

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OPĆENITO O ZAŠTITI OKOLIŠA .....</b>	<b>2</b>
2.1. Onečišćenje i zagađenje.....	2
2.2. Vrste onečišćenja .....	2
<b>3. NEORGANSKI I ORGANSKI POLUTANTI .....</b>	<b>4</b>
3.1. Teški metali .....	4
3.2. Teški metali u biljkama.....	4
3.3. Uticaj teških metala na životinje i čovjeka .....	5
<b>4. METOD ISTRAŽIVANJA.....</b>	<b>9</b>
4.1. Terenska istraživanja.....	9
4.2. Laboratorijska istraživanja .....	9
4.3. Obrada podataka.....	9
4.4. Primjenjivost važeće zakonske regulative u istraživanju potencijalno onečišćenih lokacija ....	9
4.5. Mjerenje radioaktivnosti.....	12
<b>5. OPĆE KARAKTERISTIKE PODRUČJA OPĆINE KAKANJ.....</b>	<b>13</b>
5.1. Geografski položaj općine Kakanj .....	13
5.2. Stanovništvo.....	13
5.3. Klimatske karakteristike .....	13
5.4. Geološke karakteristike.....	14
5.5. Pedološke karakteristike .....	16
<b>6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....</b>	<b>21</b>
6.1. Sadržaj neorganskih i organskih polutanata .....	21
6.2. Terenska radioaktivnost.....	22
<b>7. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>23</b>

## 1. UVOD

Pod zemljištem se podrazumijeva površinski sloj zemljine kore nastao od matičnog supstrata iz litosfere pedogenetskim procesima djelovanjem klime, vode i živih organizama. Zemljište se sastoji od mineralnih i organskih materija.

Smatra se da zemljište, zajedno sa vodom i vazduhom spada u obnovljive prirodne resurse. Međutim, s obzirom na ograničenu ukupnu količinu i izuzetno spor proces nastajanja, kao i neprekidno zagađivanje i neracionalno korištenje od strane čovjeka, zemljište ipak treba smatrati ograničenim, odnosno uslovno obnovljivim prirodnim bogatstvom. Ono je osnovni prirodni resurs i njegova primarna funkcija je proizvodnja hrane i sirovina. Međutim, tlo služi i drugim korisnicima izvan sfere poljoprivrede i šumarstva, kao što su: urbanizam, industrija, saobraćajnice, razna odlagališta, vodne akumulacije i drugo. Brojnim zahvatima čovjek stalno ugrožava i zagađuje taj sloj raznim otpadnim materijalima i otrovnim supstancama kao što su hemijska sredstva, pesticidi, vještačka gnojiva, nekontrolisano odlaganje komunalnog otpada, nekontrolisana urbanizacija područja i dr. Ove vrste zagađenja uništavaju živi svijet rastresitog sloja zemljišta, prekidaju biološke tokove, a posebno ugrožavaju one organizme koji djeluju na organske materije i pretvaraju ih u mineralne supstance neophodne za proces fotosinteze (bakterije, gljive, gliste i dr.).

Nasuprot dugotrajnom procesu nastanka, proces onečišćenja i oštećenja tla (posebice pod utjecajem čovjeka) neuporedivo je brži. Proces gubljenja zemljišta teče sporo, a posljedice se najčešće manifestuju poslije niza godina, kada više i nema uslova za revitalizaciju ovakvih površina. Čovjek svojim aktivnostima neprekidno smanjuje ukupnu površinu zemljišta. Ovo se naročito odnosi na poljoprivredno zemljište koje postaje sve ugrozenije. Osnovne čovjekove aktivnosti koje najviše degradiraju tlo odnose se prvenstveno na širenje gradova, izgradnju industrijskih kompleksa i saobraćajnica, kao i deponovanje otpadnog materijala. Velike površine zemljišta izložene su intenzivnom procesu erozije.

Oštećenje zemljišta možemo podijeliti u nekoliko vrsta:

- Degradacija zemljišta - nastaje unošenjem otrovnih supstanci prilikom gnojenja i zaštite biljaka, te uslijed poremećaja strukture zemljišta i erozije,
- Destrukcija je teže oštećenje zemljišta, koje nastaje pod uticajem otpadnih voda i čvrstog otpada,
- Totalno oštećenje zemljišta može biti privremeno (npr. izgradnjom površinskih kopova za eksploataciju mineralnih sirovina, deponija otpada, kampova, igrališta i dr.) i trajno (npr. izgradnjom naselja, puteva, vodnih akumulacija, aerodroma i dr.).

Isto tako, posljednjih godina društvena zajednica pokazuje sve više interesa za očuvanje poljoprivrednih površina kako bi se povećala proizvodnja hrane koja u današnje vrijeme predstavlja jedan od najznačajnijih faktora stabilnosti i razvoja svake zemlje. Pitanja upravljanja zemljištem i njegovom zaštitom poklanja se velika pažnja u Europi. Pravni je temelj uspostavljen u velikom broju država članica Europske unije, a zajednička polazišta sadržana su u *Tematskoj strategiji za zaštitu tla (Thematic Strategy for Soil Protection)* koja je 2006. prihvaćena od Europske komisije. Tim više doneseni zakonski propisi obavezuju da se zaštite poljoprivredna zemljišta. Temeljem Zakona o poljoprivrednom zemljištu doneseni su i provedbeni propisi.

Inventarizacija stanja onečišćenosti i oštećenosti tala, uspostava sistema trajnog motrenja i informacijskog sistema preduslov su za razvijanje strategije i odabira mjera kvalitetne zaštite tla i sprječavanja dalnjih negativnih procesa.

Kada se govori o kontaminaciji tla uglavnom se koriste dva termina. Pod terminom kontaminacije uglavnom se podrazumijeva sadržaj polutanata u tlu znatno iznad graničnih vrijednosti. Termin "onečišćenja" tla označava sadržaj nekog polutanta u tlu u količinama koje još ne ugrožavaju egzistenciju ljudi, odnosno produkciju hrane.

## **2. OPĆENITO O ZAŠTITI OKOLIŠA**

Zaštita okoliša je skup odgovarajućih aktivnosti i mjera kojima je cilj sprečavanje onečišćenja i njegovog zagađenja, sprečavanje nastanka, smanjivanje i otklanjanje šteta nanesenih okolišu, te povrat okoliša u prvobitno stanje. Ciljevi okolišne politike su očuvanje kvaliteta zraka, podzemnih i površinskih voda, zemljišta, biološke raznovrsnosti itd.

### **2.1. Onečišćenje i zagađenje**

Svaki poremećaj količine određenih hemijskih ili bioloških materija ili fizičkih osobina u odnosu na prirodne, pod uslovom da se može određenim postupcima vratiti u prvobitno stanje, naziva se onečišćenje, dok zagađenje predstavlja trajan oblik promjene sastava i osobina okoliša. Onečišćenja su rezultat prije svega ljudske aktivnosti. Onečišćeni mogu biti zrak, voda i tlo. Razvojem industrije i upotrebom uglja u proizvodnji energije dolazi do povećanja ispuštanja ugljičnih, sumpornih i azotnih oksida. Novi val onečišćenja dolazi upotrebom nafte i naftnih derivata. Razvojem hemije i primjenom hemijskih materija u industriji, raste doprinos i drugih štetnih materija u onečišćenju okoliša. Od tipa industrije, zavisi koje će se zagađujuće materije naći u zemljištu. Na primjer, oko cementara se zemljište zagađuje prašinom, oko topionica olovom, bakrom, arsenom, sumporom ili silicijumom, a oko industrije đubriva nitratima i fosfatima. Tokom industrijalizacije želja za profitom je bila iznad svijesti o potrebi očuvanja okoliša, uprkos opažanju da se broj bolesnih od određenih bolesti znatno povećava u industrijskim središtima.

### **2.2. Vrste onečišćenja**

#### *Hemijsko onečišćenje i zagađenje*

Pod pojmom hemijskog onečišćenja podrazumijeva se ispuštanje u okoliš, bilo namjerno ili nemjerno, hemijskih materija koje nisu svojstvene prirodnom okolišu, te svojim djelovanjem mijenjaju fizičke, hemijske i biološke karakteristike okoliša. Hemijske materije koje onečišćuju okoliš su najčešće proizvod ljudske aktivnosti, rjeđe aktivnosti vulkana. Kisele kiše su još jedan značajan izvor zagađenja zemljišta. Osim kiselih kiša, iz vazduha dolaze druge materije koje na manjim ili većim površinama zagađuju zemljišta. Na primjer, prašina, čađ i druge čestice koje se izbacuju kroz dimnjake različitih fabrika ili automobila talože se na okolnim zemljištima. Jedan od čestih izvora zagađenja je poljoprivreda. Poljoprivredna zemljišta se zagađuju direktnim hemijskim tretmanom radi suzbijanja korova, patogena i drugih štetnika. Prekomjernim đubrenjem poljoprivredno zemljište se zagađuje različitim neorganskim jedinjenjima.

#### *Biološko onečišćenje i zagađenje*

Biološko onečišćenje je posljedica razvoja neke vrste organizama (ili mikroorganizama) na osnovi hemijskog ili biohemijskog onečišćenja. Organizmi (ili mikroorganizmi) se hrane hemijskom materijom (najčešće organskog porijekla), te razmnožavanjem uzrokuju značajnu promjenu u okolišu, pri čemu mogu utjecati na zdravlje biljaka, životinja i ljudi.

#### *Radioaktivno onečišćenje*

Radioaktivna onečišćenja su posljedica korištenja radioaktivnih materija koje uslijed ljudske pogreške dolaze u okoliš. No, postoji i namjerno ispuštanje radioaktivnih materija kao što su razna nuklearna oružja. Nakon kontaminacije tla radioaktivnim materijama, tlo je dugo godina nemoguće koristiti u prvobitne svrhe.

### *Otpad*

Otpad je skup materija mehaničkog, hemijskog, biološkog ili nuklearnog porijekla. Nastaje isključivo ljudskom djelatnošću. Nepodesan je za dalju upotrebu i zahtjeva nove načine obrade i prerade. Dijelimo ga na gasoviti, tekući i čvrsti otpad. Otpad može biti inertan, neopasan i opasan otpad. Dugoročni cilj je smanjiti količine otpada na deponijima primjenom odgovarajućih postupaka. Aktivnosti u tom cilju su: prevencija nastanka otpada, odvajanje, recikliranje, spaljivanje, odlaganje otpada i obrazovanje javnosti.

### **3. NEORGANSKI I ORGANSKI POLUTANTI**

#### **3.1. Teški metali**

Pojam *teški metali* obuhvata metale sa specifičnom gustom većom od  $5 \text{ g/cm}^3$ . Neki teški metali su u vidu elemenata u tragu 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 sustavu, učestalo rezultira štetnim zdravstvenim posljedicama, a nerijetko teškim bolestima. Svjetska zdravstvena organizacija je izradila opsežne studije koje su razmatrale i ukazale na opasne efekte teških metala na zdravlje ljudi.

Teški metali mogu u vidu finih čestica prašine dospjeti u atmosferu, odakle se talože u vodama i tlu. U vodama se brzo razrjeđuju i talože kao teško rastvorljivi karbonati, sulfati ili sulfidi na dnu vodenih površina. Kada se adsorpcijski kapacitet sedimenata iscrpi, raste koncentracija metalnih jona u vodi. Kruženje teških metala u prirodi veoma zavisi od promjena kojima ovi metali podlježu.

Koncentracija ovih jedinjenja u njima nepovoljnim uslovima (van minerala zemljišta) je antropološkog porijekla i rezultat su industrijskog zagađenja. Povećane koncentracije se javljaju u industrijskim proizvodima (deterdženti, baterije, aditivi hrane i sl.) ili su rezultat tehnološkog procesa (izgaranje goriva, topionice, galvanizacija i dr.).

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. Veće čestice iz industrijskih i urbanih izvora imaju uglavnom kratko vrijeme zadržavanja, obično oko 10 sati. Ukoliko se radi o sitnijim česticama koje mogu dospjeti u stratosferu, vrijeme zadržavanja može biti i više od godinu dana. 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. Glavni izvori za emisiju teških metala su sagorijevanje fosilnih goriva, rudnici, topionice, livnice i druge grane industrije. Pored toga postoje i prirodni izvori, npr. vulkani ili raspadanje stijena.

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

Sadržaj pristupačnih oblika neorganskih i organskih polutanata u tlu je promjenjiv i prvenstveno zavisi od matičnog supstrata, pH, sadržaja organske mase u tlu,  $\text{CaCO}_3$ , teksturnog sastava i dr.

#### **3.2. Teški metali u biljkama**

Usvajanje teških metala kod biljaka se prvenstveno odvija pomoću korijena iz zemljишnog rastvora, a manjim dijelim i preko nadzemnih organa iz atmosfere. Iz vazduha se teški metali mogu taložiti suhim i mokrim putem i difuzijom. Od toga se manji dio taloži na biljnim površinama, naročito listovima, a veći dio na površini zemljišta. Zbog svoje postojanosti, teški metali se akumuliraju u zemljишtu odakle ih biljke mogu usvajati preko korjena. Dio teških metala koji se taloži na listovima se apsorbuje, a dio može biti ispran padavinama. Ispiranje zavisi od stepena rastvorljivosti.

Teški metali u biljkama utiču na brojne fiziološko-biohemiske procese kao što su fotosinteza, asimilacija azota, usvajanje i metabolizam neophodnih elemenata, aktivnost enzima, disanje i vodni režim, a pored toga utiču i na rast i razviće biljaka. Prvi simptomi uticaja teških metala su pojave nekroze i hloroze na najstarijim, a kasnije i na ostalim listovima. Dolazi i do izumiranja starih listova, a rast novih je usporen. Dalji efekti teških metala zavise od vrste biljke, načina na koji se usvajaju i od osobina teških metala. Teški metali mogu uticati na usvajanje i raspodjelu elemenata koji su neophodni za biljku. Najčešće dolazi do inhibicije i smanjenja intenziteta usvajanja i transporta neophodnih elemenata.

Teški metali mogu znatno uticati i na vodni režim biljaka. Taj uticaj može biti posredan i neposredan i ogleda se promjenama pri usvajanju, transportu i odavanju vode. Fotosintetski aparat i proces fotosinteze su posebno osjetljivi na povećane koncentracije teških metala.

### **3.3. Uticaj teških metala na životinje i čovjeka**

Životinje i ljudi dolaze u kontakt sa teškim metalima preko hrane, vode i vazduha. Pri normalnim uslovima postoje tri načina ulaska teških metala u organizam: preko kože, preko gastro-intestinalnog trakta i preko respiratornog trakta. Deponovanje i izlučivanje teških metala zavisi od više faktora: fizičko-hemijskih osobina metala, put ulaska u organizam, starost organizma, fiziološko stanje, ishrana, hormonski status i drugo. Uglavnom se teški metali deponuju u ciljnog organu kao što su, kosti, bubrezi, jetra ili mozak. Izlučivanje se vrši preko respiratornog trakta, pljuvačnih žljezda (olovo, živa i kadmijum), putem kože, znojnih i lojnih žljezda. Najznačajnije količine teških metala se izlučuju preko urina i digestivnog trakta.

#### Sadržaj olova (Pb) u tlu

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 u kojima je uobičajena koncentracija od 10-40 mg/kg, ali se javlja i u ultrabazičnim i krečnjačkim stijenama u nešto manjoj koncentraciji. Uglavnom se nalazi kao  $Pb^{+2}$ , iako ga ima i u oksidacionom stanju kao  $Pb^{+4}$ . Olovo se u tlu "udružuje" sa mineralima gline (naročito ilitom), zatim Mn-oksidima, Fe i Al hidroksidima i naročito sa organskom materijom zbog čega je povišena koncentracija olova uglavnom blizu površine tla.

Olovo u tlo, osim prirodnim putem, može doći i antropogenim uticajem. Olovo kao polutant uglavnom dolazi iz raznih industrijskih postrojenja, u mineralnim oblicima ( $PbS$ ,  $PbO$ ,  $PbSO_4$  i dr., i u izduvnim gasovima automobila u obliku haloidnih soli ( $PbBr$ ,  $PbBrCl$ ,  $Pb(OH)Br$ ,  $(PbO)_2PbBr$ ).

Inače, akumulacija olova u površinskom sloju tla utiče na biološku aktivnost tla (povećana koncentracija olova u tlu smanjuje enzimsku aktivnost mikroorganizama), 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.

#### Sadržaj kadmija (Cd) u tlu

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). U kiseloj sredini je mobilan (puno pokretljiviji od Zn) i lako prelazi u zemljivođi rastvor gdje se javlja, osim kao jon  $Cd^{+2}$  i u vidu kompleksnih jona  $CdCl^+$ ,  $CdCl_4^{-2}$  i dr. Pri jakim oksidacionim uslovima kadmij formira minerale kao što su  $CdO$ ,  $CdO_3$  i dr., akumulira se u fosfatnim i biolitskim depozitima.

Rastvorljivost kadmija u tlu je u visokoj zavisnosti od pH vrijednosti tla. Tako Cd adsorbovan u tlu na pH iznad 7,5 i nije lako pokretljiv, uglavnom je kao  $\text{CdCO}_3$  i  $\text{Cd}_3(\text{PO}_4)_2$ . Također, značajan je 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, ali se može desiti i da u alkalnim tlima monoivalentni hidroksidi  $\text{CdOH}^+$  jona ne mogu zauzeti mjesto u kompleksima izmjene katjona, što znači da mogu biti mobilni.

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

#### Sadržaj žive (Hg) u tlu

U prirodi živa se nalazi u različitim hemijskim oblicima i njezini metilni Hg spojevi čine najveću opasnost čovječanstvu. Utvrđeni su različiti nivoi Hg ovisno od medija gdje su izvori ekspozicije za čovjeka, kao i njihov sadržaj koji dovodi do toksičnog rizika. Glavni put apsorpcije žive u čovjeka je preko respiratornog trakta i ishranom. Neprofesionalna ekspozicija se događa najčešće kontaminiranom hranom i preko dentalnog amalgama, dok profesionalna ekspozicija uglavnom uključuje živine pare kao izvor.

Živa je toksična supstanca koja je jednako štetna i za ljude i za životinje. Štetno djeluje na mozak, živčani sustav, bubrege i jetru. Utječe na osjetila opipa, okusa, vida, pa čak i kretanja. Djeca zaražena živom slabije su inteligencije, lošije čuju i slabija im je koordinacija pokreta. Zbog lipofilnosti, organska živa oštećuje sve organe s kojima dođe u kontakt.

#### Sadržaj cinka (Zn) u tlu

Cink (Zn) u tlo dolazi raspadanjem minerala biolita amfibola, piroksena i dr. ili antropogenim putem. U prirodnom tlu ga uglavnom ima od 10 do 300 mg/kg tla. U zemljишnom rastvoru (mobilan) se nalazi u obliku rastvorljivih soli  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{ZnSO}_4$ ,  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$  i dr. Njegova mobilnost u direktnoj je zavisnosti od reakcije zemljista. U kiseloj sredini ispod pH 5,5 je mobilan, a u alkalnoj npr. (krečnim zemljistiima) njegova mobilnost naglo opada uslijed taloženja u obliku hidroksida ili Ca-acetata. Dakle, u alkalnoj sredini dolazi do adsorpcije Zn-a na karbonate Ca i Mg. Općenito, može se reći da je sadržaj Zn-a u tlu promjenjiv i da prvenstveno zavisi od matičnog supstrata, pH, sadržaja organske mase u tlu,  $\text{CaCO}_3$ , teksturnog sastava i dr. Akumulira se u životnjama, ali ne i u biljkama.

#### Sadržaj kobalta (Co) u tlu

Nalazi se u elementarnom obliku ili u jedinjenju. Služi za legure i 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, nikla, djelimično bakra i ostalih teških metala. U stijenama se sreće kao mineral kobaltin,  $\text{CoAsS}$  i smaltin  $\text{CoAs}_{2-3}$ . Može se naći i kao  $\text{CoCO}_3$ .

Tla nastala na granitu su siromašna kobaltom (1 mg/kg), a sadržaj raste na dioru (1,5), bazaltu (8), gabru (20) i serpentinima (100 mg/kg). 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 udahнуте količine izazivaju oštećenje pluća. Na životnjama je izazivao nastanak raka ako je nanešen pod kožu ili na mišić.

### Sadržaj bakra (Cu) u tlu

Bakar se u tlu nalazi 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. Zabarena, zamočvarena i opodzoljena tla, te tla bogata krečom su uglavnom siromašna ovim elementom. Kao i naprijed navedeni teški metali, i bakar je mobilan u kiseloj 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. Mineral gline montmorilonit pokazuje najveću sposobnost adsorpcije bakra. Sa organskim jedinjenjima nastalim u tlu razlaganjem biljnih ostataka, bakar formira kompleksna jedinjenja tipa helata. Povišena koncentracija bakra u tlu djeluje depresivno na porast biljaka, smanjuje klijanje sjemena i antogenistički djeluje na druge mikrolemente.

Općenito, može se reći da rastvorljivost (i pokretljivost) bakra u tlu raste sa zakiseljavanjem tla, a smanjuje povećanjem pH vrijednosti (npr. kalcizacijom). Sa fosforom, čak i u neutralnim tlima bakar formira teško rastvorljive tercijerne fosfate ( $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2 \times 3\text{H}_2\text{O}$ ). Dakle, smanjenje mobilnosti bakra se može postići, osim povećanjem organske materije i  $\text{CaCO}_3$  u tlu (humizacijom i kalcizacijom) i unošenjem fosfornih đubriva u tlo.

### Sadržaj nikla (Ni) u tlu

Nikl je dosta rasprostranjen u mineralnoj i organskoj formi u tlu. U tlima nastalim na eruptivnim sedimentima ima ga do 50 mg/kg tla, a u tlima nastalim na serpentinu čak i do 600 mg/kg tla. Kao i kod ostalih elemenata, i na njegov sadržaj i mobilnost u tlu utiče reakcija tla, organska materija i glina. Količine mobilnog nikla nisu direktno toksične za biljke ako u tlu ima dosta kalcija koje umanjuje toksično djelovanje većih količina nikla.

### Sadržaj hroma (Cr) u tlu

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

### Sadržaj Arsen (As) u tlu

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.

### Policiklični aromatski ugljikovodici (PAH)

Policiklični aromatski ugljikovodici (PAH) spadaju u grupu naftnih ugljikovodika. To su organski spojevi koji se sastoje iz dva i više spojenih benzenovih prstena. Prirodni izvori PAH su šumski požari i vulkanske erupcije. Sastavni su dio većine fosilnih goriva i kroz njihovu nepotpunu razgradnju učestvuju u zagađenju okoliša. Štetnost ovih elemenata se ogleda u njihovoj kancerogenom efektu (posebno benzo(A)antracen, benzo(A)piren, benzo(B)fluoranten, benzo(K)fluoranten, krisen, dibenzoantracen, indenopiren).

## **4. METOD ISTRAŽIVANJA**

U okviru istraživanja obavljena su:

- terenska istraživanja,
- laboratorijska istraživanja, i
- obrada podataka.

### **4.1. Terenska istraživanja**

Terensko istraživanje uključuje uzorkovanje i analizu tla na prisustvo onečišćujućih materija. Prilikom ovih radova najprije je izvršeno rekognosciranje ranije definisanih lokacija u cilju utvrđivanje mesta uzorkovanja tla. Nakon toga su uzeti prosječni uzorci tla za analizu. Prosječni uzorci su dobijeni miješanjem 9-10 pojedinačnih uzoraka. Uzorci su uzeti u površinskom sloju (0-25 cm), u poremećenom stanju i uz upotrebu odgovarajućeg pribora. Uzorci tla su pakovani u plastične vrećice. Uzorkovanje je vršeno u skladu sa Zakonom o poljoprivrednom zemljištu ("Sl. novine F BiH", br. 52/09) i Pravilnikom o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih materija u zemljištu i metode njihovog ispitivanja ("Sl. novine F BiH", br. 72/09).

### **4.2. Laboratorijska istraživanja**

U laboratoriji su urađene slijedeće analize:

- reakcija zemljišta, aktivna (pH u H<sub>2</sub>O) i supstitucijska (pH u 1M KCl-u) - određena elektrometrijski na pH-metru,
- sadržaj humusa u % - određen po SPRING-u kolorimetrijski,
- sadržaj CaCO<sub>3</sub> u % - određen volumetrijski po SHEIBLER-u,
- sadržaj ukupnih oblika teških metala: olovo (Pb), kadmij (Cd), žive (Hg), hrom (Cr), cink (Zn), bakar (Cu), nikal (Ni), kobalt (Co) i arsen (As); sadržaj je izražen u mg/kg - određen AAS metodom u skladu sa standardom ISO 11466 i 11047,
- sadržaj organskih polutanata u tlu (policiklični aromatski ugljovodonici-PAH) - određen metodom EPA 8275.

### **4.3. Obrada podataka**

Na osnovu terenskih istraživanja, laboratorijskih analiza fizičkih i hemijskih osobina tla, te sadržaja neorganskih i organskih polutanata izrađen je Elaborat o zaštiti zemljišta na području općine Kakanj.

### **4.4. Primjenjivost važeće zakonske regulative u istraživanju potencijalno onečišćenih lokacija**

*Zakonska regulativa Federacije Bosne i Hercegovine*

U zakonskoj legislativi Federacije Bosne i Hercegovine (Sl.novine F BiH, br. 72/09) granične vrijednosti teških metala navode se samo za poljoprivredno zemljište. Ovaj Pravilnik sagledava onečišćenje tla s ciljem da se poljoprivredno tlo zaštiti od hemijske i biološke degradacije i održi u stanju koje ga čini povoljnim staništem za proizvodnju zdravstveno ispravne hrane. Prema ovom Pravilniku, poljoprivredno tlo je tlo koje se koristi za poljoprivrednu proizvodnju pod čime se podrazumijeva površinski obrađeni sloj tla, kao i dublji horizont koji nije zahvaćen obradom, uključujući rastresite dijelove sustrata s podzemnom vodom koji mogu, također, biti zagađeni štetnim materijama unijetim u tlo. Poljoprivredno tlo se smatra zagađenim kada sadrži više od količina štetnih materija koje su definirane Pravilnikom, izraženo u mg/kg suhog tla.

Radioaktivnost je urađena u skladu sa Pravilnikom o mjestima i vremenskim intervalima sistematskog sadržaja radionuklida u životnoj sredini, ranom otkrivanju i obavještavanju radioaktivne kontaminacije životne sredine (Sl. list SFRJ, br. 84/91).

S obzirom da predmetno zemljište na pojedinim lokacijama ne spada u poljoprivredno zemljište, tj. nije predviđeno za proizvodnju hrane ovakav Pravilnik nije podoban za određivanje onečišćenja zemljišta industrijskog područja. U slučaju primjene ovog Pravilnika za definiranje potrebe remedijacije ili sanacije onečišćenog tla, u ovim industrijskim područjima primjenili bi prestroge kriterije graničnih vrijednosti.

S obzirom da se na pojedinim lokacijama ne vrši poljoprivredna proizvodnja, dovođenje tla u okvire graničnih vrijednosti definiranih ovim Pravilnikom, ne bi imale smisla niti opravdanja.

Iz ovog razloga smatramo da je u procjeni kontaminacije potrebno sagledati i legislativu drugih zemalja. U mnogim evropskim zemljama se pristupilo mnogo detaljnije ovom problemu, te su za različite upotrebe zemljišta date i različite granične vrijednosti.

Tabela 1. Granične vrijednosti polutanata u ukupnom obliku po Uputstvu o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih materija u zemljištu i metode njihovog ispitivanja (Sl. novine FBiH, br. 72/09)

Polutanti	Granične vrijednosti (mg/kg)		
	Pjeskovito tlo	Praškasto-ilovasto tlo	Teško tlo
Kadmijum (Cd)	0,5	1	1,5
Bakar (Cu)	50	65	80
Nikl (Ni)	30	40	50
Oovo (Pb)	50	80	100
Cink (Zn)	100	150	200
Hrom (Cr)	50	80	100
Živa (Hg)	0,5	1	1,5
Kobalt (Co)	30	45	60
Molibden (Mo)	10	15	20
Arsen (As)	10	15	20
Barij (Ba)	60	80	100
Vanadij (Va)	30	40	50
Talij (Tl)	0,5	1	1
Bor (B)	30	40	50
<b>Drugi anorganski spojevi</b>			
Sumpor (S)	300	400	500
Fluor (F)	150	250	350
<b>Organske štetne i opasne tvari</b>			
Policiklični aromatski ugljikovodici (PAH)	2	2	2

Napomena: Navedene vrijednosti se odnose na tla kisele reakcije. U karbonatnim tlima, navedene vrijednosti se mogu povećati za 25%.

#### *Zakonska regulativa nekih zemalja Evropske unije*

U nedostatku domaćih zakona i propisa koji bi kvalitetno definirali mogućnost određivanja stepena onečišćenja tla u industrijskim i drugim područjima na potencijalno onečišćenim lokacijama, kao i granične vrijednosti pri kojima je potrebno poduzimati daljnje mjere istraživanja, monitoringa ili sanacije, u praksi se najčešće koriste upute, smjernice i pravilnici preuzeti iz zakonodavstva drugih zemalja.

Stepen zagađenosti zemljišta u različitim zemljama i pristupi u upravljanju ovim problemom su predmet značajne rasprave i razmjene informacija i ideja u posljednjih 10 ili više godina. Do neke mјere, sve zemlje su naslijedile onečišćenje iz prethodnih načina korištenja zemljišta.

Većina zemalja su prepoznale specifične probleme za ljudsko zdravlje i kvalitetu okoliša, kao i ekonomski teret kao posljedicu toga. Temeljni cilj perspektive europskog prostornog razvoja je uspostavljanje uravnoteženog i održivog prostornog razvoja unutar EU, posebno jačanjem ekonomske i socijalne kohezije, također, uzimajući u obzir ugrožavanje zemljišta povećanjem njegove degradacije i gubitka, kao i smanjenje biološke raznolikosti i prirodnih područja.

Tako su **granične vrijednosti u Njemačkoj** (tabela 2) za dječja igrališta, rezidencijalna područja, parkove i industrijske zone određene na temelju odnosa tlo-ljudsko zdravlje, a za poljoprivredna zemljišta na temelju odnosa tlo-biljka.

Tabela 2. Granične vrijednosti u Njemačkoj (B Bod Sch V, 1999) za pojedine teške metale:

Granične vrijednosti (mg/kg)				
Element	Dječja igrališta	Rezidencijalna područja	Parkovi i rekreacijska područja	Područja za industrijske i komercijalne svrhe
Oovo	200	400	1000	2000
Kadmij	10	20	50	60
Nikal	70	140	350	900
Hrom	200	400	1000	1000
Živa	10	20	50	80

Prema Standardima kvaliteta tla - ciljnim i interventnim vrijednostima kraljevine Holandije (**The new Dutchlist, tabela 3**) zone onečišćenosti tla pojedinim onečišćivačima podijeljene su na dva nivoa po kojima su propisane dvije granične vrijednosti, a to su:

- ciljna vrijednost – koncentracija pojedinog onečišćivača dostiže vrijednost koja ima neznatan utjecaj na okoliš,
- interventna vrijednost – koncentracija pojedinog parametra onečišćivača dostiže vrijednost koja ima štetan utjecaj na ljude, biljke i životinje. Koncentracije koje prelaze interventnu vrijednost podrazumijevaju jako zagađeno tlo, te je sanacija neophodna.

Tabela 3. Standard kvaliteta tla - ciljne i interventne vrijednosti kraljevine Holandije (The new Dutchlist)

Teški metali (ukupni oblik)	Ciljna vrijednost (mg/kg)	Interventna vrijednost (mg/kg)
Oovo	85	530
Cink	140	720
Kadmij	0,8	12
Hrom	100	380
Kobalt	20	240
Bakar	36	190
Živa	0,3	10
Nikl	35	210
Arsen	29	55
PAH (ukupni oblik)	1	40

Uzorkovanje i analiza zemljišta je izvršena u skladu sa Zakonom o poljoprivrednom zemljištu ("Sl. novine F BiH", br. 52/09) i Pravilnikom o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih materija u zemljištu i metode njihovog ispitivanja ("Sl. novine FBiH", br. 72/09), prema graničnim vrijednostima navedenim u tabeli 1.

Ispitivanje sadržaja pojedinih elemenata na područjima koja nisu namijenjena za poljoprivrednu proizvodnju (kao što je i na mjestu uzorkovanja tla i na ovoj općini) nije regulisano u našim zakonskim dokumentima, te je korištena strana legislativa.

#### **4.5. Mjerenje radioaktivnosti**

Radioaktivno zračenje mijenja strukturu i svojstva materijala kroz koja prolazi. Pri tome je najznačajniji efekat jonizacija. Jonizirajuće zračenje narušava biohemiske procese u ćelijama, što može dovesti do raznih poremećaja u njihovom funkcionisanju i dijeljenju, te konačno do nastanka ozbiljnih oboljenja.

Prirodno gama zračenje za BiH je 0,05-0,15  $\mu\text{Sv}/\text{h}$ . Limit za ispitivanje 0,20  $\mu\text{Sv}/\text{h}$  i temeljen je na dvostrukoj vrijednosti gama zračenja,  $2 \times 0,10 \mu\text{Sv}/\text{h}$ . Na mjestima uzorkovanja zemljišta izvršeno je mjerenje jačine apsorbovane doze gama zračenja u vazduhu na visini od 1 m iznad površine. Mjerenje radijacije na terenu obavljeno je uređajem Gamma scout.

## 5. OPĆE KARAKTERISTIKE PODRUČJA OPĆINE KAKANJ

### 5.1. Geografski položaj općine Kakanj

Općina Kakanj smještena je u Zeničko-dobojskom kantonu, u njegovom srednjem i južnom dijelu ( $40^{\circ}00'$  -  $44^{\circ}22'30''$  s.g.š. i  $18^{\circ}00'$  -  $18^{\circ}15'$  i.g.š.) na nadmorskoj visini od 380 m (Dobojsko polje) do 1.458 m nadmorske visine (Lipničko brdo). Sam grad smješten je na nadmorskoj visini od 384 m. Općina Kakanj ima iznimno povoljan geostrateški položaj u široj regiji. Zauzima centralni položaj Zeničko-dobojskog kantona, kao i centralni položaj države BiH. Zauzima centralni položaj u Sarajevsko-zeničkoj kotlini koja se nalazi sjeverno od Visokog i jugoistočno od Zenice, privredno najznačajnijem i najgušće naseljenom regionu BiH.

Ukupna površina općine Kakanj iznosi  $377 \text{ km}^2$  i po svojoj površini spada u red srednje velikih općina u Bosni i Hercegovini.

Na osnovi mirovinskog sporazuma iz Dayton-a i prema Zakonu o federalnim jedinicama, općina Kakanj cijelom svojom teritorijom pripada Zeničko-dobojskom kantonu.

### 5.2. Stanovništvo

Prema podacima Federalnog zavoda za statistiku, na prostoru općine Kakanj u 2010. godini živjelo je 43.300 stanovnika. Prema posljednjem popisu stanovništva iz 1991. godine, na teritoriji općine Kakanj živjelo je 55.950 stanovnika u 14.518 domaćinstava. Tokom rata ova struktura je znatno izmijenjena. Naime, mnogi pojedinci, kao i porodice su odlučili da se sele u neke druge gradove ili da izbjegnu u druge zemlje. Sve je to dovelo do smanjenja ukupnog broja stanovnika na ovom području. U poslijeratnom periodu implementacijom projekata povratka raseljenih i izbjeglih lica, mnogi pojedinci, kao i cijele porodice su se vratile u svoje kuće, ali visoka stopa mortaliteta i ne baš visoka stopa nataliteta doveli su do neznatnog prirodnog priraštaja, što vremenom dovodi da blagog pada u broju stanovnika.

U posljednjih 12 godina, od 1998. do 2010. godine, na demografskom planu ukupan broj stanovnika nije se mnogo izmijenio.

Tabela 4. Broj stanovnika općine Kakanj (1991 – 2010)

1991	1998	2000	2002	2005	2006	2010
55.950	42.800	43.683	43.991	43.245	44.327	43.300

Izvor: Federalni Zavod za statistiku

U 1991 godini u općini Kakanj bilo je 106 naseljenih mjesta, a prema procjenama Federalnog zavoda za statistiku taj broj je ostao isti i u 2010. godini.

### 5.3. Klimatske karakteristike

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

Za ocjenu klimatskih prilika obično se koriste različiti klimatski koeficijenti koji se uglavnom odnose na klimatska obilježja atmosfere. Ovi koeficijenti imaju relativno značenje. Naime, osobine tla, reljef, vegetacija i dr. mogu uveliko modificirati količine vlage, i temperaturu tla, tako da se „pedoklima“ može znatnije razlikovati od one u atmosferi.

Tako npr. vlažnost tla nije rezultat samo količine padavina, temperature i evapotranspiracije, već čitavog niza osobina tla (strukture, mehaničkog sastava, dubine i sl.), zatim hidroloških prilika, karaktera i gustoće vegetacije, reljefske situacije i dr. Budući da ne postoje meteorološki podaci za općinu Kakanj, radi detaljnije interpretacije klime ovog područja korišteni su podaci meteorološke stanice Zenica, kao najbliže i svojom morfologijom sličnog područja.

Zbog razvijenosti reljefskih formi na istraživanom području zastupljena je tipična kontinentalna klima sa dva osnovna oblika i to:

- umjereno kontinentalna,
- planinska.

Umjereno kontinentalna klima karakteriše se toplim ljetima i hladnim zimama sa umjerenim količinama i rasporedom oborina koji pogoduju za uzgoj većeg broja poljoprivrednih kultura.

Planinska klima se karakteriše nešto hladnjim i vlažnijim ljetnim periodima, dok su zime oštре i sa dosta oborina što pogoduje rastu šumskih kultura.

U ovom poglavlju su analizirani glavni klimatski elementi korištenjem podataka sa meteorološke stanice Zenica. Važniji klimatski elementi su dobiveni na osnovu podataka za niz od 47 godina (1961-2008).

#### Temperatura

Na osnovu obrađenih podataka iz tabele 5, može se uočiti da je najhladniji mjesec januar ( $-0,5^{\circ}\text{C}$ ), dok je juli najtoplij (20,2 $^{\circ}\text{C}$ ). Minimalna srednja mjeseca temperatura zraka u Zenici je bila u januaru 1964. godine (-6,4 $^{\circ}\text{C}$ ), a maksimalna srednja mjeseca temperatura je registrovana u avgustu 2003. godine (23,8 $^{\circ}\text{C}$ ).

Tabela 5. Zenica - Srednje mjesecne temperature zraka (1961-2008)

Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Godina
$t_{\text{sred.}} (\text{ }^{\circ}\text{C})$	-0,5	2,0	6,2	10,7	15,3	18,5	20,2	19,8	15,7	11,1	5,5	0,7	10,4

#### Padavine

Na osnovu analiziranih podataka (tabela 6), može se zaključiti da je srednja godišnja suma padavina (P) u Zenici iznosila 804 mm. Maksimalna godišnja količina padavina u Zenici bila je 1.051 mm (2001), a minimalna 543 mm (1990). Značajna godišnja i mjesecna kolebanja u analiziranim klimatskim periodima ukazuju na pojavu sušnih i kišnih razdoblja, što ukazuje na aktuelnost navodnjavanja, odnosno odvodnjavanja na težim zemljишima gdje ne postoji prirodna drenaža.

Tabela 6. Zenica - Prosječni raspored padavina po mjesecima u mm (1951-1990)

Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Godina
Padavine	53	48	54	64	73	85	70	65	73	68	80	70	804

#### **5.4. Geološke karakteristike**

Geološka građa područja općine Kakanj je vrlo složena i izgrađena pretežno od sedimentnih stijena jursko-kredne i oligomiocenske, a rjeđe trijaske starosti. Znatno manje su rasprostranjene magmatske stijene sa amfibolitima, a sasvim malo kvartarne tvorevine.

Prema petrografskom sastavu čitavo područje općine možemo grupisati u nekoliko osnovnih supstrata, a to su: pješčarsko-glinoviti supstrati, krečnjački supstrati, silikatni supstrati i neogenokvartarni supstrati i heterogeni matični supstrati.

Sjeveroistočni dio područja izgrađen je od sarajevskih pješčara sa proslojcima škriljavih glinaca.

Pješčari se karakterišu visokim sadržajem SiO<sub>2</sub> do (95%), jer je kvarc dominantan sastojak. Južno od ovog područja javljaju se škriljavi laporci i glinci sa proslojcima pločastih krečnjaka. Sjeverni dio područja općine karakterišu supstrati bogati kvarcom i siromašni bazama.

Jurska vulkanogeno-sedimentna formacija, koja je rasprostranjena uglavnom u sjevernom dijelu općine prema susjednim općinama Varešu i Zavidovićima, zastupljena je sa masivnim i slojevitim pješčarima, sa proslojcima tamnosivih glinaca. Tu se pojavljuju uglavnom grauvakni pješčari, gdje se kvarc pojavljuje kao dominantan detritirani sastojak. Glavni minerali ovih pješčara pored kvarca su: epidot, turmanlin, cirkon, rutil, granat i dosta metalnih minerala. Glinici su izgrađeni najčešće od ilita, kvarca, kaolinita, albita i organske materije. U ovoj formaciji krečnjaci su vrlo rijetko zastupljeni, a javljaju se kao masivni krečnjaci sa malim sadržajem netopivog ostatka oko (0,1% ili nešto više). Pogarska serija zastupljena je u sjeveroistočnom i istočnom dijelu prema općini Vareš, a izgrađena je od konglomerata i breča, gdje dolaze fragmenti gabra, amfibolita, dijabaza, granuvaka i dr. Pješčari su grauvakni i sadrže kvarca, feldspata, muskovita, biotita, klarita i amfibola. Konglomerati i breče su proslojeni pješčarima, rjeđe glincima. Heterogeni matični supstrati koji su jako zastupljeni u sjevernom dijelu područja općine najviše su zastupljeni sa flišnim naslagama, a to su: neraščlanjena rožnjačko-karbonatno-klasična serija. U njoj preovladavaju slojeviti laporoviti krečnjaci i laporci, te slojeviti pješčari sa prelazima u pjeskovite krečnjake.

Dolomitni krečnjaci mogu sadržavati i do 40% netopivog ostatka (kvarc, albit, muskovit, kaolinit i dr.), a laporci su izgrađeni od kalcita, kvarca, muskovita, hlorita i alvita.

Sastav jursko-krednog fliša se naglo mijenja i horizontalno i lateralno. Gornjo-kredni fliš prostire se od Kraljeve Sutjeske do Zgošće, a to je izrazito karbonatni fliš izgrađen od laporovito-pjeskovitih krečnjaka sa velikom količinom netopivog ostatka.

Silikatni matični supstrati imaju ograničeno rasprostiranje, a pojavljuju se kao ultrabazične stijene, gabri, spiliti i dijabazi. Javljuju se uglavnom u sjevernom dijelu općine u okviru vulkanogeno-sedimentne formacije. U sastavu ovih sitnozrnih stijena pretežu albit i anglit, epidot i klarit.

Neogeno-kwartarni supstrati javljaju se kao slatkvodni jezerski sedimenti sarajevsko-zeničkog bazena, koji pripadaju pretežno miocenu. Kako su uz njih vezane velike količine uglja to su detaljnije geološki istraženi i raščlanjeni u nekoliko manjih litoloških cijelina.

Bazalna zona javlja se u vidu nekoliko erozionih ostataka na krednom flišu u okolini Dabrvine i Kraljeve Sutjeske, a javljaju se kao krupnozrni pješčari, gline i onečišćeni krečnjaci, konglomerati sa ugljem.

Pločasti krečnjaci šupljikavi, glinoviti laporci i pješčari javljaju se u predjelu Podvinjci-Kraljeva Sutjeska-Zgošča.

Crvena serija se prostire od Kraljeve Sutjeske na zapadu do Zgošće. Tu se pojavljuju konglomerati slabovezani sa rumenim glinovitim cementom (zbog kojih je i dobila ime). U njima se javljaju pješčari, konglomeratični krečnjaci i glinoviti laporci. Laporci su plitke stijene koje pored glinovitih čestica sadrže količinu kalcita od 25-75%. Oni koji sadrže više karbonata od glinovitih čestica su tvrđi i nazivamo ih krečnim laporima. Glavna ugljena zona razvijena je takođe u obodnim dijelovima bazena Zgošća. Izgrađena je pretežno od rumenih željezovitih pješčara i pjeskovitih laporanaca, a dolaze još glinoviti laporci i gline.

Krovinska krečnjačka zona, koja dolazi iznad glavnog ugljenog sloja izgrađena je od slojevitih i bankovitih bituminozno-pjeskovitih krečnjaka u kojima su interstratificirani pješčari i konglomerati. Prelazna zona zauzima male površine na potezu Čatića i Kaknja, gdje dominiraju glinoviti laporci.

Lašvanska serija razvijena je u dolini rijeke Bosne na širem lokalitetu Papratnice, a izgrađena je od bankovitih i slojevitih konglomerata u kojima pretežu valutice rožnjaka, krečnjaka i paleozojskih škriljaca. Od kvartarnih tvorevina zastupljeni su aluvijalni nanosi uglavnom u dolini rijeke Bosne i Trstionice, te riječne terase na lijevoj obali Bosne. Kvartarne sedimente pretežno čine riječni šljunak sa proslojcima pijeska i ilovače.

## 5.5. Pedološke karakteristike

U skladu sa odnosima pedogenetskih faktora, na prostoru općine Kakanj razvila su se automorfna i hidromofna tla. Automorfna tla, odnosno tla koja su se razvila izvan uticaja poplavnih i podzemnih voda, zauzimaju najveći dio općine (98,8%). Na njima se ne zadržava ni slivna voda. Manji dio površine (1,8%) zauzimaju hidromorfna tla koja su se razvila pod uticajem voda. Od hidromorfnih tala na ovom području zastupljen je samo fluvisol. Zastupljenost pojedinih tipova tla prikazana je u tabeli 7, a pedološka karta na slici 1.

Tabela 7. Zastupljenost pojedinih tipova tla na području općine Kakanj

Tip tla	Površina (ha)	%
<b>1. Automorfna tla</b>		
Litosol	980,0	2,6
Kalkomelanosol	81,0	0,2
Kalkomelanosol + Rendzina	147,1	0,4
Ranker	4.184,9	11,1
Rendzina	11.279,5	30,0
Vertisol	158,1	0,4
Kalkokambisol	865,6	2,3
Distrični Kambisol	6.896,7	18,3
Eutrični Kambisol	12.230,8	32,5
<b>2. Hidromorfna tla</b>		
Fluvisol	683,8	1,8
<b>3. Ostale površine</b>		
Hidrografija (rijeke)	147,0	0,4
<b>Ukupno</b>	<b>37.654,4</b>	<b>100,0</b>

### Litosol (Kamenjar)

Ovaj tip tla spada u klasu nerazvijenih automorfnih tala. To su plitka tla i po sastavu slična geološkoj podlozi iz koje su nastali. Građa profila tla je Ai-mC, a njihova dubina iznosi cca 10 cm. Po reakciji mogu biti kisela, neutralna ili bazična. Imaju nisku bonitetnu vrijednost. To su izrazito suha staništa. Treba nastojati u što većoj mjeri preduzeti mjere pošumljavanja ovih tala, i to kserotermnim i oligotrofnim vrstama kao što su bagrem, crni bor, crni jasen itd.

Na području općine Kakanj, ova tla se najčešće formiraju na na flišu i vulkanogenim sedimentima.

Ukupna površina Litosola na području općine iznosi 980 ha ili 2,6% od ukupne površine. Izdvojeni su u sjeveroistočnom području općine, na vrlo inkliniranim obroncima planina Ravno favorje, Grgurovo brdo, Pašino brdo, Kalemi, Marića kosa, Borica, Sustalo brdo, Vlahova gora, istočno na Pliješu i sporadično i na drugim lokacijama.

### Kalkomelanosol (Crnice na krečnjacima i dolomitima)

Ovaj tip tla spada u humusno-akumulativnu klasu tala. Ova tla nastaju na tvrdim, kompaktnim, bankovitim krečnjacima i dolomitima velike vodopropusnosti. Nastanak crnice je veoma spor, a produkt je hemijskog trošenja krečnjaka i dolomita. Od nerastvorljivog ostatka i organske materije formira se organomineralni kompleks. Mineralizacija humusa je dosta spora. Ova tla nemaju prelaznog AC horizonta (kao npr. Rendzine), te im je građa profila Ah-mC.

Crnice su poznate kao suha i topla tla. Vrlo su dobro propusne za vodu i dobro su aerisane. Međutim, zbog plitkoće i neizgrađenog organomineralnog kompleksa, slabo zadržavaju vodu, te bilje radi toga u ljetnom periodu stradaju od suše. Najčešće se nalaze pod šumskom vegetacijom, te kao travnjaci koji zahtijevaju dubrenje azotnim i fosfornim đubrivima. Rjeđe se koriste kao oranice.

Ukupna površina pod ovim kalkomelanosolom, kao dominantnim tipom tla, iznosi 81,0 ha, dok se zajedno sa rendzinom nalazi na 147,1 ha. Prisutan je mjestimično u sjeveroistočnom dijelu općine, dok se zajedno sa rendzinom nalazi na brdu Grohot.

### **Ranker (Humusno–silikatno tlo)**

Ovo tlo spada u humusno-akumulativna tla. Rankeri se obično nalaze na većim nadmorskim visinama i vrlo često su zastupljeni zajedno sa plitkim smeđim tlama (eutričnim i distričnim). Obrazuju se obično na silikatnim supstratima. Reakcija im je uglavnom kisela do neutralna, mada može biti bazična. To su srednje humozna tla, dosta plitka i skeletoidna. Po teksturnom sastavu su pjeskovite ilovače i ilovače, sa građom profila Ah-mC ili Ah-IC, a često i Ah-AhIC-IC.

Na području općine Kakanj izdvojeni su rankeri na pijescima, flišu, peridotitima, serpentinima i vulkanogenim sedimentima ili na njihovim međusobnim kombinacijama na površini od 4.184,9 ha ili 11,1% od ukupne površine općine. Nalaze se u sjevernom dijelu općine na planinama Sreteš, Osoje, Japrača, Bukovina, Komarica, Grohot, Glina, Zapode i dr.

### **Rendzina**

Ovaj tip tla spada u klasu humusno-akumulativnih tala. Nastaje na rastresitim supstratima, kao što su laporci, krečnjaci, fliš, konglomeratni pješčari i rožnjaci, odnosno na supstratima koji imaju veliki sadržaj karbonata (preko 20%). Rendzine imaju građu profila Ah-IC ili Ah-AhIC-IC. Često se nalaze zajedno sa smeđim tlama (eutrični kambisol).

U zavisnosti od svojstava matičnog supstrata teksturni sastav može biti različit. Tako rendzine mogu biti glinovitog do pjeskovitog mehaničkog sastava. Razumljivo da će u zavisnosti od toga zavisiti i ostala vodno-fizička svojstva (a i mehanička). Sadržaj humusa u rendzinama ima široki interval, a okvirno se kreće od 5% do 20%, pa i više. Procentualna zastupljenost humusa u jakoj je korelaciji sa nadmorskim visinama, a sadržaji se povećavaju porastom nadmorskih visina. Obradene rendzine sadrže za 50% manje humusa. Najbolja proizvodna svojstva imaju rendzine nastale na laporcima i morenskim nanosima, dok su znatno manje plodne one na laporovitim krečnjacima. Rendzine imaju povoljna fizička i hemijska svojstva, ali često uslijed male moćnosti površinskog sloja njihove proizvodne sposobnosti nisu velike. Duboke rendzine su podesne naročito u voćarstvu.

Ovaj tip tla je na području općine Kakanj zastupljen na površini od 11.279,5 ha ili 1/3 (30%) od ukupne površine i čini značajan dio površina južnog i centralnog brdsko-planinskog dijela općine. Najčešće se nalazi na laporu i drugim laporovitim supstratima, pješčarima i flišu.

### **Vertisol (Smonica, Sionica)**

I ovaj tip tla spada u humusno-akumulativna tla. To su teška, glinovita tla, gdje je sadržaj gline često iznad 30%, pretežno montmorilonitnog tipa. Ponekad sadrže i do 10% skeleta, koji pozitivno djeluje na propusnost. To su hladna tla sa slabije povoljnim vodno-zračnim režimom. U vlažnom stanju su plastična i ljepljiva, dok u suhom stanju se stvaraju duboke pukotine. Uslijed procesa bubrenja i kontrakcije dolazi do neprekidnog miješanja tla u A-horizontu. Oznaka profila je Ah-AhIC-IC.

Karbonatna smonica, podtip koji se nalazi na području općine Kakanj, ima bolje fizičke i hemijske osobine u odnosu na ostale podtipove ovog tla i spada u vrijedno obradivo zemljишte. Skoro sve površine pod smonicama su obrađene i u najvećoj mjeri se koriste kao oranice. Vrlo često se nazivaju „pšeničnim tlama“, jer se na njima dobijaju relativno visoki i kvalitetni prinosi pšenice.

Pravilnim izvođenjem agromeliorativnih mjera (prvenstveno kalcizacije i humizacije) sa uspjehom se mogu intenzivno uzgajati mnoge ratarske, voćarske i povrtlarske kulture.

Smonice se na području općine nalaze na manjim površinama sjeverno i istočno od Kakanja, u blizini mjesta Polje, Kamen, Ričica, Čelikovina, Bjeloševići i dr. Ukupna površina je 158,1 ha ili 0,4% od ukupne površine općine.

### **Kalkokambisol (Smeđe tlo na krečnjacima i dolomitima)**

Ovo tlo spada u klasu kambičnih tala morfološke građe profila Ah-Brz-Cn.

Dubina soluma varira, ali su to pretežno plitka do srednje duboka tla. Dubinu najčešće uvjetuje geomorfologija terena. Budući da se krečnjaci veoma sporo hemijski troše, tla na krečnjacima se veoma sporo regeneriraju, te je utoliko veća opasnost od njihove erozije. Reakcija tla u površinskom horizontu se kreće od blago kisele do alkalične. Dosta su humozna u prvom horizontu, ali humoznost naglo opada sa dubinom tla.

Po teksturnom sastavu površinski horizont spada uglavnom u ilovače. Površinski horizont leži neposredno na kambičnom horizontu koji je karakteristične smeđe boje, nešto težeg teksturnog sastava, izražene strukture i znatno manje humuznosti od površinskog horizonta. Cijelom dubinom tlo je uglavnom nekarbonatno ili neznatno karbonatno. Prema fizičkim i hemijskim osobinama ovo nisu loša tla, ali zbog često izražene površinske stjenovitosti i kamenitosti, plitkoće tla, te velikih nadmorskih visina na kojima su nastaju, nisu prikladna za intenzivnu biljnu proizvodnju. Zato se uglavnom koriste kao livade i pašnjaci, odnosno nalaze se pod vegetacijom koja je već prilagođena datim ekološkim uslovima.

Nalazi se u sjeveroistočnom dijelu općine Kakanj na obroncima Sošice, Obreža i Gorjaca, Mrakovice i dr., na ukupnoj površini od 865,6 ha, ili 2,3% od ukupne površine općine.

### **Distrični kambisol (Kiselo smeđe tlo)**

Ovo tlo je nastalo na kiselim matičnim stijenama. Morfološka građa profila ovog tla A- B<sub>v</sub> - Cn. Karakteriše se humusnim horizontom koji je obično ohrični - A<sub>oh</sub> ili umbrični – A<sub>um</sub> (na višim nadmorskim položajima), ispod kojeg se nalazi kambični B<sub>v</sub> horizont. Ova tla se karakterišu visokom kiselošću i niskim sadržajem baza. Reakcija tla iznosi 5-5,5, a zasićenost kompleksa bazama je manja od 50%, te se zbog toga nazivaju distrična. To su pretežno lahka tla (ilovače) i sadrže dosta skeleta (20-40% i više). Dobro su aerisana i vodopropusna. Ova tla nastaju iz rankera, a dalje se razvijaju u luvisol.

Ovo su tipična šumska tla, a koriste se i kao livade i pašnjaci, te kao oranice. Uzgoj voćarskih kultura je ograničen uslijed nepodesne planinske klime. Povoljna su za uzgoj krompira. Osim toga, na njima dobro uspijeva raž, ječam i zob.

Na području općine Kakanj, ovo tlo je formirano na velikom broju matičnih supstrata kao što su glinci, amfiboli, fliš, pješčari, silikatne breče heterogenog sastava, dijabaz, kao i na međusobnoj kombinaciji pomenutih supstrata.

Površina ovih tala iznosi 6.896,7 ha ili 18,3% ukupne površine općine. Najvećim dijelom nalaze se u sjevernom dijelu općine, gdje čine njen najveći dio, a mjestimično se nalaze i na nekim drugim lokalitetima.

### **Eutrični kambisol (Eutrično smeđe tlo)**

Eutrična smeđa tla su tla sa moličnim A<sub>mo</sub> ili ohričnim A<sub>oh</sub> humusnim horizontom, koji leži neposredno iznad kambičnog horizonta B<sub>v</sub>. Stepen zasićenosti bazama je veći od 50%, a pH vrijednosti su iznad 5,5.

Eutrična tla se formiraju na različitim stijenama, karbonatnim ili bogatim bazama, jedino se ne razvijaju na jedrim krečnjacima, a isključene su i kisele stijene. Prema dubini soluma ovo su uglavnom srednje duboka i duboka tla (mada ima i plitkih, naročito na kompaktnim matičnim supstratima). Na području općine Kakanj, ova tla su formirana na većem broju različitih supstrata, kao što su fliš, pješčari, lapori, rožnjak, konglomerati, mehki krečnjaci, peridotit i dr.

Po proizvodnim svojstvima, eutrični kambisoli su tla srednje proizvodne vrijednosti. Pod uticajem čovjeka, ova tla su poprimila mnoga nepovoljna svojstva. Tako je došlo do smanjenja humusa i biogenih elemenata, do nestabilnosti strukturnih agregata, pogoršanja vodnog i vazdušnog režima, a na inkliniranim terenima došlo je i do erozije. Ova tla su podesna za sve kulture, kako ratarske i povrtlarske, tako i za voćarstvo.

Ovo je najzastupljeniji tip tla na području općine Kakanj i zauzima površinu od 12.230,8 ha ili 32,5% ukupne površine. Zastupljen je u svim dijelovima općine, a najviše u njenom centralnom i jugoistočnom dijelu.

### **Fluvisol (Aluvijalno tlo)**

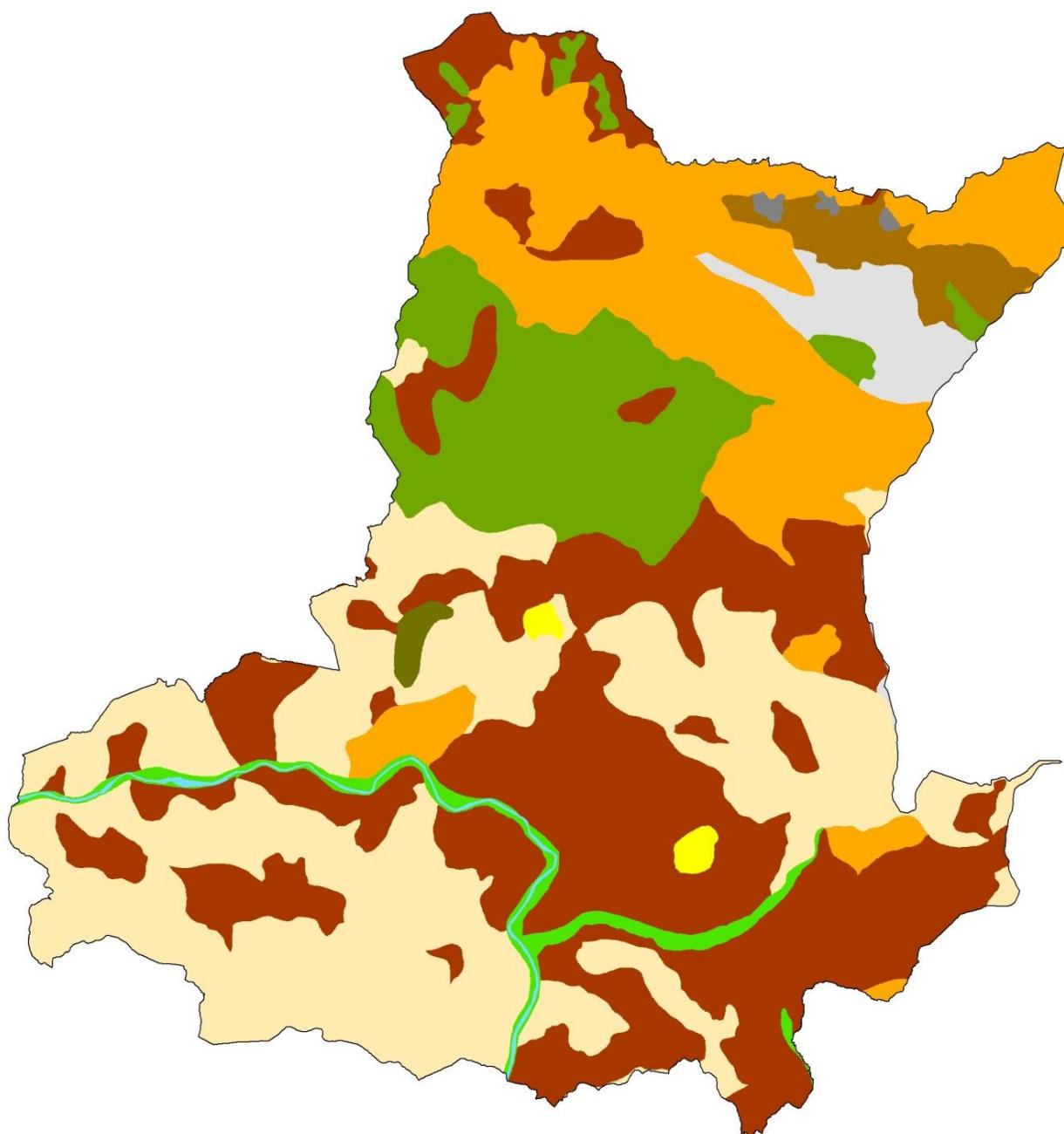
Za razliku od svih ostalih prethodno navedenih automorfnih tipova tala, Fluvisol spada u hidromorfna tla. Ova tla nastaju u uslovima prekomjerne vlažnosti i karakterišu se tzv. suficitnim vlaženjem. Spadaju u klasu nerazvijenih tala sa profilom Ah-I-II-III itd. gdje A-horizont predstavlja mjestimičnu pojavu humusa. Nemaju genetički razvijenih horizonata, nego se karakterišu slojevima. Dosta su rasprostranjena i nalaze se u dolinama rijeka gdje i nastaju taloženjem materijala koje ostavlja voda prilikom poplava. Inače, ova tla spadaju u grupu naših najplodnijih tala. Njihov značaj je i u tome što zauzimaju skoro ravne površine, gdje se mogu primjenjivati intenzivne agrotehničke mjere. Često se nalaze u blizini gradova, te se na njima uzgajaju veoma profitabilne kulture, a naročito se intenzivno koriste u povrtlarstvu.

Aluvijalna tla imaju veoma različita hemijska svojstva. Aluvijalni nanosi na prostoru općine Kakanj se karakterišu visokim sadržajem karbonata, tako da spadaju u podtip karbonatnog fluvisola. Sadržaj ostalih hranjivih materija je zavisan od mineraloško-petrografskega sastava donešenog materijala.

Na području općine Kakanj, ova tla zauzimaju ukupnu površinu od 683,8 ha ili 1,8% ukupne površine. Nalaze se u ravničarskom području u blizini rijeke Bosne i Trstionice.

## PEDOLOŠKA KARTA OPĆINE KAKANJ

Radna razmjera: 1:25.000



### Legenda

Litosol	Rendzina	Eutrični Kambisol
Kalkomelanosol	Vertisol	Fluvisol
Kalkomelanosol + Rendzina	Kalkokambisol	Hidrografija
Ranker	Distrični Kambisol	

Slika 1. Pedološka karta općine Kakanj

## 6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Rezultati su prikazani prema Uputstvu o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih materija u zemljištu i metode njihovog ispitivanja (Sl. novine F BiH, br. 72/09) i cilnjim i interventnim vrijednostima prema pravilniku Kraljevine Holandije (The new Dutchlist) u odsustvu slične legislative u našoj zemlji za nepoljoprivredna zemljišta. Pored obavljene laboratorijske analize na prisustvo neorganskih i organskih polutanata, prikazani su i rezultati mjerena terenske radioaktivnosti.

U nastavku će biti prikazani samo krajnji rezultati analize. Detaljan opis svakog pojedinačnog uzorka nalazi se u prilogu na kraju elaborata.

### 6.1. Sadržaj neorganskih i organskih polutanata

Tabela 8. Konačni rezultati analize na sadržaj teških metala prema Uputstvu o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih materija u zemljištu i metode njihovog ispitivanja  
(Sl. novine F BiH, br. 72/09)

Uzorci	Olovo (Pb)	Kadmij (Cd)	Živa (Hg)	Cink (Zn)	Kobalt (Co)	Bakar (Cu)	Nikl (Ni)	Hrom (Cr)	Arsen (As)	PAH
Sadržaj ispod granične vrijednosti	19	5	22	19	20	22	2	20	18	22
Sadržaj iznad granične vrijednosti	3	17	0	3	2	0	20	2	4	0
Ukupno uzoraka	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22

Tabela 9. Konačni rezultati analize na sadržaj teških metala prema cilnjim i interventnim vrijednostima pravilnika Kraljevine Holandije (The new Dutchlist)

	Olovo (Pb)	Kadmij (Cd)	Živa (Hg)	Cink (Zn)	Kobalt (Co)	Bakar (Cu)	Nikl (Ni)	Hrom (Cr)	Arsen (As)	PAH
Sadržaj ispod ciljne vrijednosti	19	4	21	17	2	7	1	21	22	22
Sadržaj iznad ciljne vrijednosti	3	18	1	5	20	15	18	1	0	0
Sadržaj iznad interventne vrijednosti	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
Ukupno uzoraka	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22

Na osnovu prikaza iz tabela 8 i 9, može se zaključiti da je na području općine Kakanj mjestimično u manjoj ili većoj mjeri prisutan povišen sadržaj pojedinih istraživanih teških metala, prvenstveno kadmija i nikla.

Povišen sadržaj olova ustanovljen je na lokalitetima Dobojskog i Karaulskog polja, dok je na području Varde prisutan u značajnoj količini. Pored toga što olovo može biti prisutno uslijed geneze tala na supstratima koji sadrže ovaj element, ipak se povišen sadržaj olova najčešće veže za zagađenje nastalo sagorijevanjem fosilnih goriva.

Kadmij se u povišenom sadržaju nalazi na većini ispitivanih lokaliteta. Jedan od mogućih uzorka njegovog povišenog sadržaja je geološka podloga na kojoj su se razvijala tla, budući da ulazi u sastav mnogih sedimentnih stijena koje u najvećem dijelu izgrađuju područje općine Kakanj. Međutim, uslijed nedostatka naučnih studija kojima bi se ovo moglo potvrditi, u obzir treba uzeti i druge moguće uzročnike zagađenja ovim elementom, prvenstveno odlagališta pepela i šljake karakteristične za ovo područje, a zatim deponije otpadnog materijala koje sadrže baterije i plastične mase, kanalizacioni mulj i dr.

Povišen sadržaj cinka javlja se mjestimično i detektovan je prvenstveno na lokalitetima Dobojsko i Karaulsko polje i u blizini Doma kulture. Nije ustanovljena nikakva zakonitost vezana za geografski položaj i matični supstrat na kojem se nalaze ova tla. Treba napomenuti da vrijednosti sadržaja cinka u tlu na prethodno pomenutim lokalitetima nisu mnogo veće od graničnih vrijednosti, a budući da je pH vrijednost na tim tlima alkalna, ne postoji veća opasnost od zagađenja ovim elementom, bilo da se radi o korištenju tih površina u poljoprivredi, ili za neku drugu namjenu.

Sadržaj kobalta i bakra u tlu je prema graničnim vrijednostima Holandske liste nešto iznad ciljne vrijednosti, ali još uvijek dosta manji od interventne vrijednosti kada postoji opasnost od zagađenja od strane ovih elemenata. Potrebno je obratiti pažnju na povišen sadržaj kobalta na lokalitetima Donji Banjevac i Ribnica u slučaju kada se ta tla koriste u poljoprivrednoj proizvodnji.

Nikl se u povišenom sadržaju nalazi na većini istraživanih lokaliteta i uz kadmij stvara potencijalno najveći ekološki problem. Bilo bi potrebno istražiti matične supstrate na području općine i istražiti sadržaj ovog elementa, jer je poznato da se u većoj količini nalazi u magmatskim stijenama, ali budući da najveći dio područja grade sedimentne stijene, postoji velika mogućnost da je izvor povišenog sadržaja ovog elementa u tlu antropogenog porijekla, prvenstveno sagorijevanjem fosilnih goriva.

Povišen sadržaj žive, hroma i arsena nije zabilježen u većoj mjeri, dok kontaminacija policikličnim aromatskim ugljikovodicima nije utvrđena. Mjestimično je potreban oprez ukoliko se poljoprivredna proizvodnja obavlja na područjima gdje sadržaj ovih elemenata prelazi granične vrijednosti definisane legislativom F BiH. Kako se većinom radi o tlima relativno bogatim humusom i alkalne reakcije, potencijalni rizik se time još smanjuje.

## 6.2. Terenska radioaktivnost

Na mjestima uzorkovanja tla izvršeno je mjerjenje prisutnog  $\delta$ -zračenja. Na svim lokalitetima vrijednosti zračenja bile su u okviru graničnih vrijednosti, kao što je prikazano u tabeli 10.

Tabela 10. Rezultati mjerjenja terenske radioaktivnosti na mjestu uzorkovanja zemljišta

Broj	Lokalitet	Radioaktivnost ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	Broj	Lokalitet	Radioaktivnost ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )
1	Dobojsko Polje	0,20	12	Donji Banjevac	0,18
2		0,20	13	Slapnica/Gora	0,18
3	Zona autoputa	0,20	14		0,12
4	Mile	0,13	15	Haljinići	0,20
5	Dom kulture	0,13	16	Karaulsko Polje	0,17
6	Plandište	0,14	17		0,14
7	Naselje TE	0,16	18	Ribnica	0,15
8		0,13	19	Bijele vode	0,14
9	Čatići	0,11	20	Varda	0,16
10		0,12	21	Pope	0,18
11	Obre	0,08	22	Zgošća	0,08

## **7. ZAKLJUČAK**

S obzirom na ograničenu ukupnu količinu i izuzetno spor proces nastajanja, kao i neprekidno zagađivanje i neracionalno korištenje od strane čovjeka, zemljište treba smatrati ograničenim, odnosno uslovno obnovljivim prirodnim bogatstvom. Ono je osnovni prirodni resurs i njegova primarna funkcija je proizvodnja hrane i sirovina. Međutim, tlo služi i drugim korisnicima izvan sfere poljoprivrede i šumarstva, kao što su: urbanizam, industrija, saobraćajnice, razna odlagališta, vodne akumulacije i drugo. Nasuprot dugotrajnom procesu nastanka, proces onečišćenja i oštećenja tla (posebice pod utjecajem čovjeka) neuporedivo je brži.

U okviru istraživanja obavljena su:

- terenska istraživanja,
- laboratorijska istraživanja, i
- obrada podataka.

Granične vrijednosti teških metala i policikličnih aromatskih ugljikovodonika (PAH) su određene prema našoj legislativi samo za poljoprivredno zemljište, tj. u skladu sa Zakonom o poljoprivrednom zemljištu ("Sl. novine F BiH", br. 52/09) i Pravilnikom o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih materija u zemljištu i metode njihovog ispitivanja (Sl. novine F BiH, br. 72/09). Iz toga razloga, bilo je potrebno sagledati i stručnu literaturu nekih drugih zemalja. Za procjenu stanja kontaminiranosti zemljišta odabran metod ciljnih i interventnih vrijednosti prema pravilniku Kraljevine Holandije (The new Dutchlist) koja se najviše i koristi u zemljama EU.

Na osnovu rezultata analiza sadržaja neorganskih i organskih polutanata u tlu, može se zaključiti da je na području općine Kakanj mjestimično u manjoj ili većoj mjeri prisutan povišen sadržaj pojedinih istraživanih teških metala, prvenstveno kadmija i nikla. Međutim, pošto su tla ispitivanog područja uglavnom alkalne reakcije, karbonatna ( $\text{CaCO}_3$ ) i relativno bogata organskom materijom, što su uz teksturu tla najvažniji faktori pristupačnosti polutanata u tlu, može se prepostaviti da se teški metali pretežno nalaze u inaktivnom obliku. Međutim, postoji opasnost ispiranja teških metala u dublje slojeve tla u slučaju kada se radi o teksturno lakšim tlima, kao i ako se na takvim kontaminiranim tlima vrši intenzivna poljoprivredna proizvodnja. Preporuka je da se u eventualnim budućim istraživanjima analiziraju i mobilni oblici teških metala.

Nakon ulaska neorganskih polutanata (teških metala) u tlo i okoliš, oni tu ostaju prisutni jer se ne razgrađuju kao što je to slučaj sa organskim jedinjenjima. Prevencija zagađenja od strane čovjeka je izuzetno važna, jer je sanacija kontaminiranih tala vrlo skup i komplikovan proces.

### **Mjere sanacije kontaminiranih površina**

Osnovna podjela načina čišćenja kontaminiranog tla je:

- ex-situ tj. izmještanje kontaminiranog tla na odlagališta,
- in-situ je tretman bez pomicanja tla.

Tehnike čišćenja tla mogu biti:

- hemijske,
- fizičke,
- biološke.

U cilju smanjenja sadržaja teških metala u tlu od tretmana in-situ, općenito se koriste sljedeće mjere:

- **Fitoremedijacija** - za dekontaminaciju tla mogu se koristiti biljke koje mogu ekstrahovati iz tla veće količine pojedinih teških metala u svom nadzemnom dijelu (kopriva, špinat, kupusnjače i sl.). Ovi dijelovi biljaka se uklanaju kosidbom, spaljivanjem i deponovanjem pepela.
- **Unošenje cementnih materija u tlo** – unošenje minerala koji vrše vrlo dobru inaktivaciju teških metala i drugih organskih polutanata (npr. zeolit).
- **Ispiranje polutanata iz tla** – natapanje kontaminiranih površina velikim količinama vode kako bi se polutanti isprali u dublje slojeve tla. U ovom slučaju postoji i rizik od zagađenja podzemnih voda.

Zajedničke odlike hemijskih tehnika dekontaminacije su da nepovratno utiču na osobine tla, uništavaju biološku raznovrsnost, a tlo postaje neupotrebljivo za uzgoj biljaka. Pored toga one su i skupe.

Kako je rezultatima istraživanja utvrđeno, područje općine Kakanj nije u većoj mjeri kontaminirano istraživanim polutantima. Iz tog razloga, prethodno spomenute mjere bi bile neopravdane i neekonomične. Iz tog razloga, navest će se neke od najboljih praksi upravljanja kontaminiranim tlama koje neće ukloniti polutante iz tla, ali će u znatnoj mjeri smanjiti njihovu dostupnost, a time i njihove nuspojave.

Preporučuju se slijedeće mjere u cilju smanjenja negativnih posljedica kontaminacije tla:

### **1. Agro i hidromeliorativne mjere popravke tala**

Kalcizacija je vrlo česta agrotehnička mjera neutralizacije kiselih tala. Vrši se dodavanjem kreča ili nekog drugog krečnog materijala u tlo. Katjonski metali su u tlu mobilniji pri nižim pH vrijednostima, tako da ih neutralna i alkalna pH reakcija čini manje dostupnim biljkama, a time je i manje vjerojatno da će ući u lanac ishrane.

Humizacijom, odnosno dodavanjem organske materije pomoću stajnjaka i drugih organskih đubriva, smanjuje se mobilnost polutanata njihovim vezivanjem za unesenu organsku materiju.

Fosfatizacija (unošenje većih količina fosfatnih đubriva u tlo) je, također, efikasan način imobilizacije katjonskih polutanata u tlu. Pored pozitivnog uticaja na prinos u poljoprivrednoj proizvodnji, fosfor sa katjonskim metalima gradi teško topive soli i na taj način smanjuje njihovu dostupnost u tlu. Pri primjeni ove mjere treba obratiti pažnju na količinu unesenih fosfatnih đubriva, kako ne bi došlo do zagađenja podzemnih voda.

Odvodnjavanje poboljšava aeraciju vlažnih tala, i na taj način omogućava oksidaciju prisutnih metala u tlu, što ih čini manje mobilnim, a time i manje dostupnim biljkama. Ovo jedino ne važi za hrom, koji je pokretniji u oksidiranom obliku.

### **2. Pravilan odabir biljaka za uzgoj na onečišćenim tlama**

Ovo je vrlo važno ukoliko se planira poljoprivredna proizvodnja na kontaminiranim tlama. Biljke usvajaju veće količine metala u svojim vegetativnim dijelovima (korijen, stablo, list) nego u plodu i sjemenu. Naročito treba obratiti pažnju pri uzgoju zelenog lisnatog povrća kao što su kupusnjače, koje usvajaju značajne količine polutanata u svojim jestivim dijelovima. Isto tako, uzgojem krmnog bilja i pašom teški metali mogu ući u lanac ishrane preko stoke koja konzumira kontaminiranu krmu, a zatim korištenjem mesa, mlijeka ili drugih proizvoda i do čovjeka. Zbog toga je važno dinamičko posmatranje i praćenje ove pojave ne samo u tlu nego i u biljnem materijalu, pri čemu relativno male količine polutanata u tlu biljke mogu akumulirati u većim količinama u svojim organima.

Može se preporučiti i mjera miješanja tla dubokom obradom i izmještanja sloja zemljišta debljine 20-30 cm i nastiranja nezagađenog tla. Izmješteni sloj zemljišta se dekontaminira na posebnoj lokaciji.

Nakon obavljanja mjera dekontaminacije potrebno je uraditi ponovnu analizu tla na sadržaj teških metala.

Na kraju, potrebno je naglasiti da rezultati ovoga istraživanja ne mogu imati visoku stručnu i praktičnu vrijednost ukoliko se ne nastavi sa sličnim i detaljnijim istraživanjima ovog tipa. Neki od sljedećih koraka koji se mogu preporučiti su prije svega redovan ili povremeni monitoring, odnosno praćenje dinamike stanja onečišćenih područja sa ciljem pravilnog upravljanja takvim površinama. Kako bi se sa sigurnošću moglo zaključiti da li je onečišćenje zemljišta od strane neorganskih polutanata geogenog (od matičnih stijena) ili antropogenog (pod uticajem čovjeka) porijekla, potrebno je analizirati i dublje slojeve tla, kao i supstrate na kojima su ona nastala. Ovaj elaborat pruža osnovnu sliku trenutnog stanja na istraživanim lokalitetima u općini Kakanj i ukazuje na područja koja trebaju biti prioritetna za daljnja istraživanja.