



ELABORAT ZAGAĐENOSTI ZEMLJIŠTA NEORGANSKIM I ORGANISKIM POLUTANTIMA NA PODRUČJU GRADA ZENICA



Sarajevo, juli / avgust 2026. godina

Dolina 6, 71000 Sarajevo Bosna i Hercegovina
Tel: ++ 387 33 22 17 80, 26 82 62; Fax ++ 387 33 26 82 61, E-mail: info@fzap.gov.ba



Broj: 01/02-20-1-484-7/26
Sarajevo, 27. 08. 2026. godine

AUTORSKI TIM – KABINETSKA OBRADA PODATAKA:

- Edina Latinović, MA, dipl.ing.polj.- Viši stručni saradnik za melioracije
- dr.sc. Ahmedin Salčinović, - Šef Odsjeka za melioracije tla

OBRADA GIS PODATAKA

- Denis Abdulovski, teh.sar. - Viši referent za ZIS

LABORATORIJSKA ISTRAŽIVANJA:

- mr.sc. Helena Filipović, - Šef Odsjeka za hemiju tla
- mr.sc. Amira Solak, - Šef Odsjeka za fiziku i biologiju tla
- mr.sc. Amra Semić, - Viši stručni saradnik za fiziku i biologiju
- Elvedina Prašović, teh.sar. - Viši referent za fiziku i biologiju tla
- Amela Mekić, teh.sar. - Viši referent za hemiju tla

TERENSKA ISTRAŽIVANJA:

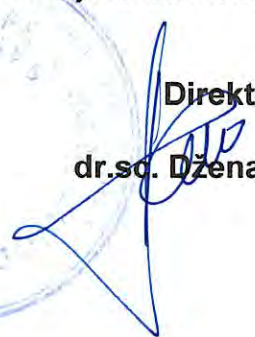
- Edina Latinović, MA, dipl.ing.polj. - Viši stručni saradnik za melioracije
- Denis Abdulovski, - Viši referent za ZIS

Konsultant i koordinator:


dr.sc. Ahmedin Salčinović,

- Šef Odsjeka za melioracije tla

Direktor


dr.sc. Dženan Vukotić

Dostavljeno:

- Eko forum Zenica
- Sektoru
- A/a



S A D R Ź A J:

U V O D	3
2. ZNAČAJ I CILJ ISTRAŽIVANJA	4
3. KARAKTERISTIKE PODRUČJA ISTRAŽIVANJA.....	5
3.1. Klimatske prilike	5
3.2. Geološko-petrografske karakteristike.....	10
3.3. Topografske osobine lokaliteta	10
3.4. Pedološke karakteristike istraživanog područja	10
4. NEORGANSKI I ORGANSKI POLUTANTI U ZEMLJIŠTU	12
4.1. Opća svojstva teških metala	12
4.2. Nemetali i organski zagađivači	15
4.3. Policiklični aromatski ugljovodonici (PAH)	16
4.4. Polihlorirani bifenili (PCB) – (Industrijske hemikalije)	17
5. METOD RADA	19
5.1. Terenska istraživanja	19
5.2. Laboratorijska istraživanja	19
5.3. Obrada podataka	20
5.4. Granične vrijednosti	20
6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA	24
6.1. UZORAK BR. 1 (k.č. 411. KO Podbrežje).....	24
6.1.1. Ispitivanje tla prosječnih površinskih uzoraka od 0-15 cm i podpovršinskog od 15-30 cm	24
6.2. UZORAK BR. 2 (k.č. 157. KO Podbrežje).....	29
6.2.1. Ispitivanje tla prosječnih površinskih uzoraka od 0-15 cm i	29
6.3. UZORAK BR.3 (k.č. 20 KO Podbrežje).....	33
6.3.1. Ispitivanje tla prosječnih površinskih uzoraka od 0-15 cm.....	33
6.4. UZORAK BR. 4 (k.č. 174 KO Zenica III)	37
6.4.1. Ispitivanje tla prosječnih površinskih uzoraka od 0-15 cm.....	37
6.5. UZORAK BR.5 (k.č. 2295 KO Gradišće).....	41
6.5.1. Ispitivanje tla prosječnih površinskih uzoraka od 0-15 cm.....	41
6.6. UZORAK BR. 6 (k.č. 119 KO Zenica III)	45
6.6.1. Ispitivanje tla prosječnih površinskih uzoraka od 0-15 cm.....	45
6.7. UZORAK BR.7 (k.č. 782 KO Gradišće).....	49
6.7.1. Ispitivanje tla prosječnih površinskih uzoraka od 0-15 cm.....	49
6.8. UZORAK BR.8 (k.č. 492 KO Gradišće).....	53
6.8.1. Ispitivanje tla prosječnih površinskih uzoraka od 0-15 cm.....	53
6.9. UZORAK BR. 9 (k.č. 1410 KO Ričica)	56
6.9.1. Ispitivanje tla prosječnih površinskih uzoraka od 0-15 cm.....	56

6.10. UZORAK BR. 10 (k.č. 340 KO Ričica)	61
6.10.1. Ispitivanje tla prosječnih površinskih uzoraka od 0-15 cm	61
7. ZAKLJUČAK	66
Neorganski polutanti i teški metali u tlu	66
Opći zaključak	67

U V O D

Na osnovu Zahtjeva za Ponudu upućenog meilom igda@ekoforumzenica.ba od 23.06.2026. godine za analizu zemljišta, u cilju utvrđivanja stepena kontaminiranosti tla teškim metalima i organskim polutantima a u okviru implementacije ekološkog projekta „EcoTrace-Post-Industrial Environmental Recovery Assessment“ (Grant#BTD-FY2026-1650), finansiranog od strane GMF Balkan Trust for Democracy, udruženje Eko forum Zenica provodi istraživanje s ciljem procjene ekološkog oporavka resursa tla nakon prestanka pojedinih industrijskih operacija na lokaciji zeničke željezare.

Nakon prihvatanja date Ponude Federalnog zavoda za agropedologiju od strane Eko forum Zenica, stručna ekipa Federalnog zavoda za agropedologiju, u skladu sa sporazumom o saradnji sa predstavnicima Eko foruma izvršila je obilazak terena, 23. i 24.07.2026. godine u prisustvu gosp. Daut Bajramović koordinator projekta; gosp. Amer Alić Predsjednik MZ „Tetovo“ terenski asistent za uzorkovanje; gđa. Sanja Stević Mladenović Saradnica na projektu; te Volonteri Ahmed Bajramović i Nino Stević. Lokacije uzorkovanja su odabrane na osnovu uvažavanja prijedloga predstavnika lokalne zajednice tj. učesnika prisutnih na terenu. Tom prilikom uzeti su prosječni uzorci tla sa 10 lokacija (11 uzoraka), izvršena je identifikacija parcela i fotografiranje istih.

Nakon uzorkovanja tla isti su dati na analizu u laboratorij Federalnog zavoda za agropedologiju.

Na predmetnom zahtjevu a što je u ponudi dato analizirani su sljedeći parametri: aktivna pH vrijednost u (H_2O) i supstitucijska (1 M KCl-u); sadržaj humusa u %; sadržaj ukupnog $CaCO_3$ u %, sadržaj ukupnog azota (N) u %; sadržaj pristupačnog fosfora P_2O_5 , sadržaj pristupačnog kalija K_2O ; sadržaj teških metala Olovo (Pb), Kadmij (Cd), Nikl (Ni), Hrom (Cr), Cink (Zn), kobalt (Co), Mangan (Mn), Željezo (Fe), Arsen (As), Živa (Hg) i Bakar (Cu), izraženi u mg/kg, te organski polutanti PAH i PCB.

Granične vrijednosti teških metala i organskih polutanata u tlu određene su u skladu sa važećom legislativom Federacije Bosne i Hercegovine, odnosno Zakonom o poljoprivrednom zemljištu („Službene novine Federacije BiH“, broj 52/09) i Pravilnikom o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih materija u zemljištu i metode njihovog ispitivanja („Službene novine Federacije BiH“, broj 96/22).

Prema Zakonu o okolišu („Službene novine Federacije BiH“, br. 33/03), očuvanje tla obuhvata zaštitu površinskih i podpovršinskih slojeva zemljišta, uključujući tlo, stijene, minerale i njihove procese, uz očuvanje produktivnosti, strukture, vodno-zračnog režima i biološke aktivnosti tla. U tom kontekstu, ispitivanje tla predstavlja ključni alat za procjenu uticaja antropogenih aktivnosti na kvalitet zemljišta i očuvanje njegovih funkcija.

2. ZNAČAJ I CILJ ISTRAŽIVANJA

Zemljište, zajedno sa vodom i zrakom, predstavlja jedan od osnovnih prirodnih resursa. Iako se formalno svrstava u obnovljive resurse, zbog ograničene površine, izuzetno sporog procesa pedogeneze te kontinuiranog pritiska antropogenih aktivnosti, zemljište se u suštini smatra ograničenim, odnosno uslovno obnovljivim prirodnim bogatstvom. Za razliku od dugotrajnog procesa njegovog nastanka, degradacija i kontaminacija tla odvijaju se znatno brže, a posljedice su često dugoročne i u velikoj mjeri ireverzibilne, posebno kada je riječ o poljoprivrednom zemljištu.

Intenzivan razvoj industrije i tehnologije, naročito na području Zenice, doveo je do značajnih pritisaka na okoliš. Emisije gasovitih i čvrstih polutanata rezultiraju kontaminacijom tla, što dalje uzrokuje hemijske, fizičke i biološke promjene u zemljištu. Poseban problem predstavlja akumulacija teških metala i organskih polutanata u tlu, koji putem biljaka ulaze u lanac ishrane, čime direktno utiču na zdravlje ljudi i životinja. U tom kontekstu, zemljište predstavlja ključni medij za praćenje dugoročnih efekata zagađenja, jer reflektuje kumulativni uticaj različitih izvora emisija.

U ovom istraživanju pojam „kontaminacija“ odnosi se na sadržaj polutanata u tlu iznad propisanih graničnih vrijednosti, dok se termin „onečišćenje“ koristi za prisustvo polutanata u koncentracijama koje još uvijek ne uzrokuju direktne negativne posljedice po proizvodnju hrane i zdravlje ljudi.

Istraživanja su provedena na lokalitetima različite udaljenosti od dominantnih izvora zagađenja, uzimajući u obzir industrijski kompleks kao potencijalno najznačajniji izvor emisija. Obuhvaćeni su lokaliteti: Gradišće, Podbriježje, Ričica i Zenica III, na nadmorskim visinama od 315 do 546 m.

Na svim lokalitetima izvršeno je uzorkovanje prosječnih uzoraka tla za potrebe hemijskih analiza.

Istraživanjem su obuhvaćeni sljedeći elementi: Olovo (Pb), Kadmij (Cd), Nikl (Ni), Hrom (Cr), Cink (Zn), kobalt (Co), Mangan (Mn), Željezo (Fe), Arsen (As), Živa (Hg) i Bakar (Cu), kao i postojani organski polutanti (PAH, PCB). Analize su usmjerene na utvrđivanje njihovog sadržaja u površinskom sloju tla kao najrelevantnijem indikatoru recentnih i kumulativnih antropogenih uticaja.

3. KARAKTERISTIKE PODRUČJA ISTRAŽIVANJA

U ovom poglavlju navedeni su neki važniji faktori koji su imali snažnog uticaja u genezi i evoluciji zemljišta istraživanog područja ali su također imali važan uticaj na biljke i životinjski svijet, a to su:

- karakteristike klime
- geološko-petrografske karakteristike
- topografske osobine lokaliteta
- Pedološke karakteristike istraživanog područja

3.1. Klimatske prilike

Klima je kompleksni pedogenetski faktor koji direktno utiče na pravac i tok pedogeneze putem količine padavina, temperature, relativne vlage zraka, vjetrova, snijega, mraza i ostalih klimatskih elemenata. Postanak i razvitak tala usko je vezan za klimatske prilike određenog područja. Tako npr. količina i raspored padavina utiču, između ostalog, na trošenje i sudbinu produkata trošenja, na stvaranje sekundarnih minerala gline, stvaranja ili razgradnju humusa, ispiranje i dr.

Temperatura zraka uz padavine jest onaj meteorološki element koji najviše sudjeluje u formiranju klime određenog područja. Razdioba toplinske energije u atmosferi uzrokom je čitavog niza promjena u pritisku zraka, zračnih strujanja, kondenzacije vodene pare u zraku, isparavanja vode iz tla, utiče na vlažnost i temperature tla idr. Osim toga, porastom temperature uz dovoljnu vlažnost tla povećava se intenzitet svih procesa u tlu (fizičkih, hemijskih i bioloških).

Za sagledavanje klimatskih prilika uzeti su podaci sa meteorološke stanice u Zenici.

Tabela 1. Prosječni klimatski parametri MS Zenica / Prosjek (1970 – 1989)

Godišnja	Oborine u mm	Temp. u °C	Kišni faktor po Langu	Oznaka humidnosti
	804	10,4	87,9	Umjereno kontinentalna

Podaci meteorološke stanice Zenica pokazuju da na ovom području vlada umjereno kontinentalna klima sa godišnjom sumom padavina od 804 mm i srednjom godišnjom temperaturom od 10,4°C u periodu od 30 godina. Najhladniji mjesec je decembar sa -0,5°C, a najtopliji mjesec juli sa 20,0°C. Temperatura od 5°C uzima se kao najniža temperatura za početak vegetacionog perioda i ona se javlja krajem marta, a završava se krajem novembra. To ukazuje na dosta dug vegetacioni period na ovom području. Najviše oborina padne u junu mjesecu (107 mm) a najmanje u februaru i oktobru (54 mm). U poljoprivrednoj proizvodnji oborine, među meteorološkim elementima imaju dominantan utjecaj. Naime,

Elaborat zagađenosti zemljišta organskim i neorganskim polutantima na području Grada Zenica za 2026. godina – Eko forum Zenica

nedostatak kao i višak oborina samo je djelomično moguće otkloniti odgovarajućim sistemom biljne proizvodnje, zbog čega su rezultati u biljnoj proizvodnji uveliko ovisni o količini i rasporedu oborina. Kod analize mjesečnih količina oborina, jako su važna dva perioda u uzgoju poljoprivrednih kultura, a to su vegetacijski period (IV do IX mjesec) i van vegetacijski period (od X do III mjeseca).

Karakteristika je, također, da je godišnja količina padavina u Zenici približno jednaka uzimajući u obzir niz od 30 godina (804 mm) i 2013 i 2015 godinu koja iznosi 793,2 – 732,4 mm) izuzetak je 2014. Godina koja je bila pojava jednom u 100 godina gdje je palo 1200,6 mm.

Tabela br. 2 Godišnji hod srednjih mjesečnih temperatura (°C) MS Zenica u period od tri godine (2013-2015)

God.	I	II	II	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Sred.
2013	2,9	2,9	6,3	13,1	16,3	20,0	22,0	22,8	16,2	13,3	7,5	1,0	12,0
2014	5,4	7,8	9,3	12,0	15,1	19,2	20,8	20,5	16,2	12,9	8,9	2,8	12,6
2015	1,1	2,6	6,6	10,9	17,4	19,6	24,3	23,3	18,0	12,2	5,7	0,7	11,9

Tabela br. 2.a. Godišnji hod srednjih mjesečnih temperatura (°C) MS Zenica (period 2016-2022.god)

God.	I	II	II	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Sred.
2016	1,3	7,2	7,5	13,4	15,1	20,8	22,5	20,0	16,8	10,8	6,4	-0,3	11,8
2017	-4,3	5,3	9,5	10,6	16,9	21,7	22,5	23,1	16,6	11,1	5,7	3,3	11,8
2018	3,7	1,4	6,0	14,4	18,4	20,0	21,2	22,1	16,9	13,7	7,9	1,1	12,2
2019	-0,6	3,9	8,6	12,4	14,0	22,4	21,8	23,0	17,4	13,1	10,6	3,6	12,5
2020	-0,2	5,5	7,2	12,3	15,0	19,5	21,2	21,1	17,5	11,5	6,1	4,7	11,8
2021	2,1	5,5	5,7	9,3	16,1	21,8	23,7	21,9	17,4	9,5	7,4	3,6	12,0
2022	0,2	4,8	5,3	10,6	17,8	22,9	23,1	21,7	16,0	13,8	7,9	5,0	12,4

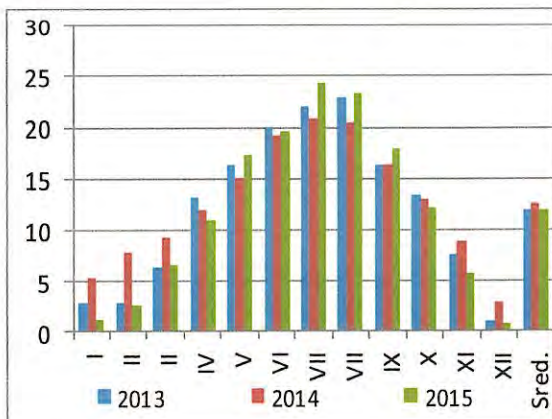
Tabela br. 3 Suma mjesečnih padavina (l/m²) MS Zenica u periodu od tri godine

God.	I	II	II	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Sred.
2013	82,0	107,5	90,2	38,9	120,6	58,7	51,5	25,6	61,2	56,7	96,4	3,9	793,2
2014	27,1	29,2	40,9	204,5	184,8	92,3	124,6	152,7	174,3	63,6	38,0	68,6	1200,6
2015	90,7	46,9	84,1	51,5	63,4	70,2	15,4	66,8	46,9	121,6	71,1	3,8	732,4

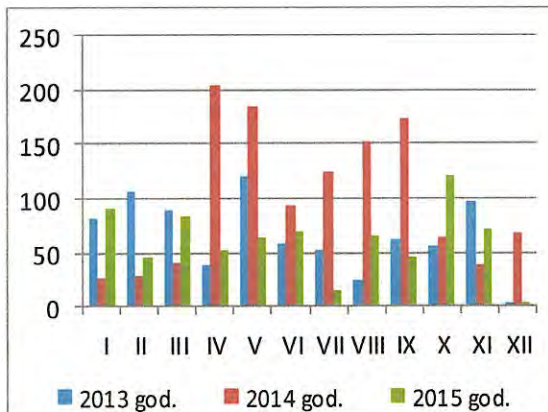
Tabela br. 3.a. Suma mjesečnih padavina (l/m²) MS Zenica (period 2016-2022. god)

God.	I	II	II	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God. suma
2016	60,2	90,6	88,4	47,9	93,1	69,9	134,3	84,6	68,2	66,5	83,9	8,9	896,5
2017	41,3	51,2	38,2	123,5	83,5	73,4	83,3	13,5	90,9	110,4	78,3	95,5	883,0

2018	56,0	76,5	67,0	42,8	85,1	86,8	208,8	78,8	35,5	34,3	67,5	86,0	925,1
2019	60,8	78,8	47,5	99,8	90,9	143,7	88,8	40,2	31,7	24,6	85,3	67,0	859,1
2020	21,8	43,9	36,2	18,6	118,9	73,6	69,2	142,3	29,9	94,1	21,5	106,8	776,8
2021	71,9	23,0	56,7	45,6	39,0	46,9	84,0	40,7	32,9	128,7	123,3	124,7	817,4
2022	23,0	40,4	4,5	67,4	99,3	84,6	86,3	67,8	122,5	15,6	92,5	89,7	793,6



Grafikon br. 1: Srednje temperature padavna l/m²



Grafikon br. 2: Mjesečne sume

Zaključujemo da na području Zenice vlada umjereno-kontinentalna klima sa umjerenim ljetima i hladnim zimama i sa dovoljno padavina. Na osnovu podataka o ruži vjetrova u Zenici (Duran i Marić 1990.) evidentno je da su na širem području Zenice, najčešći i najjači vjetrovi iz pravca sjevera sa povremenim pružanjem u pravcu jugozapada. U pojedinim periodima skala može biti i obrnuta, a prema Križanoviću (1983.) na području Zenice najviše dominiraju periodi tišine (59,2%). Sagledavajući trenutnu situaciju odnosno period od 2013 do 2015 (kao i 2016 - 2022) godine ruža vjetrova se nije značajno promjenila i dalje su najčešći vjetrovi iz pravca sjevera sa povremenim pružanjem u pravcu jugozapada, a da je period tišine i dalje preko 50%. (Federalni hidrometeorološki zavod).

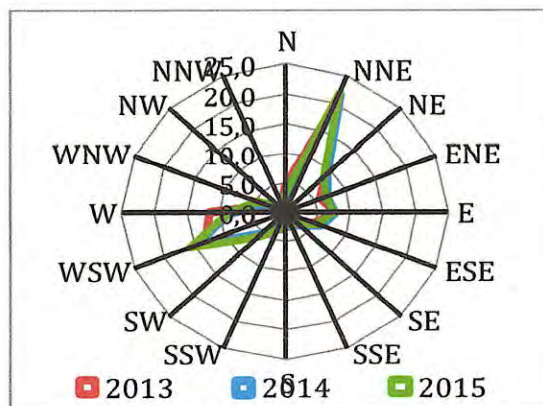
Tabela br. 4 Prikaz čestina pravaca vjetra za MS Zenica

God.	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
2013	4,5	1,7	2,6	4,0	3,9	4,0	4,6	6,8	37,8	5,3	2,3	1,6	1,8	4,0	7,2	8,0
2014	3,8	1,7	2,7	4,1	4,1	5,5	5,6	8,9	35,3	5,7	2,2	1,6	1,8	4,2	6,1	6,6
2015	4,2	1,8	2,4	4,1	3,5	3,9	3,8	7,4	37,3	6,3	2,0	1,7	1,8	3,6	6,2	10,0

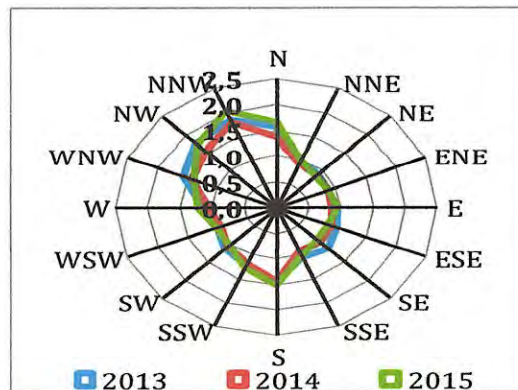
Tabela br. 5 Srednje brzine pravaca vjetra za MS Zenica

God.	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
2013	1,6	1,0	0,9	0,9	0,9	1,0	1,1	1,1	1,4	1,2	1,1	1,0	1,1	1,6	1,8	1,9

2014	1,4	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,4	1,2	1,1	0,9	1,1	1,4	1,6	1,8
2015	1,7	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,5	1,3	1,0	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0



Grafikon br. 3: Čestine pravaca vjetra MS Zenica



Grafikon br. 4: Brzine pravaca vjetra MS Zenica

Na osnovu podataka da najviše dominiraju periodi tišine za očekivati je da emisija kontaminirajućih čestica padaju gotovo ravnomjerno od centra emisije.

Tabela br. 6: Tabelarni i Grafički prikaz relativne učestalosti i srednjih brzina pojedinih pravaca vjetra (period 2016-2022 god.)

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
Čestine pravaca (%)	5,9	17,6	11,5	4,6	4,9	0,9	1,0	1,6	13,1	23,7	9,8	1,2	0,9	0,3	0,6	1,6	0,7
Srednje brzine vjetra (m/s)	9,0	9,6	8,4	6,2	3,6	2,5	6,5	5,6	8,9	12,1	9,7	7,2	3,5	5,0	10,0	8,4	0,0

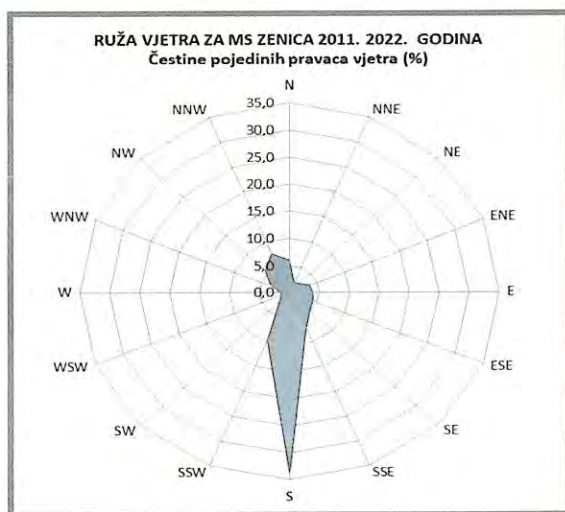


Tabela br.7: Srednja mjesečna i godišnja relativna vlažnost zraka u % (period 2016-2022)

God.	I	II	II	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	prosjeak
2016	81	79	77	66	74	72	71	78	79	81	80	78	76
2017	78	77	68	71	71	69	65	64	76	78	84	82	74
2018	84	82	78	67	75	78	78	78	76	75	82	86	78
2019	83	76	70	71	77	73	72	72	75	75	76	80	75
2020	79	67	64	52	64	67	65	70	70	74	80	81	69
2021	77	67	62	61	59	60	63	60	67	80	82	79	68
2022	73	68	53	61	68	65	58	72	79	77	83	87	69

Tabela br.8: Srednja mjesečna i godišnja relativna vlažnost zraka u % (period 2016-2022)

God.	I	II	II	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	prosjeak
2016	62,2	72,2	114,3	175,0	201,7	214,8	261,0	208,4	160,3	89,9	79,9	104,3	1744,0
2017	86,6	99,2	182,1	164,3	234,8	272,0	314,8	298,1	166,9	150,1	74,9	59,5	2103,3
2018	85,3	60,5	110,4	229,8	223,7	175,6	231,4	222,3	201,4	154,4	59,9	70,3	1825,0
2019	44,4	121,4	176,5	178,9	146,6	264,8	283,9	295,2	170,5	179,3	67,6	47,5	1976,6
2020	91,9	134,8	143,2	265,0	198,0	225,6	265,7	237,6	183,4	141,0	64,3	38,8	1989,3
2021	71,0	133,7	132,5	162,6	232,4	308,3	276,5	271,4	219,6	105,2	56,7	74,6	2044,5
2022	112,2	125,1	202,4	194,3	242,9	306,6	329,9	209,7	144,7	165,4	63,6	31,6	2128,4

Tabela br.9: mjesečna i godišnja suma sijanja Sunca (sati) (period 2016-2022)

God.	I	II	II	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	prosjeak
2016	62,2	72,2	114,3	175,0	201,7	214,8	261,0	208,4	160,3	89,9	79,9	104,3	1744,0
2017	86,6	99,2	182,1	164,3	234,8	272,0	314,8	298,1	166,9	150,1	74,9	59,5	2103,3
2018	85,3	60,5	110,4	229,8	223,7	175,6	231,4	222,3	201,4	154,4	59,9	70,3	1825,0
2019	44,4	121,4	176,5	178,9	146,6	264,8	283,9	295,2	170,5	179,3	67,6	47,5	1976,6
2020	91,9	134,8	143,2	265,0	198,0	225,6	265,7	237,6	183,4	141,0	64,3	38,8	1989,3
2021	71,0	133,7	132,5	162,6	232,4	308,3	276,5	271,4	219,6	105,2	56,7	74,6	2044,5
2022	112,2	125,1	202,4	194,3	242,9	306,6	329,9	209,7	144,7	165,4	63,6	31,6	2128,4

3.2. Geološko-petrografske karakteristike

Geološka građa istraživanog terena, prema geološkoj karti 1:200.000 od F. Katzera je složena. Teren je izgrađen od različitih stijena: eruptivnih, sedimentnih i metamorfnih. Starost zastupljenih stijena je različita. Tu se javljaju formacije razne starosti, počev od najstarijih paleozojskih, zatim mezozojskih i mladih-tercijalnih tvorevina.

3.3. Topografske osobine lokaliteta

Ova istraživanja su provedena na deset lokaliteta, na blago inkliniranom ili gotovo ravnom terenu i uglavnom istočne ekspozicije. Lokacije se nalaze oko izvora zagađenja na udaljenosti od 100-500 m zračne linije i na nadmorskoj visini od 315 do 546 m.

3.4. Pedološke karakteristike istraživanog područja

Što se tiče samog mjesta istraživanja može se reći da je u mjestu Podbrežje, Tetovo i Gradišće prisutan sljedeći tip tla - **Rendzina i Smeđa tla na laporcima i pješčarima**, dok je u Donjoj Gračanici, Ričica, Zenca III i Peharama prisutan tip tla - **Rendzina koluvijalna i Smeđa koluvijalna tla na laporima**.

➤ Rendzine i Smeđa tla na laporima i pješčarima

Rendzine se pretežno razvijaju na laporu i laporcu koji su vrlo podložni fizičkom i hemijskom trošenju čime se stvara više gline koja čini osnovnu komponentu u mehaničkom sastavu rendzina. To je razlog da su rendzine na laporima duboka i srednje duboka tla, a na erodiranim površinama dolazi takodje do bržeg obnavljanja tla. Za istraživano područje ove rendzine predstavljaju dobra tla za prirodne i vještačke travnjake, kao i za šumsku vegetaciju. Smeđa tla kao i rendzine uglavnom se razvijaju na laporu i laporovitoj glini, a manje na karbonatnom pješčaru i laporcu. Tlo je pretežno duboko, jer se lapor lakše troši i kao trošinu daje karbonatne gline koje ustvari dominiraju u teksturnom sastavu ovih tala. Prirodna dreniranost im je stoga ponekad dobra do umjereno slaba. Ova tla su dobra za uzgoj oraničnih i ratarskih kultura kao i za voćnjake.

Po mehaničkom sastavu ova tla su u površinskom horizontu najčešće pjeskovito glinovite ilovače do gline, dok su dublji horizonti glinaste ilovače do gline. Povećan sadržaj koloidnih čestica ima znatnog uticaja na hemijske i fizičke osobine tla.

➤ Rendzine koluvijalne i Smeđa koluvijalna tla na laporcima

Ovo su zemljišta lakšeg mehaničkog sastava od prethodno opisanih ponekad i čitavom dubinom. Sadržaj skeleta se kreće od 5 do 30 % i humozna su vrlo često od vrha do dna profila. Struktura zemljišta u donjim horizontima je često

poliedrična i slabije izražena, tako da su agregati slijepljeni i kompaktni. Ova zemljišta se manje koriste kao oranice, a više kao prirodne livade. Spadaju u zemljišta osrednje proizvodne sposobnosti i mogu se svrstati u V, a rjeđe u IV kategoriju upotrebne vrijednosti zemljišta.

Po mehaničkom sastavu ova tla su u površinskom horizontu najčešće pjeskovito-glinovite ilovače do gline, dok su dublji horizonti glinaste ilovače do gline. Povećan sadržaj koloidnih čestica ima znatnog uticaja na hemijske i fizičke osobine tla.

4. NEORGANSKI I ORGANSKI POLUTANTI U ZEMLJIŠTU

4.1. Opća svojstva teških metala

Pojam teški metali obuhvata metale sa specifičnom gustoćom od 5 g/cm^3 . Neki teški metali (Cu, Fe, Mn, Mo, Zn i Co i u nekim uslovima i Ni) u tragu su neophodni - esencijalni za mnogobrojne funkcije u ljudskom organizmu, a njihov manjak dovodi do pojave ozbiljnih simptoma bolesti i nedostataka u metabolizmu. Povećana koncentracija u organizmu je nepoželjna i opasna. Najčešće je pitanje toksičnosti zapravo samo pitanje količine, a ovaj raspon veoma varira kod svakog pojedinog elementa. Akumulacija ovih elemenata u masnim ćelijama, kostima, žlijezdama s unutrašnjim lučenjem, mozgu, dlakama ili u centralnom nervnom sistemu, učestalo rezultira štetnim zdravstvenim posljedicama, a nerijetko teškim bolestima.

Teški metali mogu u vidu finih čestica prašine dospjeti u atmosferu, odakle se talože u vodama i tlu. Kruženje teških metala u prirodi veoma zavisi od promjena kojima ovi metali podliježu. Koncentracija ovih jedinjenja u njima nepovoljnim uslovima (van minerala zemljišta) je antropološkog porijekla i rezultat je industrijskog zagađenja. Povećane koncentracije se javljaju u industrijskim proizvodima (deterdženti, baterije, aditivi hrane i sl.) ili su rezultat tehnološkog procesa (sagorijevanje fosilnih goriva, topionice, galvanizacija, rudnici i druge grane industrije). Teški metali se u vazduhu mogu nalaziti u obliku čestica (aerosola) i gasova. Vrijeme zadržavanja u atmosferi zavisi od veličine čestica. Što su čestice manje duže će se zadržati u atmosferi. Prosječno vrijeme zadržavanja aerosola u troposferi iznosi od 6 do 12 dana. Ovo je dovoljno vrijeme da se čestice metala transportuju daleko od izvora emisije i na taj način ugroze veća područja.

Kisela sredina uzrokuje pojavu jonskih oblika metala u tlu, koji su pokretni i dostupni biljkama. To znači da u kiselim tlama postoji mogućnost kontaminacije biljaka teškim metalima. Kod neutralne ili blago alkalne pH vrijednosti tla, teški metali prelaze u hidrokside npr. $\text{Zn}(\text{OH})^+$ ili $\text{Cu}(\text{OH})^+$ da bi sa povećanjem pH vrijednosti prešli u nerastvorljive hidrokside i okside. Znači da se teški metali imobiliziraju u alkalnoj sredini. Takođe, ako je povišen sadržaj karbonata u tlu, teški metali se inaktiviraju tj. prelaze u oblik teško pristupačan biljci.

Olovo (Pb)

Općenito se može reći da je prirodni sadržaj olova (Pb) u tlu uglavnom vezan za matični supstrat. Nalazi se u kiselim serijama magmatskih stijena i argilitičnim sedimentima ali ga ima i u ultrabazičnim i krečnjačkim stijenama u nešto manjoj koncentraciji. Prema rezultatima istraživanja (Norish, Riffalbi, Tidkall, Schritzer i Keradorf) može se zaključiti da se olovo u tlu "udružuje" sa mineralima gline

(naročito ilitom) zatim Mn- oksidima, Fe i Al hidroksidna i naročito sa organskom materijom zbog koje je koncentracija olova uglavnom blizu površine tla.

Olovo u tlo, osim prirodnim putem, može doći i antropogenim putem što je slučaj na ovom području. Inače, akumulacija olova u površinskom sloju tla utiče na biološku aktivnost tla (povećana koncentracija olova u tlu smanjuje enzimsku aktivnost mikroba), a kao posljedica toga može biti nepotpuno razlaganje organske materije. Olovo kod čovjeka uzrokuje anemiju, razne digestivne poremećaje, utiče na centralni nervni sistem, izaziva kardiovaskularna oboljenja i dr.

Kadmij (Cd)

Kadmij (Cd) je element sa vrlo toksičnim djelovanjem za biljku, životinje i čovjeka. Ima ga naročito u magmatskim i sedimentnim matičnim supstratima gdje je uglavnom vezan za cink (Zn), ali ima jak afinitet i prema sumporu (S). Rastvorljivost kadmija u tlu u visokoj zavisnosti od pH vrijednosti tla. Cd adsorbovan u tlu na pH iznad 7,5 i nije lako pokretljiv uglavnom je kao CdCO_3 i $\text{Cd}_3(\text{PO}_4)_2$. Takođe je značajan i koeficijent energije vezivanja kadmija adsorpcijom za organsku materiju i minerale gline u tlu. Kadmij je najpokretljiviji u kiselim tlima gdje je pH od 4,5-5,5.

Antropogenim uticajem kadmij na tlo dolazi uglavnom iz zraka, iz rudnika olova i cinka, topionica i drugih postrojenja. Kadmij se kod čovjeka akumulira u mekim tkivima, naročito u jetri i bubrezima. Višegodišnji efekti dovode do hipertenzije, raka prostate i pluća.

Cink (Zn)

Cink (Zn) u tlo dolazi raspadanjem minerala biolita, amfibola, piroksena i dr. ili antropogenim putem (što je slučaj na istraživanom području). U prirodnom tlu ga uglavnom ima od 10 do 300 mg/kg tla. Njegova mobilnost u direktnoj je zavisnosti od reakcije zemljišta. U kiseljoj sredini ispod pH 5,5 je mobilan, a u alkalnoj npr. (krečnim zemljištima) njegova mobilnost naglo opada. Općenito se može reći da je sadržaj Zn-a u tlu promjenjiv i da prvenstveno zavisi od matičnog supstrata, pH, sadržaja organske mase u tlu, CaCO_3 , teksturnog sastava i dr. Akumulira se u životinjama ali ne i u biljkama.

Bakar (Cu)

Bakar se u tlu potiče iz primarnih (kao jednovalentan) i sekundarnih (kao dvovalentan) minerala. Prirodna tla imaju od 10 do 200 mg/kg tla bakra. Naročito ga ima u tlima bogatim humusom i crvenicama (Terra rossa) kao i tlima nastalim na škriljcima. Kao i naprijed navedeni teški metali, i bakar je mobilan u kiseljoj sredini, dok se retencija bakra povećava sa povećanjem pH vrijednosti i količinom organske mase u tlu. Dakle, bakar se adsorbuje na organskim i mineralnim koloidima. Povišena koncentracija bakra u tlu djeluje depresivno na porast biljaka, smanjuje klijanje sjemena i antogenistički djeluje na druge mikrolemente.

Općenito se može reći da rastvorljivost (i pokretljivost) bakra u tlu raste sa zakiseljavanjem tla, a smanjuje povećanjem pH vrijednosti (npr. kalcizacijom).

Niki (Ni)

Niki je dosta rasprostranjen i u mineralnoj i u organskoj formi u tlu. Kao i kod ostalih elemenata na njegov sadržaj i mobilnost u tlu utiče reakcija tla, organska materija i glina. Količine mobilnog nika nisu direktno toksične za biljke ako u tlu ima dosta kalcija koje umanjuje toksično djelovanje većih količina nika.

Hrom (Cr)

Trovalentni hrom se često javlja u prirodi, dok se četvorovalentni hrom javlja vrlo rijetko. Trovalentni hrom je mikronutrijent, a nalazi se u stijenama, tlu, biljkama, životinjama, u vulkanskoj prašini i zraku. Hrom je nužan za pravilno djelovanje inzulina koji omogućuje ulaz šećera u ćeliju. Koristi se za proizvodnju nehrđajućeg čelika. Četvorovalentni hrom izaziva oštećenje sluznice, gutanjem dolazi do nastanka želučanog čira, oštećenja jetre i bubrega. Četvorovalentni hrom je kancerogen.

Kobalt (Co)

Nalazi se u elementarnom obliku ili u spoju, služi za legure, pomaže sušenje boja i porculanskog emajla i dr. Nalazi se u površinskim vodama, zraku i tlu, a prolazi i u podzemne vode. U tlu se najčešće nalazi kao pratilac željeza, nika, djelimično bakra i ostalih teških metala. Pristupačnost biljkama zavisi od pH, sadržaja kreča, željeza i aluminija, organske mase, vrste minerala gline i mehaničkog sastava. Kobalt u visokim koncentracijama je veoma toksičan za biljke, a prouzrokuje i nedostatak željeza. Velike udahnute količine izazivaju oštećenje pluća. Na životinjama je izazivao nastanak raka ako je nanešen pod kožu ili na mišić.

Mangan (Mn)

Mangan je esencijalni elemenat i ima ulogu u fiziološkim procesima kod biljaka i životinja. Mangan u pedosferi potiče uglavnom od matičnog supstrata. Veliki broj minerala sadrži mangan, ali najvećim dijelom u tlu potiče iz MnO_2 . Po rasprostranjenosti Mn je u litosferi deseti element. Ukupan sadržaj Mn u tlima je 200-3.000 mg/kg od čega je 0,1-1,0% biljkama raspoloživo. U neutralnoj i alkalnoj sredini pristupačnost Mn smanjena zbog nastajanja teško topljivog hidroksida $Mn(OH)_2$. Raspoloživost Mn raste s kiselošću tla i njegove redukcije do Mn^{2+} . Biljke lako usvajaju Mn i u obliku helata. Oranični sloj sadrži više Mn u odnosu na podoranične slojeve, više ga je na težim i karbonatnim, a manje na lakim i pjeskovitim tlima. U vlažnijim uslovima, porastom redukcije, pristupačnost mangana je bolja. Sadržaj Mn u biljkama jako zavisi od biljne vrste, ali i biljnog dijela, odnosno organa. Izuzetno značajnu ulogu mangan ima u oksidoredukcijskim procesima i u redukciji nitrata. Pokretljivost Mn u biljkama je mala. Mlađi organi sadrže više Mn. Otrovnost Mn zapaža se kada je u tlu

Mn>1000 mg/kg uz pojavu smeđih mrlja na starijem lišću (uz čest nedostatak Fe).

Arsen (As)

U prirodi se arsen pojavljuje u organskoj i anorganskoj formi. Za organske forme se smatra da su relativno netoksične osim onih sintetski stvorenih i razvijenih za komponente pesticida. Arsen se akumulira u tijelu, posebno u kosi, koži i nekim unutrašnjim organima. U prirodi arsen je uglavnom vezan u različite geološke formacije iz kojih najčešće procjeđivanjem dolazi u vodene tokove. U industriji se arsen koristi u proizvodnji boja, pirotehnici, rafiniranju nafte, metalurgiji i najviše u elektronskoj industriji u proizvodnji poluvodiča. Zbog svoje izrazite toksičnosti arsen se posebno koristi u kontroli nametnika te je dugo bio komponenta različitih pesticida, međutim takvi pesticidi su bili toliko toksični za okolinu i ljude da su zabranjeni. Nakon pesticida, najveći problem zagađenja okoliša i ljudi arsenom je kroz drvenu građu, naime drvo se tretiralo preparatima arsena da bi se zaštitilo od glodavaca, insekata i truljenja, a zatim se koristilo u izgradnji kuća, namještaja ili konstrukcija na dječjim igralištima čija je upotreba danas zabranjena.

Željezo (Fe)

Željezo je teški metal, a u tlu i biljkama nalazi se kao dvo i trovalentan katjon ili u odgovarajućim spojevima. U tlu Fe potječe iz mnogobrojnih primarnih i sekundarnih minerala. Njihovim raspadanjem oslobađa se željezo koje u kiselim tlima brzo gradi iznova sekundarne minerale. Svježe istaloženi minerali željeza su u vidu amorfnih koloida i pristupačni su za ishranu bilja. Rezerve Fe u tlu su pretežito anorganske prirode, a ukupni sadržaj je između 0.5 i 4.0% (prosječno 3.2%). Porastom kiselosti i uz prisustvo fosfora nastaju vrlo teško pristupačni fosfati željeza, dok se u alkalnoj sredini željezo nalazi u obliku teško topljivih oksida. Stoga kalcizacija i fosfatizacija kiselih tala može znatno smanjiti raspoloživost željeza. Suvišak željeza se rijetko događa, osim u vrlo kiselim, slabo prozračenim tlima, gdje je moguće toksično djelovanje suviška željeza. Kritična toksična granica za Fe je 400-1000 mg/kg (prosječno 500 mg/kg), a pojava je češća kod uzgoja riže (bronzing efekt). Toksično djelovanje željeza ogleda se u inhibiciji vegetacijskog rasta, tamnom, plavozelenom lišću i mrkoj boji korijena.

4.2. Nemetalni i organski zagađivači

Sumpor

Sumpor je rasprostranjen elemenat u prirodi. U tlu potječe iz matičnih stijena gdje se nalazi najviše u obliku sulfida i prilikom njihovog raspadanja oslobađa se i brzo oksidira.

U savremenoj, industrijskoj eri sumpor se akumulira u tlu i taloženjem iz atmosfere gdje se nalazi kao SO₂ ili H₂S. U područjima s jakom industrijom, koja

energiju dobiva sagorjevanjem uglja, u tlo može dospjeti i do 200 kg S/ha godišnje. Suvišak S u tlu je nepoželjan jer dovodi do zakiseljavanja za koje se smatra da uzrokuje izumiranje šuma u mnogim krajevima Evrope, a takve pojave sve su više prisutne i kod nas. Suvišak sumpora je u prirodi rijetka pojava, ali se sve češće događa u blizini industrijskih zona s velikom emisijom SO₂ u atmosferu.

4.3. Policiklični aromatski ugljovodonici (PAH)

Policiklični aromatski ugljovodonici (PAH) spadaju u grupu naftnih ugljikovodika. To su organski spojevi koji se sastoje iz dva i više spojenih benzenovih prstenova. Sastavni su dio većine fosilnih goriva i kroz njihovu nepotpunu razgradnju učestvuju u zagađenju okoliša. Policiklični aromatski ugljovodonici se sastoje od tri ili više izravno spojena benzenova prstenova. Postoji stotine spojeva PAH, ali je najproučavaniji benzo(a)piren. Vrlo slabo se otapaju u vodi, imaju visoku tačku ključanja, razgrađuju se djelovanjem sunčevog svjetla i otporni su u pogledu biorazgradnje. Rasprostranjeni su na cijeloj planeti. Oni nastaju kao nus produkti, najviše u procesima izgaranja (produkti nekompletnog izgaranja organske materije). Nastaju prilikom pojave vulkana, šumskih požara, u industriji, spaljivanjem otpada, izgaranjem otpada, pušenjem itd. Čađ i katran sadrže mnoge policiklične aromatske ugljovodonike. Ustanovljena su kancerogena dejstva PAH spojeva.

Policiklični aromatični ugljovodonici (polycyclic aromatic hydrocarbons - PAH), zbog svog dugog perioda degradacije u životnoj sredini i toksičnog djelovanja spadaju u grupu perzistentnih organskih zagađivača (Persistent Organic Pollutants - POPs). Njihovi proizvodi degradacije (kisikovi i azotovi derivati) također predstavljaju opasnost po životnu sredinu. Samim tim PAH-ovi i njihovi produkti degradacije predstavljaju toksična organska jedinjenja. Oni pokazuju kancerogeno djelovanje, dovode do akutne toksičnosti, razvojne i reproduktivne toksičnosti, citotoksičnosti i genotoksičnosti. Iako toksični, PAH-ovi se mogu naći u hrani i životnoj sredini. PAH-ovi u životnoj sredini mogu biti prirodnog ili antropogenog porijekla. PAH-ovi se sastoje iz dva ili više kondenzirana benzenova prstena, a nastaju kao posljedica nepotpunog sagorijevanja uglja, nafte, naftnog gasa, organskog otpada i raznih organskih supstanci. Također, ogromne količine PAH-ova potiču i od same prerade i proizvodnje nafte, koksa, katrana, asfalta i čađi. Tokom vremena dolazi do akumuliranja PAH-ova u vodi, zraku i zemljištu, nakon čega lako mogu dospjeti u lanac ishrane i do samog čovjeka. S druge strane, izvjesna količina PAH-ova može se naći u hrani uslijed neadekvatne pripreme, ili kao posljedica razgradnje organskih komponenata namirnice, o čemu se posebno mora voditi računa. Postoji više od 100 različitih PAH-ova koji se najčešće javljaju u smjesama, ali se u nekim slučajevima mogu pronaći i kao pojedinačna jedinjenja. PAH-ovi su veoma rasprostranjeni u svim

dijelovima biosfere. Mogu se naći u industrijskim i komunalnim otpadnim vodama, odakle se veoma brzo distribuiraju kroz hidrosferu i bivaju transformirani. Također, uslijed nepotpunog sagorijevanja organskih materija i nastajanja finog aerosola mogu se naći i u atmosferi. Najveća akumulacija PAH-ova zabilježena je u zemljištu, kao posljedica izlivanja nafte, šumskih požara, aktivnosti vulkana, prisustva industrijskog i komunalnog otpada u zemljištu i atmosferske depozicije.

Iako postoji veliki broj različitih PAH-ova, za istraživanje i praćenje njihovih koncentracija u uzorcima iz životne sredine Evropska Unija definira kao prioritetne samo njih 16.

4.4. Polihlorirani bifenili (PCB) – (Industrijske hemikalije)

Polihlorirani bifenili su sintetska jedinjenja čija komercijalna proizvodnja počinje 1927. godine. To su molekule aromatskih struktura koje imaju povezana dva benzenova prstena u kojima su pojedilni ili svi atomi vodika zamijenjeni atomima hlora. S obzirom na broj i položaj atoma hlora moguće je oko 209 različitih izomera i homologa PCB-a koji se nazivaju kongenerima. Kao i mnogi organohlorni spojevi, različiti kongeneri su postojani i bioakumuliraju se u hranidbenom lancu. Pri proizvodnji PCB-a nastaju i dioksini i furani. Dioksini se smatraju najtoksičnijim jedinjenjima koja su napravljena, a furani su deset puta manje toksični. Ostali PCB-i koji nisu slični dioksinima imaju druga toksična svojstva. Zbog neprovodljivosti i nezapaljivosti dosta su korišteni kao zaštita od plamena, tečnost za hlađenje u transformatorima, kondenzatorima kao maziva, te u drugoj različitoj opremi elektro industrije, zatim u sredstvima za fiksiranje mikroskopskih preparata, imerzionim uljima, vakuum pumpama, mikrovalnim pećnicama. Većina tih primjena je danas zabranjena zakonom, ali obzirom da je oprema koja sadrži PCB-i bila široko u upotrebi, a neka je još funkcionalna, otpadna ulja iz takvih sistema često sadrže količine PCB koje se mogu mjeriti. Kada se ispuste u okoliš, PCB-i se teško razgrađuju i kruže između zraka, vode i tla, tokom čega se zadržavaju i dosta nagomilavaju, a posebno u masnim tkivim. Obzirom da su lipofilni i akumuliraju se u prehrambenom lancu, najveća izloženost je putem masne hrane životinjskog porijekla, nekih vrsta riba i mliječnih proizvoda. Na sobnoj temperaturi su uljaste tečnosti praktično nerastvorljive u vodi i dobro rastvorljive u organskim rastvaračima. Nisu eksplozivni, imaju veoma nisku električnu provodljivost, vrlo visoku toplotnu provodljivost i ekstremnu stabilnost na visokim temperaturama, pokazuju stabilnost na oksidaciju i hidrolizu, otpornost na kiseline i baze, imaju dobru izolatorsku sposobnost, u potpunosti se uništavaju na temperaturama iznad 1100°C. Korisni su u industriji, ali štetni po okoliš. Ove njihove osobine su bile presudne za današnju široku primjenu, pa se koriste prvenstveno kao izolacioni materijal u električnim transformatorima i kondenzatorima, ali i kao hidraulični medij za teške mašine u rudarstvu. Njihova izuzetna stabilnost u prirodi i izrazita

Elaborat zagađenosti zemljišta organskim i neorganskim polutantima na području Grada Zenica za 2026. godina – Eko forum Zenica

lipofilnost je dovela do toga da danas praktično nema sredine u kojoj se ne nalaze, u manjim ili većim koncentracijama. Poliklorirani bifenili mogu u okoliš dospjeti nakon havarija postrojenja u kojima se koriste, npr. trafo stanica ili oštećenjem uređaja koji ih mogu sadržavati, kao što su teška vozila u industriji i rudarstvu. Također mogu dospjeti ilegalnim odlaganjem opasnog otpada koji sadrži staro transformatorsko ulje, kontejnere koji su služili za njihov transport ili druge proizvode, a mogu nastati i prilikom spaljivanja otpada u industriji i domaćinstvu, naročito onog koji sadrži veće količine plastičnih masa. Analiza pojedinačnih kongenera PCB-a moguća je samo plinskom hromatografijom visoke rezolucije na kapilarnim kolonama s optimalnim temperaturnim programom.

Mehanizmi djelovanja PCB-a i njihova toksičnost

Polihlorirani bifenili spadaju među supstance čije se toksično djelovanje najviše ispituje. Na osnovu višegodišnjeg ispitivanja pokazalo se da najvjerovatnije izazivaju rak limfnih čvorova, jetre, pluća, izazivaju oštećenja imunog sistema, reproduktivnog, nervnog i endokrinog sistema. PCB-i se mogu unijeti u organizam oralno, preko kože, udisanjem i pasivnom difuzijom prolaze kroz ćelijske membrane. Skloni su akumuliranju u tkivima sa puno masnoća, ali su nađeni i u drugim tkivima. Raspodjela PCB-a u organizmu ovisi o strukturi i fizičko-hemijskim svojstvima, ali i o dozi u kojoj je prisutan.

5. METOD RADA

U okviru istraživanja obuhvaćeni su sljedeći segmenti:

- terenska istraživanja
- laboratorijska istraživanja
- obrada podataka
- definisanje i primjena graničnih vrijednosti

5.1. Terenska istraživanja

Predstavnici Federalnog zavoda za agropedologiju su u 23. i 24.07. te 05.08.2026. godine izvršili uzorkovanje tla na deset lokaliteta poljoprivrednog zemljišta. Uzeti su prosječni uzorci tla sa dubine 0-15 cm a na jednoj lokaciji KO Podbriježe k.č. 411 i sa dubine 15-30 cm.

Nakon izvršenih terenskih istraživanja i laboratorijskih analiza, provedena je obrada dobijenih podataka.

5.2. Laboratorijska istraživanja

U laboratoriji Federalnog zavoda za agropedologiju izvršene su sljedeće analize uzoraka tla:

- mehanički sastav tla (udio čestica 2–0,02 mm; 0,02–0,002 mm; <0,002 mm) – pipet metodom sa natrijum-pirofosfatom (internacionalna B-metoda)
- teksturna oznaka prema Ehwald-u
- reakcija tla: aktivna (pH u H₂O) i supstitucijska (pH u 1M KCl-u) – elektrometrijski, BAS EN ISO 10390:2023
- sadržaj humusa (%) – određen dihromatnom metodom prema internom uputstvu FZAPL U 7.2.3;
- sadržaj CaCO₃ – određen prema BAS EN ISO 10693:2015;
- sadržaj ukupni azot (N) - određen prema BAS ISO 1126:2000;
- lako pristupačni fosfor (P₂O₅) i kalij (K₂O) – AL metoda (FZAPL U 7.2.5 i U 7.2.4. 2024. g.)
- pristupačni (lahko topivi) fosfor - P₂O₅, prema uputstvu FZAPL U 7.2.5;
- pristupačni kalij - K₂O, određen AL metodom prema uputstvu FZAPL U 7.2.4.
- Ukupni sadržaj teških metala u tlu određen je primjenom sljedećih metoda: BAS ISO 11047:2000 za sljedeće elemente: olovo (Pb), kadmij (Cd), bakar (Cu), cink (Zn), nikl (Ni), hrom (Cr) i kobalt (Co)

- živa (Hg) određivanje metodom termalne dekompozicije i amalgamacije prema uputstvu FZAP U 7.2.31
- arsen (As) (arsen BAS ISO 20280:2009)

Rezultati su korišteni za procjenu eventualne kontaminacije tla i upoređeni sa važećim graničnim vrijednostima propisanim regulativom Federacije BiH.

- **policikličnih aromatskih ugljikovodonika (PAH)** – BAS ISO 18287:2008 (plinska kromatografija);
- **polihloriranih bifenila (PCB)** – BAS ISO 10382:2004;
- **sadržaj sumpora (S)** – metoda po Bartlett i Neller-u

5.3. Obrada podataka

Na osnovu terenskih i laboratorijskih istraživanja utvrđene su fizičke i hemijske osobine tla, kao i sadržaj polutanata.

Rezultati su obrađeni i analizirani u cilju procjene stepena kontaminiranosti i identifikacije prostornih razlika između istraživanih lokaliteta.

U nastavku rada prikazane su granične vrijednosti teških metala, kao i organskih i neorganskih polutanata, u skladu sa važećom legislativom.

5.4. Granične vrijednosti

Granične vrijednosti i metode ispitivanja a koje se odnose na onečišćenje poljoprivrednog zemljišta date su u Pravilniku o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih materija u zemljištu i metode njihovog ispitivanja „Službene novine Federacije BiH“, broj 96/22.

U štetne materije koje uzrokuju onečišćenje poljoprivrednog zemljišta se ubrajaju:

- a) **teški metali i potencijalni toksični elementi:** kadmij (Cd), bakar (Cu), nikel (Ni), olovo (Pb), cink (Zn), krom (Cr), živa (Hg), kobalt (Co), molibden (Mo), arsen (As), barij (Ba) i njegovi spojevi, vanadij (V), talij (Ti), bor (B), sumpor (S), fluor (F);
- b) **organske štetne i opasne materije** ukupni naftni ugljikovodonici (TPH), policiklični aromatski ugljikovodonici (PAH), polihlorirani bifenili (PCB), insekticidi na bazi hloriranih ugljikovodonika (DDT/DDD/DDE, drini, HCH spojevi) i druga sredstva za zaštitu bilja (atrazin i simazin);
- c) **druge štetne materije** koje se uobičajeno unose u poljoprivredno tlo, ali neadekvatno primijenjene (količina, vrijeme primjene, uslovi u tlu) mogu prouzrokovati štete po okoliš i/ili zdravlje ljudi;
- d) **mulj i obrađeni mulj;**
- e) **đubriva;**

- f) poboljšivači tla i
g) industrijski otpad.

U narednoj tabeli predstavljene su granične vrijednosti sadržaja teških metala i drugih anorganskih spojeva izraženo u mg/kg vazdušnosuhog tla su

Tabela 10. Granične vrijednosti teških metala anorganskih spojeva (sumpora)

Teški metali (ukupni oblik)	Granične vrijednosti u zavisnosti od teksture tla (mg/kg tla)					
	Pjeskovito tlo		Praškasto-ilovasto tlo		Glinovito tlo	
		+25%		+25%		+25%
Kadmij (Cd)	0,5	0,625	1,0	1,25	1,5	1,875
Bakar (Cu)	50	62,5	65	81,25	80	100
Nikal (Ni)	30	37,5	50	62,5	75	93,75
Olovo (Pb)	50	62,5	80	100	100	125
Cink (Zn)	100	125	150	187,5	200	250
Hrom (Cr)	50	62,5	80	100	100	125
Živa (Hg)	0,5	0,625	1,0	1,25	1,5	1,875
Kobalt (Co)	30	37,5	45	56,25	60	75
Molibden (Mo)	10	12,5	15	18,75	20	25
Arsen (As)	10	12,5	15	18,75	20	25
Barij (Ba) i njegovi spojevi	60	75	80	100	100	125
Vanadij (V)	30	37,5	40	50	50	62,5
Talij (Tl)	0,5	0,625	1	1,25	1	1,25
Bor (B)	30	37,5	40	50	50	62,5
Drugi anorganski spojevi						
Sumpor (S)	300	375	400	500	500	625
Flor (F)	150	187,5	250	312,5	350	437,5

Tabela 11. Granične vrijednosti za mangan i željezo prema Emiritus prof.dr.H. Resulović

Teški metali	Granične vrijednosti	
		25 %
Mangan (Mn) u mg/kg tla	1.000	1.250
Željezo (Fe) u %	5	6,25

- Ove vrijednosti tla se odnose na tla sa kiselom reakcijom. U alkalnim i karbonatnim tlima navedene vrijednosti se mogu povećati za 25% kao što je navedeno u tabeli 10 i 11.

- Pri analizi laboratorijskih podataka za organske i neorganske polutante uzeta su u obzir ova povećanja.

Određivanje sadržaja teških metala u uzorcima tla vrši se nakon potpune kiselinske digestije u skladu sa zahtjevima standarda BAS ISO 11047:2000. Kvantifikacija elemenata provodi se metodom atomske apsorpcijske spektrometrije (AAS), pri čemu granica određivanja (LOQ) mora biti $\leq 10\%$ propisane granične vrijednosti za pojedini element.

Za teške metale: kadmij (Cd), cink (Zn) i nikl (Ni) ako je pH glinastog tla manji od 6,0 tada se primjenjuje granična vrijednost propisana za praškasto-ilovasta tla, a ukoliko je pH praškasto-ilovastog tla manja od 6,0 tada se primjenjuje granična vrijednost propisana za pjeskovita tla.

Za teške metale: olovo (Pb) i krom (Cr) ako je pH glinastog tla manja od 5,0 tada se primjenjuje granična vrijednost propisana za praškasto-ilovasta tla, a kada je pH praškasto-ilovastog tla manja od 5,0 tada se primjenjuje granična vrijednost propisana za pjeskovita tla.

Za teške metale: živa (Hg) i bakar (Cu) kada je sadržaj humusa glinastog tla manji od 3,0 tada se primjenjuje granična vrijednost propisana za praškasto-ilovasta tla, a kada je sadržaj humusa praškasto-ilovastog tla manji od 3,0 tada se primjenjuje granična vrijednost propisana za pjeskovita tla.

Da bi se utvrdile granične vrijednosti pseudo-ukupnih oblika teških metala i drugih anorganskih spojeva u poljoprivrednim zemljištima, potrebno je izvršiti i sljedeće analize tla:

- a) Mehanički sastav;
- b) Reakcija zemljišta (pH u vodi i KCl-u), za teške metale kadmij (Cd), cink (Zn), nikal (Ni), olovo (Pb) i krom (Cr) i
- c) Sadržaj humusa za teške metale živa (Hg) i bakar (Cu).

Rezultati ispitivanja sadržaja teških metala i drugih anorganskih spojeva u poljoprivrednom zemljištu izražavaju se stepenom onečišćenosti poljoprivrednog zemljišta – So (%), a izračunavaju se po sljedećoj formuli:

So (%) = pseudo-ukupni sadržaj teških metala i drugih anorganskih spojeva u poljoprivrednom zemljištu (kroz) / granična vrijednost sadržaja teških metala i drugih anorganskih spojeva x 100.

Za interpretaciju rezultata ispitivanja sadržaja teških metala i ostalih anorganskih spojeva u poljoprivrednom zemljištu koristit će se sljedeće klase i kriteriji u zavisnosti o stepenu onečišćenosti:

- a) **I Klasa** - čisto zemljište do 25%;
- b) **II Klasa** - blago onečišćeno zemljište 25-50%;
- c) **III Klasa** - srednje onečišćeno zemljište 50-100%;
- d) **IV Klasa** - onečišćeno zemljište preko 100%.

Prema utvrđenoj klasi onečišćenosti poljoprivrednog zemljišta teškim metalima i ostalim anorganskim spojevima, preporučuju se sljedeće mjere:

- a) I Klasa - nije potrebna dodatna mjera;
- b) II i III Klasa - Povećati preventivne mjere za sprečavanje unosa teških metala kroz poštovanje principa dobre poljoprivredne prakse;
- c) IV Klasa - Utvrditi porijeklo onečišćenja (prirodno ili djelovanjem čovjeka), provesti dodatna istraživanja, a na osnovu dobijenih rezultata predložiti potrebne mjere (sanacije, remedijacije, rekultivacije ili preporučiti biljne vrste za uzgoj).

U narednoj tabeli predstavljene su granične vrijednosti sadržaja organskih polutanata u tlu izraženo u mg/kg zrakosuhog tla.

Tabela 12. Granične vrijednosti postojanih organskih polutanata

Organske štetne i opasne tvari	Granične vrijednosti
Organski polutanti	
Pojedinačna i ukupna koncentracija policikličkih aromatskih ugljikovodonika - PAH	
Naftalen	0,1
Acenaftalen	0,1
Fluoren	0,1
Fenantren	0,2
Antracen	0,1
Fluoranten	0,2
Benzo (a)antracen	0,2
Benzo(a)piren	0,2
Benzo(b)fluoranten	0,2
Benzo(k)fluoranten	0,2
Benzo(g,h,i)perilen	0,2
Krizen	0,2
Dibenzo(a,h)antracen	0,1
Indeno(1,2,3,-c,d)piren	0,2
Piren	0,2
Ukupna koncentracija policikličkih aromatskih ugljikovodonika (PAH)	2
Ukupna koncentracija polikloriranih bifenila (PCB= PCB 28+PCB 52+PCB 101+PCB +118+PCB 138+PCB 153+PCB 180)	0,2

6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Radi determinacije sadržaja neorganskih i organskih polutanata, kao i utvrđivanja hemijskih i fizičkih osobina tla, izvršeno je uzorkovanje i laboratorijska analiza sljedećih uzoraka:

- površinski uzorci zemljišta sa dubine do 0-15 cm
(kod uzorka br.1 uzeti su uzorci sa dvije dubine od 0-15 i 15-30 cm)

6.1. UZORAK BR. 1 (k.č. 411. KO Podbrežje)

Na prvoj lokaciji uzeti su prosječni uzorci tla, sa dvije dubine i to sa dubine 0-15 i 15-30 cm da bi se ustanovilo da li je prisutno zagađenje i u donjem sloju tla. Ovaj lokalitet se nalazi na 355 m nadmorske visine zapadno od mjesta emisije i istočne je ekspozicije. Parcela je zapuštena i nalazi se u blizini individualnih kuća i ceste.

6.1.1. Ispitivanje tla prosječnih površinskih uzoraka od 0-15 cm i podpovršinskog od 15-30 cm

Na ovom lokalitetu urađena su detaljna istraživanja fizička i hemijska svojstva tla.

➤ Teksturni sastav tla

Tekstura tla ima određen uticaj na pristupačnost teških metala biljkama iz tla. Imajući ovo u vidu pri komentaranju rezultata uzimaju se u obzir granične vrijednosti za ove tipove tla.

Tabela br. 1 Mehanički sastav tla i teksturna oznaka

Oznaka uzorka tla Uz. 1 Podbrežje	Postotni sadržaj čestica tla sa promjerom u mm				Teksturna oznaka po Ehwald-u
	Krupni pijesak 2 - 0,2	Sitni pijesak 0,2 - 0,02	Prah 0,02 - 0,002	Glina < 0,002	
0-15 cm	6,33	35,27	28,70	29,70	Ilovača
15-30 cm	9,58	29,52	30,00	30,90	Ilovasta glinuša

Na osnovu procentualnog učešća pojedinih frakcija u uzorku, utvrđeno je da tlo pripada teksturnoj klasi ilovača i ilovasta glinuša.

➤ **Hemijska svojstva tla**

Rezultati istraživanja hemijskih osobina tla predstavljani su u narednoj tabeli

Tabela br. 2 Hemijske osobine tla

Naziv mjesta i broj uzorka	pH-vrijednost		Sadržaj CaCO_3 u %	Sadržaj humusa u %	Sadržaj ukupnog azota (N) u %	Sadržaj fiz. aktivnog u mg/100 g tla	
	H_2O	1M KCl-u				P_2O_5	K_2O
Podbriježe uz. 1							
0-15 cm	7,62	7,12	1,19	3,85	0,230	1,73	24,9
15-30 cm	7,66	7,02	0,98	3,88	0,258	2,34	21,1

Komentar:

Na osnovu rezultata laboratorijskih analiza možemo konstatovati da je tlo alkalne reakcije sa pH u vodi je u rasponu od 7,62 prva dubina do 7,66 druga dubina. Odnosno u KCl-u od 7,02 do 7,12. Sadržaj kalcijum karbonata CaCO_3 u %, u prvom uzorku iznosi 1,19 dok u drugom iznosi 0,98 % što ukazuje da je tlo slabo karbonatno. Sadržaj humusa u % kretao se od 3,85 % prva dubina do 3,88 % u drugoj dubini i ukazuje da je tlo srednje humozno. Sadržaj azota (N) kreće se od 0,230 do 0,258 i ukazuje da je tlo dobro obezbjeđeno ovim elementom.

Sadržaj fiziološki aktivnog fosfora P_2O_5 u mg/100 g tla kretao se u vrijednosti od 1,73 mg/100 g tla u prvom uzorku do 2,34 mg/100 g tla u drugom dubini sto ukazuje da je tlo slabo obezbjeđeno fosforom. Sadržaj fiziološki aktivnog kalija K_2O u mg/100 g tla kretao se u vrijednosti od 24,9 mg/100 g tla do 21,1 mg/100 g tla u drugoj dubini sto ukazuje da je tlo dobro obezbjeđeno kalijem.

Tabela br. 3 Sadržaj teških metala i sumpora u ukupnom obliku

UZORAK BR.1 (k.č. 411 KO Podbrežje)			
Teksturna oznaka po Ehwaldu	Dubina u cm		Granične vrijednosti (mg/kg tla)
	0-15	15-30	
Elementi u tlu (mg/kg tla)	(mg/kg tla)		ilovača+25%
Bakar (Cu)	42,67	39,33	81,25
Olovo (Pb)	99,20	107,13	100
Kadmij (Cd)	0,867	0,933	1,25
Cink (Zn)	155,05	146,27	187,5
Nikl (Ni)	115,53	108,57	62,50
Hrom (Cr)	115,53	126,23	100
Kobalt (Co)	19,57	20,20	56,25
Mangan (Mn)	1.887,33	1.269,17	1.250
Željezo (Fe) %	0,80	0,42	6,25 %
Arsen (As)	19,27	19,59	18,75
Živa (Hg)	0,140	0,127	1,25
Sumpor (S)	296	295	500

* Sadržaj pojedinih elemenata u tlu čije vrijednosti prelaze granične je označen crvenom bojom

S obzirom da je tlo na ovoj lokaciji alkalno, srednje humozno i blago karbonatno granične vrijednosti date u Pravilniku su povećane za 25%.

Komentar rezultata:

Sadržaj pojedinih elemenata u tlu čije vrijednosti prelaze granične vrijednosti je označen crvenom bojom. Uzimajući u obzir teksturni sastav tla, pH vrijednost tla, sadržaj karbonata u tlu i humoznost tla i granične vrijednosti sadržaja teških metala i organskih polutanata po Pravilniku pri komentarisanju rezultata može se zaključiti:

Sadržaj Cu, Pb, Cd, Zn, Co, Fe, Hg i S u ukupnom obliku kod ispitanih uzoraka tla je ispod granične vrijednosti za poljoprivredno tlo.

- Sadržaj nikla (Ni) u ukupnom obliku kod ispitanih uzoraka je 115,53 i 108,57 mg/kg tla, što ukazuje da se nalazi iznad dozvoljene granične vrijednosti. S obzirom da analiza tla reprezentira lokaciju uzorkovanja može se konstatovati da je uzorak broj 1. onečišćen ovim teškim metalom i da spada u IV klasa - onečišćeno zemljište.
- Sadržaj hroma (Cr) u ukupnom obliku kod ispitanih uzoraka iznosi 115,53 mg/kg i 126,23 mg/kg tla, što ukazuje da se nalazi iznad dozvoljene granične vrijednosti za poljoprivredno tlo i da spada u IV klasa - onečišćeno zemljište.
- Sadržaj mangana (Mn) u ukupnom obliku kod ispitanih uzoraka iznosi 1.887,33 i 1.269,17 mg/kg što ukazuje da se nalazi iznad dozvoljene granične vrijednosti za poljoprivredno tlo te spada u IV klasu – onečišćeno zemljište
- Sadržaj arsena (As) u ukupnom obliku kod ispitanih uzoraka iznosi 19,27 i 19,59 mg/kg neznatno je iznad dozvoljene granične vrijednosti od 18,75 mg/kg i spada u IV klasu onečišćeno zemljište.

Povišene koncentracije iznad graničnih vrijednosti evidentirane su za nikl (Ni), hrom (Cr) mangan (Mn) i arsen (As).

Koncentracije bakra (Cu), olovo (Pb), kadmija (Cd), zinka (Zn), kobalta (Co), željeza (Fe), žive (Hg), željeza (Fe) i sumpora (S) nalaze se unutar dozvoljenih granica, te ne ukazuju na značajnije opterećenje ovim elementima.

Na osnovu navedenog može se zaključiti da tlo na ovom lokalitetu spada u kategoriju kontaminiranog tla, s obzirom na to da pojedini elementi prelaze propisane granične vrijednosti, pri čemu posebno izražene vrijednosti pojedinih metala ukazuju na visok stepen antropogenog uticaja i potencijalni rizik za biljnu proizvodnju i lanac ishrane.

Na osnovu rezultata laboratorijskih analiza i izračunatog stepena onečišćenosti (So%), utvrđeno je da su na lokalitetu Podbriježje k.č. 411 prekoračene granične

Elaborat zagađenosti zemljišta organskim i neorganskim polutantima na području Grada Zenica za 2026. godina – Eko forum Zenica

vrijednosti za više elemenata (Ni), (Cr), (Mn) i (As), pri čemu se svi navedeni elementi svrstavaju u **IV klasu – onečišćeno zemljište** što ukazuje na značajno opterećenje tla i izražen antropogeni uticaj.

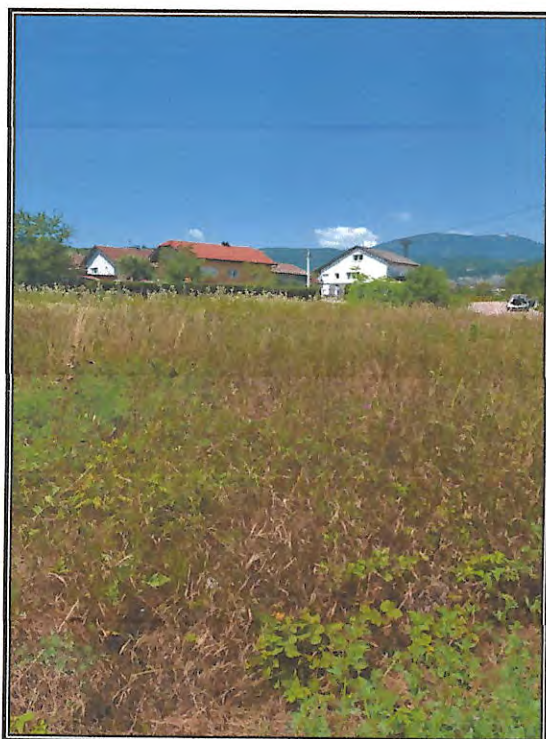
Tabela br. 4 Sadržaj PAH jedinjenja i PCB

Uz. br. 1 Lokalitet KO Podbrežje k.č. 411	0-15 cm	15-30 cm	Granična vrijednost (mg/kg suhog tla)
Ukupno PAH-ova	0,902	0,848	2
Sadržaj polihlorirani bifenila PCB	0,012	0,015	0,2

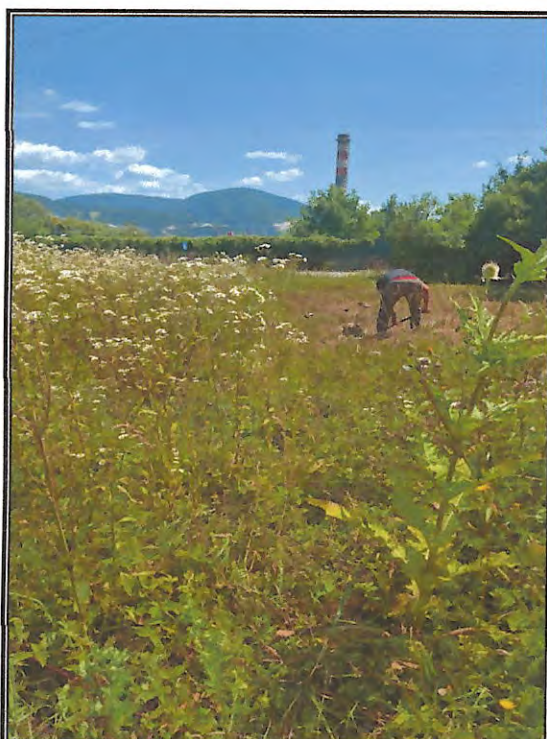
Sadržaj PAH jedinjenja i PCB, kod ovog uzorka tla je ispod granične vrijednosti za poljoprivredno tlo.

Slika 1

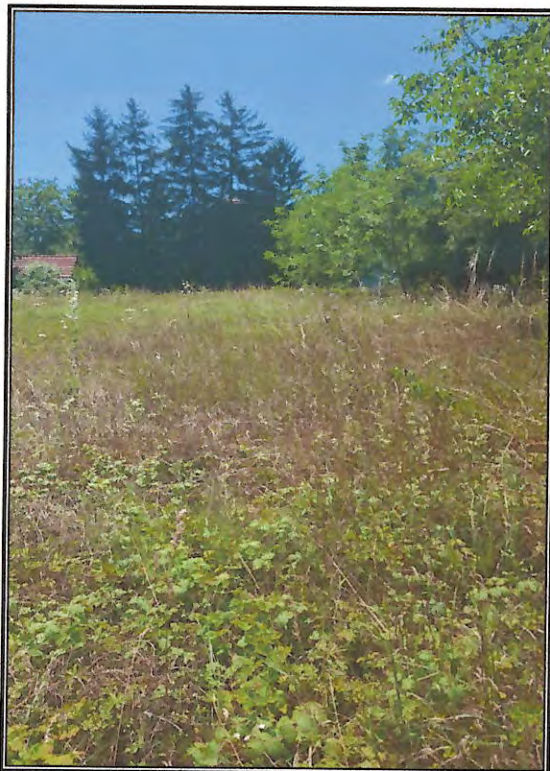




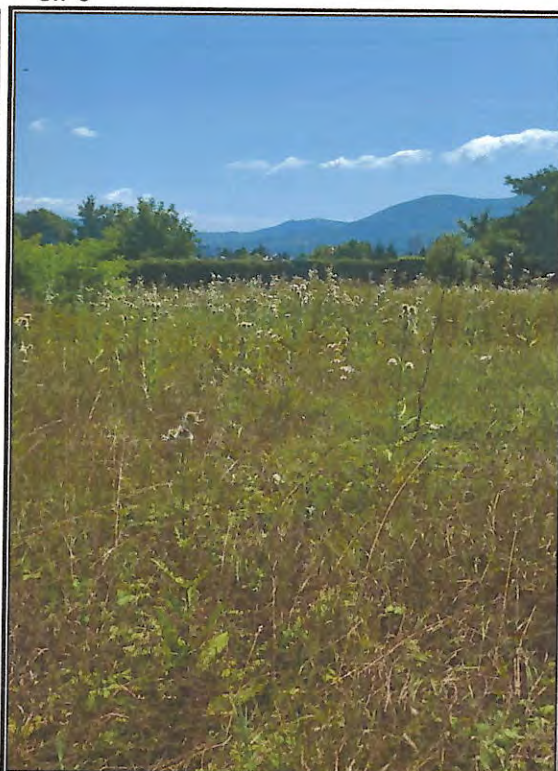
Sl. 2



Sl. 3



Sl. 4



Sl. 5

Slike 1, 2, 3, 4 i 5 Lokalizet uzorkovanje tla - k.č. 411 KO Podbrežje

Elaborat zagađenosti zemljišta organskim i neorganskim polutantima na području Grada Zenica za 2026. godina – Eko forum Zenica

6.2. UZORAK BR. 2 (k.č. 157. KO Podbrežje)

Na ovoj lokaciji uzet je prosječni uzorak tla, sa dubine 0-15 cm. Ovaj lokalitet se nalazi na 342 m nadmorske visine zapadno od mjesta emisije i istočne je ekspozicije. Parcela je po kulturi bašta i par stabala voća i nalazi se u blizini individualnih objekat

6.2.1. Ispitivanje tla prosječnih površinskih uzoraka od 0-15 cm i

Na ovom lokalitetu urađena su detaljna istraživanja fizička i hemijska svojstva tla.

➤ Teksturni sastav tla

Tekstura tla ima određen uticaj na pristupačnost teških metala biljkama iz tla. Imajući ovo u vidu pri komentarisanju rezultata uzimaju se u obzir granične vrijednosti za ove tipove tla.

Tabela br. 1 Mehanički sastav tla i teksturna oznaka

Oznaka uzorka tla Uz. 2 Podbriježje	Postotni sadržaj čestica tla sa promjerom u mm				Teksturna oznaka po Ehwald-u
	Krupni pijesak 2 - 0,2	Sitni pijesak 0,2 - 0,02	Prah 0,02 - 0,002	Glina < 0,002	
Dubina					
0-15 cm	5,21	25,09	32,20	37,50	Ilovasta glinuša

Na osnovu procentualnog učešća pojedinih frakcija u uzorku, utvrđeno je da tlo pripada teksturnoj klasi ilovasta glinuša.

➤ Hemijska svojstva tla

Rezultati istraživanja hemijskih osobina tla predstavljeni su u narednoj tabeli

Tabela br. 2 Hemijske osobine tla

Naziv mjesta i broj uzorka	pH-vrijednost		Sadržaj CaCO_3 u %	Sadržaj humusa u %	Sadržaj ukupnog azota (N) u %	Sadržaj fiz. aktivnog u mg/100 g tla	
	H_2O	1M KCl-u				P_2O_5	K_2O
Podbriježje Uz. 2							
0-15 cm	7,83	7,29	11,79	6,55	0,602	10,18	40,7

Komentar:

Na osnovu rezultata laboratorijskih analiza možemo konstatovati da je tlo alkalne reakcije sa pH u H_2O je u 7,83 odnosno sa pH u 1M KCl-u 7,29. Sadržaj kalcij karbonata (CaCO_3), je 11,79 %, što znači da je ispitano tlo jako karbonatno. Sadržaj humusa u tlu je 6,55 %, što ukazuje na jako humozno tlo. Sadržaj ukupnog azota (N) je 0,602 što ukazuje na dobru snabdjevenost. Sadržaj fiziološki aktivnog (pristupačnog) fosfora je 10,18 mg/100 g tla P_2O_5 , što ukazuje na srednju obezbijeđenost tla ovim elementom. Sadržaj fiziološki aktivnog (pristupačnog) kalija K_2O je 40,7 mg/100 g tla, što ukazuje na visoku obezbijeđenost tla ovim elementom.

Tabela br. 3 Sadržaj teških metala i sumpora u ukupnom obliku

UZORAK BR. 2 (k.č.157 KO Podbrežje)		
Teksturna oznaka po Ehwald-u	Dubina u cm	Granične vrijednosti (mg/kg tla)
Elementi u tlu (mg/kg)	0-15 cm	Ilovasta glinuša+25%
Bakar (Cu)	58,33	100
Olovo (Pb)	144,20	125
Kadmij (Cd)	1,300	1,875
Cink (Zn)	204,20	250
Nikal (Ni)	130,80	93,75
Hrom (Cr)	67,23	125
Kobalt (Co)	21,43	75
Mangan (Mn)	1.879,00	1.250
Željezo (Fe) %	0,81 %	6,25 %
Arsen (As)	23,90	25
Živa (Hg)	0,141	1,875
Sumpor (S)	394	625

* Sadržaj pojedinih elemenata u tlu čije vrijednosti prelaze granične je označen crvenom bojom

S obzirom da je tlo na ovoj lokaciji alkalno, jako humozno i jako karbonatno granične vrijednosti date u Pravilniku su povećane za 25 %.

Komentar rezultata

Sadržaj Cu, Cd, Zn, Cr, Co, Fe, As, Hg i S u ukupnom obliku kod ispitanih uzoraka tla je ispod granične vrijednosti za poljoprivredno tlo.

- Sadržaj olova (Pb) u ukupnom obliku kod ispitanih uzoraka je 144,20 mg/kg tla, što ukazuje da prelazi graničnu vrijednost i da spada u IV klasu - onečišćeno zemljište.
- Sadržaj nikla (Ni) u ukupnom obliku kod ispitanih uzoraka je 130,80 mg/kg tla, što ukazuje da prelazi graničnu vrijednost i da spada u IV klasu - onečišćeno zemljište.
- Sadržaj mangana (Mn) u ukupnom obliku kod ispitanih uzoraka iznosi 1.879,00 mg/kg što ukazuje da se nalazi iznad dozvoljene granične vrijednosti za poljoprivredno tlo te spada u IV klasu – onečišćeno zemljište

Povišene koncentracije iznad graničnih vrijednosti evidentirane su za olovo (Pb) nikl (Ni) i mangan (Mn).

Koncentracije bakra (Cu), kadmija (Cd), zinka (Zn), kobalta (Co), arsena (As), žive (Hg), željeza (Fe) i sumpora (S) nalaze se unutar dozvoljenih granica, te ne ukazuju na značajnije opterećenje ovim elementima.

Na osnovu navedenog može se zaključiti da tlo na ovom lokalitetu spada u kategoriju kontaminiranog tla, s obzirom na to da pojedini elementi prelaze propisane granične vrijednosti, pri čemu posebno izražene vrijednosti pojedinih metala ukazuju na visok stepen antropogenog uticaja i potencijalni rizik za biljnu proizvodnju i lanac ishrane.

Na osnovu rezultata laboratorijskih analiza i izračunatog stepena onečišćenosti (So%), utvrđeno je da su na lokalitetu Podbriježje k.č. 157 prekoračene granične vrijednosti za više elemenata (Pb), (Ni) i (Mn), pri čemu se svi navedeni elementi svrstavaju u **IV klasu – onečišćeno zemljište** što ukazuje na značajno opterećenje tla i izražen antropogeni uticaj.

Tabela br. 4 Sadržaj PAH jedinjenja i PCB

Uz. br. 2 Lokalitet KO Podbrežje k.č. 157	Dubina 0-15 cm	Granična vrijednost (mg/kg suhog tla)
Ukupno PAH-ova	0,775	2
Sadržaj polihlorirani bifenila PCB	0,024	0,2

Sadržaj PAH jedinjenja i PCB, kod ovog uzorka tla je ispod granične vrijednosti za poljoprivredno tlo.



Slika 1



Slika 2



Slika 3

Sl. 1, 2 i 3. Lokalitet uzorkovanja tla - k.č. 157 KO Podbrežje

6.3. UZORAK BR.3 (k.č. 20 KO Podbrežje)

Lokalitet se nalazi na 346 m nadmorske visine zapadno od centra emisije istočne je ekspoziције. Pacela je po kulturi njiva i graniči sa voćnjakom.

6.3.1. Ispitivanje tla prosječnih površinskih uzoraka od 0-15 cm**➤ Teksturni sastav tla**

Na osnovu procentualnog sastava pojedinih čestica ovo tlo pripada teksturnoj klasi llovača

Tabela br. 1 Mehanički sastav tla i teksturna oznaka

Oznaka uzorka tla Uz. 3 Podbriježje Dubina	Postotni sadržaj čestica tla sa promjerom u mm				Teksturna oznaka po Ehwald-u
	Krupni pijesak 2 - 0,2	Sitni pijesak 0,2 - 0,02	Prah 0,02 - 0,002	Glina < 0,002	
0-15 cm	3,06	36,34	35,30	25,30	llovača

➤ Hemijska svojstva tla

Rezultati istraživanja hemijskih osobina tla predstavljeni su u narednoj tabeli

Tabela br. 2. Hemijske osobine tla

Naziv mjesta i broj uzorka	pH-vrijednost		Sadržaj CaCO_3 u %	Sadržaj humusa u %	Sadržaj ukupnog azota (N) u %	Sadržaj fiz. aktivnog u mg/100 g tla	
	H_2O	1M KCl-u				P_2O_5	K_2O
Podbriježje Uz. 3 0-15 cm	7,62	6,97	6,36	9,64	0,338	1,75	30,2

Komentar:

Na osnovu rezultata laboratorijskih analiza možemo konstatovati da je tlo alkalne reakcije sa pH u H_2O je u 7,62 odnosno sa pH u 1M KCl-u 6,97. Sadržaj kalcij karbonata (CaCO_3), je 6,36 %, što znači da je ispitano tlo srednje karbonatno. Sadržaj humusa u tlu je 9,64 %, što ukazuje na jako humozno tlo. Sadržaj ukupnog azota (N) je 0,338 % što ukazuje na dobru snabdjevenost. Sadržaj fiziološki aktivnog (pristupačnog) fosfora je 1,75 mg/100 g tla P_2O_5 , što ukazuje na vrlo nisku obezbijedenost tla ovim elementom. Sadržaj fiziološki aktivnog (pristupačnog) kalija K_2O je 30,2 mg/100 g tla, što ukazuje na visoku obezbijedenost tla ovim elementom.

Tabela br. 3 Sadržaj teških metala i sumpora u ukupnom obliku

UZORAK BR. 3 (k.č. 20 KO Podbrežje)		
Teksturna oznaka po Ehwald-u	Dubina u cm	Granične vrijednosti (mg/kg tla)
Elementi u tlu (mg/kg)	0-15 cm	ilovača+25%
Bakar (Cu)	60,00	81,25
Olovo (Pb)	212,03	100
Kadmij (Cd)	1,567	1,25
Cink (Zn)	223,35	187,5
Nikal (Ni)	147,83	62,5
Hrom (Cr)	112,87	100
Kobalt (Co)	24,37	56,25
Mangan (Mn)	2.059,00	1.250
Željezo (Fe) %	0,82	6,25 %
Arsen (As)	24,74	18,75
Živa (Hg)	0,128	1,25
Sumpor (S)	473	500

* Sadržaj pojedinih elemenata u tlu čije vrijednosti prelaze granične je označen crvenom bojom

S obzirom da je tlo na ovoj lokaciji alkalno, jako humozno i slabo karbonatno granične vrijednosti date u Pravilniku su povećane za 25%.

Komentar rezultata:

Sadržaj Cu, Co, Fe, Hg i S u ukupnom obliku kod ispitanih uzoraka tla je ispod granične vrijednosti za poljoprivredno tlo.

- Sadržaj olova (Pb) u ukupnom obliku kod ispitanog uzorka je 212,03 mg/kg tla, što ukazuje da se nalazi iznad dozvoljene granične vrijednosti i spada u IV klasu - onečišćeno zemljište.
- Sadržaj kadmija (Cd) u ukupnom obliku kod ispitanog uzorka je 1,567 mg/kg tla, što ukazuje da se nalazi neznatno iznad dozvoljene granične vrijednosti i spada u IV klasu - onečišćeno zemljište.
- Sadržaj cinka (Zn) u ukupnom obliku kod ispitanog uzorka je 223,35 mg/kg tla, što ukazuje da se nalazi iznad dozvoljene granične vrijednosti i spada u IV klasu - onečišćeno zemljište.
- Sadržaj nikla (Ni) u ukupnom obliku kod ispitanog uzorka je 147,83 mg/kg tla, što ukazuje da se nalazi iznad dozvoljene granične vrijednosti i spada u IV klasu - onečišćeno zemljište.
- Sadržaj hroma (Cr) u ukupnom obliku kod ispitanog uzorka je 112,87 mg/kg tla, što ukazuje da se nalazi iznad dozvoljene granične vrijednosti i spada u IV klasu - onečišćeno zemljište.

- Sadržaj mangana (Mn) u ukupnom obliku kod ispitanog uzorka je 2.059,00 mg/kg tla, što ukazuje da se nalazi iznad dozvoljene granične vrijednosti i spada u IV klasu - onečišćeno zemljište.
- Sadržaj arsena (As) u ukupnom obliku kod ispitanog uzorka je 24,74 mg/kg tla, što ukazuje da se nalazi iznad dozvoljene granične vrijednosti i spada u IV klasu - onečišćeno zemljište.

Povišene koncentracije iznad graničnih vrijednosti evidentirane su za olovo (Pb), kadmij (Cd), cink (Zn), nikl (Ni), hrom (Cr), mangan (Mn) i arsen (As).

Koncentracije bakra (Cu), kobalta (Co), željeza (Fe), žive (Hg) i sumpora (S) nalaze se unutar dozvoljenih granica, te ne ukazuju na značajnije opterećenje ovim elementima.

Na osnovu navedenog može se zaključiti da tlo na ovom lokalitetu spada u kategoriju kontaminiranog tla, s obzirom na to da pojedini elementi prelaze propisane granične vrijednosti, pri čemu posebno izražene vrijednosti pojedinih metala ukazuju na visok stepen antropogenog uticaja i potencijalni rizik za biljnu proizvodnju i lanac ishrane.

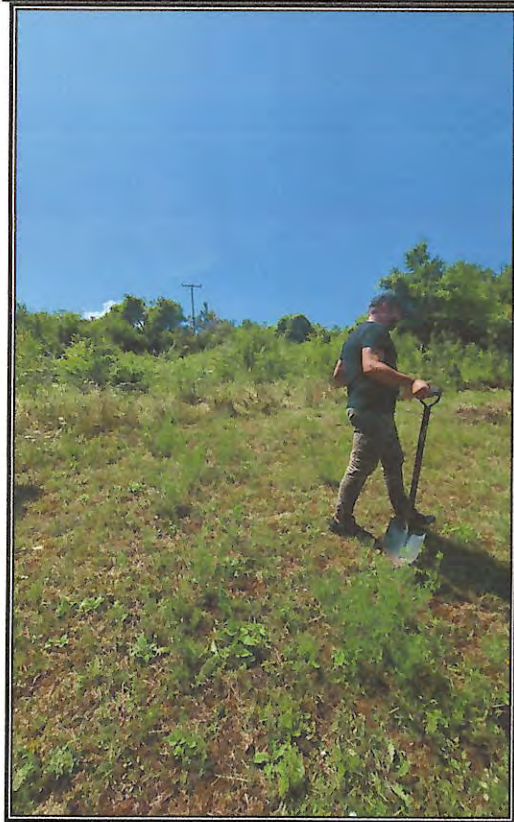
Na osnovu rezultata laboratorijskih analiza i izračunatog stepena onečišćenosti (So%), utvrđeno je da su na lokalitetu Podbriježje k.č. 20 prekoračene granične vrijednosti za više elemenata (Pb, Cd, Zn, Ni, Cr, Mn i As) pri čemu se svi navedeni elementi svrstavaju u **IV klasu – onečišćeno zemljište** što ukazuje na značajno opterećenje tla i izražen antropogeni uticaj.

Tabela br. 4 Sadržaj PAH jedinjenja i PCB

Uz.br. 3 Lokalitet KO Podbrežje k.č. 20	Dubina 0-15 cm	Granična vrijednost (mg/kg suhog tla)
Ukupno PAH-ova	0,853	2
Sadržaj polihlorirani bifenila PCB	0,017	0,2

Sadržaj PAH jedinjenja i PCB, kod ovog uzorka tla je ispod granične vrijednosti za poljoprivredno tlo.

Slika 1



Slika 2



Slika 3

Sl. 1, 2 i 3. Lokalizacija uzorkovanja tla - k.č. 20 KO Podbrežje

6.4. UZORAK BR. 4 (k.č. 174 KO Zenica III)

Lokalitet se nalazi zapadno od centra emisije, istočne ekspozicije, na nadmorskoj visini od 350 m. Predmetna parcela predstavlja uski pojas uz cestu.

6.4.1. Ispitivanje tla prosječnih površinskih uzoraka od 0-15 cm**➤ Teksturni sastav tla**

Na osnovu procentualnog sastava pojedinih čestica ovo tlo pripada teksturnoj klasi llovača

Tabela br. 1 Mehanički sastav tla i teksturna oznaka

Oznaka uzorka tla Uz. 4 Zenica III Dubina	Postotni sadržaj čestica tla sa promjerom u mm				Teksturna oznaka po Ehwald-u
	Krupni pijesak 2 - 0,2	Sitni pijesak 0,2 - 0,02	Prah 0,02 - 0,002	Glina < 0,002	
0-15 cm	15,34	34,06	22,30	28,30	llovača

➤ Hemijska svojstva tla

Rezultati istraživanja hemijskih osobina tla predstavljeni su u narednoj tabeli

Tabela br. 2. Hemijske osobine tla

Naziv mjesta i broj uzorka	pH-vrijednost		Sadržaj CaCO_3 u %	Sadržaj humusa u %	Sadržaj ukupnog azota (N) u %	Sadržaj fiz. aktivnog u mg/100 g tla	
	H_2O	1M KCl-u				P_2O_5	K_2O
Zenica III Uz. 4 0-15 cm	7,72	7,35	8,21	5,42	0,267	19,55	54,5

Komentar:

Na osnovu rezultata laboratorijskih analiza možemo konstatovati da je tlo alkalne reakcije sa pH u H_2O je u 7,72 odnosno sa pH u 1M KCl-u 7,35. Sadržaj kalcij karbonata (CaCO_3), je 8,21 %, što znači da je ispitano tlo srednje karbonatno. Sadržaj humusa u tlu je 5,42 %, što ukazuje na jako humozno tlo. Sadržaj ukupnog azota (N) je 0,267 što ukazuje na dobru snabdjevenost. Sadržaj fiziološki aktivnog (pristupačnog) fosfora je 19,55 mg/100 g tla P_2O_5 , što ukazuje na srednju obezbijeđenost tla ovim elementom. Sadržaj fiziološki aktivnog (pristupačnog) kalija K_2O je 54,5 mg/100 g tla, što ukazuje na visoku obezbijeđenost tla ovim elementom.

Tabela br. 3. Sadržaj teških metala i sumpora u ukupnom obliku

UZORAK BR. 4 (k.č. 174 KO Zenica III)		
Teksturna oznaka po Ehwald-u	Dubina u cm	Granične vrijednosti (mg/kg tla)
Elementi u tlu (mg/kg tla)	0-15 cm	ilovača+25%
Bakar (Cu)	36,67	81,25
Olovo (Pb)	82,07	100
Kadmij (Cd)	0,767	1,25
Cink (Zn)	123,75	187,5
Nikal (Ni)	135,20	62,5
Hrom (Cr)	66,07	100
Kobalt (Co)	17,73	56,25
Mangan (Mn)	1.697,67	1.250
Željezo (Fe) %	0,78 %	6,25 %
Arsen (As)	16,99	18,75
Živa (Hg)	0,123	1,25
Sumpor (S)	389	500

* Sadržaj pojedinih elemenata u tlu čije vrijednosti prelaze granične je označen crvenom bojom

S obzirom da je tlo na ovoj lokaciji alkalno, jako humozno i srednje karbonatno granične vrijednosti date u Pravilniku su povećane za 25%.

Komentar rezultata:

Sadržaj Cu, Pb, Cd, Zn, Cr, Co, Fe, As, Hg i S u ukupnom obliku kod ispitanih uzoraka tla je ispod granične vrijednosti za poljoprivredno tlo.

- Sadržaj nikla (Ni) u ukupnom obliku kod ispitanih uzoraka je 135,20 mg/kg tla, što ukazuje da prelazi graničnu vrijednost i da spada u IV klasu - onečišćeno zemljište.
- Sadržaj mangana (Mn) u ukupnom obliku kod ispitanih uzoraka iznosi 1.697,67 mg/kg tla što ukazuje da se nalazi iznad dozvoljene granične vrijednosti za poljoprivredno tlo te spada u IV klasu - onečišćeno zemljište

Povišene koncentracije iznad graničnih vrijednosti evidentirane su za nikl (Ni) i mangan (Mn).

Koncentracije bakra (Cu), olova (Pb), kadmija (Cd), zinka (Zn), hroma (Hr), kobalta (Co), Željeza (Fe), arsena (As), žive (Hg) i sumpora (S) nalaze se unutar dozvoljenih granica, te ne ukazuju na značajnije opterećenje ovim elementima.

Na osnovu navedenog može se zaključiti da tlo na ovom lokalitetu spada u kategoriju kontaminiranog tla, s obzirom na to da pojedini elementi prelaze propisane granične vrijednosti, pri čemu posebno izražene vrijednosti pojedinih

metala ukazuju na visok stepen antropogenog uticaja i potencijalni rizik za biljnu proizvodnju i lanac ishrane.

Na osnovu rezultata laboratorijskih analiza i izračunatog stepena onečišćenosti (So%), utvrđeno je da su na lokalitetu Zenica III k.č. 174 prekoračene granične vrijednosti za više elemenata (Ni) i (Mn), pri čemu se svi navedeni elementi svrstavaju u **IV klasu – onečišćeno zemljište** što ukazuje na značajno opterećenje tla i izražen antropogeni uticaj.

Tabela br. 4 Sadržaj PAH jedinjenja i PCB

Uz. br. 4 Lokalitet KO Zenica III k.č. 174	Dubina 0-15 cm	Granična vrijednost (mg/kg suhog tla)
Ukupno PAH-ova	1,181	2
Sadržaj polihlorirani bifenila PCB	0,022	0,2

Sadržaj PAH jedinjenja i PCB, kod ovog uzorka tla je ispod granične vrijednosti za poljoprivredno tlo.



Slika. 1. Lokalitet uzorkovanja tla - k.č. 174 KO Zenica III

6.5. UZORAK BR.5 (k.č. 2295 KO Gradišće)

Lokalitet se nalazi zapadno od centra emisije, istočne ekspozicije, na nadmorskoj visini od 348 m. Predmetna parcelapo kulturi je bašta i okućnica.

6.5.1. Ispitivanje tla prosječnih površinskih uzoraka od 0-15 cm**➤ Teksturni sastav tla**

Na osnovu procentualnog sastava pojedinih čestica ovo tlo pripada teksturnoj klasi llovača

Tabela br. 1 Mehanički sastav tla i teksturna oznaka

Oznaka uzorka tla Uz. 5 Gradišće	Postotni sadržaj čestica tla sa promjerom u mm				Teksturna oznaka po Ehwald-u
	Krupni pijesak 2 - 0,2	Sitni pijesak 0,2 - 0,02	Prah 0,02 - 0,002	Glina < 0,002	
Dubina					
0-15 cm	10,52	31,98	28,90	28,60	llovača

➤ Hemijska svojstva tla

Rezultati istraživanja hemijskih osobina tla predstavljeni su u narednoj tabeli

Tabela br. 2. Hemijske osobine tla

Naziv mjesta i broj uzorka	pH-vrijednost		Sadržaj CaCO_3 u %	Sadržaj humusa u %	Sadržaj ukupnog azota (N) u %	Sadržaj fiz. aktivnog u mg/100 g tla	
	H_2O	1M KCl-u				P_2O_5	K_2O
Gradišće Uz. 5							
0-15 cm	7,51	7,00	5,48	4,86	0,436	50,79	47,1

Komentar:

Na osnovu rezultata laboratorijskih analiza možemo konstatovati da je tlo blago alkalne reakcije sa pH u H_2O je u 7,51 odnosno sa pH u 1M KCl-u 7,00. Sadržaj kalcij karbonata (CaCO_3), je 5,48 %, što znači da je ispitano tlo srednje karbonatno. Sadržaj humusa u tlu je 4,86 %, što ukazuje na jako humozno tlo. Sadržaj ukupnog azota (N) je 0,436 % što ukazuje na dobru snabdjevenost. Sadržaj fiziološki aktivnog (pristupačnog) fosfora je 50,79 mg/100 g tla P_2O_5 , što ukazuje na visoku obezbijeđenost tla ovim elementom. Sadržaj fiziološki aktivnog (pristupačnog) kalija K_2O je 47,1 mg/100 g tla, što ukazuje na visoku obezbijeđenost tla ovim elementom.

Tabela br. 3 Sadržaj teških metala i sumpora u ukupnom obliku

UZORAK BR. 5 (k.č. 2295 KO Gradišće)		
Teksturna oznaka po Ehwald-u	Dubina u cm	Granične vrijednosti (mg/kg tla)
Elementi u tlu (mg/kg tla)	0-15 cm	ilovača+25%
Bakar (Cu)	51,33	81,25
Olovo (Pb)	165,30	100
Kadmij (Cd)	1,167	1,25
Cink (Zn)	207,77	187,5
Nikal (Ni)	84,10	62,5
Hrom (Cr)	75,30	100
Kobalt (Co)	26,90	56,25
Mangan (Mn)	1.625,67	1.250
Željezo (Fe) %	0,80 %	6,25 %
Arsen (As)	17,54	18,75
Živa (Hg)	0,377	1,25
Sumpor (S)	448	500

* Sadržaj pojedinih elemenata u tlu čije vrijednosti prelaze granične je označen crvenom bojom

S obzirom da je tlo na ovoj lokaciji alkalno, humozno i blago karbonatno granične vrijednosti date u Pravilniku su povećane za 25%.

Komentar rezultata:

Sadržaj Cu, Cd, Cr, Co, Fe, As, Hg i S u ukupnom obliku kod ispitanih uzoraka tla je ispod granične vrijednosti za poljoprivredno tlo.

- Sadržaj olova (Pb) u ukupnom obliku kod ispitanih uzoraka je 165,30 mg/kg tla, što ukazuje da prelazi graničnu vrijednost i da spada u IV klasu - onečišćeno zemljište.
- Sadržaj cinka (Zn) u ukupnom obliku kod ispitanih uzoraka je 207,77 mg/kg tla, što ukazuje da prelazi graničnu vrijednost i da spada u IV klasu - onečišćeno zemljište.
- Sadržaj nikla (Ni) u ukupnom obliku kod ispitanih uzoraka je 84,10 mg/kg tla, što ukazuje da prelazi graničnu vrijednost i da spada u IV klasu - onečišćeno zemljište.
- Sadržaj mangana (Mn) u ukupnom obliku kod ispitanih uzoraka iznosi 1.625,67 mg/kg što ukazuje da se nalazi iznad dozvoljene granične vrijednosti za poljoprivredno tlo te spada u IV klasu – onečišćeno zemljište

Povišene koncentracije iznad graničnih vrijednosti evidentirane su za olovo (Pb), cink (Zn), nikl (Ni) i mangan (Mn).

Koncentracije bakra (Cu), kadmija (Cd), kobalta (Co), željeza (Fe), arsena (As), žive (Hg) i sumpora (S) nalaze se unutar dozvoljenih granica, te ne ukazuju na značajnije opterećenje ovim elementima.

Na osnovu navedenog može se zaključiti da tlo na ovom lokalitetu spada u kategoriju kontaminiranog tla, s obzirom na to da pojedini elementi prelaze propisane granične vrijednosti, pri čemu posebno izražene vrijednosti pojedinih metala ukazuju na visok stepen antropogenog uticaja i potencijalni rizik za biljnu proizvodnju i lanac ishrane.

Na osnovu rezultata laboratorijskih analiza i izračunatog stepena onečišćenosti (So%), utvrđeno je da su na lokalitetu Gradišće k.č. 2295 prekoračene granične vrijednosti za više elemenata (Pb), (Zn), (Ni) i (Mn), pri čemu se svi navedeni elementi svrstavaju u **IV klasu – onečišćeno zemljište** što ukazuje na značajno opterećenje tla i izražen antropogeni uticaj.

Tabela br. 4 Sadržaj PAH jedinjenja i PCB

Uz.br.5 Lokalitet KO Gradišće k.č. 2295	Dubina 0-15 cm	Granična vrijednost (mg/kg suhog tla)
Ukupno PAH-ova	0,438	2
Sadržaj polihlorirani bifenila PCB	0,015	0,2

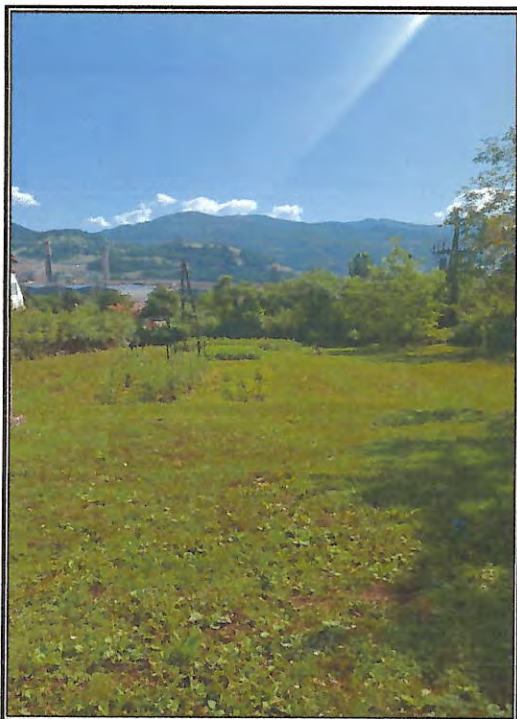
Sadržaj PAH jedinjenja i PCB, kod ovog uzorka tla je ispod granične vrijednosti za poljoprivredno tlo.



Sl. 1



Sl.2



Sl.3



Sl. 4

Slika. 1, 2, 3 i 4 Lokalitet uzorkovanja tla - k.č. 2295 KO Gradišće

6.6. UZORAK BR. 6 (k.č. 119 KO Zenica III)

Lokalitet se nalazi zapadno od centra emisije, istočne ekspozicije, na nadmorskoj visini od 356 m. Predmetna parcelapo kulturi je zarasla livada - u blizini fudbalskog terena.

6.6.1. Ispitivanje tla prosječnih površinskih uzoraka od 0-15 cm

➤ Teksturni sastav tla

Na osnovu procentualnog sastava pojedinih čestica ovo tlo pripada teksturnoj klasi Ilovača

Tabela br. 1 Mehanički sastav tla i teksturna oznaka

Oznaka uzorka tla Uz. 6 Zenica III	Postotni sadržaj čestica tla sa promjerom u mm				Teksturna oznaka po Ehwald-u
	Krupni pijesak 2 - 0,2	Sitni pijesak 0,2 - 0,02	Prah 0,02 - 0,002	Glina < 0,002	
Dubina					
0-15 cm	6,15	35,75	40,20	17,90	Ilovača

➤ Hemijska svojstva tla

Rezultati istraživanja hemijskih osobina tla predstavljeni su u narednoj tabeli

Tabela br. 2 Hemijske osobine tla

Naziv mjesta i broj uzorka	pH-vrijednost		Sadržaj CaCO ₃ u %	Sadržaj humusa u %	Sadržaj ukupnog azota (N) u %	Sadržaj fiz. aktivnog u mg/100 g tla	
	H ₂ O	1M KCl-u				P ₂ O ₅	K ₂ O
Zenica III Uz. 6							
0-15 cm	6,45	5,99	-	5,24	0,502	5,23	26,4

Komentar:

Na osnovu rezultata laboratorijskih analiza možemo konstatovati da je tlo slabo kisele reakcije sa pH u H₂O je u 6,45 odnosno sa pH u 1M KCl-u 5,99. Sadržaj kalcij karbonata (CaCO₃) nije detektovan. Sadržaj humusa u tlu je 5,24 %, što ukazuje na jako humozno tlo. Sadržaj ukupnog azota (N) je 0,502 % što ukazuje na dobru snabdjevenost. Sadržaj fiziološki aktivnog (pristupačnog) fosfora je 5,23 mg/100 g tla P₂O₅, što ukazuje na nisku obezbijeđenost tla ovim elementom. Sadržaj fiziološki aktivnog (pristupačnog) kalija K₂O je 26,4 mg/100 g tla, što ukazuje na dobru obezbijeđenost tla ovim elementom.

Tabela 3. Sadržaj teških metala i sumpora u ukupnom obliku

UZORAK BR. 6 (k.č. 119 KO Zenica III)		
Teksturna oznaka po Ehwald-u	Dubina u cm	Granične vrijednosti (mg/kg tla)
Elementi u tlu (mg/kg tla)	0-15 cm	ilovača
Bakar (Cu)	46,33	65
Olovo (Pb)	59,37	80
Kadmij (Cd)	0,500	1,00
Cink (Zn)	104,60	150
Nikal (Ni)	108,23	50
Hrom (Cr)	112,97	80
Kobalt (Co)	29,30	45
Mangan (Mn)	1.587,0	1.000
Željezo (Fe) %	0,79 %	5,0 %
Arsen (As)	16,84	15
Živa (Hg)	0,136	1,0
Sumpor (S)	368	400

* Sadržaj pojedinih elemenata u tlu čije vrijednosti prelaze granične je označen crvenom bojom

Komentar rezultata:

Sadržaj Cu, Pb, Cd, Zn, Co, Fe, Hg i S u ukupnom obliku kod ispitanih uzoraka tla je ispod granične vrijednosti za poljoprivredno tlo.

- Sadržaj nikla (Ni) u ukupnom obliku kod ispitanih uzoraka je 108,23 mg/kg tla, što ukazuje da prelazi graničnu vrijednost i da spada u IV klasu - onečišćeno zemljište.
- Sadržaj hroma (Cr) u ukupnom obliku kod ispitanih uzoraka je 112,97 mg/kg tla, što ukazuje da prelazi graničnu vrijednost i da spada u IV klasu - onečišćeno zemljište.
- Sadržaj mangana (Mn) u ukupnom obliku kod ispitanih uzoraka iznosi 1.587,0 mg/kg tla što ukazuje da se nalazi iznad dozvoljene granične vrijednosti za poljoprivredno tlo te spada u IV klasu - onečišćeno zemljište
- Sadržaj arsena (As) u ukupnom obliku kod ispitanih uzoraka je 16,84 mg/kg tla, što ukazuje da prelazi graničnu vrijednost i da spada u IV klasu -onečišćeno zemljište.

Povišene koncentracije iznad graničnih vrijednosti evidentirane su za nikl (Ni), hrom (Cr), mangan (Mn) i arsen (As).

Koncentracije bakra (Cu), olova (Pb), kadmija (Cd), cinka (Zn), kobalta (Co), željeza (Fe), žive (Hg) i sumpora (S) nalaze se unutar dozvoljenih granica, te ne ukazuju na značajnije opterećenje ovim elementima.

Na osnovu navedenog može se zaključiti da tlo na ovom lokalitetu spada u kategoriju kontaminiranog tla, s obzirom na to da pojedini elementi prelaze propisane granične vrijednosti, pri čemu posebno izražene vrijednosti pojedinih metala ukazuju na visok stepen antropogenog uticaja i potencijalni rizik za biljnu proizvodnju i lanac ishrane.

Na osnovu rezultata laboratorijskih analiza i izračunatog stepena onečišćenosti (So%), utvrđeno je da su na lokalitetu Zenica III k.č. 119 prekoračene granične vrijednosti za više elemenata (Ni), (Cr), (Mn) i (As) pri čemu se svi navedeni elementi svrstavaju u **IV klasu – onečišćeno zemljište** što ukazuje na značajno opterećenje tla i izražen antropogeni uticaj.

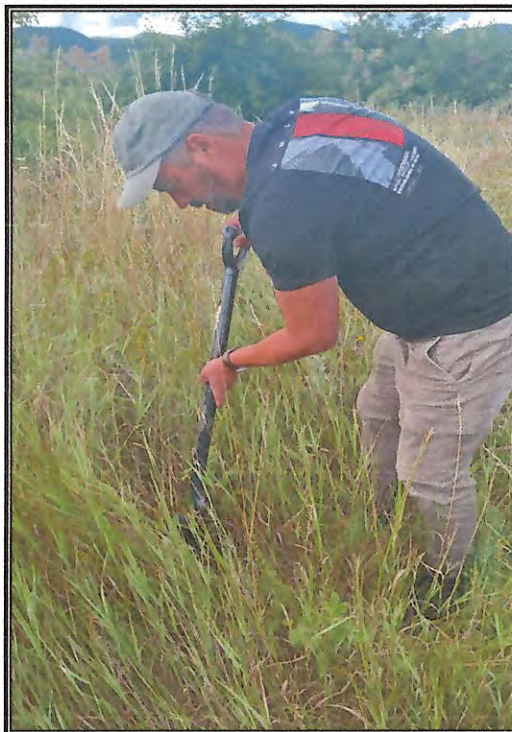
Tabela br. 4 Sadržaj PAH jedinjenja i PCB

Uz. br.6 Lokalitet KO Zenica III k.č. 119	Dubina 0-15 cm	Granična vrijednost (mg/kg suhog tla)
Ukupno PAH-ova	0,385	2
Sadržaj polihlorirani bifenila PCB	0,019	0,2

Sadržaj PAH jedinjenja i PCB, kod ovog uzorka tla je ispod granične vrijednosti za poljoprivredno tlo.



Sl. 1



Sl.2



Sl. 3



Sl. 4

Slika. 1, 2, 3 i 4 Lokaliitet uzorkovanja tla - k.č. 119 KO Zenica III

6.7. UZORAK BR.7 (k.č. 782 KO Gradišće)

Uzorak tla koji je prema planu trebao uzeti na predmetnoj parceli k.č. 773 KO Gradišće, nije bilo moguće uzeti na navedenoj lokaciji, s obzirom na to da vlasnici parcele nisu odobrili pristup. Iz tog razloga, uzorak je uzet na susjednoj parceli, kao najbližoj odgovarajućoj lokaciji k.č. 782 KO Gradišće.

Ovaj lokalitet se nalazi zapadno od centra emisije, na 546 m nadmorske visine i istočne je ekspozicije. Predmetna parcela se vodi kao lokalno mezarje.

6.7.1. Ispitivanje tla prosječnih površinskih uzoraka od 0-15 cm**➤ Teksturni sastav tla**

Na osnovu procentualnog sastava pojedinih čestica ovo tlo pripada teksturnoj klasi llovača

Tabela br. 1 Mehanički sastav tla i teksturna oznaka

Oznaka uzorka tla Uz. 7 Gradišće	Postotni sadržaj čestica tla sa promjerom u mm				Teksturna oznaka po Ehwald-u
	Krupni pijesak 2 - 0,2	Sitni pijesak 0,2 - 0,02	Prah 0,02 - 0,002	Glina < 0,002	
Dubina					
0-15 cm	4,84	26,66	38,60	29,90	llovača

➤ Hemijska svojstva tla

Rezultati istraživanja hemijskih osobina tla predstavljeni su u narednoj tabeli

Tabela br. 2 Hemijske osobine tla

Naziv mjesta i broj uzorka	pH-vrijednost		Sadržaj CaCO_3 u %	Sadržaj humusa u %	Sadržaj ukupnog azota (N) u %	Sadržaj fiz. aktivnog u mg/100 g tla	
	H_2O	1M KCl-u				P_2O_5	K_2O
Gradišće Uz. 7							
0-15 cm	7,19	6,65	4,48	7,90	0,388	13,42	54,4

Komentar:

Na osnovu rezultata laboratorijskih analiza možemo konstatovati da je tlo neutralne do blago alkalne reakcije sa pH u H_2O je u 7,19 odnosno sa pH u 1M KCl-u 6,65. Sadržaj kalcij karbonata (CaCO_3), je 4,48 %, što znači da je ispitano tlo slabo karbonatno. Sadržaj humusa u tlu je 7,90 %, što ukazuje na jako humozno tlo. Sadržaj ukupnog azota (N) je 0,388 % što ukazuje na dobru snabdjevenost. Sadržaj fiziološki aktivnog (pristupačnog) fosfora je 13,42 mg/100 g tla P_2O_5 , što ukazuje na srednju obezbijeđenost tla ovim elementom. Sadržaj fiziološki aktivnog (pristupačnog) kalija K_2O je 54,4 mg/100 g tla, što ukazuje na dobru obezbijeđenost tla ovim elementom.

Tabelabr. 3 Sadržaj teških metala i sumpora u ukupnom obliku

UZORAK BR. 7 (k.č. 782 KO Gradišće)		
Teksturna oznaka po Ehwald-u	Dubina u cm	Granične vrijednosti (mg/kg tla)
Elementi u tlu (mg/kg tla)	0-15 cm	ilovača+25%
Bakar (Cu)	49,67	81,25
Olovo (Pb)	96,63	100
Kadmij (Cd)	0,933	1,25
Cink (Zn)	161,53	187,5
Nikal (Ni)	89,03	62,5
Hrom (Cr)	58,60	100
Kobalt (Co)	27,27	56,25
Mangan (Mn)	1.271,17	1.250
Željezo (Fe) %	0,42 %	6,25 %
Arsen (As)	22,19	18,75
Živa (Hg)	0,122	1,25
Sumpor (S)	503	500

* Sadržaj pojedinih elemenata u tlu čije vrijednosti prelaze granične je označen crvenom bojom

S obzirom da je tlo na ovoj lokaciji neutralno do blago alkalno, humozno i blago karbonatno granične vrijednosti date u Pravilniku su povećane za 25%.

Komentar rezultata:

Sadržaj Cu, Pb, Cd, Zn, Cr, Co, Fe i Hg u ukupnom obliku kod ispitanih uzoraka tla je ispod granične vrijednosti za poljoprivredno tlo.

- Sadržaj nikla (Ni) u ukupnom obliku kod ispitnog uzorka je 89,03 mg/kg tla, što ukazuje da prelazi graničnu vrijednost i da spada u IV klasu - onečišćeno zemljište.
- Sadržaj mangana (Mn) u ukupnom obliku kod ispitnog uzorka iznosi 1.271,17 mg/kg tla što ukazuje da se nalazi iznad dozvoljene granične vrijednosti za poljoprivredno tlo te spada u IV klasu - onečišćeno zemljište
- Sadržaj arsena (As) u ukupnom obliku kod ispitnog uzorka je 22,19 mg/kg tla, što ukazuje da prelazi graničnu vrijednost i da spada u IV klasu - onečišćeno zemljište.
- Sadržaj sumpora (S) u ukupnom obliku kod ispitnog uzorka je 503 mg/kg tla, što ukazuje da prelazi graničnu vrijednost i da spada u IV klasu -onečišćeno zemljište.

Povišene koncentracije iznad graničnih vrijednosti evidentirane su za nikl (Ni), mangan (Mn), arsen (As) i sumpor (S).

Koncentracije bakra (Cu), olova (Pb), kadmija (Cd), zink (Zn), hroma (Cr), kobalta (Co), željeza (Fe) i žive (Hg) nalaze se unutar dozvoljenih granica, te ne ukazuju na značajnije opterećenje ovim elementima.

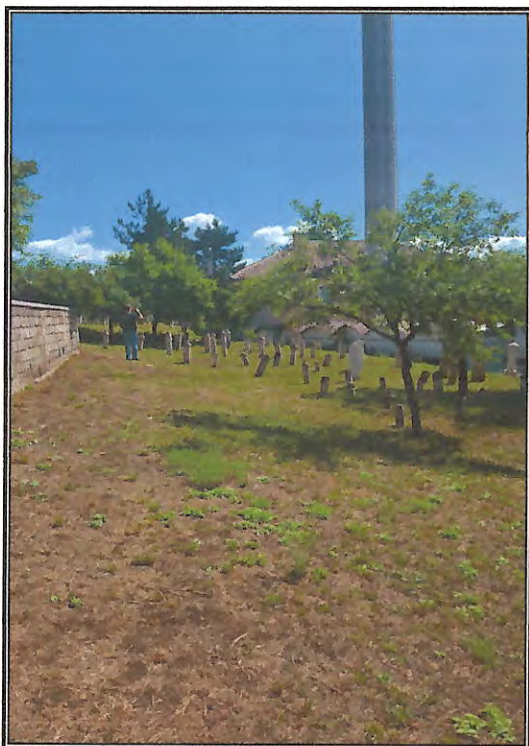
Na osnovu navedenog može se zaključiti da tlo na ovom lokalitetu spada u kategoriju kontaminiranog tla, s obzirom na to da pojedini elementi prelaze propisane granične vrijednosti, pri čemu posebno izražene vrijednosti pojedinih metala ukazuju na visok stepen antropogenog uticaja i potencijalni rizik za biljnu proizvodnju i lanac ishrane.

Na osnovu rezultata laboratorijskih analiza i izračunatog stepena onečišćenosti (So%), utvrđeno je da su na lokalitetu Gradišće k.č. 782 prekoračene granične vrijednosti za više elemenata (Ni), (Mn), (As) i (S) pri čemu se svi navedeni elementi svrstavaju u IV klasu – **onečišćeno zemljište** što ukazuje na značajno opterećenje tla i izražen antropogeni uticaj.

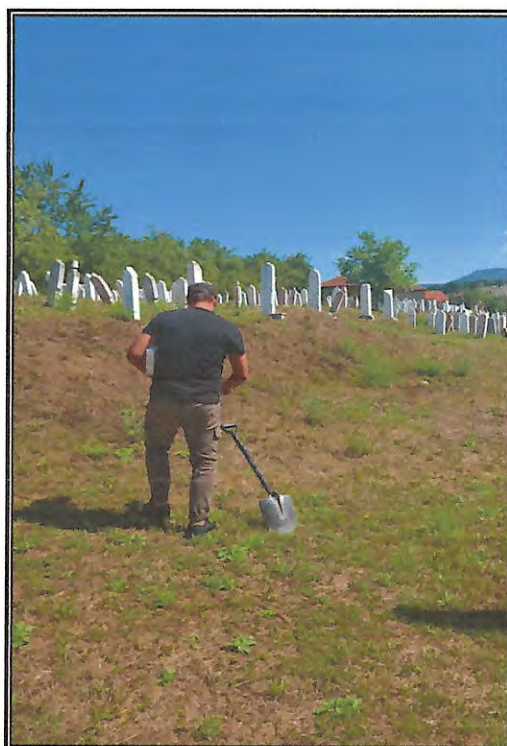
Tabela br. 4 Sadržaj PAH jedinjenja i PCB

Uz. br.7 Lokalitet KO Gradišće k.č. 782	Dubina 0-15 cm	Granična vrijednost (mg/kg suhog tla)
Ukupno PAH-ova	1,180	2
Sadržaj polihlorirani bifenila PCB	0,016	0,2

Sadržaj PAH jedinjenja i PCB, kod ovog uzorka tla je ispod granične vrijednosti za poljoprivredno tlo.



Sl. 1



Sl. 2

Slika. 1 i 2 Lokalizet uzorkovanja tla - k.č. 782 KO Gradišće

6.8. UZORAK BR.8 (k.č. 492 KO Gradišće)

Ovaj lokalitet se nalazi zapadno od centra emisije, na 373 m nadmorske visine i istočne je ekspozicije. Predmetna parcela se vodi kao livada -obrasla lucerkom.

6.8.1. Ispitivanje tla prosječnih površinskih uzoraka od 0-15 cm**➤ Teksturni sastav tla**

Na osnovu procentualnog sastava pojedinih čestica ovo tlo pripada teksturnoj klasi llovasta glinuša

Tabela br. 1 Mehanički sastav tla i teksturna oznaka

Oznaka uzorka tla Uz. 8 Gradišće	Postotni sadržaj čestica tla sa promjerom u mm				Teksturna oznaka po Ehwald-u
	Krupni pijesak 2 - 0,2	Sitni pijesak 0,2 - 0,02	Prah 0,02 - 0,002	Glina < 0,002	
Dubina					
0-15 cm	5,16	26,64	35,40	32,80	llovasta glinuša

➤ Hemijska svojstva tla

Rezultati istraživanja hemijskih osobina tla predstavljeni su u narednoj tabeli

Tabela br. 2 Hemijske osobine tla

Naziv mjesta i broj uzorka	pH-vrijednost		Sadržaj CaCO_3 u %	Sadržaj humusa u %	Sadržaj ukupnog azota (N) u %	Sadržaj fiz. aktivnog u mg/100 g tla	
	H_2O	1M KCl-u				P_2O_5	K_2O
Gradišće Uz. 8							
0-15 cm	7,07	6,39	18,44	6,24	0,324	2,05	34,8

Komentar:

Na osnovu rezultata laboratorijskih analiza možemo konstatovati da je tlo neutralne reakcije sa pH u H_2O je u 7,07 odnosno sa pH u 1M KCl-u 6,39. Sadržaj kalcij karbonata (CaCO_3), je 18,44 %, što znači da je ispitano tlo jako karbonatno. Sadržaj humusa u tlu je 6,24 %, što ukazuje na jako humozno tlo. Sadržaj ukupnog azota (N) je 0,324 % što ukazuje na dobru snabdjevenost. Sadržaj fiziološki aktivnog (pristupačnog) fosfora je 2,05 mg/100 g tla P_2O_5 , što ukazuje na vrlo nisku obezbijeđenost tla ovim elementom. Sadržaj fiziološki aktivnog (pristupačnog) kalija K_2O je 34,8 mg/100 g tla, što ukazuje na dobru obezbijeđenost tla ovim elementom.

Tabela br. 3 Sadržaj teških metala i sumpora u ukupnom obliku

UZORAK BR. 8 (k.č. 492 KO Gradišće)		
Teksturna oznaka po Ehwald-u	Dubina u cm	Granične vrijednosti (mg/kg tla)
Elementi u tlu (mg/kg tla)	0-15 cm	Ilovasta glinuša+25%
Bakar (Cu)	47,33	100
Olovo (Pb)	88,57	125
Kadmij (Cd)	0,833	1,875
Cink (Zn)	164,90	250
Nikal (Ni)	60,37	93,75
Hrom (Cr)	36,73	125
Kobalt (Co)	17,13	75
Mangan (Mn)	1.151,33	1.250
Željezo (Fe) %	0,41 %	6,25 %
Arsen (As)	18,95	25
Živa (Hg)	0,136	1,875
Sumpor (S)	443	625

* Sadržaj pojedinih elemenata u tlu čije vrijednosti prelaze granične je označen crvenom bojom

S obzirom da je tlo na ovoj lokaciji neutralno, jako humozno i blago karbonatno granične vrijednosti date u Pravilniku su povećane za 25%.

Komentar rezultata:

Sadržaj Cu, Pb, Cd, Zn, Ni, Cr, Co, Mn, Fe, As, Hg i S u ukupnom obliku kod ispitanih uzoraka tla je ispod granične vrijednosti za poljoprivredno tlo.

Koncentracije bakra (Cu), olova (Pb), kadmija (Cd), zink (Zn), nikl (Ni), hroma (Cr), kobalta (Co), mangana (Mn), željeza (Fe), arsena (As) žive (Hg) i sumpora (S) nalaze se unutar dozvoljenih granica, te ne ukazuju na značajnije opterećenje ovim elementima.

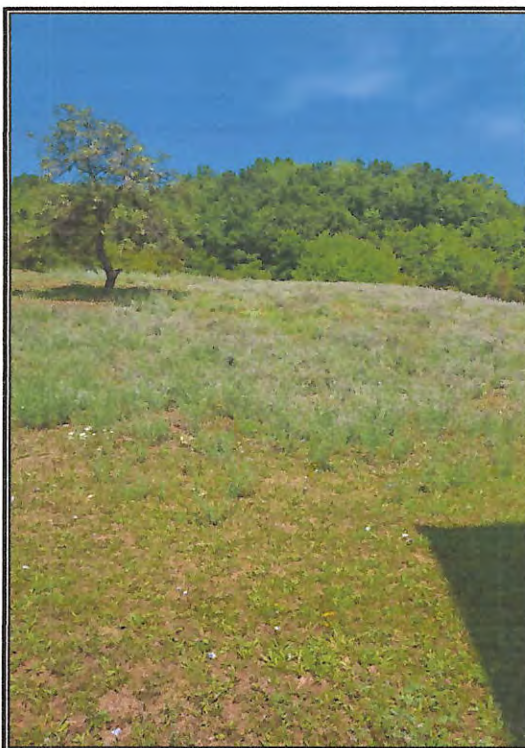
Tabela br. 4 Sadržaj PAH jedinjenja i PCB

Uz. br.8 Lokalitet KO Gradišće k.č. 492	Dubina 0-15 cm	Granična vrijednost (mg/kg suhog tla)
Ukupno PAH-ova	1,462	2
Sadržaj polihlorirani bifenila PCB	0,017	0,2

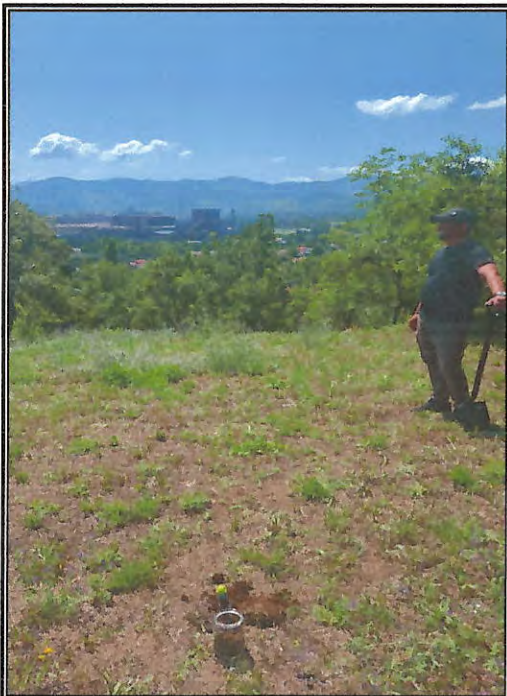
Sadržaj PAH jedinjenja i PCB, kod ovog uzorka tla je ispod granične vrijednosti za poljoprivredno tlo.



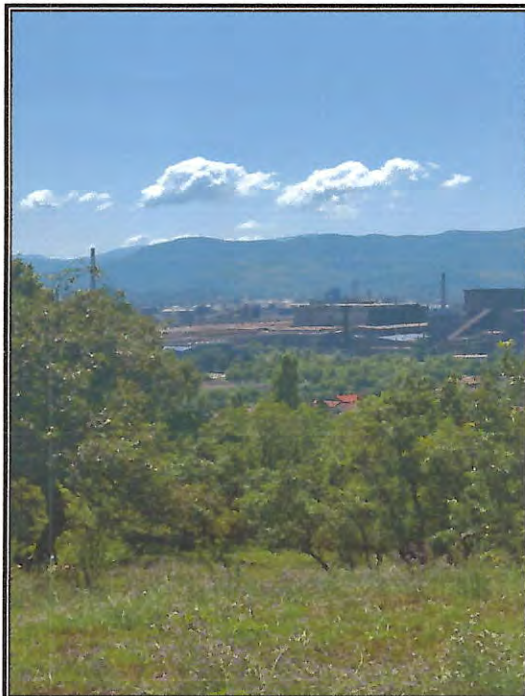
Sl. 1



Sl. 2



Sl.3



Sl. 4

Slika. 1, 2, 3 i 4 Lokalitet uzorkovanja tla - k.č. 492 KO Gradišće

6.9. UZORAK BR. 9 (k.č. 1410 KO Ričica)

Prilikom realizacije uzorkovanja tla na predmetnoj parceli (k.č.1411 KO Ričica) utvrđeno je da na istoj nije bilo moguće izvršiti uzorkovanje, s obzirom na to da je parcela u međuvremenu izgrađena i tamponirana. Iz navedenih razloga u zajedničkom razmatranju i saglasnosti obje strane izvršena je zamjena uzorkovanja, te je uzorak tla uzet na susjednoj parceli (k.č. 1410 KO Ričica) koja je prema dostupnim informacijama odgovarajuća za potrebe predmetnog uzorkovanja. S obzirom na to da je i susjedna parcela bila vidno zarasla i zapuštena, uzorkovanje je izvršeno na lokaciji i na način koji su postojeći uslovi na terenu dozvoljavali, uz nastojanje da uzeti uzorak bude što reprezentativniji za predmetnu lokaciju.

Ovaj uzorak je uzet na nadmorskoj visini od 321 m. Parcela je po kulturi livada sa par stabala voća vidno zarasla biljnim rastinjem i nalazi se istočno od izvora zagađenja i na ravnom terenu.

6.9.1. Ispitivanje tla prosječnih površinskih uzoraka od 0-15 cm**➤ Teksturni sastav tla**

Na osnovu procentualnog sastava pojedinih čestica ovo tlo pripada teksturnoj klasi Ilovača

Tabela br. 1 Mehanički sastav tla i teksturna oznaka

Oznaka uzorka tla Uz. 9 Ričica Dubina	Postotni sadržaj čestica tla sa promjerom u mm				Teksturna oznaka po Ehwald-u
	Krupni pijesak 2 - 0,2	Sitni pijesak 0,2 - 0,02	Prah 0,02 - 0,002	Glina < 0,002	
0-15 cm	14,95	29,35	35,50	20,20	Ilovača

➤ Hemijska svojstva tla

Rezultati istraživanja hemijskih osobina tla predstavljeni su u narednoj tabeli

Tabela br.2 Hemijske osobine tla

Naziv mjesta i broj uzorka	pH-vrijednost		Sadržaj CaCO_3 u %	Sadržaj humusa u %	Sadržaj ukupnog azota (N) u %	Sadržaj fiz. aktivnog u mg/100 g tla	
	H_2O	1M KCl-u				P_2O_5	K_2O
Ričica Uz. 9 0-15 cm	7,44	7,16	10,76	6,76	0,340	17,62	77,6

Komentar:

Na osnovu rezultata laboratorijskih analiza možemo konstatovati da je tlo blago alkalne reakcije sa pH u H_2O je u 7,44 odnosno sa pH u 1M KCl-u 7,16. Sadržaj

kalcij karbonata (CaCO_3), je 10,76 %, što znači da je ispitano tlo jako karbonatno. Sadržaj humusa u tlu je 6,76 %, što ukazuje na jako humozno tlo. Sadržaj ukupnog azota (N) je 0,340 % što ukazuje na dobru snabdjevenost. Sadržaj fiziološki aktivnog (pristupačnog) fosfora je 17,62 mg/100 g tla P_2O_5 , što ukazuje na srednju obezbijeđenost tla ovim elementom. Sadržaj fiziološki aktivnog (pristupačnog) kalija K_2O je 77,6 mg/100 g tla, što ukazuje na visoku obezbijeđenost tla ovim elementom.

Tabela br. 3 Sadržaj teških metala i sumpora u ukupnom obliku

UZORAK BR. 9 (k.č. 1410 KO Ričica)		
Teksturna oznaka po Ehwald-u	Dubina u cm	Granične vrijednosti (mg/kg tla)
Elementi u tlu (mg/kg tla)	0-15 cm	ilovača+25%
Bakar (Cu)	65,00	81,25
Olovo (Pb)	123,90	100
Kadmij (Cd)	0,766	1,25
Cink (Zn)	187,22	187,5
Nikal (Ni)	157,47	62,5
Hrom (Cr)	85,10	100
Kobalt (Co)	28,47	56,25
Mangan (Mn)	2.354,33	1.250
Željezo (Fe) %	0,79 %	6,25 %
Arsen (As)	17,30	18,75
Živa (Hg)	0,459	1,25
Sumpor (S)	529	500

* Sadržaj pojedinih elemenata u tlu čije vrijednosti prelaze granične je označen crvenom bojom

S obzirom da je tlo na ovoj lokaciji alkalno, humozno i blago karbonatno granične vrijednosti date u Pravilniku su povećane za 25%.

Komentar rezultata:

Sadržaj Cu, Cd, Zn, Cr, Co, Fe, As i Hg u ukupnom obliku kod ispitanih uzoraka tla je ispod granične vrijednosti za poljoprivredno tlo.

- Sadržaj olova (Pb) u ukupnom obliku kod ispitnog uzorka je 123,90 mg/kg tla, što ukazuje da prelazi graničnu vrijednost i da spada u IV klasu - onečišćeno zemljište.
- Sadržaj nikla (Ni) u ukupnom obliku kod ispitnog uzorka je 157,47 mg/kg tla, što ukazuje da prelazi graničnu vrijednost i da spada u IV klasu - onečišćeno zemljište.
- Sadržaj mangana (Mn) u ukupnom obliku kod ispitnog uzorka iznosi 2.354,33 mg/kg tla što ukazuje da se nalazi iznad dozvoljene granične vrijednosti za poljoprivredno tlo te spada u IV klasu - onečišćeno zemljište

- Sadržaj sumpora (S) u ukupnom obliku kod ispitanog uzorka je 529 mg/kg tla, što ukazuje da prelazi graničnu vrijednost i da spada u IV klasu - onečišćeno zemljište.
- Sadržaj sumpora (S) u ukupnom obliku kod ispitanog uzorka je 503 mg/kg tla, što ukazuje da prelazi graničnu vrijednost i da spada u IV klasu - onečišćeno zemljište.

Povišene koncentracije iznad graničnih vrijednosti evidentirane su za olovo (Pb) nikl (Ni), mangan (Mn) i sumpor (S).

Koncentracije bakra (Cu), kadmija (Cd), zink (Zn), hroma (Cr), kobalta (Co), željeza (Fe), arsena (As) i žive (Hg) nalaze se unutar dozvoljenih granica, te ne ukazuju na značajnije opterećenje ovim elementima.

Na osnovu navedenog može se zaključiti da tlo na ovom lokalitetu spada u kategoriju kontaminiranog tla, s obzirom na to da pojedini elementi prelaze propisane granične vrijednosti, pri čemu posebno izražene vrijednosti pojedinih metala ukazuju na visok stepen antropogenog uticaja i potencijalni rizik za biljnu proizvodnju i lanac ishrane.

Na osnovu rezultata laboratorijskih analiza i izračunatog stepena onečišćenosti (So%), utvrđeno je da su na lokalitetu Ričica k.č. 1411 prekoračene granične vrijednosti za više elemenata (Pb), (Ni), (Mn) i (S) pri čemu se svi navedeni elementi svrstavaju u **IV klasu – onečišćeno zemljište** što ukazuje na značajno opterećenje tla i izražen antropogeni uticaj.

Tabela br. 4 Sadržaj PAH jedinjenja i PCB

Uz. br.9 Lokalitet KO Ričica k.č. 1410	Dubina 0-15 cm	Granična vrijednost (mg/kg suhog tla)
Ukupno PAH-ova	1,415	2
Sadržaj polihlorirani bifenila PCB	0,026	0,2

Sadržaj PAH jedinjenja i PCB, kod ovog uzorka tla je ispod granične vrijednosti za poljoprivredno tlo.



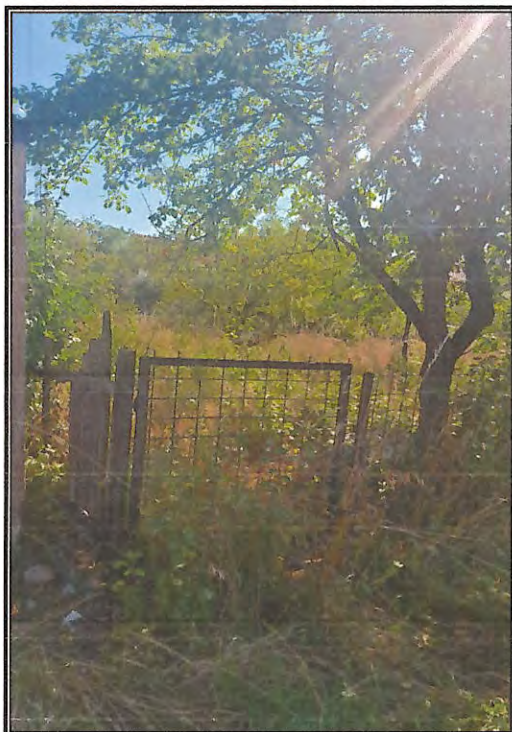
Sl. 1 Zatečeno stanje parcele (k.č. 1411 KO.Ričica) izgrađena i tamponirana



Sl. 2



Sl. 3



Sl.4



Sl.5



Sl.6 Susjedne parcele (parcela k.č 1411 KO Ričica graniči sa parcelom k.č. 1410 KO Ričica)

Slika. 1, 2, 3, 4, 5 i 6 Lokalitet uzorkovanja tla - k.č. 1410 KO Ričica

6.10. UZORAK BR. 10 (k.č. 340 KO Ričica)

Ovaj lokalitet se nalazi istočno od centra emisije, na 315 m nadmorske visine i istočne je ekspozicije. Predmetna parcelasa koje je uzet uzorak j okućnica sa baštom.

6.10.1. Ispitivanje tla prosječnih površinskih uzoraka od 0-15 cm**➤ Teksturni sastav tla**

Na osnovu procentualnog sastava pojedinih čestica ovo tlo pripada teksturnoj klasi llovača

Tabela br. 1 Mehanički sastav tla i teksturna oznaka

Oznaka uzorka tla Uz. 10 Ričica	Postotni sadržaj čestica tla sa promjerom u mm				Teksturna oznaka po Ehwald-u
	Krupni pijesak 2 - 0,2	Sitni pijesak 0,2 - 0,02	Prah 0,02 - 0,002	Glina < 0,002	
Dubina					
0-15 cm	14,30	29,50	35,10	21,10	llovača

➤ Hemijska svojstva tla

Rezultati istraživanja hemijskih osobina tla predstavljeni su u narednoj tabeli

Tabela br. 2 Hemijske osobine tla

Naziv mjesta i broj uzorka	pH-vrijednost		Sadržaj CaCO_3 u %	Sadržaj humusa u %	Sadržaj ukupnog azota (N) u %	Sadržaj fiz. aktivnog u mg/100 g tla	
	H_2O	1M KCl-u				P_2O_5	K_2O
Ričica Uz. 10							
0-15 cm	7,51	6,95	7,55	5,44	0,327	73,07	49,8

Komentar:

Na osnovu rezultata laboratorijskih analiza možemo konstatovati da je tlo blago alkalne reakcije sa pH u H_2O je u 7,51 odnosno sa pH u 1M KCl-u 6,95. Sadržaj kalcij karbonata (CaCO_3), je 7,55 %, što znači da je ispitano tlo srednje karbonatno. Sadržaj humusa u tlu je 5,44 %, što ukazuje na jako humozno tlo. Sadržaj ukupnog azota (N) je 0,327 % što ukazuje na dobru snabdjevenost. Sadržaj fiziološki aktivnog (pristupačnog) fosfora je 73,07 mg/100 g tla P_2O_5 , što ukazuje na visoku obezbijeđenost tla ovim elementom. Sadržaj fiziološki aktivnog (pristupačnog) kalija K_2O je 49,8 mg/100 g tla, što ukazuje na visoku obezbijeđenost tla ovim elementom.

Tabela br. 3 Sadržaj teških metala i sumpora u ukupnom obliku

UZORAK BR. 10 (k.č. 340 KO Ričica)		
Teksturna oznaka po Ehwald-u	Dubina u cm	Granične vrijednosti (mg/kg tla)
Elementi u tlu (mg/kg tla)	0-15 cm	ilovača+25%
Bakar (Cu)	73,33	81,25
Olovo (Pb)	138,43	100
Kadmij (Cd)	0,700	1,25
Cink (Zn)	195,63	187,5
Nikal (Ni)	183,97	62,5
Hrom (Cr)	112,20	100
Kobalt (Co)	29,00	56,25
Mangan (Mn)	2.095,00	1.250
Željezo (Fe) %	0,81 %	6,25 %
Arsen (As)	20,02	18,75
Živa (Hg)	0,553	1,25
Sumpor (S)	310	500

* Sadržaj pojedinih elemenata u tlu čije vrijednosti prelaze granične je označen crvenom bojom

S obzirom da je tlo na ovoj lokaciji blago alkalno, jako humozno i srednje karbonatno granične vrijednosti date u Pravilniku su povećane za 25%.

Komentar rezultata:

Sadržaj Cu, Cd, Co, Fe, Hg i S u ukupnom obliku kod ispitanih uzoraka tla je ispod granične vrijednosti za poljoprivredno tlo.

- Sadržaj olova (Pb) u ukupnom obliku kod ispitanih uzoraka je 138,43 mg/kg tla, što ukazuje da prelazi graničnu vrijednost i da spada u IV klasu - onečišćeno zemljište.
- Sadržaj cinka (Zn) u ukupnom obliku kod ispitanih uzoraka je 195,63 mg/kg tla, što ukazuje da prelazi graničnu vrijednost i da spada u IV klasu - onečišćeno zemljište.
- Sadržaj nikla (Ni) u ukupnom obliku kod ispitanih uzoraka je 183,97 mg/kg tla, što ukazuje da prelazi graničnu vrijednost i da spada u IV klasu - onečišćeno zemljište.
- Sadržaj hroma (Cr) u ukupnom obliku kod ispitanih uzoraka je 112,20 mg/kg tla, što ukazuje da prelazi graničnu vrijednost i da spada u IV klasu - onečišćeno zemljište.
- Sadržaj mangana (Mn) u ukupnom obliku kod ispitanih uzoraka iznosi 2.095,00 mg/kg tla što ukazuje da se nalazi iznad dozvoljene granične vrijednosti za poljoprivredno tlo te spada u IV klasu - onečišćeno zemljište
- Sadržaj arsena (As) u ukupnom obliku kod ispitanih uzoraka je 20,02 mg/kg tla, što ukazuje da prelazi graničnu vrijednost i da spada u IV klasu - onečišćeno zemljište.

Povišene koncentracije iznad graničnih vrijednosti evidentirane su za olovo (Pb), cink (Zn), nikl (Ni), hrom (Cr), mangan (Mn) i arsen (As).

Koncentracije bakra (Cu), kadmija (Cd), kobalta (Co), željeza (Fe), žive (Hg) i sumpora (S) nalaze se unutar dozvoljenih granica, te ne ukazuju na značajnije opterećenje ovim elementima.

Na osnovu navedenog može se zaključiti da tlo na ovom lokalitetu spada u kategoriju kontaminiranog tla, s obzirom na to da pojedini elementi prelaze propisane granične vrijednosti, pri čemu posebno izražene vrijednosti pojedinih metala ukazuju na visok stepen antropogenog uticaja i potencijalni rizik za biljnu proizvodnju i lanac ishrane.

Na osnovu rezultata laboratorijskih analiza i izračunatog stepena onečišćenosti (So%), utvrđeno je da su na lokalitetu Ričica k.č. 1411 prekoračene granične vrijednosti za više elemenata (Pb), (Zn), (Ni), (Cr), (Mn) i (As) pri čemu se svi navedeni elementi svrstavaju u **IV klasu – onečišćeno zemljište** što ukazuje na značajno opterećenje tla i izražen antropogeni uticaj.

Tabela br. 4 Sadržaj PAH jedinjenja i PCB

Uz. br. 10 Lokalitet KO Ričica k.č. 340	Dubina 0-15 cm	Granična vrijednost (mg/kg suhog tla)
Ukupno PAH-ova	1,433	2
Sadržaj polihlorirani bifenila PCB	0,009	0,2

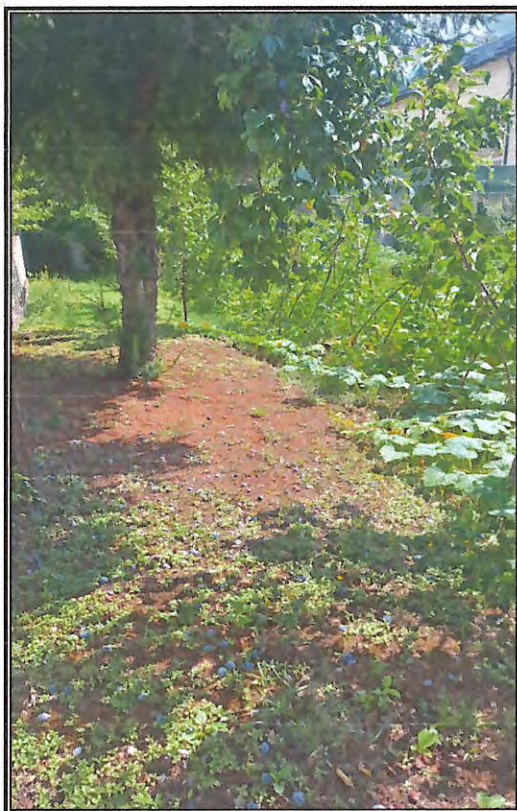
Sadržaj PAH jedinjenja i PCB, kod ovog uzorka tla je ispod granične vrijednosti za poljoprivredno tlo.



Sl. 1



Sl. 2



Sl. 3



Sl. 4



Sl. 5

Slika. 1, 2, 3, 4 i 5 Lokalitet uzorkovanja tla - k.č. 340 KO Ričica

7. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata provedenih istraživanja stanja onečišćenosti zemljišta na području Grada Zenica, izvršenih na ukupno 10 lokaliteta, može se konstatovati da je kvalitet tla rezultat djelovanja prirodnih i antropogenih faktora, pri čemu se na pojedinim istraživanim lokalitetima mogu razmatrati i uticaji dugogodišnjih industrijskih aktivnosti i urbanog razvoja.

Detaljni rezultati laboratorijskih analiza i njihova interpretacija prikazani su za svaki istraživani lokalitet pojedinačno u prethodnim poglavljima ovog elaborata, čime je omogućena procjena stepena opterećenja tla analiziranim elementima i utvrđivanje prostornih razlika između istraživanih lokaliteta.

U cilju utvrđivanja fizičko-hemijskih osobina tla, sadržaja teških metala, sumpora i analiziranih organskih polutanata, Federalni zavod za agropedologiju izvršio je laboratorijska ispitivanja uzoraka tla u vlastitoj akreditiranoj laboratoriji.

Fizičko-hemijska svojstva zemljišta

Analizom osnovnih pedoloških karakteristika utvrđeno je da na istraživanom području dominiraju tla ilovaste teksture, dok su na pojedinim lokalitetima zastupljena i tla težeg mehaničkog sastava. Ilovasta tla se generalno odlikuju povoljnim vodno-fizičkim svojstvima i relativno dobrim proizvodnim potencijalom.

Reakcija tla varira od slabo kisele do alkalne, pri čemu na većini lokaliteta dominira neutralna do alkalna reakcija. Sadržaj kalcij-karbonata varira od beskarbonatnih do karbonatnih tala, dok je sadržaj humusa na većini lokaliteta srednji do visok, što ukazuje na relativno povoljan nivo organske materije i opću plodnost istraživanih tala.

Neorganski polutanti i teški metali u tlu

Analizom sadržaja teških metala i drugih anorganskih elemenata utvrđeno je da su prekoračenja primijenjenih graničnih vrijednosti prisutna na većem broju istraživanih lokaliteta. Najčešća prekoračenja evidentirana su za nikal (Ni) i mangan (Mn), dok se na pojedinim lokalitetima pojavljuju i povišene koncentracije olova (Pb), cinka (Zn), hroma (Cr), arsena (As), kadmija (Cd) i sumpora (S).

- **Nikal (Ni)** – prekoračenja su evidentirana na devet od ukupno deset istraživanih lokaliteta, odnosno na svim lokalitetima izuzev k.č. 492 K.O. Gradišće. Široka prostorna zastupljenost povišenih koncentracija ovog elementa ukazuje na značajno opterećenje tla i potrebu razmatranja mogućeg kombinovanog geogenog i antropogenog uticaja.

- **Mangan (Mn)** – povišene koncentracije evidentirane su na devet od ukupno deset istraživanih lokaliteta, odnosno na svim lokalitetima izuzev k.č. 492 K.O. Gradišće. Prostorna zastupljenost povišenih koncentracija mangana također ukazuje na potrebu razmatranja prirodnog, odnosno geogenog porijekla, uz mogući dodatni antropogeni doprinos.
- **Hrom (Cr)** – prekoračenja su utvrđena na četiri lokaliteta: k.č. 411 K.O. Podbrežje, k.č. 20 K.O. Podbrežje, k.č. 119 K.O. Zenica III i k.č. 340 K.O. Ričica. Na k.č. 411 prekoračenje je utvrđeno u oba ispitivana sloja tla.
- **Arsen (As)** – povišene vrijednosti evidentirane su na pet lokaliteta: k.č. 411 K.O. Podbrežje, k.č. 20 K.O. Podbrežje, k.č. 119 K.O. Zenica III, k.č. 782 K.O. Gradišće i k.č. 340 K.O. Ričica. Na k.č. 411 povišene vrijednosti utvrđene su u oba ispitivana sloja tla.
- **Cink (Zn)** – povišene vrijednosti evidentirane su na tri lokaliteta: k.č. 20 K.O. Podbrežje, k.č. 2295 K.O. Gradišće i k.č. 340 K.O. Ričica.
- **Olovo (Pb)** – povišene vrijednosti evidentirane su na pet lokaliteta: k.č. 157 K.O. Podbrežje, k.č. 20 K.O. Podbrežje, k.č. 2295 K.O. Gradišće, k.č. 1410 K.O. Ričica i k.č. 340 K.O. Ričica.
- **Kadmij (Cd)** – povišena vrijednost evidentirana je na jednom lokalitetu, k.č. 20 K.O. Podbrežje.
- **Sumpor (S)** – povišene vrijednosti evidentirane su na dva lokaliteta: k.č. 782 K.O. Gradišće, gdje je utvrđeno neznatno prekoračenje, i k.č. 1410 K.O. Ričica.

Na osnovu izvršene klasifikacije prema stepenu onečišćenosti (So%), utvrđeno je da veći broj analiziranih uzoraka, za pojedine elemente, pripada **IV klasi – onečišćeno zemljište**. Pri tome je važno naglasiti da svrstavanje pojedinog elementa u IV klasu predstavlja prekoračenje propisane odnosno primijenjene granične vrijednosti, ali samo po sebi ne utvrđuje porijeklo utvrđenog onečišćenja.

Elementi **bakar (Cu)**, **kobalt (Co)**, **željezo (Fe)** i **živa (Hg)** u svim analiziranim uzorcima nalaze se ispod primijenjenih graničnih odnosno referentnih vrijednosti. **Kadmij (Cd)** i **sumpor (S)** također se u najvećem broju uzoraka nalaze ispod graničnih vrijednosti, dok su njihova prekoračenja utvrđena samo na pojedinim lokalitetima.

Posebno se izdvajaju lokaliteti na kojima je istovremeno evidentirano prekoračenje graničnih vrijednosti većeg broja analiziranih elemenata. Takvi rezultati ukazuju na izraženije višeelementno opterećenje zemljišta i opravdavaju provođenje dodatnih istraživanja radi detaljnijeg utvrđivanja prostornog obuhvata, intenziteta i mogućeg porijekla utvrđenih koncentracija.

Organski polutanti u tlu

Sadržaj analiziranih organskih polutanata, odnosno **policikličnih aromatskih ugljikovodonika (PAH)** i **polihloriranih bifenila (PCB)**, na svim istraživanim lokalitetima nalazi se ispod propisanih graničnih vrijednosti.

Na osnovu dobijenih rezultata može se konstatovati da PAH i PCB jedinjenja, u okviru provedenog obima istraživanja i na ispitivanim lokalitetima, ne predstavljaju značajno opterećenje poljoprivrednog zemljišta.

Opći zaključak

Na osnovu provedenih terenskih i laboratorijskih istraživanja može se zaključiti da je zemljište na istraživanim lokalitetima područja Grada Zenica prostorno diferencirano opterećeno pojedinim teškim metalima i drugim anorganskim elementima.

Najčešća prekoračenja utvrđena su za **nikal (Ni)** i **mangan (Mn)**, dok su na pojedinim lokalitetima evidentirane i povišene koncentracije **olova (Pb)**, **cinka (Zn)**, **hroma (Cr)**, **arsena (As)**, **kadmija (Cd)** i **sumpora (S)**. Posebno se izdvajaju lokaliteti na kojima je istovremeno utvrđeno prekoračenje graničnih vrijednosti za veći broj analiziranih elemenata.

Široka prostorna zastupljenost povišenih koncentracija nikla i mangana ukazuje na potrebu razmatranja mogućeg kombinovanog geogenog i antropogenog uticaja. Kod lokaliteta sa povišenim koncentracijama olova, cinka, kadmija i drugih elemenata potrebno je, pored prirodnih karakteristika zemljišta i matičnog supstrata, razmotriti i moguće dugotrajne antropogene uticaje, uključujući uticaje industrijskih aktivnosti, saobraćaja i urbanog razvoja.

Na osnovu obima i rezultata predmetnog istraživanja nije moguće jednoznačno utvrditi porijeklo svakog pojedinačnog prekoračenja. Utvrđena prekoračenja ukazuju na stanje opterećenja tla na konkretnim mjestima uzorkovanja, dok je za pouzdano razdvajanje geogenog i antropogenog doprinosa potrebno provesti dodatna ciljana istraživanja.

Za lokalitete odnosno uzorke koji su, prema stepenu onečišćenosti (So%), za pojedine elemente svrstani u **IV klasu – onečišćeno zemljište**, potrebno je provesti dodatna istraživanja u cilju utvrđivanja porijekla onečišćenja, njegovog prostornog obuhvata i mogućeg uticaja na korištenje zemljišta, a na osnovu dobijenih rezultata definisati odgovarajuće mjere zaštite, sanacije, remedijacije ili drugog načina upravljanja zemljištem.

Sadržaj analiziranih organskih polutanata, odnosno PAH i PCB jedinjenja, na svim ispitivanim lokalitetima nalazi se ispod propisanih graničnih vrijednosti, zbog čega se u okviru ovog istraživanja ne može govoriti o značajnijem opterećenju zemljišta ovim grupama organskih polutanata.

Dobijeni rezultati potvrđuju opravdanost nastavka sistematskog monitoringa kvaliteta zemljišta na području Grada Zenica, sa posebnim naglaskom na lokalitete na kojima su utvrđena višestruka prekoračenja graničnih vrijednosti. U narednim istraživanjima preporučuje se povećanje broja mjesta uzorkovanja, ponavljanje ispitivanja na istim lokacijama radi praćenja vremenskih promjena, kao i uključivanje odgovarajućih referentnih lokaliteta izvan neposrednog uticaja dominantnih antropogenih izvora.

Na taj način bi se omogućilo pouzdanije praćenje prostornih i vremenskih trendova, preciznije razdvajanje prirodnog i antropogenog doprinosa utvrđenim koncentracijama te stvaranje kvalitetnije stručne osnove za planiranje mjera zaštite i održivog upravljanja zemljištem na području Grada Zenica.

PREGLEDNA KARTA LOKALITETA UZORKOVANJA TLA

