

VIŠENAMJENSKO
VREDNOVANJE
ZEMLJIŠTA
I RACIONALNO
KORIŠTENJE
PROSTORA

Matko Bogunović, Radica Ćorić



Matko Bogunović, Radica Ćorić
VIŠENAMJENSKO VREDNOVANJE ZEMLJIŠTA
I RACIONALNO KORIŠTENJE PROSTORA



Matko Bogunović, Radica Ćorić
VIŠENAMJENSKO VREDNOVANJE ZEMLJIŠTA
I RACIONALNO KORIŠTENJE PROSTORA

Nakladnik
Sveučilište u Mostaru

Za nakladnika
prof. dr. sc. Ljerka Ostojić, rektorica

Recenzenti
akademik Ferdo Bašić, prof. emeritus
prof. dr. sc. Hamid Čustović
akademik Jakov Pehar, prof. emeritus
prof. dr. sc. Željko Vidaček

Grafičko oblikovanje
Connect, Mostar

Izvršna urednica
Karmela Mabić, dipl. ing.

Tisak
Grafotisak, Grude

Naklada
500 kom.

Tisak dovršen u listopadu 2014.
Objavljivanje ovog udžbenika odobrio je Senat Sveučilišta u Mostaru
Odlukom broj 01-1766/14 od 22. rujna 2014.

CIP - Katalogizacija u publikaciji
Nacionalna i univerzitetska biblioteka
Bosne i Hercegovine, Sarajevo
631.4(075.8)

BOGUNOVIĆ, Matko
Višenamjensko vrednovanje zemljišta i
racionalno korištenje prostora / Matko Bogunović,
Radica Ćorić. - Mostar : Sveučilište, 2014. - 271
str. : ilustr. ; 24 cm

O autorima: str. 262-263. - Bibliografija: str.
251-261

ISBN 978-9958-16-029-5
1. Ćorić, Radica
COBISS.BH-ID 21692422

Matko Bogunović, Radica Ćorić

VIŠENAMJENSKO VREDNOVANJE ZEMLJIŠTA
I RACIONALNO KORIŠTENJE PROSTORA

Mostar, 2014.

RIJEČ AUTORA

Na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu te Agronomskom i prehrambeno-tehnološkom fakultetu Sveučilišta u Mostaru bolonjski proces, kao put prema zajedničkom europskom visokoobrazovnom prostoru, otvorio je mogućnost uvođenja „praktičnih modula“ koji studentima trebaju pružiti dostatna znanja i vještine za svakodnevnu praktičnu primjenu znanja iz tloznanstva. Jedan od takvih, praktičnih modula je i modul Vrednovanje zemljišta i racionalno korištenje prostora koji je, u trajanju 30 h (3 ECTS), uveden na diplomskom studiju oba Sveučilišta. Modul je strukturiran tako da i stručnjacima drugih profila i usmjerenja pruži dostatna znanja za bolje razumijevanje procjene proizvodnog potencijala tla, ali i vrednovanja zemljišta za različite neproizvodne namjene.

Pedologija je prirodna znanost koja proučava postanak, razvoj, rasprostranjenost, osobine i sistematiku tala. Predmet proučavanja poveznica je s drugim prirodnim znanostima te su spoznaje iz pedologije utkane u mnoge druge prirodne znanosti kojima je poznavanje tla značajno za utvrđivanje i rješavanje brojnih pitanja koja se odnose na tlo (poljoprivreda, šumarstvo, zaštita okoliša, geologija, geografija, geodezija, građevinarstvo, biologija, turizam, zdravstvo, ekonomske i pravne znanosti, kriminalistika i dr.). Pedologija, dakle tlo odnosno zemljište, ima vrlo širok značaj i primjenu, pa je višenamjensko vrednovanje od posebnog interesa za sve struke kojima je tlo i/ili zemljište predmet korištenja, rada, uređenja i zaštite.

Temeljem gradiva obrađenog u ovom udžbeniku, magistri agronomije mogu upravljati i gospodariti zemljištem, organizirati, kreirati i usmjeravati poljoprivrednu proizvodnju, selekcionirati i određivati optimalne gospodarske programe i sustave uzgoja bilja (u poljoprivredi i šumarstvu). Udžbenik je zanimljiv i sa stajališta racionalnog korištenja zemljišta i cjelovitog prostora u okviru građevinarstva, prostornog planiranja i uređenja te zaštite zemljišta od nenamjenskog korištenja, dakle svim korisnicima kojima je tlo odnosno zemljište predmet proučavanja i korištenja za različite potrebe, a te potrebe proistječu iz različite uloge tla u prostoru.

Snimanje i sistematizacija vrijednosti zemljišta temelje se na vrijednostima tla, klime, reljefa, geologije i sadašnjeg načina korištenja. Svi ti parametri razdijeljeni su u razrede (klase) vrednovanja, a konačna vrijednost zemljišta određena je razinom limitirajućeg čimbenika. Za agronome u udžbeniku zasigurno ima dosta ponavljanja iz područja pedologije. Cilj nam je da kolege agronomi određena znanja iz tloznanstva repeticijom osveže i obnove, a da se kolege drugih struka s tlom upoznaju, te svrsishodno povežu znanja kako bi ih prikladno primjenjivali i tumačili (interpretirali) budući da je tloznanstvo temelj tih vještina. Za interpretaciju vrijednosti zemljišta u određenom prostoru treba obučiti kadrove koji mogu odgovoriti zahtjevu namjensko pedološke interpretacije prostora (zemljišta).

Kroz dana poglavlja: Uvod; Uloga tla kao prirodnog resursa; Vrste ograničenja i kriterija za razvrstavanje zemljišta; Tipovi tala kao predmet vrednovanja, te u okviru Višenamjenskog vrednovanja zemljišta; Vrednovanje zemljišta po upotrebnoj vrijednosti; Vrednovanje zemljišta za obradu (ratarske kulture); Vrednovanje zemljišta za hidromelioracije; Vrednovanje tla za potrebe agromelioracija; Vrednovanje tala prema riziku erozije tla vodom; Vrednovanje zemljišta za kampove, uža rekreacijska područja, staze i športske terene; te Racionalno korištenje prostora (zemljišta) s naznačenim metodama određivanja boniteta zemljišta i prostornih kategorija, ovaj udžbenik objašnjava na koji način korisnici tla odnosno zemljišta i izvođači-magistri struke mogu doći do najboljih rješenja kako bi danas-sutra mogli gospodariti zemljištem u svim vidovima i načinima korištenja.

Studenti do sada nisu imali na raspolaganju ovo gradivo u pisanom obliku. Prikupljenim iskustvima u vrednovanju zemljišta za razne svrhe koje proistječu iz različitih uloga tla, te njihovom kritičkom raščlambom, ovaj udžbenik predstavlja obujam gradiva koje će se kroz razvijanje predmetnog modula stalno dopunjavati. U tom smislu, svaku dobronamjernu opasku, osvrt i kritiku od strane studenata, kolega inženjera i drugih korisnika kojima je tlo odnosno zemljište predmet rada, sa zadovoljstvom ćemo prihvatiti i pažljivo razmotriti, kako bi se udžbenik obogatio do potpunijeg izdanja.

Znanja do kojih smo došli rezultat su našeg dugogodišnjeg rada u pedologiji, kako na izradi općih pedoloških karata tako i namjenskih (tehničkih) karata za razne svrhe koje smo izrađivali za potrebe općinskih, županijskih, federalnih i republičkih tijela uprave, ali isto tako i nositelja vlasništva nad zemljištem u agrarnim privatnim i dioničkim društvima kojima je zemljište zakonski povjereno na čuvanje i korištenje.

Našim studentima, slušateljima modula Vrednovanje zemljišta i racionalno korištenje prostora, zbog kojih je udžbenik pisan i kojima je prvenstveno namijenjen, želimo poručiti da redovita predavanja, seminari, vježbe i konzultacije tijekom studija i nadalje ostaju nezamjenjiv izvor znanja i razumijevanja kompleksnog pitanja vrednovanja zemljišta i njegovog racionalnog korištenja. Iskreno se nadamo kako će ovaj udžbenik pridonijeti podizanju razine svijesti o značaju tla, odnosno zemljišta i njegovog namjenskog korištenja u poljoprivredi, šumarstvu, građevinarstvu, prostornom planiranju i sl., te svim vidovima njegove zaštite.

Na koncu, ovog udžbenika ne bi niti bilo da tijekom njegovog nastajanja nismo imali punu i bezrezervnu potporu svojih obitelji, prijatelja i kolega sa oba Sveučilišta te svih onih koji su na bilo koji način pomogli da ovaj udžbenik ugleda svjetlo dana. Svima od srca veliko HVALA.

Autori

Zagreb - Mostar, svibnja 2014.

Kazalo

RIJEČ AUTORA	4
1. UVOD	11
2. ULOGA TLA KAO PRIRODNOG RESURSA	15
2.1. ULOGA TLA S BIOLOŠKOG STAJALIŠTA	16
2.2. OSTALE ULOGE TLA	16
3. VRSTE OGRANIČENJA I KRITERIJI ZA RAZVRSTAVANJE ZEMLJIŠTA	19
3.1. OGRANIČENJA U PROSTORU (ZEMLJIŠTU)	19
3.1.1. Reljefne značajke kao predispozicija pojedinih obilježja zemljišta	20
3.1.2. Matični supstrat kao ishodište stjenovitosti i skeletnosti	22
3.1.2.1. Supstrati eolskog podrijetla - prapor ili les	22
3.1.2.2. Supstrati aluvijalnog podrijetla	24
3.1.2.3. Deluvijalno podrijetlo	25
3.1.2.4. Laporasto i flišno podrijetlo	26
3.1.2.5. Litogeno podrijetlo	26
3.1.2.5.1. Magmatske stijene litogenog podrijetla	27
3.1.2.5.2. Sedimentne stijene litogenog podrijetla	28
3.1.2.5.3. Metamorfne stijene litogenog podrijetla	29
3.1.2.6. Stjenovitost i skeletnost prostora (zemljišta)	29
3.1.3. Klima kao čimbenik procjene	31
3.1.4. Voda kao kriterij vrednovanja zemljišta	31
3.1.5. Prirodna dreniranost kao čimbenik vrednovanja zemljišta	32
3.2. OGRANIČAVAJUĆA OBILJEŽJA TLA	32
3.2.1. Dubina tla kao kriterij vrednovanja tla	33
3.2.2. Reakcija tla (pH) kao kriterij vrednovanja tla	34
3.2.3. Tekstura tla (mehanički sastav) kao čimbenik višenamjenskog vrednovanja tla	35
3.2.4. Struktura kao kriterij za vrednovanje tla	38
3.2.5. Osjetljivost tla na onečišćenje	40
4. TIPOVI TALA KAO PREDMET VREDNOVANJA	43
4.1. KLASIFIKACIJA TALA	43
4.1.1. Automorfna tla	44
4.1.1.1. Nerazvijena tla	44
4.1.1.1.1. Kamenjar ili Litosol	44
4.1.1.1.2. Sirozem na rastresitom supstratu (Regosol)	46
4.1.1.1.3. Arenosol (Pokretni pijesci)	48
4.1.1.1.4. Koluvijalna tla ili Koluvij	49
4.1.1.2. Humusno akumulativna tla	51
4.1.1.2.1. Vapnenačko dolomitna crnica ili Kalkomelanosol	52
4.1.1.2.2. Rendzina	53
4.1.1.2.3. Ranker ili Humusno silikatno tlo	55
4.1.1.2.4. Černoziem	57
4.1.1.2.5. Smolnica ili Vertisol	59

4.1.1.3. Kambična tla	62
4.1.1.3.1. Smeđe karbonatno tlo	62
4.1.1.3.2. Eutrično smeđe tlo ili Eutrični kambisol	65
4.1.1.3.3. Distrično smeđe tlo ili kiselo smeđe (Distrični kambisol)	68
4.1.1.3.4. Crvenica ili Terra rossa	72
4.1.1.3.5. Smeđe na vapnencu i dolomitu ili kalkokambisol	77
4.1.1.4. Eluvijalno-iluvijalna tla	81
4.1.1.4.1. Lesivirano tlo (Luvisol)	82
4.1.1.4.2. Smeđe podzolasto tlo ili Brunipodzol	88
4.1.1.4.3. Podzol	90
4.1.1.5. Antropogena tla	93
4.1.1.5.1. Rigolano tlo ili Rigosol	94
4.1.1.5.2. Vrtno tlo ili Hortisol	96
4.1.1.6. Tehnogeno tla ili tehnosoli	97
4.1.1.6.1. Tla deponija ili Deposol	98
4.1.1.6.2. Flotacijski materijali ili Flotisol	99
4.1.2. Hidromorfna tla	100
4.1.2.1. Nerazvijena hidromorfna tla	103
4.1.2.1.1. Fluvijalno ili aluvijalno tlo (Fluvisol)	104
4.1.2.2. Humofluvijalna tla	110
4.1.2.2.1. Humofluvisol	110
4.1.2.3. Semiglejna tla	113
4.1.2.3.1. Močvarno oglejeno tlo	114
4.1.2.4. Hipoglejna tla	116
4.1.2.4.1. Močvarno hipoglejno tlo	116
4.1.2.4.2. Ritska crnica ili Humoglej	119
4.1.2.5. Amfiglejna tla	122
4.1.2.5.1. Močvarno amfiglejno tlo (Amfiglej)	122
4.1.2.5.2. Pseudoglej-glej	126
4.1.2.6. Epiglejizirana tla	128
4.1.2.6.1. Pseudoglej	128
4.1.2.6.2. Stagnoglej (Epiglej)	134
4.1.2.7. Tresetna tla (Histosoli)	136
4.1.2.7.1. Niski treset	137
4.1.2.7.2. Izdignuti (visoki mahovinski) treset	139
4.1.2.7.3. Prijelazni treset	139
4.1.2.8. Antropogena hidromorfna tla	139
4.1.2.8.1. Hidromeliorirano tlo	140
4.1.2.8.2. Rigolano tresetno hidromeliorirano tlo	142
4.1.2.8.3. Tlo rižišta	142
4.1.3. Halomorfna tla	143
4.1.3.1. Akutno zaslanjena tla	144
4.1.3.1.1. Solončak	144
4.1.3.2. Alkalizirana tla	147
4.1.3.2.1. Solonec	147
4.1.3.3. Eluvijalno iluvijalna alkalizirana tla (osolodena tla)	150
4.1.3.3.1. Solod	150

4.1.4. Subakvalna ili subhidrična tla.....	152	5.6.2. Vrednovanje zemljišta za uže rekreacijske zone	207
4.1.4.1. Nerazvijena subakvalna tla.....	153	5.6.2.1. Značajke zemljišta	207
4.1.4.1.1. <i>Protopedon</i>	153	5.6.2.2. Značajke lokaliteta	208
4.1.4.2. Subakvalna humusno akumulativna tla	154	5.6.2.3. Kategorije zemljišta za užu rekreativnu zonu.....	208
4.1.4.2.1. <i>Gyttja (Gijta)</i>	154	5.6.3. Vrednovanje zona zemljišta za staze.....	209
4.1.4.2.2. <i>Dy (Daj)</i>	154	5.6.3.1. Značajke zemljišta	209
4.1.4.2.3. <i>Sapropel</i>	154	5.6.3.2. Značajke lokaliteta	210
5. VIŠENAMJENSKO VREDNOVANJE ZEMLJIŠTA.....	157	5.6.3.3. Kategorije zemljišta za staze	210
5.1. VREDNOVANJE ZEMLJIŠTA PO UPOTREBNOJ VRIJEDNOSTI	158	5.6.4. Vrednovanje zemljišta za golf igrališta	211
5.1.1. Definicije razreda zemljišta po upotrebnoj vrijednosti.....	159	5.6.4.1. Kriteriji za procjenu terena za golf igralište.....	212
5.1.2. Definicija podrazreda, jedinica i druge oznake zemljišta	162	5.6.5. Vrednovanje zemljišta za nogometno igralište	214
5.1.3. Prikaz vrednovanja po upotrebnoj vrijednosti zemljišta	164	5.6.5.1. Značajke prostora za nogometno igralište.....	214
5.2. VREDNOVANJE ZEMLJIŠTA ZA OBRADU (RATARSKE KULTURE).....	166	5.6.5.2. Preporuke izvedbe	215
5.2.1. Metoda procjene zemljišta	166	6. RACIONALNO KORIŠTENJE PROSTORA (ZEMLJIŠTA).....	219
5.2.2. Temeljne kategorije kriterija za vrednovanje zemljišta.....	167	6.1. METODA ODREĐIVANJA BONITETA ZEMLJIŠTA I PROSTORNIH KATEGORIJA	220
5.2.3. Primjer vrednovanja zemljišta po FAO metodi	170	6.1.1. Bonitet tla	221
5.3. VREDNOVANJE ZEMLJIŠTA ZA HIDROMELIORACIJE	179	6.1.2. Bonitet klime.....	223
5.3.1. Značaj osobina jedinica hidromorfih tala	180	6.1.3. Bonitet reljefa	225
5.3.2. Potrebe melioracija prema načinu vlaženja	181	6.1.4. Ostali prirodni uvjeti (korekcijski čimbenici)	226
5.3.3. Hidraulička provodljivost tla za vodu kao čimbenik melioracija.....	182	6.1.5. Određivanje prostornih kategorija zemljišta	228
5.3.4. Značaj položaja podine i pištavaca.....	182	6.2. PRIMJER VREDNOVANJA ZEMLJIŠTA ZA URBANE SVRHE.....	229
5.4. VREDNOVANJE TLA ZA POTREBE AGROMELIORACIJA.....	183	6.2.1. Bonitetno vrednovanje zemljišta.....	229
5.4.1. Fizikalno-mehanički zahvati u tlo.....	183	6.2.2. Prostorne kategorije zemljišta.....	230
5.4.1.1. Određivanje potrebe za vertikalno dubinsko rahljenje.....	183	6.3. RACIONALNO KORIŠTENJE I ZAŠTITA ZEMLJIŠTA.....	232
5.4.1.2. Ocjena potrebe korekcije mehaničkog sastava.....	185	6.3.1. Prostorno planiranje i korištenje zemljišta	233
5.4.2. Kemijski zahvati u tlo.....	185	6.3.2. Pitanja oštećenja zemljišta i njihova zaštita	234
5.5. VREDNOVANJE TALA PREMA RIZIKU EROZIJE TLA VODOM.....	186	7. SAŽETAK	239
5.5.1. Metodika istraživanja erozije prema CORINE programu.....	187	VIŠENAMJENSKO VREDNOVANJE ZEMLJIŠTA I RACIONALNO KORIŠTENJE PROSTORA	239
5.5.2. Kriteriji vrednovanja elemenata.....	188	Poglavlje 1 – UVOD	239
5.5.3. Primjer izrade karte potencijalnog i stvarnog rizika od erozije tla vodom.....	192	Poglavlje 2 – ULOGA TLA KAO PRIRODNOG RESURSA	240
5.5.3.1. Određivanje sloja s razredima erodibilnosti tla.....	192	Poglavlje 3 – VRSTE OGRANIČENJA I KRITERIJI ZA RAZVRSTAVANJE ZEMLJIŠTA.....	240
5.5.3.1.1. <i>Izdvajanje razreda teksture tla</i>	192	Poglavlje 4 – TIPOVI TALA KAO PREDMET VREDNOVANJA.....	242
5.5.3.1.2. <i>Izdvajanje razreda dubine tla</i>	194	Poglavlje 5 – VIŠENAMJENSKO VREDNOVANJE ZEMLJIŠTA.....	243
5.5.3.1.3. <i>Izdvajanje razreda kamenitosti tla</i>	194	Poglavlje 6 – RACIONALNO KORIŠTENJE PROSTORA (ZEMLJIŠTA)	244
5.5.3.1.4. <i>Izdvajanje razreda erodibilnosti tla</i>	195	ABSTRACT	245
5.5.3.2. Izrada sloja erozivnosti oborina.....	196	MULTI-PURPOSE SOIL EVALUATION AND RATIONAL SPACE USE	245
5.5.3.2.1. <i>Izdvajanje razreda varijabilnosti oborina</i>	196	Chapter 1 – INTRODUCTION.....	245
5.5.3.2.2. <i>Izrada karte erozivnosti oborina</i>	197	Chapter 2 – ROLE OF SOIL AS A NATURAL RESOURCE.....	246
5.5.3.2.3. <i>Izrada sloja nagiba terena</i>	198	Chapter 3 - TYPES OF LIMITATIONS AND CRITERIA FOR LAND CLASSIFICATION.....	246
5.5.3.2.4. <i>Izrada sloja vegetacijskog pokrova</i>	199	Chapter 4 – SOIL TYPES AS SUBJECT OF VALIDATION	248
5.5.3.3. Izrada karte potencijalnog rizika od erozije tla vodom.....	201	Chapter 5 – MULTI-PURPOSE SOIL VALUATION	249
5.5.3.4. Izrada karte stvarnog rizika od erozije tla vodom.....	201	Chapter 6 – RATIONAL USE OF SPACE (LAND).....	250
5.6. VREDNOVANJE ZEMLJIŠTA ZA KAMPOVE, UŽA REKREACIJSKA PODRUČJA, STAZE I ŠPORTSKE TERENE	203	8. LITERATURA	251
5.6.1. Vrednovanje zemljišta za smještaj šatora i kamp prikolica.....	204	BILJEŠKA O AUTORIMA.....	262
5.6.1.1. Značajke tla.....	204	ZAHVALA SPONZORIMA I DONATORIMA.....	264
5.6.1.2. Značajke lokaliteta	205		
5.6.1.3. Kategorije zemljišta za kampove i izletišta.....	206		



UVOD

1

Tlo je temeljni prirodni resurs i neumnoživo dobro svakog čovjeka, naroda i države. Ono je temelj življenja i obitavanja. Tlo je najznačajniji edafsko krajobrazni i poljoprivredni čimbenik prirode kojeg treba racionalno koristiti i njime gospodariti, posebno za potrebe poljoprivrede, šumarstva, prostornog planiranja i uređenja, graditeljstva, podizanja parkova, igrališta, prometnica, aerodroma, luka i sl. Uređenje i zaštita tla od erozije i onečišćenja, te sveukupno racionalno korištenje i sveukupno gospodarenje tlom odnosno zemljištem, temelj su socijalno-gospodarske stabilnosti i pokazatelj razine razvijenosti svakog naroda i države.

Iako se pojmovi tlo i zemljište u svakodnevnom životu često koriste kao sinonimi, u hrvatskom jeziku, a napose u poljoprivrednoj struci to su dva sasvim odvojena pojma. Smatramo kako je odmah na početku nužno pojasniti te pojmove, kako studenti i budući stručnjaci ne bi „upali u zamku“ svakodnevnog govora.

Tlo (eng. *soil*) prirodna je tvorevina ili rastresiti dio Zemljine kore nastao pod utjecajem pedogenetskih čimbenika i procesa pedogeneze. Kao takvo, tlo ima sposobnost biljci pružiti potrebne količine edafskih čimbenika kao što su hranjiva, voda, zrak i posredno toplina, a služi i kao medij za ukorjenjivanje.

Zemljište (eng. *land*) je u hrvatskom jeziku širi pojam od tla i uvijek uključuje pojam površine (dunum, hektar, jutro, ral). Kao predmet procjene, zemljište obuhvaća fizikalni prostor - površinu i sve njegove „nadzemne“ i „podzemne“ sastavnice, dakle pedosferu (tlo), geologiju (matični supstrat i hidrogeološke uvjete), atmosferu (klimu), hidrosferu (površinske i/ili podzemne vode), vegetaciju (prirodne i antropogene biljne zajednice), te rezultate prošle i sadašnje aktivnosti čovjeka (hidromelioracije, terasiranje, duboka obrada, kemizacija i dr.), dakako sve u obujmu njihova utjecaja na pogodnosti i mogućnosti namjenskog korištenja. Pojednostavljeno rečeno, tlo se ore, kopa, uzorkuje i analizira u laboratoriju, a na zemljište kao parcelu i geografsku veličinu plaća se porez.

U ovom udžbeniku koristi se i pojam prostor koji se odnosi na sve ostale površine izvan tla odnosno zemljišta u smislu krajobraza.

Studentima agronomije, bilinogojstva i agroekološkog usmjerenja, udžbenik *Višenamjensko vrednovanje zemljišta i racionalno korištenje prostora* treba pomoći pri upoznavanju vrijednosti zemljišta sa stajališta pogodnosti zemljišta za korištenje u različitim granama poljoprivredne proizvodnje (voćarstvo, vinogradarstvo, ratarstvo, povrćarstvo, ribarstvo i travnjaštvo (stočarstvo), ali i za njegovo vrednovanje za potrebe hidromelioracija, agromelioracija, zaštite i sl. U okviru ovog udžbenika prikazano je i vrednovanje zemljišta sa stajališta drugih korisnika, kao što su prostorni planeri, te korištenje zemljišta za razne vrste urbanizacije, izgradnje športskih objekata, luka, aerodroma, autocesta i sl.

Naime, *višenamjensko vrednovanje zemljišta proces je procjene kvalitete i vrijednosti tla odnosno zemljišta u službi planiranja i gospodarenja, a predstavlja temeljnu podlogu za razvoj i racionalno korištenje prostora općenito*. Temeljno polazište je optimalno korištenje zemljišta odnosno prostora što znači kako zemljište pogodno za uzgoj vinove loze može, ali i ne mora, biti pogodno za ratarstvo, ili prostor koji je nepogodan za bilo kakvu poljoprivrednu ili šumarsku proizvodnju može biti pogodan za graditeljstvo ili neku drugu namjenu.

Višenamjensko vrednovanje zemljišta proistječe iz svih uloga koje tlo ima u čovjekovoj sredini, te su iz tog razloga u udžbeniku najprije opisane glavne uloge tla. Potom su obrađene sve vrste ograničenja, kako vanjskih (ektomorfoloških) koji definiraju kvantitativne i kvalitativne značajke prostora, tako i samih osobina tala (endomorfoloških) koje određuju veću ili manju vrijednost svakog tipa tla ili njegove niže jedinice s točno definiranom optimalnom ulogom u prostoru.

Slijedom toga, kroz tipove tala definirana je prirodna proizvodna sposobnost tla koja je rezultanta sprege pedogenetskih čimbenika i njegovih varijabilnosti u različitim uvjetima pedogeneze. To je svojevrsni repetitorij opisa tipova tala, a temelj je za procjenu sadašnje i potencijalne vrijednosti svakoga tipa tla. Slijedi vrednovanje zemljišta s različitih stajališta i potreba. Prvo je predstavljeno vrednovanje zemljišta prema staroj američkoj klasifikaciji upotrebne vrijednosti, a potom prema FAO¹ namjenskoj klasifikaciji pogodnosti zemljišta na općoj razini gospodarenja, odnosno pogodnosti za obradu, prvenstveno u ratarskom tipu korištenja, a iz tog se modela mogu postavljati kriteriji i za druge načine korištenja zemljišta u poljoprivredi.

Vrijednost zemljišta određena je ograničenjima u prostoru, dakle zemljištu ili u osobinama tla. Broj kategorija kriterija promjenljiv je i specifičan. Kriterij koji vrijedi za jednu vrstu vrednovanja ne mora biti korišten u drugoj vrsti vrednovanja zemljišta ili može biti drugačije poredan. Na primjer, južni nagnuti tereni u kontinentalnom dijelu za vinogradarsko se vrednovanje budu bolje nego sjeverni.

Porast brojnosti ljudske populacije te slijedom toga i potrebe za povećanom proizvodnjom hrane biti će i dalje aktualne. Zato će se iskazivati stalne potrebe za osvajanjem novih površina, bilo da su to močvarna područja pod šumom, livadama ili pašnjacima, pri čemu se zemljište mora vrednovati i sa stajališta potrebe za melioracijama. Naravno, u udžbeniku se navode globalni parametri koji tom tlu određuju potencijalne vrijednosti i putove za melioracije.

Također, vrednovanje zemljišta može se izvršiti na postojećim poljoprivrednim zemljištima, gdje poljoprivredna proizvodnja nije primjerena potencijalima koji bi se mjerama popravke mogli poboljšati. Pri tome do izražaja dolaze prvenstveno agrotehničke mjere, koje su često u funkciji poboljšanja izvršene odvodnje, ali i u regulaciji biljno-hranidbenog sustava.

U zaštiti tala značajno je vrednovanje s obzirom na intenzitete erozije, pa će i to biti jedna od okosnica snimanja potencijalne i stvarne erozije na globalnoj razini. Vrednovanje tala prema eroziji ima za cilj zaštitu tala i saniranje otvorenih erozijskih procesa, posebno na prostoru fliša, prapora i drugih erodibilnih nanosa u brdsko-gorskom i planinskom području.

Posebni kriteriji postavljeni su za vrednovanje zemljišta za prostorno uređenje i planiranje. Pri tome se primjenjuju metode s kriterijima koji najviše štite tla od neracionalnog korištenja, s tim da se neracionalnim korištenjem smatra sve ono što nije u službi proizvodnje hrane, dakle njegove primarne namjene. Specijalni parametri za vrednovanje zemljišta primjenjuju se kod izgradnje značajnih športskih terena kao što su nogometna igrališta, golf tereni i drugi športsko-rekreacijski objekti, kampovi, izletničke staze i sl.

¹ Food and Agriculture Organization of the United Nations, u prijevodu Organizacija za prehranu i poljoprivredu Ujedinjenih naroda.



ULOGA TLA KAO PRIRODNOG RESURSA

2

Promatrajući tlo sa stajališta dugotrajnosti procesa postanka, neki ga autori svrstavaju u neobnovljive prirodne resurse. Međutim, tlo nije apsolutno neobnovljivo nego je njegova geneza (postanak) toliko spor proces da ono ne može biti obnovljeno u istoj generaciji u kojoj je oštećeno ili uništeno, ali se može smatrati uvjetno obnovljivim. Imajući u vidu kako svako tlo, neprimjerenim gospodarenjem, u vrlo kratkom roku može biti onečišćeno, premješteno ili uništeno, velika je odgovornost na današnjoj generaciji korisnika tla budući da na tlu i od tla živimo danas, a živjet će i generacije koje će doći poslije nas.

Tlo je složen polidisperzni sustav, koji se sastoji od krute, tekuće i plinovite komponente, odnosno organskih i anorganskih tvari. Uloga tla u prirodnim ekosustavima i agroekosustavima nije jednostavna. Naprotiv, ona je višeznačna, višestruka i višenamjenska.

Međunarodna konferencija u organizaciji FAO i Vlade Nizozemske, održana u Maastrichtu (1999) pod nazivom „Višenamjensko obilježje poljoprivrede i tla – VOPT“¹, definirala je tlo kao prirodni resurs s višestrukim ulogama i namjenama čime je uvela radikalnu promjenu u dotadašnju praksu primjene dotad neupitnih kriterija vrednovanja uspješnosti poljoprivrede i ocjene opravdanosti svakog zahvata isključivo prema visini i kakvoći ostvarenih prinosa. Nasuprot tome, a pod pritiskom upozoravajućih podataka o stanju okoliša i efektima gospodarenja u agrosferi, pozornost se usmjerava na „non-food“ uloge tla osobito ekološko-regulacijske točnije ulogu tla kao prijemnika, akumulatora i transformatora različitih polutanata u tlu.

Neke uloge tla odnosno zemljišta teško su odvojive jedna od druge, a tome nasuprot, neke se međusobno potpuno isključuju (Bašić, 2000). Ilustrativan je primjer zaštita vrijednih izvora podzemne pitke vode pri čemu je sposobnost tla da zaštiti vodu od onečišćenja po značaju jednako bitna kao i njegova proizvodna uloga. S druge strane, iako ne trajno, međusobno se isključuje korištenje zemljišta u poljoprivredi i za zračnu luku. Dosljedno gledano riječ je o reverzibilnoj promjeni; zemljište zračne luke može se transformirati u poljoprivrednu površinu.

¹ Eng. Multifunctional Character of Agriculture and Land – MFCAL

2.1. ULOGA TLA S BIOLOŠKOG STAJALIŠTA

Neupitno najznačajnija, nezamjenjiva i primarna uloga tla je *opskrba biljke vodom, hranjivima, zrakom, posredno i toplinom*, na temelju čega biljke procesom fotosinteze proizvode organsku tvar kao sirovinu za krmu, odjeću, obuću, obnovljivu energiju, drvo i dr. Pri tome je temeljno načelo svake države pitanje samodostatnosti jednog od nabrojanih čimbenika, što znači kako bi svaka država trebala proizvoditi minimalno onoliko koliko joj je potrebno za samoodržanje. Slijedom ovakve uloge tlo nam uvijek iznova – obnovljivo, pruža prehrambenu sigurnost (eng. *food security*) odnosno opskrbu zdravstveno ispravnom hranom (eng. *food safety*) (95% hrane potječe iz tla - kruh, meso, mlijeko, jaja, gljive), ali i pićem i napitcima (vino, pivo, sokovi), održivom energijom (ogrjev, biodizel i bioetanol kao pogonska goriva), vlaknom, lijekovima i začинима, sirovinama za industriju ali i različitim tvarima za „užitke“ poput duhana i alkohola.

Druga značajna uloga tla u prirodi jeste činjenica da je tlo *temelj biološke raznolikosti* (eng. *biodiversity*). S tog stajališta, tlo je stanište i genski rezervat brojnih mikro i makroorganizama, odnosno pedoflore i pedofaune, a pod utjecajem organizama ciklusi nekih elemenata etapno se uključuju u kruženje tvari u prirodi. Djelovanje je uzajamno pa se, isto tako, postanak i razvoj tla odvija pod izravnim ili neizravnim utjecajem biosfere.

2.2. OSTALE ULOGE TLA

Ekološko regulacijska uloga tla središnja je karika u lancu biotransformacije organskog ugljika. Ona utječe na sadržaj i ukupnu količinu CO₂ i drugih plinova. Tlo je sakupljač, izmjenjivač i medij prijenosa različitih tvari, posebno izmjene između litosfere, hidrosfere i atmosfere. U toj ulozi neizostavna je funkcija tla kao *filtra, potom akumulatora i pufera za štetne i ne štetne tvari iz okoliša*. Naprijed nabrojane značajke tla imaju i svoj maksimalni kapacitet, što znači da su samo do izvjesnog stupnja u stanju suprotstavljati se negativnim utjecajima. Kada taj kapacitet bude iscrpljen, tlo će prestati biti povoljno stanište za razvoj kulturnog bilja i neće biti nimalo lako vratiti ga u prvobitno stanje. Neusporedivo je lakše pročistiti vodu ili zrak.

Uloga tla kao prostorne osnove značajna je za graditeljstvo, prostorno planiranje i uređenje. Na njemu se razmještaju tehnička, industrijska i gospodarska infrastruktura, posebno stambeni prostori, industrijske hale, športski objekti, rekreacijske zone, odlagališta otpada i sl. Neminovnost je širenje gradova i naselja na račun poljoprivrednih površina, kao i nestajanje poljoprivrednih površina modernizacijom putova, izgradnjom autocesta i sl. Zato je potrebno voditi mnogo više računa o štednji najboljih oraničnih površina kojih je znatno manje nego što to statistike pokazuju.

U današnje je vrijeme posebno značajna *krajobrazna uloga tla*. Tlo odnosno zemljište sudjeluje u krajobraznoj arhitekturi, posebno u strukturi prirodnog, odnosno antropogenog načina korištenja prostora. Na kršu i u brdsko-planinskom području čovjek je obično razvrstao prostor - za poljoprivredu je iskoristio duboka i plodna tla s manjom nagnutošću, a plitka, strma i stjenovita tla ostavio je prirodnoj biljnoj asocijaciji. Ta panaširanost (šarolikost) po načinu korištenja daje posebnu dekoraciju

i ljepotu u prostoru. Tome doprinose i različite fizikalne i kemijske osobine tla koje time određuju različiti izrast fitocenoza.

Tlo je izvor geogene energije i sirovina. Posebno se tu naglašavaju matični supstrati tla iz kojih se izrađuju crjepovi, cigle, lončarski i keramički proizvodi. Također, treba još istaknuti šljunak i pijesak koji su značajne sirovine u građevinarstvu, zatim korištenje treseta kao sirovine za proizvodnju supstrata u povrćarskoj proizvodnji u staklenicima i plastenicima te u proizvodnji lončanica i dr. Otvorenim kopovima duboko ispod tla iskopava se ugljen, pri čemu ostaju velike otvorene jame i hrpe jalovina koje zahtijevaju mjere sanacije.

Na kraju, značajno je dodati kako *tlo predstavlja dragocjenu prirodnu paleontološku i arheološku riznicu*. Naime, tlo „čuva“ arheološke artefakte i paleontološki materijal značajan za proučavanje geoloških pretpovijesnih i povijesnih događanja na određenom prostoru, zbog čega tlo ima i kulturnu ulogu.

Sumirajući razmatranje namjena i uloga tla, a u svijetlu opisanih uloga tla, značajno je naglasiti kako pitanje kvalitete tla (eng. *soil quality*) nije jednoznačno određeno. Tradicionalno se kvaliteta tla izjednačava s njegovom plodnošću te se kvalitetnim smatraju plodna tla nasuprot manje plodnih tala koja se smatraju i manje kvalitetnim tlima. Smatramo kako su ti kriteriji preuski budući da ocjena kvalitete tla treba sadržavati i odgovor na pitanje njegove namjene. Naime, jako plodno tlo visoke kakvoće za uzgoj bilja može biti nekvalitetno za zaštitu podzemne vode.



VRSTE OGRANIČENJA I KRITERIJI ZA RAZVRŠTAVANJE ZEMLJIŠTA

3

Tlo je dio pedosfere koja omotava litosferu te kao manje ili više kontinuirani sloj pokriva litosferu, odnosno stoji između litosfere i atmosfere. Najčešće na njoj izrasta biosfera kao promjenljivi čimbenik površine zemljišta u kojoj se, u porama tla i rastresitog sloja litosfere, inkorporira hidrosfera čije homogene veličine nalazimo u rijekama, jezerima i morima. S obzirom da tla omataju nizine, zaravni, brežuljke, brda, gore i planine, a nastaju zbog različitih čimbenika tvorbe, njihove značajke koje će predstavljati vanjska i unutarnja obilježja prostora i tla, predstavljat će različite osobine koje će biti zbroj povoljnih ili nepovoljnih značajki u kojima će se očitovati i veća ili manja ograničenja u prostoru i tlu. Budući da je prostor definiran reljefom i litosferom, smatramo kako su ova dva obilježja glavni čimbenici ograničenja biljne proizvodnje koji primarno utječu na pedogenetske značajke i vrijednost svakog pojedinačnog tla.

Dakle, u vrednovanju i procjeni zemljišta za različite namjene možemo izdvojiti dvije skupine ograničenja i to: (1) *ograničenja u prostoru* ili vanjskim obilježjima zemljišta, i (2) *ograničenja u tlu* ili unutarnjim osobinama soluma tla i matičnog supstrata, ako je on dio ekološke dubine tla koja povećava određenu plodnost tla.

Vrste ograničenja određuju podrazred namjenske klasifikacije zemljišta, a intenzitet ograničenja upućuje na pravac gospodarenja i zaštite od tog ograničenja, dok svi zajedno određuju red i razred pogodnosti zemljišta.

S obzirom da svaka namjenska (tehnička) klasifikacija zemljišta treba biti jednostavna i pregledna, u okviru vanjskih i unutarnjih obilježja zemljišta-tla trebaju se birati ona obilježja koja su najznačajnija i dovoljno ukazuju na probleme poljoprivredne proizvodnje ili drugog načina korištenja koji ovisi o tom parametru.

3.1. OGRANIČENJA U PROSTORU (ZEMLJIŠTU)

Zemljište je dio prostora izvan litosfere i hidrosfere, a na njemu izrasta biosfera. Ograničavajuća obilježja zemljišta kao što su reljef, odnosno *nagib* (n) kao njegova najznačajnija veličina, potom *stjenovitost* (st), *kamenitost-skeletnost* (sk), *klima* (k), *voda u tlu* (v) i *prirodna dreniranost* (dr), ubrajaju se u vanjska obilježja.

Reljef je određen energijom reljefa, odnosom između udubina i izbočina, a zbog jednostavnosti kao temeljni parametar za procjenu ukupne vrijednosti biramo *nagib* (n). Potom, za kvalitetu tla odnosno zemljišta značajna obilježja jesu *stjenovitost* (st) i *kamenitost* (*skeletnost*) (sk). Navedeni parametri određeni su litosfernim prilikama, pa ćemo s te strane malo šire opisati vrste stijena i uvjete koji daju veću ili manju stjenovitost i kamenitost (skeletalnost). *Klima* (k) je osobito vrijedan vanjski parametar prostora za poljoprivrednu proizvodnju. Ona određuje vrstu i način biljne proizvodnje, pa čak i mogućnost opstanka čovjeka na određenom prostoru.

U vanjska obilježja zemljišta uvrštavamo i *vodu* (v), posebno njezin višak jer utječe na mogućnost korištenja zemljišta u različite svrhe, posebno u poljoprivredi. Na kraju bi dodali *prirodnu dreniranost* (dr), kao integralno obilježje vanjskih i unutarnjih osobina zemljišta, odnosno tla. Zapravo, ona je rezultanta reljefa, matičnog supstrata i klime s jedne, te obilježja teksture, njegove stratigrafije, strukture i dubine tla s druge strane.

U ovoj namjenskoj ili tehničkoj klasifikaciji zemljišta točno su određene granične vrijednosti (intenzitet) pojedinih ograničenja, a njihova najniža vrijednosti (odnosno najveći broj) određuje razred pogodnosti zemljišta. Pripadajući razred pojedinog obilježja, koji definira najniži razred pripadnosti, ujedno će odrediti i razred pogodnosti zemljišta. Tako npr. ako stjenovitost prostora pripada razredu st3, ta će zemljišta, bez obzira što sva ostala obilježja pripadaju prvom razredu, ostati u P3 razredu (klasi) pogodnosti.

3.1.1. Reljefne značajke kao predispozicija pojedinih obilježja zemljišta

Reljef je oblik i položaj Zemljine površine u prostoru. Ne unosi ništa u postojeći pedosustav, već korigira aktivne čimbenike tvorbe tla - pedogeneze. Naime, oblikom površine odnosno ravninama, ispunima i udubljenjima, stvara specifične uvjete za preraspodjelu tvari i energije koja pristiže iz atmosfere, biosfere, a dijelom i iz pedosfere uključujući litosferu.

U tloznanstvu se reljef tretira kao značajan čimbenik postanka tla, jer utječe na preraspodjelu tvari i energije na svakom dijelu zemljišne površine. Utječe na dubinu tla, usporava ili ubrzava procese tvorbe tla, vrši preraspodjelu vode, topline i erozijskih nanosa, utječe na pojavu i život biocenoza, određuje vrstu i intenzitet poljoprivredne proizvodnje, utječe na mogućnost, intenzitet i vrstu mehanizirane obrade i sl.

Općenito je poznato kako se porastom nadmorske visine mijenja i klima nekog kraja - temperatura pada, a do određene se visine povećava količina oborina. Tu poznatu klimatsku vertikalnu zonalnost slijedi i smjena geobiocenoze, pa su bioklimatski uvjeti općenito određeni reljefom. Osim toga, oborine karakteristične za klimu nekog kraja, zbog različitog mikro, mezo ili makroreljefa ne infiltriraju se ravnomjerno u pedosferu, nego dijelom otječu po nagnutim terenima i skupljaju se u udubljenim dijelovima. Ovom se modifikacijom znatno mijenja način vlaženja. Tako su neki lokaliteti suši, drugi vlažniji, ili štoviše prekomjerno vlažni, a to uvjetuje različite procese, različite jakosti, pa i razvoj hidromorfnih tala.

Ovisno o nagibu, dužini padine i količini oborina izražena je i kinetička energija vode, a s njom i količina te intenzitet odnošenja tla - erozija vodom. Odnosnje mineralnih i organskih

čestica tla, koje uzrokuje erozija, ometa razvoj tla na površini i priječi evoluciju u skladu s općim bioklimatskim uvjetima prostora. Na taj način u sadašnjoj evoluciji erozija može uvjetovati i potpuno odnošenje tla te zadržavanje pedogeneze na inicijalnom stadiju razvoja tla ili djelomično. Kada se na određenom stupnju uspostavi ravnoteža odnošenja i stvaranja tla, stagnira i evolucija.

Na drugoj strani, erozijom zahvaćeni i premješteni zemljišni materijal odlaže se na donjem dijelu pristranka ili u dolini pa, kao koluvijalni i fluvijalni materijal, pokriva tlo i u njemu prekida dotadašnje procese pedogeneze, a može poslužiti i kao novi matični supstrat - pedoregolit za inicijalne procese stvaranja novog tla.

Također, i energija Sunca, posebno toplinska, preraspodjeljuje se ovisno o ekspoziciji, inklinaciji i nadmorskoj visini, pa zbog reljefa nije podjednaka na površini pedosfere. Zato će se djelovanje reljefa odraziti na stvaranje lokalne klime, pri čemu će se u istoj makroklimi mijenjati vegetacija, a modificirati će se procesi u tlu - južne će ekspozicije biti kserotermnije od sjevernih, zapadne vlažnije od istočnih, što je značajno s pedoeколошког stajališta.

Osim utjecaja recentnog reljefa, za proučavanje pojava i tumačenje učinaka na pedosferu ponekad je potrebno uzeti u obzir utjecaje iz njegove dinamičke prošlosti. Glavni elementi reljefa jesu oblici reljefa koji mogu biti ravnica, zaravan, brežuljak, brdo, gora i planina. Sve je to povezano s nadmorskom visinom i utječe na klimazonalnost šumske vegetacije. Ravnice se mogu javiti na različitim nadmorskim visinama koje određuju zonalni tip prirodne vegetacije te mogućnost uzgoja određenih poljoprivrednih kultura i držanja stoke. Poznato je da se kulture koje uspijevaju na nižim nadmorskim visinama ne mogu uzgajati na 1.000 ili više metara nadmorske visine. Premda je ovaj pokazatelj značajan, nije odlučujući za vrednovanje jer se procjena vrši prema biljnim vrstama koje su u tom području domicilne (autohtone). Zbog toga ovaj pokazatelj više ne utječe na izdvajanje razreda pogodnosti zemljišta prema nadmorskoj visini.

Uvažavajući sve rečeno, a sa stajališta mogućnosti mehanizirane, intenzivne i ekološke poljoprivredne proizvodnje, u okviru reljefnog elementa nagib (n) zemljišta ostaje glavni vanjski kriterij za vrednovanje prostora zemljišta u bilo kojoj zoni vrednovanja.

Nagib (n) zemljišta, kao sastavnica reljefa, bitna je značajka za ocjenu pogodnosti za intenzivnu biljnu proizvodnju. Poljoprivredno se zemljište prema nagibu dijeli u sljedeće razrede:

- n1 – nagib manji od 3% imaju ravnice i zaravni s eventualno mikro ili nižim mezuvalama. Nema erozije tla vodom, posebno ako se prakticira konturna obrada. Ako druge osobine tla i zemljišta zadovoljavaju, ova zemljišta mogu pripadati P1 razredu.
- n2 – nagib od 3 do 8% imaju blage padine na kojima je u uvjetima obrade prisutna slabija do umjerena erozija tla vodom pa su, uz konturnu obradu, potrebne mjere slabijeg terasiranja. Ova zemljišta maksimalno mogu pripadati P2 razredu.
- n3 – nagib od 8 do 15% imaju umjereno strme padine, gdje su procesi erozije jaki, što predstavlja veliko ograničenje za korištenje. Zemljišta ovih prostora maksimalno mogu pripadati P3 razredu.
- n4 – nagib 15 do 45% imaju umjereno strme do strme padine, gdje obrada izaziva vrlo veliku eroziju, pa su zemljišta uvjetno pogodna za obradu što znači da su to privremeno

nepogodna tla za oranice (N1 razred). Ako se žele koristiti, ova zemljišta treba obvezno terasirati.

- n5 – nagib preko 45% imaju jako strme padine i najbolje ih je pošumiti. Ta zemljišta nije moguće koristiti za intenzivnu poljoprivredu.

3.1.2. Matični supstrat kao ishodište stjenovitosti i skeletnosti

U širem smislu značenja i korištenja, matični supstrat u pedologiji smatramo ishodišnim materijalom iz kojeg se „rodilo“ tlo; u geološkom smislu stijenom, čvrstom ili rahlom, u kemijskom smislu nepromjenljivom. Matični supstrat može biti različitog podrijetla i kvalitete. Za njega se često rabe i drugi nazivi, koji nemaju uvijek isto značenje i nisu sinonimi, kao što su matična stijena, geološki supstrat, geološko litološka podloga, slojeviti matični supstrat i sl. (Škorić, 1986).

Izvori stjenovitosti i skeletnosti (kamenitosti) svakako su značajke matičnog supstrata. Matični supstrat značajan je pedogenetski čimbenik, ali ovdje je značajan kao čimbenik mogućnosti poljoprivredne proizvodnje. Pored stjenovitosti i kamenitosti (skeletnosti) o njemu ovisi kvaliteta i determinacija tipa tala.

Prema svim značajkama matični supstrati su jako heterogeni i različito prikladni za postanak poljoprivrednog tla i njegovu kvalitetu. Geološko podrijetlo jedan je od objektivnih kriterija za ocjenu količine trošine kao najvažnije značajke za razvoj dubokih i rahlih tala, teksturu ili mehanički sastav s više ili manje stijena odnosno kamena i skeleta, mineralni i kemijski sastav, te homogenost. Ono (geološko podrijetlo) ukazuje na količinu i kvalitetu trošine kao temeljne pretpostavke za razvoj dobrog tla ili tla s većim ili manjim ograničenjima, koja ovise o postotnoj zastupljenosti stijena i kamena, odnosno skeleta. Prema ovom kriteriju matične supstrate dijelimo na supstrate: (1) *eolskog podrijetla*; (2) *aluvijalnog podrijetla*; (3) *deluvijalnog podrijetla*; (4) *laporastog i flišnog podrijetla* te (5) *litogenog podrijetla*.

Za prva dva navedena geološka podrijetla značajno je da nemaju stijena ili kamena, odnosno u supstratima aluvijalnog podrijetla skeleta može biti samo sporadično, dok ostala tri imaju vrlo veliku zastupljenost skeleta, odnosno kamena. Posljednje, litogeno podrijetlo karakteristično je po većoj ili manjoj zastupljenosti stijena.

3.1.2.1. Supstrati eolskog podrijetla - prapor ili les

Praporni (lesni) supstrati eolskog podrijetla kvartarni su sedimenti iz geološkog razdoblja pleistocena, a regije u kojima su rasprostranjeni nalaze se prvenstveno u kontinentalnom području, iako ih ima i drugdje. U ovu se skupinu ubrajaju i lesoliki ili lesu slični sedimenti. Svi ti supstrati nanoseni su djelovanjem vjetera, a najdublje nanose nalazimo na prapornim ravnicama. Nalazimo ih često i u ravninama, kao autohtone ili pretaložene, pa su tada pod utjecajem vode (naplavne ili podzemne). Prema Janekoviću (1963), temeljem kriterija kvalitete mogu se podijeliti na:

- *Karbonatni (tipični) prapor* rasprostranjen je u istočnoj Hrvatskoj (RH), sjeveroistočnoj Bosni (BiH) i drugdje. Radi se o rahlom, propusnom i prozračnom praškastom materijalu

s 12 do 20% gline, 50-60% SiO_2 , 15-25% CaCO_3 , 8-10% Fe_2O_3 , 3-4% MnO_2 i dr. Na ovom supstratu nastaje najvrjedniji tip tla (černoze), ali i tla istog niza zapadnije, a to su eutrični kambisoli i luvisoli (slika 1).

- *Izluženi prapor* nalazi se zapadnije od zone karbonatnog lesa i nekarbonatni je materijal. Pod utjecajem oborina iz pleistocenskog razdoblja isprane su lako (kloridi, sve soli natrija) i srednje topljive soli (karbonati), a počeli su procesi eluvijalno-iluvijalne migracije minerala gline. Ostao je nekarbonatan - izluženi prapor iz kojega nastaje tlo. To je supstrat na kojemu su najčešće nastali eutrični kambisol i luvisol. Budući da je zbijeniji, nema karbonata, a zbog vrlo velike sklonosti zbijanju praškastih čestica eolskog podrijetla javljaju se problemi stagniranja vode i poremećeni vodozračni odnosi. Po kvaliteti je izluženi prapor daleko nepovoljniji supstrat od prethodno spomenutog karbonatnog prapora.

- *Posmeđeni prapor* javlja se u zoni zapadnije od izluženog lesa, a kvaliteta mu je ispod izluženog lesa. Svi opisani derivati prapora posljedica su klimazonalnosti lesnih



Slika 1. Karbonatni prapor (les) s fosilnim tлом na rasjedu Baranjskog brda (foto M. Bogunović)

supstrata u ovoj regiji. Najrasprostranjeniji je posmeđeni prapor, kao supstrat na kojemu nastaje eutrični kambisol, luvisol i manje pseudoglej. U svakoj klimatskoj zoni ovi su sedimenti najbolji supstrati za nastanak i razvoj poljoprivrednih tala. Ovdje se mogu pridodati i sekundarno pretaloženi eolski pijesci u riječnim dolinama, koji predstavljaju manje pogodne supstrate za razvoj poljoprivrednih tala od prapornih sedimenata.

- *Pleistocenske ilovače* (stariji prapori ili nekad zvane diluvijalne ilovine) kao mramorirane tvorevine (izmjena sivih i hrđavo-žutosmeđih zona) pripadaju skupini starijih prapora ili prapora koji su atmosferilijama potpuno promijenjeni, mramorirani, a ako je teren nagnut transportirani su po nagibu i pretaloženi na podnožje obronaka. Neki geolozi mramoriranje tumače kao rezultat periglacijskih pojava. Međutim, postoji i tzv. *biološka teorija* po kojoj se tumači kako su sive zone posljedica redukcijskih procesa nastalih pod utjecajem korjenova sustava hrastovih šuma koji, razgradnjom i oslobađanjem tanina, potpomaže redukciju i sivu boju zona u kojima se ti procesi odvijaju. Pleistocenske ilovače su zbijene, praškaste, s mramoriranim izgledom (izmjena sivih i smeđih mrlja) unutar profila (ispod 40-50 cm) koji je rezultat izmjene pedogenetskih procesa pod utjecajem klime, prvenstveno atmosferilija, te korjenova sustava (slika 2). Nalaze se iznad



Slika 2. Mramorirane pleistocenske ilovače starije glacijacije lesa u Maksimira (foto Z. Racz)

aluvijalnih nanosa na pleistocenskim zaravnima s obje strane savske doline i izvan su dosega podzemne vode. Često su vrlo slijepljene, zbijene i nepropusne, pa ovi matični supstrati po kvaliteti daleko zaostaju za tipičnim lesnim supstratima prapornog podrijetla (karbonatni, izluženi i posmeđeni prapor).

Ova skupina matičnih supstrata nikada ne sadrži čestice skeleta, a prisutnost kamena i stijena potpuno je isključena iz te sredine.

3.1.2.2. Supstrati aluvijalnog podrijetla

Aluvijalno podrijetlo imaju riječni nanosi, nastali isključivo prenošenjem pod utjecajem prijenosne snage vodotoka. Holocenske su starosti, a u dolini su pod utjecajem podzemnih, poplavnih i bočnih - slivnih voda. Prisutnost tih voda (koja ponegdje izostaje ili ne dopire do zone korijena) nepovoljno djeluje na razvoj i kvalitetu tala i supstrata, jer smanjuje ekološku dubinu tla. Tamo gdje njezin utjecaj izostaje (kolmirani dio riječne doline) razvijaju se najpovoljnija tla, a eventualna prisutnost podzemne vode ispod jednog metra samo povoljno djeluje na rast i razvoj biljke.

Aluvijalni nanosi su duboki i rahli, različitog mineralnog i kemijskog sastava koji ovisi o značajkama supstrata i tala koja se aluvijalno odlažu, a voda ih je donijela s uzvodnog područja vodotoka.

Pored vode, tekstura je glavni čimbenik diferenciranja pogodnosti ovih supstrata za tvorbu i značajke tala. Prema teksturi mogu biti *pjeskovita*, *ilovasta* i *glinasta*, sa proslojcima šljunka ili oni izostaju. U svakom slučaju, ilovasti i pjeskoviti nanosi kao matični supstrati riječnog podrijetla imaju prednost nad glinastim. Dakle, ograničenja u tlima na ovim supstratima prvenstveno su višak vode (podzemne, poplavne i slivene) i nepovoljna tekstura. Slijedom toga, na ovim se supstratima mogu razviti sva tla od najplodnijih do najmanje plodnih.



a) Ilovasti



b) Pretežno šljunkoviti



c) Glinasti

Slika 3. Različite teksturne vrste aluvijalnih nanosa u inundaciji donjeg i gornjeg dijela doline rijeke Drave te Lonjskog polja (foto M. Bogunović)

3.1.2.3. Deluvijalno podrijetlo

Nanosi deluvijalnog podrijetla također su recentni, nastali translokacijom različitih supstrata sa padina, od vrha prema podnožju, te njihovim taloženjem i akumuliranjem u podnožju brežuljaka, brda, gora i planina odnosno na rubnim dijelovima dolina vodotoka. Obično su duboki kao i aluvijalni, ali se od njih razlikuju prvenstveno po većoj heterogenosti i nesortiranosti odnosno izmiješanosti čestica različitih dimenzija (od gline do kamena). Mogu biti sastavljeni od sitnice tla, ali i isključivo od ulomaka skeleta (kamen i šljunak) pa im je vrijednost zbog toga kudikamo manja. Povoljni su sa stajališta suvišnog vlaženja, jer je taj utjecaj manji zbog ocjeditosti i otjecanja vode gravitacijom, utoliko više što se nalaze na donjem dijelu nagnutih terena.

Krške (drobiš) ili sipari produkti su trošenja prvenstveno vapneno-dolomitnih stijena koje nalazimo u podnožju pristranaka većih planinskih masiva vapnenačkog gorja dinarskog planinskog lanca. Isključivo su kameniti, šljunkoviti i nevezani nanosi. Tla na njima uvijek su suha i skeletna.

Skelet proluvija jesu nakupine nastale za ekstremno jakih proloma oblaka, poslije kojih bujice s viših položaja nose detritus rastrošenih stijena i sedimentiraju ga u izljeve konusnog oblika. Formiraju se u podnožju ili na padinama gdje se javljaju zaravnjeni, reljefno stabilni dijelovi.

Deluvijalno podrijetlo imaju i *deluvijalni nanosi na kojima se razvijaju koluvijalna tla s različitim pogrebenim slojevima*. Ovakvi primjeri imaju pedoregolitni materijal, jednom s prevagom sitnice, drugi put s prevagom skeleta. Obično su pravilno raspoređeni. U višim dijelovima nalazimo krupnije materijale (kamen), a u nižim sitniji materijal. Deluvijacija je recentna i dokazuje se prisutnošću skeleta nepravilnog oblika. Najmlađi su nanosi uvijek na površini. Sadržaj skeleta u njima kreće se od 10 pa sve do 100%.

3.1.2.4. Laporasto i flišno podrijetlo

Laporasto i flišno podrijetlo imaju supstrati koji obuhvaćaju vapnene lapore i fliš tercijarne epohe. Ovi supstrati predstavljaju sedimente morskih i jezerskih sredina i sadrže puno vapna koje je često najveće ograničenje za uzgoj biljaka osjetljivih na klorozu. Razlog tome je nedostatak željeza u ishrani biljke koji se očituje kao kloroza, a javlja se zbog nepristupačnosti željeza za biljku prouzročenog antagonizmom željeza i kalcija u tlu. Po teksturi su heterogeni, od pjeskovito ilovastih do glinovitih lapora, što čini velike razlike u kvaliteti tala koja na njima nastaju.

Lapori imaju prednost nad flišom zato što su homogeniji, u njima nema sloja pješčenjaka koji priječi prodor korijena, pa se ekološka dubina može povećati na rastresiti sloj lapora (slika 4). Fliš je heterogena stijena u kojoj se izmjenjuju najčešće lapor i pješčenjaci, ali mogu biti i mekši vapnenci i konglomerati. Znači, osim lapora, fliš ima stjenoviti, najčešće pješčenjački sloj koji je tvrd pa priječi korijen biljke, a na površini se nalazi veći sadržaj kamena i skeleta. Ti su sedimenti nepovoljniji od ilovasto laporastih sedimenata, ali su zbog reljefa i načina korištenja prostora vrlo podložni eroziji, napose jaružnoj. Na njima su najčešće stvorena vinogradarska tla jer se nalaze na prisojnim položajima brežuljkasto-brdovitih predjela između 150 i 350 m n.v., a to su u kontinentalnoj zoni optimalni položaji za uzgoj vinove loze.



Slika 4. Lapori u sinklinalama otoka Paga (foto M. Bogunović)



Slika 5. Fliš Istre, izmjena lapora i pješčenjaka (arhiv ZZP AF Zagreb)¹

3.1.2.5. Litogeno podrijetlo

Litogeno podrijetlo imaju supstrati koji su nastali na čvrstim stijenama, a to su sve eruptivne i metamorfne te neke sedimentne stijene - breče, konglomerati i pješčenjaci od klastičnih stijena, te vapnenci i dolomiti od organskih odnosno kemijskih tvorevina. Zajedničko obilježje geneze tala na ovim supstratima jeste razvoj tala manje dubine soluma, zbog vrlo sporog trošenja stijene. Nadalje, karakteristična je pojava veće stjenovitosti i kamenitosti zbog čega se ova tla pretežno koriste kao šume. Naravno, unutar njih nalazimo i poljoprivredna tla koja mogu biti autohtonog, ali s obzirom na dubinu pretežno su alohtonog podrijetla.

S obzirom na postanak, litogene matične supstrate dijelimo u tri skupine i to: (1) *magmatske ili eruptivne*; (2) *sedimentne*; (3) *metamorfne*.

3.1.2.5.1. Magmatske stijene litogenog podrijetla

Magmatske stijene nastaju kristalizacijom iz vulkanske magme ili lave. S obzirom na mjesto odvijanja procesa kristalizacije, odnosno prema načinu pojavljivanja u litosferi, dijelimo ih na *dubinske ili intruzivne* koje nastaju u dubljim slojevima Zemlje i *efuzivne ili površinske*, koje nastaju na površini. Sa stajališta sastava stijene kao izvora mineralne komponente tla, odnosno njezinih kemijskih značajki, značajnija je podjela s obzirom na sadržaj SiO_2 : *kisele* više od 60% SiO_2 ; *prijelazne* 52-60% SiO_2 ; *bazične* 45-52% SiO_2 ; *ultrabazične* manje od 45% SiO_2 .

Najznačajniji primarni minerali koji grade ove stijene jesu silikati, odnosno alumo-silikati. Od glavnih minerala koje sadrže eruptivne stijene izdvajamo *feldšpate* - prosječan sadržaj oko 60% pri čemu se sadržaj K-feldšpata (ortoklasa) smanjuje od kiselih prema bazičnim stijenama, dok u istom smjeru raste sadržaj Ca, Na-feldšpata.

Pirokseni i amfiboli zastupljeni su najviše u bazičnim stijenama (40-60%), dok im se sadržaj u kiselim silikatima jako smanjuje. Najviše *kremena* ima u kiselim eruptivnim stijenama, dok ga bazične stijene u pravilu ne sadrže. *Tinjaca* ima najviše u kiselim eruptivima (6-8%), a sadržaj im se smanjuje prema bazičnim silikatima.

U *kisele magmatske stijene* ubrajamo granit, sijenit, riolit, trahit. *Graniti* su intruzivne kisele stijene, imaju zrnastu strukturu. S obzirom na sadržaj minerala mogu biti sive, crno-bijele, crvenkaste, smeđe i druge boje. Sastoje se od kvarca, ortoklasa, mikrokлина, biotita, muskovita i dr. Granitni se kamen koristi u građevinarstvu, a posebno za nadgrobne spomenike. *Sijenit* je dubinska stijena, a nalazimo ga dosta rijetko. Po mineralnom sastavu sličan je granitu. *Riolit (liparit)* je efuzivna (površinska) kisela stijena. Pretežno se sastoji od istih minerala kao i graniti. *Trahiti* su površinske stijene. Tla nastala na ovim stijenama uvijek su kisela (distrični ranker,istrično smeđe tlo, brunipodzol, podzol).

Najznačajniji predstavnici *prijelaznih magmatskih stijena* jesu diorit, kvarcdiorit, dacit, andezit. *Diorit* je dubinska eruptivna stijena bez ili s vrlo malo kremena. Koristi se u građevinarstvu za popločavanje cesta i ulica, kao i kvarcdiorit. Trošenjem daje ilovastu trošinu, a geomorfologija terena u kontinentu potpuno je zatvorena (prekrivena tlom) i zaobljena. *Kvarcdiorit* je također dubinska eruptivna stijena, vrsta diorita koji sadrži kvarc. *Dacit* je površinska eruptivna stijena koja se izmjenjuje s andezitom. *Andezit* je površinska eruptivna stijena, sive do zelenkasto sive boje, koje mnogo ima na području Bosne i Hercegovine (BiH). Andeziti su jako otporni i teško se troše. Sastoje se od oligoklasa, andezina, hornblenda, biotita i dr. Kvarca nemaju ili ga imaju vrlo malo.

Gabro i bazalt su najznačajniji predstavnici *bazičnih stijena*. *Gabro* je dubinska bazična eruptivna stijena vrlo čvrsta i žilava, obično je tamne boje, gotovo redovito vezana za ultrabazične stijene - peridotite i serpentine. *Bazalti* su površinske bazične eruptivne stijene, u svježem stanju tamnosive do crne boje, postoje u formi ploča i slojeva. U Republici Hrvatskoj (RH) nisu jako rasprostranjeni, više ih nalazimo u Bosni i Hercegovini (BiH). S obzirom da se ove stijene umjereno troše, učestalost skeleta slaba je do umjerena, a stijene na površini obično izostaju, izuzev u vrletnim područjima bosanskih planina gdje stvorena tla brzo erodiraju.

¹ Arhiv Zavoda za pedologiju Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

3.1.2.5.2. Sedimentne stijene litogenog podrijetla

Ovoj skupini pripadaju sedimentne stijene litogenog karaktera, dakle čvrste stijene nastale procesima trošenja, transporta, taloženja i stvrdnjavanja istaloženog rastrošenog materijala djelovanjem sile teže u vodi ili na kopnu. Veći dio ovih sedimenata stvarao se u vodenoj sredini, najviše u moru. Od minerala koji izgrađuju sedimentne stijene najviše su rašireni kvarc, sericit-muskovit, kalcit, dolomit, kaolinit, smektit i ilit. S obzirom na glavna obilježja mehanizma postanka, litogeni sedimenti dijele se na: (1) *klastične* i (2) *neklastične sedimente*.

Klastični sedimenti su oni koji su nastali mehaničkim taloženjem rastrošenog i usitnjenog materijala na kopnu ili u vodi, kada je prestala djelovati prijenosna snaga vode, vjetra ili leda. U ove sedimente ubrajamo *konglomerate*, *breče*, *piroklastične sedimente*, *pješčenjake*, *prah* i *glinene škriljevce*. Njihova se klasifikacija temelji na veličini čestica.

Neklastični sedimenti nastaju kao posljedica kemijskih i biokemijskih procesa, kristalizacijom iz vodenih otopina (kemijski sedimenti) ili akumulacijom anorganskih dijelova organizama (organogeni sedimenti). Neklastični sedimenti su *vapnenci* i *dolomiti*, *silicijski sedimenti* i *evaporiti*.

Konglomerat su cementirane valutice nastale u koritima rijeka ili uz obale mora. Sastavni dijelovi su zaobljene valutice veličine kamena i šljunka. Vezivno tkivo između valutica je kalcit, organska tvar ili sitnica tla.

Breča je čvrsta klastična stijena u kojoj su veći, oštrobridi ulomci kamenja cementirani tanjim ili debljim vezivom kalcita, kremične kiseline, gline, limonita ili drugog fino zrnastog mineralnog agregata. Breče predstavljaju kršje vezano (cementirano) u čvrstu stijenu. Obično su starije od holocena. Na ovom supstratu trošenjem, i drugim procesima u kojima se otapa vezivo koje vezuje ulomke u tvrdnu stijenu, nastaju skeletna tla.

Piroklastični sedimenti nastali su djelovanjem vulkanskih eksplozija pri čemu dolazi do taloženja vulkanskog, piroklastičnog materijala koji se sastoji od komadića lave i okolnih stijena različita sastava kroz koje je vulkanska aktivnost probila sebi put. *Pješčenjak* je klastični sediment koji je nastao cementiranjem kvarcnog pijeska, najčešće kvarcnim, opalnim i kalcitnim vezom, a rjeđe limonitom. Uz kvarc u ovim se sedimentima nalazi feldšpat (do 10%) i sericit (do 10%). Sadržaj kvarca često prelazi 90%. Djeluju kao brus, a trošina im je najčešće pjeskovita i ilovasta. Troše se podjednako fizikalno i kemijski.

Vapnenac je sedimentna stijena sastavljena uglavnom od kalcita CaCO_3 , te drugih primjesa: dolomit, kvarc, kalcedon, minerali gline i organska tvar. Čisti su vapnenci bijele boje, a od primjesa mogu poprimiti crvenkastu do žućkastu (od Fe-minerala - hematita i limonita), tamnosivu do crnu boju (od ugljevitih tvari), odnosno smeđu boju (bitumen). Vapnenci mezozoika čvrsti su vapnenci koji se vrlo slabo troše i to prvenstveno kemijski. Sadržaj kalcita u njima ponekad prelazi 99%. Daju malo trošine koja, kroz pukotine, lako migrira u dublje slojeve stijena. Tla su na njima plitka, stjenovitost je vrlo velika, a kamenitost najviše ovisi o reljefnoj poziciji odnosno nagibu. Vapnenci tercijara meki su vapnenci koji imaju manji sadržaj kalcita (manje od 95%), manju stjenovitost, ali visoku kamenitost. Osim kemijskog načina trošenja, troše se i fizikalno, što se u prostoru vidi po većoj skeletnosti tla.

Dolomit je agregat minerala dolomita, kalcijsko-magnezijski karbonat $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$.

Karakteristična je njegova drobivost u fragmente oštih bridova. Vrlo je raširena stijena, ali za razliku od vapnenca kojemu je vrlo sličan, čvrsti se dolomit ne otapa u razrijeđenoj hladnoj solnoj kiselini već samo u toploj. Dolomite i vapnence, s kojima se dolomiti najčešće izmjenjuju, nalazimo najviše u krškom priobalnom području RH i BiH. Dolomit se troši brže od vapnenca pa je pokrovnost tlom skoro potpuna, izuzev ekstremnih nagiba. Pedosfera je kontinuirana, a ekološka dubina tla zadire u supstrat. Mogu biti sitno i krupno kristalasti, pa je i trošina adekvatna toj vrsti.

3.1.2.5.3. Metamorfne stijene litogenog podrijetla

Metamorfne stijene nastale su iz eruptivnih i sedimentnih stijena uslijed promjena fizikalno-kemijskih uvjeta, odnosno metamorfoze u uvjetima povećane temperature i tlaka ili djelovanja mineralnih otopina, pri čemu dolazi do mineralnih, kemijskih, strukturnih i teksturnih promjena eruptivnih i sedimentnih stijena. U najznačajnije predstavnike ove skupine ubrajamo *mramor*, *kvarcit*, *gnajs*, *škriljevac*, te *filite*.

Na području RH i BiH najviše su zastupljeni *škriljevci* i *gnajs*. To su stijene koje imaju najčešće regolitičan kontakt između soluma i matične stijene. Umjereno se troše, pa stvaraju srednje duboka tla. Obično su to šumska tla Medvednice, Moslavačke gore, središnje Bosne i dr. Često dolaze zajedno s pješčenjacima. Stjenovitost tala na ovim supstratima najčešće izostaje, a kamenitost se kreće od male do srednje.

3.1.2.6. Stjenovitost i skeletnost prostora (zemljišta)

Uvažavajući sve rečeno, matične supstrate prema zastupljenosti stjenovitosti možemo podijeliti na supstrate koji daju nultu stjenovitost i stijene koje daju nisku, srednju i visoku zastupljenost stjenovitosti na tlima nastalim na tim supstratima. Stupanj stjenovitosti dakako ovisi i o drugim čimbenicima kao što su klima i reljef. Klima utječe na brzinu trošenja stijena, na način da je u humidnijoj klimi intenzivniji proces trošenja stijena i stvaranja sitnice. Isto tako, na reljefu strmijeg nagiba, zbog odnošenja tla, veća je stjenovitost površine zemljišta.

Na metamorfnim stijenama nalazimo tla male stjenovitosti, jer se te stijene u uvjetima suše klime brže troše, pa se brzo stvara kontinuirani sloj tla. Manju stjenovitost imaju i zemljišta nastala na ravnom terenu. Dakle, mogli bismo matične supstrate prema stjenovitosti podijeliti prema sljedećem:

- bez stijena su tla nastala na rastresitim supstratima - praporu ili lesu, aluvijalnim nanosima, koluviju koji prenosi zemljišni i skeletni erodirani materijal;
- malu stjenovitost imaju obično metamorfne i eruptivne stijene, stijene na blago nagnutim terenima, ali i klastične stijene flišnog podrijetla na blažim i strmijim oblicima reljefa;
- srednju stjenovitost daju dolomitne stijene na strmim padinama kao i vapnenačke mezozojske stijene na ravnom i blago nagnutim krškim predjelima;
- visoku stjenovitost daju vapnenačke mezozojske stijene strmih predjela i aridnih zona mediteranskog podneblja, gdje su učestali požari koji ubrzavaju eroziju tla i tako priječe stvaranje kontinuiranog pokrova tla.

Dakle, može se ponoviti kako je stjenovitost ektomorfološko obilježje prostora. Ta se osobina, prema američkom pedološkom priručniku (USDA, 1992), dijeli u šest razreda. Ona je ograničenje za biljnu proizvodnju jer ograničava mehaniziranu obradu.

Stoga smo te razrede stjenovitosti prilagodili namjenskoj klasifikaciji zemljišta prema zastupljenosti stijena na:

- st1 - zemljište bez stjenovitosti ili je ima do 0,01%, što znači da prema ovom obilježju može biti svrstano u najbolji (P1) razred, ako druge osobine tla, reljefa i klime to dozvoljavaju.
- st2 - stjenovitost iznosi od 0,01 do 2%, a pojava stijena neznatno utječe na obradivost poljoprivrednog zemljišta. Zemljišta ne mogu biti svrstana u bolji razred od P2, iako to drugi uvjeti ponekad dozvoljavaju.
- st3 - stjenovitost iznosi od 2 do 10%, a stijene predstavljaju veće ograničenje za nesmetanu obradu i gospodarenje tlom. Zemljišta su svrstana u razred P3.
- st4 - stjenovitost iznosi od 10 do 30%. U suvremenoj mehaniziranoj obradi ovi prostori nisu pogodni za obradu, ali s obzirom na moguću ručnu obradu, ova zemljišta spadaju u uvjetno pogodna (N1) kao što je to primjerice većina zemljišta dalmatinskih i hercegovačkih maslinika.
- st5 - stjenovitost veća od 30%. Sa stajališta bilo kakve obrade smatra se trajno nepogodnim zemljištem i spada u N2 razred, premda svjedočimo kako i tu ima izuzetaka, posebno ako je u pitanju uzgoj maslina.

Skeletnost (kamenitost) (sk) površine također je ektomorfološko ograničenje koje potječe iz stijena i odraz je njihovih značajki. Prema ranije navedenoj klasifikaciji, ova je osobina također podijeljena u šest razreda. Bez skeleta su supstrati prapornog i aluvijalnog podrijetla, dok stijene flišnog podrijetla imaju nisku do srednju skeletnost. Nisku do srednju skeletnost imaju i tla razvijena na metamorfnim i eruptivnim stijenama te na litogenim klastičnim sedimentima. Visoku skeletnost imaju supstrati deluvijalnog podrijetla. Nalazimo ih u podnožju padina građenih od vapnenačko dolomitnih stijena, gdje se detritus premješta niz padine i akumulira kao dominantno skeletni materijal, veličine kamena i šljunka. Skeletnost se ocjenjuje prema sadržaju skeleta na površini zemljišta i razgraničava prema sljedećim kriterijima:

- sk1 - zemljište bez skeleta (kamena) ili je skeletnost manja od 0,1%, što znači da zemljište prema ovom obilježju može biti svrstano u najbolji (P1) razred, ako to omogućavaju druga obilježja tla.
- sk2 - skeletnost (kamenitost) je slabijeg intenziteta, iznosi od 0,1 do 2% površine zemljišta i značajnije ne ometa mehaniziranu obradu. Tlo se ne može svrstati u viši razred od P2.
- sk3 - skeletnost površine zemljišta je od 2 do 50% površine. Mehanizirana obrada značajno je otežana i skuplja, zbog jačeg habanja oruđa za obradu. Zemljište se ne može svrstati u viši razred od P3.
- sk4 - skeletnost između 50 i 90% površine. Mehanizirana obrada jako je otežana. Uzgoj biljaka na takvim zemljištima uvjetno je moguć (eventualno uz fertirigaciju). Zemljišta pripadaju razredu privremeno nepogodnog (N1).
- sk5 - skeletnost (kamenitost) preko 90%. Kamen prevladava nad šljunkom. Ne omogućava isplativ uzgoj drvenastih kultura (bajam, maslina, vinova loza i dr.) niti uz korištenje fertirigacije.

3.1.3. Klima kao čimbenik procjene

Za vrednovanje zemljišta *klime* nekog kraja predstavlja kriterij koji određuje mogućnosti uzgoja biljaka i tom uzgoju određuje manja ili veća ograničenja. Ona je i poznati aktivni pedogenetski čimbenik, ali nas ta uloga klime u ovoj prigodi manje zanima. Ovdje sagledavamo koliko klima doprinosi prinosu i produktivnosti biljne proizvodnje, a ujedno i određuje koje biljne vrste mogu uspijevati u određenim klimatskim uvjetima. Klima je određena kvalitetom svojih elemenata - oborina, topline, plinova i svjetlosti. Odnosi tih elemenata u prostoru veoma su različiti i određuju vrstu i intenzitet biljne proizvodnje svake regije. Ranije smo istakli koliko reljefna pozicija djeluje na promjenu klime.

Klima (k) je ograničavajući čimbenik onda kada u određenom kraju prevladavaju njezina negativna obilježja. Najčešće su ta ograničenja definirana vrlo niskim ili visokim temperaturama. Odlučujuće su niske temperature kontinentalnog i planinsko-brdskog područja pa zato klimu možemo razvrstati na:

- k1 – nema negativnih utjecaja za dotičnu kulturnu vrstu toga podneblja. U vegetacijskom razdoblju nema pojava mraza i ekstremno visokih temperatura.
- k2 – pojava kasnih proljetnih i ranih jesenskih mrazova može prouzročiti manje štete na poljoprivrednim kulturama.
- k3 – zbog nepovoljnih klimatskih obilježja (snijeg, hladnoća, vrućina) velike su štete u biljnoj proizvodnji.
- k4 – zbog nepovoljnih klimatskih obilježja biljna proizvodnja moguća je isključivo u zatvorenim prostorima.
- k5 – zbog nepovoljnih klimatskih uvjeta nije moguć uzgoj kulturnog bilja.

3.1.4. Voda kao kriterij vrednovanja zemljišta

Voda (v) kao značajna sastavnica i pokazatelj klime rezultat je količine, rasporeda i oblika oborina određenog područja. Istina, zahvaljujući svojim oblicima - uzvisinama i udubinama, reljef vrši preraspodjelu oborina tako da je utjecaj vode rezultanta hidroloških prilika koje određuju klima (oborine), reljef, te kvaliteta tla (pedosfera) i supstrata (litosfera). U našim područjima možemo govoriti više o suvišku nego o manjku vode. Suvišak vode (v) rezultanta je topografskih i stratigrafskih uvjeta. Najbolja tla u zoni rizosfere nemaju prekomjerno vlaženje vodom, ali dobro drže vodu. Zato smo djelovanje suvišne vode podijelili na sljedeće razrede:

- v1 – vlaženje podzemnom vodom ispod 1 m dubine od površine, nema nepovoljnog djelovanja tim načinom vlaženja. Obično su to najbolja zemljišta P1 razreda pogodnosti, ako to drugi uvjeti dozvoljavaju.
- v2 – vlaženje je slabijeg intenziteta, podzemna voda do 80-ak cm ispod površine, ili su to stagnirajuće oborinske vode koje izazivaju kratku mokru fazu u tlu (P2).
- v3 – vlaženje je umjerenog intenziteta, podzemna voda do 50-ak cm ispod površine, ili su to stagnirajuće oborinske vode koje izazivaju umjereno dugu mokru fazu (P3).
- v4 – vlaženje poplavnim, slivenim i podzemnim vodama iznad 50 cm dubine, ili su to stagnirajuće oborinske vode koje uzrokuju dugu mokru fazu. Potrebne su hidromelioracije

i to su uvjetno pogodna zemljišta, pripadaju N1 razredu pogodnosti.

- v5 – trajno su preplavljivana tla zbog depresije i akumulacija vode, nemoguće je gravitacijsko otjecanje, ne isplati ih se odvodnjavati crpnim postajama. To su trajno nepogodna zemljišta (N2).

3.1.5. Prirodna dreniranost kao čimbenik vrednovanja zemljišta

Prirodna dreniranost (dr) ili ocjeditost terena rezultanta je svih ektomorfoloških i endomorfoloških obilježja poljoprivrednog zemljišta. Dakle, nju određuje tip tla sa svojim značajkama dubine tla, teksture i strukture, te reljefnim značajkama prvenstveno nagiba i položaja u prostoru koji utječu na sveukupnu ocjeditost tla. Predstavlja obilježje ocjene brzine ocjeđivanja tla nakon obilnih kiša i mogućnosti zadržavanja vode u njima. Prirodna dreniranost dijeli se u sedam razreda (USDA, 1992), a to su: 1. razred *prekomjerno ocjedita tla*; 2. razred *ponešto ekcesivna tla*; 3. razred *dobro ocjedita tla*; 4. razred *umjereno dobro ocjedita tla*; 5. razred *nepotpuno ili nešto slabije ocjedita tla*; 6. razred *slabo ocjedita tla*; 7. razred *vrlo slabo ocjedita tla*.

Tla najveće plodnosti imaju dobru ocjeditost, a potom prema plodnosti slijede umjereno dobra i ponešto ekcesivna tla. Dakle, iz ovoga proizlazi kako su:

- dr1 – zemljišta s dobrom ocjeditošću, što znači da će optimalno zadržavati i propuštati vodu kroz solum tla. Ova zemljišta pripadaju P1 razredu pogodnosti, ako to drugi uvjeti dozvoljavaju.
- dr2 – zemljišta koja imaju umjereno dobru ocjeditost, znači tla koja imaju suzdržanu drenažu zbog teže propusnog horizonta. Maksimalno mogu pripadati P2 razredu pogodnosti.
- dr3 – zemljišta koja s jedne strane imaju nepotpunu ili nešto slabije ocjeditu prirodnu dreniranost, a s druge su toliko propusna (ponešto ekcesivna tla) da slabo zadržavaju vodu. I jedno i drugo obilježje predstavljaju ograničenja i zemljišta ne mogu biti bolja od P3 razreda pogodnosti.
- dr4 – zemljišta koja su uvjetno pogodna kao što su vrlo propusna tla, prekomjerno ocjedita i s druge strane zemljišta koja su slabo ocjedita. Ova zemljišta pripadaju obično razredu privremeno nepogodnih tala (N1).
- dr5 – zemljišta koja imaju vrlo slabu ocjeditost zbog nepropusnih horizonata te zbog prevlaživanja u depresijama i većinom su vertične građe.

3.2. OGRANIČAVAJUĆA OBILJEŽJA TLA

Kao ograničenja u tlu (t) naveli smo ona obilježja koja najviše utječu na plodnost i produktivnost tla, posebno ona koja upućuju na procjenu njegove kvalitete i vrijednosti. U prvom redu ta se obilježja odnose na *dubinu tla* (td) koja je kod nekih tipova tala jako kontrastna odnosno varijabilna, a kod drugih nadasve ujednačena. Kod reakcije tla, za procjenu su značajni ekstremi i reakcije, a to su *kiselost tla* (tk) i *alkaličnost tla* (ta). Niska *razina hranjiva* (th) bitno je obilježje proizvodnih tala u intenzivnoj poljoprivrednoj proizvodnji u konvencionalnom

načinu privređivanja, dok niska razina hranjiva nije odlučujući čimbenik procjene kod ekološke proizvodnje hrane. *Tekstura* (tt) također može biti ograničavajući čimbenik kod teksturno dijametralnih razlika u teksturi, bilo da je to pitanje pjeskovitih ili glinastih, često vertičnih tala. *Struktura* (ts) je također značajno obilježje procjene unutarnjih osobina tla. Njezina se interpretacija i procjena temelji na koeficijentu strukturnosti, odnosno odnosu između povoljnih i nepovoljnih agregata u tlu. *Osjetljivost na onečišćenje* (polutante)(to) je osobina tla koja ukazuje na otpor tla raznim onečišćenjima koja su rezultanta osobina tla i izvora onečišćenja.

3.2.1. Dubina tla kao kriterij vrednovanja tla

Dubina tla (td) vrlo je značajno obilježje plodnosti tla jer određuje količinu trošine iz koje biljka crpi hranjiva, vodu, zrak i toplinu, a služi i kao „sidrište“ u kojem se biljka učvršćuje sa svojom rizosferom. *Pedološku dubinu* čini suma svih debljina horizonata soluma, što znači svi genetski horizonti izraženi u zoni zahvaćenoj pedogenezom, a to je dubina do matičnog supstrata. Međutim, za ovu svrhu vrednovanja tla s fiziološkog stajališta značajnija je ekološka dubina tla. *Ekološka dubina tla* je debljina rastresitog sloja tla koji značajnije naseljavaju organizmi, odnosno to je sfera ukorjenjivanja kulturne biljke. Ponekad se naziva i fitoekološka dubina. Treba imati na umu da zona ukorjenjivanja nije uvijek istovjetna s pedološkom dubinom. Ona je to samo ponekad, ali ima slučajeva kada je plića ili dublja od nje.

U pedološkoj literaturi postoje različite granične vrijednosti prema ekološkoj dubini tla. U pojedinim granama biljne proizvodnje postoje specifične klasifikacije tala po dubini. Ovdje ćemo kao primjer navesti jednu opću podjelu ekološke dubine tla (td) na: *vrlo plitka 0-15 cm; plitka 15-30 cm; srednje duboka 30-60 cm; duboka 60-120 cm i vrlo duboka više od 120 cm*. Dakle, *ekološka dubina tla* (td) obilježje je mogućeg ukorjenjivanja biljke. U krškim područjima RH i BiH dubina tla često je produbljena pukotinama stijena, pa o tome treba voditi računa. Vrednovanje dubine u tom slučaju predstavlja povećanu dubinu za postotno sudjelovanje sitnice u pukotinama. Na primjer, ako pukotine iznose 10% do dubine 1 m ispod soluma, onda se ukupna dubina tla povećava za 10 cm. Prema dubini, procjena vrijednosti intenziteta plodnosti s obzirom na dubinu svodi se na sljedeće:

- td1 – predstavljaju duboka tla koja imaju preko 80 cm ekološke dubine. Smatra se kako ta dubina u normalnim uvjetima može osigurati dovoljno vode, zraka i hranjiva za korijenov sustav biljke. To je P1 razred pogodnosti zemljišta, ako to drugi uvjeti dozvoljavaju.
- td2 – predstavljaju srednje duboka tla koja imaju ekološku dubinu tla od 50 do 80 cm, te se kod takvih tala mogu javiti problemi u opskrbi vodom, hranjivom i zrakom. Obično pripadaju P2 razredu pogodnosti, ako to drugi uvjeti dozvoljavaju.
- td3 – predstavljaju plitka tla, ekološke dubine 25-50 cm gdje se javljaju ozbiljni problemi u ishrani biljaka, prvenstveno vodom i hranom. Obično pripadaju P3 razredu pogodnosti zemljišta, ako to drugi uvjeti dozvoljavaju.
- td4 – predstavljaju vrlo plitka tla, ekološke dubine manje od 25 cm, obično su uvjetno pogodna ili trajno nepogodna ili je dubina smanjena za postotak skeleta. Međutim, treba naglasiti kako svaki postotak skeleta smanjuje dubinu tla za 1 cm. Pripadaju N1

razredu pogodnosti. Ovdje je poanta da je svako tlo pogodno po dubini ako mu se fertirigacijom dodaju voda i hranjiva.

3.2.2. Reakcija tla (pH) kao kriterij vrednovanja tla

Reakcija tla glavni je kriterij vrednovanja svakog tipa tla. Ona je obvezna analiza tla iz koje se dobiju prve informacije o kvaliteti tla. U tlu je najpovoljnija neutralna reakcija, a nalazi se kod najplodnijih tala na području RH i BiH. Reakcija tla ima dva ekstrema: *kiselost* (tk) i *alkaličnost* (ta). Kod određenih tipova tala reakcija tla uvjetovana je specifičnim uvjetima tvorbe. U jugoistočnom dijelu Europe, dakle u našoj makroregiji, prevladavaju kisela tla, pa ćemo najprije navesti kriterije za izdvajanje razreda tala prema kiselosti (tk).

U pedologiji je poznato razvrstavanje kiselosti tla, odnosno reakcije tla (pH) određene u vodi. Ovdje ćemo iznijeti razrede kiselosti kao kriterij vrednovanja vrijednosti tla po tom osnovu, a to su:

- tk1 – nema ograničenja po pitanju kiselosti tla jer tla većinom imaju neutralnu reakciju s pH vrijednošću od 6,5 do 7,2. Tla pripadaju P1 razredu pogodnosti, ako su svi drugi uvjeti zadovoljeni.
- tk2 – slaba ograničenja tla po kriteriju kiselosti tla jer tla većinom imaju slabo kiselo i nešto kiselo reakciju s pH vrijednošću od 5,2 do 6,5. Tla pripadaju P2 razredu pogodnosti, ako su svi drugi uvjeti zadovoljeni.
- tk3 – velika ograničenja po kriteriju kiselosti tla jer tla većinom imaju jako kiselo reakciju s pH vrijednošću od 4,5 do 5,2. Tla pripadaju P3 razredu pogodnosti, ako svi drugi uvjeti to zadovoljavaju. Potrebne su intenzivne mjere kalcifikacije.
- tk4 – vrlo velika ograničenja tla po kriteriju kiselosti jer tla većinom imaju vrlo jaku kiselu reakciju s pH vrijednošću od 3,5 do 4,5. Tla su privremeno nepogodna (N1) i ne mogu se koristiti bez intenzivnih mjera kalcifikacije.
- tk5 – jako veliko ograničenje po kriteriju kiselosti jer tla većinom imaju ekstremnu kiselost i pH vrijednost ispod 3,5. Tla su trajno nepogodna, (N2) razreda pogodnosti i ne trebaju se koristiti za poljoprivrednu proizvodnju. Mjere kalcifikacije ne daju dobre rezultate, nisu rentabilne, ali su to povoljna staništa za određenu vrstu šume.

Ovdje treba napomenuti kako ovu razdiobu treba uzeti s rezervom u onim slučajevima kada se vrednuje tlo za uzgoj neke od acidofilnih kultura, npr. krumpir. U tom slučaju ove granice treba ublažiti barem za jedan razred.

Drugi dio ljestvice reakcije tla (pH) je *alkaličnost tla* (ta). Poznato je da na alkaličnoj strani nemamo toliko izdvojenih razreda kao što je to bilo na povećanoj koncentraciji H^+ iona. O alkaličnosti ovisi također primanje hranjiva, razgradnja organske tvari, biološka aktivnost, tvorba strukture, premještanje gline, te toksičnost uzrokovana velikom količinom OH^- iona.

Veću ili slabiju alkaličnost uzrokuje prisutnost lako i srednje topljivih soli. Srednje topljive soli – karbonati zemnoalkalnih kovina uzrokuju slabiju alkaličnost. Lako topljive soli alkalija uzrokuju veliku alkaličnost. Međutim, na alkaličnost djeluje i sama količina tih soli u tlu, pa je za rješavanje pitanja nižih vrijednosti alkaličnosti jako značajno poznavati sadržaj $CaCO_3$ i

$MgCO_3$ u tlu. Dakle, tla prema alkaličnosti možemo razvrstati u sljedeće razrede:

- ta1 – neutralna reakcija tla bez karbonata ili do 5% sadržaja karbonata u tlu. Reakcija tla određena u vodi iznosi od 6,5 do 7,5. Za ova tla nema ograničenja po tom osnovu. Tla pripadaju P1 razredu pogodnosti, ako to drugi uvjeti zadovoljavaju.
- ta2 – slabo alkalična reakcija tla, ograničenja su mala do umjerena. pH vrijednost je od 7,5 do 8,0 a uzrokuju je prije svega srednje vrijednosti $CaCO_3$ koji se u tlima kreće od 5 do 20%. Ovakva tla pripadaju P2 razredu, ako to drugi uvjeti zadovoljavaju.
- ta3 – srednje alkalična tla, reakcija od 8,0 do 8,5 uvjetovana višim sadržajem karbonata u tlu, svakako iznad 20%. Biljnu proizvodnju i podloge drvenastih kultura treba prilagoditi uvjetima staništa. Tla pripadaju P3 razredu pogodnosti, ako to drugi uvjeti zadovoljavaju.
- ta4 – jako alkalična reakcija tla s pH vrijednošću od 8,5 do 9,5 uzrokovana alkalnim i zemnoalkalnim solima. Ograničenja u tlu vrlo su velika, ali otklonjiva. Dakle, to su uvjetno pogodna tla N1 razreda pogodnosti. S kemijskim mjerama melioracija mogu se dotjerati do povoljnih razreda pogodnosti za biljnu proizvodnju.
- ta5 – vrlo jako alkalna tla s pH vrijednošću preko 9,5. To su sodna, kloridna ili sulfatna tla. Njihove soli imaju vrlo velika ograničenja, ekonomski ih se ne isplati meliorirati, pa ih se ostavlja za ekstenzivne pašnjake.

3.2.3. Tekstura tla (mehanički sastav) kao čimbenik višenamjenskog vrednovanja tla

Tekstura tla predstavlja kvantitativni odnos pojedinih mehaničkih elemenata (čestica) tla. Ovo obilježje pokazuje kakva je usitnjenost (disperznost) krute faze tla, zapravo do kojeg su stupnja usitnjene mineralne čestice tla u procesima trošenja i transformacije. Rezultat je sadašnji odnos pojedinačnih zrnaca koja se razlikuju po veličini, obliku, mineralnom i kemijskom sastavu. Nazivamo ih *mehaničkim elementima*. Bezbrojne oblike i veličine tih pojedinačnih čestica krute faze tla grupiramo i svrstavamo u karakteristične frakcije i utvrđujemo njihov postotni sadržaj u tlu.

Svaka od karakterističnih frakcija ima obilježja kojima daje svoj pečat teksturi, ovisno o svom postotnom sudjelovanju u mehaničkom sastavu. Postoji više podjela odnosno razvrstavanja i odvajanja frakcija prema svrsi korištenja. Granice između pojedinih frakcija mehaničkih elemenata predstavljaju konvencionalne granice koje se razlikuju od autora do autora.

Danas postoji veći broj različitih teksturnih klasifikacija koje se međusobno razlikuju po veličini i nazivu graničnih vrijednosti frakcija. Najprihvatljivije granične vrijednosti veličine teksturnih čestica jesu one prema Međunarodnom društvu pedologa tzv. *dvojka sustav* i Američkom društvu za proučavanje tla (USDA, 1951 i 1992).

Pedoekološki interes potpuno zadovoljava grupiranje po veličini prema tzv. *dvojka sustavu*. Najznačajnije teksturne frakcije su: *kamen i šljunak*, *krupni pijesak*, *sitni pijesak*, *prah* i *glina*. Najznačajnija obilježja izloženih mehaničkih frakcija jesu:

- *Kamen i šljunk* relativno su krupne čestice, fragmenti stijena veći od 2 mm promjera, ne zadržavaju vodu, propusni su, suhi, prozirni i male kemijske aktivnosti, pa se označavaju i kao skelet tla. Opisi šljunka i kamena obrađeni su u kriteriju skeletnosti.
- *Krupni pijesak* nema sposobnost zadržati vodu, velike je propusnosti, nije vezan, nije plastičan, ima malu moć adsorpcije iona i nije povoljne plodnosti. Veličina čestica je od 2 do 0,2 mm promjera. Dolazi najprije kao fluvijalni nanos i trošina pjeskuljastih sedimenta (pješčenjaka, dolomita, eolskih pijesaka i dr).
- *Sitni pijesak* najviše sadrži sitne pore i stoga zadržava više vode. Kretanje vode vrlo je brzo, nema sposobnosti lijepljenja, ne bubri i sipa se u suhom stanju. Veličina frakcije sitnog pijeska kreće se od 0,2 do 0,02 mm promjera. Potječe iz istih materijala kao i krupni pijesak.
- *Prah* ima dobar vodni kapacitet, propusnost nije velika kao kod pijeska, slabo je plastičan, ne bubri, ima dobar kapilarni uspon, slabo se lijepi i u suhom stanju je vezan, a ima i sposobnost adsorpcije iona. Određene dimenzije praha dobro se pakiraju i zbijaju, pa mogu biti nepropusne i sklone stvaranju pokorice. Veličina čestica praha kreće se od 0,02 do 0,002 mm promjera. Prah je vrlo erodibilan materijal.
- *Glinene čestice* praktično su nepropusne za vodu, manje su od 0,002 mm promjera, vrlo velike plastičnosti, jako bubre u vodi, a kad se osuše, stežu se i smanjuju volumen. U vlažnom su stanju vrlo ljepljive i plastične, a u suhom postaju kompaktne i tvrde, s velikim pukotinama. Imaju izuzetno visok koeficijent linearne rastezljivosti (COLE) veći od 0,09 i potencijalnu linearnu rastezljivost (PLE) veću od 6 cm (Bogunović, 1988). Kapilarni uspon kod ove kategorije čestica veoma je mali, premda bi teoretski trebao biti najveći, zbog vrlo malog prostora među česticama. Kretanje vode odvija se absorpcijskim silama. Zato na ovakvim tlima voda leži i ona su nepropusna za vodu, iako same čestice imaju veliki kapacitet za vodu. Frakcija gline najaktivnija je i zbog toga najznačajnija sastavnica tla, ima veliki kapacitet adsorpcije kationa, smatra se grubo koloidnom frakcijom pa ima i ostale značajke koloida.

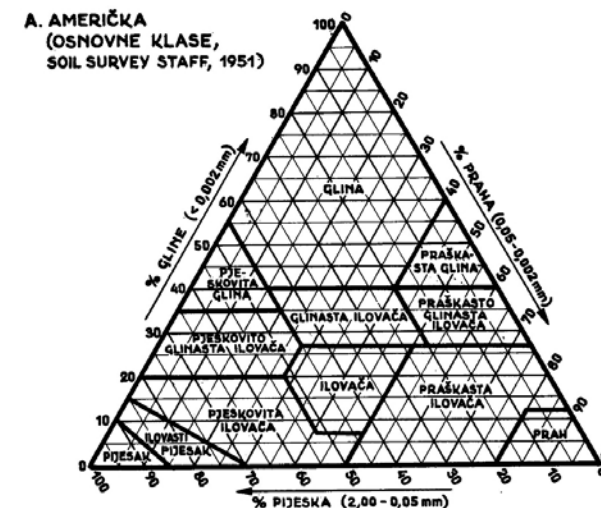
Traba posebno naglasiti kako *u prirodi nema tala koja bi se sastojala samo od jedne teksturne frakcije*. Sitno tlo ili sitnica sadrži sve frakcije s promjerom manjim od 2 mm, a ona frakcija koja dominira po zastupljenosti (u težinskim postotcima) biti će prevladavajuća u nazivu teksturne oznake.

Prema *Gračaninu* (1950) ukoliko tla uz sitnicu imaju primiješanih i do 50% skeletnih čestica, nazivamo ih *skeletoidnim* uz imenovanje sitnice, a s više od 50% skeleta svrstavamo ih u *skeletna*.

Kao što je naprijed navedeno, na temelju kvantitativnog odnosa pojedinih mehaničkih kategorija tlo dobiva teksturnu oznaku. Razlikujemo četiri osnovna razreda teksturnog sastava sitnice tla: (1) *pjeskovita* (pjeskulje), (2) *praškasta* (prahulje), (3) *ilovasta* (ilovače) i (4) *glinasta tla* (glinuše). Raznim kombinacijama teksturnih kategorija može biti određeno i više razreda mehaničkog sastava.

Za oznaku teksture sitnice u anglosaksonskim državama najčešće se koriste kriteriji prema trokutu Američkog društva za istraživanje tla (*Soil Survey Staff*, 1951), koji prema našem mišljenju više odgovaraju od prve klasifikacije teksture jer obuhvaćaju jednu kategoriju čestica više, koja dosljednije interpretira sadržaj praha.

Mehanički sastav je najstabilnije obilježje, relativno sporo se mijenja i ne podliježe niti brzoj ni velikoj dinamici, pa je korišten za mnoge procjene tala od početaka procjenjivanja sve do danas. Zbog toga što odlučujuće utječe na vodno-zračno-toplinske, mehaničke i kemijske značajke, tekstura je vrlo prikladan podatak i obvezni dio rutinskih analiza te prva i glavna analitička informacija pedofizikalnih obilježja.



Slika 6. Trokut za određivanje mehaničkog sastava (Soil Survey Staff, 1951)

Tekstura ima veliko biljno-ekološko značenje za vododrživost, aeraciju i količinu zraka (odnosno kisika), hranjiva (otopina i adsorpcija), toplinu, konzistenciju, otpor prodiranju korijenja i uvjete za formiranje rizosfere.

Kad se horizonti različite teksture javljaju u istom pedološkom profilu, imaju različit utjecaj na navedene osobine i uzrokuju nehomogenost tla i elemenata njegove plodnosti po dubini.

Interpretacija *teksture* (tt) prema trokutu prikazanom na slici 6 dijeli teksturu u 12 razreda. Za ovu namjenu teksturu tla svrstati ćemo u tri razreda pogodnosti tala. Naime, prema teksturi nemamo nepovoljnih tala, ali će se njihove teksturne vrijednosti razlikovati u vrijednostima razreda.

- tt1 – predstavljaju tla teksturne oznake ilovača, glinasta ilovača i praškasto glinasta ilovača. Ova teksturna oznaka nema ograničenja i ovakva tla svrstavamo u P1 razred pogodnosti, ako to drugi uvjeti dozvoljavaju.
- tt2 – predstavljaju tla s malim ograničenjima u teksturi jer su sklona zbijanju, a pomalo i slabo drže vodu. To su tla iz skupine praha, praškaste ilovače i pjeskovite ilovače. Ova tla uvrstavamo u P2 razred pogodnosti, ako to drugi uvjeti dozvoljavaju.

- tt3 – predstavljaju tla s umjerenim do većim ograničenjima u vodozračnim odnosima kao posljedica teksturnog sastava. To su glinasta tla, praškasto glinasta, pjeskovito glinasta, potom pjeskovita i ilovasto pjeskovita tla. Pripadaju P3 razredu pogodnosti, ako to drugi uvjeti dozvoljavaju.

Ovdje treba dodati kako glinasta tla mogu biti korigirana dobrom strukturom, pa se u tom slučaju mogu svrstati u viši razred pogodnosti. Istakli smo kako po teksturi nemamo uvjetno pogodnih i nepogodnih tala.

3.2.4. Struktura kao kriterij za vrednovanje tla

Struktura tla predstavlja način nakupljanja ili agregacije mehaničkih elemenata u strukturne agregate. Na građu i raspored čvrstih čestica u tlu odnosno na način pakiranja njegove čvrste faze, osim mehaničkog sastava (teksture), odlučujuće djeluje i način povezivanja, lijepljenja i cementiranja ili okupljanja elementarnih mehaničkih čestica.

Morfologija tla utvrđuje se na terenu, a u profilu tla može se utvrditi struktura. S tog stajališta, svako tlo može biti *strukturno* i *nestrukturno*. Strukturno tlo ima *agregatnu strukturu*. Tada je masa tla raspodijeljena u trodimenzionalne nakupine – strukturne agregate kojima veličinu i neke osobine možemo odrediti makroskopski i lakim pritiskom na grude tla.

Nestrukturno tlo može biti dvojak. Prvo, kad je masa tla dosta ravnomjerno raspoređena, slivena, povezana u kompaktnu masu, odnosno nije izražena *agregatna struktura*, već je jedna velika slivena masa tla vezana u blokove koji ponekad ispucaju svakih 50 do 100 cm. Takvu „nerazvijenu“ strukturu svrstavamo u *koherentnu strukturu*. Ona je dosta zastupljena kod teških glinastih tala, ali i kod zbijenih horizonata praškastih ilovača, kod pseudogleja, pa donekle i luvisola. U vlažnom stanju masa tla je jednolična-slivena, a sušenjem mogu nastati manje pukotine koje masu tla dijele na krupne blokove, ali se ne izlučuju agregati. Koherentna struktura nastaje zbijanjem drugih strukturnih oblika, najčešće krupnih grudastih formi strukture. Zato postoje tri oblika takve strukture - *slabo koherentna*, *srednje koherentna* i *jako koherentna struktura*.

Ako je *nestrukturno* tlo *nevezano*, odnosno pojedinačni krupni mehanički elementi kao pijesak i šljunak javljaju se zasebno i nisu povezani oni čine tzv. *jednočestičnu „strukturu“* stvarajući krupne pore koje se nalaze između tih mehaničkih elemenata.

Za plodnost tla svakako je najznačajnija prava agregatna struktura, pa će o njoj najviše biti riječi, kako s pedološkog tako i s biljno-uzgojnog stajališta.

Aggregatnu strukturu imaju sazrela, razvijena šumska i poljoprivredna, posebno livadna tla. Mehanički elementi ovdje su skupljeni u strukturne agregate raznih oblika, veličine i čvrstoće (stabilnosti). Oblici strukturnih agregata razlikuju se na temelju odnosa vertikalne osi prema horizontalnim veličinama dužine i širine, a bridovi im mogu biti jače ili slabije sferični. Strukturni agregati, odnosno struktura tla rezultat je sazrijevanja i agregacije kroz pedogenetske procese potpomognute kontrastnim ciklusima smrzavanja-odmrzavanja, vlaženja-sušenja, razrahljivanja-slijeganja, miješanja i agregiranja od strane faune tla i biljnog korijena, a uz pomoć elektrolita, mineralnih koloida, mrtve organske tvari (humusa), i uz prisutnost

različitih agrotehničkih mjera formiraju se manje ili više stabilni strukturni agregati.

Ekološko značenje strukture vrlo je veliko, a prije svega njezin značaj u biljnoj proizvodnji. Čimbenici formiranja strukture stvaraju različitu spužvastu građu tla, različitu građu i raspored agregata u kojem je više ili manje promjenljiva poroznost. A šupljike, odnosno pore tla, kao rezultat te unutarnje građe prihvaćaju, skladište i gospodare odnosom vode i zraka u tlu, odnosno mikro i makroporama. Postoji *unutarnja poroznost*, koju obično čine mikropore tla unutar strukturnog agregata i *međugregatna* makroporoznost u kojoj se najčešće nalazi zrak. Ako su one u povoljnom odnosu, onda će i druge osobine tla kao toplotni režim tla, procjeđivanje i biološka aktivnost tla biti bolje i veće. Struktura tla doprinosi boljoj iskoristivosti biogenih elemenata i izmjenjuje dvije faze tla, značajne komponente plodnosti - vodu i zrak. Najpovoljnija je struktura ako su agregati mrvičasti i graškasti, odnosno veličine 0,5-10 mm i k tome stabilni. Omjer povoljnih i nepovoljnih strukturnih agregata u tlu izražava se *koeficijentom strukturnosti agregata* (Ksa).

$$Ksa = a/b$$

gdje je a = zbroj povoljnih agregata (0,5-10 mm ϕ); b = zbroj nepovoljnih agregata (agregati < 0,5 mm ϕ i > 10 mm ϕ).

Ako je Ksa manji od 1 struktura je nepovoljna, a ako je veći od 1 onda je povoljna, s tim da povoljnost strukture raste što je broj veći (Bogunović, 2010). Prema tome, povoljna poroznost, i po sadržaju i po odnosu krupnih i sitnih pora, postoji ako je struktura stabilna, jer se voda dobro cijedi kroz šupljike između agregata, a potom ulazi zrak i uspostavlja se dobra aeracija. U sitnijim porama unutar agregata zadržava se voda. Takva se tla dobro zagrijavaju. Znači, omogućeno je da istovremeno budu povoljni i prisutni svi edafski vegetacijski čimbenici. Osim toga, i svi drugi procesi u tlu teku življe, dobra je biološka aktivnost i mobilizacija hranjiva. Takva su tla i rastresita, pružaju manji otpor razvoju rizosfere, lakše se obrađuju, manje je isparavanje i gubitak vode, a veća je otpornost prema eroziji. Nepovoljna i nestabilna struktura djeluje upravo suprotno. Osim toga, treba imati na umu kako obrada i intenzivno korištenje dovode do razgradnje i smanjenja humusa; loša i nepravovremena obrada tla, gaženje strojevima, navodnjavanje i nepravilna gnojidba loše utječu na strukturu, jer zbijaju tlo i stvara se pokorica. Zbog toga treba izbjegavati ili smanjiti djelovanje nepovoljnih čimbenika i kontrolirati obilježja.

Dakle, *koeficijent strukturnosti agregata* (Ksa) uzimamo kao glavni kriterij za ocjenu pogodnosti strukture. Prema njegovim vrijednostima i vrsti strukturnih agregata, strukturu možemo podijeliti na sljedeće razrede:

- ts1 – vrlo povoljna struktura, mrvičasta do graškasta, veličine Ksa iznad 2. To su rastresita, propusna, topla tla, pružaju mali otpor razvoju rizosfere, lakše se obrađuju, manje je isparavanje i gubitak vode, a veća otpornost prema eroziji. Spadaju u P1 razred pogodnosti tala, ako to drugi uvjeti dozvoljavaju.

- ts2 – neujednačena ponešto povoljna struktura s koeficijentom strukturnosti agregata od 1 do 2. Manje su rahla tla od prethodnog razreda, s nešto slabijim vodozračnim odnosima. Sitne pore prevladavaju nad krupnim. Tla spadaju u P2 razred pogodnosti, ako to drugi uvjeti dozvoljavaju.
- ts3 – manje povoljna struktura, nije homogena jer je varijabilnost strukturnih agregata veća. Koeficijent strukturnosti (Ksa) manji je od 1, što znači da prevladavaju nepovoljni strukturni agregati u odnosu na povoljne. Pripadaju P3 razredu pogodnosti, ako to drugi uvjeti dozvoljavaju.
- ts4 – nepovoljna struktura s koeficijentom strukturnosti manjim od 0,5. To su teška i nepropusna tla, suviše vlažena s nerazvijenom strukturom. Često ova tla imaju koherentnu strukturu koja se može popraviti agrotehničkim mjerama. Pripadaju uvjetno pogodnim tlima N1 razreda pogodnosti.
- ts5 – nema tla koja bi imala potpuno nepovoljna obilježja. Ako i postoje, onda je to zbog drugih razloga - suviška vode, suviška soli i sl.

3.2.5. Osjetljivost tla na onečišćenje

Osjetljivost tala na onečišćenje polutantima (to) bitno je obilježje koje treba vrednovati za potrebe ekološke poljoprivredne proizvodnje. Onečišćenost tla raznim onečišćivačima uzrokuje različite vrijednosti tipova tala u široj poljoprivrednoj proizvodnji.

Hoće li tlo biti jače ili manje onečišćeno, ne ovisi samo o količini onečišćivača i udaljenosti proizvodnih površina od izvora onečišćenja, već i o unutarnjim osobinama tla kao što su adsorpcijski kompleks, vrsta i količina gline, sadržaj humusa, sadržaj i intenzitet dosadašnje gnojidbe, kvaliteta i učinci zaštite bilja, dodavanje herbicida i općenito o pufernom sustavu pojedinog tipa tla (Vidaček i dr., 2009).

Prema stupnju osjetljivosti pojedinog tipa tla i općenito poljoprivrednog zemljišta na kemijske polutante, tla smo podijelili na:

- to1 – tla slabe osjetljivosti na kemijske polutante (ilovasta i glinasta tla), bogata humusom. Sadržaj teških kovina je na minimumu.
- to2 – tla srednje osjetljivosti na kemijske polutante, vrlo slabo humozna, mineralna i pjeskovita tla. Sadržaj teških kovina je na 75% granice maksimalno dozvoljenih količina.
- to3 – tla jake osjetljivosti i visoke doze onečišćenja, odnosno na granici maksimalno dozvoljenih normi onečišćenosti.
- to4 – tla onečišćena teškim kovinama, i/ili pesticidima, i/ili policikličkim aromatskim ugljikovodicima i dr. onečišćivačima iznad maksimalno dozvoljenih granica.

Ovisno o namjeni razvrstavanja prostora ili zemljišta mogu se upotrijebiti i drugi kriteriji za vrednovanje i razvrstavanje ako to tehnički uvjeti traže. Tako je propusnost za vodu bitno obilježje tla za izgradnju sportskih terena. Iako je to obilježje sadržano donekle i u uvjetima ocjeditosti (dreniranosti), potrebno je navesti klase propusnosti tla prema tehničkim normama za sportska

(nogometna ili golf) igrališta. Isto tako, za intenzivnu poljoprivrednu proizvodnju bitan čimbenik je sadržaj hranjiva, pa je i taj parametar značajan. Nismo ga posebno obrađivali jer hranjiva smatramo jako dinamičnom osobinom koja je brzo promjenjiva i lako se gnojidbom mijenja.



TIPOVI TALA KAO PREDMET VREDNOVANJA

4

U ovom udžbeniku razrađene su temeljne značajke po tipovima tala iz automorfnog, hidromorfnog, halomorfnog i subakvalnog odjela (razdjela) tala. Opis tala najviše je usmjeren na značajke koje su bitne za korištenje s naglaskom na ograničavajuća obilježja i kriterije za razvrstavanje u svakom od tipova tala. O značajkama i rasprostranjenosti tala najviše podataka možemo pronaći u odgovarajućim monografijama (Kovačević i dr., 1972; Škorić i dr., 1977, 1987 i 1992; Martinović, 1997, 2000, 2003).

4.1. KLASIFIKACIJA TALA

Tipovi tala opisani su po nešto izmijenjenoj, odnosno dopunjenoj klasifikaciji tala koja se može smatrati klasifikacijom kontinuiteta (Nejgebauer i dr., 1963; Škorić i dr., 1973, 1985) budući da su glavni principi i kriteriji ostali isti. Neke izmjene, poput dopune odnosno uvođenja *smeđeg karbonatnog tla*, *semiglejne klase tala* u drugačijem značenju, te dosljednog vrednovanja hidromorfnih tala po načinu vlaženja, uvjetovale su da se razvrstavanje tala po načinu vlaženja podigne na klasu vrednovanja jer se tek na taj način dosljedno držimo temeljnog principa da su klase tla one koje imaju jednotipsku građu profila.

Kod hidromorfnih tala razlikuje se i proces *oglejavanja*, kojeg označavamo malim slovom g za razliku od procesa *glejizacije* koji označavamo velikim slovom G. Proces oglejavanja označava kudikamo slabiji i kraći utjecaj hidromorfizma od procesa glejizacije gdje se radi o prisutnosti redukcijskog (Gr) ili glejno oksidacijskog horizonta (Gso) horizonta i označava najjači utjecaj hidromorfizma. Procesi glejizacije najčešće slijede procese oglejavanja, što je prvi opisao Kovačević (1967) te Kovačević i dr. (1972).

To nas je primoralo da izmijenimo definiciju semiglejnih tala i uvedemo poseban tip tla kao *močvarno oglejena tla*, s glejnim horizontom ispod jednog metra dubine, a oglejenost se javlja u umjerenom ili jakom intenzitetu od površine. Semiglejna tla, u smislu kako su ih ranije shvaćali domaći pedolozi (Škorić i dr., 1973), prema našem mišljenju nisu opravdana.

Na kraju uvedena su i *solod tla*, kao kisele slatine, jer ih ima na području RH (ali ne i u BiH), a opravdano stoje u regionalnoj i svjetskoj literaturi.

Temeljem gradiva obrađenog u ovom udžbeniku, magistri agronomije mogu upravljati i gospodariti zemljištem, organizirati, kreirati i usmjeravati poljoprivrednu proizvodnju, selekcionirati i određivati optimalne gospodarske programe i sustave uzgoja bilja (u poljoprivredi i šumarstvu). Udžbenik je zanimljiv i sa stajališta racionalnog korištenja zemljišta i cjelovitog prostora u okviru građevinarstva, prostornog planiranja i uređenja te zaštite zemljišta od nenaamjenskog korištenja, dakle svim korisnicima kojima je tlo odnosno zemljište predmet proučavanja i korištenja za različite potrebe, a te potrebe proistječu iz različite uloge tla u prostoru.

Kroz dana poglavlja: Uvod; Uloga tla kao prirodnog resursa; Vrste ograničenja i kriterija za razvrstavanje zemljišta; Tipovi tala kao predmet vrednovanja, te u okviru Višenamjenskog vrednovanja zemljišta; Vrednovanje zemljišta po upotrebnoj vrijednosti; Vrednovanje zemljišta za obradu (ratarske kulture), Vrednovanje zemljišta za hidromelioracije; Vrednovanje tla za potrebe agromelioracija; Vrednovanje tala prema riziku erozije tla vodom; Vrednovanje zemljišta za kampove, uža rekreacijska područja, staze i športske terene; te Racionalno korištenje prostora (zemljišta) s naznačenim metodama određivanja boniteta zemljišta i prostornih kategorija, ovaj udžbenik objašnjava na koji način korisnici tla odnosno zemljišta i izvođači-magistri struke mogu doći do najboljih rješenja kako bi danas-sutra mogli gospodariti zemljištem u svim vidovima i načinima korištenja.

