



**Arhus
centar
Zenica**



Udruženje "EKO FORUM" Zenica

Talića brdo 11

72 000 Zenica, Bosna i Hercegovina

E-mail: info@ekoforumzenica.ba

Web: www.ekoforumzenica.ba

Tel/fax: +387 32 40 50 50

IZVJEŠTAJ O ZASTUPLJENOSTI TEŠKIH METALA I ORGANSKIH JEDINJENJA U ZEMLJIŠTU NAKON IZVRŠENIH LABORATORIJSKIH ANALIZA U NASELJIMA KOJA GRAVITIRAJU INDUSTRIJSKOM KOMPLEKSU ŽELJEZARE ZENICA SA PREPORUKAMA

Zenica, septembar 2026. godine

UVOD

Ovaj izvještaj predstavlja analizu koncentracija teških metala i odabranih organskih polutanata u zemljištu na lokalitetima smještenim u neposrednoj blizini industrijskih pogona željezare u Zenici. Izvještaj je pripremljen u okviru projekta „**Eco Trace – Procjena stanja tla nakon industrijskog zagađenja**“, s ciljem da se, kroz uporedni prikaz rezultata ranijih i aktuelnih ispitivanja, sagleda stanje kvaliteta zemljišta na odabranim mikrolokacijama.

Poseban fokus stavljen je na identifikaciju elemenata i jedinjenja čije koncentracije prelaze propisane granične vrijednosti, kao i na tumačenje uočenih trendova u odnosu na prethodne cikluse monitoringa. Time se omogućava stručno utemeljena procjena potencijalnih rizika za poljoprivredno zemljište, okoliš i zdravlje stanovništva u najugroženijim naseljima.

METODOLOGIJA

Polaznu osnovu za analizu čine podaci iz sljedećih referentnih izvora:

- Elaborat o zagađenosti zemljišta neorganskim i organskim polutantima na području Grada Zenice (2010), Federalnog zavoda za agropedologiju,
- Izvještaj o monitoringu zemljišta na području općine Zenica 2011–2015, koji je izradio Federalni zavod za agropedologiju,
- Podaci o kontaminaciji zemljišta u naseljima Tetovo, Pehare i Gradišće iz 1989. i 1999. godine, objavljeni u naučnom članku „Dinamika sadržaja teških metala u tlu u okruženju željezare Zenica“ (Goletić, 2013).

Radi osiguranja uporedivosti podataka, Eko forum Zenica je u saradnji sa Federalnim zavodom za agropedologiju tokom **jula i augusta 2026. godine** ponovio istraživanje provedeno 2010. godine. Uzorkovanje je izvršeno na deset lokacija, katastarskim česticama navedenim u Elaboratu iz 2010. godine. U slučajevima kada uzorkovanje na prvobitno planiranoj parceli nije bilo moguće, odabrane su najbliže alternativne lokacije, što je jasno naznačeno u tabelarnom prikazu pristupa uzorkovanju.

Analiza obuhvata poređenje koncentracija neorganskih polutanata (prvenstveno teških metala i pratećih elemenata), te odabranih organskih polutanata, uključujući **PAH** (policiklični aromatični ugljikovodonici) i **PCB** (polihlorirani bifenili) jedinjenja. Posebna pažnja posvećena je lokalitetima na kojima su ranije utvrđena prekoračenja graničnih vrijednosti, kao i lokacijama na kojima su uočena značajna odstupanja u odnosu na prethodne cikluse monitoringa.

Specifikacija lokacija, s osnovnim podacima o uzorkovanju i eventualnim napomenama, prikazana je u sljedećoj tabeli:

Br.	Lokacija	Naselje	Uzorkovanje dana	Alternativna lokacija	Komentar
1.	k.č. 411 K.O. Podbrežje	Podbrežje	23.07.2026.		Zarasla bivša oranica. Uzorci uzeti na dvije dubine.
2.	k.č. 157 K.O. Podbrežje	Side	23.07.2026.		
3.	k.č. 20 K.O. Podbrežje	Side	23.07.2026.		
4.	k.č. 176 K.O. Zenica III	Novo naselje	24.07.2026.	k.č. 173	k.č. 176 ne postoji. k.č. 1760 je lokalni put. Uzorkovano sa parcele uz put k.č. 173
5.	k.č. 2295 K.O. Gradišće – Tetovo	Tetovo	23.07.2026.		
6.	k.č. 119 K.O. Zenica III	Crkvičko brdo	24.07.2026. Nije uzorkovano.	k.č. 120 - susjedna parcela	Pristup parceli nije bio moguć zbog zaraslog šiblja.
7.	k.č. 773 K.O. Gradišće	Gradišće	23.07.2026. Nije uzorkovano.	k.č. 782 - susjedna parcela, mjesno mezarje	Vlasnik nije dao saglasnost.
8.	k.č. 492 K.O. Gradišće	Pridražići - između Tetova i Banloga	23.07.2026.		
9.	k.č. 1411 K.O. Ričica	Pehare	24.07.2026	04.08.2026. - FZzA izvršio zamjensko uzorkovanje na k.č. 1410.	Uzorkovanje izvršeno u ograničenim uslovima. Na parceli novo izgrađen objekt. Moguće da se na lokaciji nalazi sloj zemlje dovučen sa strane.
10.	k.č.340 K.O. Ričica	Donja Gračanica	24.07.2026		

PRIKAZ I ANALIZA PODATAKA

Lokalitet Tetovo

Prema elaboratu iz 2010. godine, na lokalitetu Tetovo utvrđena su prekoračenja graničnih vrijednosti za sljedeće neorganske polutante: olovo (Pb) u koncentraciji od 212,1 mg/kg, kadmij (Cd) u koncentraciji od 1,9 mg/kg, cink (Zn) u koncentraciji od 362,0 mg/kg i nikl (Ni) u koncentraciji od 175,0 mg/kg. Uz istraživanja i analize iz 2010. godine na lokalitetu Tetovo su rađena historijski istraživanja, te se može govoriti o prije ratnim, poslijeratnim i novim podacima. Ono što je primjetno jeste da je u periodu od 1989. do 2026. godine koncentracija najvećih polutanata kakvi su olovo, kadmij i cink oscilirala, rasla ili opadala, te u konačnici 2026. godine i dalje bila u prekograničnim vrijednostima, ali sa blažim padom vrijednosti. Za sami lokalitet se i dalje može govoriti da predstavlja jedno od glavnih žarišta i da je potrebno poduzeti mjere oporavka.

Rezultati novog uzorkovanja iz 2026. godine ukazuju na sličan obrazac zagađenja, uz prekoračenja graničnih vrijednosti za olovo (Pb) u koncentraciji od 165,30 mg/kg, cink (Zn) u koncentraciji od 207,77 mg/kg, nikl (Ni) u koncentraciji od 84,10 mg/kg i mangan (Mn) u koncentraciji od 1.625,67 mg/kg. Sadržaj PAH-ova i PCB-a je ispod graničnih vrijednosti, što je u skladu s nalazima iz 2010. godine. Sam lokalitet je historijski bio namijenjen industrijskoj upotrebi, pa se može smatrati da zemljište i danas zadržava karakteristike pogodne za korištenje za istu namjenu.

Element i u tlu	(mg/kg tla)										
	1989	1999	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Prosjek 2011/2015	2026	Gran vr.
Bakar (Cu)	65	43	78,5	67,2	76,21	76,37	77,27	58,57	71,12	51,33	81,25
Olovo (Pb)	263	97	212,1	174,8	153,13	219,50	29,47	182,50	151,88	165,3	100
Kadmij (Cd)	7,5	2,12	1,9	0,74	2,83	0,95	1,09	2,50	1,62	1,167	1,25
Cink (Zn)	215	303	362,0	205,03	226,13	261,50	301,83	256,9	250,28	207,77	187,5
Nikal (Ni)	-	-	175,0	155,6	180,25	169,33	163,37	144,3	162,57	84,10	62,5
Hrom (Cr)	-	-	73,4	81,27	65,39	82,23	70,80	79,87	75,91	75,30	100
Kobalt (Co)	-	-	41,8	33,7	29,38	44,10	29,77	37,50	34,89	26,90	56,25
Mangan (Mn)	1.67 6	-	-	1.186	1.951	1.853	1.296	2.356	1.728	1.625,67	1.250
Željezo (Fe) %	6,85	5,04	-	4,05	6,29	5,11	5,75	4,74	5,19	0,80%	6,25%
Arsen (As)	-	-	-	1,85	2,33	2,17	1,58	40,31	9,65	17,54	18,75
Živa (Hg)	-	-	0,32	-	-	-	0,43	0,24	0,33	0,377	1,25
Sumpor (S)	600	769	-	2.600	-	1.400	1.790	1.300	1.772	448	500
Ukupno PAH-ova	-	-	0,39	-	0,84	-	0,22	0,17	0,41	0,438	2

Lokalitet Gradišće

Zbog ograničenja vezanih za pristup privatnom posjedu, uzorak za procjenu zagađenja u 2026. godini uzet je s drugog lokaliteta, tj. susjedne parcele, u odnosu na 2010. godinu. U analiziranom uzorku zabilježena su prekoračenja graničnih vrijednosti za nikl (Ni) u koncentraciji od 89,03 mg/kg, mangan (Mn) u koncentraciji od 1.271,11 mg/kg, arsen (As) u koncentraciji od 22,19 mg/kg i sumpor (S) u koncentraciji od 503 mg/kg. Sadržaj ostalih elemenata, kao i PAH-ova i PCB-a, nalazi se ispod graničnih vrijednosti za poljoprivredno tlo. Kroz historijske podatke uzorkovanja i izvršenih analiza, od tri najveća žarišta, lokalitet Gradišće se može smatrati u 2026. godini kao lokalitet sa poboljšanim stanjem zemljišta, gdje se primjećuje kako su koncentracije najvećih polutanata ispod graničnih vrijednosti u odnosu na analize iz perioda 2010.-2016., ali se javljaju prekogranične vrijednosti drugih polutanata kakvi su nikl i mangan. S obzirom da se radi o naselju i ovaj lokalitet se karakterizira pogodnim za korištenje u svrhu daljnje urbanizacije.

Elementi u tlu	(mg/kg tla)										
	1989	1999	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Prosjek 2011/2015	2026	Gran vr.
Bakar (Cu)	48	59	53,4	58,37	65,05	63,57	59,47	45,23	58,34	49,67	81,25
Olovo (Pb)	129	84	231,3	117,77	154,26	122,83	112,53	84,70	118,42	96,63	100
Kadmij (Cd)	7,8	2,37	3,7	0,25	3,71	0,85	0,95	1,77	1,51	0,933	1,25
Cink (Zn)	168	170	266,0	176,57	191,41	179,83	173,33	172,7	178,77	161,53	187,5
Nikal (Ni)	-	-	88,3	115,70	129	130,10	117,83	104,0	119,33	89,03	62,5
Hrom (Cr)	-	-	28,3	42,13	43,44	33,43	33,57	28,17	36,15	58,60	100
Kobalt (Co)	-	-	34,4	28,30	35,36	32,70	25,63	19,73	28,34	27,27	56,25
Mangan (Mn)	-	-	-	873	1.382	1.299	897	933	1.077	1.271,17	1.250
Željezo (Fe) %	4,04	3,80	-	2,79	4,76	2,85	3,75	2,70	3,37	0,42%	6,25%
Arsen (As)	-	-	-	2,93	3,94	4,33	2,89	70,58	3,52	22,19	18,75
Živa (Hg)	-	-	0,27	-	-	-	0,26	0,13	0,20	0,122	1,25
Sumpor (S)	733	725	-	4.600	-	1.700	2.840	920	2.515	503	500
Ukupno PAH-ova	-	-	-	-	1,19	-	0,03	0,14	0,45	1,180	2

Lokalitet Pehare

Uzorkovanje provedeno 2026. godine obuhvatilo je lokalitet u istom području, ali ne i potpuno istu lokaciju kao 2010. godine. Laboratorijske analize tla pokazale su prekoračenja graničnih vrijednosti za olovo (Pb) u koncentraciji od 123,90 mg/kg, nikl (Ni) u koncentraciji od 157,47 mg/kg, mangan (Mn) u koncentraciji od 2.354,33 mg/kg i sumpor (S) u koncentraciji od 529 mg/kg. Sadržaj ostalih elemenata, PAH-ova i PCB-a je ispod graničnih vrijednosti za poljoprivredno tlo. U odnosu na historijski pregled analiza iz prije ratnog perioda i perioda 2010.-2016. godina, na lokalitetu Pehare je i dalje evidentna prisutnost olova kao najvećeg pollutanta, ali i prekogranične vrijednosti polutanata nikla, mangana i sumpora. Kao i lokaliteti Tetovo i Gradišće, Pehare još uvijek predstavljaju glavnu žarišnu tačku samog zagađenja zemljišta. S obzirom da se radi o naselju i ovaj lokalitet se karakterizira pogodnim za korištenje u svrhu daljnje urbanizacije.

Element i u tlu	(mg/kg tla)										
	1989	1999	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Prosjek 2011/2015	2026	Gran vr.
Bakar (Cu)	58	46	67,1	51,37	66,56	58,80	69,60	45,07	58,28	65,00	81,25
Olovo (Pb)	128	65	203,8	116,5	134,04	120,70	154,23	112,2	127,53	123,90	100
Kadmij (Cd)	8,5	2,34	2,2	0,41	1,93	0,79	2,62	1,23	1,40	0,766	1,25
Cink (Zn)	157	151	331,0	190,33	271,86	229,67	566,67	212,6	294,23	187,22	187,5
Nikal (Ni)	-	-	210,9	126,97	149,17	165,17	114,80	114,40	134,10	157,47	62,5
Hrom (Cr)	-	-	118,2	65,53	89,04	79,63	31,70	45,80	62,34	85,10	100
Kobalt (Co)	-	-	43,1	30,03	36,85	36,67	24,63	25,20	30,68	28,47	56,25
Mangan (Mn)	-	-	-	2.172	2.023	2.031	970	1.351	1.709	2.354,33	1.250
Željezo (Fe) %	4,67	3,85	-	3,47	6,19	4,00	7,29	3,56	4,90	0,79%	6,25%
Arsen (As)	-	-	-	1,59	2,51	1,54	4,79	35,81	9,25	17,30	18,75
Živa (Hg)	-	-	0,27	-	-	-	0,30	0,13	0,22	0,459	1,25
Sumpor (S)	1.300	571	-	4.200	-	1.900	5.580	1.610	3.322	529	500
Ukupno PAH-ova	-	-	0,25	-	1,58	-	1,40	0,10	1,03	1,415	2

Ostali uzorci odnosno lokaliteti

		Uz 1		Uz 2		Uz 3		Uz 4		Uz 6		Uz 8		Uz 10	
Polutant	Gr. Vr	2010	2026	2010	2026	2010	2026	2010	2026	2010	2026	2010	2026	2010	2026
Bakar (Cu)	81,25	42,7	42,67	55,9	58,33	62,7	60,00	59,2	36,67	62,7	46,33	74,4	47,33	60,3	73,33
Olovo (Pb)	100	160,4	99,20	311,7	144,20	340,3	212,03	345,9	82,07	224,6	59,37	260,3	88,57	268,8	138,43
Kadmij (Cd)	1,25	1,5	0,867	2,3	1.300	1,6	1,567	2,8	0,767	3,4	0,500	4,5	0,833	2,5	0,700
Cink (Zn)	187,5	257	155,05	371	204,20	446	223,35	455,0	123,75	353	104,60	417	164,9	365,0	195,63
Nikal (Ni)	62,5	160,9	115,53	104,3	130,80	99,5	147,83	136,7	135,20	185,1	108,23	182,6	60,37	162,7	183,97
Hrom (Cr)	100	144,8	115,53	48,5	67,23	113,3	112,87	77,6	66,07	87,4	112,97	75,4	36,73	48,2	112,20
Kobalt (Co)	56,25	39,2	19,57	27,3	21,43	29,3	24,37	31,6	17,73	40,1	29,30	37,3	17,13	40,1	29,00
Mangan (Mn)	1.250	-	1.887,33	-	1.879,00	-	2.059,00	-	1.697,67	-	1.587,0	-	1.151,33	-	2.095,00
Željezo (Fe) %	6,25%	-	0,80	-	0,81	-	0,82	-	0,78	-	0,79	-	0,41	-	0,81
Arsen (As)	18,75	-	19,27	-	23,9	-	24,74	-	16,99	-	16,84	-	18,95	-	20,02
Živa (Hg)	1,25	0,31	0,140	0,32	0,141	0,31	0,128	0,32	0,123	0,31	0,136	0,34	0,136	0,28	0,553
Sumpor (S)	500	-	296	-	394	-	473	-	389	-	368	-	443	-	310
Ukupno PAH-ova	2	-	0,902	-	0,775	-	0,853	0,4	1,181	0,67	0,385	0,36	1,462	0,52	1,433

OSTALI UZORCI - NASTAVAK DESKRIPTIVNE ANALIZE

Lokalitet Podbrežje – uzorak 1

Iz elaborata 2010. godine na ovom lokalitetu su zabilježene prekogranične vrijednosti sljedećih neorganskih jedinjenja: olova (Pb) koje su iznosile 160,4 mg/kg na prvoj dubini i 186,4 mg/kg na drugoj dubini (jedini lokalitet na kojem je uzorkovanje rađeno na dvije dubine: 0-15 cm i od 15-30 cm, jer se radi o oranici, te je i u ovom projektu uzorkovanje urađeno na obe dubine), nikla (Ni) koje su iznosile 160,9 mg/kg na prvoj dubini i 163,1 mg/kg na drugoj dubini, dok je sadržaj ostalih elemenata bio ispod graničnih vrijednosti. Dok sadržaj PAH-ova nije bio registrovan.

U uzorkovanju 2026. godine, također na iste dvije dubine zabilježene su prekogranične vrijednosti za sljedeća neorganska jedinjenja: nikl (Ni) koje iznose 115,53 mg/kg na prvoj dubini i 108,57 mg/kg na drugoj dubini, hroma (Cr) koje iznose 115,53 mg/kg na prvoj dubini i 126,23 mg/kg na drugoj dubini, mangana (Mn) koje iznose 1.887,33 mg/kg na prvoj dubini i 1.269,17 mg/kg na drugoj dubini, te arsena (As) koje iznose 19,27 mg/kg na prvoj dubini i 19,59 mg/kg na drugoj dubini. Sadržaj ostalih elemenata je bio u dozvoljenim graničnim vrijednostima, dok je sadržaj PAH jedinjenja i PCB-a, također ispod graničnih vrijednosti za poljoprivredno tlo. Kako se navedeni lokalitet nekada koristio kao oranica, a u međuvremenu su utvrđene promjene u smislu kontaminacije, preporuka je da se u budućnosti lokalitet koristi u industrijske svrhe, urbanizaciju ili rekreacijske aktivnosti.

Lokalitet Side – uzorak 2

Iz uzorka uzetog sa drugog lokaliteta u Podbrežju, prema elaboratu 2010. godine prekogranične vrijednosti neorganskih jedinjenja su bile sljedeće: olovo (Pb) koje su iznosile 311,7 mg/kg, kadmij (Cd) koje je iznosilo 2,3mg/kg, nikl (Ni) koje je iznosilo 104,3 mg/kg i cink (Zn) čije su vrijednosti iznosile 371,0 mg/kg. Sadržaj ostalih elemenata je bio ispod graničnih vrijednosti, a sadržaj PAH-ova nije bio detektovan.

U uzorku iz 2026. je primjetno blago poboljšanje te su vrijednosti tri neorganska jedinjenja sa prekograničnim vrijednostima i to: olovo (Pb) čija vrijednost iznosi 144,20 mg/kg, nikl (Ni) 130,80 mg/kg, te mangan (Mn) čija vrijednost iznosi 1.879,00 mg/kg. Vrijednosti ostalih elemenata su ispod graničnih vrijednosti, a također i sadržaj PAH jedinjenja i PCB-a je ispod granične vrijednosti za poljoprivredno tlo. Procesima fitoremedijacije je moguće zemljište na ovom lokalitetu pripremiti za buduće poljoprivredne svrhe.

Lokalitet Side – uzorak 3

Na trećoj lokaciji u Podbrežju u uzorku tla iz 2010. godine su sljedeća neorganska jedinjenja imala prekogranične vrijednosti: olovo (Pb) sa vrijednošću od 340,3 mg/kg, cink (Zn) sa vrijednošću od 446,0 mg/kg i nikl (Ni) sa vrijednošću od 99,5 mg/kg. Sadržaj preostalih elemenata je bio ispod graničnih vrijednosti, a PAH-ovi nisu bili detektovani.

Prema uzorku iz 2026. godine ovaj lokalitet možemo smatrati novim žarištem, jer su prekoračene granične vrijednosti većine neorganskih elemenata i to: olova (Pb) čija vrijednost iznosi 212,03 mg/kg, kadmija (Cd) čija je vrijednost 1,567 mg/kg, cinka (Zn) čija je vrijednost 223,35 mg/kg, nikla (Ni) čija vrijednost iznosi 147,83 mg/kg, hroma (Cr) čija je vrijednost 112,87 mg/kg, mangana (Mn) čija je vrijednost 2.059,00 mg/kg i arsena (As) čija vrijednost iznosi 24,74 mg/kg. Sadržaj preostalih elemenata je ispod graničnih vrijednosti, te također sadržaj PAH jedinjenja i PCB-a je ispod graničnih vrijednosti za poljoprivredno tlo. Lokalitet predstavlja moguće žarište, vrlo vjerovatno zbog blizine nekadašnjeg odlagališta otpada, odnosno deponije Side. Obzirom na okolnosti, preporučuje se da se lokalitet koristi u industrijske svrhe, ipak pod strogom kontrolom nadležnih institucija.

Lokalitet Novo Naselje – uzorak 4

U uzorku ovog lokaliteta je u 2010. godini zabilježeno prekoračenje graničnih vrijednosti sljedećih neorganskih jedinjenja: olovo (Pb) sa vrijednosti od 345,9 mg/kg, kadmij (Cd) sa vrijednosti od 2,8 mg/kg, cink (Zn) sa vrijednosti od 455,0 mg/kg i nikla (Ni) sa vrijednosti od 136,7 mg/kg. Sadržaj ostalih elemenata je bio ispod graničnih vrijednosti, a PAH-ovi su bili zabilježeni u vrijednosti od 0,39 mg/kg što je bilo ispod granične vrijednosti od 2 mg/kg.

U uzorku iz 2026. godine jasno je vidno poboljšanje stanja tla, gdje su u odnosu na 2010. godinu u novom uzorku dva neorganska jedinjenja sa prekoračenim graničnim vrijednostima i to: nikl (Ni) sa vrijednosti od 135,20 mg/kg i mangan (Mn) sa vrijednosti od 1.697,67 mg/kg, dok je sadržaj ostalih elemenata ispod graničnih vrijednosti. Sadržaj PAH-ova i PBC-a je također ispod graničnih vrijednosti za poljoprivredno tlo. S obzirom da se lokalitet nalazi smješten u sami put, zemljište se može koristiti u svrhu daljnje urbanizacije područja.

Lokalitet Crkvičko brdo – uzorak 6

U uzorku iz 2010. godine na ovom lokalitetu prekogranične vrijednosti su mala sljedeća neorganska jedinjenja: olovo (Pb) sa vrijednosti od 224,6 mg/kg, kadmij (Cd) sa vrijednosti od 3,4 mg/kg, cink (Zn) sa vrijednosti od 353,0 mg/kg i nikl (Ni) sa vrijednosti od 185,1 mg/kg.

U uzorku iz 2026. godine izmjene su zastupljene u sastavu neorganskih jedinjenja, te su sljedeća imala prekogranične vrijednosti: nikl (Ni) sa vrijednosti od 108,23 mg/kg, hrom (Cr) sa vrijednosti od 112,97 mg/kg, mangan (Mn) sa vrijednosti od 1.587,0 mg/kg i arsen (As) sa vrijednosti od 16,84 mg/kg. Sadržaj ostalih elemenata, te PAH-ova i PCB-a je ispod graničnih vrijednosti kao i 2010. godine. Preporučuje se da se ovaj lokalitet u budućnosti koristi u svrhu daljnje urbanizacije i rekreacijskih aktivnosti.

Lokalitet Pridražići (između Tetova i Banloza) – uzorak 8

U uzorku iz 2010. godine na lokalitetu broj 8 su sljedeća neorganska jedinjenja imala prekogranične vrijednosti: olovo (Pb) sa vrijednosti od 260,3 mg/kg, kadmij (Cd) sa vrijednosti od 4,5 mg/kg, cink (Zn) sa vrijednosti od 417,0 mg/kg i nikl (Ni) sa vrijednosti od 182,6 mg/kg. Sadržaj drugih elemenata i PAH-ova je bio ispod graničnih vrijednosti.

U uzorku iz 2026. godine sadržaj svih neorganskih i organskih jedinjenja je ispod graničnih vrijednosti. Na ovom prostoru dugi niz godina je zasađena djetelina i trenutno stanje lokacije se može smatrati dokazom uspješne remedijacije zemljišta biljkama tj. fitoremedijacije. Djetelina je poznata kao snažan fitoremedijator, i na ovoj lokaciji je tokom godina akumulirala teške metale iz tla u svoj sistem. Lokacija u Pridražićima se može koristiti u poljoprivredne svrhe, pod uslovom da se zasađena djetelina pravilno ukloni sa zemljišta i zbrine na ekološki prihvatljiv način, vodeći računa da se polutanti koje je biljka akumulirala dalje neodgovorno ne distribuiraju u širi ekosistem. Za provođenje ovih aktivnosti preporučuje se konsultovanje i saradnja sa nadležnim institucijama i specijaliziranim organizacijama.

Lokalitet Donja Gračanica – uzorak 10

U uzorku iz 2010. godine na navedenom lokalitetu su zabilježene prekogranične vrijednosti sljedećih neorganskih jedinjenja: olova (Pb) sa vrijednosti od 268,8 mg/kg, kadmija (Cd) sa vrijednosti od 2,5 mg/kg, cinka (Zn) sa vrijednosti od 365,0 mg/kg i nikla (Ni) sa vrijednosti od 162,7 mg/kg, dok su vrijednosti ostalih elemenata, te PAH-ova bile ispod graničnih vrijednosti.

U uzorku iz 2026. godine se ne primjećuje poboljšanje, već moguće drugo žarište sa prekograničnim vrijednostima sljedećih neorganskih jedinjenja: olovo (Pb) sa vrijednosti od 138,43 mg/kg, cink (Zn) sa vrijednosti od 195,63 mg/kg, nikl (Ni) sa vrijednosti od 183,97 mg/kg, hrom (Cr) sa vrijednosti od 112,20 mg/kg, mangan (Mn) sa vrijednosti od 2.095,00 mg/kg i arsen (As) sa vrijednosti od 20,02 mg/kg. I u ovom uzorku je sadržaj ostalih elemenata, te PAH-ova i PCB-a ispod graničnih vrijednosti. Preporučuje se da se ovaj lokalitet u budućnosti koristi u svrhu daljnje urbanizacije.

OPSERVACIJE

1. Prema elaboratu iz 2026. godine, u 9 od 10 analiziranih uzoraka zabilježene su prekogranične vrijednosti mangana (Mn). U elaboratu iz 2010. godine mangan nije bio analiziran, dok je u elaboratu iz 2016. godine njegova analiza provedena za lokalitete Tetovo, Gradišće i Pehare.
2. Također, u 9 od 10 uzoraka iz 2026. godine utvrđene su prekogranične vrijednosti nikla (Ni).
3. Kod ostalih polutanata prekoračenja su zabilježena na sljedećem broju lokaliteta:
 - kadmij (Cd) – 1 lokalitet
 - sumpor (S) – 2 lokaliteta
 - cink (Zn) – 3 lokaliteta
 - hrom (Cr) – 4 lokaliteta
 - olovo (Pb) i arsen (As) – 5 lokaliteta
4. Na osnovu rezultata i njihove komparacije utvrđena su prekoračenja koja ukazuju na značajno opterećenje tla. Za pouzdanu procjenu geogenog i antropogenog uticaja potrebno je provesti dodatna, ciljano usmjerena istraživanja.
5. Povećane koncentracije mangana i nikla zahtijevaju razmatranje kombiniranog geogenog i antropogenog uticaja, dok se kod elemenata poput olova, cinka, kadmija i arsena, pored prirodnog porijekla, može razmatrati i antropogeni uticaj povezan s industrijskom aktivnošću, saobraćajem i urbanim razvojem.
6. Identifikovana su sljedeća moguća žarišta kontaminacije:
 - Tetovo, Gradišće i Pehare, koji se prema uporednoj analizi prije ratnog, poslijeratnog i trenutnog stanja i dalje smatraju glavnim žarištima zagađenja.
 - Lokalitet Siđe, vjerovatno zbog uticaja nekadašnjeg odlagališta komunalnog otpada, bivše deponije Siđe.
 - Lokalitet Donja Gračanica, obzirom na opseg prekoračenja koja su utvrđena za šest elemenata.
7. Proces fitoremedijacije pokazuje potencijal za poboljšanje stanja tla. Primjer je lokalitet Pridražići (uzorak 8), na kojem je uočen dugogodišnji nasad djeteline. Rezultati analize su potvrdili da je djetelina vremenom uspješno akumulirala nečistoće iz tla u svoj biljni sistem.

Fitoremedijacija se može provoditi i uz pomoć drugih biljnih vrsta, poput: topole, vrbe, koprive, suncokreta, industrijske konoplje, hortenzije, maslačka, rogoza, kupusa i drugih.

8. Neophodna je i kontrolisana upotreba organskih i mineralnih gnojiva, kako bi se spriječile dodatn prodiranje štetnih tvari i daljnje zagađenje poljoprivrednog zemljišta. Preporučuje se sadnja biljnih kultura koje imaju vrlo malu sposobnost apsorpcije teških metala, dok se kulture s visokom sposobnošću apsorpcije trebaju izbjegavati.
9. Prema izvještaju Federalnog zavoda za agropedologiju iz 2016. godine, ne preporučuje se sadnja kultura poput: salate, špinata, mrkve, kupusa, cvekle, krompira, kelja, bijele repe i rotkvice.
10. Preporučuje se sadnja kultura poput: kukuruza, brokule, karfiola, jagoda, kupina, celera, graha, graška, dinje, paradajza, paprika, patlidžana i jabuka.
11. U slučaju korištenja kontaminiranog zemljišta za poljoprivrednu proizvodnju preporučuje se sadnja u staklenicima i plastenicima. Ako je zemljište kontaminirano, potrebno je u plastenike dovesti zdravo zemljište ili provesti proces remedijacije odabranom biljnom vrstom, izvršiti njen otkos u dva ili više navrata, potpuno ukloniti biljni materijal, a zatim ponoviti analize tla i uporediti ih s prethodnim rezultatima prije početka sadnje i uzgoja.

ZAKLJUČCI

1. Zemljište u naseljima Tetovo, Pehare i Gradišće je i dalje opterećeno industrijskim zagađenjem, s tim da je primjetno smanjenje koncentracija nekoliko ključnih teških metala u odnosu na ranije periode. To se posebno odnosi na **olovo, kadmij i cink**, kod kojih je u sva tri naselja **evidentirano smanjenje** u odnosu na vrijednosti zabilježene u pojedinim ranijim godinama.
2. Pozitivni trend nije isti za sve polutante. Zagađenje nije nestalo, već se promijenila njegova struktura i ne može se govoriti o uočenom generalnom oporavku zemljišta. Dok su **olovo, kadmij i cink** u 2026. godini uglavnom **na nižim nivoima** nego u mnogim ranijim mjerenjima, **nikal ostaje povišen** na sve tri lokacije, a **koncentracije hroma** u 2026. godini **više** su nego u dijelu ranijih mjerenja, uključujući direktno uporedivo istraživanje iz 2010. godine.
3. Također, kod pojedinih elemenata postoje značajne oscilacije tokom godina, što pokazuje da se stanje zemljišta ne može ocijeniti samo jednom vrijednošću ili jednim mjerenjem. Historijski podaci pokazuju promjenjive koncentracije pojedinih metala, dok rezultati iz 2026. godine potvrđuju da su problemi kontaminacije i dalje prisutni. **Kvalitet zemljišta** na većini lokacija (izuzev lokacije Pridražići, uzorak 8) prema Federalnom zavodu za agropedologiju je **IV kategorije – onečišćeno zemljište 100% i bez primjena mjera opreza ili odabira odgovarajućih kultura smatra se da nije pogodno za poljoprivrednu proizvodnju**.
4. Rezultati analize iz 2026. godine takođe potvrđuju da posljedice višedecenijskog industrijskog zagađenja ostaju prisutne i nakon prestanka proizvodnje u željezari Zenica, te je s toga **potrebno nastaviti vršiti monitoring zemljišta**. Ono što se promijenilo je njen prostorni i hemijski obrazac. To je posebno vidljivo kod nikla, koji je u 2026. godini na pojedinim lokacijama viši nego 2010. godine, uključujući uzorke 3 i 10. Sličan obrazac kod uzorka 10 vidljiv je i za hrom.
5. Dva lokaliteta i nakon približno 16 godina pokazuju istovremeno prekoračenje graničnih vrijednosti za veći broj metala. Potrebno je **prioritetno provesti detaljniju procjenu rizika** na ovim i obližnjim lokacijama i planirati ciljane mjere remedijacije.
6. Jedan lokalitet predstavlja pozitivan **primjer mogućeg oporavka zemljišta metodom fitoremedijacije**, odnosno tretmanom zemljišta biljnim kulturama. Ovo predstavlja važnu demonstraciju uspješnog procesa poboljšanja stanja tla prirodnim putem. Literatura potvrđuje da fitoremedijacija može smanjivati koncentracije ili mobilnost teških metala, ali njen uspjeh zavisi od vrste biljke, raspoloživosti metala, karakteristika tla i načina upravljanja biljnom biomasom.

PREPORUKE

Institucije:

- Na osnovu rezultata predmetne analize preporučuje se da nadležne institucije nastave sa daljnjim i opsežnijim monitoringom i analizom stanja tla u neposrednoj blizini željezare u Zenici, a kako bi se preciznije odredilo stanje, žarišta i izvor kontaminacije zemljišta na ovim lokalitetima.
- Preporučuje se da nadležne institucije u skladu sa Zakonom o zaštiti okoliša FBiH (15/21) član 109 i izdatim okolinskim dozvolama insistiraju da operater/i, koji je uzrokovao istorijsko i trenutno zagađenje, je dužan poduzeti potrebne radnje usmjerene na uklanjanje, kontrolu, ograničavanje ili smanjenje opasnih supstanci tako da lokacija, uzimajući u obzir njeno trenutno i buduće korištenje, ne predstavlja rizik za ljudsko zdravlje ili okoliš.
- Preporučuje se da nadležne institucije kreiraju i kontinuirano provode programe informisanja i edukacije stanovništva o stanju i mogućnostima korištenja kontaminiranog zemljišta
- Preporučuje se da nadležne institucije kreiraju i kontinuirano provode programe podrške za realizaciju fitoremedijacije zemljišta u ugroženim naseljima.

Stanovništvo:

- Preporučuje se da se stanovništvo preko zvaničnih informativnih kanala institucija i specijaliziranih organizacija informiše o stanju zemljišta i biljnim kulturama pogodnim za sadnju u svojim naseljima.
- Preporučuje se da stanovnici učestvuju u programima sanacije zemljišta koje nude institucije i specijalizirane organizacije.