

PEDOLOGIJA I MIKROBIOLOGIJA TLA

FIZIKALNA SVOJSTVA TLA

prof. dr. sc. Vesna Vukadinović

1

DUBINA TLA

- je morfološko svojstvo, a označava prostor u kojem se biljke učvršćuju pomoću korijenovog sustava, prorastaju ga i u njemu nalaze uskladištene edafske vegetacijske činitelje;
- može biti ograničavajući čimbenik, npr. plitka zemljišta su pogodna za uzgoj jagoda, malina, ribizla, ogrozda, srednje duboka za maslinu, breskvu, šljivu, lijesku, a duboka za jabuku, krušku, orah, trešnju i višnju.

Ocjena dubine soluma tla

Dubina, cm	Ocjena
< 10	vrlo plitka
10 – 30	plitka
30 – 60	srednje duboka
60 – 120	duboka
> 120	vrlo duboka

2

Suma svih debljina horizonata soluma (do C ili R) predstavlja **pedološku dubinu tla**.

Dubina, cm	Ocjena
< 15	vrlo plitka
15 – 30	plitka
30 – 50	srednje duboka
50 – 90	duboka
> 90	vrlo duboka

Ekološka ili agrološka dubina je debljina rastresitog sloja značajnije naseljenog organizmima, a u biljnoj proizvodnji to je dubina zakorjenjivanja.

Dubina, cm	Ocjena
< 15	vrlo plitka
15 – 30	plitka
30 – 60	srednje duboka
50 – 120	duboka
> 120	vrlo duboka

3

Debljina horizonata i/ili slojeva do koje se tretira tlo za specifične namjene naziva se **tehničkom dubinom tla**.

Podrivanje

1. u **agrotehničke** svrhe se tla/zemljišta mogu razvrstavati na više načina (općenito dubina obrade, prema sustavima obrade, specifičnostima poljoprivredne proizvodnje: ratarstvo, voćarstvo, vinogradarstvo i sl.).

Oranje

Rigoljanje

4

2. za **hidrotehničke** melioracije su obično potrebni dublji strati. Skalu podjele obično odražava dubina do koje sežu pojedini hidrotehnički zahvati.

Kanalska mreža

Primjer podjele hidrotehničke dubine

Dubina, cm	Ocjena
< 25	vrlo plitka
25 – 50	plitka
50 – 90	srednje duboka
90 – 150	duboka
150 – 300	jako duboka
300 – 1000	vrlo jako duboka

Polaganje drenaže

5

TEKSTURA TLA

TEKSTURA ili mehanički sastav tla predstavlja **relativan odnos mehaničkih elemenata tla**.

Mehanički element (primarna čestica tla) je svaka individualna čestica čvrste faze tla. Međusobno se razlikuju prema dimenzijama, formi, strukturi, kemijskom i mineraloškom sastavu te gustoći.

Fracije mehaničkih elemenata su grupe čestica određenih dimenzija.

Za determinaciju teksturne klase na terenu najpogodnija je metoda probe prstima (Feel Method).

6

Klasifikacija frakcija mehaničkih elemenata
(Atterberg, 1912.):

	Frakcija	Efektivni promjer, mm
SKELET	kamen	> 20,00
	šljunak	20,00 – 2,00
SITNICA	krupni pijesak	2,00 – 0,20
	sitni pijesak	0,20 – 0,02
	prah	0,02 – 0,002
	glina	< 0,002*

* 0,002 mm = 2 x 10⁻⁴ mm = 2 μm = 2 000 nm

Soil Survey Staff (1951.,1993.) i FAO/UNESCO:

Frakcija	Efektivni promjer, mm
šljunak	> 2,00
pijesak	2,00 – 0,050
prah	0,050 – 0,002
glina	< 0,002

7

TEKSTURNE KLASE

- prema postotnom udjelu pojedinih frakcija tla se svrstavaju u 12 teksturnih klasa:

- * **Pijesak (gruba tekstura)**
 - Pijesak (P), Ilovasti Pijesak (IP)
- * **Ilovača (srednja tekstura)**
 - Pjeskovita Ilovača (PI), Ilovača (I), Prah (Pr), Praškasta Ilovača (PrI)
 - Glinasta Ilovača (GI), Pjeskovito Glinasta Ilovača (PGI)
 - Praškasto Glinasta Ilovača (PrGI)
- * **Glina (fina tekstura)**
 - Pjeskovita Glina (PG), Praškasta Glina (PrG), Glina (G)

8

Tekstura tla je izvrstan indikator agronomskih svojstava tla/zemljišta.

Stupanj usitnjenosti tla usporava ili ubrzava procese u tlu te uvjetuje različiti vodni, zračni ili toplinski režim, utječe na kemijska i biološka svojstva.

O teksturi ovisi obradivost tala, ali i odabir vrste, kao i efikasnost hidromelioracijskih zahvata.

Njen utjecaj na produktivnost tala/zemljišta mogu u određenoj mjeri korigirati:

- povoljna struktura,
- sadržaj i kvaliteta humusa,
- mineraloški sastav gline,
- dubina oraničnog sloja i sl.

9

SKELET

- ♦ > 2 mm,
- ♦ kemijski neaktivne čestice tla nastale fizikalnim raspadanjem,
- ♦ fragmenti zaobljenih ili oštrog rubova (šljunak, kamena sitnež, stijene).

Poljoprivredna tla sadrže skelet u većim količinama ako su nastala od grubih aluvijalnih, deluvijalnih ili jezerskih sedimenata.

10

Skeletoidna tla

- uz sitnicu sadrže do 50% skeletnih čestica:

slabo skeletoidno	< 10 % skeleta
skeletoidno	10 - 30 % skeleta
jako skeletoidno	> 30 % skeleta

11

Skeletna tla

- sadrže preko 50% skeletnih čestica:

skeletno	50 - 70 % skeleta
jako skeletno	70 - 90 % skeleta
apsolutno skeletno	> 90 % skeleta

12

PIJESAK

Nastaje fizikalnim raspadanjem primarnih minerala, dobro propustan za vodu, nevezan u suhom stanju, neplastičan.

Ne može se modelirati



13

Čestice pijeska su zaobljenih ili oštih bridova.

Boja ovisi o mineraloškom sastavu: bijela (kvarc), smeđa, žuta ili crvena (Fe ili Al oksida)

Kvarcni pijesak - SiO_2 ; mehanička uloga; neplodan

Silikatni pijesak - silikatni i alumosilikatni minerali, "potencijalno" plodan

Karbonatni pijesak

Mješoviti pijesak - dominira kvarc, a sadržaj silikata je 10 - 20%

Specifična površina = 1 g pijeska - 0.1 m²

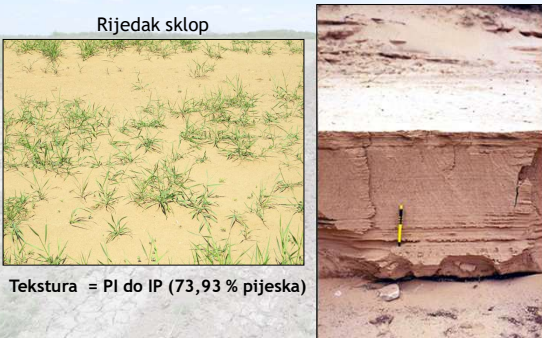


14

Najpovoljniji sadržaj frakcije pijeska u tlu je 40 - 70%.

Pustinjsko područje

Rijedak sklop



Tekstura = PI do IP (73,93 % pijeska)

15


ILOVAČA

PJESKOVITA ILOVAČA (PI) sadrži (USDA):
7 - 20% gline, više od 52% pijeska, a udio praha + dvostruki udio gline iznosi 30% ili više; ili < 7% gline, < 50% praha i > 43% pijeska.

ILOVAČA (I) sadrži (USDA, CSSC):
 20 - 35 % gline + 28 - 50 % praha + 45% ili više pijeska

PJESKOVITO GLINASTA ILOVAČA (PGI) sadrži (USDA, CSSC):
 20 - 35% gline, < 28% praha, i > 45% pijeska.


Modelira se u valjčiče debljine 1-2,5 mm



16

ilovasta tekstura - lesivirano na praporu-

Ilovača - crvenica tipična, duboka



17

PRAH


Uglavnom nastaje fizikalnim raspadanjem minerala, a svojstva ga svrstavaju u prijelaznu frakciju između pijeska i gline. Za razliku od pijeska u suhom stanju posjeduje tvrdi konzistenciju, a u vlažnom slabije izraženu ljepljivost, bubrenje i plastičnost.

Visoka kapilarnost uvjetuje dobro zadržavanje, ali slabo procjeđivanje vode.

Mineraloški sastav: amorfni SiO_2 , kalcit, dolomit.

Specifična površina = 1 g praha - 1 m².

Praškasta frakcija je najzastupljenija u tlima nastalim na lesu i praškastim aluvijalnim nanosima (nekada i > 60 % praha).



18



19




20

GLINA

Najvećim dijelom nastaje procesima kemijskog raspadanja primarnih minerala.
 Specifična površina = 1 g gline ~ 10-1.000 m²
 U vlažnom stanju je jako izražena ljepljivost (cement ili lijepak), jako bubrenje i plastičnost.

Mikropore stvaraju preduvjete za visok, ali spor kapilarni uspon, te slabo procjeđivanje vode.

U suhom stanju posjeduju tvrdu konzistenciju (duboke vertikalne pukotine).



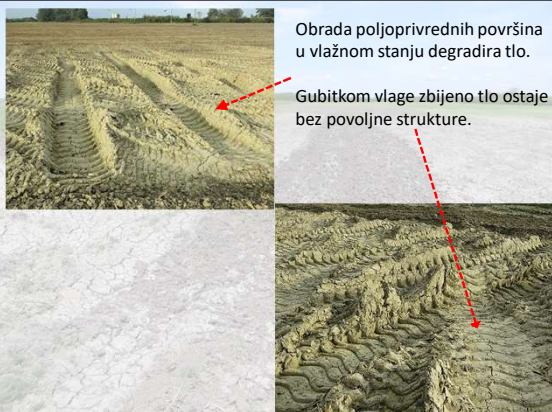
može se modelirati u valjčice do 1 mm

21

- * to su „minutna tla” s vrlo uskim intervalom obrade;
- * obrada u vlažnom stanju uništava strukturu i pojačava zbijanje;
- * obradu otežava i veliki specifični vučni otpor što povećava troškove proizvodnje.



22



Obrada poljoprivrednih površina u vlažnom stanju degradira tlo.

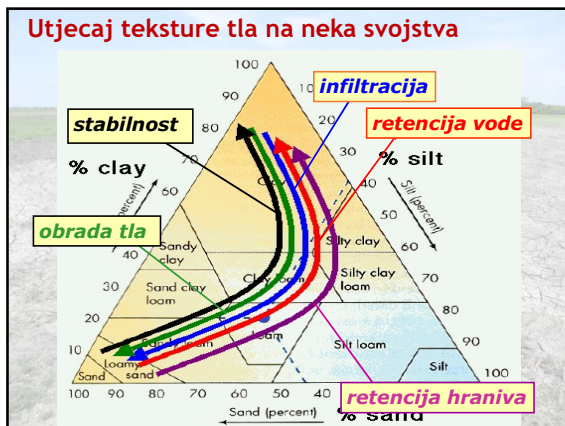
Gubitkom vlage zbijeno tlo ostaje bez povoljne strukture.

23

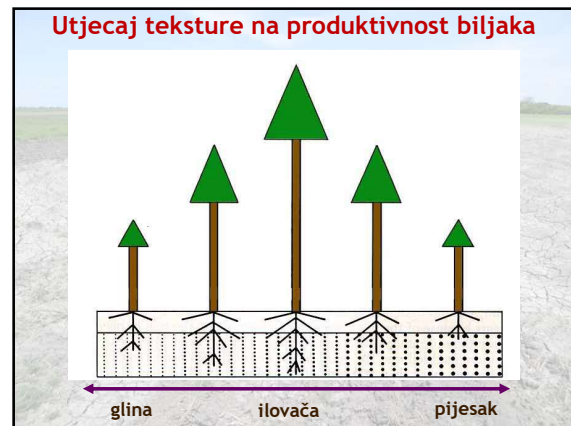
Postotni udio pojedinih frakcija mehaničkih elemenata određuje se laboratorijskim metodama teksturne ili mehaničke analize prema *Stokesovom zakonu*.



24



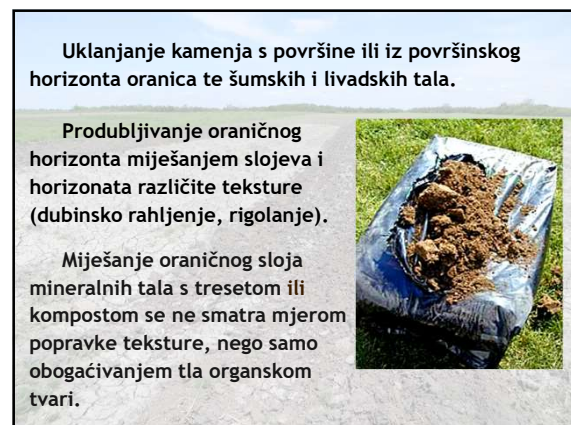
25



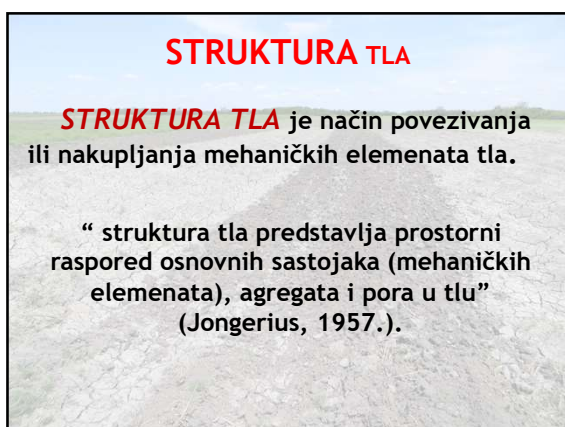
26



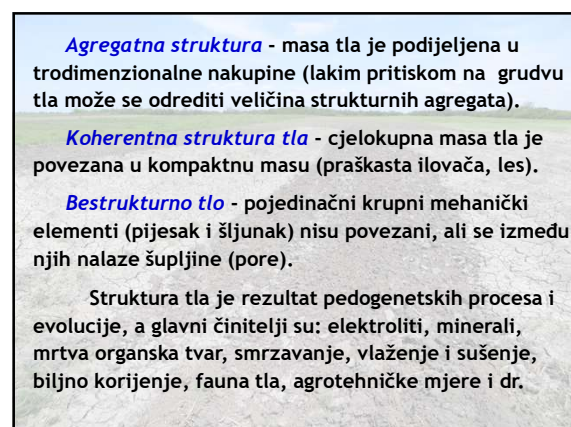
27



28



29




30


Geneza strukturnih agregata tla:

1. flokulacija (koagulacija) - stvaranje pahuljičastih nakupina i taloženje koloidnih čestica iz suspenzije sa vodom (< 0,25 mm).

- kationi (dvovalentni i trovalentni) koji snižavaju elektrokinetički ili zeta potencijal (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , Fe^{3+}).
- u tlima s visokim ESP javlja se peptizacija koloida te se ne formiraju stabilni mikrostrukturni agregati tla.



flokulacija



disperzija

31

2. cementacija (granulacija) - stvaranje mezo i makrostrukturnih agregata tla


- sljepljivanje vrše humati, hidroksidi aluminija i željeza, CaCO_3 , SiO_2 .

Vapneno dolomitna crnica - Kalkokambisol



32

Peptizacija (Solonec)



33

Podjela strukturnih agregata tla:

a) prema veličini

- mikroagregati: < 0,25 mm
- mezoagregati: 0,25 - 2,0 mm
- makroagregati: 2,0 - 5,0 mm
- megaagregati: > 50 mm

b) prema obliku

- prizmatični
- plosnati
- kockasti

34

Veličina agregata utječe na odnos kapilarnih i nekapilarnih pora.


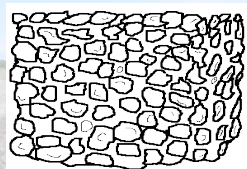
Najpovoljnija vodno zračna svojstva imaju agregati dimenzija 0,25 - 10 mm. Vučić (1987.), citirajući Verššina, ističe kako je najmanje isparavanje s tla koje ima strukturne agregate veličine 2 - 3 mm, a najveće ako su agregati 10 - 15 mm.

U agronomskoj praksi najpovoljnija veličina agregata je 0,25 do 10 mm.


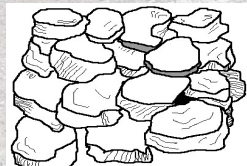
U sušnim područjima tla su najboljih svojstava uz strukturne agregate veličine 0,25 - 3,0 mm.

35

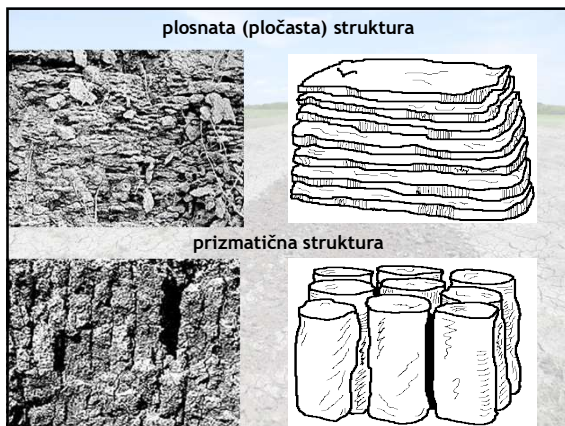
mrvičasta struktura

grudasta struktura

36



37

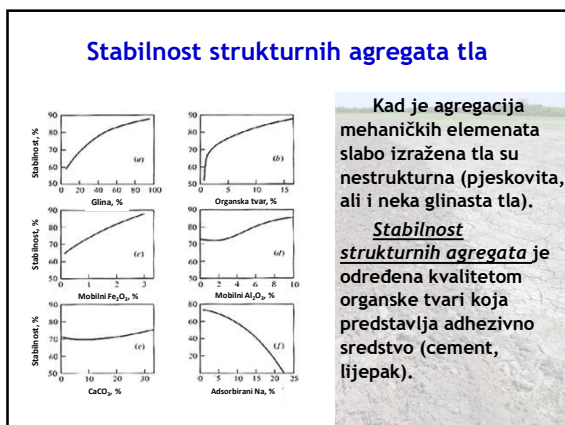
Stabilnost strukture je otpornost strukturnih agregata prema promjenama, najčešće uslijed vlaženja ili gaženja teškim oruđima. Posljedice su: povećana zbijenost, razaranje strukture, uništavanje sekundarnih agregata i pora.

U praksi je osobito važna stabilnost strukturnih agregata oraničnog sloja prema rasplinjavanju u vodi.

Nestabilna struktura smanjuje infiltraciju i propusnost za vodu, pojačava evaporaciju, pogoršava aeraciju, omogućava stvaranje pokorice i intenzivira eroziju vodom.

Stabilnost prema rasplinjavanju u vodi ovisi o: uvjetima vlaženja, sadržaju gline, sadržaju i sastavu adsorbiranih kationa, prisustvu seskvi oksida i sadržaju organske tvari.

38



39



40



41

Mjere održavanja i popravke strukture tla

- ♦ Gospodarenjem održati povoljnu bilancu kalcija u tlu,
- ♦ Pravilno gospodarenje organskom tvari (humusom) u tlu,
- ♦ Pravovremena i dobro izvedena obrada tla,
- ♦ Dodavanje kondicionera,
- ♦ Djetelinsko-travne smjese u plodoredu.

42

GUSTOĆA TLA

GUSTOĆA TLA predstavlja omjer mase i volumena nekog tla, izražava se u $g\ cm^{-3}$ ili $Mg\ m^{-3}$.

- VOLUMNA GUSTOĆA - simboli:** ρ_v, ρ_b, D_b

$$\text{volumna gustoća tla} = \frac{\text{masa apsolutno suhog tla}}{\text{volumen tla i pora}}$$

- GUSTOĆA ČVRSTE FAZE TLA - simboli:** ρ_c, ρ_p, D_p

$$\text{gustoća čvrste faze tla} = \frac{\text{masa čvrste faze tla}}{\text{volumen čvrste faze tla}}$$

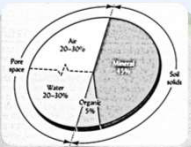
43

VOLUMNA GUSTOĆA TLA

Masa apsolutno suhog tla u jedinici volumena.

ČESTICE TLA + pore

“indikator zbijenosti tla”



- više organske tvari **snižava** volumnu gustoću,
- zbijenost **povećava** volumnu gustoću,
- povećana volumna gustoća **usporava** infiltraciju vode te ograničava dubinu biljnog korijenja.

Volumna gustoća je relativno visoka u tlima teške teksture jer je poroznost niska.

44

Volumna gustoća ($g\ cm^{-3}$)	Opis	(Harris et al., 1999.)
1,0 - 1,6	Normalna tla	
1,4 - 1,6	Ograničen prodor korijena	
1,7 - 2,2	Građevinska namjena	
1,4 - 2,3	Opeka	

Ovisnost teksture, volumne gustoće i poroznosti tala

Tekstura	Volumna gustoća ($g\ cm^{-3}$)	Poroznost (%)
Pijesak	1,00	62
Pjeskovita ilovača	1,05	60
Fina pjeskovita ilovača	1,10	59
Ilovača	1,15	56
Praškasta ilovača	1,20	55
Glinasta ilovača	1,30	51
Glina	1,40	48
Zbijena glina	1,55	42

45

Ocjena volumne gustoće tla (Harte, citat: Hazelton, Murphy, 2007.)

Volumna gustoća, $g\ cm^{-3}$	Ocjena
< 1,0	vrlo niska
1,0 - 1,3	niska
1,3 - 1,6	srednja
1,6 - 1,9	visoka
> 1,9	vrlo visoka

Kritične vrijednosti volumne gustoće za prodor biljnog korijena (Jones, 1983., citat: Hazelton, Murphy, 2007.)

Tekstura	Kritične vrijednosti $\rho_v, g\ cm^{-3}$
pjeskovita ilovača	1,8
fina pjeskovita ilovača	1,7
ilovača i glinasta ilovača	1,6
glina	1,4

46

Vrijednosti volumne gustoće ovise o: kemijskom sastavu, poroznosti, teksturi, vlažnosti tla.

“INDIKATOR ZBIJENOSTI TLA”

- Treseti ($0,1-0,7\ g\ cm^{-3}$)
- Oranica s teksturom pjeskovita ilovača i pijesak ($0,9-1,5\ g\ cm^{-3}$)
- Oranica s teksturom glina i praškasta ilovača ($1,2-1,8\ g\ cm^{-3}$)
- Mineral kvarc ($2,65\ g\ cm^{-3}$)

niska

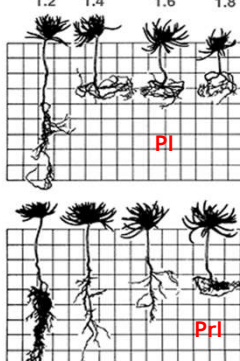


visoka

47

g/cm^3

1.2
1.4
1.6
1.8



(Ziso et al., 1980.)

Usporedba vrijednosti volumne gustoće tla na dubinu korijena u tlima različite teksture.

Efekt volumnih gustoća od 1,2; 1,4; 1,6 i 1,8 $g\ cm^{-3}$ na porast sadnica Austrijskog bora (Pinus nigra) u pjeskovitoj ilovači (dolje) i praškastoj ilovači (gore).

48

GUSTOĆA ČVRSTE FAZE TLA

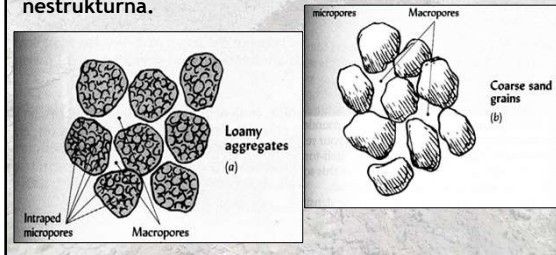
- Masa apsolutno suhog tla u jedinici volumena čvrste faze tla koja ovisi o: kemijskom i mineraloškom sastavu tla, te udjelu O.T.
- 2,4 - 2,9 g cm⁻³.
- ISKLUČENE** pore.
- Ako je tlo zbijeno da li se tada mijenja vrijednost gustoće čvrste faze tla???

NE!

49

POROZNOST TLA

PORE u tlu predstavljaju **slobodne prostore između strukturnih agregata tla i unutar njih**, ili između mehaničkih elemenata kada su tla nestrukturna.



50

Najpovoljniji odnos kapilarnih (mikropora) i nekapilarnih (makropora) = 3:2 - 1:1.

$$P = \left(1 - \frac{P_v}{P_c} \right) \times 100$$

Ocjena tla prema poroznosti (Gračanin, 1947.):

Ocjena tla	Ukupna poroznost, % vol.
vrlo porozna	> 60
porozna	60 - 45
malo porozna	45 - 30
vrlo malo porozna	< 30

51

Nekapilarne pore - pukotine i kanalići stvoreni radom faune i biljnog korijenja (biopore), šupljine između makrostrukturnih agregata tla ili krupnijih mehaničkih elemenata tla.

U njima se voda kreće descendentno (gravitacijsko kretanje) nakon dugotrajnih i jakih oborina ili nakon navodnjavanja.

Obično su ispunjene zrakom koji cirkulira u različitim pravcima.

U **kapilarnim porama** voda se drži kapilarnim silama. Nakon evaporacije u njih ulazi zrak.

Javlja se unutar agregata ili između mikrostrukturnih agregata.

52

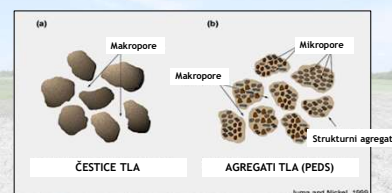
Poroznost i tekstura

- Glinasta tla imaju **sitnije** pore u odnosu na pjeskovita tla.
- Glinasta tla imaju **manje** pora i **nižu ukupnu poroznost** od pjeskovitih tala.
- Pore (šupljine) su smještene unutar i između strukturnih agregata tla.

Tekstura	O.T., %	P, %	Mikropore, %	Makropore, %
PI	2	42	17	25
PrI - dobra struktura	5	50	27	23
PrI - loša struktura	5	50	40	10

53

Poroznost/Struktura



Efekt obrade na poroznost tla

	O.T., %	P, %	Makropore, %	Mikropore, %
Prerija	5,6	58,3	32,7	25,6
Oranica (nakon 50 godina)	2,9	50,2	16	34,2

54


KONZISTENCIJA TLA

Konzistencija tla predstavlja **promjene stanja tla** djelovanjem sila kohezije i adhezije uslijed **različitog sadržaja vode**.

Svojsva tla izražena stupnjem i vrstom djelovanja sila adhezije i kohezije, kao i otporom tla na deformaciju i lom (Templin, 1947.)

Stanja konzistencije:

- Koherencija (kohezija)
- Zbijenost
- Ljepljivost
- Plastičnost tla



55

rahla **drobiva**



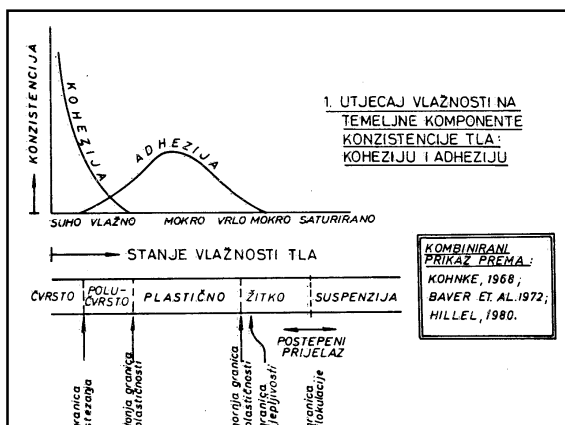

tvrd **vrlo tvrd**




Konzistencija tla ovisi o:

- količini i vrsti minerala gline,
- sadržaju vlage u tlu,
- sadržaju organske tvari u tlu,
- strukturi i
- adsorbiranim ionima.


56



57

Koherencija ili otpor pritiska je sposobnost tla da se odupre djelovanju sila koje imaju tendenciju drobljenja (usitnjavanja) strukturnih agregata tla. Prisutna je u suhim tlima. Ovisi o:

- teksturi (pjesak mala, a glina velika)
- sadržaju vlage u tlu,
- adsorbiranim ionima,
- posljedica je djelovanja kohezije.





Mjeri se silom koja je potrebna da se zdrobi jedinica volumena suhog tla, a izražava se u kg.

58

Zbijenost ili otpor prodiranja

- otpor koje tlo pruža prodiranju raznih tijela.
- kg cm^{-2} ,
- penetrometar,
- veći sadržaj gline (smektitne) i adsorbiranih Na^+ iona povećava zbijenost.

Džepni penetrometar

59

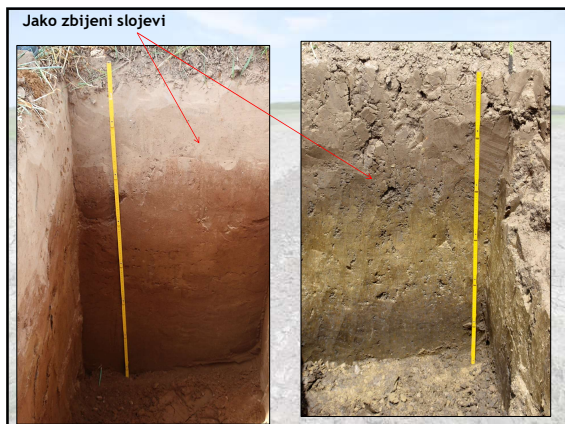
Važnost za poljoprivredu

jako zbijena ili tvrda tla pružaju veliki otpor prodiranju korijenovog sustava u tlo pri čemu dolazi do njegovog oštećenja i velikog gubitka energije.

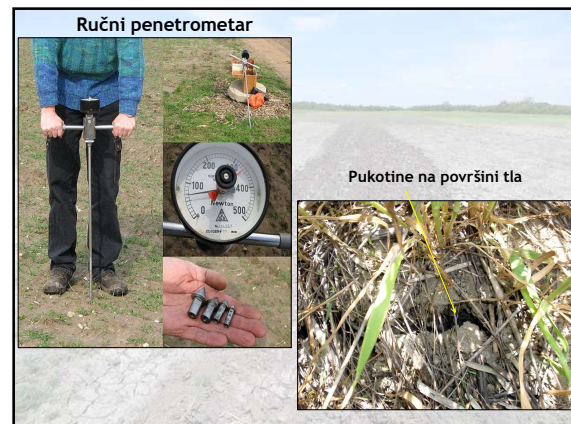



izvor: <http://www.farmwest.com/>

60



61



62

Povećanjem vlažnosti tla smanjuje se koherencija, a tla od zbijenih (tvrdih) postaju drobiva i rahla. To je posljedica stvaranja vodenih opni oko mehaničkih elemenata i strukturnih agregata te pojave i jačanja **adhezije** (fizikalna sila koja omogućava međusobno vezivanje čestica tla u vlažnom stanju). Omogućava lijepljenje čestica tla za različite predmete ili oruđa. Raste s povećanjem sadržaja gline, a smanjuje se povećanjem stabilnosti strukturnih agregata tla.

63

Ljepljivost tla - javlja se pod utjecajem sila međusobnog privlačenja čestica tla i oruđa za obradu, koji se pri određenoj vlažnosti sljepljuju.

- Rezultat je povećan otpor.
- Sila potrebna da se tlo odvoji od površine lijepljenja (g cm^{-2}).
- Ovisi o adsorbiranim ionima, sadržaju gline i vlažnosti.

64

PLASTIČNOST TLA

Plastičnost tla je sposobnost glinastih čestica da zadržavaju vodu, tlo se može modelirati te zadržava oblik nakon prestanka djelovanja sile.

I. Donja granica plastičnosti (w_p , PL) predstavlja najniži sadržaj vode u tlu pri kojem se ono još može modelirati. Konzistencija tla je drobiva, rahla.

- sadržaj vode nešto malo ispod PL predstavlja najpogodniji trenutak za obradu tla.

II. Gornja granica plastičnosti (w_L , LL) je količina vode pri kojoj tlo prelazi u tekuću, žitku masu.

65

III. Indeks plastičnosti (IP, PI) je razlika u sadržaju vode između gornje i donje granice plastičnosti.

PI = LL - PL

Najpogodniji trenutak za obradu tla je ispod donje granice plastičnosti (PL).

Povećan sadržaj gline, Ca^{2+} i Mg^{2+} iona povećava sadržaj vode kod granice plastičnosti.

Montmorilonitna glina je jako plastična, a halozitna potpuno neplastična.

Ocjena plastičnosti	Indeks plastičnosti	Tekstura
Neplastično	0	P
Slabo plastično	0 - 7	PI
Plastično	7 - 17	I
Visoko plastična	> 17	G

66

Konzistencija određuje veličinu otpora koje tlo pruža pri obradi. Prema Rode-u:

$$C = k \cdot a \cdot b$$

k = specifični otpor pluga; a = dubina oraničnog sloja, cm;

b = širina brazde, cm

Otpor koji tlo pruža ratilima ovisno o teksturi (Kovaljev)

	Specifični otpor, $kg\ cm^{-2}$	Obrada
teška glina	> 1,2	vrlo teška
glina	0,7 - 1,2	teška
glinasta ilovača	0,5 - 0,7	srednje teška
ilovača	0,4 - 0,5	srednje teška
pjeskovita ilovača	0,3 - 0,4	laka
ilovasti pijesak	< 0,3	vrlo laka

67

Korištena literatura:

- Bogunović, M. (2005): Pedologija - autorizirane pripreme za predavanja. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za pedologiju. Zagreb.
- Filipovski, G. (1974): Pedologija. Univerzitet "Kiril i Metodij" Skopje. Skopje.
- Racz, Z. (1986): Agrikulturna mehanika tla. Sveučilište u Zagrebu Fakultet poljoprivrednih znanosti Zagreb. Zagreb.
- Resulović, H., Čustović, H. (2002): Pedologija - opći dio. Univerzitet u Sarajevu. Sarajevo.
- Škorić, A. (1989): Sastav i svojstva tla. Fakultet Poljoprivrednih znanosti. Zagreb.
- Voronin, A. D. (1986): Osnovi fiziki počv. Izdateljstvo Moskovskogo universiteta. Moskva.
- Vidaček, Ž. (2000): Opća pedologija - autorizirane pripreme za predavanja. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za pedologiju.
- internet

68