

Metodologija uzorkovanja tla

Gajski, Liza

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:130:750767>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-21**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEOTEHNIČKI FAKULTET

LIZA GAJSKI

METODOLOGIJA UZORKOVANJA TLA

ZAVRŠNI RAD

VARAŽDIN, 2021.

Sazivam članove ispitnog povjerenstva
za 16. 07. 2021. u 9 sa
Obranu ovog rada kandidat će vršiti i pred
ispitnim povjerenstvom u Varaždinu
Varaždin, 02. 07. 2021.

Predsjednik
ispitnog povjerenstva:
120. prof. dr. sc. Sanja Korac

Članovi povjerenstva

- 1) 120. prof. dr. sc. Anđela Ptiček Šipčić
- 2) 120. prof. dr. sc. Nikola Sakac
- 3) 120. prof. dr. sc. Sanja Korac

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEOTEHNIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

METODOLOGIJA UZORKOVANJA TLA

KANDIDAT:

Liza Gajski



MENTOR:

Izv.prof.dr.sc. Anita Ptiček Siročić

VARAŽDIN, 2021.



Sveučilište u Zagrebu
GEOTEHNIČKI FAKULTET



ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnica: LIZA GAJSKI

Matični broj: 2704 - 2016./2017.

NASLOV ZAVRŠNOG RADA:

METODOLOGIJA UZORKOVANJA TLA


Rad treba sadržati: 1. Uvod
2. Opći dio
3. Uzorkovanje tla
4. Zakonska regulativa
5. Zaključak
6. Literatura

Pristupnica je dužna predati mentoru jedan uvezen primjerak završnog rada sa sažetkom. Vrijeme izrade završnog rada je od 45 do 90 dana.

Zadatak zadan: 10.03.2021.


Rok predaje: 02.07.2021.

Mentor:


Izv.prof.dr.sc. Anita Ptiček Siročić



Predsjednik Odbora za nastavu:


Izv.prof.dr.sc. Sanja Kovač



IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom:

METODOLOGIJA UZORKOVANJA TLA

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Anite Ptiček Siročić.

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 23. 6. 2021.

Liza Gajski
(Ime i prezime)



(Vlastoručni potpis)

**IZJAVA MENTORA O POSTOTKU SLIČNOSTI ZAVRŠNOG RADA S VEĆ
OBJAVLJENIM RADOVIMA**

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom:

METODOLOGIJA UZORKOVANJA TLA

pregledan anti-plagijat programskim paketom PlagScan te da postotak sličnosti cjelovitog završnog rada, s već objavljenim radovima, ne prelazi 20%, kao i da pojedinačni postotak sličnosti završnog rada sa svakom literaturnom referencom pojedinačno ne prelazi 5%.

U Varaždinu, 23. 6. 2021.

Izv. prof. dr. sc. Anita Ptiček Siročić
(Mentor)



(Vlastoručni potpis)

Sažetak

Tlo je površinski sloj zemljine kore koji se sastoji od mineralnih čestica, organske tvari, vode, zraka i živih organizama. Tlo se dijeli na koherentna i nekoherentna tla. Ne koherentna tla ili krupnozrna tla, sastavljena su od krupnih zrna gdje je više od 50 % mase ili težine čvrstih čestica veličine šljunka ili pijeska. Takve su čestice uglavnom vidljive golim okom te su kohezijske sile između čvrstih čestica zanemarive. S obzirom na veličinu zastupljenih zrna, nekoherentna tla dijele se na šljunak i pijesak. Koherentna tla ili sitnozrna tla, sastavljena su od sitnih zrna gdje je više od 50 % mase ili težine čvrstih čestica veličine gline ili pijeska. Čestice nisu vidljive golim okom, a s obzirom na veličinu zastupljenih zrna, koherentna tla dijele se na prahove, gline, organske gline i tresete. Uzorkovanje tla je postupak uzimanja uzorka za daljnje analize s ciljem dobivanja važnih informacija o tlu. Analiza uzoraka tla provodi se pomoću kemijskih i fizikalnih analiza, a za precizne rezultate potrebno je koristiti odgovarajuću metodologiju uzorkovanja. Uzorak koji će se analizirati mora biti reprezentativan i predstavljati cjelinu iz koje se uzima. Pravilno uzorkovanje je zahtjevan analitički postupak pri čemu je nužno definirati svrhu i cilj uzorkovanja, pažljivo definirati mjesto i vrijeme uzimanja uzorka, način uzimanja uzorka, dubinu te niz drugih postupaka važnih za proces uzorkovanja.

Ključne riječi: uzorkovanje, tlo, reprezentativni uzorak, fizikalna i kemijska analiza

Abstract

Soil is surface layer of the earth's crust consisting of mineral particles, organic matter, water, air and living organisms. Soils can be coherent and incoherent. Incoherent soils, or coarse-grained soils, are composed of coarse grains where more than 50% of weight or weight of solid particles is the size of gravel or sand. These particles are mostly visible to the naked eye and the cohesion forces between them are negligible. Based on the size of grains incoherent soils consist of, they can be divided into gravel and sand. Coherent soils, or fine-grained soils, are composed of fine grains where more than 50% of weight or weight of solid particles is the size of clay or sand. These particles are not visible to the naked eye and based on the size of grains coherent soils consist of they can be divided into powders, clays, organic clays, and peat. Soil sampling is the process of taking a sample for further analysis in order to obtain important information about soil. The analysis of soil samples is performed using chemical and physical analyzes, and for accurate results it is necessary to use an appropriate sampling methodology. In order for a soil sample to be analyzed it has to be representative. Proper sampling is a demanding analytical procedure where it is necessary to define the purpose and goal of sampling. Also, the place and time of sampling have to be carefully defined as well as a sampling method, depth and a number of other procedures which are important for the sampling process.

Key words: sampling, soil, representative sample, physical and chemical analysis

Sadržaj

1. UVOD	1
2. OPĆI DIO	2
2.1. Tlo	2
2.2. Vrste tla u Hrvatskoj	3
2.3. Podjela tla	4
2.4. Fizikalna svojstva tla	8
2.4.1. Mehanički sastav – tekstura	8
2.4.2. Struktura tla	9
2.4.3. Gustoća tla	10
2.4.4. Poroznost tla	11
2.4.5. Konzistencija tla	11
2.5. Kemijska svojstva tla	12
2.5.1. pH vrijednost	12
2.5.2. Humus	13
2.5.3. Marko i mikro elementi	14
3. UZORKOVANJE TLA	15
3.1. Plan uzorkovanja	15
3.2. Načini uzorkovanja tla	17
3.3. Dubina uzorkovanja	20
3.4. Vrijeme uzorkovanja	21
3.5. Alat i oprema za uzorkovanje	21
3.6. Redukcija uzorka	24
3.7. Obilježavanje uzoraka tla	24
3.8. Sušenje i mljevenje	27
3.9. Primjer metodologije uzorkovanja tla za uzgoj kukuruza	28
4. ZAKONSKA REGULATIVA	30
5. ZAKLJUČAK	31
6. LITERATURA	32
Popis tablica	37

1. UVOD

Tlo je rastresiti površinski sloj Zemljine kore. Nastaje djelovanjem različitih čimbenika poput živih organizama, klime, hidroloških uvjeta ili ljudskih aktivnosti, na zemljin matični supstrat (litosferu) [1]. Sastoji se od čvrste, tekuće i plinovite faze, uz žive organizme ili njihove dijelove nastale raspadanjem [2]. Osnovna podjela tla temelji se na veličini zrna, odnosno granulometrijskom sastavu, prema kojem se razlikuju nekoherentna ili krupnozrnata tla i koherentna ili sitnozrnata tla [3].

Značaj tla istaknut je kroz različite funkcije u biosferi. Tlo uvjetuje i osigurava biljnu proizvodnju, utječe na regulaciju kemijskog sastava atmosfere u nižim slojevima, utječe na kruženje nutrijenata, djeluje na raspodjelu i brojnost živih organizama u ekosustavu uz regulaciju klime, djeluje kao filter i pufer fizikalnih, kemijskih, fizikalno-kemijskih i biokemijskih procesa u tlu [1]. Ljudima je tlo nosač svih objekata rada. Koristi se za proizvodnju hrane, a predstavlja i izvor sirovina poput pijeska, treseta, gline i ostalih dobara [1, 2]. Važno je istaknuti i zaštitu tla kao osnovne sastavnice okoliša. Čovjek svojim djelatnostima utječe na sastav i kvalitetu tla. Porastom broja stanovnika javlja se potreba za sve većim poljoprivrednim površinama za uzgoj hrane. Slijedom navedenom, krče se šume, šire naselja i u tlo unose tvari koje onemogućuju opstanak biljnih i životinjskih vrsta [2].

S obzirom na razliku u sastavu i strukturi, tla je potrebno pravilno analizirati s ciljem dobivanja primjenjivih i pouzdanih informacija o pojedinoj vrsti tla. Analizi tla prethodi proces uzorkovanja tla. Uzorkovanje tla temelji se na uzimanju reprezentativnih uzoraka tla na određenom području, kako bi se prikupile informacije poput količine makro i mikro elemenata, pH vrijednosti, količini humusa i ostalih komponenata analize. Uzorkovanju prethodi planiranje procesa prije izlaska na teren. Izrada plana temelji se na ciljanom pregledu terena radi utvrđivanja ključnih točaka za uzimanje reprezentativnog uzoraka [4]. Uzorci tla uzimaju se pomoću odgovarajuće opreme poput sondi i štihaca. Ovisno o daljnjoj analizi, uzorci se označavaju i pravilno skladište. Označavanje i evidencija uzoraka tla obično sadrži popis (oznaku) uzorka, oznaku ili naziv lokacije s koje je tlo uzorkovano, dubinu i postupak uzorkovanja, ime osobe koja je uzorkovala, datum i vrijeme uzorkovanja [4].

Za potrebe analize sastava tla, postoje 4 načina uzorkovanja:

- slučajno ili randomizirano uzorkovanje
- nesustavno statičko uzorkovanje

- sustavno statičko uzorkovanje
- kontrolno kružno uzorkovanje [4].

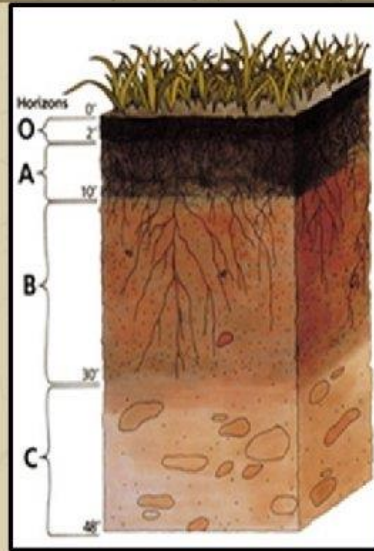
Cilj ovog rada je prikazati važnost uzorkovanja, opisati proces uzorkovanja tla za daljnju analizu i istaknuti probleme do kojih može doći tijekom uzorkovanja, a koji mogu negativno utjecati na rezultate analize.

2. OPĆI DIO

2.1. Tlo

Tlo je biološki aktivan površinski sloj litosfere, koji se sastoji se od čvrstog, tekućeg i plinovitog dijela. Čvrstu komponentu tla izgrađuju minerali: aluminij (Al), silicij (Si), magnezij (Mg), natrij (Na), kalij (K) i u manjoj količini kalcij (Ca). Najzastupljeniji elementi u tlu su kisik (O), ugljik (C) te dušik (N), dok se u tragovima nalaze sumpor (S) i fosfor (P). Tlo nastaje dugotrajnim procesom trošenja matičnih stijena uslijed hidroloških, klimatskih i eolskih procesa, djelovanja živih organizama i ljudskih aktivnosti [1]. U tlu su prisutni i živi organizmi, njihovi dijelovi te različite druge tvari. U tvorbi tla od organizama najviše se ističu virusi, bakterije, od kojih osobito aktinomiceti (red bakterija koji čini oko 50% svih prisutnih mikroorganizama), gljive, alge, gujavice i kukci [1]. Ovisno o vanjskim čimbenicima i geografskom položaju, tla sadrže određenu količinu organske tvari – humus. Kakvoća i količina prisutnog humusa pokazatelj je proizvodne snage tla, jer sadrži tvari neophodne za rast i razvoj biljaka [2]. Svojstva tla obično su određena vanjskom i unutarnjom morfologijom [1]. Vanjsku morfologiju čine reljef te ostale površinske komponente (biljne vrste, kamenje, stijene i sl.). Unutarnja morfologija predstavlja sklop profila koji su indikator nastanka određene vrste tla, a prepoznaju se stratigrafskim znakovima poput raščlanjenosti na horizonte, boje, teksture i strukture tla, poroznosti i specifičnih pedodinamičkih tvorevina [1]. Najvažnije horizonte tla čine: *O-horizont* (površinski sloj izgrađen od organskih tvari); *A-horizont* (humusno-akumulativni horizont koji čine mineralne čestice i organska tvar); *E-horizont* (eluvijalni horizont, sadrži manji udio gline i seskvioksida); *B-horizont* (kambični horizont, bogat glinom); *C-horizont* (rastresiti dio matične stijene) i *R-horizont* (čvrsta stijena), slika 1. Horizonti se razlikuju na okomitom presjeku i važan su kriterij u klasifikaciji tla [1].

STRUKTURA TLA - definira svojstva tla



- **O** - (organski sloj) = raspadajući biljni i životinjski ostaci (2 cm)
- **A** - mineralni horizont blizu površine tla (10 cm)
- **B** - mineralni horizont (1 m)
- **C** - geološki sloj sa ili bez naznaka formiranja tla

Slika 1. Opći profil tla [5]

2.2. Vrste tla u Hrvatskoj

S obzirom na geografski položaj i varijabilnost čimbenika koji utječu na stvaranje tla, u Hrvatskoj postoji nekoliko vrsta tla: crnica, crvenica, pješčano i glineno tlo [2].

Za područje Slavonije karakteristično je crno, humusom bogato, tlo visokog proizvodnog potencijala, a nastaje pod utjecajem kontinentalne klime. Debljina tla crnice je uglavnom 50 do 60 cm uz mrvičasto-praškastu strukturu [6]. Crnica dobro zadržava i upija vodu, svrstava se u razvijena tla i prikladna je za uzgoj kukuruza, pšenice i ostalih žitarica [6].

Crvenica je tlo karakteristično za područja koja se sastoje od vapnenca, jer nastaje rastvaranjem vapnenaca i dolomita te se oblikuje po dolinama i krškim poljima te na dnu vrtača. Predstavlja vrlo zbijeno i teško tlo s malom količinom humusa [7]. Crvenica dugo zadržava vodu i time omogućuje biljkama opstanak tijekom vrućeg i suhog vremena. Bogata je oksidima željeza i aluminija koji joj daju crvenu boju te u Hrvatskoj prevladava u primorskom dijelu, a pogodna je za uzgoj smokava i maslina te uzgoj vinove loze [7]. Na slikama 2 i 3 vidljiva je razlika u boji i teksturi između crnice i crvenice [8, 9].



Slika 2. Crnica



Slika 3. Crvenica

Pješčano je tlo svjetlo smeđe boje i lake obradivosti, slika 4. Ne zadržava vodu, brzo se zagrijava i na dodir djeluje oštro i grubo. Brzo se suši zbog prozračnosti, a na njemu rijetko uspijevaju biljke jer ne sadrži dovoljne količine organske tvari i potrebnih nutrijenata. Pješčano tlo karakteristično je za područje Primorja [10].

Glineno tlo može biti žute, sive ili smeđe boje, a koja ovisi o kemijskom sastavu (slika 5). Sastoji se od sitnih čestica minerala glina, koje određuju osnovna svojstva glinenog tla. Dobro upija vodu, koju ne propušta. Ljeti se na velikim vrućinama suši i na površini nastaju pukotine. Glineno tlo slabe je kvalitete i teško za obradu, a karakteristično je za brežuljkasta područja [11-13].



Slika 4. Pješčano tlo



Slika 5. Glineno tlo

2.3. Podjela tla

Tlo se dijele na koherentna i nekoherentna tla. Nekoherentna tla ili krupnozrna tla, sastavljena su od krupnih zrna gdje je više od 50 % mase ili težine čvrstih čestica veličine

šljunka ili pijeska. Te su čestice uglavnom vidljive golim okom te su kohezijske sile između čvrstih čestica zanemarive [3]. S obzirom na veličinu zastupljenih zrna, nekoherentna tla dijele se na:

- šljunak – eng. *gravel*, zastupljena zrna šljunka (slika 6a) [14]
- pijesak – eng. *sand*, zastupljena zrna pijeska (slika 6b) [14].



Slika 6. a) Šljunak b) Pijesak

Navedena podjela nekoherentnih tala, dijeli se prema granulometrijskom sastavu na [3]:

- dobro graduirano tlo,
- slabo graduirano tlo,
- jednolično graduirano tlo,
- slabo graduirano tlo sa mnogo prašinih čestica,
- slabo graduirano tlo sa mnogo glinovitih čestica.

Koherentna tla ili sitnozrna tla, sastavljena su od sitnih zrna gdje je više od 50 % mase ili težine čvrstih čestica veličine gline ili pijeska. Te čestice nisu vidljive golim okom, a s obzirom na veličinu zastupljenih zrna, koherentna tla dijele se na [3]:

- prahovi – eng. *silt*
- gline – eng. *clay*, (slika 7) [15]
- organske gline – eng. *organic clay*
- treseti – eng. *peat* [12].



Slika 7. Glineno tlo

2.4. Fizikalna svojstva tla

Tekstura i struktura tla međusobno su povezane i imaju važnu ulogu tijekom rasta biljaka. Tekstura tla odnosi se na relativne omjere pojedinih čestica raznih veličina (pijesak, prah i glina) u masi tla [16]. Struktura tla predstavlja agregiranje primarnih čestica tla u agregate ili skupine (nakupine mehaničkih elemenata), koje su odvojene od susjednih agregata rahlim površinama. Određuje se na temelju veličine, oblika i razlikovnih obilježja mehaničkih elemenata u razrede, vrste i stupnjeve. Tekstura i struktura predstavljaju povoljne uvjete za rast korijena, dobru dreniranost i poroznost tla, prozračnost tla i mnoge druge čimbenike [17].

2.4.1. Mehanički sastav – tekstura

Mehanički sastav, odnosno tekstura tla smatra se mjerom koja procjenjuje plodnost tla i sadržaj pojedinih frakcija u tlu. Frakcije se razlikuju po veličini, kemijskom i mineraloškom sastavu. Skeletom se nazivaju frakcije koje imaju promjer veći od 20 mm, dok se čestice manjih dimenzija nazivaju sitno tlo. Postoje brojne klasifikacije, a u Hrvatskoj je prihvaćena klasifikacija Međunarodnog društva za proučavanje tla (Tablica 1). Tekstura tla određuje se laboratorijski – mehaničkom analizom tla. Navedena metoda temelji se na brzini taloženja čestica različite mase u vodenoj otopini nakon raspada svih strukturnih agregata tla. Čestice se dijele na skelet i sitnica, od kojih svaka ima svoju klasifikaciju, ovisno o promjeru zrna, tablica 1 [18].

Tablica 1. Klasifikacija granulometrijskog sastava

	FRAKCIJA	PROMJER, mm
SKELET	KAMEN	> 20
	ŠLJUNAK	20 – 0.2
SITNICA	KRUPNI PIJESAK	2.0 – 0.2
	SITNI PIJESAK	0.2 – 0.002
	PRAH	0.02 – 0.002
	GLINA	< 0.002

Skelet je gruba frakcija tla koja nastaje fizikalnim trošenjem stijena. Skeletna tla u sastavu sadrže više od 50 % frakcija kamena i šljunka, koji slabo zadržavaju vodu, prozračna su i oskudna hranjivom [18]. Skeletoidna tla sastavom su frakcije krupnog pijeska, sitnog pijeska, praha ili gline, a u udjelu imaju manje od 50% skeleta. Frakcija pijeska nastaje kao i tlo, procesom trošenja stijena. Velik udio pijeska u tlu uzrokuje propusnost, prozračnost i brzo zagrijavanje [18]. Frakcija praha veličinom čestica je između praha i gline, a u suhom stanju slabo je propusna, vezana je, ne bubri i ne lijepi se. Tlo koje sadrži velik udio praha ima nestabilnu strukturu i lako se zbija [18, 19]. Frakcija gline sadrži najsitnije čestice, a glini karakteristična svojstva omogućuju mogućnost vezanja velike količine vode, plastičnost, bubrenje i ljepljivost [18, 19].

2.4.2. Struktura tla

Struktura je važno svojstvo tla, koje se određuje se na temelju razlikovnih obilježja mehaničkih elemenata odvojenih od susjednih agregata. Mehanički elementi, odnosno strukturni agregati povezani su u veće nakupine, a prema veličini dijele se na:

- mikroagregati – do 0.25 mm
- mezoagregati – od 0.25 – 2.0 mm
- makroagregati – > 0.25 mm
- megagregati – > 50,0 mm.

Prema obliku, strukturni agregati dijele se na:

- kockaste ili kuboformne - prema veličini mogu biti sitno mrvičasti, praškasti, mrvičasti, krupno mrvičasti, graškasti, orašasti, sitno orašasti, krupno orašasti, grudasti, sitno grudasti i krupno grudasti, a vertikalna i horizontalna os identično su razvijene,
- stubaste ili prizmatofornne - mogu biti sitni, vrlo sitni, osrednji, krupni i vrlo krupni, imaju izduženu vertikalnu os,
- plosnate ili laminofornne,
- granularne ili zrnate - promjer < 0.5 cm.

Struktura tla promjenjiva je ovisno o količini vlage te je strukturna svojstva potrebno određivati u suhom i vlažnom tlu. U strukturnim tlima najpovoljniji je odnos zraka i vode koji doprinose aerobnim procesima i mineralizaciji organske tvari u tlu [18]. U tablici 2. prikazane su aktivnosti koje doprinose strukturi tla i aktivnosti koje narušavaju strukturu tla, a time i proces mineralizacije organske tvari. Razlikuju se tri kategorije strukture tla [20]. Agregatna struktura, gdje je masa tla podijeljena u strukturne agregate kojima se lako mogu odrediti veličina i oblik, koherentna struktura u kojoj nema izrađene agregatne strukture te bezstrukturno tlo u kojem mehanički elementi nisu povezani.

Tablica 2. Aktivnosti koje doprinose i narušavaju strukturu tla [18].

DOPRINOSI STRUKTURI TLA	NARUŠAVA STRUKTURU TLA
<ul style="list-style-type: none">• reducirana obrada• pravilan plodored• gnojidba organskim gnojivima i kalcijem	<ul style="list-style-type: none">• nepravilna i nepravovremena obrada tla• nepravilan plodored (uzak)• korištenje teške mehanizacije• navodnjavanje• nepravilna gnojidba

2.4.3. Gustoća tla

Gustoća tla je omjer volumena i mase nekog tla. Razlikuju se volumna gustoća tla i gustoća čvrste faze tla. Volumna gustoća predstavlja masu apsolutno suhog tla u jedinici

volumena. Smanjuje se povećanjem udjela organske tvari. Gustoća čvrste faze je masa apsolutno suhog tla u jedinici volumena čvrste faze tla. Manju vrijednost gustoće čvrste faze imaju tla bogata humusom, dok optimalna vrijednost gustoće čvrste faze tla iznosi $2.2 - 2.9 \text{ cm}^{-3}$. Pomoću volumne gustoće i gustoća čvrste faze tla računa se poroznost tla [18].

2.4.4. Poroznost tla

Poroznost tla predstavlja ukupni slobodni prostor između pora u tlu, a izražava se u postotcima (%). Pore u tlu dijele se prema veličini na makropore i mikropore. Makropore su većih dimenzija i u njima se nalazi zrak, dok se voda zadržava kratko i kreće descendentnim tokom (prema dolje). Makropore utječu na propusnost tla i zračni režim te prevladavaju u pjeskovitim tlima (približno 30%). Mikropore su manjih dimenzija i sadržavaju vodu. Voda se u mikroporama kreće u ascendentnom i descendentnom smjeru, gore i dolje, zbog čega se još nazivaju kapilarnim porama. Mikropore određuju vodni režim i prevladavaju u glinovitim tlima (> 50 %). U tablici 3. prikazana je zasićenost tla porama [18].

Tablica 3. Ukupni sadržaj pora u tlu (%) [18]

P / (%)	Ocjena tla
> 60	Vrlo porozno
60 – 45	Porozno
45 – 30	Malo porozno
< 30	Vrlo malo porozno

2.4.5. Konzistencija tla

Konzistencija tla predstavlja promjene stanja tla uslijed djelovanja sila kohezije i adhezije uslijed različitog sadržaja vode. Stanja konzistencije su: koherencija (kohezija), zbijenost, plastičnost i ljepljivost [18]. Koherencija tla otpornost je tla na djelovanje vanjskih sila. Veća je u suhom i glinenom tlu, a povećanjem količine vode koherencija se smanjuje. U ovakvim slučajevima adhezijske sile rastu, dok kohezijske sile slabe i koherencija se

izražava u kilogramima i mjeri se silom potrebnom da bi se zdrobila jedinica volumena tla [18].

Zbijenost tla je otpor koji se pruža prilikom prodiranja različitih tijela, a izražava se u kg cm^{-2} . Određuje se mehaničkim ili elektronskim penetrometrom. Čimbenici koji utječu na zbijenost poljoprivrednih tala su kultura koja se uzgaja, agrotehnika, vrsta tla, klima, rad strojeva i utjecaj kotača te organizacijski i ekonomski faktori. Povećanjem vlažnosti kod zbijenog tla smanjuje se koherencija te time tla postaju drobiva i rahla. Vlažnost tla je izrazito važno svojstvo u poljoprivredi, jer su drobiva i rahla tla lakša za obradu i pogodnija za uzgoj kultura [18].

Plastičnost tla omogućuje modeliranje tla pri različitim količinama vode, a tlo nakon sušenja zadržava prvobitni oblik. Kod plastičnosti tla, određuju se donja i gornja granica plastičnosti te se iz njih dobiva indeks plastičnosti. Donja granica plastičnosti još se naziva i granica krutosti. Kada je sadržaj vlage ispod donje granice tada je tlo pogodno za obradu. Kod donje granice plastičnosti, tlo ima mogućnost valjanja u valjčice, tj. sadrži vodu u tlu koja omogućuje valjanje. Gornja granica plastičnosti poznata je pod nazivom „granica žitkosti“, gdje tlo prelazi iz plastičnog u tekuće stanje konzistencije. Indeks plastičnosti je razlika između navedenih granica plastičnosti [18].

Ljepljivost tla nastaje pod utjecajem sila međusobnog privlačenja čestica tla i oruđa za obradu pri određenoj vlažnosti. Ovisi o sadržaju gline i vlažnosti tla, a izražava se u kN [18].

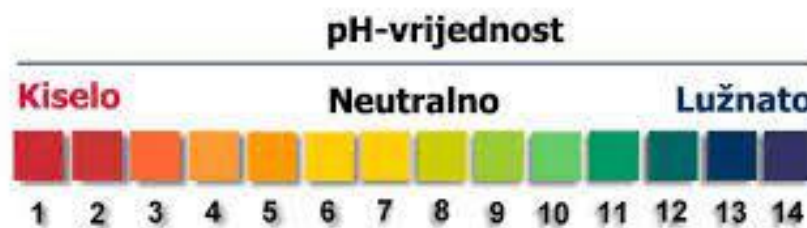
2.5. Kemijska svojstva tla

Kemijska svojstva tla važna su za rast, razmnožavanje i plodnost biljaka te utječu na sposobnost tla da skladišti i oslobađa hranjive tvari. Važnija kemijska svojstva tla su pH, humus, makro i mikro elementi [21].

2.5.1. pH vrijednost

pH služi kao mjera kiselosti i lužnatosti vodenih otopina, a dobiva se kao negativan dekadski logaritam množinske koncentracije aktiviteta vodikovih iona u otopini [22]. pH vrijednost tla, odnosno reakcija otopine tla, pokazatelj je agrokemijskih svojstava tla koja su važna za uzgoj bilja i odabir područja za obradu [22]. Faktori koji mogu utjecati na

kiselost tla su klima, vremenske prilike, prisutnost biljnih vrsta, gnojidba, vrsta tla te proces pedogeneze u kojem dolazi do promjene udjela alkalijskih i zemnoalkalijskih metala [22]. Najkorištenija metoda mjerenja pH vrijednosti tla je metoda suspenzije. Postupak započinje prikupljanjem uzorka tla s područja kojem se želi odrediti pH vrijednost. Uzima se homogeni uzorak, koji se miješa s destiliranom vodom u omjeru 1:1, npr., za 50 g zemlje dodaje se 50 ml vode. Uzorak se miješa 5 sekundi i nakon toga treba odstožati 15 minuta. Nakon isteka vremena, uzorak se ponovo promiješa i provodi se mjerenje mjernim instrumentom. pH vrijednost tla može se odrediti i metodom izravnog mjerenja na odabranoj lokaciji. Postupak započinje bušenjem rupe u tlu koja mora biti iste dubine prilikom testiranja kako ne bi došlo do razlike u izmjerenim pH vrijednostima. U izbušenu rupu dodaje se destilirana voda te se elektroda mjernog instrumenta, primjerice terenskog pH metra za tlo, prinese vlažnom tlu za koje se mjeri pH vrijednost [22]. Vrijednost pH tla može se još odrediti pomoću traka, kemijski testnih setova, prijenosnih mjerača i digitalnih džepnih testera [22]. Slika 8. prikazuje pH ljestvicu.



Slika 8. pH ljestvica [23]

2.5.2. Humus

Humus je smjesa koja nastaje procesom humifikacije tijekom kojeg dolazi do truljenja biljnih i životinjskih ostataka, a sadrži organske tvari i tamne je boje. Tamna boja doprinosi brzom zagrijavanju tla. Ovisno o pojedinim frakcijama, razlikuju se dva osnovna oblika humusa, blagi i kiseli humus. Blagi humus naziva se još i zrelim, a kod njega prevladavaju huminske kiseline koje su jake višebazne kiseline koje prelaze u gel stanje i imaju pozitivan utjecaj na tlo. Tlo zasićeno blagim humusom bogato je

mikroflorom i faunom kao što su kišna gujavica i kukci. Blagi humus ima pozitivan utjecaj na tlo i na mikrobiološku aktivnost tla, dok kiseli humus negativno utječe na tlo. Kiseli humus naziva se još i sirovi te se pojavljuje u uvjetima humidne klime. U ovakvim tlima prevladavaju fluvokiseline, tj., kiseline koje su vrlo jake i dobro topljive u vodi. Zbog svoje visoke kiselosti smatra se da negativno utječu na tlo i time stvaraju nepovoljne uvjete za aktivnost raznih organizama koji prerađuju organske ostatke. U takvom se tlu pronalaze samo neke vrste kukaca i acidofilne gljivice [24]. Ovisno o količini humusa u tlu, tlo može biti humizirano od vrlo slabe humuznosti do vrlo jake, tablica 5. [18].

Tablica 4. Humuznost tla [18]

Humus %	Ocjena humuznosti tla
< 1	Vrlo slabo humozno
1 – 3	Slabo humuzno
3 – 5	Dosta humuzno
5 – 10	Jako humozno
> 10	Vrlo jako humozno

2.5.3. Marko i mikro elementi

Makro i mikro elementi ključni su za rast i razvoj biljaka [18]. Makro elementi su kisik (O), vodik (H), ugljik (C), dušik (N), fosfor (P), kalij (K), kalcij (Ca), magnezij (Mg) i sumpor (S). Biljkama su potrebni u velikim količinama. Kisik je važan za oksidacijske i redukcijske procese u tlu i biogeni je element. Vodik se pojavljuje prilikom trošenja primarnih minerala i ioni vodika doprinose kiselosti tla. Ugljik je biogeni element kojeg biljka veže iz tla, a u organskoj tvari nalazi se u obliku karbonata. Ugljik je biljkama dostupan iz zraka u obliku ugljikovog (IV) oksida (CO₂). Dušika u pedosferi ima od 0,1 % do 0,2%, a biljka ga iskorištava u obliku nitrata (NO₃⁻). Fosfor je biogeni element i u pedosferi se nalazi u obliku fosfata te ga biljka koristi u obliku hidrogenfosfata (HPO₄²⁻) i dihidrogenfosfata (H₂PO₄⁻). Kalij je biogeni element i sastavni je dio primarnih i sekundarnih minerala u tlu. Prisutan je u količini od 1,36 % te se nalazi u ionskom obliku. Kalcij je još jedan biogeni element koji se u tlu najviše pojavljuje u obliku sulfata,

karbonata i klorida. U pedosferi se nalazi u količini od 1,37 % te doprinosi stabilnoj strukturi tla i sprječava nepovoljno djelovanje vodikovih iona – zakiseljavanje. Magnezija u tlu ima oko 0,6 % te povoljno utječe na strukturu tla, kao i kalcij. Sumpor se u tlu nalazi u obliku sulfata (SO_4^{2-}) i sulfita (SO_3^{2-}) i sastavni je dio organske tvari [18].

Mikro elementi važni za rast i razvoj biljaka i oni su željezo (Fe), silicij (Si), aluminij (Al) i natrij (Na). Željezo je biogeni element i u tlu je najvećim dijelom prisutan u obliku oksida, a ovisno o stupnju hidratiziranosti, tlu daje različite nijanse smeđe i crvene boje. Pri nižim pH vrijednostima, topivost željeznih oksida raste. Silicij nije biogeni element i nalazi se u sastavu primarnih i sekundarnih minerala. U alkalnim uvjetima kod pH 7,5 do 8,0 silicijev oksid je topiv. Aluminij nije biogeni element i u kiselim uvjetima aluminijevi oksidi su topivi. Natrij nije biogeni element, nalazi se u otopini tla i njegova prisutnost u tlu je vrlo nepovoljna [18]. Tlo siromašno makro i mikro elementima potrebno je dodatno gnojiti kako bi se pospješila stopa rasta biljnih kultura [18].

3. UZORKOVANJE TLA

Uzorkovanje tla postupak je kojim se uzima uzorak za utvrđivanje stanja i kakvoće tla. Predstavlja prvi korak analize sastava tla, a o kvaliteti uzorka ovise rezultati dobiveni analizom. Nepravilnim uzorkovanjem nastaju greške u analitičkom postupku, stoga je ovom postupku važno pristupiti stručno uz pridržavanje protokola uzorkovanja [2]. Osnovni uvjet za pravilno i uspješno uzorkovanje je definiranje prosječnog ili reprezentativnog uzorka tla i analitičkih jedinica. Reprezentativan uzorak je vrsta uzorka koja u potpunosti odgovara karakteristikama populacije u cjelini, tj. odraz cjeline iz koje se uzorak uzima. Analitička jedinica podrazumijeva površinu koja predstavlja jedan prosječan uzorak tla. Veličina analitičke jedinice nije konstantna te se mijenja ovisno o vrsti tla, kulturi i cilju istraživanja [2]. U skladu s navedenim, potrebno je definirati način uzorkovanja, odrediti reprezentativan uzorak, vrijeme uzorkovanja, primijeniti pravilnu oznaku, transport i daljnji postupak do završetka analize.

3.1. Plan uzorkovanja

Uzorkovanje je složen proces koji zahtijeva prethodnu izradu plana. Cjelokupni plan uzorkovanja temelji se na prikupljanju informacija o području na kojem će se uzorkovanje

obavljati. Potrebno je pripremiti topografske karte, kopije katastarskih planova s pravilnim oznakama površina i nazivima, opremu namijenjenu procesu uzorkovanja i po potrebi organizirati tim zadužen za uzorkovanje. Svakom koraku pristupa se odgovorno i organizirano, a provodi se s jasnim ciljem. Neki od ciljeva uzorkovanja su kontroliranje plodnosti tla, praćenje stanja poljoprivrednog zemljišta, izrade planova i preporuka za gnojidbu ovisno o zasićenosti tla makro i mikro elementima, izrada planova za buduće višegodišnje nasade i ostale aktivnosti koje zahtijevaju analizu sastava tla [2].

Prilikom uzorkovanja GPS uređajem provjerava se stanje terena. Geopozicioniranje središnje točke kruga ili križa uz pomoć GPS uređaja obavezno je kod ovakvog načina uzimanja uzoraka, a omogućuje stvaranje referentne točke i ponovno uzorkovane na istoj geografskoj poziciji. Ako se ne koristi GPS uređaj, potrebno je napraviti skicu terena s točnim koordinatama uzorkovanja. Skica mora sadržavati oznaku strane svijeta, konture rubova parcele, dimenzije, shemu uzimanja uzoraka i opis reljefa [2]. Za provjeru stanja terena koristi se još i GIS (geografski informacijski sustav). Njime se provjerava stanje terena uz pomoć različitih podloga ili satelitskih snimaka, uz upravljanje prostornim podacima i njima pridruženim svojstvima. GIS pomaže u donošenju odluka o raznim zahvatima na proizvodnoj površini, uključujući uzorkovanje tla. Pomoću ovog sustava, prikupljeni podatci mogu se uređivati, spremati, analizirati i prikazivati na geografskim kartama [2].

Vizualna dijagnostika dio je provjere stanja terena i pridonosi smanjenju rizika od nepreciznog iscertavanja analitičkih jedinica. Temelji se na sposobnosti promatrača da prepozna pojedine razlike fizikalno-kemijskih značajki, razlike u reljefu te simptome nedostatka pojedinih hranjiva na biljkama. Vizualno se prepoznaju boja tla, vodni režim, prisutnost skeleta, nagibi, uzvišenja, kanali i depresije. Analizom navedenih čimbenika, može se zaključiti je li tlo homogeno ili heterogeno, o čemu dalje ovisi odabir područja uzorkovanja. Sljedeći korak je određivanje veličine, rasporeda i broja analitičkih jedinica na terenu. Prilikom iscertavanja granica, ne smiju se obuhvatiti različite vrste tla, jer to negativno utječe na krajnje rezultate analize. [2]. Svaka točka uzorkovanja obilježava se na karti ili evidentira geopozicioniranjem.

Reprezentativan uzorak, odnosno prosječni uzorak tla za analizu, sastoji se od 20 do 25 poduzoraka, tj. pojedinačnih uzoraka. Poduzorak se vadi s točno određenog mjesta unutar određene zone za koju se uzima prosječni uzorak. S obzirom na površinu područja, određen je minimalan broj poduzoraka potrebnih za prosječan (reprezentativan) uzorak.

Kada su proizvodne površine manje ili heterogene, uzorak se uzima svakih 1 do 2 hektara (ha), dok se kod velikih i homogenih površina, prosječan uzorak uzima svakih 3 do 5 hektara. Na većim i neujednačenim površinama uzorci se uzimaju na svakom različitom dijelu površine.

Površina koju predstavlja jedan prosječni uzorak ponajprije ovisi o veličini i homogenosti proizvodne čestice [20]:

1. površina prosječnog uzorka < 1 ha
 - jako usitnjene čestice – jedan prosječan uzorak za svaku česticu
 - veće heterogene čestice (1 - 2 ha) – 2 do 3 područja uzorkovanja
2. površina prosječnog uzorka 1-2 ha
 - homogene čestice veličine 1-2 ha ili heterogene čestice 4-5 ha, koje se zbog heterogenosti dijele na 2-3 područja uzorkovanja
3. površina prosječnog uzorka 3-5 ha
 - homogene čestice veličine 3-5 ha ili heterogene čestice 6-10 ha koje se zbog heterogenosti dijele na 2-3 područja uzorkovanja
 - velike homogene čestice veličine 10-50 ha koje se zbog veličine dijele na 2-10 područja uzorkovanja
4. površina prosječnog uzorka 5-10 ha
 - vrlo velike (> 50 ha) i homogene površine koje se zbog veličine dijele na 10 ili više područja uzorkovanja.

Za unošenje podataka s terena postoje pripremljeni obrasci koji se koriste i ispunjavaju kod izlazaka na teren te prilažu uz izvješće o uzorkovanju. Nakon cjelokupnog postupka, uzorci se transportiraju u laboratorij za analizu tla. Uzorci se u laboratoriju uvode u knjigu uzoraka s laboratorijskim brojem i podacima s terena. Isto tako, uzorcima se dodjeljuju informacije o vrsti analize i roku za izradu analize [25].

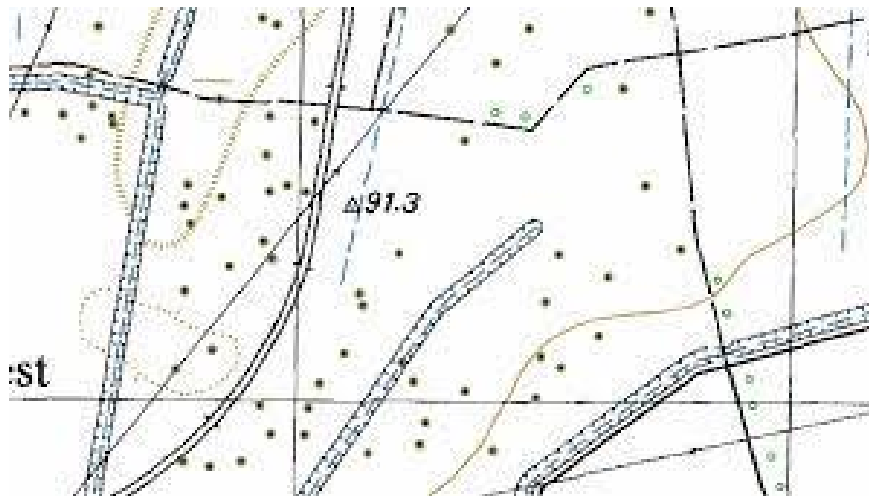
3.2. Načini uzorkovanja tla

Prostorni raspored uzorkovanja ovisi o obliku, veličini površine koju je potrebno analizirati i o cilju istraživanja. Postoji nekoliko vrsta i podvrsta prostornog rasporeda uzorkovanja:

1. slučajno ili randomizirano uzorkovanje
2. nesustavno statičko uzorkovanje

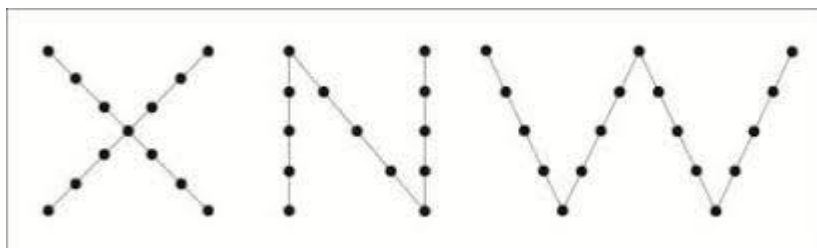
3. sustavno statičko uzorkovanje
4. kontrolno kružno uzorkovanje

Slučajno ili randomizirano uzorkovanje je metoda uzorkovanja koja se koristi kod vrlo malih homogenih površina [26]. Naziv „slučajno uzorkovanje“, opisuje distribuciju uzorka, koja je potpuno slučajna (slika 9.), uvjetovana pristupačnošću ili pogodnostima terena koje utječu na subjektivnu odluku osobe koja uzorkuje na mjestu uzorkovanja. U ovom slučaju reprezentativan uzorak ponajviše ovisi o broju poduzoraka [20].



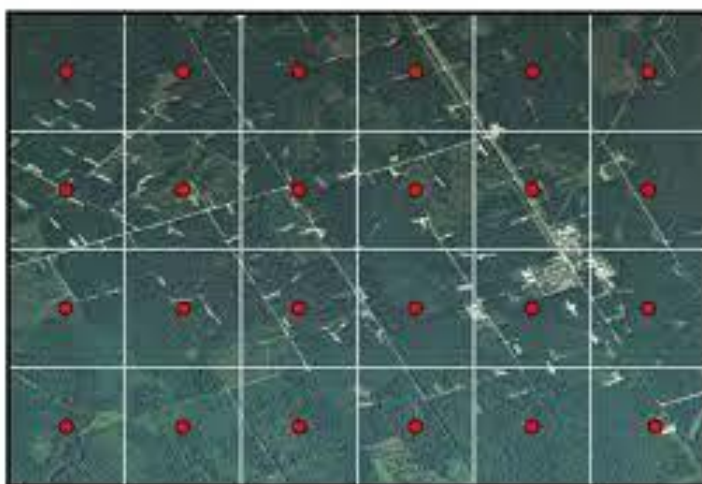
Slika 9. Slučajno ili randomizirano uzorkovanje [27]

Nesustavno statičko uzorkovanje karakteristično je za homogene oranice, rasadnike, livade i višegodišnje nasade (slika 10.). Kod nesustavnog statičkog uzorkovanja, uzorkovanje se radi na principu određenog oblika slova (W, X, Z, N, S), po shemi ili cik cak liniji zbog uzimanja prosječnog uzorka. Nesustavno statičko uzorkovanje najviše se koristi prilikom uzorkovanja poljoprivrednih područja i na obiteljskim gospodarstvima [20, 26].



Slika 10. Nesustavno statičko uzorkovanje [28]

Sustavno statičko uzorkovanje ili mrežni tip uzorkovanja je uzimanje uzoraka na točnim udaljenostima između svakog uzorka u obliku mreže (slika 11.). Ova metoda zahtijeva precizno terensko izvođenje, velike pripreme te je pogodna za velike proizvodne površine i za izradu geografskih informacijskih sustava i kartografiju [20, 26].



Slika 11. Sustavno statičko uzorkovanje [29]

Metoda kontrolnog kružnog uzorkovanja, koristi se kod mjerenja radijalne distribucije nekog parametra ili svojstava tla. Kružno uzorkovanje primjenjuje se, primjerice, kod točkastih izvora onečišćenja tla, kod kojih se prati radijalna distribucija onečišćujućih tvari u tlu (slika 12.) [25].



Slika 12. Metoda kontrolnog kružnog uzorkovanja [30]

3.3. Dubina uzorkovanja

Dubina uzorkovanja određena je svojstvima tla koja se žele utvrditi i kulturom tla koja će biti uzgajana. Dubine uzorkovanja za različite površine i nasade prikazane su u tablici 6 [26]. Dubina uzorkovanja za ratarske kulture odvija se na dubini od 0 do 30 cm. Trajni nasadi zahtijevaju uzorkovanje na dubinama 0 – 30 cm i 30 – 60 cm. Za određivanje količine dušika u tlu uzimaju se uzorci sa dubina 0 – 30 cm, 30 – 60 cm i 60 – 90 cm.

Tablica 5. Dubine uzorkovanja

KULTURA	DUBINA UZORKOVANJA, cm
Livade	0 – 20
Pašnjaci	0 – 20
Povrće	0 – 20
Ratarska proizvodnja	0 – 30
Višegodišnji nasadi (voćnjaci, vinogradi)	0 – 30 i 30 – 60

3.4. Vrijeme uzorkovanja

Uzorkovanje tla može se obavljati tijekom cijele godine. Uzorkovanje tla za kontrolu plodnosti tla obavlja se svake četiri godine, dok se uzorci tla u svrhu osnovne kemijske analize uzimaju nakon berbe ili žetve, ali nikako ne nakon neposredne gnojidbe. Vlažni i sušni periodi nisu pogodni za uzorkovanje jer uzorak zbog navedenih čimbenika neće biti reprezentativan. Sušni period nije prihvatljiv zbog teškoća u prodiranju sonde na zadanu dubinu, a može doći do pogreške tijekom analize zbog koncentracije hranjiva koji su bliži površini. Uzorkovanje nije preporučljivo provoditi nakon gnojidbe ili kalcizacije. U vlažnom razdoblju, tlo je saturirano vodom te je otežano kretanje po površini i rukovanje opremom za uzorkovanje [25].

3.5. Alat i oprema za uzorkovanje

Alat koji se koristi u procesu uzorkovanja mora biti od nehrđajućeg čelika ili kromiran da bi se spriječila kontaminacija uzoraka. Alat mora biti jednostavan za korištenje i transport te mora biti prilagođen vrsti tla koje će se uzorkovati [26]. Uzorci se mogu uzimati ručno ili strojno. Strojno uzorkovanje karakteristično je za ravne i velike površine kao što su livade. Za strojno uzorkovanje najčešće se koristi uređaj N 2012, koji se može postaviti na traktore, quadove, kamione i druga različita vozila (slika 13.). Tijekom uzorkovanja koristi se sonda u obliku svrdla s vremenom uboda od 3 do 5 sekunde na dubini od 30 cm [31].



Slika 13. Uređaj N 2012 za strojno uzorkovanje [32]

Prilikom ručnog uzorkovanja izbor alata ovisi o cilju uzorkovanja i sastavu tla. Najčešće se koriste razne sonde, štihalice, svrdla, noževi ili lopate, s kojima je bitno uzimati istu količinu uzoraka za analizu (slika 14). U većini slučajeva, koriste se sonde ili svrdla koja se smatraju najpouzdanijim i najkvalitetnijim alatima za uzorkovanje. Svrdlo ima oštricu sa spiralnim dijelom tako da je utiskivanje u tlo omogućeno njegovim okretanjem, dok je sonda cjevastog ili žljebastog oblika s oštricom na vrhu koja siječe tlo te se utiskuje u tlo bez vrtnje. Svrdla su namijenjena za različite vrste tla i razlikuju se svrdla za glinovito, pjeskovito i ilovasto tlo (slika 14.).



Slika 14. Vrste svrdla za uzorkovanje [33]

Za uzorkovanje se koriste obalna i spiralna svrdla. Obalna svrdla namijenjena su uzorkovanju skeletnih tala, a spiralna svrdla se ne koriste često jer se primjenjuju samo prilikom uzorkovanja jako zbijenog ili skeletnog tla. Kada je skelet nešto manji, koriste se svrdla promjera 2 – 5 cm, dok se u slučajevima kada je skelet veći, koristi svrdlo promjera 10 cm.

Prilikom korištenja sonda, najkorištenije su cjevaste i žljebaste sonde (slika 15.). Žljebaste sonde namijenjene su uzorkovanju pojedinačnih ili kompozitnih uzoraka. Sastoje se od cijevi koja je uzdužno razrezana te se na mjestima gdje je uzdužni i poprečni rez izrađuje oštrica. Cjevasta sonda namijenjena je za tla koja su fizički u neizmijenjenom stanju. Cjevasta sonda nije rezana i sadrži cilindar i oštricu ili zaštitnu košuljicu. Za srednje teksturna tla koriste se još i cilindrična sonda, a za teksturno lakša tla otvorena tla, sonda za sondiranje [2].



Slika 15. Cjevaste i žljebaste sonde za uzorkovanje tla [34]

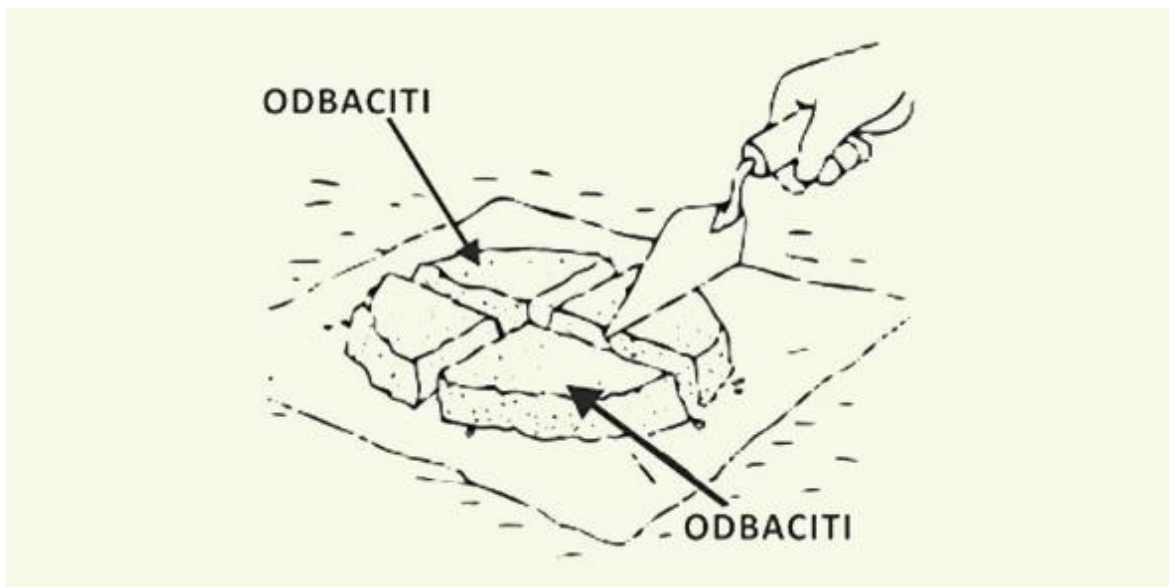
Korištenje štihače za uzorkovanja tla duži je proces u kojem štihača mora biti čista kako ne bi došlo do kontaminiranja uzorka tla. Na svakom prijelazu parcele ili horizonta tla, štihaču je potrebno očistiti da na njoj ne bi ostali ostatci od prethodnog uzimanja uzorka. Uzorkovanje štihačom započinje čišćenjem površine i iskopom rupe dubine 30 – 40 cm, tj. do dubine uzimanja uzorka. Iskop se temelji na vertikalnom zasijecanju strana rupe kako bi se dobio sloj tla debljine i širine od 3 do 5 cm. Bočni se komadi odstranjuju, a središnji dio predstavlja uzorak širine 3 – 5 cm (slika 16.). Tako dobivena količina tla predstavlja uzorak pojedine lokacije i odlaže se u posudu ili komad kartona, papira ili najlona. Svaki sljedeći uzorak uzima se na isti način, ali na drugom mjestu te se ovaj postupak ponavlja sve dok se ne prikupi točno određeni broj potrebnih pojedinačnih uzoraka [25].



Slika 16. Štihača [35]

3.6. Redukcija uzorka

Preporučena masa reprezentativnog uzorka za analizu iznosi 0,5 – 1,0 kg. Važno je prikupiti propisanu masu zbog lakše obrade i pohrane uzorka. Redukcija je postupak smanjenja uzorka na određenu veličinu te se provodi zbog olakšavanja analize traženog uzorka. Postupak redukcije provodi se mehaničkim razdjelnicima i metodom „četvrtanja“. Mehanički razdjelnici ili homogenizatori dijele uzorak serijskim razdvajanjem i stvaraju manje poduzorke te se postupak ponavlja do željene količine uzoraka. Metodom „četvrtanja“ uzorak se smanjuje na potrebnu masu (slika 17.). Prije formiranja uzorka u oblik kruga ili kvadrata, uzorak se izmiješa i stavlja na ravnu površinu. Nakon formacije, uzorak se dijagonalno podijeli na četiri jednaka dijela te se odbace dva nasuprotna trokuta, a ako je potrebno, ostatak se ponovo izmiješa i postupak se ponavlja sve dok se ne postigne uzorak propisane mase u iznosu 0,5 – 1,0 kg [25, 26].



Slika 17. Metoda „četvrtanja“ [36]

3.7. Obilježavanje uzorka tla

Obilježavanje uzorka tla slijedi nakon izdvajanja reprezentativnog uzorka, a važno je kako ne bi došlo do pogreške prilikom laboratorijske analize. Izdvojen uzorak pohranjuje se u vrećicu i obilježava listićem na kojemu su ispisani osnovni podaci. Osnovni podaci svakog uzorka sadrže informacije o broju uzorka, oznaku ili naziv parcele, dubini

uzorkovanja i vlasniku površine. Dodatne informacije su datum prethodne gnojidbe, planiran nasad ili usjev za poljoprivrednu površinu, datum i ime osobe koja je uzorkovala tlo. Podaci o uzorkovanom tlu mogu se unijeti u već pripremljen obrazac, slika 18 [25, 26].



Hrvatska agencija za
poljoprivredu i hranu

Croatian Agency for
Agriculture and Food

L'Agence Croate pour
l'Agriculture et l'Alimentation

Podaci o uzorku tla		Oznaka uzorka i tip proizvodnje:		
		(K) Konvencionalna,	(I) Integrirana	(E) Ekološka
BROJ UZORKA		Preporuka gnojidbe: DA NE		
Lokalna samouprava (JLS):		Županija:		
1) MIBPG:		OIB:		
2) Prezime i ime:		mail:		
3) Mjesto i pošt. broj.:		Tel:		
4) Ulica i broj:		Vlasništvo zemljišta: državno privatno		
5) Katastarska čestica:		Katastarska općina:		
6) ID arkod:		7) Površina (ha):		
8) Koordinate (decim.):	N (lat.) _____ °	E (long.) _____ °		
9) Planirani usjev:		10) Ciljani prinos (t/ha):		
11) Starost nasada _____	Broj stabala, čokota/ha _____	Način uzgoja novog nasada: klasični (zaokružiti) plantažni		
12) Predusjev i prinos predusjeva:	Predusjev: _____	1) do 60 % ciljani prinos 2) 60 do 90 % ciljani prinos 3) 90 do 110 % ciljani prinos 4) >110 % ciljani prinos	(t/ha)	
13) Plodored usjeva	1) _____ 2) _____ 3) _____	4) _____ 5) _____		
14) Žetveni ostaci:	1) zaorano: _____ (t/ha)	2) spaljeno	3) odnešeno	
15) Organska gnojidba (t/ha):				
16) Vrsta organskog gnoja:				
17) Godina primjene org. gnoja:		prva	druga treća četvrta	
18) Ekspozicija i nagib: (procjena uzorkivača)	0) bez nagiba 1) bez nagiba u podnožju 2) manji nagib (do 5 %)	3) veći nagib (> 5 %) 4) ogojeni teren sa nagibom		
19) Reljef:	1) ravno;	2) manje depresije/neravnine;	3) veće depresije/neravnine;	
20) Navodnjavanje:	1) suho ratarenje;	2) reducirano;	3) optimalno;	4) kap po kap
21) Višak vode na oranici (leži voda)	1) nikad	2) rijetko ili kratkotrajno	3) često ili dugotrajno	
22) Tekstura tla (procjena uzork., Feel test)	1) Lako pjeskovito 2) Lako ilovasto 3) ilovasto	4) Glinasta ilovača 5) Srednje teška glina 6) Teško glinovito		
23) Mineralna gnojidba	1) bez gnojidbe 2) gnojidba do 40 % potreba 3) gnojidba od 40 do 70 % potreba	4) prema potrebi 5) gnojidba više od 120 % potreba		

Popunite ili zaokružite sve tražene podatke u listiću jer oni neposredno utječu na točnost i efikasnost gnojidbe preporuke!

Datum uzorkovanja: _____, _____, 2019.

Uzorak uzeto: _____

GPS uređaj: _____

Vlasnik parcele: _____

CENTAR ZA TLO

Vinkovačka cesta 63c, 31000 Osijek, tel: +385 31 275 180, e-mail: ct@hapih.hr, www.hapih.hr
MB:2528614, OIB: 35506269186, IBAN: HR11210010051863000160

Slika 18. Obrazac s podacima o tlu [37]

3.8. Sušenje i mljevenje

Nakon procesa uzorkovanja, slijedi priprema uzoraka za analizu. U uzorcima se najprije izdvajaju nepoželjne primjese poput kamenja, korijenja, biljnih ostataka ili plastike, nakon čega slijedi sušenje na zraku ili u sušioniku (slika 19). Vrijeme sušenja ovisi o vlažnosti tla, načinu sušenja i teksturi tla. Sušenje uzoraka na sobnoj temperaturi u prosjeku traje od 3 do 5 puta duže u odnosu na sušenje u sušioniku. Sušenje uzoraka u sušioniku obično traje 24 sata, gdje temperatura ne prelazi 50°C [38].



Slika 19. Sušionik [39]

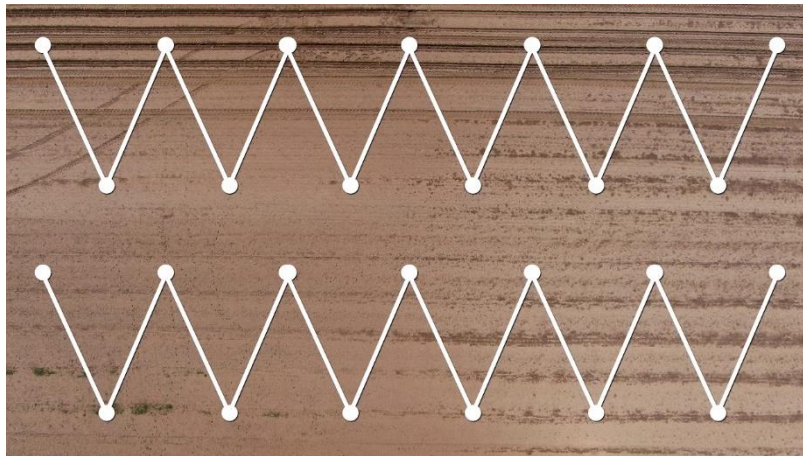
Nakon sušenja, sljedeći korak pripreme uzorka za analizu je usitnjavanje uzorka pomoću mlina (slika 20). Mljevenjem uzorka nastoji se postići heterogenost uzorka. Mlin za tlo izrađen je od nehrđajućeg materijala [38].



Slika 20. Mlin za tlo [40]

3.9. Primjer metodologije uzorkovanja tla za uzgoj kukuruza

Oranica za uzgoj kukuruza uzorkuje se svake četiri godine u jesen, nakon žetve. Uzorkovanje započinje procjenom terena, odnosno pregledom područja. GPS uređajem određuju se referentne točke, koje omogućuju ponovno uzorkovanje na istoj geografskoj lokaciji za potrebe daljnjih istraživanja. S obzirom na teren te odabranu vrstu uzorkovanja, određuju se veličina, raspored i broj analitičkih jedinica. Kod uzorkovanja oranica koristi se nesustavno statičko uzorkovanje. Primjer ovog tipa uzorkovanja prikazan je na slici 21., a uzorkovanje se izvodi na točkama raspoređenim u obliku slova „W“ [20].



Slika 21. Nesustavno statičko uzorkovanje polja u obliku slova „W“ [42]

Postupak uzorkovanja odvija se upotrebom adekvatne opreme (alata) na odgovarajućoj dubini. Dubina uzorkovanja kod oranica namijenjenih za sjetvu kukuruza je od 0 do 30 cm, uz primjenu sonde. Za početak se uklone biljni ostaci s površine i sonda se utiskuje u tlo. Kružnim okretanjem sonda se izvlači iz tla te se nožem ili šipkom uzorak iz sonde istiskuje u vrećicu namijenjenu za pohranu uzorka (slika 22.).



Slika 22. Utiskivanje sonde u tlo i istiskivanje uzorka u vrećicu [43]

Postupak se ponavlja 26 puta, prema lokacijama određenim vrstom uzorkovanja za dobivanje reprezentativnog uzorka tla. Dobiveno tlo potrebno je reducirati, za što se koristi metoda „četrtnja“. Prvotno se oblikuje krug, koji se dijeli na četvrtine, nakon čega se dva nasuprotna dijela odbacuju i ostatak se ponovo izmiješa, sve dok se težina uzorka ne reducira u rasponu od 0,5 kg do 1 kg. Reprezentativan uzorak tla ispravno se obilježava i pohranjuje do daljnje analize [26, 41].

4. ZAKONSKA REGULATIVA

Pravilno uzorkovanje tla propisano je zakonskom regulativom. Primjena propisanih smjernica za uzorkovanje tla osigurava prikupljanje reprezentativnih uzoraka iz kojih se analizom dobivaju pouzdane informacije o sastavu i kakvoći tla.

Zakonom o poljoprivrednom zemljištu NN 20/18 propisana je obveza praćenja stanja poljoprivrednog zemljišta kroz ispitivanje plodnosti tla koje se provodi u ovlaštenim laboratorijima. Prati se monitoring i ispitivanje plodnosti tla, minimalna površina za praćenje stanja poljoprivrednog zemljišta, informacijski sustav za zaštitu poljoprivrednog zemljišta i praćenje stanja zemljišta, dokumentacija i sadržaj zahtjeva za ovlaštenjem i detaljni uvjeti koje moraju ispunjavati ovlašteni laboratoriji. Prema Zakonu o poljoprivrednom zemljištu („Narodne novine“ broj 28/18, 115/18, 98/19) fizičke i pravne osobe upisane u Upisnik poljoprivrednika dužne su provoditi ispitivanje plodnosti tla (analize tla) na poljoprivrednom zemljištu upisanom u ARKOD sustav te voditi evidenciju o primjeni gnojiva (mineralnih i organskih), poboljšivača tla i pesticida. Ispitivanje plodnosti tla u užem smislu podrazumijeva uzimanje uzoraka tla, analizu ili procjenu mehaničkog sastava tla, agrokemijske analize tla i tumačenje rezultata sukladno Pravilniku o metodologiji za praćenje stanja poljoprivrednog zemljišta („Narodne novine“ broj 47/19). Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu, u sklopu koje djeluje Centar za tlo koji ima status referentnog laboratorija za ispitivanje plodnosti tla i osim što odrađuje analize za sve propisane parametre, ima zadaću kontrole metoda na terenu i u laboratorijima [44].

5. ZAKLJUČAK

Tlo je biološki aktivan površinski sloj litosfere, koji se sastoji se od čvrstog, tekućeg i plinovitog dijela. Nastaje trošenjem stijena do kojeg dolazi zbog utjecaja čimbenika kao što su kiša, vjetar ili valovi. Uzorkovanje tla je postupak uzimanja uzorka za daljnje analize s ciljem dobivanja važnih informacija o tlu. Metodologija uzorkovanja tla izrazito je važna i potrebno ju je poštivati. Proces uzorkovanja potrebno je pravilno izvesti jer se jedino na taj način može dobiti vjerodostojan reprezentativni uzorak koji predstavlja cijelo područje za koje je provedeno uzorkovanje. Reprezentativan uzorak dobiva se pravilnim uzorkovanjem i prikladnim alatom za uzorkovanje, a alat koji se najčešće koristi su štihalice i sonde. Pravilno uzimanje uzorka doprinosi kvaliteti rezultata daljnjih analiza na temelju kojih se utvrđuju procesi pravilnog tretiranja tla. S obzirom da se tlo najčešće ne tretira u periodu od lipnja do listopada, u tom se periodu preporučena provesti postupak uzorkovanja jer tada uzorci tla nisu zasićeni gnojivima. Tijekom postupka uzorkovanja važno je obratiti pažnju na dubinu uzimanja uzoraka, način uzimanja i skladištenje uzoraka.

Postupak uzorkovanja tla propisan je zakonom, jer ukoliko se uzorkovanje ne provodi sukladno zakonskim procesima, rezultati analize mogu biti nepouzdana što ima za posljedicu pogrešno tretiranje i obradu tla, a u konačnici i slab prinos usjeva.

6. LITERATURA

- [1] Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. Dostupno na: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=61548> Datum pristupa: 3.6.2021.
- [2] Sastav tla i njegovo značenje za život na Zemlji. Dostupno na: <https://hr.izzi.digital/DOS/580/1963.html> Datum pristupa: 21.4.2021.
- [3] Zlatović, S. Klasifikacija tla i indeksni pokazatelji 2000. Dostupno na: <http://www.grad.hr/zlatovic/3.htm> Datum pristupa: 3.6.2021.
- [4] Čoga, L., Slunjski, S. Dijagnostika tla u ishrani bilja: priručnik za uzorkovanje i analitiku tla. 2018 Dostupno na: <https://repozitorij.agr.unizg.hr/islandora/object/agr%3A1213/datastream/FILE0/view> Datum pristupa: 21.4.2021.
- [5] Škarić, N., Tlo. Dostupno na: <https://slidetodoc.com/tlo-nikola-kari-mag-ing-agr-postanak-tla/> Datum pristupa: 9.6.2021.
- [6] Tlo crnica. Dostupno na: <https://www.rtl.hr/zivotistil/edukacija/3437333/znete-li-ukoje-vrste-tla-spada-tlo-crnica/> Datum pristupa: 13.5.2021.
- [7] Tlo crvenica. Dostupno na: <https://www.rtl.hr/zivotistil/vrt-i-sobno-bilje/3426693/zemlja-crvenica-karakteristicna-po-crvenoj-boji-i-pogodnostima-uzgoja/> Datum pristupa: 13.5.2021.
- [8] Slika crnice. Dostupno na: <https://cillianmurphy.ru/hr/udobreniya/prirodnosovershenstvo-chernoz-ma-chernozem-sostav-plyusy-otkuda-beretsya.html> Datum pristupa: 13.5.2021.
- [9] Slika crvenice. Dostupno na: <https://sites.google.com/site/republikahrvatskavt/primorska-hrvatska> Datum pristupa: 13.5.2021.
- [10] Pješčano tlo. Dostupno na: <https://www.rtl.hr/zivotistil/edukacija/3426679/pjescano-tlo-karakteristike-pjescanog-tla/> Datum pristupa: 13.5.2021.
- [11] Glineno tlo. Dostupno na: <https://www.rtl.hr/zivotistil/edukacija/3424609/glineno-tlo-je-li-glineno-tlo-pogodno-za-sadnju/> Datum pristupa: 13.5.2021.

- [12] Slika pješčanog tla. Dostupno na: <https://www.agroklub.com/agrogalerija/pjeskovito-tlo-u-madarskoj-3182/> Datum pristupa: 13.5.2021.
- [13] Slika glinenog tla. Dostupno na: <https://hr.construct-yourself.com/improvement/planting-of-greenery/what-does-the-fertility-of-the-soil-depends-on-how-to-carry-out-maintenance-of-the-ground-in-the-country.html> Datum pristupa: 13.5.2021.
- [14] a) Slika šljunka. Dostupno na: <https://eurobeton.hr/sljuncara/> Datum pristupa: 21.4.2021.
- b) Slika pijeska. Dostupno na: https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/6bcdf821-eae3-4a77-8766-9c5d66c6b05a/m_4/j_1.html Datum pristupa 21.4.2021.
- [15] Slika glineno tlo. Dostupno na: https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/6bcdf821-eae3-4a77-8766-9c5d66c6b05a/m_4/j_1.html Datum pristupa: 21.4.2021.
- [16] General Multilingual Environmental Thesaurus: Tekstura tla. Dostupno na: <https://www.eionet.europa.eu/gemet/hr/concept/7898> Datum pristupa: 3.6.2021.
- [17] General Multilingual Environmental Thesaurus: Struktura tla. Dostupno na: <https://www.eionet.europa.eu/gemet/hr/concept/7895> Datum pristupa: 3.6.2021.
- [18] Osnovne značajke tla. Dostupno na: <http://www.fazos.unios.hr/upload/documents/OBsK-07%20Osnovne%20znacajke%20tla.pdf> Datum pristupa: 21.4.2021.
- [19] Strelec, S., Štuhec, D. Geotehnički laboratorij i primjena u inženjerskoj praksi, interna skripta. Dostupno na: <file:///C:/Users/lizag/OneDrive/Dokumenti/Zavr%C5%A1ni-materijali/skripta%20labos%20bitno.pdf> Datum pristupa: 21.4.2021.
- [20] Lončarić, Z. Uzorkovanje tla i biljke za agrokemijske i pedološke analize. 2014 Dostupno na: <http://www.unios.hr/wp-content/uploads/2015/11/Uzorkovanje-tla-i-biljke-za-agrokemijske-i-pedoloske-analize.pdf> Datum pristupa: 21.4.2021.
- [21] Foster, S., Soil properties. Dostupno na: <https://extension.unr.edu/publication.aspx?PubID=2749> Datum pristupa: 13.5.2021.
- [22] Vrhunski vodič za ispitivanje pH. Dostupno na: <https://hannainst.hr/vrhunski-vodic-za-ispitivanje-ph-tla/> Datum pristupa: 13.5.2021.

- [23] Kovačić, V., Medicina o ravnoteži kiselina i lužina. Slika pH ljestvice.
- [24] Higijena tla. Dostupno na: <https://www.scribd.com/doc/190682628/praktikum-1>
Datum pristupa 7.6.2021.
- [25] Miklavčič, D. Uzorkovanje tla za kemijske i fizikalne analize. Dostupno na: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/pfos%3A2439/datastream/PDF/view> Datum pristupa: 13.5.2021.
- [26] Grubeša, D. Metode uzorkovanja tla i biljke. 2014 Dostupno na: <https://repozitorij.fazos.hr/islandora/object/pfos%3A229/datastream/PDF/view> Datum pristupa: 13.5.2021.
- [27] Slika slučajnog ili randomiziranog uzorkovanja. Dostupno na: <https://repozitorij.fazos.hr/islandora/object/pfos%3A229/datastream/PDF/view> Datum pristupa: 21.4.2021.
- [28] Slika nesustavnog statičkog uzorkovanja. Dostupno na: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/pfos%3A2439/datastream/PDF/view> Datum pristupa: 17.5.2021.
- [29] Slika sustavnog statičkog uzorkovanja. Dostupno na: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/pfos%3A2439/datastream/PDF/view> Datum pristupa: 21.4.2021.
- [30] Slika metode kontrolnog kružnog uzorkovanja. Dostupno na: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/pfos%3A2439/datastream/PDF/view> Datum pristupa: 21.4.2021.
- [31] Ministarstvo poljoprivrede. Presentacija uređaja za uzimanje uzoraka tla. 2013 <https://www.savjetodavna.hr/2013/09/27/prezentacija-uredaja-za-uzimanje-uzoraka-tla/>
Datum pristupa: 21.4.2021.
- [32] Slika uređaja N 2012 za strojno uzorkovanje. Dostupno na: 21.4.2021. <https://www.savjetodavna.hr/2013/09/27/prezentacija-uredaja-za-uzimanje-uzoraka-tla/> Datum pristupa: 21.4.2021.
- [33] Slika vrste svrdla za uzorkovanje tla. Dostupno na: https://sestar.irb.hr/instrumenti_show.php?ID=1358 Datum pristupa: 21.4.2021.
- [34] Slika sonde za uzorkovanje tla. Dostupno na: http://pinova.hr/hr_HR/baza-znanja/vocarstvo/agrotehnika-vocnjaka/analiza-tla Datum pristupa: 21.4.2021.

- [35] Slika štihače. Dostupno na: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/pfos%3A2439/datastream/PDF/view> Datum pristupa: 21.4.2021.
- [36] Slika metode četvrtanja. Dostupno na: <https://www.agroklub.com/poljoprivredne-vijesti/kako-i-kada-pravilno-uzeti-uzorak-za-analizu-tla/54300/> Datum pristupa: 21.4.2021.
- [37] Slika obrasca s podacima o tlu. Dostupno na: <https://www.hapih.hr/ct/obraci/> Datum pristupa: 21.4.2021.
- [38] Đurđević, B., Praktikum iz ishrane bilja. Dostupno na: <http://ishranabilja.com.hr/literatura/Praktikum%20iz%20ishrane%20bilja.pdf> Datum pristupa: 13.5.2021.
- [39] Slika sušionika. Dostupno na: <http://hr.lifescientz1989.com/incubator/vacuum-drying-oven.html> Datum pristupa: 21.4.2021.
- [40] Slika mlina za tlo. Dostupno na: http://www.euclid.hr/mlinovi_zemlja.html Datum pristupa: 21.4.2021.
- [41] Soil sampling. Dostupno na: <https://www.cropnutrition.com/nutrient-management/soil-sampling> Datum pristupa: 13.5.2021.
- [42] Slika nesustavnog statičko uzorkovanja na polju u obliku slova W. Dostupno na: <https://ra-agro.hr/analiza-tla-laboratorij-zapocinje-zaprimati-uzorke-na-analizu/> Datum pristupa: 21.4.2021.
- [43] Slika utiskivanja sonde u tlo i istiskivanje uzorka u vrećicu. Dostupno na: <https://docplayer.rs/139876936-Sveu%C4%8Dili%C5%A1te-u-zagrebu-geotehni%C4%8Dki-fakultet-patricia-mlinari%C4%87-identifikacija-one%C4%8Di%C5%A1%C4%87enja-u-povr%C5%A1inskim-slojevima-tla-i-utjecaj-na-zdravlje-ljudi-zavr%C5%A1n.html> Datum pristupa: 21.4.2021.
- [44] Ministarstvo poljoprivrede, Pravilnik o metodologiji za praćenje stanja poljoprivrednog zemljišta. Dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_04_43_800.html Datum pristupa: 14.5.2021.

Popis slika

Slika 1. Opći profil tla	3
Slika 2. Crnica	4
Slika 3. Crvenica	4
Slika 4. Pješčano tlo	4
Slika 5. Glineno tlo.....	4
Slika 6.a) Šljunak b) Pijesak.....	7
Slika 7. Glineno tlo.....	8
Slika 8. pH ljestvica.....	13
Slika 9. Slučajno ili randomizirano uzorkovanje	18
Slika 10. Nesustavno statičko uzorkovanje	19
Slika 11. Sustavno statičko uzorkovanje.....	19
Slika 12. Metoda kontrolnog kružnog uzorkovanja	20
Slika 13. Uređaj N 2012 za strojno uzorkovanje.....	21
Slika 14. Vrste svrdla za uzorkovanje	22
Slika 15. Cjevaste i žljebaste sonde za uzorkovanje tla	23
Slika 16. Štihača	23
Slika 17. Metoda „četvrtanja“	24
Slika 18. Obrazac s podacima o tlu	26
Slika 19. Sušionik.....	27
Slika 20. Mlin za tlo	27
Slika 21. Nesustavno statičko uzorkovanje polja u obliku slova „W“	28
Slika 22. Utiskivanje sonde u tlo i istiskivanje uzorka u vrećicu.....	29

Popis tablica

Tablica 1. Tablica klasifikacije granulometrijskog sastava. Dostupno na: http://www.fazos.unios.hr/upload/documents/OBsK-_07%20Osnovne%20znacajke%20tla.pdf Datum pristupa: 22.4.2021.

Tablica 2. Tablica doprinosa i ne doprinosa strukturi tla. Dostupno na: http://www.fazos.unios.hr/upload/documents/OBsK-_07%20Osnovne%20znacajke%20tla.pdf Datum pristupa: 22.4.2021.

Tablica 3. Tablica ukupnog sadržaja pora. Dostupno na: http://www.fazos.unios.hr/upload/documents/OBsK-_07%20Osnovne%20znacajke%20tla.pdf Datum pristupa: 22.4.2021.

Tablica 4. Tablica graničnih vrijednosti reakcije tla. Dostupno na: http://www.fazos.unios.hr/upload/documents/OBsK-_07%20Osnovne%20znacajke%20tla.pdf Datum pristupa: 22.4.2021.

Tablica 5. Tablica humuznosti tla. Dostupno na: http://www.fazos.unios.hr/upload/documents/OBsK-_07%20Osnovne%20znacajke%20tla.pdf Datum pristupa: 22.4.2021.

Tablica 6. Tablica dubina uzorkovanja. Dostupno na: http://www.fazos.unios.hr/upload/documents/OBsK-_07%20Osnovne%20znacajke%20tla.pdf Datum pristupa: 22.4.2021.