili obradu otpadnih vozila.	Otpad kompatibilan s mehanički obrađenim električnim i elektroničkim otpadom (EE otpad) ili otpadnim vozilima	19 12 04 19 12 12	

Oznaka uzorka	Prošireni opis uzorka	Vrsta otpada (stručna kvalifikacija)	Potencijalni ključni brojevi otpada temeljem sortiranja	Slika uzorka
P2.3	U uzorku prevladavaju krupni plastični (38 %) i gumeni (25 %) fragmenti. Tekstil je zastupljen uglavnom u obliku trakastih i vlaknastih komadića, dok je sitna frakcija (<16 mm) prisutna u manjem udjelu (7 %) i sastoji se od mineralnog prašinstoga materijala s prisustvom polimera i organskih tvari. U uzorku je utvrđena prisutnost bakrenih žica s izolacijom (8 %). Sastav uzorka upućuje na mehanički obrađeni EE otpad koji sadrži EE opremu ili otpadna vozila.	Otpad kompatibilan s mehanički obrađenim električnim i električnim otpadom (EE otpad) ili otpadnim vozilima	19 12 04	

Oznaka uzorka	Prošireni opis uzorka	Vrsta otpada (stručna kvalifikacija)	Potencijalni ključni brojevi otpada temeljem sortiranja	Slika uzorka
P3.1	Uzorak karakterizira izražena zastupljenost gumene (30 %), plastične (28 %) i tekstilne (19 %) komponente veličine čestica do 4 cm, uz vrlo mali udio sitne frakcije (<16 mm, 14 %). Sitna frakcija sastoji se od prašinastog materijala mineralno-organskog materijala, s prisustvom usitnjenih antropogenih čestica. U uzorku je utvrđena prisutnost bakrenih žica s izolacijom (3 %). Sastav uzorka upućuje na mehanički obrađeni EE otpad koji sadrži EE opremu ili otpadna vozila.	Otpad kompatibilan s fragmentiranim električnim elektroničkim otpadom (EE otpad) ili otpadnim vozilima	19 12 04 19 12 12	

Oznaka uzorka	Prošireni opis uzorka	Vrsta otpada (stručna kvalifikacija)	Potencijalni ključni brojevi otpada temeljem sortiranja	Slika uzorka
P3.2	Najveći udio u uzorku čini plastika, prisutna u obliku krutih, nepravilnih fragmenata krupnozrnat frakcije (45 %). Tekstilna komponenta (25 %) pojavljuje se kao fragmentirana vlakna i trakasti elementi veličine do 50 mm. Sitna frakcija (<16 mm) zastupljena je s 16 % te sastoji od prašinstog materijala prisustvom usitnjenih antropogenih mineralnih čestica. U uzorku je utvrđena prisutnost bakrenih žica s izolacijom (3 %). Sastav uzorka upućuje na mehanički obrađeni EE otpad koji sadrži EE opremu ili otpadna vozila.	Otpad kompatibilan s selektričnim i selektričnim otpadom (EE otpad) ili otpadnim vozilima	19 12 04 19 12 12	

Oznaka uzorka	Prošireni opis uzorka	Vrsta otpada (stručna kvalifikacija)	Potencijalni ključni brojevi otpada temeljem sortiranja	Slika uzorka
P4.1	Uzorak karakterizira izrazita zastupljenost mineralne komponente. Najveći maseni udio u uzorku čini građevinski otpad (47 %), prisutan u obliku krupnih, mehanički lomljenih fragmenata mineralnog materijala, dok sitna frakcija (<16 mm) čini 44 % mase uzorka i sastoji se od prašinatog i sitnozrnatog materijala smaterijala (jalovine) i 17 01 07 prisustvom usitnjenih polimernih, građevinskog otpada 17 05 04 organskih i mineralnih čestica. Plastična onečišćena usitnjenim 19 12 04 komponenta zastupljena je u manjem udjelu (7 %), uglavnom u obliku krutih, nepravilnih fragmenata, dok je gumeni komponenta prisutna tek u tragovima (3 %). Ukupni sastav i morfologija upućuju na uzorak pretežito mineralnog karaktera onečišćen polimernim česticama.	Mješavina zemljanog materijala (jalovine) i građevinskog otpada usitnjenim polimernim česticama		

Oznaka uzorka	Prošireni opis uzorka	Vrsta otpada (stručna kvalifikacija)	Potencijalni ključni brojevi otpada temeljem sortiranja	Slika uzorka
P4.2	Uzorak sastavljen pretežito od mineralne komponente (62 %). Kamen je prisutan u obliku krupnijih, mehanički lomljenih fragmenata, jasno izdvojenih u krupnozrnatoj frakciji. Sitna frakcija (<16 mm) zastupljena je s 28 % i sastoji se od prašinatog i sitnozrnatog mineralnog materijala. Antropogene komponente čine manji udio uzorka, pri čemu su plastika i guma prisutne uglavnom kao manji, nepravilni fragmenti. Ukupni sastav i morfologija uzorka upućuju na pretežito prirodni, mineralni materijal s manjom prisutnošću polimernih komponenti.	Mješavina mineralnog i polimernog otpada	17 05 04 19 12 04	

Oznaka uzorka	Prošireni opis uzorka	Vrsta otpada (stručna kvalifikacija)	Potencijalni ključni brojevi otpada temeljem sortiranja	Slika uzorka
P5.1	Uzorak s izraženom plastičnom i gumenom komponentom. Najveći maseni udio u uzorku čini plastika (35 %), prisutna pretežito u obliku krutih, nepravilnih fragmenata krupnozrnate frakcije, dok je gumena komponenta zastupljena s 18 % i pojavljuje se kao tamni, elastični fragmenti. Sitna frakcija (<16 mm, 17 %) sastoji se od prašinastog materijala koji sadrži usitnjene polimerne čestice mineralni i organski materijal. Metalna komponenta (željezo) prisutna je u udjelu od 12 %, uglavnom u obliku manjih, kompaktnih fragmenata. U uzorku je utvrđena prisutnost bakrenih žica izolacijom (3 %). Sastav uzorka upućuje na mehanički obrađeni EE otpad koji sadrži EE opremu ili otpadna vozila.	Otpad kompatibilan s fragmentiranim električnim otpadom (EE otpad) ili otpadnim vozilima	19 12 04	

Oznaka uzorka	Prošireni opis uzorka	Vrsta otpada (stručna kvalifikacija)	Potencijalni ključni brojevi otpada temeljem sortiranja	Slika uzorka
P5.2	Uzorak s dominantnom plastičnom i gumenom komponentom te značajnim udjelom sitne frakcije. Najveći maseni udio zauzima plastika (41 %), prisutna pretežito u obliku krutih, nepravilnih fragmenata u krupnozrnatijoj frakciji, dok je gumeni komponenta zastupljena s 16 % i pojavljuje se u obliku elastičnih fragmenata. Sitna frakcija sastoji se od prašinastog materijala u kojem su uočene polimerne i mineralne čestice. Tekstil (7%) i kamen (6%) zastupljeni su u manjem udjelu. Prisutnost bakrenih žica (1%) i usitnjene plastike. Sastav uzorka upućuje na mehanički obrađeni EE otpad koji sadrži EE opremu ili otpadna vozila.	Otpad kompatibilan s fragmentiranim električnim otpadom (EE otpad) ili otpadnim vozilima	19 12 04 19 12 12	

Oznaka uzorka	Prošireni opis uzorka	Vrsta otpada (stručna kvalifikacija)	Potencijalni ključni brojevi otpada temeljem sortiranja	Slika uzorka
P6.1	Uzorak sadrži povećani udio plastične (37 %) i gumene (25 %) komponente u obliku mehanički lomljenih fragmenata u krupnozrnatost frakciji. Sitna frakcija (<16 mm) sastoji se od prašinastog mineralnog materijala s prisustvom usitnjenih antropogenih čestica. Tekstil je prisutan u manjem udjelu (9 %), uglavnom u obliku fragmentiranih vlakana. Ferozni metali zastupljeni su s 1 %, dok ostali metali čine 6 % uzorka. Utvrđena je prisutnost bakrenih žica s izolacijom (3 %). Sastav uzorka upućuje na mehanički obrađeni EE otpad koji sadrži EE opremu ili otpadna vozila.	Otpad kompatibilan s fragmentiranim električnim i elektroničkim otpadom (EE otpad) ili otpadnim vozilima	19 12 04 19 12 12	

Oznaka uzorka	Prošireni opis uzorka	Vrsta otpada (stručna kvalifikacija)	Potencijalni ključni brojevi otpada temeljem sortiranja	Slika uzorka
P6.2	karakterizira visok udio polimernih komponenti. Plastika je zastupljena je s 41 %, prisutna u obliku nepravilnih fragmenata, dok je gumena komponenta (11%) prisutna uglavnom kao tamni elastični fragmenti. Mineralni materijali (kamen) čini 11 % uzorka. Tekstil se pojavljuje u obliku fragmentiranih trakastih komada unutar krupnije frakcije. Sitna frakcija (<16 mm) sastoji se od sitnozrnatog mineralnog materijala s vidljivim komadićima usitnjenih polimernih čestica. U uzorku je utvrđeno prisustvo feroznih metala (5 %) te bakrenih žica s izolacijom (2 %). Ukupni sastav upućuje na mehanički obrađeni EE otpad koji sadrži EE opremu ili otpadna vozila.	Otpad kompatibilan s fragmentiranim električnim elektroničkim otpadom (EE otpad) ili otpadnim vozilima	19 12 04 19 12 12	

Oznaka uzorka	Prošireni opis uzorka	Vrsta otpada (stručna kvalifikacija)	Potencijalni ključni brojevi otpada temeljem sortiranja	Slika uzorka
P7.1	Plastična frakcija zastupljena je s 46 %, prisutna pretežito u obliku krutih, nepravilnih fragmenata. Sitna frakcija (<16 mm) čini 29 % uzorka te se sastoji od pretežno organskog sitnozrnatog materijala s prisustvom usitnjenih polimernih i mineralnih čestica. U uzorku su pronađeni veći mineralni materijali (kamen, 9 %). Tekstil (11 %) je prisutan u obliku vlaknastih i trakastih elemenata, dok je metal utvrđen u tragovima (1 %), uglavnom u obliku manjih, izoliranih fragmenata. U uzorku su pronađeni komadi bakrenih žica s izolacijom (2 %). Ukupni sastav upućuje na heterogeno, pretežito antropogeno porijeklo iz mehaničke obrade elektroničkog otpada ili otpadnih vozila.	Otpad kompatibilan s fragmentiranim električnim i elektroničkim otpadom (EE otpad) ili otpadnim vozilima	19 12 04 19 12 12	

Oznaka uzorka	Prošireni opis uzorka	Vrsta otpada (stručna kvalifikacija)	Potencijalni ključni brojevi otpada temeljem sortiranja	Slika uzorka
P7.2	Uzorak karakterizira visok udio sitne frakcije s gumenim i plastičnim inkluzijama. Sitna frakcija (<16 mm, 42%) sastoji se od prašinstog polimerno-organskog materijala s prisustvom usitnjenih antropogenih čestica. Gumeni fragmenti čine 29 %, a plastični 21 % mase uzorka i pojavljuju se kao kruti, mehanički lomljeni fragmenti. Tekstil je prisutan u manjem udjelu (7 %) u obliku fragmentiranih vlakana, dok su metal (2 %) i staklo prisutni tek u tragovima. Sastav uzorka odgovara sastavu mehanički obrađenog elektroničkog otpada ili otpadnih vozila.	Otpad kompatibilan s fragmentiranim električnim i elektroničkim otpadom (EE otpad)	19 12 04 19 12 12	

Oznaka uzorka	Prošireni opis uzorka	Vrsta otpada (stručna kvalifikacija)	Potencijalni ključni brojevi otpada temeljem sortiranja	Slika uzorka
P8.1	Homogeni, mehanički usitnjeni uzorak nepoznatog porijekla, sačinjen od polimernih, mineralnih i organskih čestica. Zbog veličine čestica nije bilo moguće provesti pouzdanu razdiobu materijala po frakcijama. Uzorak je prosijan te je utvrđeno da sitna frakcija (<16 mm) čini 92%, a krupna (>16 mm) 8% ukupne mase uzorka. Otpad sličnog izgleda i sastava kao što je pronađen na lokaciji u Gospiću.	Usitnjeni tehnološki otpad	19 12 04 19 12 12	

Oznaka uzorka	Prošireni opis uzorka	Vrsta otpada (stručna kvalifikacija)	Potencijalni ključni brojevi otpada temeljem sortiranja	Slika uzorka
P8.2	Polimerno dominantan uzorak (39 %), građen od krutih fragmenata nepravilnog oblika. Tekstil (16 %) se pojavljuje u obliku trakastih elemenata. Sitna frakcija (<16 mm) čini 23 % uzorka te se sastoji od prašinastog materijala organskog porijekla s prisustvom usitnjenih polimernih čestica. Gumeni komponenta prisutna je u obliku elastičnih fragmenata, dok usitnjene bakrene žice s izolacijom čine 12 % uzorka. Metali, izuzev metala u žicama, su prisutni tek u tragovima. Ukupni sastav upućuje na kompleksnu mješavinu polimernih, tekstilnih i općenito elektroničkih komponenti tipičnu za mehanički obrađeni elektronički otpad ili otpadnih vozila.	Otpad kompatibilan s fragmentiranim električnim elektroničkim otpadom (EE otpad) ili otpadnih vozila	19 12 04 19 12 12	

Oznaka uzorka	Prošireni opis uzorka	Vrsta otpada (stručna kvalifikacija)	Potencijalni ključni brojevi otpada temeljem sortiranja	Slika uzorka

2.3.8 Rezultati mikrobiološke analize otpada

U nastavku je sumarni prikaz rezultata mikrobiološke analize za osam kompozitnih uzoraka iskopu prema podacima iz izvještaja:

Tablica 16. Rezultati mikrobiološke analize

Analitički broj	Oznaka uzorka	Koordinate / Lokacija	Izolacija mikroorganizama (aerobni i anaerobni)	Identificirani mikroorganizmi (MALDI-TOF)	Izolacija specifičnih patogenih mikroorganizama*
058 00259/26	Kompozit iskop 1 (P 1.1, P 1.2, P 1.3 i P 1.4)	Iskop 1: N 44°03.690'; E 015°36.918'	Izolirani aerobni mikroorganizmi	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	Nisu izolirani
058 00260/26	Kompozit iskop 2 (P 2.1, P 2.2 i P 2.3)	Iskop 2: N 44°03.695'; E 015°36.911'	Izolirani aerobni mikroorganizmi	<i>Pseudoxanthomonas mexicana</i>	Nisu izolirani
058 00261/26	Kompozit iskop 3 (P 3.1 i P 3.2)	Iskop 3: N 44°03.700'; E 015°36.903'	Izolirani aerobni i anaerobni mikroorganizmi	<i>Bacillus cereus</i> grupe i <i>Cardiobacterium hominis</i>	Nisu izolirani
058 00262/26	Kompozit iskop 4 (P 4.1 i P 4.2)	Iskop 4: N 44°03.709'; E 015°36.909'	Izolirani aerobni mikroorganizmi	Bakterijske kulture nisu identificirane	Nisu izolirani
058 00263/26	Kompozit iskop 5 (P 5.1 i P 5.2)	Iskop 5: N 44°03.699'; E 015°36.918'	Izolirani aerobni mikroorganizmi	<i>Pseudomonas oleovorans</i>	Nisu izolirani

058 00264/26	Kompozit iskopa 6 (P 6.1 i PE 6.2)	Iskop 6: N 44°03.704'; 015°36.927'	Izolirani aerobni mikroorganizmi	<i>Microbacterium</i> <i>oxydans</i> <i>Pseudoxanthomonas</i> <i>mexicana</i>	Nisu izolirani
058 00265/26	Kompozit iskopa 7 (P 7.1 i PE 7.2)	Iskop 7: N 44°03.717'; 015°36.929'	Izolirani aerobni i anaerobni mikroorganizmi	<i>Cupriavidus gilardii</i>	Nisu izolirani
058 00266/26	Kompozit iskopa 8 (P 8.1 i PE 8.2)	Iskop 8: N 44°03.722'; 015°36.917'	Izolirani aerobni i anaerobni mikroorganizmi	Bakterijske kulture nisu identificirane	Nisu izolirani

*Specifični patogeni mikroorganizmi obuhvaćeni ispitivanjem: *Salmonella* spp, *Shigella* spp., *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Candida albicans* i *Campylobacter* spp.

Navedeni rezultati potvrđeni su i analizom od DIRH od 5.7.2024.

2.3.9 Mjerenje radioaktivnosti

Niti na jednom uzorku nisu zabilježene povišene doze radijacije.

2.4 Geološke i hidrogeološke karakteristike lokacije

Geokemijski atlas Republike Hrvatske sadrži podatke o koncentracijama elemenata u površinskom sloju tla (0-25 cm). Uvidom u Geokemijski atlas Republike Hrvatske očitane su i procijenjene okvirne vrijednosti pojedinog elementa za lokaciju Benkovac.

Geološke i hidrogeološke karakteristike predmetne lokacije utvrđene su temeljem dokumenta „Nalaz i mišljenje o provedenim aktivnostima po nalogu Ureda za suzbijanje korupcije i organiziranog kriminaliteta broj Kis-US-12/2025 za vještačenje zaštite okoliša, lokacija Benkovac – neinvazivni istražni radovi“ (Geotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2025.). U okviru predmetnog istraživanja provedeno je geološko i hidrogeološko rekognosciranje terena, analiza dostupnih geoloških i hidrogeoloških podataka te geofizička istraživanja

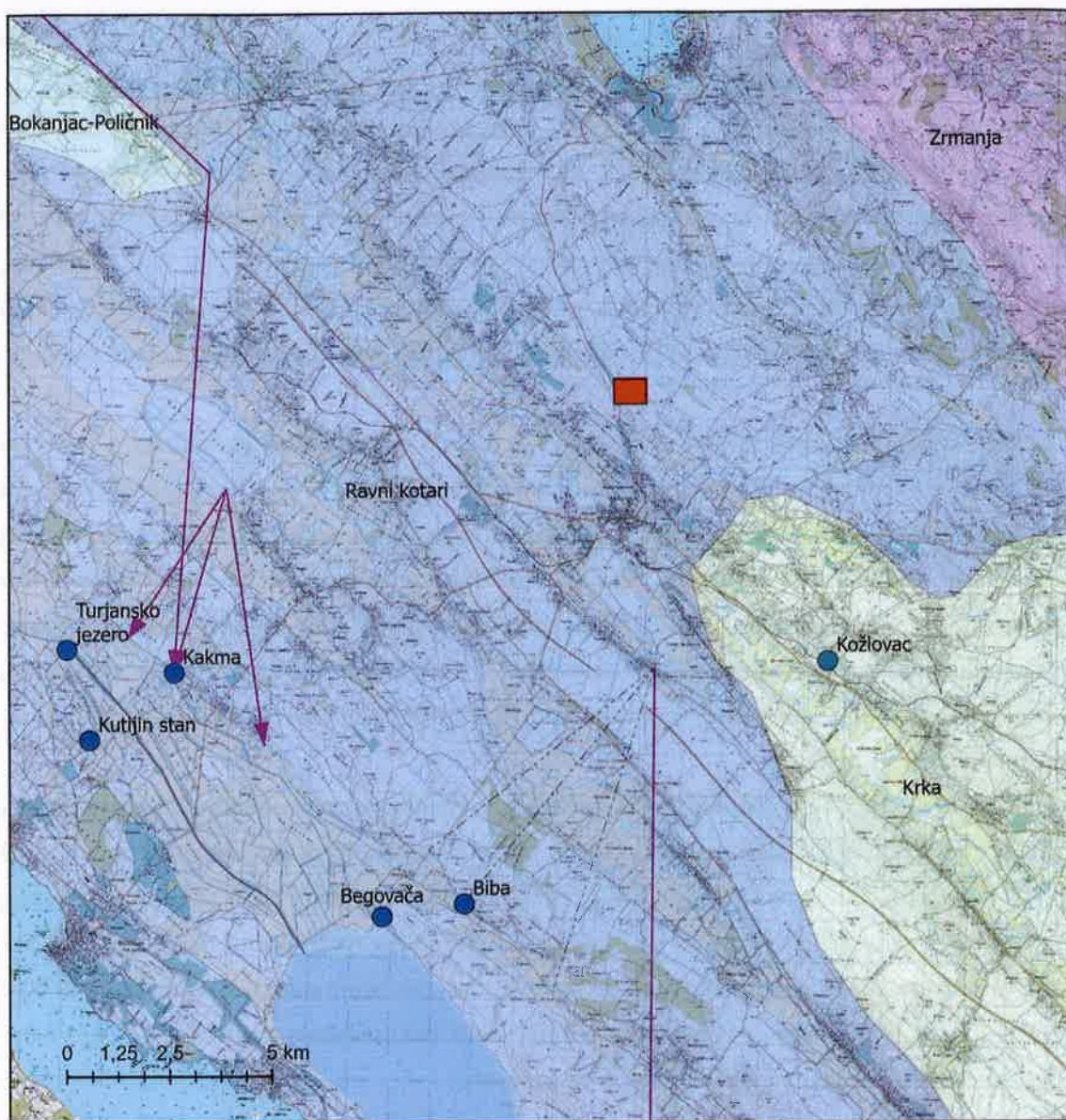
metodama geoelektrične tomografije (ERT) i georadara (GPR), s ciljem utvrđivanja geološke građe, hidrogeoloških značajki i karakteristika podzemlja na predmetnoj lokaciji.

Lokacija se nalazi na području Ravnih kotara, unutar tijela podzemne vode JKGN_08 Ravni kotari. Geološku podlogu čine pločasti mikritski vapnenci gornjoeocenske starosti (E_3), karakteristični za šire područje Benkovca. Vapnenci su dobro uslojeni, s debljinom slojeva od nekoliko centimetara do približno 40 cm te lokalno sadrže proslojke biokalkarenita, litokalkarenita i konglomerata. Područje pripada strukturnoj jedinici Istra–Dalmacija, koju karakteriziraju naslage gornje krede i paleogena deformirane u bore smjera sjeverozapad–jugoistok.

S hidrogeološkog aspekta riječ je o tipičnom krškom području koje karakterizira izražena pukotinska i sekundarna poroznost karbonatnih stijena. U takvim uvjetima **oborinske vode brzo infiltriraju u podzemlje kroz sustav pukotina, rasjeda i drugih krških struktura, uz vrlo ograničeno površinsko otjecanje**. Zbog visoke vodopropusnosti krških vodonosnika eventualna onečišćenja mogu se relativno brzo širiti podzemnim putem, često na znatne udaljenosti od izvora onečišćenja. Geofizičkim istraživanjima na lokaciji utvrđene su pukotinske i rasjedne zone koje mogu predstavljati preferencijalne putove procjeđivanja i kretanja podzemnih voda.

Predmetna lokacija nalazi u području mogućeg prihranjivanja izvora u zaleđu Vranskog jezera te potencijalno i slivu Karinskog mora, a razina podzemne vode procijenjena je na približno 75 do 100 m dubine, što upućuje na postojanje relativno debele nesaturirane zone iznad glavnog krškog vodonosnika nije moguće sa sigurnošću odrediti smjer podzemnog tečenja bez dodatnih istraživanja. Iz tog razloga indikativni rezultati monitoringa na izvorštima Turansko jezero, Kakma, Kutijin stan, Begovača i Biba, koja predstavljaju najznačajnije nizvodne hidrogeološke receptore mogu se koristiti za procjenu.

Udaljenost lokacije ilegalnog odlagališta od najbližih vodoopskrbnih izvora je između 13 i 15,7 km (Kakma 13 km, Turjansko 15 km, Kutijin stan 15,7 km, Biba 13,2 km, Begovača 14,2 km). Udaljenost od Karinskog mora iznosi 7,4 km. Najbliže vodocrpilište lokaciji ilegalnog odlagališta otpada je vodocrpilište Kožlovac (8,2 km), no ono se nalazi u slivu rijeke Krke i ne očekuje se hidrogeološka povezanost s predmetnom lokacijom ilegalnog odlagališta.



Slika 44. Lokacije vodocrpilišta u odnosu na lokaciju ilegalnog odlagališta (označeno crveno)

2.5 Kvaliteta vode na izvorima

Za potrebe ovog vještačenja prikupljeni su podaci monitoringa za vodoopskrbnih izvora Biba, Kakma, Kozlovac i Turjansko jezero u periodu od 2020 do 2026. godine. Vodoopskrbni izvor

Kutijin stan se ne koristi već duže vrijeme kao izvor vode za piće već samo za navodnjavanje⁷. Prema izjavi Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo Zadar, izvorišta Benkovačko Selo, Kukalja, Ktijin stan i Begovača nije vršena analiza niti monitoring. Također dobiveni su preliminarni podaci iz provedenih uzorkovanja voda u 2026. godini na izvorištima Biba i Kakma za dio pokazatelja (Klasa: , Urbroj: od 1. lipnja 2026.

U nastavku se daju sistematizirani rezultati monitoringa.

Osim teških metala analizirana je i evidentirana električna vodljivost.

Tablica 17. Rezultati preliminarne analize (DIRH) za izvorište Biba i Kakma

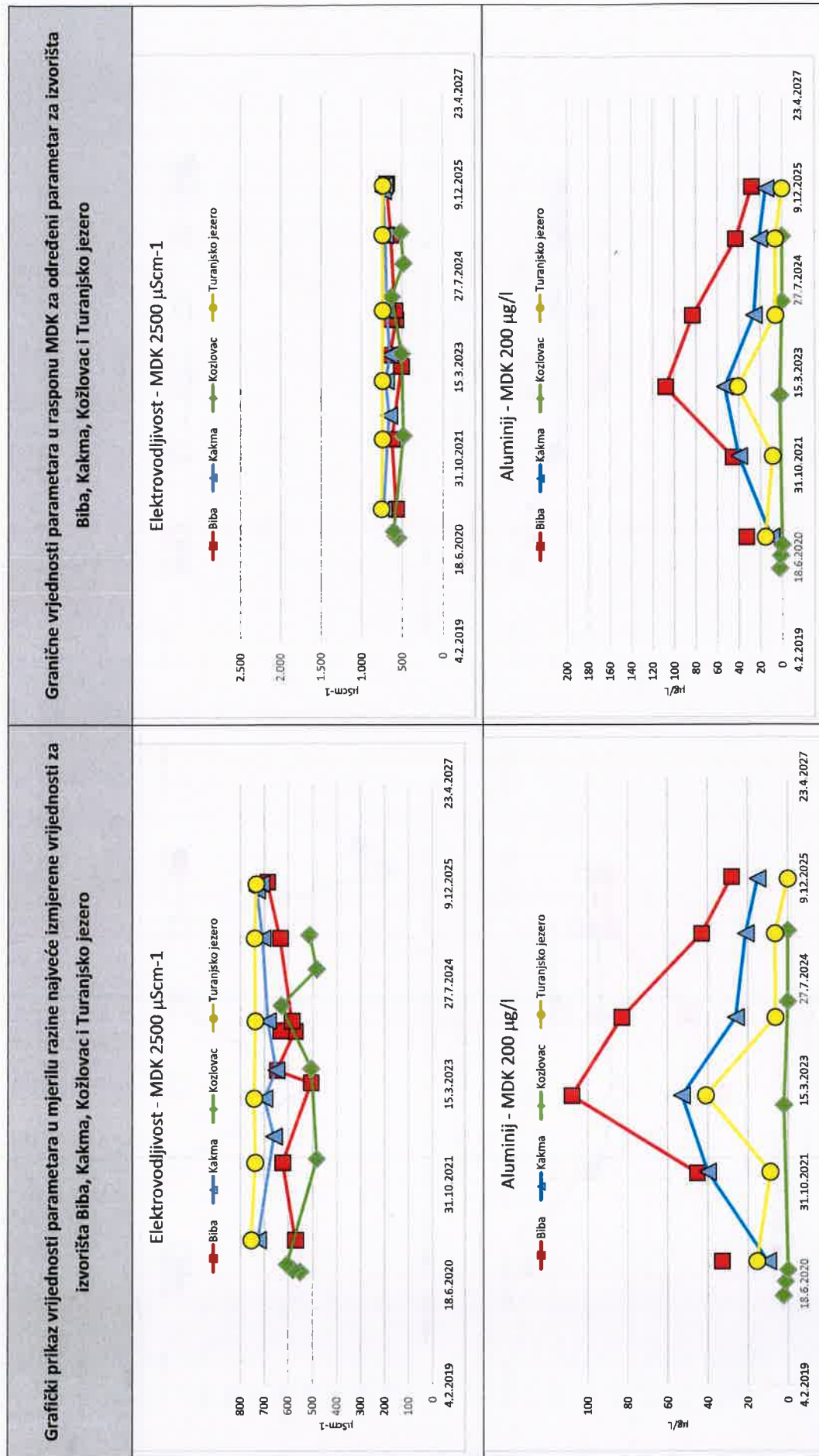
Kaprirani izvori	pokazatelj	granična vrijednost	2024. godina srednja vrijednost	uzorkovano 18.02.2026.	uzorkovano 15.04.2026.
Biba - šifra 40310G, koordinate X 425074; Y 4868053	antimon ukupni (µg/l)	10	< 0,1	< 0,1	0,14
	bakar otopljeni (µg/l)	2000	< 0,3	< 0,5	0,51
	bakar ukupni (µg/l)	2000	< 0,3	< 0,5	0,54
	bor ukupni (µg/l)	-	11,25	9,4	11
	cink otopljeni (µg/l)	3000	< 3	< 3	< 3
	cink ukupni(µg/l)	3000	< 3	< 3	< 3
	krom otopljeni (µg/l)	25	0,4125	0,57	0,34
	krom ukupni (µg/l)	25	0,45	0,6	0,34
	olovo otopljeno (µg/l)	5	0,1	< 0,2	0,58
	olovo ukupno (µg/l)	5	< 0,2	< 0,2	0,77
	ugljkovodici (µg/l)	5	0,04775	-	-
	vinil klorid (µg/l)	0,5	< 0,1	-	-
	PAH (µg/l)	0,1	0	< 0,00005	-
	benzo(a)piren (µg/l)	0,01	< 0,000025	< 0,00005	-
Kakma - šifra 40351G, koordinate X 417895; Y 4873738	bakar otopljeni (µg/l)	2000	0,595	0,72	0,78
	cink otopljeni (µg/l)	3000	4,05	< 3	< 3
	krom otopljeni (µg/l)	25	0,405	0,45	0,4
	olovo otopljeno (µg/l)	5	0,1	< 0,2	< 0,2
	ugljkovodici (µg/l)	5	0,5941	-	-

⁷ Sustav javne vodoopskrbe te odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda aglomeracije Biograd,

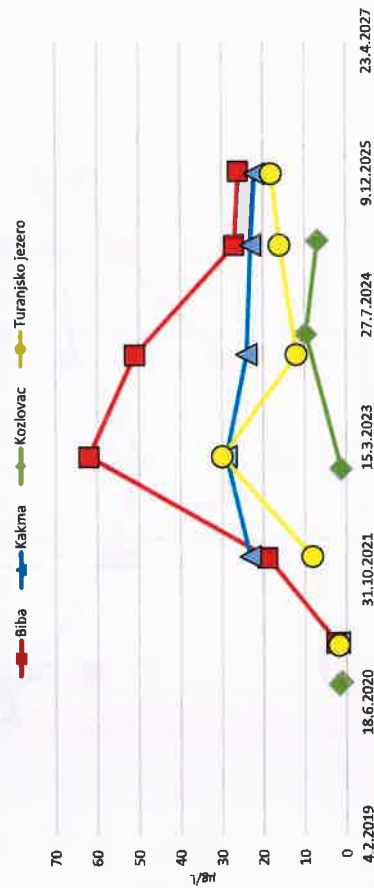
Tablica 18. Rezultati monitoringa izvorišta Biba, Kakma, Kožlovac, i Turanjsko jezero u periodu od 2020 do 2025.

Datum uzorkovanja	Berilij (Be)	Bor (B)	Aluminij (Al)	Vana dij (V)	Krom (Cr)	Mangan (Mn)	Željezo (Fe)	Kobalt (Co)	Nikal (Ni)	Bakar (Cu)	Cink (Zn)	Arsen (As)	Selen (Se)	Kadmij (Cd)	Antimon (Sb)	Barij (Ba)	Živa (Hg)	Olovo (Pb)
MDK	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l
Biba																		
9.10.2020	<0,14	<0,00058	33	1,55	<1	<1	<1	<0,15	<1	<1	<1	5,6	<1	<0,03	<0,27	10,3	<0,1	<1
29.1.2021							2,4										<0,1	
17.12.2021	<0,14	0,027	45,4	1,41	0,437	2,3	19	<0,15	<0,24	0,0008	0,596	0,124	0,204	<0,03	<0,27	11,6	<0,03	0,087
3.1.2023	<0,050	0,01	108	1,8	0,65	2,6	62	<0,10	0,56	0,0003	<3,0	0,17	0,22	<0,3	<0,10	14	<0,0100	<0,20
23.1.2024	<0,050	0,0125	83	1,8	0,65	2,4	51		0,67	0,0209	12	0,18	0,2	<0,3	0,014	16	<0,0100	<0,20
12.3.2025	<0,050	0,0101	43	2,0	0,51	0,95	27	<0,10	0,35	0,0003	3,3	0,17	0,22	<0,3	0,01	11	<0,0100	0,45
18.12.2025	<0,050	0,0108	28	1,9	0,37	0,34	26	<0,10	0,36	0,0003	<3,0	0,19	0,27	<0,3	0,01	14	<0,0100	<0,20
Kakma																		
29.1.2021					<1	<1	1,8	<0,15	<1	<1	8,7	<1					<0,1	<1
9.10.2020	<0,14	<0,00058	10,1	2,08									0,328	0,03	<0,27	17,1		
22.12.2021	<0,14	0,028	40,1	1,79	0,426	1,41	23,2	<0,15	<0,24	0,0012	1,11	0,2	0,296	<0,03	<0,27	14,8	<0,03	0,062
3.1.2023	<0,050	0,015	53	2,8	0,53	1,3	29	<0,1	0,63	<0,0030	<3,0	0,35	0,3	<0,03	0,01	0,1	0,01	<0,20
23.1.2024	<0,050	0,0162	26	2,1	0,47	1,7	24	<0,1	0,49	0,000722	3,4	0,27	0,26	<0,03	<0,10	0,1	<0,01	<0,20
12.3.2025	<0,050	0,0151	21	2,3	0,42	1,4	23	<0,1	0,36	<0,0030	<3,0	0,32	0,25	<0,03	<0,10	0,1	<0,01	1,1
8.12.2025	<0,050	0,0164	15	2	0,44	0,53	22	<0,1	0,37	0,000402	3,9	0,23	0,28	<0,03	<0,10	0,16	<0,01	0,38
Kožlovac																		
3.9.2020					<1	<1	1,2		<1	<1	3,5	<1					<0,1	<1
22.4.2020	<0,14	0,00142	2,27	1,53				<0,15					0,339	<0,03	<0,27	15,3		
24.8.2020					<1	<1	1,7		<1	<1	4,2	<1					<0,1	<1
1.7.2020	<0,14	0,013	1,28	1,47				<0,15					0,366	<0,03	<0,27	16,4		
27.8.2020	<0,14	0,018	<0,25	1,38				<0,15					0,395	<0,03	<0,27	18,2		
17.11.2022	<0,14	0,037	1,97	0,569	<0,14	<0,13	1,28	<0,15	0,283	0,00013	71,2	0,085	0,394	<0,03	<0,27	7,87	<0,03	<0,05
9.4.2024	<0,050	0,0226	<3,0	1,9	0,47	<0,10	9,7	<0,10	0,86				0,36	<0,03	<0,10	20	<0,010	<0,20
28.3.2025	<0,050	0,00914	<3,0	0,66	0,11	0,11	6,9	<0,1	0,67	0,000317	14	0,12	0,55	<0,010	<0,1	8,4	<0,01	<0,20
Turanjsko jezero																		
20.1.2021					<1	<1	1,8		<1	<1	7,5	<1					<0,1	<1
9.10.2020	<0,14	<0,00058	15,5	1,84									0,331	<0,03	<0,27	19,6		
22.12.2021	<0,14	0,028	8,84	2,22	0,424	1,85	8,13	<0,15	<0,24	0,00097	1,56	0,188	0,273	<0,03	<0,27	20,3	<0,03	0,05
3.1.2023	<0,05	0,015	41	2,9	0,55	3,2	30	<0,10	0,55	0,0005	9,3	0,24	0,31	<0,03	<0,1	23	<0,01	<0,10
23.1.2024	<0,05	0,0139	6,2	2,4	0,48	0,92	12	<0,10	0,66	0,00131	10	0,2	0,26	<0,03	0,011	23	<0,01	<0,20
12.3.2025	<0,05	0,0157	6,3	2,4	0,39	0,49	16	<0,1	0,38	0,0003	<3	0,19	0,26	<0,03	<0,10	21	<0,01	0,36
8.12.2025	<0,05	0,0143	<3,0	2,4	0,46	0,78	18	<0,1	0,44	0,000667	6,3	0,25	0,27	<0,03	<0,10	0,15	<0,01	0,9

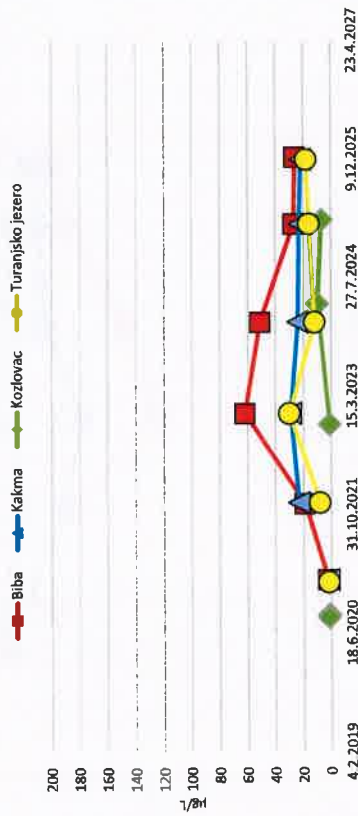
Tablica 19. Sumarni grafički prikaz rezultata monitoringa



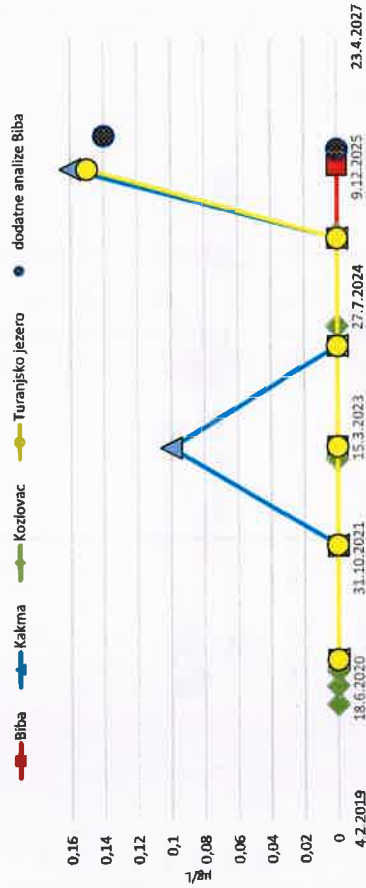
Željezo - MDK 200 µg/l



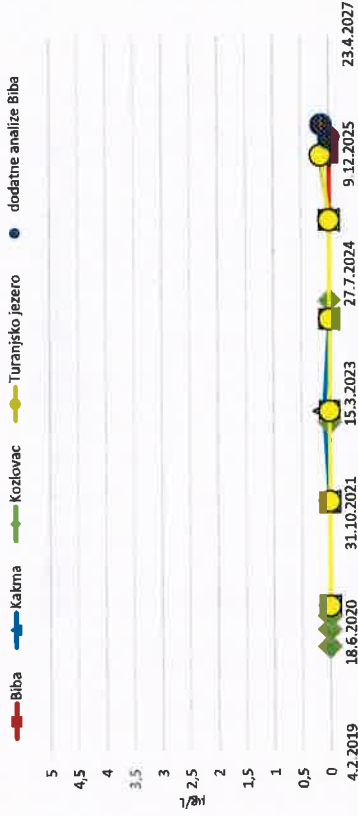
Željezo - MDK 200 µg/l



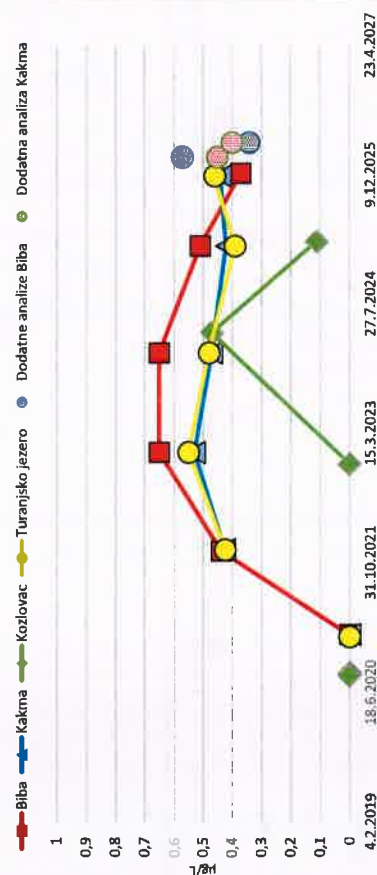
Antimon - MDK 5 µg/l



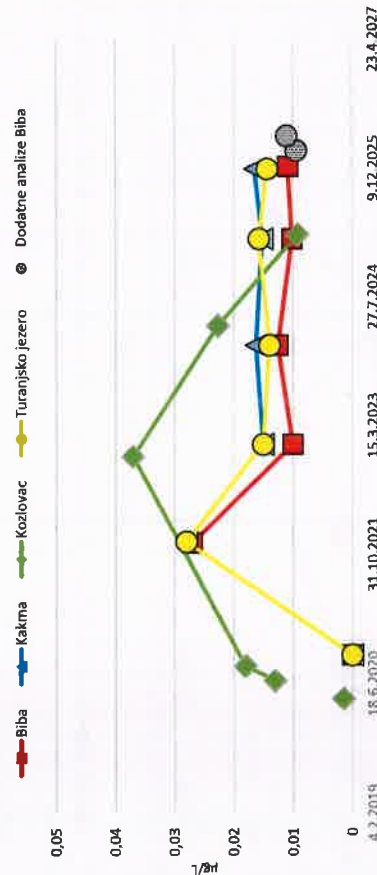
Antimon - MDK 5 µg/l



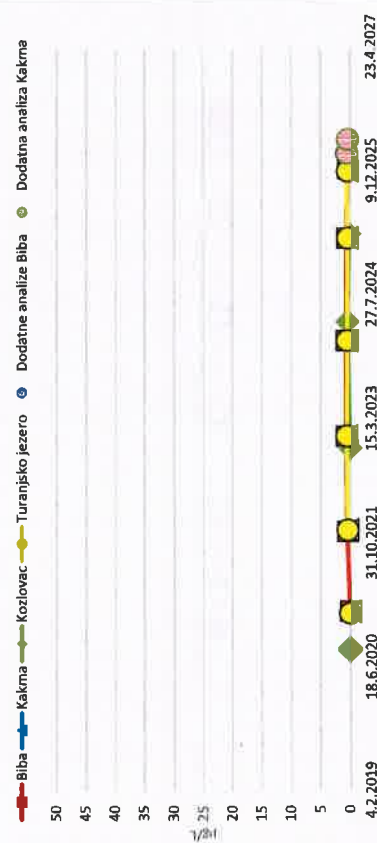
Krom - MDK 50 µg/l



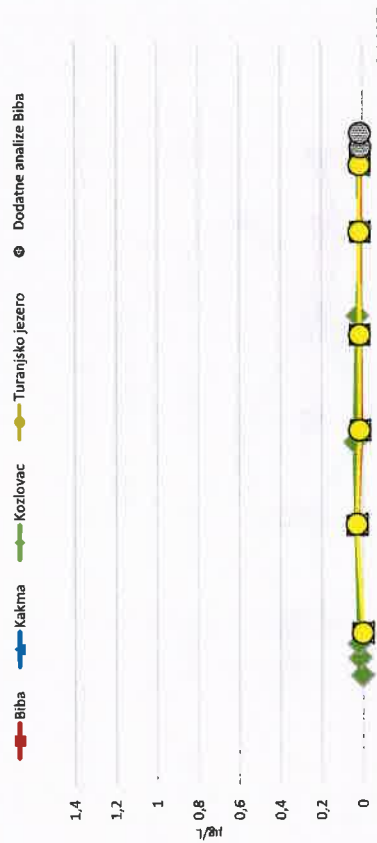
Bor - MDK 1,5 µg/l

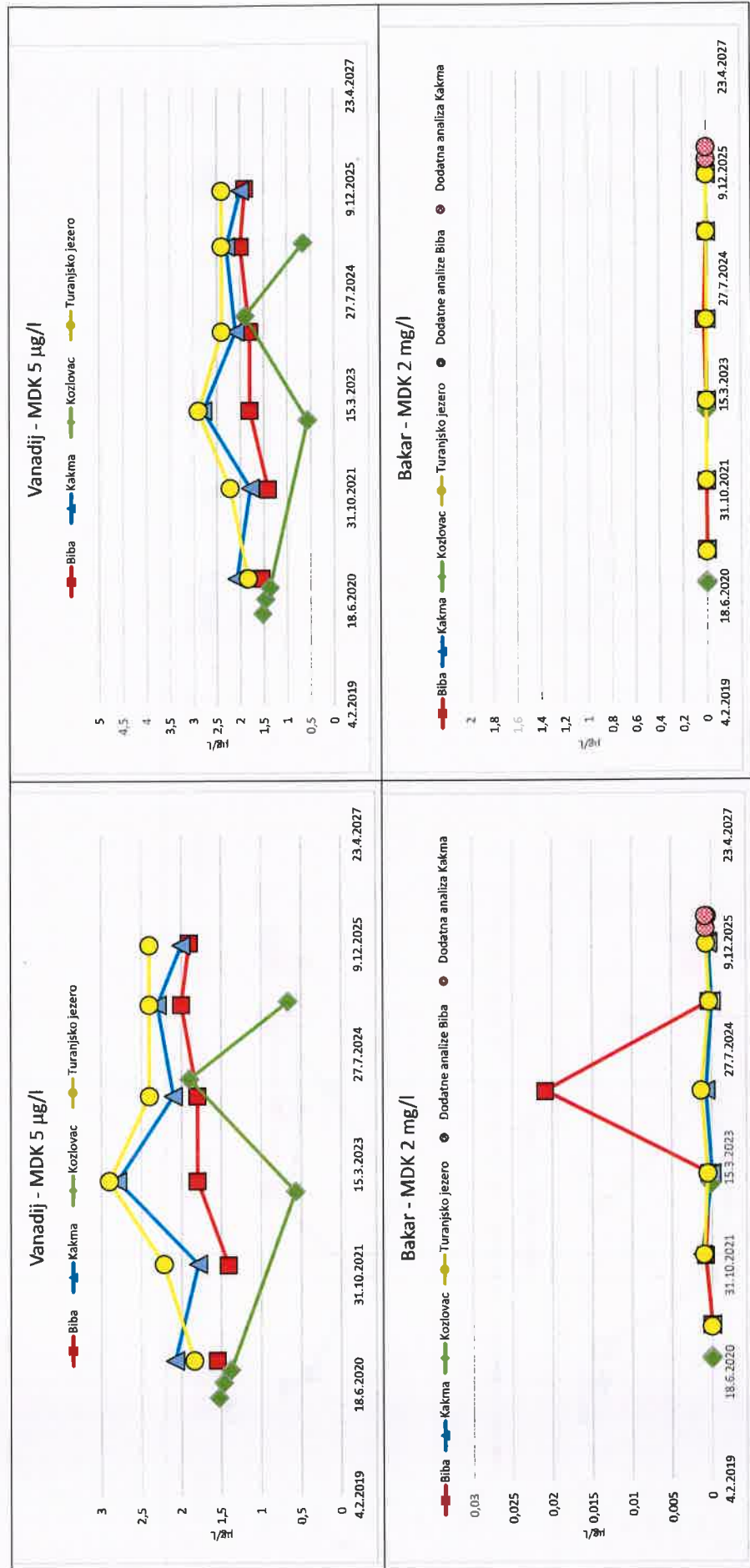


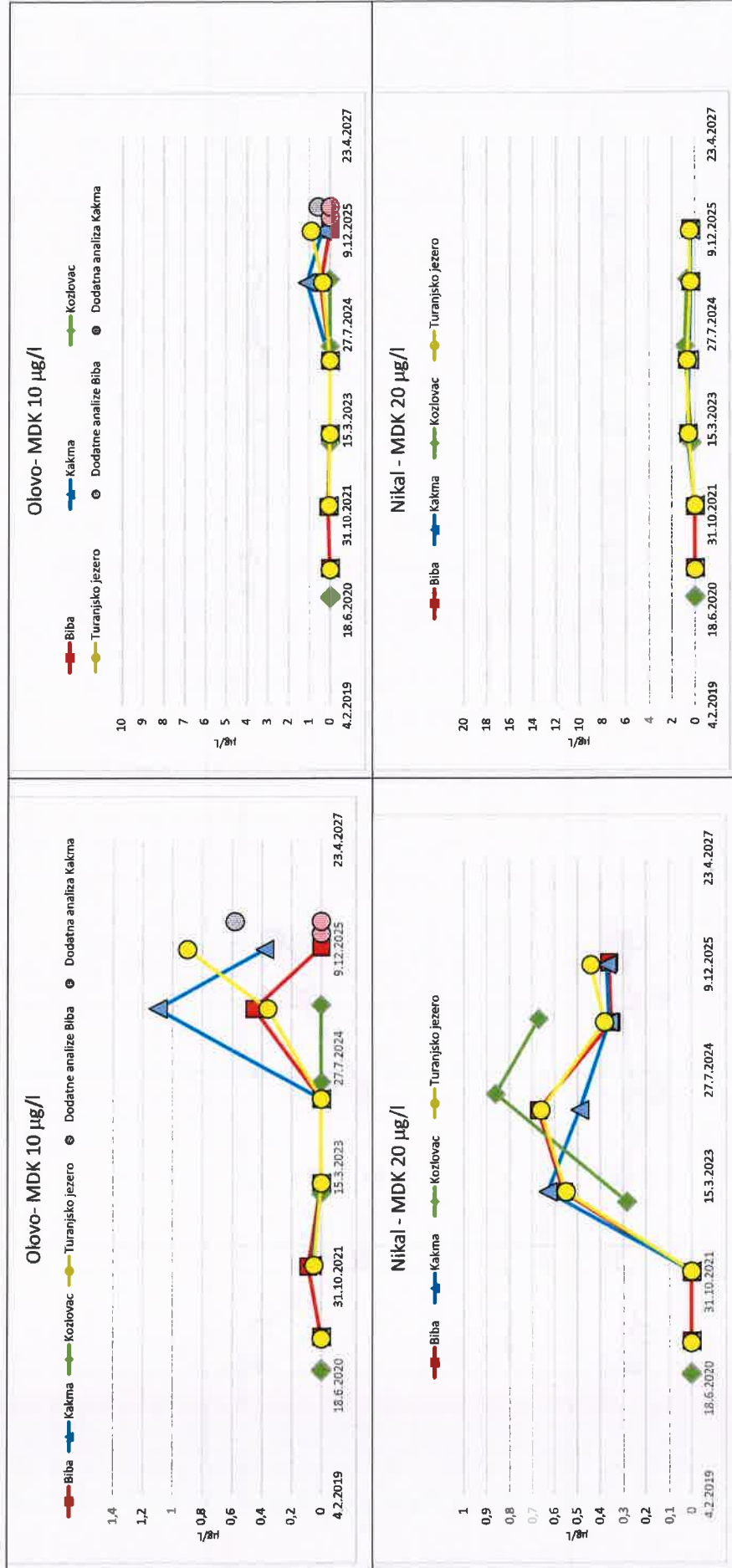
Krom - MDK 50 µg/l

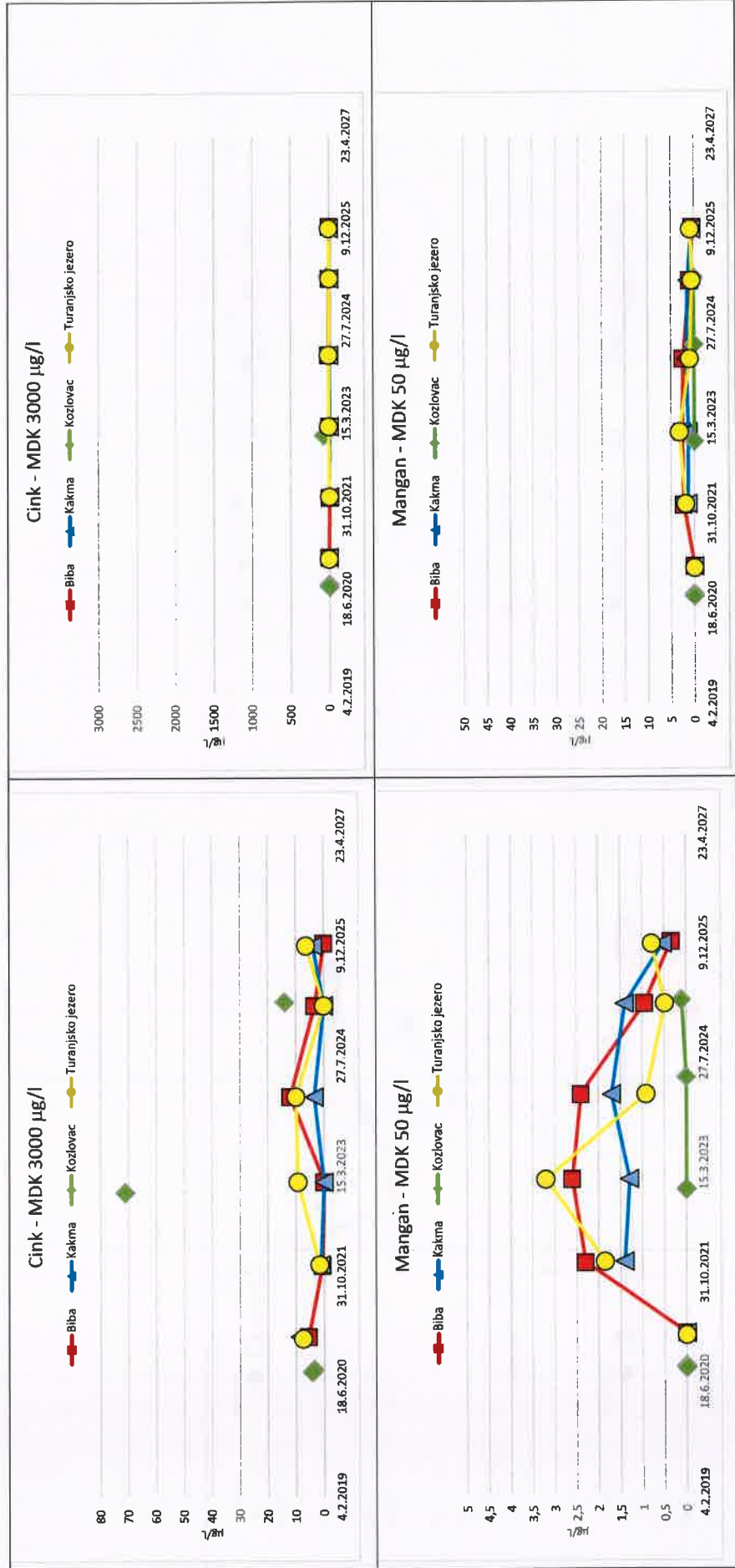


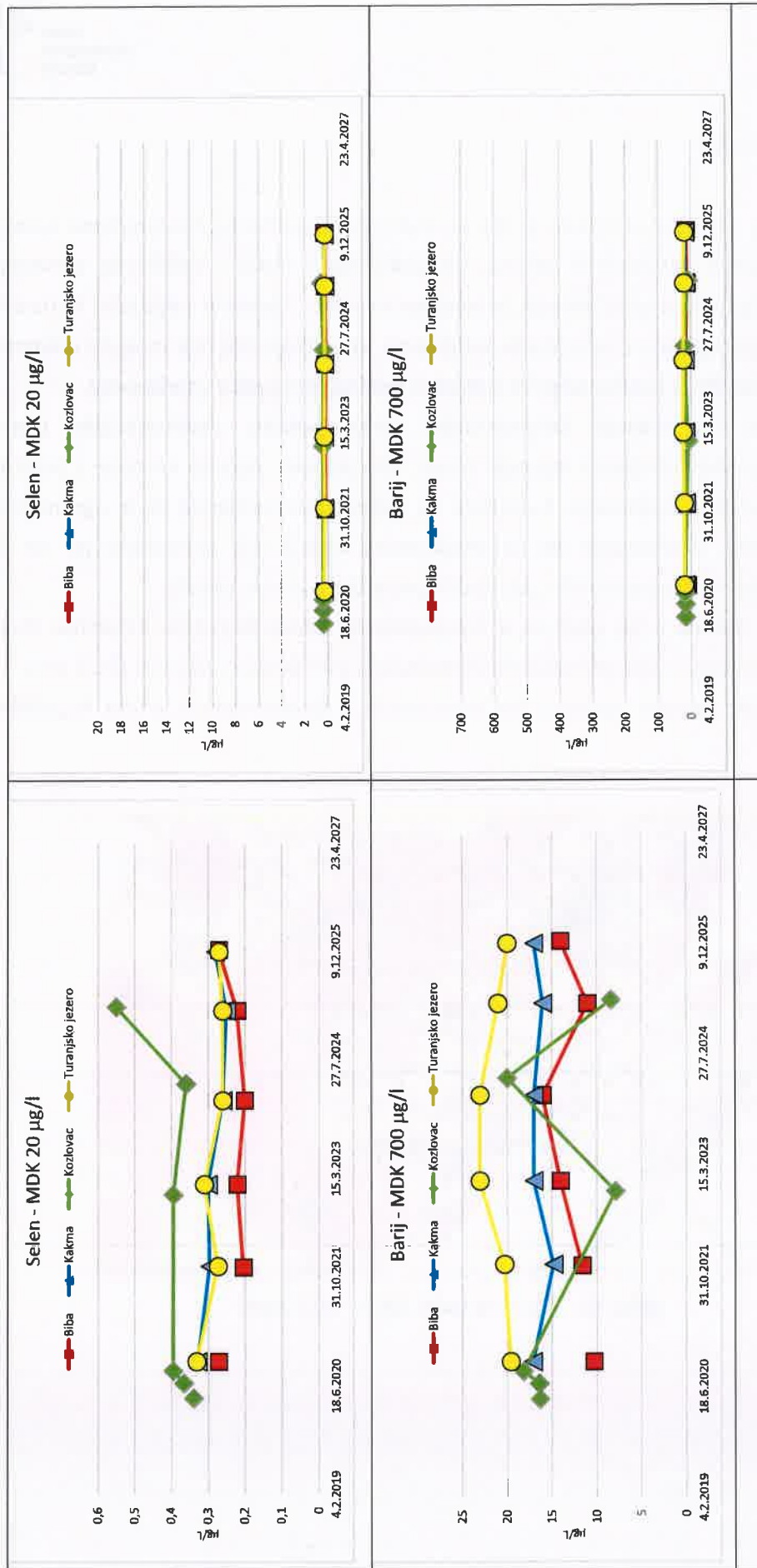
Bor - MDK 1,5 µg/l











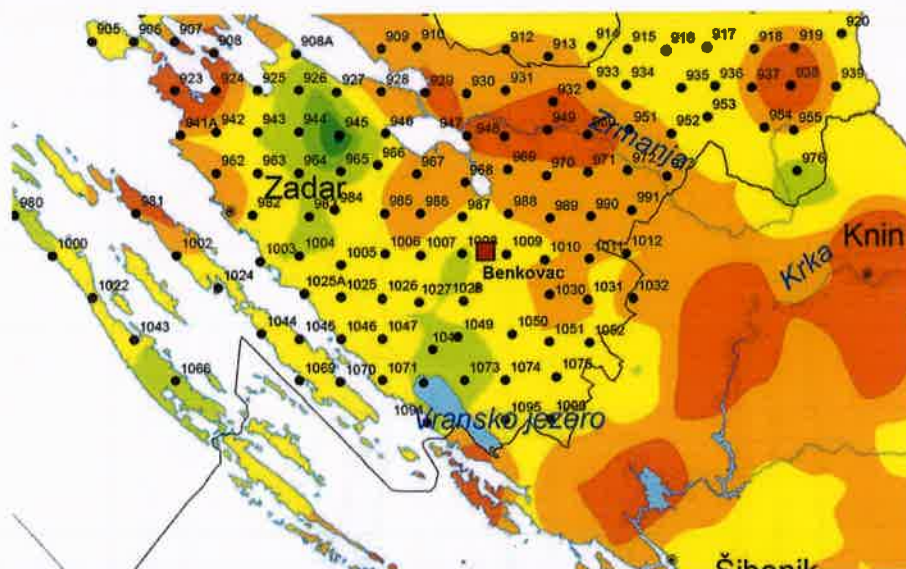
2.6 Karakterizacija tla

Tijekom terenskog obilaska utvrđeno je da se područje napuštenog kamenoloma sastoji pretežito od ogoljenih karbonatnih stijena, eksploatacijskih etaža i odloženog kamenog materijala zaostalog nakon eksploatacije mineralne sirovine. Razvijeni pedološki horizonti prisutni su samo sporadično i u vrlo malim količinama, zbog čega nije bilo moguće odabrati reprezentativne lokacije za uzorkovanje tla sukladno uobičajenoj praksi uzorkovanja.

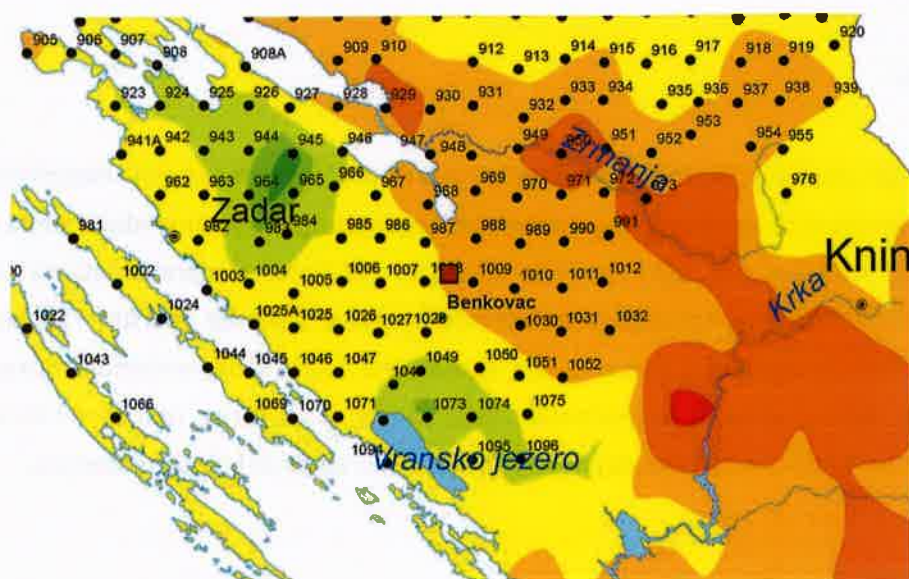
Dodatno, značajan dio lokacije karakteriziraju strme pokose, eksploatacijske jame, nepristupačne stijenske površine i neravan teren, što otežava sigurno kretanje i pristup potencijalnim mjestima uzorkovanja. S obzirom na nedostatak razvijenog tla te ograničenu pristupačnost terena, uzorkovanje tla na predmetnoj lokaciji nije provedeno jer ne bi omogućilo dobivanje reprezentativnih i pouzdanih podataka o stanju okoliša.

Podaci o sadržaju metala u tlu uzeti su iz Geokemijskog atlasa Republike Hrvatske. Ovaj dokument sadrži podatke o koncentracijama elemenata u površinskom sloju tla (0-25 cm).

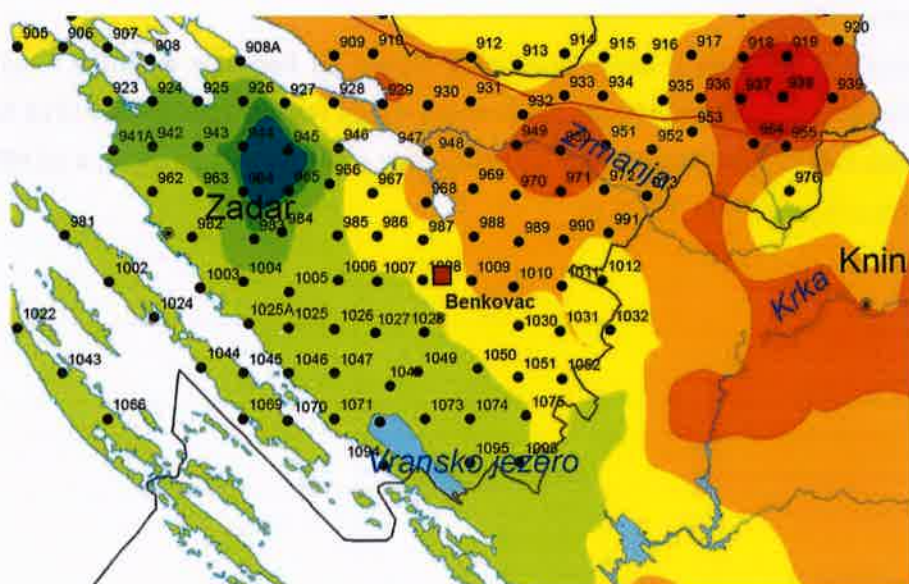
Na području lokacije zahvata antimon nije evidentiran u Geokemijskom atlasu Republike Hrvatske.



Slika 45. Cu – na točki 1008 – 23,3 ppm



Slika 46. Pb – na točki 1008 – 41,4 ppm



Slika 47. Zn – na točki 1008 – 89,0 ppm

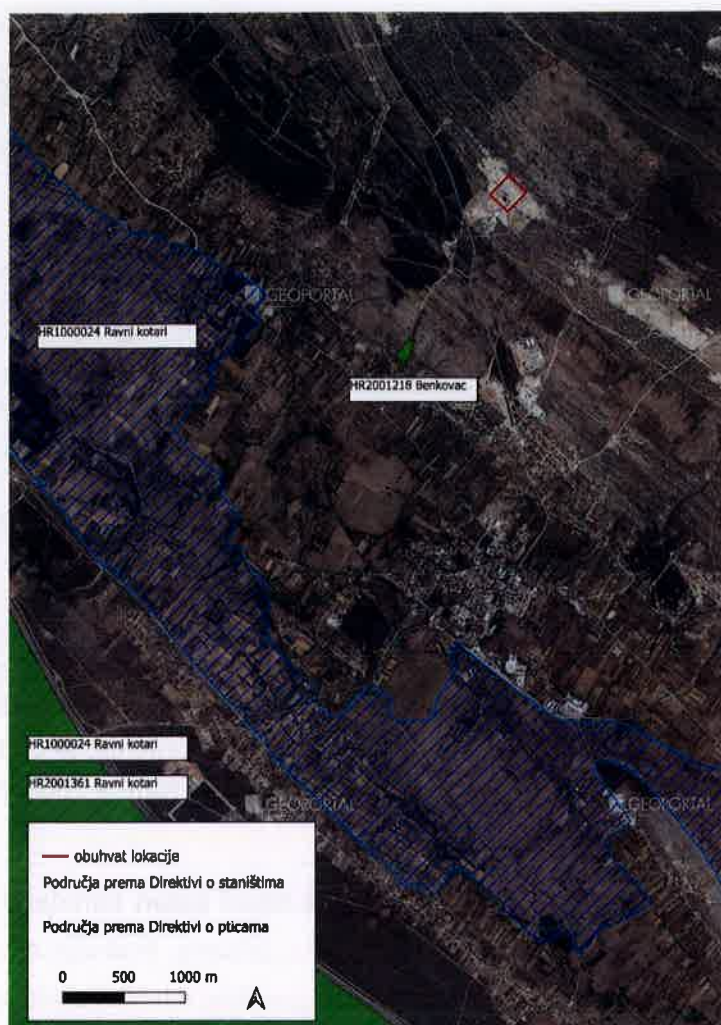
2.7 Biljke

Šire područje lokacije je antropogeno degradirano područje jer predstavlja napušteni, u većoj mjeri eksploatirani kamenolom. Uzorkovanje biljnog materijala nije provedeno jer na području napuštenog kamenoloma nije utvrđena dovoljno razvijena i reprezentativna vegetacija pogodna za uzorkovanje. Lokaciju pretežito čine ogoljene stijenske površine i eksploatacijski materijal, dok je vegetacija prisutna tek sporadično i u vrlo ograničenom opsegu. Zbog navedenog, kao i otežane pristupačnosti pojedinih dijelova lokacije, utvrđene hidrogeološke karakteristike (smjer kretanja voda) nije se provelo uzorkovanje biljnog materijala.

2.8 Zaštićena područja i Natura 2000

Lokacija odloženog otpada ne nalazi se na području zaštićenih područja ili područja ekološke mreže Natura 2000.

Najbliža zaštićena područja u blizini odloženog otpada su Područje ekološke mreže Natura 2000 **HR1000024 Ravni kotari** i Područje ekološke mreže Natura 2000 **HR2001218 Benkovac**. Najbliža točka **HR1000024 Ravni kotari** od nelegalnog odlagališta je 2.014 m, a od **HR2001218 Benkovac** na udaljenosti od 1.320 m.



Slika 48. Ekološka mreža Natura 2000 s ucrtanom lokacijom



Slika 49. Ispis iz ISPU (Informacijski sustav prostornog uređenja) sa ucrtanom lokacijom i prikazanim udaljenostima od najbližih područja Nature 2000. (M1:10000)

HR1000024 Ravni kotari (POP)

Područje ekološke mreže Natura 2000 **HR1000024 Ravni kotari** određeno je kao Područje očuvanja značajno za ptice (POP) sukladno Direktivi o pticama. Područje obuhvaća prostrane otvorene travnjačke, poljoprivredne i kamenjarske površine Ravnih kotara koje predstavljaju značajna staništa za brojne vrste ptica otvorenih staništa, grabljivica i migratornih vrsta. Cilj zaštite područja je očuvanje populacija ciljnih vrsta ptica te njihovih staništa za gniježđenje, hranjenje, zimovanje i migraciju (EUNIS, 2026).

Tablica 20. Ciljne vrste područja HR1000024 Ravni kotari

Natura kod	Hrvatski naziv	Latinski naziv
A109	jarebica kamenjarka	<i>Alectoris graeca</i>
A255	primorska trepteljka	<i>Anthus campestris</i>
A215	ušara	<i>Bubo bubo</i>
A243	kratkoprsta ševa	<i>Calandrella brachydactyla</i>
A224	leganj	<i>Caprimulgus europaeus</i>
A080	zmijar	<i>Circaetus gallicus</i>

A082	eja strnjarica	<i>Circus cyaneus</i>
A084	eja livadarka	<i>Circus pygargus</i>
A231	zlatovrana	<i>Coracias garrulus</i>
A238	srednji djetlić	<i>Dendrocopos medius</i>
A098	mali sokol	<i>Falco columbarius</i>
A095	vjetruša kliktašica	<i>Falco naumanni</i>
A103	sivi sokol	<i>Falco peregrinus</i>
A127	ždral	<i>Grus grus</i>
A439	maslinasta grmuša	<i>Hippolais olivetorum</i>
A338	rusi svračak	<i>Lanius collurio</i>
A339	sivi svračak	<i>Lanius minor</i>
A246	šumska ševa	<i>Lullula arborea</i>
A242	velika ševa	<i>Melanocorypha calandra</i>

HR2001361 Ravni kotari (POVS)

Područje ekološke mreže Natura 2000 **HR2001361 Ravni kotari** određeno je kao Područje očuvanja značajno za vrste i stanišne tipove (POVS) sukladno Direktivi o staništima. Područje obuhvaća vrijedna krška staništa, travnjake, kamenjare, špilje i jame te manja vodena staništa koja osiguravaju uvjete za opstanak brojnih zaštićenih vrsta šišmiša, gmazova, beskralježnjaka i slatkovodnih organizama. Cilj zaštite područja je očuvanje ciljnih vrsta i stanišnih tipova u povoljnom stanju očuvanosti te održavanje ekoloških funkcija prostora (EUNIS, 2026).

Ciljne vrste i ciljni stanišni tipovi područja HR2001361 Ravni kotari prikazani su u tablicama u nastavku.

Tablica 21. Ciljni stanišni tipovi područja HR2001361 Ravni kotari

Šifra	Stanišni tip
6420	Mediterranski vlažni travnjaci visokih zeleni (<i>Molinio-Holoschoenion</i>)
8310	Špilje i jame zatvorene za javnost

Tablica 22. Ciljne vrste područja HR2001361 Ravni kotari

Natura kod	Hrvatski naziv	Latinski naziv
1092	bjelonogi rak	<i>Austropotamobius pallipes</i>

6350	dalmatinski okaš	<i>Proterebia afra dalmata</i>
1310	dugokrili pršnjak	<i>Miniopterus schreibersii</i>
1307	oštrouhi šišmiš	<i>Myotis blythii</i>
1316	dugonogi šišmiš	<i>Myotis capaccinii</i>
1324	veliki šišmiš	<i>Myotis myotis</i>
1305	južni potkovnjak	<i>Rhinolophus euryale</i>
1304	veliki potkovnjak	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>
1303	mali potkovnjak	<i>Rhinolophus hipposideros</i>
1220	kopnena kornjača	<i>Testudo hermanni</i>
1217	četveroprugi kravosas	<i>Elaphe quatuorlineata</i>
1219	crvenkrpica	<i>Zamenis situla</i>

HR2001218 Benkovac

Područje ekološke mreže Natura 2000 **HR2001218 Benkovac** određeno je kao Područje očuvanja značajno za vrste i stanišne tipove (POVS) radi očuvanja populacije vrste močvarna riđa (*Euphydryas aurinia*), leptira zaštićenog Direktivom o staništima. Očuvanje pogodnih travnjačkih staništa i uvjeta potrebnih za životni ciklus ove vrste predstavlja temeljni cilj zaštite područja.

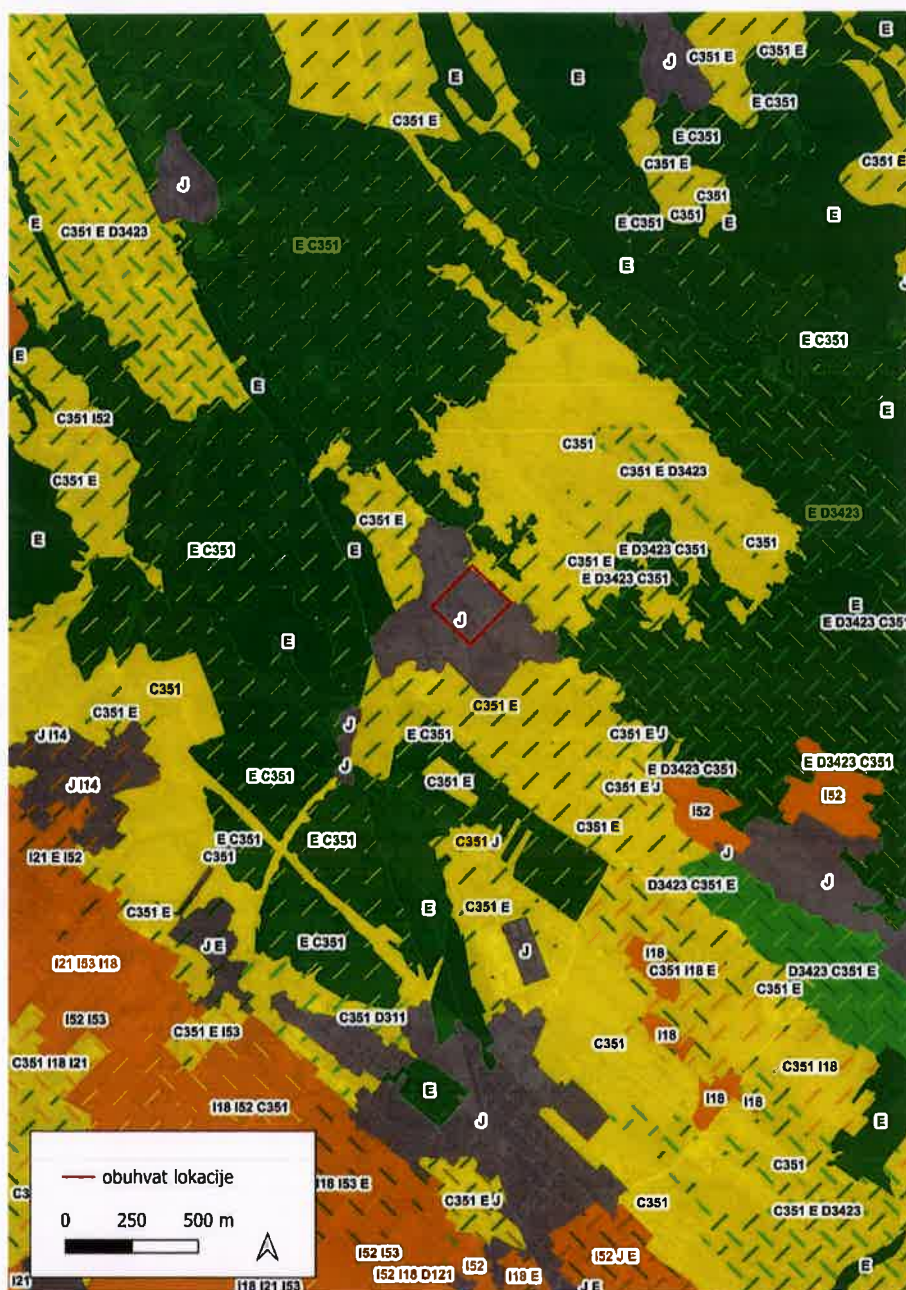
Ciljna vrsta područja HR2001218 Benkovac prikazana je u nastavku.

Tablica 23. Ciljna vrsta područja HR2001218

Natura kod	Hrvatski naziv	Latinski naziv
1065	močvarna riđa	<i>Euphydryas aurinia</i>

Prema Karti staništa Republike Hrvatske (NKS 2018), obuhvat zahvata nalazi se na stanišnom tipu J – Izgrađene i industrijske površine. U neposrednoj okolini lokacije zastupljena su pretežito prirodna i poluprirodna staništa karakteristična za područje Ravnih kotara, prvenstveno kamenjarski pašnjaci (C.3.5.1), istočnojadranski bušici (D.3.4.2.3) i dračici (D.3.1.1), kao i antropogeno oblikovane poljoprivredne površine poput maslinika (I.5.2) i vinograda (I.5.3). Navedena staništa čine karakterističan mozaik mediteranskog krajobraza ovog područja.

Na području obuhvata nisu evidentirana prirodna ili poluprirodna staništa od značaja za očuvanje bioraznolikosti. S obzirom na postojeću namjenu i stupanj izmijenjenosti prostora, lokacija ne predstavlja značajno stanište za ciljne vrste i stanišne tipove područja ekološke mreže Natura 2000.



Slika 50. Karta staništa s ucrtanom lokacijom zahvata (NKS 2018). Oznake: J (sivo) - Izgrađena i industrijska staništa; C (žuto) – travnjaci; C351 kamenjarski pašnjaci (NKS kod C.3.5.1), D (svjetlo zelene kose crte preko podloge) šikare i grmlja - D3423 istočnojadranski bušici (NKS kod D.3.4.2.3) i D311 dračici (NKS kod D.3.1.1)

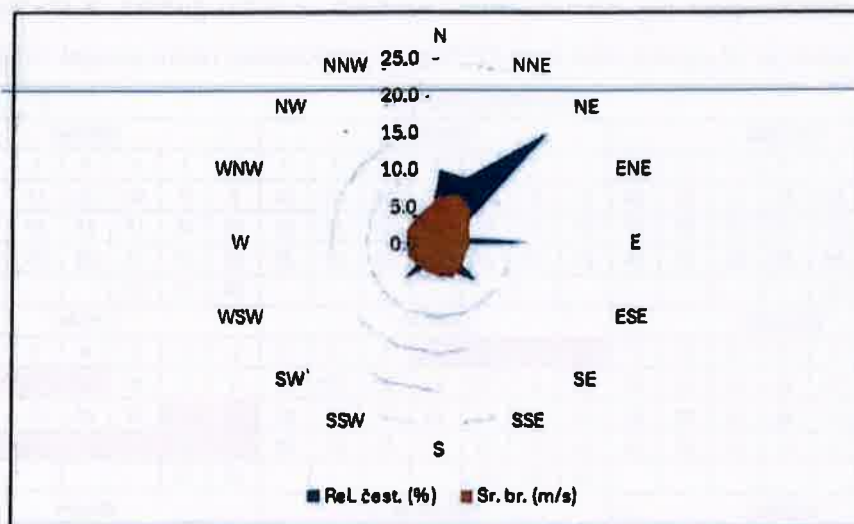
2.9 Fauna

Područje obuhvata karakterizira izrazito izmijenjen reljef nastao eksploatacijom mineralne sirovine, s prevladavajućim ogoljenim stijenskim površinama, nasipima kamenog materijala i vrlo ograničenim površinama obraslim vegetacijom bez prisustva vode. Zbog nedostatka razvijenih prirodnih staništa, područje nema značajnu vrijednost kao stanište za većinu vrsta faune.

Na lokaciji nisu uočeni znakovi prisutnosti zaštićenih ili ugroženih životinjskih vrsta niti elementi staništa koji bi upućivali na njihovu trajnu prisutnost. Moguća je povremena prisutnost pojedinih široko rasprostranjenih vrsta ptica, gmazova i manjih sisavaca prilagođenih krškim i degradiranim staništima, no lokacija zbog svoje narušenosti, oskudne vegetacije i intenzivnog povijesnog antropogenog utjecaja ne predstavlja značajno stanište za faunu.

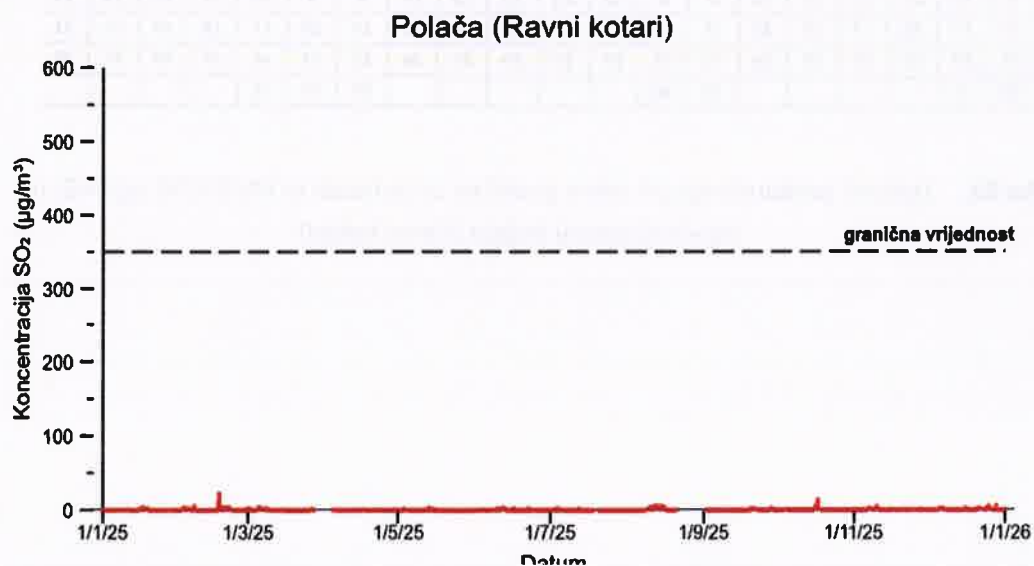
2.10 Kvaliteta zraka

Mjerenja kvalitete zraka na lokaciji nisu provedena. Lokacija se nalazi izvan naseljenog područja, bez značajnijih osjetljivih receptora u neposrednoj blizini te bez aktivnih izvora emisija. S obzirom na karakter lokacije i izostanak aktivnosti koje bi mogle značajno utjecati na kvalitetu zraka, mjerenja na samoj lokaciji nisu ocijenjena potrebnima za procjenu stanja okoliša. Za potrebe određivanja smjera puhanja vjetra od DHMZ dobivena je ruža vjetrova za Benkovac iz koje proizlazi da je dominantni smjer puhanja vjetra sjeveroistok.



Slika 51. Ruža Vjetrova za područje Benkovac

Za procjenu utjecaja na zrak korišteni su podaci iz Izvješća o praćenju kvalitete zraka na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka (<https://iszz.azo.hr/iskzl/godizvrpt.htm?pid=0&t=1>).



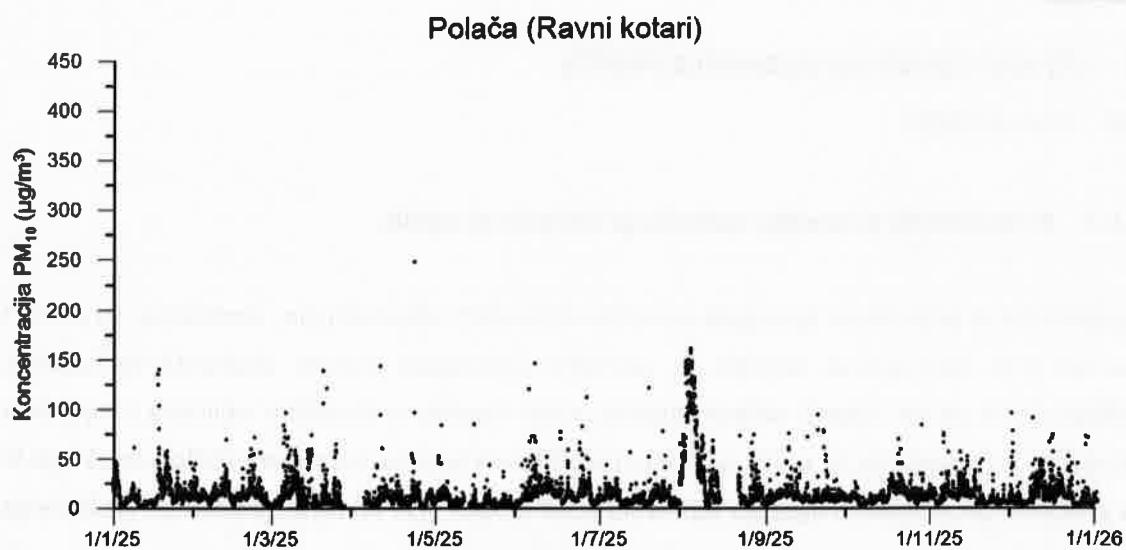
Slika 52. Vremenski niz satnih koncentracija SO₂ na mjernoj postaji Polača (Ravni kotari) tijekom 2025. godine

Na mjernoj postaji Polača (Ravni kotari) u 2025 godini za NO₂ je I kategorija zraka, a za ozon definirana je 2 kategorija zraka, s obzirom na benzen na istoj lokaciji definirana je I kategorija, za PM 10 I kategorija.

Datumi s prekoračenjima ciljanih vrijednosti za ozon u 2025. godine, a srednja godišnja vrijednost iznosila je 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dok je za 2025 g. na nacionalnoj razini prosjek 16,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Polača (Ravni kotari)																					2025			
SIEČANJ							VELJAČA							OŽUJAK										
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7				
8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14				
15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21				
22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28				
29	30	31												29	30	31								
TRAVANJ							SVIBANJ							LIPANJ										
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7				
8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14				
15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21				
22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28				
29	30						29	30	31					29	30									
SRPANJ							KOLOVOZ							RUJAN										
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7				
8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14				
15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21				
22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28				
29	30	31					29	30	31					29	30									
LISTOPAD							STUDENI							PROSINAC										
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7				
8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14				
15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21				
22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28				
29	30	31					29	30						29	30	31								

Slika 53. Datumi prekoračenja 24 satne granične vrijednosti za PM₁₀ (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) na mjernoj postaji Polača (Ravni kotari)



Slika 54. Vremenski niz satnih koncentracija PM₁₀ na mjernoj postaji Polača (Ravni kotari) tijekom 2025 godine

3 Utjecaj otpada na sastavnice okoliša

3.1 Metodologija

3.1.1 Metodologija provedbe vještačenja utjecaja na okoliš

Vještačenje je provedeno temeljem rezultata dobivenih istraživanjem, analizama, stručnim i znanstvenim spoznajama. Ukoliko se razmatra cjelokupan prostor obuhvata vještačenja, vidljivo je da se na lokaciji nalaze različite vrste otpada, u različitim oblicima i mjestima skladištenja i odlaganja, te se isti razlikuju u količinama koje su skladištene/odložene. Stoga je za procjenu potencijalnih utjecaja potrebno uzeti u obzir više faktora. Za potrebe vještačenja i utjecaja na okoliš i prirodu korištena je metodologija te kriteriji po kojima je analiziran svaki segment na predmetnoj lokaciji, a isto je prikazano u nastavku.

A. Opseg utjecaja

- 1 usko rasprostranjeni utjecaj samo na dijelu lokacije u krugu od 20-50 m ili unutar same lokacije
- 2 utjecaj rasprostranjen u krugu od 50 - 200 m
- 3 utjecaj rasprostranjen u krugu od 200 - 500 m
- 4 utjecaj rasprostranjen u krugu od 500 do 1000 m
- 5 utjecaj rasprostranjen u krugu većem od 1000 m

B. Mogućnost oporavka (reverzibilnost)

- 1 oporavak nije potreban
- 2 spontani oporavak
- 3 rutinska sanacija (kratkoročna šteta)
- 4 duga sanacija s rezidualnim učincima (srednjoročna šteta)
- 5 nepovratno, sanacija nije moguća (dugotrajna šteta)

C. Intenzitet štetnih/opasnih tvari (parametri koji su propisani za praćenje ili su poznati kao opasni za ljude, okoliš, prirodu)

- 1 - Mali broj predmeta koji sadrže opasne/štetne tvari,
- 2 - Neznatno prekoračenje vrijednosti jednog parametra u sastavnici (propisane propisom, dozvolom ili ne pripadajućeg parametra u sastavnici)
- 3 - Neznatno prekoračenje vrijednosti 2 i više parametara u sastavnici (propisane propisom, dozvolom ili ne pripadajućeg parametra u sastavnici)
- 4 - Značajno prekoračenje vrijednosti jednog parametra u sastavnici (propisane propisom, dozvolom ili ne pripadajućeg parametra u sastavnici)
- 5 - Značajno prekoračenje vrijednosti više parametara u sastavnici (propisane propisom, dozvolom ili ne pripadajućeg parametra u sastavnici)

U slučajevima gdje postoje propisane granične vrijednosti ili regulatorni kriteriji, isti su uzeti u obzir pri ocjeni intenziteta. U slučajevima gdje takvi kriteriji ne postoje (npr. mikroplastika, dugoročna akumulacija onečišćivala, heterogenost otpada), primijenjena je **stručna analiza utemeljena na znanstvenoj literaturi i profesionalnom iskustvu vještaka**.

3.1.2 Razgraničenje procjene stanja i utjecaja

U ovom nalazu vještaka jasno se razgraničavaju:

- opis i karakterizacija postojećeg stanja okoliša (poglavlje 2) i
- utjecaj otpada na okoliš i prirodu (poglavlje 3).

Procjena utjecaja nije se temeljila isključivo na trenutnim izmjerenim koncentracijama, već i na:

- prostornoj rasprostranjenosti otpada,
- količinama i volumenu otpada,
- fizikalnim i kemijskim svojstvima otpada,
- mehanizmima migracije onečišćivala,
- vremenskom trajanju izloženosti
- i među utjecaju pojedinih elemenata.

3.1.3 Ograničenja procjene i primjena stručne prosudbe

Utjecaj na okoliš u ovom nalazu vještaka temelji se na terenskim i laboratorijskim podacima.

Međutim, s obzirom na:

- heterogenost otpada,
- prostornu varijabilnost njegovog rasporeda,

nužno je bilo primijeniti i stručnu prosudbu u interpretaciji rezultata kada je to bilo potrebno.

Takva stručna prosudba utemeljena je na:

- konzistentnosti rezultata različitih analiza i njihovoj međuusporedbi,
- ponavljanju određenih obrazaca (npr. prisutnost mobilnih onečišćivala u eluatu),
- poznatim ponašanjima sličnih materijala i otpada u okolišu,

- znanstveno potvrđenim mehanizmima migracije i akumulacije onečišćivala,
- relevantnoj znanstvenoj literaturi.

U tom kontekstu, ovaj nalaz vještaka daje utjecaj na okoliš usmjerenu na zaštitu okoliša, prirode i zdravlja ljudi, uz istovremeno poštivanje načela razmjernosti i znanstvene utemeljenosti. Svi izračuni tumačenja provedena su konzervativnim pristupom problemu, a u slučaju varijabilnosti procjene uzet je u obzir bolji scenarij.

3.2 Karakterizacija otpada

Kako bi se ispravno utvrdio utjecaj odloženog otpada nužno je jasno definirati svojstva, karakteristike i kategorizaciju otpada. Stoga se u nastavku daje karakterizacija otpada temeljem provedenih mjerenja.

3.2.1 Fizikalna i strukturna svojstva zakopanog otpada

Rezultati prikazani u Tablici 10 i 11 pokazuju da se analizirani materijal sastoji od izrazito heterogenog otpada, kojeg karakterizira značajna varijabilnost vlažnosti, gustoće čvrstih čestica, udjela organske tvari i sadržaja metala.

Izmjerene vrijednosti vlažnosti kreću se od 11,2 % do 41,9 %, što ukazuje na neravnomjernu raspodjelu vlažnosti unutar tijela odlagališta. Takva razina vlage značajno utječe na nasipnu gustoću, obradivost i stabilnost materijala te smanjuje njegovu neto energetska vrijednost zbog potrošnje energije na isparavanje vode tijekom izgaranja. Također, ovakvi uvjeti u tijelu odlagališta pogoduju razgradnji komponenata organskog porijekla.

Utvrđene gustoće čvrstih čestica kreću se između 1,17 i 1,91 g/cm³, što je značajno manje od gustoće mineralnih tala koja u pravilu iznosi oko 2,65–2,75 g/cm³. Niske vrijednosti gustoće potvrđuju značajnu prisutnost lakih komponenti poput plastike, papira, kartona, drva, tekstila i razgrađene organske tvari.

Na temelju udjela organske tvari i gustoće čvrstih čestica analizirani uzorci mogu se podijeliti u dvije karakteristične skupine.

Skupina A obuhvaća uzorke P1, P6, P7 i P8. Ovu skupinu karakterizira visok udio organske tvari, koji se kreće između približno 40 % i 55 %, uz relativno niske vrijednosti gustoće čvrstih čestica. Takve karakteristike upućuju na prevladavanje organskih i lakih komponenti otpada. Posebno niske vrijednosti gustoće čvrstih čestica zabilježene u uzorcima P1.1, P1.3 i osobito P1.4 ($G_s =$

1,17 g/cm³) ukazuju na vrlo mali udio mineralnih sastavnica. S geotehničkog aspekta, ovakav otpad karakterizira visoka stišljivost, značajan potencijal slijeganja te izraženo vremenski ovisno ponašanje povezano s nastavkom biološke razgradnje organskih frakcija.

Skupina B obuhvaća uzorke P2, P3, P4 i P5. Za ovu skupinu karakteristični su znatno niži udjeli organske tvari, u rasponu od približno 13 % do 33 %, te veće vrijednosti gustoće čvrstih čestica. Takvi rezultati upućuju na povećani sadržaj mineralnih sastavnica. Manji udio organske tvari može biti posljedica višeg stupnja razgradnje otpada ili većeg početnog udjela mineralnih komponenti. U odnosu na Skupinu A, ovakav materijal pokazuje veću geotehničku stabilnost, manju stišljivost te manji potencijal dodatnih slijeganja uzrokovanih biološkim procesima.

Sadržaj metala značajno varira među uzorcima te se kreće od vrijednosti ispod granice detekcije do 15 %. Dok pojedini uzorci ne sadrže mjerljive količine metala, drugi pokazuju značajne udjele metalnih komponenti, osobito uzorci P5.1, P6.1, P8.2 i P3.1. Takva raspodjela dodatno potvrđuje heterogenost odlagališnog otpada te ukazuje na različite izvore otpada i različite uvjete odlaganja tijekom formiranja odlagališnog tijela.

Na temelju svih analiziranih pokazatelja može se zaključiti da se radi o izrazito heterogenom otpadu različitog porijekla, pri čemu Skupina A predstavlja pretežno organski, manje stabilizirani i geotehnički osjetljiviji materijal, dok Skupina B predstavlja mineraliziraniji i stabiliziraniji dio odlagališnog tijela s povoljnijim geotehničkim svojstvima. Takva podjela jasno ukazuje na postojanje značajnih prostornih razlika unutar odlagališta.

Granulometrijske krivulje analiziranih uzoraka dodatno potvrđuju izrazitu heterogenost odlagališnog otpada. U svim uzorcima prisutne su frakcije širokog raspona veličina, od sitnih čestica manjih od 1 mm do vrlo krupnih komponenti promjera većeg od 100 mm. U nastavku se daje opis karakterističnih uzoraka.

Uzorak P1.1 može se opisati kao krupnozrni otpad s vrlo malim udjelom sitnih frakcija i izraženom dominacijom glomaznih komponenti. Takva struktura rezultira velikim međuzrnskim šupljinama, relativno malom početnom gustoćom te povećanom. Dobivena granulometrijska raspodjela dobro se slaže s prethodno utvrđenim visokim udjelom organske tvari i niskom gustoćom čvrstih čestica, što potvrđuje da uzorak pripada skupini manje razgrađenog i geotehnički osjetljivijeg odlagališnog otpada.

Uzorak P1.3 može se opisati kao dobro graduirani odlagališni materijal s uravnoteženim udjelom sitnih, srednjih i krupnih frakcija. Istodobno, relativno visok udio sitnijih čestica ukazuje na napredniji stupanj razgradnje otpada. Ovakva interpretacija dobro se podudara s prethodno utvrđenim visokim udjelom organske tvari i niskom gustoćom čvrstih čestica ($G_s =$

1,42 g/cm³), što potvrđuje da se i dalje radi o pretežno organskom komunalnom otpadu, ali u većoj mjeri razgrađenom i homogeniziranom nego što je to slučaj kod uzorka P1.1.

Uzorak P1.4 sadrži 65 % čestica manjih od 16 mm. S geotehničkog aspekta, uzorak P1.4 predstavlja izrazito heterogen odlagališni materijal s velikim međuzrnskim šupljinama. Takva struktura pogoduje značajnim deformacijama uslijed preraspodjele i drobljenja čestica tijekom opterećivanja, zbog čega se može očekivati povećana stišljivost i izraženo vremenski ovisno ponašanje. Zajedno s visokim udjelom organske tvari, ove značajke svrstavaju uzorak P1.4 među geotehnički najosjetljivije materijale unutar analizirane skupine otpada.

Uzorak P2.1 pokazuje dobro raspoređene frakcije kroz gotovo cijeli raspon veličina zrna. Približno 50 % materijala prolazi kroz sito veličine 4 mm, a gotovo 80 % kroz sito veličine 20 mm. Takva raspodjela ukazuje na relativno homogenu mješavinu sitnih i krupnijih komponenti te na značajan udio mineralnih sastavnica. To je u skladu s najvećom izmjerenom gustoćom čvrstih čestica među uzorcima skupine A ($G_s = 1,85 \text{ g/cm}^3$).

Uzorak P4.1 karakterizira kontinuirana granulometrijska raspodjela. Udio sitnih čestica je relativno malen, dok je najveći dio materijala raspoređen između 4 mm i 100 mm. Krivulja ukazuje na dobro građirani materijal. Takva raspodjela tipična je za stabilizirani i djelomično mineralizirani odlagališni materijal.

Uzorak P4.2 predstavlja najkrupniji analizirani materijal. Manje od 10 % uzorka prolazi kroz sito veličine 10 mm, dok se dominantni dio materijala nalazi u frakcijama većim od 20 mm. Istodobno, uzorak sadrži najmanji udio organske tvari (13 %), što potvrđuje njegov mineralizirani karakter što se može uočiti i na prikazanoj slici uzorka P4.2.

Uzorak P7.2 pokazuje relativno ravnomjernu raspodjelu veličina čestica kroz cijeli granulometrijski raspon. Oko 40 % materijala manje je od 20 mm, dok značajan dio otpada čine i krupnije frakcije. Takva raspodjela ukazuje na heterogenu mješavinu organskih i anorganskih komponenti, tipičnu za miješani otpad.

Uzorak P8.1 sadrži najveći udio sitnijih frakcija među analiziranim uzorcima. Već oko 35 % materijala prolazi kroz sito veličine 2 mm, a više od 70 % kroz sito veličine 10 mm. Takva granulometrijska raspodjela upućuje na značajan stupanj usitnjavanja i razgradnje otpada. Promatrajući sve uzorke zajedno, može se zaključiti da značajna varijabilnost granulometrijskih krivulja potvrđuje da je riječ o izrazito heterogenom otpadu različitog porijekla, kod kojeg geotehnička svojstva unutar tijela odlagališta mogu značajno varirati.

Zaključno, analizirani materijal predstavlja izrazito heterogen otpad različitog porijekla, sastavljen od promjenjivih udjela organskih, mineralnih i metalnih komponenti. Rezultati

fizikalnih svojstava, sadržaja organske tvari i granulometrijskih analiza ukazuju na postojanje značajnih prostornih razlika unutar tijela odlagališta. Širok raspon veličina čestica, od sitnih frakcija do glomaznih komponenti, dodatno potvrđuje heterogenost otpada i ukazuje na značajnu varijabilnost geotehničkog ponašanja unutar odlagališta. Posljedično, pri procjeni stabilnosti i planiranju eventualnih zahvata potrebno je uzeti u obzir izraženu neujednačenost sastava i svojstava odlagališnog tijela.

3.2.2 Sastav otpada

Rezultati sortiranja pokazuju da se odloženi materijal sastoji od heterogene mješavine sitne mineralizirane frakcije, kamena i glinovitog materijala, plastike, gume, tekstila te manjih količina metala, bakrenih vodiča, elektroničkog i građevinskog otpada. Najzastupljenija komponenta u većini uzoraka je frakcija manja od 16 mm, čiji se udio kreće od 8 % (P1.2) do 95 % (P1.4), pri čemu u 11 od 19 uzoraka prelazi 40 %. Takav sastav ukazuje na dugotrajno usitnjavanje i degradaciju izvorno odloženog materijala pod utjecajem mehaničkih procesa i atmosferilija.

Dio mase otpada čini i mineralni materijal. Udio kamena i glinovitog materijala kreće se od 0 % do 62 % (P4.2), dok je u uzorcima P1.1 (43 %), P4.2 (62 %), P5.1 (12 %) i P6.2 (11 %). Takav sastav u skladu je s činjenicom da je otpad odlagan unutar prostora bivšeg kamenoloma te ukazuje na miješanje otpada s lokalnim materijalom.

Od prepoznatljivih otpadnih frakcija najzastupljeniji su plastika i guma. Udio plastike doseže 46 % (P7.1), 45 % (P3.2), 43 % (P1.2) i 43 % (P2.2), dok je udio gume posebno visok u uzorcima P3.1 (30 %), P7.2 (29 %), P6.1 (25 %) i P2.3 (25 %). Vizualni pregled uzoraka pokazuje da se uglavnom radi o krupnijim komadima tvrde plastike, gume i tehničkih materijala.

Prisutnost značajnih količina gume, plastike, manjih metalnih dijelova te bakrenih vodiča (do 12 % u uzorku P8.2) upućuje da dio otpada vjerojatno potječe od rastavljanja, obrade dijelova vozila, strojeva i druge tehničke opreme, dok manji udjeli elektroničkog otpada i bakrenih vodiča ukazuju i na prisutnost komponenti koje se mogu povezati s električnom i elektroničkom opremom, a ova svojstva pokazuje 11 od 19 uzoraka.

Na temelju rezultata sortiranja procjenjuje se da približno 20–30 % ukupno identificiranih krupnih frakcija čine materijali koji se mogu povezati s vozilima i tehničkom opremom (guma, metalni dijelovi, bakreni vodiči, dio tvrde plastike), dok preostali dio čine mineralni materijal, građevinski otpad, plastika različitog podrijetla, tekstil i ostale heterogene frakcije. Dio sortiranih uzoraka odgovara ili je vrlo sličan uzorcima koji su pronađeni u Gospiću. Međutim,

zbog vrlo visokog udjela sitne frakcije (<16 mm), koja u pojedinim uzorcima čini više od 80 % mase, podrijetlo značajnog dijela materijala više nije moguće pouzdano utvrditi.

3.2.3 Testovi procjeđivanja i mobilnost metala

Testovi procjeđivanja provedeni su na uzorcima otpada uzorkovanim tijekom očevida 2025./2026. godine te na uzorcima analiziranim temeljem naloga DIRH-a iz 2024. godine. Rezultati su uspoređeni s kriterijima za prihvrat otpada na odlagališta inertnog, neopasnog i opasnog otpada.

Analizom rezultata utvrđeno je da je za većinu ispitanih parametara mobilnost vrlo ograničena. Koncentracije kadmija (MDK neopasni 1 mg/kg s.t.), bakra (50 mg/kg s.t.), žive (0,2 mg/kg s.t.), nikla (10 mg/kg s.t.), barija (100 mg/kg s.t.), kroma (10 mg/kg s.t.), molibdena (10 mg/kg s.t.), olova (10 mg/kg s.t.), selena (0,5 mg/kg s.t.), cinka (50 mg/kg s.t.) i arsena (2 mg/kg s.t.) bile su u svim analiziranim uzorcima višestruko niže od graničnih vrijednosti za prihvrat otpada na odlagalište neopasnog otpada, a u najvećem broju slučajeva i ispod granica detekcije analitičkih metoda. U odnosu na navedene elemente otpad pokazuje vrlo nisku mobilnost i ne ukazuje na značajan potencijal emisije u vodenu fazu.

Za pojedine parametre rezultati su bili čak usporedivi s kriterijima za inertni otpad. Primjerice, koncentracije kadmija bile su niže od 0,3 mg/kg s.t., bakra niže od 5 mg/kg s.t., žive niže od 0,002 mg/kg s.t., nikla niže od 2 mg/kg s.t., kroma niže od 1 mg/kg s.t., molibdena niže od 1 mg/kg s.t. te olova niže od 2 mg/kg s.t. u gotovo svim analiziranim uzorcima. Takvi rezultati ukazuju da većina metala prisutnih u otpadu nije značajno mobilna u uvjetima provedenog testa procjeđivanja.

Jedini element koji se dosljedno izdvojio kao regulatorno relevantan parametar bio je antimon (Sb). Granična vrijednost za prihvrat otpada na odlagalište neopasnog otpada iznosi 0,7 mg/kg s.t., dok je granična vrijednost za odlagalište opasnog otpada 5 mg/kg s.t. Tijekom istraživanja provedenog za potrebe ovog vještačenja izmjerene su koncentracije od 0,95 mg/kg s.t. u uzorku P1.3, 1,3 u P2.1., 1,6 u P 4.1 i 1,7 mg/kg s.t. u uzorku P8.1. Istovremeno, sve vrijednosti ostaju značajno niže od kriterija za odlagališta opasnog otpada.

Od ukupno 19 analiziranih uzoraka procjeđivanja tijekom očevida (P1.1–P8.2), kriterij za neopasni otpad za antimon premašena su u 4 uzorka, odnosno u približno 21% analiziranih uzoraka. U svim ostalim uzorcima koncentracije antimona bile su ispod propisanog kriterija od 0,7 mg/kg s.t.

Usporedba rezultata inspekcijskih analiza iz 2024. godine i rezultata dobivenih tijekom očevida 2025./2026. godine vidljivo je da se u obje skupine istraživanja antimon izdvojio kao element s najvećom mobilnošću u testovima procjeđivanja. Iako su utvrđene određene razlike u izmjerenim koncentracijama između pojedinih uzoraka i istražnih faza, zbog izrazite heterogenosti otpada, različitih lokacija uzorkovanja i ograničenog broja izravno usporedivih uzoraka nije moguće sa sigurnošću utvrditi postojanje stvarnog vremenskog trenda promjene mobilnosti antimona. U cjelini promatrano, rezultati testova procjeđivanja pokazuju da otpad ne posjeduje značajnu mobilnost većine analiziranih metala te da se okolišno najrelevantnijim parametrom može smatrati antimon. Upravo je antimon jedini element koji je pokazao sustavna prekoračenja kriterija za prihvrat otpada na odlagalište neopasnog otpada te predstavlja najvažniji indikatorski parametar za procjenu mogućeg utjecaja otpada na podzemne vode i za budući monitoring lokacije.

3.2.4 Sadržaj teških metala u otpadu

Analiza ukupnog sadržaja metala provedena je na tri kompozitna uzorka otpada koji predstavljaju prosječni sastav otpada iz iskopa 1–3, 4–6 i 7–8. Za razliku od testova procjeđivanja, kojima se procjenjuje mobilni dio onečišćujućih tvari dostupan za prijenos u vodenu fazu, analiza ukupnog sadržaja metala daje uvid u ukupnu količinu pojedinih elemenata prisutnih u otpadu, neovisno o njihovoj trenutačnoj mobilnosti.

Rezultati potvrđuju prisutnost više elemenata karakterističnih za antropogeni otpad, pri čemu se posebno izdvajaju bakar (Cu), cink (Zn), olovo (Pb) i antimon (Sb). Najviše koncentracije utvrđene su za bakar, koji je izmjeren u koncentracijama od 3.490 mg/kg do 12.200 mg/kg. Cink je utvrđen u koncentracijama od 781 mg/kg do 1.150 mg/kg, olovo u rasponu od 163 mg/kg do 494 mg/kg, dok su koncentracije antimona iznosile od 312 mg/kg do 474 mg/kg. Najviša koncentracija antimona izmjerena je u kompozitnom uzorku iskopa 4–6 i iznosila je 474 mg/kg.

Dobiveni rezultati ukazuju da je kemijski sastav otpada relativno konzistentan na različitim dijelovima odlagališta te da se **ne radi** o prirodnom kamenom materijalu karakterističnom za eksploatacijsko polje, već o heterogenoj mješavini otpada koja sadrži značajne količine metala povezanih s plastičnim, elektroničkim, metalnim i drugim antropogenim materijalima. Posebno je značajno da su koncentracije antimona relativno ujednačene u sva tri kompozitna uzorka, što upućuje da njegova prisutnost nije ograničena na pojedinačne lokalizirane zone, već predstavlja karakteristiku otpada na većem dijelu istraženog područja.

U usporedbi s navedenim elementima, koncentracije ostalih metala bile su znatno niže. Krom je izmjeren u rasponu od 12,5 do 50,4 mg/kg, kadmij od 1,9 do 6,38 mg/kg, živa od 0,35 do 0,40 mg/kg, molibden od 2,52 do 4,85 mg/kg, dok su arsen i selen bili prisutni u vrlo niskim koncentracijama.

Posebno je značajna usporedba rezultata ukupnog sadržaja metala i rezultata testova procjeđivanja. Iako su bakar, cink i olovo prisutni u vrlo visokim koncentracijama u krutoj fazi otpada, rezultati procjeđivanja pokazali su da njihova mobilnost ostaje vrlo ograničena. Koncentracije bakra, cinka, olova, kadmija, nikla, kroma, molibdena, žive i ostalih analiziranih metala u eluatima bile su u svim ili gotovo svim uzorcima višestruko niže od graničnih vrijednosti za prihvrat otpada na odlagalište neopasnog otpada, a u velikom broju slučajeva i unutar kriterija za inertni otpad ili ispod granice detekcije uređaja za analizu. To ukazuje da su navedeni elementi pretežito vezani u stabilnijim mineralnim ili slabo topljivim oblicima te ne pokazuju izraženu sklonost ispiranju u uvjetima provedenog laboratorijskog ispitivanja.

Testovi procjeđivanja simuliraju izloženost otpada oborinskim vodama i drugim atmosferilijama tijekom dugotrajnog boravka otpada na odlagalištu te procjenjuju potencijal oslobađanja i prijenosa pojedinih tvari iz otpada u vodenu fazu. Granične vrijednosti za takve testove procjeđivanja definirane su za uređena odlagališta koja imaju izvedene zaštitne sustave, poput brtvljenja dna i sustava prikupljanja procjednih voda, kojima se sprječava nekontrolirano docijevanje procjednih voda u okoliš. **Stoga prekoračenje pojedine granične vrijednosti ne predstavlja samo po sebi dokaz onečišćenja okoliša, već pokazuje da otpad prema propisanim kriterijima ne bi bio prihvatljiv za određenu kategoriju odlagališta koje je tehnički opremljeno, a ne govori o utjecaju otpada koji je odložen na neku površinu koja nije odlagalište.**

Antimon se pokazao kao okolišno najrelevantniji element. Iako njegove ukupne koncentracije u otpadu nisu izrazito visoke, pokazao najveću mobilnost tijekom testova procjeđivanja.

Stoga se može zaključiti da okolišni rizik predmetnog otpada nije određen samo ukupnim koncentracijama metala u krutoj fazi, nego prvenstveno njihovom kemijskom dostupnošću i mobilnošću. Dok bakar, cink i olovo predstavljaju dominantne metale prema ukupnom sadržaju, antimon se pokazao kao ključni indikatorski element za procjenu potencijalnog utjecaja otpada na podzemne vode te najvažniji parametar za budući monitoring lokacije. Njegova istodobno povišena koncentracija u otpadu i povećana mobilnost u testovima procjeđivanja predstavljaju najznačajniji indiciju potencijalnog puta prijenosa onečišćujućih tvari iz otpada prema okolišu.

3.2.5 Interpretacija rezultata mikroskopiranja otpada

Uzorak P1.1.

Mikroskopskom analizom (mjerilo 500 μm) utvrđeno je da uzorak čini heterogena smjesa organskog materijala, mineralnih čestica i sekundarne mikroplastike. Mineralna i organska komponenta homogeno su izmiješane, te ih međusobno nije moguće razdvojiti. U mineralno-organskoj matrici uočeno je prisustvo dispergiranih polimernih čestica različitog podrijetla. Mikroplastika je prisutna uglavnom u rasponu veličina od 100 μm do 1 mm, pretežno u obliku nepravilnih fragmentiranih čestica s oštrim rubovima, nastalih mehaničkom fragmentacijom većih plastičnih predmeta. Uz fragmente mikroplastike uočeni su tanki prozirni plastični filmovi, sintetska vlakna te tamniji gumeni fragmenti.

Površine polimernih čestica karakterizira izražena hrapavost, prisutnost mikropukotina te adherirane mineralne čestice.

Zaključak

Uzorak predstavlja heterogeni otpad u kojem dominira sekundarna mikroplastika tehničkog podrijetla, inkorporirana u mineralno-organsku matricu.



Slika 55. Uzorak P1.1 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

Uzorak P1.2

Mikroskopskom analizom (mjerilo 500 μm) utvrđeno je da uzorak dominantno čini sitna polimerna frakcija, s prisustvom organskih i mineralnih čestica.

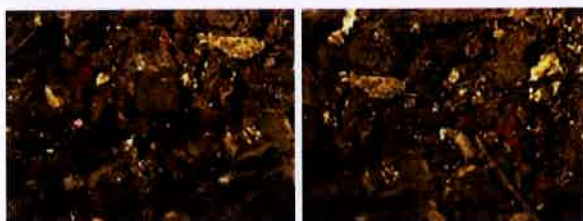
Sekundarna mikroplastika i gumeni fragmenti veličine su približno 100 μm do 1 mm, uglavnom nepravilnih, angularnih oblika nastalih mehaničkom fragmentacijom većih materijala.

Plastične čestice prisutne su kao fragmenti i djelomično kao tanki, deformirani komadi filma, dok se guma očituje u obliku tamnijih, kompaktnijih fragmenata s manje izraženim lomnim

rubovima. U manjoj mjeri uočena su i sintetska vlakna. Površine polimernih čestica pokazuju izraženu hrapavost, mikropukotine i druge adherirane čestice.

Zaključak

Uzorak predstavlja heterogeni, polimerno dominantan otpad, s prisutnošću sekundare mikroplastike u obliku sitnih plastičnih fragmenata tehničkog podrijetla.



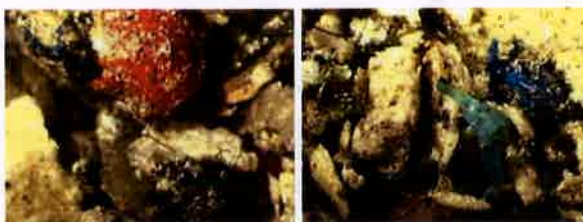
Slika 56. Uzorak P1.2 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

Uzorak P1.3.

Mikroskopskom analizom (mjerilo 500 μm) utvrđeno je da uzorak dominantno čini fina prašinasta, polimerna matrica unutar koje su prisutne veće polimerne komponente. Plastika i guma pojavljuju se u obliku sekundarne mikroplastike i gumenih fragmenata veličina približno 100 μm - 1 mm, uglavnom nepravilnog oblika nastalih mehaničkom degradacijom većih materijala. Uz polimerne fragmente uočena su i pojedinačna sintetska vlakna, često zapletena unutar sitne frakcije. Površine plastičnih i gumenih čestica pokazuju izraženu hrapavost, mikropukotine i površinsko nakupljanje finih čestica, što upućuje na intenzivno trošenje krupnijeg materijala.

Zaključak

Uzorak predstavlja sitnozrnati heterogeni otpad u čijem sastavu dominiraju tvrdi i spužvasti polimerni fragmenti. S obzirom na red veličina čestica može se ustanoviti da se radi o sekundarnoj mikroplastici.



Slika 57. Uzorak P1.3 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

Uzorak P1.4

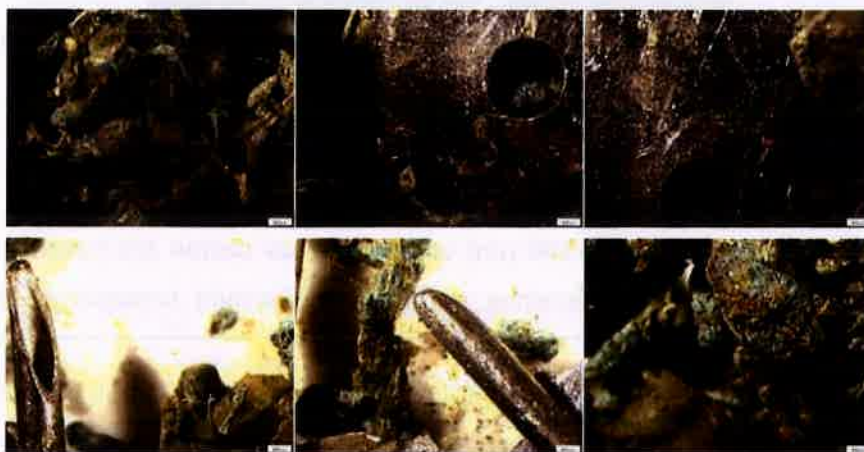
Mikroskopskom analizom uzorka (mjerilo 500 μm) utvrđeno je da se radi o izrazito heterogenom materijalu nastalom mehaničkom obradom medicinskog otpada. Uzorak se sastoji od fragmentiranih polimernih i tekstilnih materijala, uz prisutnost metalnih komponenti.

Polimerne komponente dominantno su prisutne u obliku sekundarne mikroplastike veličina približno 100 μm - 1 mm, nepravilnog oblika. Uočeni su fragmenti krute plastike, tankih plastičnih filmova te tekstilna vlakna, često isprepletana i djelomično aglomerirana. Na više mikroskopskih snimaka jasno su identificirani metalni fragmenti medicinskih igala, prepoznatljivi po cilindričnom obliku, glatkoj reflektirajućoj površini i oštrim vrhovima, što nedvojbeno potvrđuje medicinsko podrijetlo uzorka.

Površine polimernih i tekstilnih fragmenata pokazuju izraženu hrapavost, deformacije i adherirane fine čestice, što ukazuje na intenzivnu mehaničku obradu i povećanu specifičnu površinu čestica.

Zaključak

Uzorak predstavlja mehanički obrađeni medicinski otpad izrazite heterogenosti, u kojem dominiraju fragmentirana plastika i tekstil, uz jasno prisutne metalne fragmente. Mehanička fragmentacija otpada rezultira pojavom sekundarne mikroplastike.



Slika 58. Uzorak P1.4 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

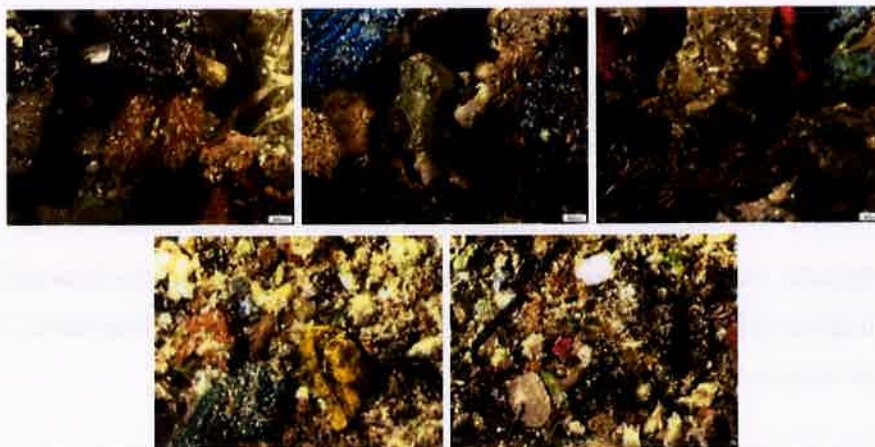
Uzorak P2.1

Mikroskopskom analizom uzorka (mjerilo 500 μm) utvrđeno je da se radi o heterogenom, mehanički usitnjenom materijalu sastavljenom od fragmentirane plastike, gume te finih čestica polimernog porijekla. Fragmenti plastike različitih boja i tekstura, nepravilnih i angularnih oblika, veličina približno 100–1500 μm , nastali su intenzivnom mehaničkom obradom otpada.

Uz plastične fragmente uočeni su gumeni fragmenti kompaktnije strukture, kao i sitne mrvice i praškaste čestice koje ispunjavaju međuprostore i djeluju kao matrica uzorka.

Zaključak

Uzorak predstavlja heterogenu smjesu mehanički usitnjene plastike i gume. Zbog izražene fragmentacije materijala u uzorku je prisutna znatna količina sekundarne mikroplastike.



Slika 59. Uzorak P2.1 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

Uzorak P2.2

Mikroskopskom analizom (mjerilo 500 μm) utvrđeno je da uzorak čini heterogena smjesa sitnozrnatih čestica pretežno mineralnog porijekla, s prisutnim komadićima polimerne i organske materije.

Plastične komponente prisutne su ponajprije kao sekundarna mikroplastika nepravilnih, angularnih oblika, veličina približno 100 μm do 1,5 mm, nastala mehaničkom fragmentacijom većih plastičnih predmeta. Gumeni fragmenti pojavljuju se kao tamnije, kompaktnije čestice s manje izraženim lomnim rubovima, dok su tekstilne komponente vidljive u obliku sintetskih vlakana, često zapletenih i djelomično inkorporiranih u sitnu frakciju. Površine polimernih i

tekstilnih čestica karakterizira izražena hrapavost, mikropukotine i prionule fine čestice, što upućuje na intenzivnu mehaničku obradu otpada.

Zaključak

Uzorak predstavlja polimerno dominantan otpad u kojem sitna frakcija sadrži značajan udio sekundarne mikroplastike, gumenih fragmenata i sintetskih vlakana.



Slika 60. Uzorak P2.2 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

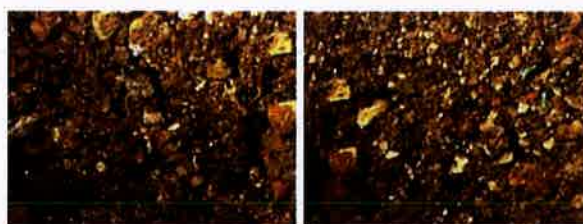
Uzorak P2.3

Mikroskopskom analizom (mjerilo 500 μm) utvrđeno je da uzorak čini mješavina mineralno-organske matrice i gumenih i plastičnih čestica.

Polimerne komponente pojavljuju se uglavnom kao sekundarna mikroplastika i gumeni fragmenti nepravilnih, angularnih oblika, veličina približno 50 μm do 1 mm, nastali mehaničkom fragmentacijom većih materijala. Gumeni fragmenti su tamniji, kompaktniji i često zaobljenijih rubova u odnosu na plastične čestice. Tekstilna komponenta vidljiva je u obliku sintetskih vlakana, dispergiranih unutar sitne frakcije i djelomično zapletenih s drugim česticama.

Zaključak

Sitna frakcija uzorka sastoji se od mineralne matrice u kojoj je prisutna sekundarne mikroplastika u obliku tekstilnih vlakana te plastičnih i gumenih fragmenata.



Slika 61. Uzorak P2.3 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

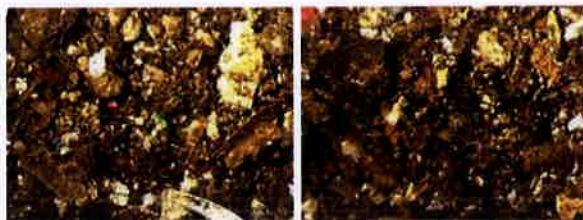
Uzorak P3.1

Mikroskopskom analizom (mjerilo 500 μm) utvrđeno je da uzorak čini heterogena mješavina polimernih, mineralnih i organskih sitnorznatih čestica.

Polimerne komponente pojavljuju se uglavnom kao sekundarna mikroplastika i gumeni fragmenti nepravilnih, angularnih oblika, nastalih mehaničkom fragmentacijom većih materijala. Gumeni fragmenti su tamniji, kompaktniji i često elastične teksture, dok su tekstilne komponente uočljive u obliku brojnih tankih sintetskih vlakana, zapletenih i dispergiranih unutar sitne frakcije. Površine polimernih i tekstilnih čestica pokazuju izraženu hrapavost i sloj adheriranih čestica.

Zaključak

Uzorak predstavlja polimerno dominantan otpad sa znatnim udjelom sekundarne mikroplastike, gumenih fragmenata i sintetskih vlakana. Čestice pokazuju izraženu fragmentaciju i tragove trganja, posljedično od mehaničke obrade većih komada otpada.



Slika 62. Uzorak P3.1 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

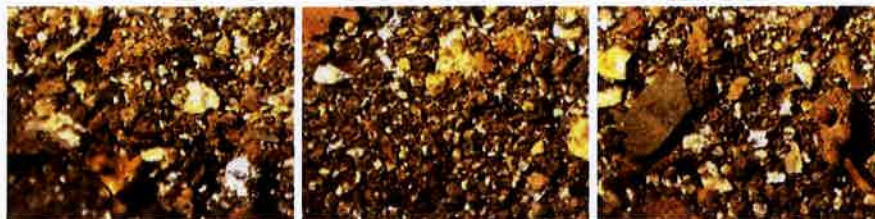
P3.2

Mikroskopskom analizom uzorka (mjerilo 500 μm) utvrđeno je da se radi o heterogenoj smjesi polimernih i organskih čestica ukomponiranih u pretežito mineralnu matricu sastavljenu od finih mrvica i prašine.

Plastične komponente prisutne su ponajprije kao sekundarna mikroplastika nepravilnih, angularnih oblika, veličine približno 100 μm do 1,5 mm, nastala mehaničkom fragmentacijom većih plastičnih elemenata. Gumeni fragmenti su tamniji sa slabije izraženim lomnim rubovima. Površine polimernih čestica pokazuju izraženu hrapavost.

Zaključak

Uzorak predstavlja polimerno dominantan otpad sa znatnim udjelom sekundarne mikroplastike i gumenih fragmenata, uz prisustvo mineralnih čestica.



Slika 63. Uzorak P3.2 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

P4.1

Mikroskopskom analizom (mjerilo 500 μm) utvrđeno je da uzorak čini heterogena smjesa pjenastih polimernih čestica s prisustvom sintetskih vlakana. Matricu materijala većinski čine prašinate polimerne čestice, uz prisustvo mineralnog i organskog materijala. Fragmenti sekundarne mikroplastike veličina približno 100 μm do 1,5 mm prisutni su u obliku nepravilnih, obojeni polimerni fragmenti s izraženim znakovima mehaničke degradacije. Uočena je i prisutnost fragmentiranih folijastih polimernih komada. Površine mineralnih i polimernih čestica karakterizira izražena hrapavost te česta pojava adheriranih finih čestica.

Zaključak

Uzorak predstavlja homogena smjesa koju čini polimerna matrica s inkomponiranim sitnozrnatim polimernim fragmentima sekundarne mikroplastike i gume.



Slika 64. Uzorak P4.1 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

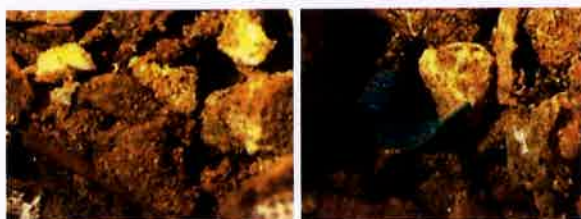
P4.2

Mikroskopskom analizom (mjerilo 500 μm) utvrđeno je da uzorak dominantno čine mineralne komponente u obliku nepravilnih zrna različite granulacije, koja čine osnovnu matricu uzorka. Unutar mineralne matrice uočeni su fragmenti sekundarne mikroplastike (plavi i zeleni komadi) te manja količina gumene frakcije. Plastične čestice pojavljuju se kao nepravilni, obojeni fragmenti veličina približno 100 μm do 1,5 mm, s izraženim znakovima mehaničke

fragmentacije i hrapavim površinama. Površine mineralnih i polimernih čestica prekrivene su finim adheriranim materijalom, što ukazuje na intenzivno drobljenje i miješanje frakcija.

Zaključak

Uzorak predstavlja mineralno-dominantan materijal u kojem sitna mineralna frakcija čini matricu uzorka, uz prisutnost manjeg udjela sekundarne mikroplastike i gume.



Slika 65. Uzorak P4.2 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

P5.1

Mikroskopskom analizom (mjerilo 500 μm) utvrđeno je da uzorak čini heterogena mješavina polimernih sitnozrnatih čestica s manjim udjelom mineralnih i organskih tvari. Plastična komponenta prisutna je pretežno kao sekundarna mikroplastika nepravilnih, angularnih oblika, s izraženim znakovima mehaničke fragmentacije. Gumeni fragmenti javljaju se kao tamnije, kompaktnije čestice slabije izraženih lomnih rubova. Tekstilna komponenta je prisutna u obliku sintetskih vlakana. Metalna frakcija uočena je kao nepravilni, sjajni fragmenti oštih rubova, dijelom obloženi sitnom prašinom, što upućuje na mehaničku obradu otpada i miješanje s ostalim frakcijama.

Zaključak

Uzorak predstavlja polimerno dominantan otpad sastavljen od sekundarne mikroplastike i gumenih fragmenata, s prisustvom sintetskih vlakana i manjeg udjela metalnih čestica.



Slika 66. Uzorak P5.1 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

P5.2

Mikroskopskom analizom (mjerilo 500 μm) utvrđeno je da uzorak čini heterogena mješavina polimernih i mineralnih čestica. Matrica materijala sastavljena je od većinski mineralnog materijala u kojem su dispergirani polimerni i metalni fragmenti, s manjim udjelom organske tvari.

Plastične komponente prisutne su pretežno kao sekundarna mikroplastika nepravilnih oblika, veličine približno 100 μm do 1,6 mm, s izraženim znakovima mehaničke fragmentacije. Gumeni fragmenti javljaju se kao tamnije, kompaktnije čestice slabije izraženih lomnih rubova, dok su tekstilne komponente vidljive uglavnom kao pojedinačna sintetska vlakna. U tragovima su uočeni i sitni metalni fragmenti. Površinu većih čestica karakterizira izražena hrapavost i adheriranost finih čestica.

Zaključak

Uzorak predstavlja miješani polimerno-mineralni otpad u kojem su sekundarna mikroplastika te gumeni i metalni fragmenti dispergirani unutar fine mineralne matrice.



Slika 67. Uzorak P5.2 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

P6.1.

Mikroskopskom analizom (mjerilo 500 μm) utvrđeno je da uzorak čini heterogena mješavina polimernih, organskih i mineralnih čestica.

Plastične i gumene komponente prisutne su pretežno kao sekundarna mikroplastika i gumeni fragmenti nepravilnih, angularnih oblika, veličina približno 100 μm do 2 mm, nastalih intenzivnom mehaničkom fragmentacijom. Tekstilna komponenta je vidljiva u obliku sintetskih vlakana, zapletenih i dispergiranih unutar sitne frakcije. U uzorku je prisutna organska komponenta (drvo). Površine većine polimernih čestica karakterizira izražena hrapavost, mikropukotine i adherirane fine čestice.

Zaključak

Uzorak predstavlja miješani polimerni otpad s dominantnim prisustvom plastike, gume i organske stvari (drvo, sitni fragmenti organske stvari). Intenzivna mehanička fragmentacija rezultirala je pojavom sekundarne mikroplastike.



Slika 68. Uzorak P6.1 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

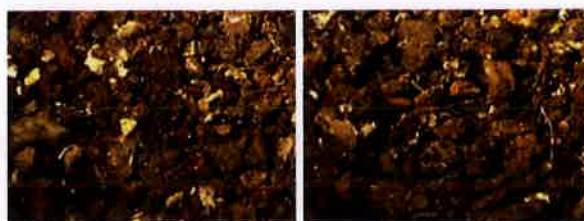
P6.2

Mikroskopskom analizom (mjerilo 500 μm) utvrđeno je da uzorak pretežno čini organska tvar, uz prisustvo mineralne komponente i polimernih fragmenata te manjeg udjela metalnih i vlaknastih čestica.

Plastične i gumene komponente prisutne su uglavnom kao sekundarna mikroplastika i gumeni fragmenti nepravilnih, angularnih oblika, procijenjenih veličina približno 100 μm do 2 mm, nastalih mehaničkom fragmentacijom većih predmeta. Plastični fragmenti pokazuju heterogenu teksturu i lomne rubove, dok su gumeni fragmenti tamniji i kompaktnije strukture. Tekstilna komponenta uočena je u obliku sintetskih vlakana dispergiranih unutar sitne frakcije. U uzorku se također primjećuju metalni komadići izduženog, vlaknastog oblika. Površine većine polimernih i sitnozrnih čestica karakterizira izražena hrapavost te adheriranost finih čestica.

Zaključak

Uzorak predstavlja sitnozrnati organski otpad u kojem su plastika i guma značajno zastupljen, uz manji udio metalnih i vlaknastih čestica. Fragmentacija polimernih materijala rezultira sekundarnom mikroplastikom povećane specifične površine, što ukazuje na prethodne postupke mehaničke obrade otpada.



Slika 69. Uzorak P6.2 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

P7.1

Mikroskopskom analizom (mjerilo 500 μm) utvrđeno je da uzorak čini heterogena mješavina većinski organskih čestica, uz prisustvo mineralne i polimerne frakcije te manjeg udjela metala.

Plastične i gumene komponente prisutne su prvenstveno kao sekundarna mikroplastika i gumeni fragmenti nepravilnih, angularnih oblika, procijenjenih veličina približno 100 μm do 1,5 mm, nastalih mehaničkom fragmentacijom većih predmeta. Tekstilna komponenta uočljiva je u obliku sintetskih vlakana, često zapletenih s drugim česticama. U tragovima su prisutni sitni metalni fragmenti, djelomično prekriveni finom prašinom. Površine većine čestica karakterizira hrapavost i adheriranost finih čestica.

Zaključak

Uzorak predstavlja organski otpad s prisustvom mineralnih čestica, komadića plastike, gume, tekstilnih vlakana te manjih metalnih fragmenata. Intenzivna mehanička fragmentacija rezultirala je prisutnošću sekundarne mikroplastike.



Slika 70. Uzorak P7.1 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

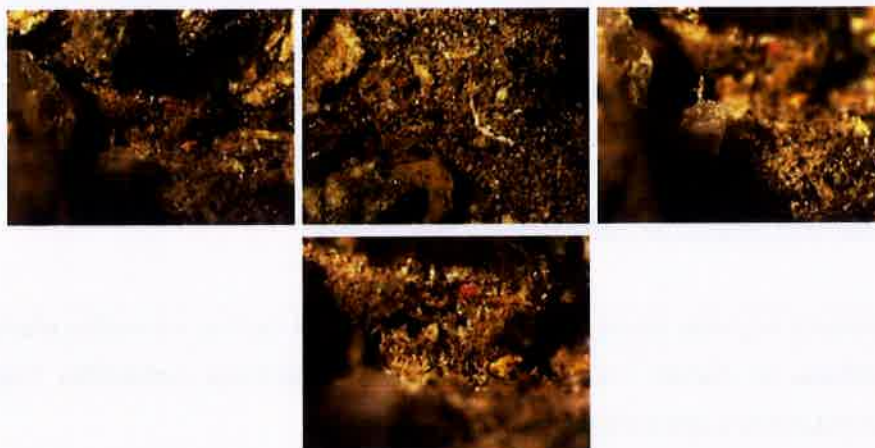
P7.2

Mikroskopskom analizom sitne frakcije uzorka (mjerilo 500 μm) utvrđeno je da u uzorku prevladavaju organska tvar te sitne polimerne čestice.

Plastične i gumene komponente prisutne su uglavnom kao sekundarna mikroplastika i gumeni fragmenti nepravilnih, angularnih oblika, procijenjenih veličina približno 100 μm do 1,5 mm, nastalih mehaničkom fragmentacijom većih materijala. Tekstilna komponenta vidljiva je u obliku sintetskih vlakana. U tragovima su uočeni sitni metalni fragmenti i čestice stakla u tragovima. Površine većine čestica karakterizira izražena hrapavost i adherirani sloj finijih čestica.

Zaključak

Uzorak predstavlja sitnozrnati polimerno-organski otpad građen od spužvastih polimera, fragmenata tvrde plastike i gume, organske tvari te manjim dijelom sitnih čestica metala i stakla. Prisutna je i vlaknasta tekstilna komponenta. Intenzivna fragmentacija polimera rezultirala je prisustvom sekundarne mikroplastike.



Slika 71. Uzorak P7.2 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

P8.1

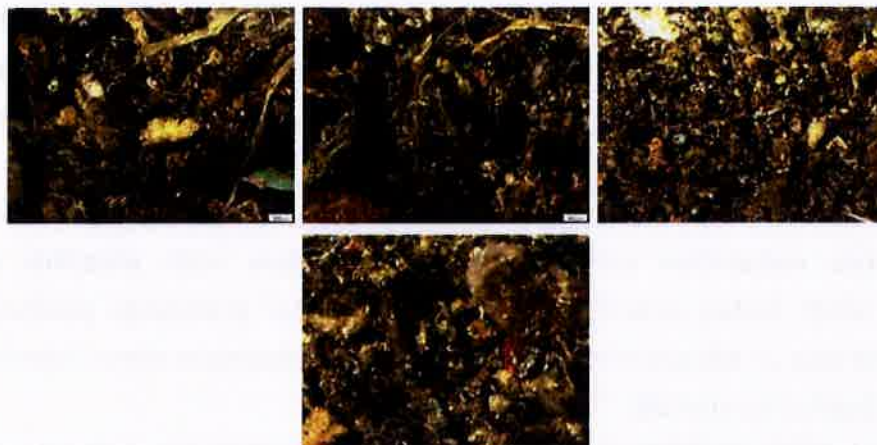
Mikroskopskom analizom uzorka (mjerilo 500 μm) utvrđeno je da se radi o izrazito heterogenom, mehanički usitnjenom materijalu sastavljenom od polimernih, vlaknastih i organskih komponenti. U mikroskopskoj slici dominira kompleksna mješavina fragmentirane plastike, gume i tekstila, uz znatan udio fine, tamne praškaste frakcije koja vizualno odgovara sitnozrnatom mineralno-organskom materijalu pomiješanom s usitnjenim polimernim česticama..

Polimerne komponente prisutne su pretežno kao sekundarna mikroplastika veličine otprilike 100 μm do 1,5 mm, nepravilnih, često izduženih ili listolikih oblika, s izraženim znakovima mehaničke degradacije. Uočeni su i gumeni fragmenti tamnije boje, kompaktnije strukture, te brojna vlakna, vjerojatno sintetskog tekstilnog podrijetla, koja su zapletena i međusobno povezana s finom frakcijom. Na više čestica vidljiva je adherirana tamna prašina i sitne anorganske čestice koje prekrivaju njihovu površinu.

Zaključak

Uzorak predstavlja heterogeni otpadni materijal sastavljen od fragmentirane plastike, gume i tekstilnih vlakana, pomiješanih s finom organsko-mineralnom frakcijom, što upućuje na

intenzivno mehaničko usitnjavanje otpada i miješanje s tlom ili sličnim sitnozrnatim organskim materijalom.



Slika 72. Uzorak P8.1 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

P8.2

Mikroskopskom analizom (mjerilo 500 μm) utvrđeno je da uzorak čini heterogena mješavina organske tvari i polimernih čestica.

Polimerne komponente prisutne su uglavnom kao sekundarna mikroplastika nepravilnih, angularnih oblika, procijenjenih veličina približno 100 μm do 2 mm, nastalih mehaničkom fragmentacijom većih plastičnih predmeta. Tekstilna komponenta uočljiva je u obliku brojnih sintetskih vlakana. Gumeni fragmenti pojavljuju se kao tamnije, kompaktnije čestice s manje izraženim lomnim rubovima. Površine većine čestica pokazuju izraženu hrapavost i sloj finih čestice, što ukazuje na intenzivno mehaničko usitnjavanje.

Zaključak

Uzorak predstavlja pretežno polimerno-organski otpad u kojem dominiraju plastični fragmenti različite veličine, s prisustvom tekstilnih vlakana. Zbog reda veličine čestica otpad se može okarakterizirati kao mikroplastika.



Slika 73. Uzorak P8.2 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm

Mikroskopskom analizom potvrđeno je da se analizirani materijal sastoji od izrazito heterogene mješavine mineralne frakcije i različitih vrsta antropogenog otpada. U svim analiziranim uzorcima utvrđena je prisutnost plastičnih fragmenata, sintetskih vlakana, dijelova folija, gumenih materijala te drugih ostataka ambalažnog i drugog otpada, pri čemu su čestice prisutne u širokom rasponu veličina – od makroskopski vidljivih fragmenata do sitnih čestica veličine mikroplastike.

Posebno je značajno da su mikroskopiranjem identificirane brojne sitne plastične čestice i vlakna nastala mehaničkim usitnjavanjem i degradacijom većih plastičnih proizvoda. Prisutnost takvih čestica potvrđuje da odloženi materijal predstavlja potencijalni izvor mikroplastike koja se daljnjim mehaničkim trošenjem, djelovanjem vjetra i oborinskih voda može raspršivati u okolni okoliš.

Analizom su također identificirani pojedini elementi koji upućuju na prisutnost medicinskog otpada, uključujući fragmente medicinskih rukavica i drugih medicinskih proizvoda, čime je potvrđeno da odloženi materijal ne predstavlja homogenu vrstu otpada, već mješavinu otpada različitog podrijetla. Međutim, količina takvih komponenti nije bila dominantna u odnosu na ukupni sastav analiziranog materijala.

Rezultati mikroskopiranja u skladu su s rezultatima sortiranja, granulometrijskih analiza i fizikalne karakterizacije otpada te potvrđuju da se radi o mješavini otpada i mineralnog materijala koja je tijekom odlaganja, manipulacije i djelomične razgradnje prošla značajno usitnjavanje i međusobno miješanje. Utvrđeni sastav potvrđuje antropogeno podrijetlo materijala i prisutnost značajne količine sitnih plastičnih čestica, **uključujući mikroplastiku, unutar cijelog tijela odloženog otpada.**

3.2.6 Izračun HP14 - ekotoksičnost

Temeljem provedene analize uzeti su u obzir sljedeći spojevi sa pripadajućim CLP klasifikacijama:

- CuO (bakrov oksid) – H410
- ZnO (cinkov oksid) – H410
- PbCO₃ (olovni karbonat) – H411
- PbO (olovni oksid) – H410
- Pb u stabilnoj mineralnoj matrici – bez relevantne H4xx klasifikacije za račun HP14, pa ne doprinosi računu.

To znači da se HP14 račun radi s ovim pravilima:

- CuO = H410, cut-off 0,1 %, ponder 100
- ZnO = H410, cut-off 0,1 %, ponder 100
- PbCO₃ = H411, cut-off 1,0 %, ponder 10
- PbO = H410, cut-off 0,1 %

S obzirom na to da **forma metalnog spoja** u analiziranom otpadu nije određena, nije moguće sa sigurnošću utvrditi u kojim se kemijskim oblicima bakar, cink i olovo nalaze u predmetnim uzorcima. Dodatno, tijekom terenskih i laboratorijskih opažanja utvrđeno je da tijelo odlagališta sadrži udio mineralnog materijala, zbog čega se ne može isključiti mogućnost da dio izmjerenih koncentracija pojedinih elemenata potječe iz tla, odnosno prirodnog mineralnog materijala prisutnog na lokaciji.

Radi smanjenja mogućnosti pogreške i primjene konzervativnijeg, stručno opreznijeg pristupa, od izmjerenih koncentracija metala oduzete su vrijednosti navedene u Geokemijskom atlasu Republike Hrvatske za predmetno područje, i to: Cu = 23,3 mg/kg, Pb = 41,4 mg/kg i Zn = 89 mg/kg. Navedene vrijednosti predstavljaju jedine raspoložive podatke o mogućem prirodnom geokemijskom doprinosu na predmetnoj lokaciji. Tako korigirane vrijednosti uzete su kao ulazne vrijednosti za daljnji proračun svojstva HP14.

Radi smanjenja mogućnosti pogreške i primjene konzervativnijeg, stručno opreznijeg pristupa, od izmjerenih koncentracija metala oduzete su vrijednosti navedene u Geokemijskom atlasu Republike Hrvatske za predmetno područje, i to: Cu = 23,3 mg/kg, Pb = 41,4 mg/kg i Zn = 89 mg/kg. Navedene vrijednosti predstavljaju jedine raspoložive podatke o mogućem prirodnom geokemijskom doprinosu na predmetnoj lokaciji. Tako korigirane vrijednosti uzete su kao ulazne vrijednosti za daljnji proračun svojstva HP14.

Tablica 24. Izmjerene vrijednosti i vrijednosti uzete u proračun za Cu, Zn i Pb

Uzorak	Element	Izmjerena vrijednost (mg/kg)	Vrijednost iz Geokemijskog atlasa (mg/kg)	Vrijednost uzeta u proračun (mg/kg)	Vrijednost uzeta u proračun (%)	Ulazi u HP proračun
Kompozit iskopa 1, 2 i 3	Cu	6.030	23,3	6.006,7	0,60067	DA (CuO > 0,1 %)
	Zn	781	89,0	692,0	0,0692	NE (ZnO < 0,1 %)
	Pb	223	41,4	181,6	0,01816	NE (PbCO ₃ < 1 %; PbO < 0,1 %)
	Cu	3.490	23,3	3.466,7	0,34667	DA (CuO > 0,1 %)

Uzorak	Element	Izmjerena vrijednost (mg/kg)	Vrijednost iz Geokemijskog atlasa (mg/kg)	Vrijednost iz RH proračun (mg/kg)	Vrijednost uzeta u proračun (%)	Ulazi u HP proračun
Kompozit iskopa 4, 5 i 6	Zn	965	89,0	876,0	0,0876	NE (ZnO < 0,1 %)
	Pb	163	41,4	121,6	0,01216	NE (PbCO ₃ < 1 %; PbO < 0,1 %)
Kompozit iskopa 7 i 8	Cu	12.200	23,3	12.176,7	1,21767	DA (CuO > 0,1 %)
	Zn	1.150	89,0	1.061,0	0,1061	DA (ZnO > 0,1 %)
	Pb	494	41,4	452,6	0,04526	NE (PbCO ₃ < 1 %; PbO < 0,1 %)

Tablica 25. Izračun HP svojstva sa korekcijom geokemijskog doprinosa

Uzorak	Ulazi u proračun	Izračun	HP14
Kompozit 1,2,3	CuO	$100 \times 0,60067$	60,07
Kompozit 4,5,6	CuO	$100 \times 0,34667$	34,67
Kompozit 7,8	CuO + ZnO	$100 \times 1,21767 + 100 \times 0,10610$	132,38

Budući da sve izračunate vrijednosti prelaze graničnu vrijednost 25, sva tri analizirana kompozitna uzorka posjeduju opasno svojstvo HP14 – ekotoksično.

Proračun HP14 svojstva proveden je primjenom regulatorno propisanog pristupa koji pretpostavlja prisutnost najnepovoljnijih ekotoksičnih oblika metala, pri čemu su u izračun uključeni CuO i ZnO. Međutim nije moguće sa sigurnošću procijeniti njihov stvarni kemijski oblik u otpadu. Istodobno, rezultati testova procjeđivanja pokazuju da većina analiziranih metala ima vrlo ograničenu mobilnost u vodenoj fazi, što upućuje na njihovu malu okolišnu raspoloživost. Slijedom navedenoga, rezultati HP14 izračuna predstavljaju procjenu potencijalnog ekotoksičnog svojstva otpada temeljenu na konzervativnom regulatornom scenariju, ali sami po sebi ne omogućuju zaključak da su metali prisutni upravo u oblicima koji bi opravdali konačnu klasifikaciju cjelokupnog otpada kao HP14.

U situacijama kada kemijski oblici onečišćivala nisu poznati, a njihova mobilnost i biodostupnost nisu jednoznačno procjenjive na temelju kemijskih analiza, ekotoksikološki biotestovi predstavljaju alat za procjenu stvarnog okolišnog rizika jer izravno mjere biološki

odgovor organizama na tvari prisutne u eluatu otpada. U tu svrhu provedeno je ispitivanje akutne toksičnosti eluata otpada na organizmu *Daphnia magna* sukladno normi HRN EN ISO 6341. Preživljenje organizama iznosilo je 90 % za kompozitni uzorak iskopa 1–3, 95 % za kompozitni uzorak iskopa 4–6 te 90 % za kompozitni uzorak iskopa 7–8, pri čemu nisu opaženi učinci koji bi ukazivali na značajnu akutnu toksičnost eluata u uvjetima provedenog ispitivanja. S obzirom da biotestovi procjenjuju stvarnu biodostupnost onečišćivala, a ne njihov teorijski potencijal temeljen na pretpostavljenim kemijskim oblicima, u okolnostima poput predmetnog slučaja njihovi rezultati imaju značajnu interpretativnu vrijednost pri procjeni stvarnog okolišnog učinka. Promatraju li se zajedno rezultati HP14 izračuna, testova procjeđivanja i biotestova *Daphnia magna*, može se zaključiti da postoji potencijalni ekotoksični rizik povezan s prisutnošću pojedinih metala, ali raspoloživi podaci ne upućuju na njihovu značajnu biodostupnost, mobilnost niti izraženi akutni ekotoksični učinak u uvjetima provedenih ispitivanja.

Navedena razlika proizlazi iz činjenice da HP14 predstavlja regulatornu klasifikaciju temeljenu na ukupnom sadržaju i klasifikaciji tvari, dok biotest *Daphnia magna* procjenjuje stvarni akutni učinak eluata u uvjetima ispitivanja.

3.2.7 Zaključak

Na temelju rezultata sortiranja, granulometrijske analize, mikroskopiranja, kemijskih analiza, testova procjeđivanja, mikrobioloških i radioloških ispitivanja, ekotoksikoloških testova te procjene opasnih svojstava otpada može se zaključiti da predmetni materijal predstavlja **heterogenu mješavinu otpada antropogenog podrijetla** odloženu unutar prostora bivšeg eksploatacijskog polja.

Sortiranjem je utvrđeno da otpad čine sitna frakcija (<16 mm), građevinski materijali, kamen, plastika, folije, guma, tekstil, drvo, staklo i metali. U svim istraženim dijelovima odlagališta potvrđena je prisutnost umjetnih materijala, osobito plastike, tekstila i gume, što nedvojbeno potvrđuje da se ne radi o prirodnom ili inernom materijalu karakterističnom za eksploatacijsko polje kamenoloma.

Istovremeno, rezultati sortiranja pokazuju da dio mase otpada čine mineralne komponente, odnosno kamen, građevinski materijali i sitna mineralna frakcija. U nekoliko uzoraka mineralni dio predstavlja dominantnu komponentu, dok u drugim prevladavaju polimerni i drugi otpadni materijali. Sukladno provedenim analizama može se zaključiti da tijelo otpada sadrži određeni mineralni udio, ali da se ne može smatrati inernim nasipnim materijalom zbog prisutnosti

velikih količina antropogenog otpada raspoređenog kroz cijelo istraženo područje. Sve mineralne frakcije onečišćene su plastikom različitog raspona veličina čestica.

Mikroskopskom analizom potvrđena je prisutnost sekundarne mikroplastike, sintetskih vlakana i gumenih čestica u svim analiziranim reprezentativnim uzorcima. Utvrđene čestice veličine približno 100 μm do 2 mm pokazuju znakove mehaničke degradacije i/ili na dijelom raspadnuti plastični materijala unutar tijela otpada dijelom na otpad nastao mehaničkom obradom. **Prisutnost mikroplastike potvrđena je kao jedno od karakterističnih svojstava predmetnog otpada.**

Analize ukupnog sadržaja metala pokazale su povišene koncentracije bakra, cinka, olova i antimona. Bakar je utvrđen u koncentracijama od 3.490 do 12.200 mg/kg, cink od 781 do 1.150 mg/kg, olovo od 163 do 494 mg/kg, a antimon od 312 do 474 mg/kg. Navedene koncentracije potvrđuju prisutnost otpada koji sadrži komponente električne i elektroničke opreme, otpada od recikliranja otpadnih vozila, plastičnih proizvoda, gume, tekstila i drugih materijala antropogenog podrijetla.

Međutim, rezultati testova procjeđivanja pokazuju da je mobilnost većine analiziranih metala ograničena. Koncentracije kadmija, bakra, žive, nikla, kroma, molibdena, olova, selena, arsena i cinka u eluatu bile su višestruko niže od graničnih vrijednosti za prihvata otpada na odlagalište neopasnog otpada, a u velikom broju slučajeva odgovarale su kriterijima za inertni otpad. Takvi rezultati upućuju da su navedeni elementi pretežito vezani u stabilnijim mineralnim i slabo topljivim oblicima te ne pokazuju značajnu mobilnost u uvjetima provedenog laboratorijskog ispitivanja.

Kao okolišno najznačajniji element izdvojio se antimon. U 4 od 19 analiziranih uzoraka (2025) procjeđivanja utvrđene su koncentracije od 0,95 mg/kg s.t. do 1,7 mg/kg s.t., čime je prekoračena granična vrijednost od 0,7 mg/kg s.t. za prihvata otpada na odlagalište neopasnog otpada. Istodobno, sve izmjerene vrijednosti ostale su ispod kriterija za odlagališta opasnog otpada. Udoboljavanje kriterijima za odlaganje otpada na određen vrstu odlagališta ne isključuje utjecaj otpada na okoliš kada kontrolirani uvjeti odlagališta ne postoje. Rezultati upućuju da upravo antimon predstavlja najvažniji indikatorski element za procjenu potencijalnog dugoročnog utjecaja otpada na okoliš.

Mikrobiološkim analizama nisu utvrđena infektivna svojstva otpada, dok mjerenjima radioaktivnosti nisu utvrđena odstupanja od prirodne pozadinske radioaktivnosti.

Proračun svojstva HP14 proveden je primjenom konzervativnog pristupa temeljenog na pretpostavljenim najnepovoljnijim oblicima pojedinih metala te je, i nakon korekcije za geokemijski fond, dao vrijednosti veće od granične vrijednosti 25 za sva tri analizirana

kompozitna uzorka. Međutim, navedeni rezultat potrebno je tumačiti uz ograničenje da kemijski oblici metala nisu potvrđeni analitičkim metodama te da ne postoje podaci koji bi omogućili jednoznačnu identifikaciju spojeva odgovornih za izračunatu ekotoksičnost.

Dodatnu procjenu ekotoksičnosti pružaju rezultati biološkog testa na organizmu *Daphnia magna*. Također, ispitivanjem akutne ekotoksičnosti eluata metodom *Daphnia magna* na sva tri kompozitna uzorka utvrđen je rezultat LID-D = 1, pri čemu nije potvrđena akutna toksičnost eluata prema ispitnim organizmima.

Promatraju li se zajedno rezultati HP14 proračuna, biotesta *Daphnia magna* i testova procjeđivanja, vidljivo je da postoji razlika između teorijskog ekotoksičnog potencijala dobivenog proračunom i stvarno utvrđene biološke aktivnosti eluata. Dok HP14 proračun, temeljen na konzervativnim pretpostavkama o kemijskim oblicima metala, upućuje na mogućnost ekotoksičnih svojstava, rezultati procjeđivanja pokazuju ograničenu mobilnost većine analiziranih metala, a biotestovi ne potvrđuju akutnu ekotoksičnost. Takvi rezultati upućuju na mogućnost da je značajan dio metala vezan u slabo topljivim ili okolišno manje raspoloživim oblicima.

U cjelini promatrano, predmetni materijal predstavlja mješavinu plastike, gume, tekstila, metala i drugih antropogenih komponenti te građevinskog otpad i, mineralnog materijala uz prisutnost pojedinačnih komponenti koje mogu sadržavati opasne tvari. Okolišnu relevantnost otpada prvenstveno određuju prisutnost mikroplastike, povišene koncentracije pojedinih metala te mobilnost antimona.

3.3 Utjecaj na tlo

Na predmetnoj lokaciji razvijeni pedološki horizonti prisutni su samo sporadično u vrlo malim količinama u smislu kontinuiranog pedološkog pokrova. Lokacija se nalazi unutar napuštenog kamenoloma u kojem prevladava ogoljena karbonatna stijenska podloga te naslage kamenog materijala nastale eksploatacijom i naknadnim nasipavanjem. Tijekom terenskih aktivnosti utvrđeno je da su padine kamenoloma vrlo strme, a površina lokacije pretežito izgrađena od stijenske mase i drobljenog kamenog materijala, uz vrlo ograničenu ili potpuno odsutnu vegetaciju.

S obzirom na nedostatak razvijenog tla te ograničenu pristupačnost terena, uzorkovanje tla na predmetnoj lokaciji nije provedeno jer ne bi omogućilo dobivanje reprezentativnih i pouzdanih podataka o stanju okoliša.

Iako na lokaciji nije razvijen pedološki pokrov koji bi omogućio procjenu onečišćenja tla u klasičnom smislu, zakopani otpad predstavlja **značajnu antropogenu promjenu prirodnog geološkog medija**. Tijekom istražnih radova utvrđena je prisutnost mješavine građevinskog otpada, plastike, gume i drugih otpadnih materijala zakopanih unutar prostora bivšeg kamenoloma, pri čemu otpad dolazi u neposredan kontakt s karbonatnom stijenskom podlogom i rastresitim kamenim materijalom.

Posebno značajan okolišni aspekt predstavlja prisutnost plastičnih materijala i mikroplastike. Mikroskopskim analizama otpada potvrđena je prisutnost plastičnih fragmenata različitih dimenzija, uključujući sitne plastične čestice nastale mehaničkim raspadanjem većih komada plastike. Takve čestice predstavljaju dugotrajno postojan oblik onečišćenja budući da se u okolišu vrlo sporo razgrađuju te mogu ostati prisutne desetljećima. Odlagališta otpada, posebice otpada koji sadrži u velikoj mjeri plastiku predstavljaju značajan izvor mikroplastike za okolno tlo. Ovu tvrdnju potvrđuju i provedena istraživanja. Istraživanje provedeno oko odlagališta u Tabrizu (Iran), u kojem su uzorci tla prikupljeni na udaljenostima od 250 do 1250 m od tijela odlagališta, pokazalo je da su koncentracije mikroplastike u okolnom tlu višestruko veće nego na kontrolnoj lokaciji udaljenoj 11 km. Na samom odlagalištu izmjereno je približno 7860 čestica/kg suhe tvari, dok je prosječna koncentracija u okolnom tlu iznosila 470 ± 193 čestica/kg suhe tvari. Rezultati potvrđuju da otvorena odlagališta i lokacije s velikim udjelom plastičnog otpada mogu predstavljati dugotrajan izvor mikroplastike za okolni okoliš (Asadi et al 2025).

Za razliku od mnogih organskih onečišćujućih tvari koje se tijekom vremena razgrađuju, mikroplastika se u okolišu akumulira te se uslijed mehaničkog trošenja postupno usitnjava na sve manje čestice. Na predmetnoj lokaciji to rezultira trajnim unošenjem sintetskih polimernih materijala u prirodni geološki medij kamenoloma. Time dolazi do trajne promjene sastava površinskog sloja lokacije, pri čemu se prirodni karbonatni materijal miješa s antropogenim materijalima koji prirodno ne pripadaju tom okolišu.

S obzirom na odsutnost razvijenog tla, promjene se ne mogu razmatrati kroz klasične pedološke karakteristike, međutim prisutnost zakopanog otpada, plastičnih materijala i mikroplastike upućuje na značajnu antropogenu izmjenu geološke podloge i prirodnih obilježja lokacije.

Navedena promjena predstavlja dugotrajnu i teško reverzibilnu promjenu prirodnih obilježja lokacije.

Komponenta	Opseg utjecaja (A)	Mogućnost oporavka – reverzibilnost (B)	Intenzitet štetnih tvari (C)
	1	4	2
	usko rasprostranjeni utjecaj samo na dijelu lokacije u krugu od 20- 50 m ili unutar same lokacije	duga sanacija s rezidualnim učincima (srednjoročna šteta)	Neznatno prekoračenje vrijednosti jednog parametra u sastavnici (propisane propisom, dozvolom ili ne pripadajućeg parametra u sastavnici)
Tlo/geološke strukture	Utjecaj je ograničen na samo tijelo odlagališta i neposredni prostor kamenoloma.	Mikroplastika je potvrđena u otpadu i jednom unesena u geološki medij praktično ostaje prisutna desetljećima. Potrebna je aktivna sanacija i uklanjanje otpada. Potpuni povratak na izvorno stanje kamenoloma nije realan bez značajnih zahvata.	Prekoračenja parametara u tlu nisu izmjerena, međutim prisutni su materijali koji prirodno ne pripadaju geološkoj strukturi

3.4 Utjecaj na floru i faunu

Lokacija odloženog otpada nalazi se na području nekadašnjeg kamenoloma koje je već prethodno bilo značajno antropogeno izmijenjeno eksploatacijom mineralne sirovine. Prema Karti staništa Republike Hrvatske (NKS 2018), područje zahvata nalazi se na stanišnom tipu J – Izgrađene i industrijske površine, dok su u neposrednoj okolini zastupljeni kamenjarski pašnjaci, bušici, dračici te poljoprivredne površine karakteristične za područje Ravnih kotara. Na samoj lokaciji nisu evidentirana prirodna ili poluprirodna staništa od posebnog značaja za očuvanje bioraznolikosti.

Uzorkovanje biljnog materijala nije provedeno jer na području odlagališta nije utvrđena dovoljno razvijena i reprezentativna vegetacija pogodna za uzorkovanje. Lokaciju pretežito čine ogoljene stijenske površine, eksploatacijski materijal i površine prekrivene otpadom, dok je vegetacija prisutna tek sporadično i u ograničenom opsegu.

Područje ekološke mreže Natura 2000 najbliže lokaciji obuhvaća područja HR1000024 Ravni kotari (POP), HR2001361 Ravni kotari i HR2001218 Benkovac (POVS), određena radi očuvanja ciljnih vrsta ptica, šišmiša, gmazova, leptira i drugih zaštićenih vrsta.

S obzirom na to da se odloženi otpad nalazi unutar već ranije degradiranog prostora kamenoloma, nisu utvrđeni izravni gubici prirodnih staništa niti uništavanje stanišnih tipova koji predstavljaju ciljeve očuvanja područja Natura 2000. Također, tijekom terenskih obilazaka nisu uočeni znakovi prisutnosti zaštićenih ili ugroženih životinjskih vrsta niti elementi staništa koji bi upućivali na njihovu trajnu prisutnost na samoj lokaciji.

Međutim, prisutnost otpada, uključujući značajne količine plastičnih materijala i mikroplastike potvrđene mikroskopskim analizama, predstavlja potencijalni lokalni pritisak na okolne ekosustave. Sitne plastične čestice mogu se mehanički raspršivati djelovanjem vjetrova i oborinskih voda te dospijevati u okolna staništa. Također, zabilježena mobilnost antimona u testovima procjeđivanja ukazuje na mogućnost lokalnog unošenja onečišćujućih tvari u neposredni okoliš. Ipak, raspoloživi podaci ne ukazuju na mjerljive promjene u sastavu vegetacije, prisutnosti zaštićenih vrsta i na ciljeve očuvanja obližnjih Natura 2000 područja.

Može se zaključiti da je utjecaj odloženog otpada na floru i faunu prvenstveno lokalnog karaktera te je ograničen na neposredno područje odlagališta i njegovu najbližu okolicu. Stanje lokacije je prethodno degradirano, ograničene razvijenosti vegetacije i bez osjetljivih staništa na samom području odlaganja. Unatoč tome, prisutnost mikroplastike i drugih antropogenih materijala predstavlja dugotrajan okolišni pritisak koji može nepovoljno utjecati na kvalitetu okolnih staništa ukoliko se otpad ne ukloni i lokacija ne sanira.

Komponenta	Opseg utjecaja (A)	Mogućnost oporavka – reverzibilnost (B)	Intenzitet štetnih tvari (C)
Flora	1	2	2
	usko rasprostranjeni utjecaj samo na dijelu lokacije u krugu od 20-50 m ili unutar same lokacije	Spontani oporavak je moguć	Neznatno prekoračenje vrijednosti jednog parametra u sastavnici (propisane propisom,

			dozvolom ili ne pripadajućeg parametra u sastavnici)
	Utjecaj je ograničen na površinu samog odlagališta i njegovu neposrednu okolicu. Lokacija se nalazi unutar prethodno degradiranog prostora kamenoloma na kojem nije razvijena značajnija prirodna vegetacija niti su utvrđena vrijedna biljna staništa.	Nakon uklanjanja otpada i eventualne sanacije površine moguć je prirodni povratak vegetacije karakteristične za okolna krška staništa. Nisu utvrđene promjene koje bi upućivale na trajni gubitak biljnih zajednica ili nepovratno narušavanje stanišnih uvjeta.	Iako je potvrđena prisutnost otpada, plastike i mikroplastike te mobilnosti antimona u pojedinim uzorcima otpada, nisu evidentirane biljne zajednice na koje bi bilo utjecaja
Fauna	1	2	2
	usko rasprostranjeni utjecaj samo na dijelu lokacije u krugu od 20-50 m ili unutar same lokacije	Spontani oporavak je moguć	Neznatno prekoračenje vrijednosti jednog parametra u sastavnici (propisane propisom, dozvolom ili ne pripadajućeg parametra u sastavnici)
	Potencijalni utjecaj ograničen je na područje samog odlagališta i njegovu neposrednu okolicu. Lokacija se nalazi unutar antropogeno izmijenjenog prostora kamenoloma koji zbog oskudne vegetacije, nedostatka vode i izražene degradiranosti ne predstavlja značajno stanište za većinu životinjskih vrsta.	Nakon uklanjanja otpada i sanacije lokacije očekuje se relativno brz povratak uobičajenih vrsta karakterističnih za okolna krška staništa. Nisu utvrđeni elementi koji bi upućivali na trajni gubitak staništa ili nepovratno narušavanje populacija životinjskih vrsta.	Prisutnost otpada, plastičnih materijala i mikroplastike predstavlja potencijalni izvor mehaničkog i kemijskog opterećenja za pojedine organizme koji povremeno koriste područje kamenoloma. Međutim, tijekom terenskih obilazaka nisu utvrđeni znakovi stradavanja faune, prisutnost zaštićenih vrsta niti pokazatelji značajnijeg negativnog utjecaja na životinjske populacije.

Natura 2000 i staništa	1	2	2
	usko rasprostranjeni utjecaj samo na dijelu lokacije u krugu od 20-50 m ili unutar same lokacije	Spontani oporavak je moguć	Neznatno prekoračenje vrijednosti jednog parametra u sastavnici (propisane propisom, dozvolom ili ne pripadajućeg parametra u sastavnici)
	Utjecaj je ograničen na područje samog odlagališta i njegovu neposrednu okolicu unutar prostora već ranije degradiranog eksploatacijom mineralne sirovine. Nisu utvrđene promjene na ciljnim staništima niti prostorno širenje utjecaja prema područjima ekološke mreže Natura 2000.	Uklanjanjem otpada i provedbom sanacijskih mjera moguće je ukloniti glavni izvor pritiska te omogućiti prirodnu obnovu stanišnih uvjeta. Budući da nisu utvrđene trajne promjene ciljnih Natura staništa niti gubitak stanišnih tipova, utjecaj se smatra reverzibilnim.	Prisutnost otpada, plastičnih materijala i mikroplastike predstavlja lokalni okolišni pritisak, a povećana mobilnost antimona u pojedinim uzorcima otpada ukazuje na potencijal unošenja onečišćujućih tvari u okoliš. Međutim, nisu utvrđene promjene staništa, oštećenja ciljnih vrsta niti dokazi narušavanja povoljnog stanja očuvanosti područja Natura 2000.

3.5 Utjecaj na zrak

Procjena utjecaja na zrak provedena je temeljem karakteristika otpada, rezultata terenskih opažanja, sastava otpada te položaja lokacije u prostoru. Temeljem mjerenja provedenih u Ravnim kotarima zrak na području je prve kategorije.

Tijekom očevida i istražnih radova nisu utvrđeni znakovi aktivnog izgaranja otpada, emisije dima niti drugi pokazatelji koji bi upućivali na emisije onečišćujućih tvari u zrak. Također, u otpadu nisu utvrđene značajne količine lako hlapivih tvari niti biootpada koji bi mogli uzrokovati kontinuirano stvaranje plinova ili neugodnih mirisa.

Lokacija se nalazi unutar prostora bivšeg kamenoloma, izvan naseljenog područja te bez stambenih objekata u neposrednoj blizini. Ruža vjetrova ukazuje dominantni smjer vjetera i to sjeveroistočni smjer, što suprotno od najbližih kuća koje su udaljene više od 1 km. Time je značajno smanjena mogućnost izravne izloženosti stanovništva eventualnim emisijama čestica ili prašine nastalima s površine lokacije.

Unatoč tome, zbog prisutnosti plastike, sitnih plastičnih fragmenata i mikroplastike u otpadu, ne može se u potpunosti isključiti mogućnost povremenog raspršivanja lakših čestica djelovanjem vjetra ili tijekom manipulacije otpadom. Takav utjecaj prvenstveno je lokalnog karaktera te je ograničen na neposredni prostor lokacije i njezinu najbližu okolicu.

Mikroplastika predstavlja posebno značajan okolišni aspekt jer se njezine sitne čestice mogu mehanički transportirati zračnim strujanjima te taložiti na okolne površine. Međutim, s obzirom na položaj lokacije unutar kamenoloma, konfiguraciju terena te odsutnost osjetljivih receptora u neposrednoj blizini, procjenjuje se da je opseg takvog utjecaja ograničen i lokalnog karaktera.

Slijedom navedenoga, raspoloživi podaci upućuju da je dominantni mehanizam mogućeg utjecaja odloženog otpada na zrak povezan s povremenim raspršivanjem prašine i mikroplastike, dok nisu uočeni pokazatelji koji bi upućivali na značajnije emisije plinovitih onečišćujućih tvari ili produkata izgaranja.

Komponenta	Opseg utjecaja (A)	Mogućnost oporavka – reverzibilnost (B)	Intenzitet štetnih tvari (C)
Zrak	1 usko rasprostranjeni utjecaj samo na dijelu lokacije u krugu od 20-50 m ili unutar same lokacije	2 prestankom izvora i uklanjanjem otpada dolazi do spontanog oporavka.	1 Mali broj predmeta koji sadrže opasne/štetne tvari,
	Utjecaj na zrak ograničen je na samu lokaciju i neposrednu okolinu	Uklanjanjem otpada i sanacijom prostora potencijalni utjecaj na zrak prestaje	Nema izmjerenih prekoračenja kvalitete zraka niti dokaza o značajnim emisijama, prisutna je samo mogućnost lokalnog raspršivanja prašine i mikroplastike.

3.6 Utjecaj na podzemne vode

Predmetna lokacija nalazi se u krškom hidrogeološkom sustavu obilježenom povećanom pukotinskom propusnošću i mogućnošću infiltracije oborinskih voda prema podzemlju. Takvi sustavi osjetljivi su na unos onečišćivala zbog mogućnosti relativno brzog transporta vode kroz pukotine i kavernozne zone, dok složena geometrija podzemnih tokova otežava jednoznačno

povezivanje izvora onečišćenja s promjenama kvalitete vode na udaljenim izvorištima. Lokacija se nalazi na području razvodnice između slivova izvorišta Biba i Kakma te ostalih izvora u području Vranskog jezera.

Prema raspoloživim podacima, odlaganje otpada odvijalo se od 14. studenog 2023. do kraja srpnja 2024. godine. Analize otpada pokazale su povišene koncentracije pojedinih metala, međutim testovi procjeđivanja ukazuju da većina njih nema značajnu mobilnost u vodenoj fazi. Jedini element koji se sustavno izdvajao bio je antimon (Sb), čije su koncentracije u eluatu iznosile od 0,95 do 1,7 mg/kg s.t. To premašuje kriterij za prihvrat na odlagalište neopasnog otpada (0,7 mg/kg s.t.), ali je i dalje značajno niže od granične vrijednosti za odlagališta opasnog otpada (5 mg/kg s.t.).

Za procjenu mogućeg utjecaja analizirani su rezultati monitoringa izvorišta Biba, Kakma, Kožlovac i Turanjsko jezero za razdoblje od 2020. do 2026. godine. Na svim izvorištima voda je tijekom cijelog promatranog razdoblja bila sukladna zahtjevima Pravilnika o parametrima sukladnosti, metodama analiza i monitorinzima vode namijenjene za ljudsku potrošnju (NN 64/2023), bez utvrđenih prekoračenja maksimalno dopuštenih koncentracija analiziranih metala i metaloida.

Posebna pažnja posvećena je izvorištu Biba koje se nalazi unutar potencijalnog hidrogeološkog sliva predmetne lokacije. Tijekom promatranog razdoblja zabilježene su manje oscilacije pojedinih pokazatelja kvalitete vode, no sve izmjerene vrijednosti ostale su višestruko niže od propisanih graničnih vrijednosti. Koncentracije antimona bile su ispod granice detekcije metode ($<0,1 \mu\text{g/L}$) do sredine 2024. godine, nakon čega je zabilježen neznatan porast koji se vremenski podudara s razdobljem odlaganja otpada. Međutim, izmjerene vrijednosti ostale su najmanje stotinu puta niže od maksimalno dopuštene koncentracije od $10 \mu\text{g/L}$.

S obzirom na to da se izvorište Biba nalazi približno 13,5 km od lokacije odlaganja otpada, tijekom podzemnog transporta dolazi do miješanja i razrjeđenja podzemnih voda, a složeni hidrogeološki odnosi karakteristični za krški sustav otežavaju jednoznačno povezivanje pojedinog izvora onečišćenja s izmjerenim koncentracijama na izvorištu. Podaci Geokemijskog atlasa Republike Hrvatske ne ukazuju na postojanje poznatih prirodnih izvora antimona na promatranom području. Uzimajući u obzir prisutnost antimona u otpadu te njegovu utvrđenu mobilnost u testovima procjeđivanja, otpad odložen na predmetnoj lokaciji može se smatrati jednim od mogućih izvora utvrđenih koncentracija antimona.

Dodatni potencijalni put prijenosa onečišćivala predstavlja mikroplastika potvrđena u otpadu. Mikroplastične čestice mogu adsorbirati metale i druge kemijske spojeve te sudjelovati u njihovom transportu kroz okoliš. Iako na analiziranim izvorištima nisu utvrđeni pokazatelji

onečišćenja, prisutnost mikroplastike u otpadu i mobilne frakcije antimona potvrđuje postojanje mogućih mehanizama prijenosa onečišćivala iz tijela odlagališta prema okolnom okolišu.

Na temelju analiziranih podataka nisu uočene promjene kakvoće vode koje bi upućivale na značajan negativan utjecaj predmetne lokacije na vodoopskrbna izvorišta. Istodobno, povećana mobilnost antimona u otpadu, njegova pojava na izvorištu Biba tijekom razdoblja odlaganja otpada te prisutnost mikroplastike u otpadu upućuju na mogućnost prijenosa onečišćivala kroz okoliš, osobito zbog krške propusnosti terena i mogućnosti postupnog oslobađanja mobilnih tvari tijekom vremena.

Komponenta	Opseg utjecaja (A)	Mogućnost oporavka – reverzibilnost (B)	Intenzitet štetnih tvari (C)
Vode	5 5 utjecaj rasprostranjen u krugu većem od 1000 m	3 rutinska sanacija (kratkoročna šteta)	1 Mali broj predmeta koji sadrže opasne/štetne tvari,
	Lokacija se nalazi u krškom području i u zoni mogućeg hidrogeološkog povezivanja sa slivom izvorišta Biba, koje je udaljeno oko 13,2 km . Iako na Bibi nije evidentirano onečišćenje niti prekoračenje propisanih vrijednosti, zbog krške propusnosti i udaljenosti potencijalni utjecaj nije moguće ograničiti samo na neposrednu lokaciju.	U slučaju ulaska onečišćivala u krški vodonosnik sanacija bi bila vrlo složena i ograničena. Zaštita se zato primarno temelji na uklanjanju izvora onečišćenja, odnosno sanaciji lokacije sa otpadom.	Na izvorištima, uključujući Bibu, utvrđeno je neznatno povećanje antimona u odnosu na prethodni period, međutim, nisu utvrđena prekoračenja vrijednosti propisanih Pravilnikom za vodu namijenjenu ljudskoj potrošnji. Voda je sukladna za piće.

3.7 Mikroplastika

Mikroplastika je definirana kao bilo koja sintetička čvrsta čestica ili polimerna matrica, pravilnog ili nepravilnog oblika, veličine u rasponu od 1 µm do 5 mm, primarnog ili

sekundarnog podrijetla, koja je netopiva u vodi (Frias i Nash, 2019). U okviru ovog vještačenja provedeno je mikroskopiranje uzoraka otpada sa svrhom utvrđivanja prisutnosti plastičnih čestica manjih od 5 mm te procjene njihovog okolišnog značaja.

U okolišu mikroplastika predstavlja perzistentni oblik onečišćenja koji se ne razgrađuje u relevantnim vremenskim razmjerima, već se postupno fragmentira na sve sitnije čestice, pri čemu se njezina ukupna količina dugoročno povećava. Zbog male veličine, velike specifične površine i sposobnosti adsorpcije drugih onečišćivala, mikroplastika se danas smatra ne samo fizičkim zagađivačem već i potencijalnim vektorom prijenosa kemijskih tvari u okolišu.

Globalna proizvodnja plastike kontinuirano raste, a znatan udio plastičnih proizvoda nakon završetka uporabnog vijeka završava na odlagalištima otpada. Procjenjuje se da se približno 21–42 % ukupno proizvedene plastike trajno odlaže na odlagalištima, čime ona postaju najveći antropogeni rezervoari plastike u okolišu (Gupta et al., 2025). Iako se odlagališta tradicionalno smatraju konačnim mjestima odlaganja otpada, brojna istraživanja pokazuju da ona predstavljaju dinamične sustave u kojima dolazi do degradacije, fragmentacije i postupnog oslobađanja mikroplastike u okoliš (Wojnowska-Baryła et al., 2022).

Na predmetnoj lokaciji utvrđena je prisutnost značajnih količina plastičnog otpada i degradiranih polimernih materijala. Karakterizacijom otpada potvrđeno je da plastična komponenta predstavlja jednu od dominantnih frakcija odloženog materijala. U više uzoraka utvrđeni su fragmentirani polimerni materijali različitog stupnja degradacije, uključujući sitnozrnate plastične fragmente nastale mehaničkim usitnjavanjem i okolišnim procesima raspadanja.

Zakopana ili površinski odložena plastika izložena je dugotrajnom djelovanju sunčevog zračenja, temperaturnih promjena, vlage, mehaničkih opterećenja i kemijskih procesa koji dovode do njezine fragmentacije. Istraživanja pokazuju da promjenjive pH vrijednosti, djelovanje oborinskih voda, mehaničko trošenje te mikroba aktivnost sinergijski ubrzavaju raspad makroplastike u mikroplastične čestice (Upadhyay i Bajpai, 2021; Gupta et al., 2025). Zbog toga se odloženi plastični otpad tijekom vremena postupno pretvara u sekundarnu mikroplastiku.

Mikroskopskim analizama uzoraka otpada s predmetne lokacije potvrđena je prisutnost mikroplastike. Identificirani su plastični fragmenti nepravilnih rubova, tanki polimerni filmovi te sitnozrnate polimerne čestice veličine manje od 5 mm. Morfološke značajke čestica, uključujući nepravilne lomove i degradirane površine, ukazuju da se radi pretežito o sekundarnoj mikroplastici nastaloj fragmentacijom većih plastičnih predmeta, što je u skladu



s nalazima objavljenim za odlagališta otpada u znanstvenoj literaturi (Wojnowska-Baryła et al., 2022).

Odlagališta otpada predstavljaju značajan izvor mikroplastike za okolno tlo. Istraživanje provedeno oko odlagališta u Tabrizu (Iran), u kojem su uzorci tla prikupljeni na udaljenostima od 250 do 1250 m od tijela odlagališta, pokazalo je da su koncentracije mikroplastike u okolnom tlu višestruko veće nego na kontrolnoj lokaciji udaljenoj 11 km. Na samom odlagalištu izmjereno je približno 7860 čestica/kg suhe tvari, dok je prosječna koncentracija u okolnom tlu iznosila 470 ± 193 čestica/kg suhe tvari. Rezultati potvrđuju da otvorena odlagališta i lokacije s velikim udjelom plastičnog otpada mogu predstavljati dugotrajan izvor mikroplastike za okolni okoliš (Asadi et al., 2025).

Rezultati testova procjeđivanja dodatno potvrđuju okolišni značaj identificirane plastične frakcije. U otpadu je utvrđena povećana mobilnost antimona (Sb), pri čemu su pojedini uzorci pokazivali vrijednosti iznad kriterija za prihvata otpada na odlagalište neopasnog otpada. Antimon se u literaturi često povezuje s plastičnim materijalima, osobito PET ambalažom i određenim tehničkim polimerima, gdje se koristi kao katalizator u proizvodnom procesu (Filella et al., 2002).

Iako se iz raspoloživih podataka ne može jednoznačno povezati prisutnost antimona s pojedinom vrstom plastike ili drugim specifičnim izvorom otpada, istodobna pojava plastične frakcije i povećane mobilnosti antimona upućuje na moguću povezanost ovih pojava. Takvu mogućnost dodatno podupire činjenica da prema podacima Geokemijskog atlasa Republike Hrvatske na širem području predmetne lokacije nisu evidentirani prirodni izvori antimona, zbog čega se njegovo pojavljivanje vjerojatnije može povezati s antropogenim materijalima prisutnim u otpadu nego s prirodnim geokemijskim fondom područja.

Jednom nastala, mikroplastika može se širiti okolišem putem površinskog otjecanja, infiltracije oborinskih voda i resuspenzije čestica vjetrom. U krškim područjima, kakvo je područje Benkovca, posebnu važnost ima mogućnost transporta sitnih čestica kroz pukotinske sustave podzemlja. Također, mikroplastične čestice mogu adsorbirati metale i organske spojeve te djelovati kao njihovi prijenosnici kroz okoliš (Holmes et al., 2012; Brennecke et al., 2016).

Na temelju provedenih istraživanja može se sa sigurnošću zaključiti da analizirani otpad s predmetne lokacije sadrži značajne količine mikroplastike te da predstavlja izvor sekundarne mikroplastike nastale fragmentacijom većih plastičnih predmeta. Uzimajući u obzir potvrđenu prisutnost mikroplastike u otpadu, visok udio plastične frakcije, otvoreni način odlaganja te dokazane mehanizme migracije opisane u znanstvenoj literaturi, opravdano je zaključiti da

lokacija predstavlja potencijalni izvor emisije mikroplastike u okolni okoliš, prvenstveno u tlo i podzemne vode.

3.8 Kumulativni utjecaj

Analiza rezultata terenskih istraživanja, laboratorijskih analiza, monitoringa izvorišta te interpretacije hidrogeoloških i okolišnih podataka pokazuje da na predmetnoj lokaciji postoji više potencijalnih mehanizama utjecaja na okoliš koji djeluju istodobno i međusobno se nadopunjuju. Iako pojedinačno većina utvrđenih pokazatelja ne upućuje na značajno narušavanje okolišnih sastavnica, **njihovo zajedničko djelovanje ukazuje na postojanje kumulativnog okolišnog opterećenja povezanog s odlaganjem otpada.**

Na lokaciji je tijekom razdoblja od 14. studenog 2023. do kraja srpnja 2024. godine odloženo minimalno **6.427 t** otpada koja sadrži izraženu plastičnu komponentu, uključujući degradirane polimerne materijale i mikroplastiku. Mikroskopskim analizama potvrđena je prisutnost sekundarne mikroplastike nastale fragmentacijom većih plastičnih predmeta, čime je potvrđeno postojanje dugoročnog izvora mikroplastičnih čestica u okolišu.

Otpad je odlagan izravno na tlo, bez zaštitnih brtvenih slojeva, sustava prikupljanja procjednih voda ili drugih tehničkih mjera zaštite okoliša. Takav način odlaganja omogućava izravan kontakt otpada s oborinskim vodama te stvara preduvjete za postupno ispiranje mobilnih komponenti otpada.

Rezultati kemijskih analiza pokazali su da većina analiziranih metala nema značajnu mobilnost u testovima procjeđivanja. Međutim, antimon (Sb) sustavno se izdvajao od ostalih elemenata te su u pojedinim uzorcima izmjerene koncentracije u rasponu od 0,95 mg/kg s.t. do 1,7 mg/kg s.t., što prelazi graničnu vrijednost od 0,7 mg/kg s.t. propisanu za prihvrat otpada na odlagalište neopasnog otpada. Time je potvrđeno postojanje mobilne frakcije koja predstavlja potencijalni izvor dugoročnog opterećenja okoliša.

Izluživanje antimona kao mobilnog elementa pokazuje da tijekom izloženosti otpada oborinskim vodama može doći do izluživanja antimona u podzemne vode. Takva interpretacija u skladu je s rezultatima testova procjeđivanja i hidrogeološkim karakteristikama lokacije.

Posebnu važnost ima činjenica da se lokacija nalazi u krškom području, gdje infiltracija oborinskih voda može omogućiti prijenos mobilnih onečišćivala prema podzemlju.

Istovremeno, analiza dugogodišnjih podataka monitoringa izvorišta Biba, Kakma, Kožlovac i Turanjsko jezero pokazala je da tijekom promatranog razdoblja nije došlo do prekoračenja

parametara propisanih Pravilnikom o parametrima sukladnosti, metodama analiza i monitorinzima vode namijenjene za ljudsku potrošnju (NN 64/2023). Voda je na svim analiziranim izvorištima ostala zdravstveno ispravna i prikladna za ljudsku potrošnju. Pri tumačenju navedenih rezultata potrebno je uzeti u obzir da se promatrana izvorišta nalaze na udaljenosti od više kilometara od lokacije odlaganja otpada, pri čemu se izvorište Biba nalazi približno 13,5 km od predmetne lokacije. U krškim vodonosnicima tijekom podzemnog transporta dolazi do miješanja i razrjeđenja voda te disperzije otopljenih tvari, zbog čega se eventualne koncentracije onečišćivala na većim udaljenostima mogu značajno smanjiti u odnosu na koncentracije koje bi se mogle pojaviti u neposrednoj blizini izvora onečišćenja.

Iako nije utvrđeno značajno onečišćenje podzemnih voda, određene manje oscilacije pojedinih parametara na izvorištu Biba, zajedno s utvrđenom mobilnošću antimona u otpadu, ukazuju da potencijalni put prijenosa onečišćivala postoji. Takav utjecaj trenutno nije intenziteta koji bi rezultirao mjerljivim pogoršanjem kvalitete vode, ali ga nije moguće u potpunosti isključiti u slučaju dugotrajnog zadržavanja otpada na lokaciji.

Kumulativni karakter utjecaja proizlazi upravo iz istodobnog djelovanja više procesa: kontinuirane fragmentacije plastičnog otpada i nastanka mikroplastike, kontakta otpada s oborinskim vodama, postupnog ispiranja mobilnih komponenti otpada, mogućeg transporta mikroplastike i otopljenih tvari kroz tlo i krški podzemni sustav te ponavljanja tih procesa tijekom svakog oborinskog ciklusa. Pojedinačno promatrani, navedeni procesi ne rezultiraju značajnim okolišnim posljedicama, međutim njihovo dugotrajno zajedničko djelovanje povećava potencijal budućeg opterećenja okoliša.

Temeljem provede procjene, potvrđena je prisutnost mikroplastike, povećana mobilnost antimona, otvoreni način odlaganja otpada bez tehničkih mjera zaštite te hidrogeološka osjetljivost krškog područja što ukazuju na postojanje kumulativnog okolišnog opterećenja i potencijala za daljnje postupno onečišćenje okoliša ukoliko otpad ostane na lokaciji tijekom duljeg vremenskog razdoblja.

Komponenta	Opseg utjecaja (A)	Mogućnost oporavka – reverzibilnost (B)	Intenzitet štetnih tvari (C)
Kumulativni utjecaj	5 utjecaj rasprostranjen u krugu većem od 1000 m	3 rutinska sanacija (kratkoročna šteta)	2 Neznatno prekoračenje vrijednosti jednog parametra u sastavnici (propisane propisom, dozvolom ili ne

			pripadajućeg parametra u sastavnici)
	Krški hidrogeološki uvjeti, mogućnost infiltracije oborinskih voda te potencijalna povezanost sa slivom izvorišta Biba (≈13,2 km) upućuju na mogućnost šireg prostornog dosega utjecaja, iako on nije izravno dokazan mjerenjima.	Uklanjanjem otpada moguće je ukloniti izvor budućeg onečišćenja, međutim već emitirana mikroplastika i eventualno migrirane mobilne komponente nije moguće u potpunosti ukloniti iz okoliša. Sanacija podzemlja i mikroplastike izrazito je ograničena.	Na izvorištima nisu utvrđena prekoračenja propisanih vrijednosti za vodu za ljudsku potrošnju, ali su u testovima procjeđivanja utvrđena prekoračenja kriterija za antimon (Sb) za prihvata otpada na odlagalište neopasnog otpada, što potvrđuje postojanje mobilne frakcije otpada s potencijalom okolišnog utjecaja.

3.9 Utjecaj na zdravlje ljudi

Procjena mogućeg utjecaja na zdravlje ljudi temelji se na rezultatima provedenih istraživanja, utvrđenim svojstvima otpada, rezultatima kemijskih analiza, testova procjeđivanja, analizama mikroplastike te dostupnim podacima o kvaliteti podzemnih voda. Za razliku od lokacija na kojima je dokazano onečišćenje tla, voda ili prehrambenog lanca, na predmetnoj lokaciji nisu utvrđena prekoračenja zdravstveno relevantnih parametara u vodi za ljudsku potrošnju niti su provedena istraživanja koja bi dokazala povećane koncentracije onečišćivala u poljoprivrednim kulturama ili drugim komponentama prehrambenog lanca.

Potencijalni utjecaj na zdravlje ljudi prvenstveno proizlazi iz mogućnosti neposrednog kontakta s otpadom, udisanja prašine i sitnih čestica tijekom manipulacije otpadom te dugoročne izloženosti mikroplastici. Dodatno, rezultati testova procjeđivanja pokazali su povećanu mobilnost antimona (Sb), što ukazuje na postojanje potencijalnog mehanizma migracije pojedinih onečišćivala kroz okoliš, iako takav proces nije rezultirao mjerljivim pogoršanjem kvalitete vode na promatranim izvorištima.

Na lokaciji je potvrđena prisutnost mikroplastike nastale fragmentacijom plastičnog otpada. Znanstvena literatura pokazuje da se mikroplastične čestice mogu prenositi zrakom i vodom te predstavljati potencijalni put dugoročne izloženosti stanovništva, osobito u neposrednoj blizini izvora.

Zona otpada

Na samoj lokaciji otpada nalazi se zona najvećeg potencijalnog zdravstvenog rizika. U toj zoni moguć je neposredan kontakt s otpadom, mikroplastikom i prašinom nastalom uslijed kretanja vozila, manipulacije materijalom ili djelovanja vjetra. Budući da su u otpadu utvrđene mobilne komponente, osobito antimon, te značajne količine mikroplastike, svaka aktivnost koja uključuje izravan kontakt s otpadom predstavlja potencijalni put izloženosti. Rizik je prvenstveno vezan uz radnike koji rukuju otpadom ili osobe koje dulje vrijeme borave na lokaciji.

Zona 0–50 m od otpada

U neposrednoj okolini otpada dominantan potencijalni put izloženosti predstavlja povremeno udisanje sitnih čestica i mikroplastike tijekom vjetrovitih razdoblja ili aktivnosti na lokaciji. U ovoj zoni još uvijek postoji mogućnost taloženja sitnih čestica iz otpada na okolne površine. Međutim, za predmetnu lokaciju nisu utvrđeni podaci koji bi ukazivali na značajno povećane koncentracije onečišćivala u okolišnim sastavnicama izvan samog otpada. Stoga se zdravstveni rizik procjenjuje kao umjeren i prvenstveno vezan uz učestali boravak u neposrednoj blizini otpada.

Zona 50–200 m od otpada

U ovoj zoni potencijalna izloženost uglavnom se svodi na povremene epizode prijenosa sitnih čestica zrakom. Intenzitet utjecaja značajno opada s udaljenošću od izvora, a zbog nedostatka dokaza o onečišćenju tla, voda ili vegetacije ne postoje pokazatelji kontinuirane izloženosti stanovništva. Potencijalni zdravstveni rizik u ovoj zoni procjenjuje se kao nizak do umjeren te prvenstveno ovisi o lokalnim meteorološkim uvjetima i učestalosti boravka na otvorenom prostoru.

Zona 200–1000 m od otpada

Na udaljenostima većim od približno 200 m očekuje se značajno smanjenje svih potencijalnih putova izloženosti. U ovoj zoni nije utvrđen niti jedan pokazatelj koji bi upućivao na povećanu izloženost stanovništva onečišćivalima podrijetlom s predmetne lokacije. Kvaliteta vode na analiziranim izvorima ostala je u skladu sa zahtjevima Pravilnika o parametrima sukladnosti, metodama analiza i monitorinzima vode namijenjene za ljudsku potrošnju (NN 64/2023), a nisu utvrđeni ni drugi dokazi koji bi upućivali na zdravstveno relevantan utjecaj. Rizik za zdravlje ljudi u ovoj zoni procjenjuje se kao nizak i usporediv s uobičajenim pozadinskim okolišnim opterećenjem.

Zona iznad 1000 m od otpada

Najbliži stambeni objekti nalaze se na udaljenosti većoj od 1000 m od predmetne lokacije. Na toj udaljenosti ne postoje dokazi koji bi upućivali na povećanu izloženost stanovništva onečišćivalima podrijetlom iz otpada. Rezultati monitoringa izvorišta nisu pokazali pogoršanje kvalitete vode za ljudsku potrošnju, a nisu utvrđeni ni pokazatelji onečišćenja tla, vegetacije ili drugih okolišnih sastavnica koji bi mogli predstavljati značajan put izloženosti lokalnog stanovništva.

Pri procjeni mogućeg utjecaja putem zraka potrebno je uzeti u obzir i činjenicu da se u neposrednoj okolini lokacije provode aktivnosti eksploatacije i obrade kamena, koje predstavljaju etablirani izvor mineralne prašine u prostoru. Stoga eventualni doprinos otpada ukupnom opterećenju zraka sitnim česticama nije moguće jednoznačno izdvojiti bez ciljano provedenih mjerenja. Međutim, za razliku od mineralne prašine povezane s eksploatacijom kamena, otpad predstavlja potencijalni izvor mikroplastike i drugih antropogenih čestica, pri čemu njihov utjecaj prvenstveno ostaje ograničen na samu lokaciju i njezinu neposrednu okolinu.

Zaključno, najveći potencijalni zdravstveni rizik vezan je uz neposredan kontakt s otpadom i boravak na samoj lokaciji odlaganja, odnosno za osobe koje pristupaju otpadu ili sudjeluju u njegovom uklanjanju. S povećanjem udaljenosti od izvora intenzitet potencijalne izloženosti značajno opada. Posebno je važno naglasiti da se najbliži stambeni objekti nalaze na udaljenosti većoj od 1000 m od lokacije otpada, zbog čega je mogućnost kontinuirane izloženosti lokalnog stanovništva onečišćivalima iz otpada značajno ograničena. Istovremeno, rezultati monitoringa izvorišta Biba, Kakma, Kožlovac i Turanjsko jezero nisu pokazali pogoršanje kvalitete vode za ljudsku potrošnju niti prekoračenje vrijednosti propisanih Pravilnikom o parametrima sukladnosti, metodama analiza i monitorinzima vode namijenjene za ljudsku potrošnju (NN 64/2023).

Slijedom navedenog, raspoloživi podaci ne upućuju na značajan utjecaj predmetnog otpada na zdravlje stanovništva koje živi u okolnom području. Potencijalni zdravstveni rizik prvenstveno se može povezati s osobama koje neposredno dolaze u kontakt s otpadom, dok je za širu populaciju, s obzirom na veliku udaljenost stambenih objekata, izostanak pokazatelja onečišćenja voda za piće te nepostojanje pokazatelja prijenosa onečišćivala u tlo i prehrambeni lanac, mogućnost izloženosti ograničena. Unatoč tome, prisutnost mikroplastike i mobilne frakcije antimona predstavlja okolnost koja opravdava uklanjanje otpada kao preventivnu mjeru radi smanjenja mogućnosti budućeg okolišnog i zdravstvenog opterećenja.

Komponenta	Opseg utjecaja (A)	Mogućnost oporavka – reverzibilnost (B)	Intenzitet štetnih tvari (C)
Utjecaj na zdravlje ljudi	1 usko rasprostranjeni utjecaj samo na dijelu lokacije u krugu od 20-50 m ili unutar same lokacije	2 spontani oporavak	1 Mali broj predmeta koji sadrže opasne/štetne tvari,
	Najbliži stambeni objekti nalaze se na udaljenosti većoj od 1000 m od lokacije. Potencijalna izloženost stanovništva ograničena je prvenstveno na osobe koje neposredno pristupaju otpadu ili rade na lokaciji.	Uklanjanjem otpada uklanja se glavni izvor potencijalne izloženosti. Međutim, mikroplastika i eventualno migrirane mobilne komponente nije moguće u potpunosti ukloniti iz okoliša ukoliko su već dospjele izvan tijela otpada.	Nisu utvrđena prekoračenja vrijednosti propisanih za vodu namijenjenu ljudskoj potrošnji (NN 64/2023), niti postoje dokazi o zdravstveno relevantnim prekoračenjima u drugim okolišnim sastavnicama.

4 Nalaz i mišljenje vještaka

4.1 Utvrđene činjenice

Činjenice utvrđene vještačenjem:

- Na lokaciji k.č. 673/194 k.o. Benkovac, unutar kompleksa bivšeg kamenoloma Kukalj, utvrđeno je postojanje zakopanog otpada prekrivenog i izmiješanog s kamenim materijalom.
- Predmetna lokacija nalazi se unutar prethodno antropogeno degradiranog prostora nastalog eksploatacijom mineralne sirovine na površini od 3.674,64 m².
- Najbliži stambeni objekti nalaze se na udaljenosti većoj od 1.000 m od tijela odlagališta.
- Prostor na kojem se nalazi nasipani i odloženi otpad obuhvaćen je Prostorni plan uređenja Grada Benkovca. Na predmetnoj lokaciji temeljem prostornog plana predviđena je površina za eksploataciju mineralnih sirovina.
- Katastarska čestica k.č. 673/194 k.o. Benkovac nalazi se u području bivšeg/neaktivnog eksploatacijskog polja „Kukalj Kave“, za koje je pravo na eksploatacijsko polje prestalo 1. rujna 2017. godine. Za predmetno eksploatacijsko polje u registru nisu evidentirani važeće odobrenje za eksploataciju ni važeća koncesija za eksploataciju mineralnih sirovina. Eksploatacijsko polje nije brisano iz registra.
- Za predmetnu lokaciju izdana je Građevinska dozvola Klasa: UP/I-361-03/23-01/000845, Urbroj: 2198-07-08/1-23-0016. 15.9.2023. godine za građenje građevine namijenjene eksploataciji mineralnih sirovina, 2.b skupine, tlačna ploča za otvoreno skladište sirovine za građevni kamen
- Otpad je utvrđen u svim iskopima po tijelu odlagališta. Otpad je utvrđen do dubine od 4,2 m ispod površine terena temeljem iskopa, s tim da je visina nasipa max 8,86 m.
- Tijekom iskopa nije evidentiran materijal kompozitnog cementnog materijala izoXeco niti u jednom iskopu do dubine od 4,2 m. Površina tijela odlagališta sastojala se od izmiješanog plastičnog materijala i nasipnog materijala (jalovine/drobljenca).
- Analizirani materijal predstavlja izrazito heterogen odlagališni otpad različitog porijekla, sastavljen od promjenjivih udjela organskih, mineralnih i metalnih komponenti.
- Rezultati fizikalnih svojstava, sadržaja organske tvari i granulometrijskih analiza ukazuju na postojanje značajnih prostornih razlika unutar tijela odlagališta.

- Sortiranjem uzoraka utvrđeno je da otpad u najvećoj mjeri čine sitna frakcija (<16 mm), plastika, građevinski materijali, guma i tekstil. Radi se o heterogenoj mješavini otpada i mineralnog materijala (izmiješana). Sortiranjem je utvrđeno da je otpad u većoj mjeri kompatibilan s fragmentiranim električnim i elektroničkim otpadom (EE otpad) ili ostacima od obrade otpadnih vozila te se nakon sortiranja mogu definirati slijedećim ključnim brojevima: 19 12 04, 19 12 12, 17 05 04, 17 01 07.
- Dio sortiranih uzoraka odgovarao je mehanički obrađenom medicinskom otpadu.
- Dio uzoraka odgovara uzorcima evidentiranim na lokaciji Gospić
- U testovima procjeđivanja koncentracije kadmija (MDK neopasni 1 mg/kg s.t.), bakra (MDK 50 mg/kg s.t.), žive (MDK 0,2 mg/kg s.t.), nikla (MDK 10 mg/kg s.t.), barija (MDK 100 mg/kg s.t.), kroma (MDK 10 mg/kg s.t.), molibdena (MDK 10 mg/kg s.t.), olova (MDK 10 mg/kg s.t.), selena (MDK 0,5 mg/kg s.t.), cinka (MDK 50 mg/kg s.t.) i arsena (MDK 2 mg/kg s.t.) bile su u svim analiziranim uzorcima višestruko niže od graničnih vrijednosti za prihvrat otpada na odlagalište neopasnog otpada, a u najvećem broju slučajeva i ispod granica detekcije analitičkih metoda.
- Od ukupno 19 analiziranih uzoraka procjeđivanja tijekom očevida (P1.1–P8.2), kriterij za neopasni otpad za antimon premašena su u 4 uzorka, odnosno u približno 21% analiziranih uzoraka. U svim ostalim uzorcima koncentracije antimona bile su ispod propisanog kriterija od 0,7 mg/kg s.t. Tijekom analize uzoraka testom procjeđivanja izmjerene su koncentracije od 0,95 mg/kg s.t. u uzorku P1.3, 1,3 mg/kg s.t. u P2.1., 1,6 mg/kg s.t. u P 4.1 i 1,7 mg/kg s.t. u uzorku P8.1. Istovremeno, sve vrijednosti ostaju značajno niže od kriterija za odlagališta opasnog otpada.
- Analizom teških metala utvrđeno je da su rezultati koji su dobiveni karakteristični za antropogeni otpad. Najviše koncentracije utvrđene su za bakar, koji je izmjeren u koncentracijama od 3.490 mg/kg do 12.200 mg/kg. Cink je utvrđen u koncentracijama od 781 mg/kg do 1.150 mg/kg, olovo u rasponu od 163 mg/kg do 494 mg/kg, dok su koncentracije antimona iznosile od 312 mg/kg do 474 mg/kg. Najviša koncentracija antimona izmjerena je u kompozitnom uzorku iskopa 4–6 i iznosila je 474 mg/kg.
- U Geokemijskom atlasu Republike Hrvatske šire područje lokacije ne sadrži antimon
- Analizom teških metala utvrđeno je da je koncentracije antimona relativno ujednačene u sva tri kompozitna uzorka, što upućuje da njegova prisutnost nije ograničena na pojedinačne lokalizirane zone, već predstavlja karakteristiku otpada na većem dijelu istraženog područja.
- Mobilnost teških metala je ograničena ili je nema, osim za antimon
- Ostali teški metali bili su zastupljeni u znatno nižim koncentracijama. Krom je izmjeren u rasponu od 12,5 do 50,4 mg/kg, kadmij od 1,9 do 6,38 mg/kg, živa od 0,35

do 0,40 mg/kg, molibden od 2,52 do 4,85 mg/kg, dok su arsen i selen bili prisutni u vrlo niskim koncentracijama.

- Mikroskopskom analizom utvrđeno je da se analizirani materijal sastoji od izrazito heterogene mješavine mineralne frakcije i različitih vrsta antropogenog otpada. U svim analiziranim uzorcima utvrđena je prisutnost plastičnih fragmenata, sintetskih vlakana, dijelova folija, gumenih materijala te drugih ostataka ambalažnog i drugog otpada, pri čemu su čestice prisutne u širokom rasponu veličina – od makroskopski vidljivih fragmenata do sitnih čestica veličine mikroplastike. Analizom su također identificirani pojedini elementi koji upućuju na prisutnost medicinskog otpada, uključujući fragmente medicinskih rukavica i drugih medicinskih proizvoda. Rezultati mikroskopiranja u skladu su s rezultatima sortiranja, granulometrijskih analiza i fizikalne karakterizacije otpada te potvrđuju da se radi o mješavini otpada i mineralnog materijala koja je tijekom odlaganja.
- Mikrobiološkim analizama nisu utvrđena infektivna svojstva otpada
- Mjerenjima radioaktivnosti nisu utvrđena odstupanja od prirodne pozadinske radioaktivnosti.
- U procjeni ekotoksičnog učinka na organizmu *Daphnia magna* utvrđeno je preživljenje od 90 % u kompozitnom uzorku iskopa 1–3, 95 % u kompozitnom uzorku iskopa 4–6 te 90 % u kompozitnom uzorku iskopa 7–8 (LID-D =1 za sve uzorke) što ukazuje da nema značajne akutne ekotoksičnosti eluata
- Proračunski je utvrđeno HP14 opasno svojstvo (granična vrijednost <25)
 - Kompozit iskopa 1, 2 i 3: HP14 = 60,07
 - Kompozit iskopa 4, 5 i 6: HP14 = 34,67
 - Kompozit iskopa 7 i 8: HP14 = 132,38
- Temeljem geotehničkih istražnih radova utvrđen volumen od **14.775,00 m³**.
- Prosječna gustoća nelegalno odloženog otpada iznosi oko 435 kg/m³, stoga temeljem navedenog na lokaciji se nalazi minimalno **6.427 t** otpada.
- Na lokaciji odlaganja otpada i u širem okruženju nema vegetacije (ili je vrlo ograničena) i reprezentativnog biljnog pokrova te razvijenog tla za uzimanje uzoraka već je lokacija odlaganja otpada u najvećoj mjeri okružena stjenskom masom (napušteno eksploatacijsko polje).
- Na lokaciji nisu evidentirana zaštićena područja prirode prema Zakonu o zaštiti prirode.
- U blizini lokacije nalaze se područja ekološke mreže Natura 2000 udaljeni više od 1000 m od lokacije:
 - HR1000024 Ravni kotari,
 - HR2001361 Ravni kotari,
 - HR2001218 Benkovac.

- Analizirani rezultati ne upućuju na negativan utjecaj na ciljne vrste zbog kojih su navedena Natura 2000 područja proglašena.
- Na području Ravnih kotara u 2025 zrak je bio prve kvalitete
- Lokacija se nalazi na krškom području obilježenom povećanom propusnošću i razvijenim pukotinskim sustavom koji omogućava relativno brz transport vode kroz pukotine prema podzemlju.
- Lokacija odlagališta nalazi se na udaljenosti približno 13,0 km od izvorišta Kakma, 13,2 km od izvorišta Biba, 14,2 km od izvorišta Begovača, 15,0 km od izvorišta Turjansko i 15,7 km od izvorišta Kutijin stan.
- Analizom rezultata monitoringa za izvorišta Biba, Kakma, Kožlovac i Turjansko jezero za razdoblje od 2020. do 2026. godine utvrđeno je da su svi analizirani uzorci bili sukladni zahtjevima Pravilnika o parametrima sukladnosti, metodama analiza i monitorinzima vode namijenjene za ljudsku potrošnju (NN 64/2023) vezano uz metale i metaloide. Niti na jednom izvorištu nije utvrđeno prekoračenje maksimalno dopuštenih koncentracija za analizirane metale i metaloide, a voda je tijekom cijelog promatranog razdoblja ostala prikladna za ljudsku potrošnju.
- Koncentracije antimona (za koji je identificirana mobilnost) na izvorištu Biba, koji je u otpadu identificiran kao jedini element s izraženijom mobilnom frakcijom, tijekom promatranog razdoblja na izvorištu Biba ostale ispod granice detekcije metode ($<0,1 \mu\text{g/L}$) osim u period od sredine 2024. do kraja 2025. godine kada je zabilježen je neznatan porast antimona. Ovaj period poklapa se sa odlaganjem otpada na lokaciji (od 14. studenog 2023. do kraja srpnja 2024.) Usporedi li se ta vrijednost s maksimalno dopuštenom koncentracijom od $10 \mu\text{g/L}$ propisanom Pravilnikom (NN 64/2023), proizlazi da su izmjerene koncentracije bile, unatoč malom povećanju najmanje stotinu puta niže od regulatornog kriterija.
- Na ostalim analiziranim izvorima nisu uočene ove pojave.

4.2 Sažeti prikaz nalaza

4.2.1 Karakterizacija otpada i lokacije

Predmetna lokacija nalazi se na k.č. 673/194 k.o. Benkovac, unutar prostora bivšeg kamenoloma Kukalj, odnosno na području koje je prethodno bilo značajno antropogeno izmijenjeno eksploatacijom mineralne sirovine. Geodetskim mjerenjima, neinvazivnim geofizičkim istraživanjima, istražnim iskopima i uzorkovanjem potvrđena je prisutnost

zakopanog otpada pomiješanog s kamenim materijalom unutar istraživanog platoa. Otpad je odlagan na lokaciji bez ikakvih tehničkih zaštita.

Temeljem geotehničkih istražnih radova utvrđen volumen od **14.775,00 m³**. Prosječna gustoća nelegalno odloženog otpada iznosi oko 435 kg/m³, stoga temeljem navedenog na lokaciji se nalazi minimalno **6.427 t** otpada.

Provedenim fizikalnim, kemijskim, geotehničkim i mikroskopskim analizama utvrđeno je da se analizirani materijal sastoji od izrazito heterogene mješavine mineralnog materijala i otpada različitog podrijetla. U otpadu su identificirani plastika, folije, tekstil, guma, drvo, metal, staklo, građevinski otpad i kameni materijal. Vlažnost otpada kretala se između 11,2 % i 41,9 %, gustoća čvrstih čestica između 1,17 i 1,91 g/cm³, dok se udio organske tvari kretao približno između 13 % i 55 %, što potvrđuje značajne razlike u sastavu i stupnju razgradnje unutar tijela odlagališta.

Granulometrijske analize pokazale su prisutnost čestica od manje od 0,5 mm do više od 100 mm, pri čemu su pojedini uzorci sadržavali vrlo visok udio sitne frakcije, dok su drugi bili dominantno sastavljeni od krupnijeg materijala. Takva raspodjela potvrđuje da se ne radi o homogenom otpadu, već o mješavini različitih vrsta materijala odloženih tijekom duljeg vremenskog razdoblja. Dio analiziranih uzoraka sličan je uzorcima iz Gospića.

Mikroskopskom analizom potvrđena je prisutnost mikroplastike, sintetskih vlakana, plastičnih fragmenata, gumenih čestica i drugih antropogenih materijala. Identificirane su i pojedine komponente medicinskog otpada, uključujući fragmente medicinskih rukavica i drugih polimernih proizvoda u svim analiziranim uzorcima. Značajan dio identificiranih plastičnih čestica bio je manji od 5 mm te se prema prihvaćenim definicijama klasificira kao mikroplastika.

Iako je proračunom utvrđeno HP14 svojstvo za sva tri kompozitna uzorka, rezultati testova procjeđivanja pokazali su ograničenu mobilnost većine analiziranih metala, dok biotestovi *Daphnia magna* nisu pokazali akutnu ekotoksičnost (LID = -1). Zbog toga utvrđeno HP14 svojstvo se smatrati pokazateljem potencijalnog ekotoksičnog kapaciteta otpada, ali ne i dokazom njegove izražene ekotoksičnosti u stvarnim okolišnim uvjetima.

Pregledom prostorno-planske dokumentacije utvrđeno je da predmetna lokacija nije određena za gospodarenje otpadom niti za odlaganje otpada. Lokacija se nalazi na području eksploatacijskog polja odnosno prostora bivšeg kamenoloma.

Tijekom uzimanja uzoraka do dubine 4,2 m nisu evidentirani elementi navedeni u Građevinskog dozvoli.

U neposrednoj blizini lokacije ne nalaze se stambeni objekti, pri čemu su najbliže kuće udaljene više od 1000 m od područja odlaganja otpada.

U blizini lokacije nalaze se područja ekološke mreže Natura 2000 HR1000024 Ravni kotari, HR2001361 Ravni kotari i HR2001218 Benkovac. Međutim, lokacija odlaganja nalazi se na već degradiranom prostoru kamenoloma te nisu utvrđena ciljna Natura staništa niti dokazi o promjenama ciljnih vrsta zbog kojih su navedena područja proglašena.

4.2.2 Otpad kao osnovni izvor utjecaja

Rezultati provedenih analiza potvrđuju da predmetni otpad predstavlja primarni izvor svih potencijalnih utjecaja na okoliš na lokaciji. Utjecaji proizlaze iz same prisutnosti velikih količina heterogenog otpada, njegovog dugotrajnog kontakta s okolišem te prisutnosti pojedinih onečišćujućih tvari i antropogenih materijala unutar tijela odlagališta.

Najznačajniji identificirani pokazatelj potencijalnog utjecaja utvrđen tijekom vještačenja odnosi se na mobilnost antimona. Testovi procjeđivanja pokazali su da je antimon jedini element koji je sustavno iskazivao povećanu mobilnost, pri čemu su u četiri od ukupno devetnaest analiziranih uzoraka koncentracije u eluatu premašivale kriterij za prihvrat otpada na odlagalište neopasnog otpada. Istovremeno, niti jedan uzorak nije premašio kriterij za prihvrat otpada na odlagalište opasnog otpada. Činjenica da izmjerene vrijednosti udovoljavaju kriterijima za prihvrat otpada na određenu vrstu odlagališta ne znači da je utjecaj na okoliš isključen kada je otpad odložen izvan kontroliranih uvjeta odlagališta. Ostali analizirani metali nisu pokazivali značajniju mobilnost u uvjetima provedenih ispitivanja.

U krutoj fazi otpada utvrđene su povišene koncentracije pojedinih metala, osobito bakra, cinka i olova. Na temelju regulatorno propisanog izračuna opasnog svojstva HP14 – ekotoksičnost, sva tri analizirana kompozitna uzorka pokazala su vrijednosti veće od propisanog praga od 25. Rezultati HP14 svojstva predstavljaju procjenu potencijalnog ekotoksičnog svojstva otpada, uz određena ograničenja povezana s nepoznatim kemijskim oblicima prisutnih metala.

Dodatno, provedeni biološki testovi akutne toksičnosti metodom *Daphnia magna* nisu pokazali akutnu toksičnost eluata. Za sva tri kompozitna uzorka utvrđen je rezultat LID-D = 1, uz preživljenje ispitnih organizama od 90 % do 95 %. Ovi rezultati ukazuju da se potencijalni ekotoksični učinak izračunat HP14 metodologijom nije manifestirao kroz akutnu toksičnost u provedenim biološkim ispitivanjima.

Prisutnost mikroplastike predstavlja dodatni okolišni pritisak jer sitne plastične čestice imaju potencijal dugotrajnog zadržavanja u okolišu te mogućnost mehaničkog raspršivanja djelovanjem vjetrova, oborinskih voda i drugih prirodnih procesa. Budući da je mikroplastika

potvrđena u više analiziranih uzoraka, može se zaključiti da je sastavni dio cijelog tijela odloženog otpada.

Prisutnost velike količine heterogenog otpada u krškom okolišu predstavlja trajni izvor potencijalnog okolišnog rizika. Intenzitet tog rizika prvenstveno je povezan s mogućnošću daljnjeg procjeđivanja pojedinih mobilnih sastavnica (antimon) otpada te kontinuiranim prisustvom mikroplastike i drugih antropogenih materijala u okolišu.

4.2.3 Sažeti prikaz utjecaja otpada na okoliš i zdravlje ljudi

Sastavnica okoliša	Utvrđene činjenice	Uzrok/povezanost s odlagalištem	Mehanizam prijenosa	Posljedica u okolišu	A	B	C	Obrazložjenje ocjene
Tlo i geološke strukture	Utvrđena prisutnost zakopanog otpada pomiješanog s kamenim materijalom na području bivšeg kamenoloma.	Dugotrajno odlaganje otpada i miješanje s postojećim kamenim materijalom.	Izravan kontakt otpada s podlogom, infiltracija obojinskih voda kroz tijelo antropogenog otpada.	Lokalna promjena fizikalnih svojstava i trajna prisutnost	1	4	2	Utjecaj je ograničen na područje odlaganja. Promjene su povezane prvenstveno s fizičkom prisutnošću otpada te ih je moguće ukloniti sanacijom.
Podzemne vode	Potvrđena mobilnost antimona u testovima procjeđivanja. Na izvorištu Biba tijekom razdoblja odlaganja zabilježeno povećanje koncentracija antimona, bez prekoračenja propisanih vrijednosti.	Prisutnost mobilnih otpada u sastavnicama otpada utijelo krškom okolišu.	Procjeđivanje obojinskih voda kroz tijelo otpada i transport kroz krški udaljenosti u slučaju vodonosnik.	Potencijalni prijenos mobilnih onečišćujućih tvari na velike udaljenosti	5	3	1	Velika prostorna rasprostranjenost proizlazi iz karakteristika krškog sustava. Intenzitet utjecaja je nizak jer nije utvrđeno onečišćenje izvorišta niti prekoračenje standarda kvalitete vode.
Zrak	Nisu utvrđena prekoračenja kvalitete zraka. U otpadu su potvrđene sitne čestice i mikroplastika.	Površinski izloženi otpad i sitne frakcije materijala.	Resuspenzija prašine i sitnih čestica djelovanjem vjetrovne mehaničke aktivnosti.	Lokalno povećanje koncentracije lebdećih čestica i mikroplastike u neposrednoj blizini odlagališta.	1	2	1	Utjecaj je lokalnog karaktera i ograničen na područje odlagališta.
Flora	Lokacija se nalazi na degradiranom području kamenoloma s ograničenom	Prisutnost otpada na površini i u podlozi.	Neposredan kontakt vegetacije s otpadom i sitnim česticama.	Lokalno ograničavanje razvoja vegetacije na području odlaganja.	1	2	2	Utjecaj je ograničen na područje odlagališta. Nakon uklanjanja otpada utjecaj prestaje.

Sastavnica okoliša	Utvrđene činjenice	Uzrok/povezanost s odlagalištem	Mehanizam prijenosa	Posljedica u okolišu	A	B	C	Obrazloženje ocjene
	vegetacijom. Nisu utvrđena oštećenja biljnih zajednica.							
Fauna	Nisu utvrđena uginuća, promjene populacija niti oštećenja staništa važnih za životinjske vrste.	Prisutnost otpada, plastike i mikroplastike.	Izravan kontakt organizama otpadom ili slučajni unos sitnih čestica.	Potencijalni lokalni spritak na pojedine organizme koji koriste područje kamenoloma.	1	2	2	Potencijalni utjecaj ograničen je na neposredno područje odlaganja i nije potvrđen terenskim opažanjima.
Natura 2000 i staništa	U blizini se nalaze područja HR1000024 Ravni kotari, HR20001361 Ravni kotari i HR20001218 Benkovac. Nisu utvrđene promjene ciljnih staništa niti ciljnih vrsta.	Prostorna blizina područja ekološke mreže.	Potencijalni neizravni prijenos onečišćujućih tvari ili mikroplastike.	Nisu utvrđene posljedice na ciljeve očuvanja Natura 2000 područja.	1	2	2	Utjecaj je lokalnog karaktera, bez dokazanih posljedica na ciljne vrste i staništa.
Zdravlje ljudi	Najbliži stambeni objekti udaljeni su više od 1000 m. Prema raspoloživim podacima, ne može se zaključiti da je stanovništvo izloženo putem vode za piće ili prehranbenog lanca.	Prisutnost otpada, sitnih čestica i mikroplastike na lokaciji.	Udisanje prašine, islučajan kontakt s osobom tijekom boravka na lokaciji.	Potencijalna izloženost osoba koje pristupaju lokaciji ili rade na otpadu.	1	2	1	Potencijalna izloženost ograničena je prvenstveno na osobe koje borave na lokaciji, dok raspoloživi podaci ne upućuju na značajan utjecaj na okolno stanovništvo.
Kumulativni utjecaj	Istodobna prisutnost otpada, mikroplastike i mobilne frakcije antimonu u krškom sustavu	Dugotrajno odlaganje otpada bez zaštitnih mjera	Kombinacija infiltracije, resuspenzije i fragmentacije otpada	Dugoročno opterećenje okoliša i mogućnost postupnog prijenosa onečišćivala	5	3	2	Pojedinačni utjecaji nisu izraženi, ali njihovo istodobno djelovanje kroz dulje vremensko razdoblje

Sastavnica okoliša	Utvrdene činjenice	Uzrok/povezanost odlagalištem	Mehanizam prijenosa	Posljedica u okolišu	A	B	C	Obrazloženje ocjene
								povećava ukupni okolišni pritisak i opravdava sanaciju lokacije.

5 Zaključak i mišljenje

5.1 Opseg, vrsta, sastav, svojstva i količina otpada

Na temelju provedenog očevida, neinvazivnih istražnih radova, istražnih iskopa, geodetskog snimanja, uzorkovanja, sortiranja, granulometrijske analize, mikroskopiranja te laboratorijskih ispitivanja, na predmetnoj lokaciji, k.č. 673/194 k.o. Benkovac, unutar prostora bivšeg kamenoloma Kukalj, nalazi se nasuti i zakopani otpad pomiješan s kamenim i građevinskim materijalom. Otpad je utvrđen unutar platoa bivšeg eksploatacijskog prostora, a istražnim iskopima potvrđena je njegova prisutnost na više lokacija i na različitim dubinama unutar tijela nasipa.

Temeljem geotehničkih istražnih radova utvrđen volumen od **14.775,00 m³**. Prosječna gustoća nelegalno odloženog otpada iznosi oko 435 kg/m³, stoga temeljem navedenog na lokaciji se nalazi minimalno **6.427 t** otpada.

Analizom ukupno 19 uzoraka otpada, uzetih iz osam istražnih iskopa, vidljivo je da predmetni materijal ne predstavlja prirodni niti inertni kamenolomski materijal, već heterogenu mješavinu otpada antropogenog podrijetla i mineralne frakcije. Sortiranjem otpada utvrđena je prisutnost sitne frakcije manje od 16 mm, građevinskog materijala, kamena, plastike, folija, gume, tekstila, drva, stakla i metala. U svim istraženim dijelovima odlagališta potvrđena je prisutnost umjetnih materijala, osobito plastike, tekstila i gume, što nedvojbeno potvrđuje da se radi o odloženom otpadu, a ne o prirodnom materijalu karakterističnom za eksploatacijsko polje kamenoloma.

Fizikalna svojstva analiziranog otpada pokazuju izrazitu heterogenost. Vlažnost uzoraka kretala se od 11,2 % do 41,9 %, gustoća čvrstih čestica od 1,17 do 1,91 g/cm³, a udio organske tvari približno od 13 % do 55 %. Udio metala u pojedinim uzorcima kretao se od vrijednosti ispod granice detekcije do približno 15 %. Granulometrijska analiza pokazala je prisutnost širokog raspona veličina čestica, od sitne frakcije do krupnih komada većih od 100 mm, što dodatno potvrđuje neujednačen sastav i različit stupanj razgradnje, usitnjavanja i miješanja otpada.

Mikroskopskom analizom potvrđena je prisutnost plastičnih fragmenata, sintetskih vlakana, folija, gumenih čestica, mineralnih agregata i drugih antropogenih čestica. Značajan dio identificiranih plastičnih čestica ima veličinu manju od 5 mm te se može klasificirati kao mikroplastika. Mikroskopiranjem su u pojedinim uzorcima uočeni i fragmenti medicinskih

rukavica i drugih medicinskih proizvoda od polimernih materijala. Prisutnost mikroplastike i sitnih plastičnih čestica ukazuje na mehaničko usitnjavanje i degradaciju većih plastičnih proizvoda tijekom vremena te predstavlja jedno od bitnih obilježja predmetnog otpada.

Kemijskim analizama krute faze otpada utvrđene su povišene koncentracije pojedinih metala, osobito bakra, cinka i olova, uz značajnu varijabilnost među pojedinim uzorcima. Testovi procjeđivanja pokazali su da većina metala u uvjetima provedenog ispitivanja ne pokazuje značajnu mobilnost. Kao regulatorno najrelevantniji i najmobilniji element izdvojio se antimon. U četiri od ukupno 19 analiziranih uzoraka procjeđivanja koncentracija antimona premašila je graničnu vrijednost za prihvrat otpada na odlagalište neopasnog otpada od 0,7 mg/kg s.t., i to u uzorcima P1.3, P2.1, P4.1 i P8.1. Najviša izmjerena vrijednost iznosila je 1,7 mg/kg s.t., dok niti jedan uzorak nije premašio graničnu vrijednost od 5 mg/kg s.t. propisanu za odlagalište opasnog otpada.

Proračun svojstva HP14 dao je vrijednosti iznad propisane granične vrijednosti za sva tri analizirana kompozitna uzorka, međutim rezultati biotestova *Daphnia magna* (LID = -1 za sve uzorke) nisu potvrdili akutnu ekotoksičnost eluata. Navedeno upućuje na postojanje potencijalnog ekotoksičnog rizika temeljenog na sastavu otpada, ali ne i na potvrđenu izraženu biološku raspoloživost ili mobilnost analiziranih onečišćujućih tvari u uvjetima provedenih ispitivanja.

Dio uzoraka sličan je uzorcima evidentiranim na lokaciji Gospić.

Mikrobiološkim analizama nisu potvrđena infektivna svojstva otpada, a mjerenjima radioaktivnosti nisu utvrđene povišene vrijednosti radioaktivnog zračenja. Time nisu utvrđeni pokazatelji koji bi upućivali na radiološki rizik ili na infektivno opasno svojstvo analiziranog materijala.

Slijedom navedenog, može se zaključiti da predmetni materijal predstavlja heterogenu mješavinu otpada različitog podrijetla, u kojoj su mineralne komponente, kamen i građevinski materijal pomiješani s plastikom, folijama, tekstilom, gumom, drvom, staklom, metalima, mikroplastikom i drugim antropogenim česticama. Najvažnija utvrđena svojstva otpada su izrazita heterogenost, prisutnost mikroplastike, povećana mobilnost antimona u dijelu uzoraka te regulatorno utvrđen ekotoksični potencijal prema HP14 izračunu.

S obzirom na utvrđeni sastav otpada, prisutnost plastike, folija, tekstila, gume, drva, stakla, metala, građevinskog materijala i sitne heterogene frakcije, predmetni materijal nije moguće jednoznačno svrstati pod jedan ključni broj otpada. Analizirani materijal predstavlja heterogenu mješavinu različitih vrsta otpada koja po svom sastavu odgovara otpadu nastalom

mehaničkom obradom električne i elektroničke opreme i/ili otpadnih vozila te medicinskog otpada.

Na temelju rezultata sortiranja, mikroskopiranja i laboratorijskih analiza, najvjerojatnije se radi o otpadu koji sadržajno odgovara ključnim brojevima iz grupe 19 (otpad iz postrojenja za obradu otpada), pri čemu je posebno relevantan ključni broj 19 12 12 – ostali otpad (uključujući mješavine materijala) od mehaničke obrade otpada, koji nije naveden pod 19 12 11*. Dio materijala također pokazuje obilježja otpada iz građevinskih i rušilačkih aktivnosti (grupa 17). Pronađeni fragmenti medicinskih rukavica i drugih medicinskih proizvoda ukazuju na prisutnost pojedinačnih komponenti koje mogu potjecati iz otpada zdravstvene zaštite, međutim njihov udio nije takav da bi se cjelokupni materijal mogao klasificirati kao medicinski otpad.

Slijedom navedenog, predmetni materijal najprikladnije je opisati kao heterogenu mješavinu otpada različitog podrijetla s dominantnim obilježjima mehanički obrađenog miješanog otpada pomiješanog s građevinskim i kamenim materijalom i elementima opasnog otpada.

5.2 Promjene u okolišu

Na temelju provedenih terenskih istraživanja, laboratorijskih analiza, testova procjeđivanja, mikroskopskih analiza i dostupnih podataka monitoringa može se zaključiti da su najznačajnije promjene u okolišu povezane sa samom prisutnošću otpada unutar prostora bivšeg kamenoloma te promjenom sastava i svojstava podloge uslijed miješanja prirodnog kamenog materijala s heterogenim otpadom. Otpad je odložen bez tehničke zaštite prema podzemlju. Utvrđeno je da se na lokaciji nalazi mješavina građevinskog materijala, kamena, plastike, tekstila, gume, metala, stakla, organske tvari i drugih sastavnica otpada, čime je formiran antropogeni sloj različitih fizikalnih i kemijskih svojstava. Mikroskopskim analizama potvrđena je prisutnost mikroplastike, sintetskih vlakana i drugih sitnih antropogenih čestica, kao i pojedinih fragmenata medicinskih proizvoda od polimernih materijala.

Testovima procjeđivanja utvrđena je povećana mobilnost antimona u dijelu analiziranih uzoraka. Usporedba rezultata procjeđivanja i podataka monitoringa izvorišta pokazuje blago povećanje koncentracija antimona na izvorištu Biba tijekom razdoblja odlaganja otpada. Međutim, izmjerene vrijednosti nisu prelazile propisane standarde kakvoće vode te se na temelju raspoloživih podataka ne može sa sigurnošću utvrditi izravna uzročno-posljedična povezanost između lokacije odlaganja i izmjerenih koncentracija na izvorištu.

Slijedom navedenog, može se zaključiti da su najznačajnije utvrđene promjene u okolišu vezane uz samu lokaciju odlaganja otpada, odnosno promjenu sastava podloge, prisutnost mikroplastike te povećanu mobilnost antimona. Raspoloživi podaci za ostale sastavnice okoliša ne upućuju na značajnu degradaciju niti na promjene koje bi predstavljale ozbiljno narušavanje njihova stanja.

5.3 Opseg, trajnost i reverzibilnost štete

Utvrđena šteta na okolišu prvenstveno se odnosi na promjenu stanja tla i površinskog kamenitog supstrata unutar područja na kojem je nepropisno odložen otpad, kao i na lokalno raspršivanje sitnih čestica otpada i mikroplastike u neposredni okoliš. Opseg štete najveći je na samoj lokaciji odlaganja, gdje je došlo do unošenja stranog materijala u okoliš koji nije predviđen za gospodarenje otpadom niti posjeduje odgovarajuće zaštitne slojeve i sustave kontrole procjednih voda. Iako se iz raspoloživih podataka ne može jednoznačno povezati prisutnost antimona s pojedinom vrstom plastike ili drugim specifičnim izvorom otpada, istodobna pojava plastične frakcije i povećane mobilnosti antimona upućuje na moguću povezanost ovih pojava. Takvu mogućnost dodatno podupire činjenica da prema podacima Geokemijskog atlasa Republike Hrvatske na širem području predmetne lokacije nisu evidentirani prirodni izvori antimona, zbog čega se njegovo pojavljivanje vjerojatnije može povezati s antropogenim materijalima prisutnim u otpadu nego s prirodnim geokemijskim fondom područja.

S obzirom na činjenicu da se lokacija nalazi u krškom hidrogeološkom sustavu karakteriziranom povećanom pukotinskom propusnošću i mogućnošću brzog transporta infiltriranih voda kroz podzemlje, postoji potencijal za prijenos pojedinih onečišćujućih tvari izvan neposredne lokacije (antimon i mikroplastika).

Činjenica da su na izvorištu Biba, udaljenom približno 13,5 km od lokacije, zabilježene promjene koncentracija pojedinih pokazatelja, iako bez prekoračenja propisanih vrijednosti, ukazuje da krški sustav omogućuje prijenos onečišćujućih tvari na velikim udaljenostima i indikativne su jer se poklapaju s periodom odlaganja otpada. Zbog prirodnog razrjeđenja tijekom podzemnog transporta izmjerene koncentracije ne odražavaju nužno koncentracije prisutne u neposrednoj blizini izvora.

Slijedom toga, nastavak prisutnosti otpada na lokaciji predstavlja potencijal za dugotrajni unos onečišćujućih tvari (antimon i mikroplastika) u podzemlje i povećanje opsega štete tijekom vremena, čak i ako trenutačno nisu utvrđena značajna prekoračenja regulatornih vrijednosti.

Trajnost štete razlikuje se ovisno o sastavnici okoliša. U dijelu koji se odnosi na prisutnost odloženog otpada u tlu, šteta se može smatrati dugotrajnom sve dok se otpad ne ukloni i lokacija ne sanira. Nakon uklanjanja otpada moguće je provesti tehničke i biološke mjere sanacije kojima bi se prostor u velikoj mjeri vratio u prvobitno stanje.

S druge strane, šteta uzrokovana raspršivanjem mikroplastike pokazuje obilježja djelomično nepovratne promjene okoliša. Mikroskopskim analizama potvrđena je prisutnost mikroplastičnih čestica koje su se tijekom razdoblja odlaganja i izloženosti atmosferskim utjecajima raspršile izvan tijela odlagališta u neposredni okoliš. Jednom unesene u okoliš, takve se čestice praktično ne mogu u cijelosti ukloniti te mogu dugotrajno ostati prisutne u površinskom sloju tla, pukotinama stijenske mase i vegetaciji. Stoga se utjecaj mikroplastike može smatrati dugotrajnim, a u određenoj mjeri i ireverzibilnim.

Ukupno gledano, najveći dio utvrđene štete može se ocijeniti lokaliziranim i pretežito reverzibilnim uz provedbu odgovarajuće sanacije lokacije. Iznimku predstavlja dispergirana mikroplastika, čije je potpuno uklanjanje iz okoliša praktično nemoguće, zbog čega dio posljedica ostaje trajno prisutan i nakon eventualne sanacije izvora onečišćenja.

5.4 Prekoračenja regulatornih vrijednosti

Tijekom provedenog vještačenja analizirani su rezultati fizikalnih, kemijskih, ekotoksikoloških i hidrogeoloških ispitivanja te su uspoređeni s regulatornim kriterijima propisanim važećim zakonodavstvom Republike Hrvatske.

Najznačajnije utvrđeno prekoračenje odnosi se na rezultate testova procjeđivanja za antimon (Sb). U četiri od ukupno devetnaest analiziranih uzoraka koncentracija antimona u eluatu premašila je graničnu vrijednost od 0,7 mg/kg suhe tvari propisanu za prihvrat otpada na odlagalište neopasnog otpada. Istodobno, niti jedan analizirani uzorak nije premašio graničnu vrijednost od 5 mg/kg suhe tvari propisanu za prihvrat otpada na odlagalište opasnog otpada. Procjenom opasnog svojstva HP14 (ekotoksičnost) sva tri analizirana kompozitna uzorka pokazala su vrijednosti veće od regulatornog praga 25. Navedeni rezultat ukazuje na postojanje regulatorno utvrđenog ekotoksičnog potencijala otpada prema metodologiji propisanoj za klasifikaciju otpada. Rezultat HP14 upućuje na mogućnost prisutnosti opasnog svojstva ekotoksičnosti prema primijenjenoj regulatornoj metodologiji, ali ne omogućuje jednoznačnu klasifikaciju cjelokupne mase otpada na lokaciji kao opasnog otpada.

Navedeni zaključak dodatno potvrđuju rezultati biološkog ispitivanja akutne toksičnosti eluata metodom *Daphnia magna*, kojima nije utvrđena akutna ekotoksičnost analiziranih uzoraka. Za sva tri kompozitna uzorka dobiven je rezultat LID-D = 1, uz preživljenje ispitnih organizama od 90 % do 95 %.

Prilikom tumačenja rezultata potrebno je uzeti u obzir i izrazitu heterogenost otpada utvrđenu tijekom terenskih istraživanja, sortiranja i laboratorijskih analiza. Analizirani materijal sastoji se od mješavine različitih vrsta otpada i mineralnog materijala, pri čemu pojedini dijelovi odlagališta pokazuju značajne razlike u sastavu, sadržaju organske tvari, udjelu metala i svojstvima procjeđivanja. Zbog toga rezultati pojedinih uzoraka ne mogu biti izravno preneseni na cjelokupnu masu odloženog otpada bez odgovarajuće razine nesigurnosti.

Analizom podataka monitoringa izvorišta i dostupnih hidrogeoloških podataka nisu utvrđena prekoračenja propisanih vrijednosti kakvoće vode namijenjene ljudskoj potrošnji. Također nisu utvrđena prekoračenja regulatornih vrijednosti koja bi upućivala na značajno onečišćenje podzemnih voda povezano s predmetnom lokacijom.

Mjerenjima radioaktivnosti nisu utvrđene povišene vrijednosti radioaktivnog zračenja, dok mikrobiološkim analizama nisu potvrđena infektivna svojstva otpada.

5.5 Razina opasnosti i vjerojatnost nastanka štete

Procjena razine opasnosti i vjerojatnosti nastanka štete provedena je na temelju rezultata fizikalnih, kemijskih, ekotoksikoloških i hidrogeoloških istraživanja, uzimajući u obzir utvrđena svojstva otpada, obilježja lokacije te osjetljivost sastavnica okoliša na koje predmetni otpad može djelovati.

Provedenim istraživanjima utvrđeno je da predmetni materijal predstavlja heterogenu mješavinu otpada različitog podrijetla koja sadrži plastiku, tekstil, gumu, metale, staklo, građevinski materijal, organsku tvar, mikroplastiku i druge antropogene sastavnice. Posebno su značajni rezultati testova procjeđivanja kojima je potvrđena povećana mobilnost antimona u dijelu uzoraka te rezultati procjene svojstva HP14 koji ukazuju na postojanje regulatorno utvrđenog ekotoksičnog potencijala dijela analiziranog otpada.

S obzirom na navedeno radi se o heterogenom otpadu sa djelomično utvrđenim opasnim svojstvima (HP14). Takva procjena ne proizlazi iz utvrđene značajne degradacije okoliša, već iz činjenice da otpad sadrži sastavnice koje u određenim uvjetima mogu predstavljati izvor onečišćenja okoliša. Na procjenu razine opasnosti posebno utječu prisutnost mikroplastike

kao dugotrajno postojanog onečišćujućeg materijala, povećana mobilnost antimona te regulatorno utvrđeni ekotoksični potencijal dijela analiziranih uzoraka.

Vjerojatnost nastanka dodatne štete ovisi prvenstveno o duljini zadržavanja otpada na lokaciji i izloženosti otpada atmosferskim utjecajima. Budući da se lokacija nalazi na krškom području obilježenom povećanom propusnošću i razvijenim sustavom pukotina, postoji mogućnost postupnog prijenosa mobilnih sastavnica otpada prema podzemnim vodama.

Slijedom navedenog, može se zaključiti da je vjerojatnost nastanka dodatne okolišne štete najveća za sastavnice okoliša koje su neposredno povezane s lokacijom odlaganja, prvenstveno tlo i podzemne vode, dok je za ostale sastavnice okoliša procijenjena kao niska. Ukupna razina opasnosti proizlazi prvenstveno iz svojstava otpada i potencijala budućeg djelovanja na okoliš, a ne iz opsega do sada utvrđenih posljedica, koje su pretežito ograničene na područje samog odlagališta.

5.6 Zaključak

Na temelju provedenog očevida, geodetskih mjerenja, neinvazivnih i invazivnih istražnih radova, laboratorijskih analiza, testova procjeđivanja, mikroskopiranja, sortiranja otpada, ekotoksikoloških ispitivanja, pregleda hidrogeoloških podataka, monitoringa izvorišta te ostale raspoložive dokumentacije, utvrđeno je da se na k.č. 673/194 k.o. Benkovac, unutar prostora bivšeg kamenoloma Kukalj, nalazi najmanje 6.427 t heterogenog otpada pomiješanog s kamenim i građevinskim materijalom, unutar nasipa ukupnog volumena **14.775,00 m³** bez tehničkih mjera zaštite okoliša koje bi sprječavale izravan kontakt otpada s okolišem.

Otpad je odložen na prostoru koji prema prostorno-planskoj dokumentaciji nije predviđen za gospodarenje otpadom, već za eksploataciju mineralnih sirovina. Lokacija predstavlja bivše eksploatacijsko polje bez sustava zaštite okoliša karakterističnih za odlagališta otpada. Tijekom vještačenja nisu evidentirani elementi građevine predviđeni izdanom građevinskom dozvolom.

Rezultati sortiranja, fizikalnih i kemijskih analiza pokazali su da najveći dio odloženog materijala čini mineralna i građevinska komponenta pomiješana s plastikom, gumom, tekstilom, metalnim dijelovima i drugim antropogenim materijalima. Mikroskopiranjem je potvrđena prisutnost mikroplastike, sintetskih vlakana i plastičnih fragmenata koji predstavljaju dugotrajan i teško uklonjiv oblik onečišćenja okoliša.

Analizom uzoraka potvrđena je mobilnost antimona u testovima procjeđivanja te malo povećanje koncentracija antimona na izvorištu Biba u periodu koji se poklapa sa periodom odlaganja otpada na lokaciji. U krškom okolišu postoji mogućnost prijenosa pojedinih mobilnih sastavnica otpada na velike udaljenosti. Zbog prirodnog razrjeđenja tijekom podzemnog transporta postojeći rezultati ne upućuju na značajno narušavanje kakvoće vode, ali potvrđuju potencijal za daljnje širenje utjecaja ukoliko bi otpad ostao na lokaciji kroz dulje vremensko razdoblje.

Mišljenje je vještaka da je na predmetnoj lokaciji došlo do degradacije okoliša uslijed nepropisnog odlaganja velike količine otpada izvan prostora namijenjenog i tehnički opremljenog za gospodarenje otpadom. Utvrđeni otpad pretežito ima obilježja heterogene mješavine neopasnog otpada s prisutnim elementima djelomično opasnih svojstava (HP14) i sastojcima koji mogu predstavljati okolišni rizik. Najznačajniji utvrđeni utjecaji odnose se na trajnu prisutnost antropogenog materijala u prostoru, raspršivanje mikroplastike te potencijal dugotrajnog unosa mobilnih onečišćujućih tvari u krški vodonosni sustav. Većina utvrđenih posljedica može se ublažiti ili ukloniti provedbom sanacije, dok se dio utjecaja povezan s mikroplastikom može smatrati dugotrajnim i djelomično nepovratnim zbog geoloških karakteristika lokacije – krškog područja. Stoga je uklanjanje otpada i provedba sanacijskih mjera nužna radi sprječavanja daljnje degradacije okoliša i smanjenja budućih okolišnih rizika. S obzirom na količinu odloženog otpada i karakteristike terena i tehničku zahtjevnost, sanaciju nije moguće obaviti u kratkom roku.

6 Popis literature

- Brennecke, D., Duarte, B., Paiva, F., Caçador, I., & Canning-Clode, J. (2016). *Microplastics as vector for heavy metal contamination from the marine environment*. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 178, 189–195.
- Filella, M., Belzile, N., & Chen, Y.W. (2002). *Antimony in the environment: a review focused on natural waters*. Earth-Science Reviews, 57, 125–176.
- Frias, J.P.G.L., & Nash, R. (2019). *Microplastics: Finding a consensus on the definition*. Marine Pollution Bulletin, 138, 145–147.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.022>
- Gupta A, Verma A and Atri RK (2025) Landfills as a potential source and origin of microplastics: Formation, composition, and environmental risks. Front. Environ. Sci. 13:1689154. doi: 10.3389/fenvs.2025.1689154
- Holmes, L.A., Turner, A., & Thompson, R.C. (2012). *Adsorption of trace metals to plastic resin pellets in the marine environment*. Environmental Pollution, 160, 42–48.
- Upadhyay, R., & Bajpai, P.K. (2021). Microplastics in landfill leachate and surrounding groundwater. Environmental Pollution, 291, 118158. doi: 10.46488/NEPT.2021.V20I05.009
- Wojnowska-Baryła, I., Kulikowska, D., & Bernat, K. (2022). *Microplastics in landfills: sources, occurrence and environmental fate*. Science of the Total Environment.
- Asadi, M.J., Kermani, M., Jonidi Jafari, A., Kalantary, R.R., Esrafil, A. and Sobhi, H.R. (2025) *Investigating the amount of macro, meso, and microplastics in soil around a landfill in northwest Iran and the effect of prevailing wind on their distribution*. Journal of Environmental Management, 372, 123873.3
- Rand, G.M., Wells, P.G. & McCarty, L.S. (1995). Introduction to Aquatic Toxicology. CRC Press. <https://www.routledge.com/Introduction-to-Aquatic-Toxicology/Rand-Wells-McCarty/p/book/9781566700929>
- Alloway, B.J. (2013). Heavy Metals in Soils. Springer.
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-007-4470-7>
- Salomons, W. & Förstner, U. (1984). Metals in the Hydrocycle. Springer.
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-69325-0>

7 Popis slika

Slika 1.	Lokacija odloženog otpada.....	8
Slika 2.	Lokacija kčbr. 673/194 k.o. Benkovac i prostor odloženog otpada	8
Slika 3.	Područje odloženog otpada	9
Slika 4.	Fotografije uzorkovanja.....	13
Slika 5.	Uzorci iz iskopa P1	13
Slika 6.	Uzorci iz iskopa P2	14
Slika 7.	Uzorci iz iskopa P3	14
Slika 8.	Uzorci iz iskopa P4	15
Slika 9.	Uzorci iz iskopa P5	15
Slika 10.	Uzorci iz iskopa P6	15
Slika 11.	Uzorci iz iskopa P7	16
Slika 12.	Uzorci iz iskopa P8	16
Slika 13.	Lokacije uzimanja uzoraka (1-8 – uzorci DIRH), (1.1-8.1 – uzorci očevid)	17
Slika 14.	Ucrtano na izvodu iz Prostornog plana uređenja Grada Benkovca – kartografski prikaz 1.a Korištenje i namjena prostora	36
Slika 15.	Ucrtano na izvodu iz Prostornog plana uređenja Grada Benkovca – kartografski prikaz 2.a. Vodnogospodarski sustavi, obrada, skladištenje i zbrinjavanje otpada	37
Slika 16.	Ucrtano na izvodu iz Prostornog plana uređenja Grada Benkovca – kartografski prikaz 3. Uvjeti korištenja i zaštite prostora.....	38
Slika 17.	Granulometrijska krivulja uzorka P 1.1	45
Slika 18.	Granulometrijska krivulja uzorka P 9.1	45
Slika 19.	Granulometrijska krivulja uzorka P 1.4	46
Slika 20.	Granulometrijska krivulja uzorka P 2.1	46
Slika 21.	Granulometrijska krivulja uzorka P 4.1	47

Slika 22.	Granulometrijska krivulja uzorka P 4.2	47
Slika 23.	Granulometrijska krivulja uzorka P 7.2	48
Slika 24.	Granulometrijska krivulja uzorka P 8.1	48
Slika 25.	Uzorak P1.1 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm	49
Slika 26.	Uzorak P1.2 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm	49
Slika 27.	Uzorak P1.3 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm	49
Slika 28.	Uzorak P1.4 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm	50
Slika 29.	Uzorak P2.1 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm	50
Slika 30.	Uzorak P2.2 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm	50
Slika 31.	Uzorak P2.3 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm	51
Slika 32.	Uzorak P3.1 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm	51
Slika 33.	Uzorak P3.2 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm	51
Slika 34.	Uzorak P4.1 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm	51
Slika 35.	Uzorak P4.2 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm	52
Slika 36.	Uzorak P5.1 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm	52
Slika 37.	Uzorak P5.2 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm	52
Slika 38.	Uzorak P6.1 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm	52
Slika 39.	Uzorak P6.2 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm	53
Slika 40.	Uzorak P7.1 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm	53
Slika 41.	Uzorak P7.2 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm	53
Slika 42.	Uzorak P8.1 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm	54
Slika 43.	Uzorak P8.2 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm	54
Slika 44.	Lokacije vodocrpilišta u odnosu na lokaciju ilegalnog odlagališta (označeno crveno)	83
Slika 45.	Cu – na točki 1008 – 23,3 ppm	93
Slika 46.	Pb – na točki 1008 – 41,4 ppm	94
Slika 47.	Zn – na točki 1008 – 89,0 ppm	94

Slika 48.	Ekološka mreža Natura 2000 s ucrtanom lokacijom	96
Slika 49.	Ispis iz ISPU (Informacijski sustav prostornog uređenja) sa ucrtanom lokacijom i prikazanim udaljenostima od najbližih područja Nature 2000. (M1:10000)	97
Slika 50.	Karta staništa s ucrtanom lokacijom zahvata (NKS 2018). Oznake: J (sivo) - Izgrađena i industrijska staništa; C (žuto) – travnjaci; C351 kamenjarski pašnjaci (NKS kod C.3.5.1), D (svjetlo zelene kose crte preko podloge) šikare i grmlja - D3423 istočnojadranski bušici (NKS kod D.3.4.2.3) i D311 dračici (NKS kod D.3.1.1)	100
Slika 51.	Ruža Vjetrova za područje Benkovac	102
Slika 52.	Vremenski niz satnih koncentracija SO ₂ na mornoj postaji Polača (Ravni kotari) tijekom 2025. godine.....	102
Slika 53.	Datumi prekoračenja 24 satne granične vrijednosti za PM ₁₀ (50 µg/m ³) na mornoj postaji Polača (Ravni kotari)	103
Slika 54.	Vremenski niz satnih koncentracija PM ₁₀ na mornoj postaji Polača (Ravni kotari) tijekom 2025 godine.....	104
Slika 55.	Uzorak P1.1 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 µm	114
Slika 56.	Uzorak P1.2 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 µm	115
Slika 57.	Uzorak P1.3 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 µm	115
Slika 58.	Uzorak P1.4 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 µm	116
Slika 59.	Uzorak P2.1 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 µm	117
Slika 60.	Uzorak P2.2 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 µm	118
Slika 61.	Uzorak P2.3 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 µm	118
Slika 62.	Uzorak P3.1 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 µm	119
Slika 63.	Uzorak P3.2 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 µm	120
Slika 64.	Uzorak P4.1 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 µm	120
Slika 65.	Uzorak P4.2 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 µm	121
Slika 66.	Uzorak P5.1 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 µm	121
Slika 67.	Uzorak P5.2 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 µm	122
Slika 68.	Uzorak P6.1 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 µm	123
Slika 69.	Uzorak P6.2 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 µm	123

Slika 70.	Uzorak P7.1 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm	124
Slika 71.	Uzorak P7.2 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm	125
Slika 72.	Uzorak P8.1 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm	126
Slika 73.	Uzorak P8.2 - Slike dobivene mikroskopiranjem u mjerilu 500 μm	126

8 Popis tablica

Tablica 1.	Popis vrsta provedenih ispitivanja	18
Tablica 2.	Popis naloga za uzorke	19
Tablica 3.	Opasna svojstva otpada (H1–H15 / HP1–HP15) s primjerima spojeva i aktivnosti 24	
Tablica 4.	Usporedni prikaz ekotoksikološkog biotesta i kemijskog izračuna za definiranje ekotoksičnosti 27	
Tablica 5.	Pojavni oblici Cu, Zn i Pb i njihova svojstva	30
Tablica 6.	Rezultati analize testa procjeđivanja (DIRH) (analize od 5.7.2024)	41
Tablica 7.	Rezultati analize testa procjeđivanja za uzorke uzete tijekom pretrage (analize od 20.2.2026) 41	
Tablica 8.	Rezultati kvantitativne analize (DIRH 2024, 5.7.2024)	43
Tablica 9.	Vlažnost, gustoća čvrstih čestica, udio organske tvari, udio metala, granulometrija 43	
Tablica 10.	Gustoće suhih P uzoraka u rahlom i zbijenom stanju	44
Tablica 11.	Rezultati ispitivanja sastava krute faze (metali)	55
Tablica 12.	Policiklički aromatski ugljikovodici (PAH)	56
Tablica 13.	Pesticidi i ostali organski parametri	56
Tablica 14.	Fizikalna svojstva, ekotoksičnost i mikrobiologija	57
Tablica 15.	Sumarni prikaz rezultata sortiranja	60
Tablica 16.	Rezultati mikrobiološke analize	80
Tablica 17.	Rezultati preliminarne analize (DIRH) za izvorište Biba i Kakma	84
Tablica 18.	Rezultati monitoringa izvorišta Biba, Kakma, Kožlovac, i Turanjsko jezero u periodu od 2020 do 2025.	85

Tablica 19.	Sumarni grafički prikaz rezultata monitoringa	86
Tablica 20.	Ciljne vrste područja HR1000024 Ravni kotari.....	97
Tablica 21.	Ciljni stanišni tipovi područja HR2001361 Ravni kotari	98
Tablica 22.	Ciljne vrste područja HR2001361 Ravni kotari.....	98
Tablica 23.	Ciljna vrsta područja HR2001218	99
Tablica 24.	Izmjerene vrijednosti i vrijednosti uzete u proračun za Cu, Zn i Pb	128
Tablica 25.	Izračun HP svojstva sa korekcijom geokemijskog doprinosa	129

