

OSNOVE AGRIKULTURE

FIZIKALNO-MEHANIČKA SVOJSTVA I PLODNOST TLA

izv. prof. dr. sc. Vesna Vukadinović
akad. god. 2014/15.

UVOD

Pedologija = znanost o tlu; naziv dobila prema grčkim riječima *pedon* (tlo) + *logos* (znanost).



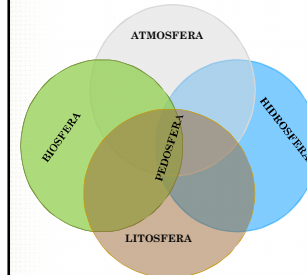
TLO je rastresita prirodno-povijesna tvorevina nastala djelovanjem pedogenetskih činitelja tijekom procesa pedogeneze na rastresitom matičnom supstratu ili trošini čvrste matične stijene.

- [Pravilnik o metodologiji za praćenje stanja poljoprivrednog zemljišta \(NN 43/14\)](#)
- [Pravilnik o agrotehničkim mjerama \(NN 142/13\)](#)

Tlo je samostalno „živo” i dinamičko prirodno-povijesno tijelo, nastalo postupnim razvojem iz trošina stijena djelovanjem fizikalnih, kemijskih i bioloških procesa koji ovise o konstelaciji pedogenetskih faktora, temeljem čega tla poprimaju karakteristična svojstva.

Tlo, kao rastresiti sloj Zemljine kore, je prostor između litosfere i atmosfere, koji je istovremeno u jakoj interakciji s biosferom i hidrosferom.

Najvažnija je sastavnica svih kopnenih ekosustava.

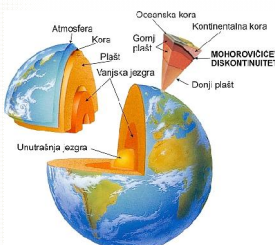


Međutim, zemljišni resursi u svijetu su ograničeni, neobnovljivi te nejednako raspoređeni u ekoregijama.

Tlo je sklono degradaciji, padu kvalitete uslijed lošeg gospodarenja u poljoprivredi, industrijskog zagađenja i nakupljanjem velikih količina urbanog otpada.

NASTANAK TLA (PEDOGENEZA)

Građa Zemlje



Izvor: <http://www.gfa.hr/sober/photo/zemlja.jpg>

Pedogenetski procesi:

- * trošenje primarnih i gena za sekundarnih minerala
- * razgradnja organske tvari i sinteza humusa
- * tvorba organo-mineralnih spojeva
- * migracije
- * specifični procesi

Pedogenetski činitelji:

- aktivni
 - * klima
 - * organizmi
- pasivni
 - * reljef
 - * matični supstrat
 - * vrijeme

PEDOSFERA - skup svih jedinica tala kopnenog dijela zemljine kore.

ZEMLJIŠTE - kopnena zemljina površina koja uključuje sva svojstva biosfere neposredno iznad ili ispod površine, kao i odlike klime, reljefa i hidrologije (s plitkim jezerima, rijekama, barama i močvarama), podpovršinske sedimentne naslage s rezervama podzemne vode, biljnu i životinjsku populaciju, naselja te posljedice prošle i sadašnje ljudske aktivnosti (terasiranje, vodne retencije ili drenažne strukture, puteve, zgrade i ostalo) (UN, 1994.; FAO, 1995.).

Zemljište je pojam za način korištenja tla.

ZEMLJA je planet.

- [Pravilnik o metodologiji za praćenje stanja poljoprivrednog zemljišta \(NN 43/14\)](#)
- [Pravilnik o agrotehničkim mjerama \(NN 142/13\)](#)

Zemljište u širem smislu obuhvaća fizikalni prostor – tlo, klimu, hidrološke i geološke značajke te vegetaciju u opsegu koji utječe na mogućnost korištenja, zatim rezultate prošle i sadašnje aktivnosti čovjeka sa ili bez društveno-ekonomskih uvjeta.

Poljoprivredno zemljište - poljoprivredne površine: oranice, vrtovi, livade, pašnjaci, voćnjaci, maslinici, vinogradi, ribnjaci, trstici i močvare, kao i drugo zemljište koje se uz gospodarski opravdane troškove može privesti poljoprivrednoj proizvodnji.

Fizika tla - primijenjena znanstvena disciplina, istražuje fizikalna svojstva tla i procese koji se odvijaju u tlu i na graničnoj površini atmosfera – pedosfera.

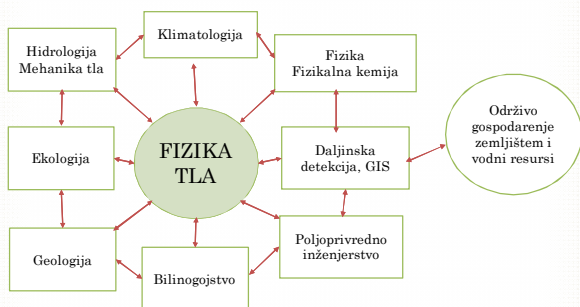
Agrofizika - istražuje tlo i prizemni sloj atmosfere (Australija, Rusija,...)

Mehanika tla - istražuje uglavnom dublje rastresite slojeve (matični supstrat) koji u inženjerskoj praksi predstavlja podlogu za različite objekte ili je građevinski materijal.

Fizikalna svojstva tla i procesi su bitni:

- * u zaštiti okoliša, naročito s aspekta poboljšanja kvalitete zraka, tla i vode
- * posredno utječu na efekt staklenika ispuštanjem plinova (CO₂, CH₄, N₂O,...)
- * kvaliteta zraka u velikoj mjeri ovisi o vjetru (prenošenje čestica tla, pesticida, soli i sl.)
- * za kretanje vode u tlu i na površini tla.

Interakcija fizike tla s ostalim temeljnim i primijenjenim znanstvenim disciplinama

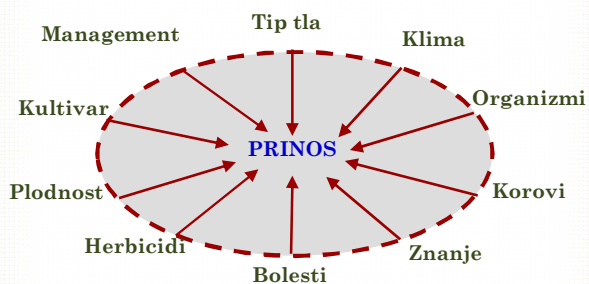


PLODNOST TLA

Plodnost je stanje tla određeno njegovom sposobnošću snabdijevanja biljaka biogenim (neophodnim) elementima ishrane.

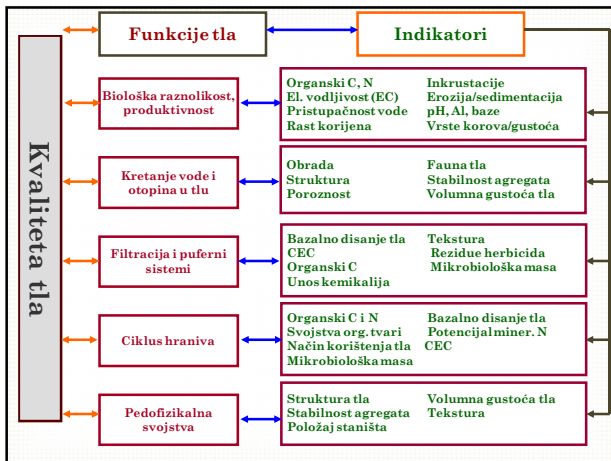
- * **Potencijalna** - ukupna plodnost;
- * **Efektivna** (produktivnost tla) - označava sposobnost tla da osigura biljkama potrebne uvjete za rast i razvoj.

Što sve utječe na visinu prinosa?



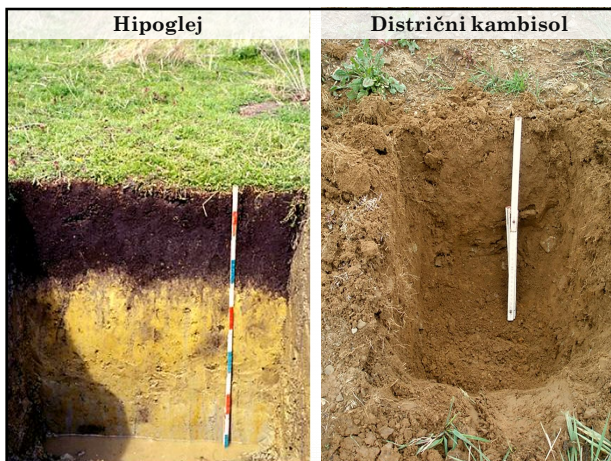
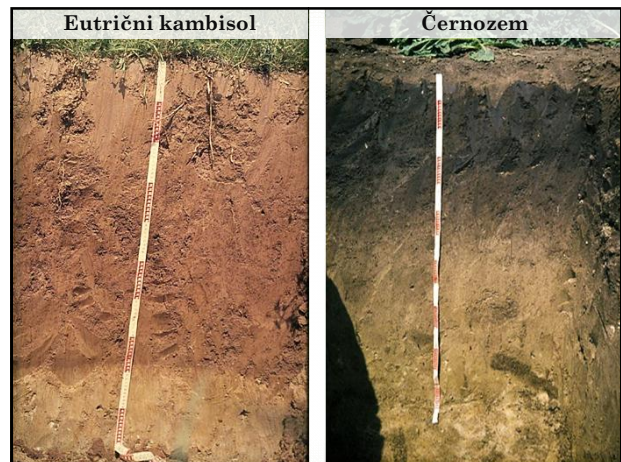
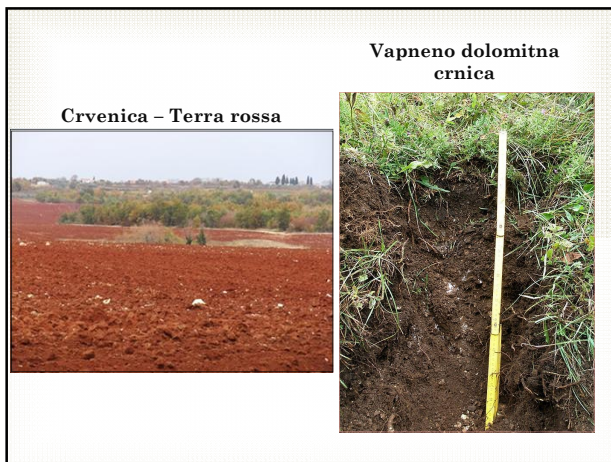
Temelj održive poljoprivrede





INDIKATORI KVALITETE TLA

- ☞ **Fizikalni indikatori:** tekstura tla, dubina tla, dubina oraničnog sloja (zona ukorjenjivanja), infiltracija, gustoća tla i retencijski kapacitet za vodu.
- ☞ **Kemijski indikatori:** sadržaj organske tvari (humusa) ili sadržaj ugljika i dušika, reakcija otopine tla, električni konduktivitet (EC) i bioraspoloživi ili fiziološki aktivni dušik (N), fosfor (P) i kalij (K).
- ☞ **Bioški indikatori:** mikrobiološki C i N, potencijal N-mineralizacije (anaerobna i aerobna inkubacija), disanje tla, sadržaj vode i temperatura tla.



FIZIKALNA SVOJSTVA TLA

TEKSTURA TLA

TEKSTURA (mehanički sastav tla) – kvantitativan 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*).

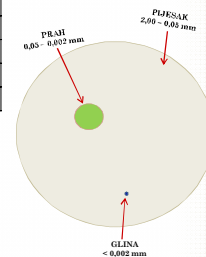
Klasifikacija frakcija mehaničkih elemenata (Atterberg, 1912.):

	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 = 2×10^{-3} 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



TEKSTURNE KLASSE

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

* **Pijesak (gruba tekstura)**

- Pijesak (P), Ilovasti Pijesak (IP)

* **Ilovača (srednja tekstura)**

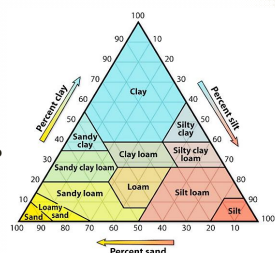
- Pjeskovita Ilovača (PI), Ilovača (I), Prah (Pr), Praškasta Ilovača (PrI)

- Glinasta Ilovača (GI), Pjeskovita Glinasta Ilovača (PGI)

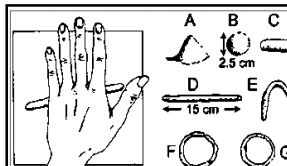
- Praškasto Glinasta Ilovača (PrGI)

* **Glina (fina tekstura)**

- Pjeskovita Glina (PG), Praškasta Glina (PrG), Glina (G)



Source: <http://dina-gro-blog.com/wp-content/uploads/2015/01/triangle.png>



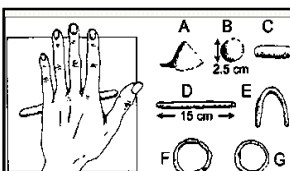
Feel Method (proba prstima)

određivanja teksture
(Irrigated wheat, FAO, 2000.)

Za lakše određivanje teksturne klase tlo ne smije biti suho, najpovoljnija je **vlažnost drobnice konzistencije** (nešto ispod donje granice plastičnosti), kada je ljepljivost minimalno izražena.

A - Pijesak = čestice tla ostaju nevezane, ne mogu se valjanjem oblikovati nikakve forme.

B - Pjeskovita ilovača = može se oblikovati kuglica koja se lako raspada. S većim postotkom praha (C) tlo se može valjati u kratke i debele valjčice pa se tada naziva **praškasta ilovača**.



Feel Method (proba prstima)

određivanja teksture
(Irrigated wheat, FAO, 2000.)

D - Ilovača = kod podjednagog omjera pijeska, praha i gline može se formirati valjčić (1 - 2,5 cm debljine) duljine oko 15 cm prije pucanja.

E - Glinasta ilovača = valjanjem se, kao kod ilovače, formiraju valjčići koje je moguće modelirati (valjčić se pažljivo savija u formu „U“ bez pucanja).

F - Ilovasta glina = tlo se bez teškoća može saviti u krug s nekoliko pukotina.

G - Glina = tlo se može oblikovati kao plastelin te napraviti od valjčića (debljine < 1 cm) krug bez ikakvih pukotina.

Tekstura tla je izvrstan indikator agronomskih svojstava tla/zemljišta. Iz tog razloga je u konvencionalnim metodama procjene produktivnosti poljoprivrednih zemljišta (bonitiranje) prihvaćena kao najvažnije mjerilo.

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.

SKELET

- * > 2 mm,
- * kemijski neaktivne čestice tla nastale fizikalnim trošenjem,
- * 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.



Skeletoidna tla

< 50 % skeletnih čestica:



Skeletna tla

> 50 % skeletnih čestica:



PIJESAK

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

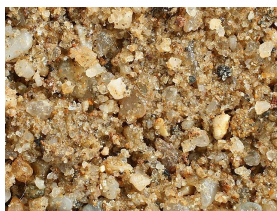
Čestice pijeska su zaobljenih ili oštrog rubova.

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

Specifična površina:

1 g pijeska ~ 0,1 m²

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



Tekstura: ilovasti pijesak-pijesak

(85,28 % pijeska; 7,40 % praha; 7,31 % glina)



- * laka obrada u širokom intervalu vlažnosti,
- * mali specifični vučni otpor,
- * niska retencija vode,
- * usjevi u sušnim periodima godine stradavaju od deficita vlage, jer se gravitacijska voda vrlo brzo descendentnim tokovima procjeđuje u dubinu izvan rizosfernog sloja biljaka,
- * procjeđivanjem vode ispiru se i značajne količine pristupačnih hraniva.

Problemi u gospodarenju pjeskovitim tlima

(pjeskovita ilovača, ilovasti pijesak i pijesak):

- a) pojačana opasnost od erozije,
- eolska (deflacija) u sušnim uvjetima kada tlo nije prekriveno vegetacijom,
 - u zimsko-proljetnom periodu obilnijih oborina javlja se erozija vodom na blago nagnutim padinama u situacijama kada na neobraslom tlu bujice prenose znatne količine zemljišnog materijala u udoline.



b) preporučene mjere gospodarenja i popravke

- uvesti sustav reducirane obrade tla ili
- nakon žetve strnih žitarica poželjno je biljne ostatke ostaviti na površini tla, jer se njenim ogoljavanjem intenzivira deflacija;
- korištenje čizel plugova, koji usitnjavaju zbijeni sloj bez prevrtanja;
- zakorovljenost se može riješiti košnjom korova neposredno prije osjemenjivanja ⇒ niža razina ulaganja;
- zbog intenzivne evaporacije na pjeskovitim tlima sjetva mora ići odmah nakon predsjetvene pripreme uz obvezno valjanje površine. Prednost imaju rebrasti valjci pred glatkima, jer je ravna površina jače izložena vjetru ⇒ minimalizira se gubitak vlage iz tla.

ILOVAČA

Prema CSSC i USDA:

Pjeskovita ilovača (PI) = 7-20 % gline, > 52 % pijeska, a udio praha + dvostruki udio gline iznosi 30 % ili više; ili < 7 % gline, < 50 % praha i > 43 % pijeska.

Ilovača (I) = 35 % pijeska + 45 % praha + 20 % gline.

Pjeskovito glinasta ilovača (PGI) = 20-35 % gline, < 28 % praha, > 45 % pijeska.

Praškasto glinasta ilovača (PrGI) = 27-40 % gline, < 20 % praha.

S agronomskog aspekta ilovasta tla su najpovoljnija: imaju povoljan vodni, zračni i toplinski režim, intenzivnu mikrobiološku aktivnost, a to znači za biljke povoljne uvjete rasta i razvoja.

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.

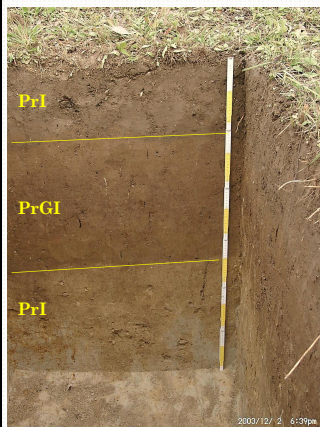
Specifična površina: 1 g praha ~ 1 m^2 .

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

Praškasta tekstura



Tla s velikim udjelom praha su podložna eroziji



0 - 25 cm = praškasta ilovača
pijesak = 3,58 %
prah = 71,46 %
glina = 24,96 %

25 - 50 cm = praškasto glinasta ilovača
pijesak = 1,80 %
prah = 66,70 %
glina = 31,50 %

50 - 100 cm = praškasta ilovača
pijesak = 8,30 %
prah = 71,76 %
glina = 19,94 %

GLINA

Najvećim dijelom nastaje procesima kemijskog trošenja primarnih minerala.

Specifična površina: 1 g gline ~ 10 - 1 000 m^2

Ima veliku sposobnost retencije (držanja) vode te je u vlažnom stanju jako izražena ljepljivost (cement ili lijepak), bubrenje i plastičnost.

Kapacitet tla za zrak je mali pošto prevladavaju mikropore, koje stvaraju preduvjete za visok, ali spor kapilarni uspon te slabo procjeđivanje vode.

Osnovna odlika im je slaba prirodna dreniranost, što za biljke znači nepovoljan vodno zračni režim i slabu biogenost.

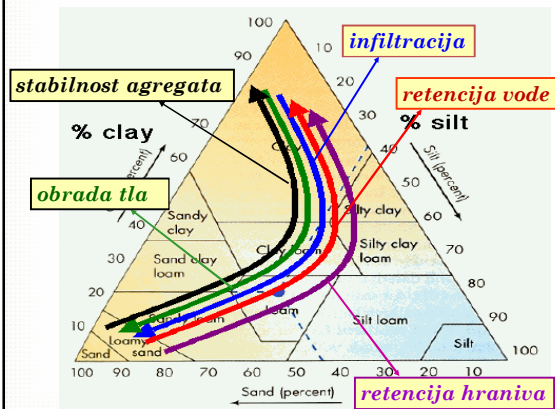
- * loša infiltracija pri većim količinama oborina izaziva prevlaživanje, što ima za posljedicu oštećenje usjeva zbog manjka kisika;
- * suvišna voda otežava ili onemogućava obradu, sjetvu i druge agrotehničke operacije.
- * vlaženjem glina bubri, a sušenjem dolazi do kontrakcija i nastanka pukotina. Rezultat je pucanje korijena, posebno korijenovih dlačica;



- * 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.



Utjecaj teksture tla na neka svojstva



Popravlak teksture tla

Mehanički sastav tla je svojstvo uvjetovano pedogenetskim procesima tako da redovne agrotehničke mjere ne utječu bitno na promjenu teksture.

Mjere popravke

- * miješanje sa sitnicom druge teksturne klase u manjem omjeru (npr. miješanje pijeska s glinastim tлом ili obrnuto)
- * uklanjanje kamenja s površine ili iz površinskog horizonta oranica, šumskih i livadskih tala
- * produbljivanje oraničnog horizonta miješanjem slojeva i horizonata različite teksture (dubinsko rahljenje, rigolanje)
- * miješanje oraničnog sloja mineralnih tala s tresetom ili kompostom ne smatra se mjerom popravke teksture, nego samo obogaćivanjem tla organskom tvari.

STRUKTURA TLA

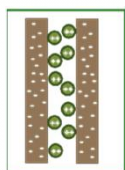
Struktura tla je način povezivanja ili nakupljanja mehaničkih elemenata tla u agregate (*peds*).

Važan je indikator plodnosti tla/zemljišta, jer utječe na: vodni, zračni i toplinski režim tla, poroznost, a indirektno i na kemijska i biološka svojstva, rast korijena te pogodnost tla za obradu.

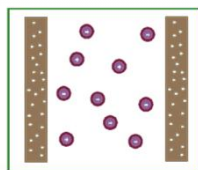
Struktura tla je rezultat pedogenetskih procesa i evolucije, a glavni činitelji su: elektroliti, minerali gline, smrzavanje, vlaženje i sušenje, sadržaj organske tvari, biljno korijenje, fauna, agrotehničke mjere i dr.

Nastanak strukturalnih agregata tla:

- 1. koagulacija (flokulacija)**– stvaranje pahuljičastih nakupina i taloženje koloidnih čestica iz suspenzije s 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 > 15 % izmjenjivog natrija (ESP) odvija se peptizacija koloida ⇒ nema nastanka stabilnih mikrostrukturalnih agregata tla.



koagulacija (Ca^{2+})



peptizacija (Na^+)

- 2. cementacija (granulacija)**– stvaranje mezo i makro strukturalnih agregata tla sljepljivanjem mikroagregata

- * važnu ulogu pri sljepljivanju ima $\text{Fe}(\text{OH})_3$ koji pri isušivanju tla popunjava mikropore unutar agregata
- * kalcijev karbonat (CaCO_3)
- * u kiselim tlima seskvi oksidi Al i Fe pozitivnog naboja vežu se na minerale gline negativnog naboja
- * sljepljivanjem čestica i mikroagregata tla pomoću humata kalcija i trovalentnog željeza nastaje, s poljoprivrednog aspekta, najpovoljnija struktura (**mrvičasta do graškasta**)
- * nerazložena mrtva organska tvar služi kao hrana mikroorganizmima, a oni izlučuju tvari koje sljepljuju mehaničke čestice u stabilne strukturalne agregate.



* korijenje trava, jednogodišnjih ranih leguminoza i strnih žitarica povoljno utječe na stvaranje agregata tla.

Strukturni agregati se **prema veličini** dijele na **mikroagregate** (< 0,25 mm) i **makroagregate** (> 0,25 mm), a **prema obliku** na:

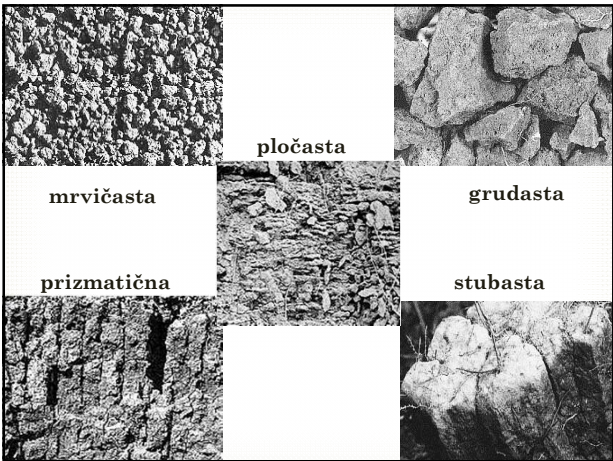
1. **kockaste**
 - a) praškasti: < 0,5 mm
 - b) mrvičasti: 0,5 – 5,0 mm
 - c) graškasti: 5,0 – 10,0 mm
 - d) orašasti: 10,0 – 35,0 mm
 - e) grudasti: > 35,0 mm
2. **stubaste**
3. **plosnate**

Veličina agregata utječe na odnos kapilarnih i nekapilarnih pora.

Najpovoljnija vodno zračna svojstva imaju agregati dimenzija 0,25 – 10 mm. Vučić (1987.), citirajući Veršinina, 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.



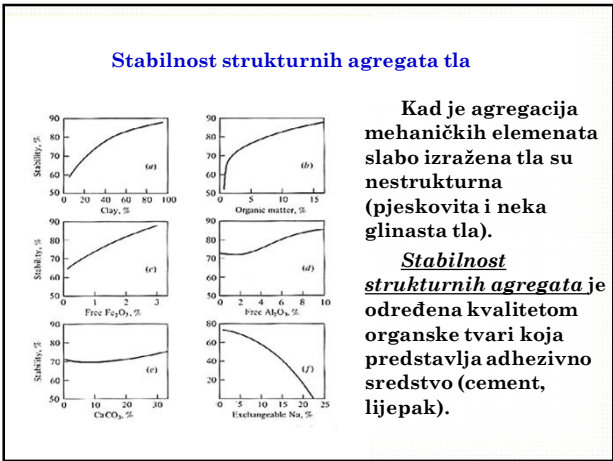
Stabilnost strukture je otpornost strukturnih agregata prema promjenama, najčešće uslijed vlaženja ili gaženja teškim oruđima. Posljedice su: povećana zbijenost, razaranje strukture, uništavanje sekundarnih agregata i pora.

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

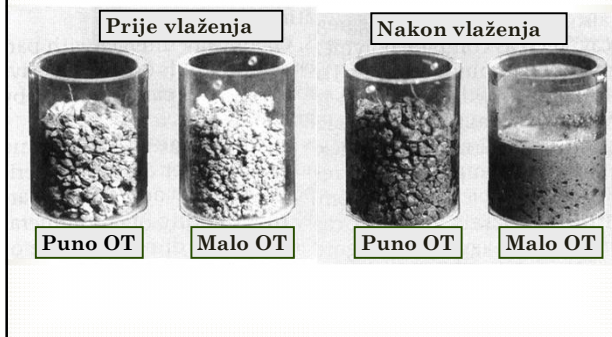
Nestabilna struktura smanjuje infiltraciju i propusnost za vodu, pojačava evaporaciju, pogoršava aeraciju, omogućava stvaranje pokorice i intenzivira eroziju vodom.



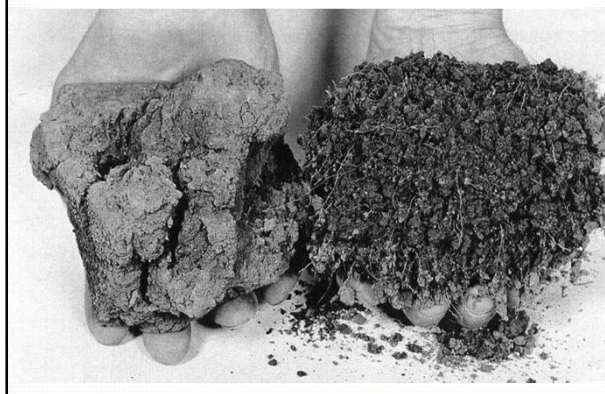
Stabilnost prema rasplinjavanju u vodi ovisi o: uvjetima vlaženja, sadržaju gline, sadržaju i sastavu adsorbiranih kationa, prisustvu seskvi oksida i sadržaju organske tvari.



Utjecaj organske tvari (OT) na stabilnost strukturnih agregata tla



Utjecaj biljnog korijena na strukturu



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 (DTS) u plodoređu.

GUSTOĆA TLA

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

1. Volumna gustoća – simboli: ρ_v , ρ_b , D_b

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

2. Gustoća čvrste faze tla – simboli: ρ_c , ρ_s , D_p

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

1. Volumna gustoća tla je masa apsolutno suhog tla u jedinici volumena. „Indikator zbijenosti tla“

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

Ovisnost teksture, volumne gustoće i poroznosti tala

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

• u poljoprivrednim tlima: 1,0 – 1,6 (2,0) $Mg\ m^{-3}$

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

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

$\rho_v\ g\ cm^{-3}$	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 korijenja (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

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

“INDIKATOR ZBIJENOSTI TLA”

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

niska



visoka

2. **Gustoća čvrste faze tla** je masa apsolutno suhog tla u jedinici volumena čvrste faze tla koja ovisi o: kemijskom i mineraloškom sastavu tla, te udjelu organske tvari.

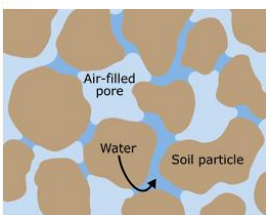
Kreće se u granicama $2,4 - 2,9 \text{ g cm}^{-3}$.

Zbijenost tla ne mijenja vrijednost gustoće čvrste faze tla!



POROZNOST TLA

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



<http://www.salinitymanagement.org/Salinity>



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

Ocjena tla prema poroznosti (Gračanin, 1947.):

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

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.

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.

Javljaju se unutar agregata ili između mikrostrukturnih agregata.

KONZISTENCIJA TLA

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

Svojstva 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



rahla



drobiva



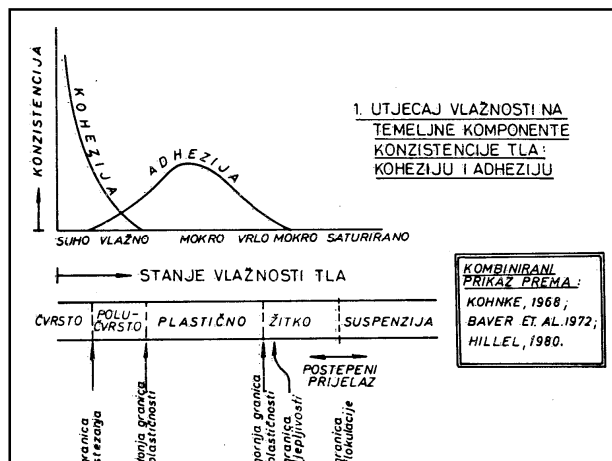
Konzistencija tla najviše ovisi o: količini i vrsti minerala gline, te sadržaju vlage u tlu.

U manjoj mjeri ovisi o: sadržaju organske tvari u tlu, strukturi i adsorbiranim ionima.

tvrda




vrlo tvrda

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 (pijesak 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.

Zbijenost ili otpor prodiranja

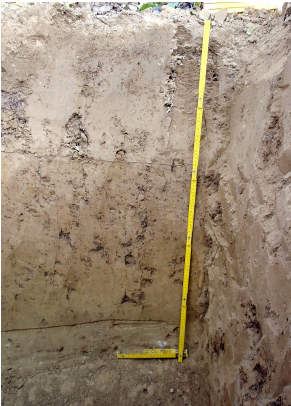
- otpor koje tlo pruža prodiranju raznih tijela.
- kg cm^{-2} ,
- penetrometar,
- veći sadržaj gline (smektitne) i adsorbiranih Na^+ iona povećava zbijenost.




Džepni penetrometar

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.




Ručni penetrometar



Ring penetrometar



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.

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 za odvajanje tla od površine lijepljenja (g cm^{-2}).
- * ovisi o adsorbiranim ionima, sadržaju gline i vlažnosti.

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 ili stanje fizičke zrelosti tla za obradu
- II. **Gornja granica plastičnosti** (w_L , LL) je količina vode pri kojoj tlo prelazi u tekuću, žitku masu.

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 haloizitna potpuno neplastična.

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

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)

Tekstura	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