

3 Klasifikacija tla i pokazatelji stanja tla.

3.1 Osnovne grupe tla

Postoji niz različitih klasifikacija tla. Svakako, klasifikacija treba omogućiti da se pomoću jednostavnih ispitivanja tla svrstaju u grupe (klase) unutar kojih će ponašanje tla biti slično, i to u bitnim elementima.

Uglavnom, tla se dijele prije svega na

- ❖ **krupnozrna tla** (*coarse soils*), za koja vrijedi da je više od 50% mase ili težine čvrstih čestica veličine šljunka ili pijeska, tj. većih od 0,06 mm ili 0,074 mm, dale čestica koje se uglavnom vide golim okom: to su uglavnom sipka tla i ponekad iz zovemo nekoherentnim tlima;
- ❖ **sitnozrna tla** (*fine soils*), za koja vrijedi da je više od 50% mase ili težine čvrstih čestica veličine praha ili gline, tj. čestica koje se ne vide golim okom: zato što su za mnoga od tih tala kohezivne sile između čvrstih čestica velike, ponekad iz zovemo koherentnim tlima.

3.2 Klasifikacija krupnozrnih tala

Ponašanje krupnozrnih tala uvjetovano je prije svega veličinom njihovih zrna tj. granulometrijskim sastavom. Zato se i klasifikacija krupnozrnih tala zasniva na granulometrijskom sastavu.

Pri tome, iako su klase tj. grupe tala uglavnom prepoznate na sličan način po cijelom svijetu, različite norme vode do različitih oznaka. Ovdje se – nakon oklijevanja – koriste oznake koje su dugo bile uobičajene u Hrvatskoj. Međutim, pri svakom korištenju oznaka treba imati pri ruci i normu po kojoj je klasifikacija izvedena.

Prije svega, razlikuju se dvije grupe prema veličini najviše zastupljenih zrna (mjereći postotak mase ili težine):

- ❖ **šljunci** (*gravel* ⇒ česta oznaka **G**) su krupnozrna tla u kojima su pretežno zastupljena zrna šljunka,
- ❖ **pijesci** (*sand* ⇒ česta oznaka **S**) su krupnozrna tla u kojima su pretežno zastupljena zrna pijeska.

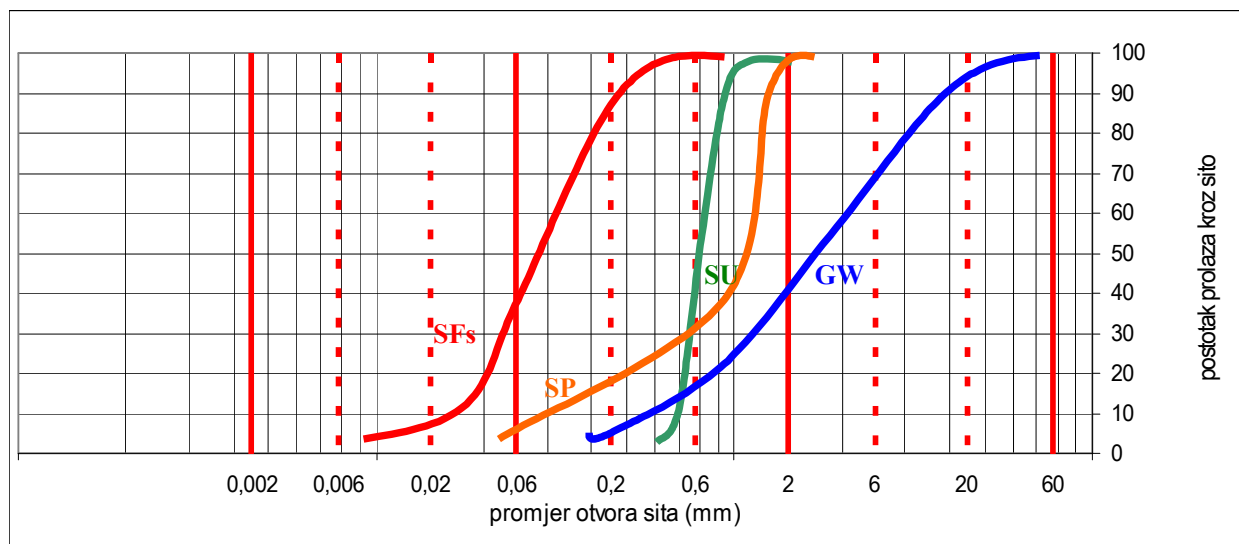
Svaka od ovih grupa dalje se dijeli prema granulometrijskom sastavu koji se zorno vidi iz oblika granulometrijskog dijagrama.

- ❖ **dobro graduirana** (*well graded* ⇒ česta dodatna oznaka **W**) su tla – šljunci, **GW** ili pijesci, **SW**, širokog granulometrijskog područja sa svim frakcijama dobro zastupljenim
npr. definira se:
 $C_U = D_{60}/D_{10}$ veće od 4 za šljunke ili 6 za pijeske,
 $C_C = (D_{30})^2/(D_{10}D_{60})$ između 1 i 3),
sitnih čestica ima manje od 5%
- ❖ **slabo graduirana** tla (*poorly graded* ⇒ česta dodatna oznaka **P**) – šljunci, **GP** ili pijesci, **SP** – kojima nedostaje neka frakcija unutar granulometrijskog područja tj. ne zadovoljavaju uvjete za dobro graduirana tla, a sitnih čestica ima manje od 5%
- ❖ **jednolično graduirana** tla (*uniformly graded* ⇒ česta dodatna oznaka **U**) – šljunci, **GU** ili pijesci, **SU** – koje čini jedna frakcija, sitnih čestica ima manje od 5%
- ❖ **slabo graduirana tla sa mnogo prašinstih čestica** (*silt* ⇒ česta dodatna oznaka **M** ili **Fs**) – šljunci, **GM** ili **GFs** ili pijesci, **SM** ili **SFs**, sitnih čestica ima više od 12%, a klasificiraju se kao prah (v. **3.4**)
- ❖ **slabo graduirana tla sa mnogo glinovitih čestica** (*clay* ⇒ česta dodatna oznaka **C** ili **Fc**) – šljunci, **GC** ili **GFc** ili pijesci, **SC** ili **SFc**, sitnih čestica ima više od 12%, a klasificiraju se kao prah (v. **3.4**)
- ❖ kombinacije tala ako je sitnih čestica 5 do 12% i slično, npr. **SFc/SFs**.

Ukratko, klasifikacija krupnozrnih tala vrši se prema granulometrijskom sastavu, prije svega prema veličini zrna i širini ili pravilnosti zastupljenih frakcija. Posebni značaj daje se – zbog utjecaja na ponašanje tla – prisutnosti

sitnih čestica, koje se opisuju onako kako se klasificiraju sitnozrna tla. Sitne čestice mogu bitno utjecati na ponašanje tla, posebno na čvrstoću, stišljivost i propusnost.

Klasifikacija tla odnosi se samo na čvrste čestice toga tla i za provođenje potrebnih postupaka dovoljan je poremećeni uzorak (tj. nije nužan neporemećeni uzorak tla kome treba sačuvati i strukturu i vlažnost). Ipak, pripadnosti određenoj klasi, pri opisu nekog zemljanog materijala, dodaju se i svi ostali dostupni podaci: veličina najvećeg zrna, zaobljenost, tvrdoća, mineraloški sastav, boja, možda geološki podaci i slično. Radi li se o neporemećenom tlu, opisuje se i zbijenost tla i slično.



Slika 3-1. Granulometrijski dijagram s četiri granulometrijske krivulje i odgovarajućim klasifikacijskim oznakama.

3.3 Pokazatelji stanja za krupnozrna tla

Da bi se opisalo stanje krupnozrnog tla, najčešće se koristi relativni koeficijent pora, time se uspoređuju dani koeficijent pora sa tzv. maksimalnom i minimalnom vrijednosti dobivenom normiranim postupcima (v. 2.6)

$$D_r = (e_{\max} - e) / (e_{\max} - e_{\min})$$

Postoje različite ocjene stupnja zbijenosti:

npr. tlo je **rahlo** ako je $0 < D_r < 0,33$, **srednje zbijeno** ako je $0,33 < D_r < 0,66$, **zbijeno** ako je $0,66 < D_r$ ili **vrlo rahlo** ako $0 < D_r < 15\%$, **rahlo** ako $15\% < D_r < 35\%$, **srednje zbijeno** ako $35\% < D_r < 65\%$, **zbijeno** ako $65\% < D_r < 85\%$, **vrlo zbijeno** ako $85\% < D_r$.

Novija istraživanja pokazuju, međutim, da ocjena zbijenosti predstavlja samo dio informacije: stanje napreznja u tlu svakako treba uzeti u obzir, osim koeficijenta pora, da bismo predvidjeli ponašanje tla. To je vrlo zanimljivo područje znanosti u brzom razvoju.

3.4 Klasifikacija sitnozrnih tala

Sitnozrna tla najčešće se klasificiraju prema granicama plastičnosti i sadržaju organskih tvari u dijelu uzorka koji čine čestice manje od oko 3 mm (1/8"). Pri tome se koristi dijagram plastičnosti:

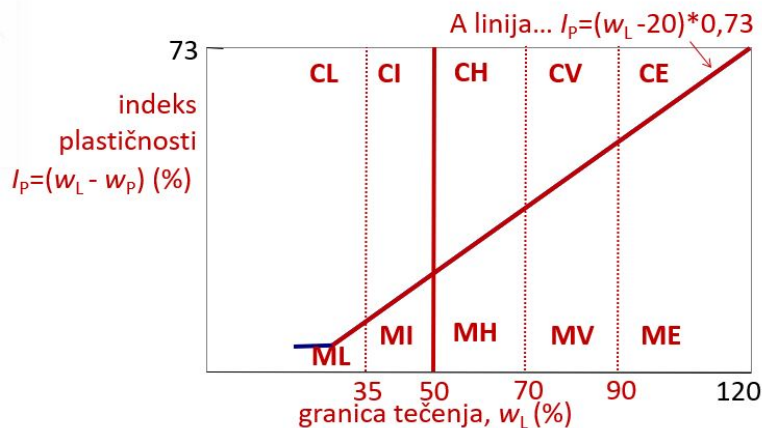
- ❖ **prah (silt, česta oznaka M)** su sitnozrna tla čiji par vrijednosti w_L, I_p u dijagramu plastičnosti odgovara području ispod A – linije i nemaju organskih tvari. Dijele se prema granici tečenja na
 - ❖ **prah niske plastičnosti (low plasticity silt), ML** za koje $w_L < 35\%$
 - ❖ **prah srednje plastičnosti (intermediate plasticity silt), MI**, za koje $35\% < w_L < 50\%$
 - ❖ **prah visoke plastičnosti (high plasticity silt), MH** za koje $50\% < w_L < 70\%$
 - ❖ **prah vrlo visoke plastičnosti (very high plasticity silt), MV** za koje $70\% < w_L < 90\%$
 - ❖ **prah ekstremno visoke plastičnosti (extremely high plasticity silt), ME** za koje $90\% < w_L$
- ❖ **gline (clay, česta oznaka C)** su sitnozrna tla čiji se par vrijednosti w_L, I_p u dijagramu plastičnosti nalazi iznad A – linije, (i nema organskih tvari)

- ❖ glina niske plastičnosti (*low plasticity clay*), **CL** za koje $w_L < 35\%$
- ❖ glina srednje plastičnosti (*intermediate plasticity clay*), **CI** za koje $35\% < w_L < 50\%$
- ❖ glina visoke plastičnosti (*high plasticity clay*), **CH** za koje $50\% < w_L < 70\%$
- ❖ glina vrlo visoke plastičnosti (*very high plasticity silt*), **CV** za koje $70\% < w_L < 90\%$
- ❖ glina ekstremno visoke plastičnosti (*extremely high plasticity silt*), **CE** za koje $90\% < w_L$

- ❖ **organske gline** (*organic clay* ⇒ česta oznaka **O**) su koherentna tla čiji par vrijednosti w_L , I_P u dijagramu plastičnosti i sadrže organske tvari
- ❖ **niske plastičnosti** (*low plasticity*), **OL** za koje $w_L < 35\%$
- ❖ **srednje plastičnosti** (*intermediate plasticity*), **OI** za koje $35\% < w_L < 50\%$
- ❖ **visoke plastičnosti** (*high plasticity*), **OH** za koje $50\% < w_L$

- ❖ **treset** (*peat* ⇒ česta oznaka **Pt**) je vlaknasto tlo sa mnogo organskih tvari, velike stišljivosti i svakako nepogodno za gradnju.

Za ovakvu je klasifikaciju sitnozrnog tla potrebno poznavati sadržaj organskih tvari, te, na dijelu tla iz koga su odstranjene čvrste čestice veće od 3 mm, izvesti ispitivanja za određivanje granice tečenja i granice plastičnosti. Nije, dakle, potrebno imati neporemećeni uzorak tla, kojemu bi bile sačuvane izvorna struktura i vlažnost. Ipak, potrebno je ne dopustiti da se prije ispitivanja uzorak presuši, te je važno pažljivo voditi ispitivanja. Također, osim pripadnosti određenoj klasi, pri opisu nekog zemljanog materijala, dodaju se i svi ostali dostupni podaci: veličina najvećeg zrna, možda mineraloški sastav, boja, miris, možda geološki podaci i slično. Ako je to moguće, opisuje se i gnječivost tla i slično.



Slika 3-2. Dijagram plastičnosti s klasifikacijskim oznakama za pojedine grupe koherentnih tala..

3.5 Pokazatelj stanja za sitnozrna tla

Dobar jednostavni pokazatelj ponašanja sitnozrnog tla je vlažnost u usporedbi s granicama plastičnosti, tj. konzistentno stanje. Zato, osim indeksa plastičnosti, $I_P = w_L - w_P$, koji opisuje plastičnost i najčešće se koristi za klasifikaciju tla, dakle za opis svojstava čvrstih čestica, često se koriste dva indeksa koji uspoređuju vlažnost u danom stanju sa granicama plastičnosti.

Indeks konzistencije, I_c (consistency index)

$$I_c = (w_L - w) / (w_L - w_P),$$

$I_c = 0$ ako je uzorak na granici tečenja, $I_c = 1$ na granici plastičnosti, uzorak je u plastičnom stanju ako je $0 < I_c < 1$, u žitkom ako je $I_c < 0$.

Indeks tečenja, I_L (liquidity index)

$$I_L = (w - w_P) / (w_L - w_P),$$

$I_L = 0$ ako je uzorak na granici plastičnosti, $I_L = 1$ na granici tečenja, uzorak je u plastičnom stanju ako je $0 < I_L < 1$, u žitkom ako je $I_L > 1$.

Vrijedi primijetiti da $I_c + I_L = 1$.

Budući da granica plastičnosti, w_p , i granica tečenja, w_L , predstavljaju vlažnost koherentnog tla pri određenim čvrstoćama (o čvrstoći tla više u posebnom poglavlju), indeks tečenja daje se korelirati (usporediti) s čvrstoćom tla. Dakle će indeks tečenja biti dragocjeni podatak pri procjeni čvrstoće tla.

3.6 Identifikacija tla na terenu

Klasifikacija tla obavlja se na reprezentativnom uzorku tla u laboratoriju. Prije nego se laboratorijska ispitivanja obave, čak prije nego se uzorci otpreme, uobičajeno je, odmah pri vađenju uzoraka, sve dostupne podatke zapisati. Čak klasifikacija tla obavlja se prema granulometrijskom sastavu ocijenjenom vizualno, te na osnovu jednostavnih ispitivanja koji se dadu obaviti na terenu. U knjizi profesora Nonveillera (1) dan je lijepi pregled ovih pokusa, kao i potencijalnih zaključaka.

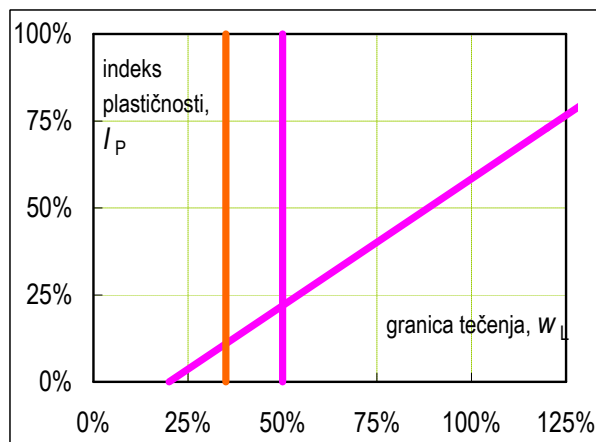
3.7 Popis citirane i preporučljive literature:

1. Nonveiller, E., 1990, *Mehanika tla i temeljenje građevina*, Školska knjiga, Zagreb, 853 str.

3.8 Zadaci

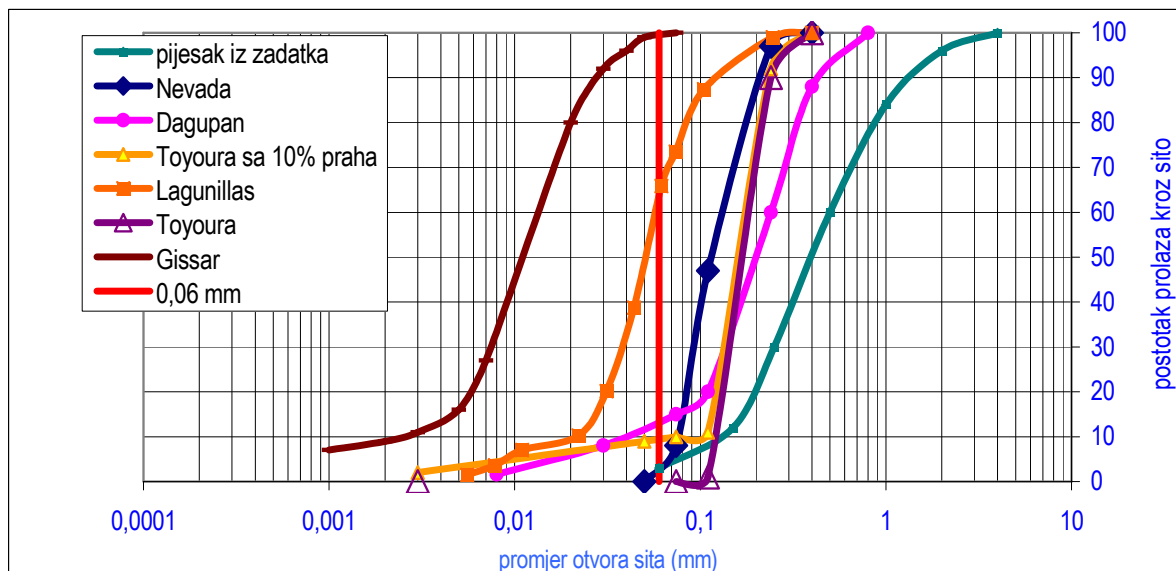
1 Konzistentno stanje i klasifikacija.

- Neporemećeni uzorak je mase $m = 350,0$ g
 i volumena $V = 200,0$ cm³
 odredite gustoću uzorka, $\rho = 1,75$ g/cm³
 i jediničnu težinu, $\gamma = 17,5$ kN/m³
- Poslije sušenja, isti uzorak ima masu $m_d = 222,2$ g
 Odredite masu vode u uzorku, $m_w = 127,8$ g
 Odredite masu čvrstih čestica, $m_s = 222,2$ g
 Odredite vlažnost uzorka, $w = 58\%$
- Ako je granica tečenja jednaka $w_L = 100\%$
 granica plastičnosti je $w_P = 60\%$
 a granica stezanja je $w_S = 30\%$
 odredite indeks plastičnosti $I_P = 40\%$
- Ucrtajte podatke o tlu u dijagram plastičnosti
 U tlu nema organskih tvari, klasificirajte tlo
 Odredite konzistentno stanje tla:



2 Granulometrijski sastav i klasifikacija.

Klasificirajte materijale na slici, rezultati laboratorijskog ispitivanja dati su u tablici u nastavku.



	količina sitnih čestica D_{50} (mm)	ρ_s (g/cm ³)	e_{min}	e_{max}	za sitne čestice: w/L	za sitne čestice: I/P
Nevada	8%	0,1	2,67	0,511	0,887	
Tia Juana	12%	0,16	2,68	0,62	1,099	
Dagupan	15%	0,2	2,825	0,700	1,454	
Lagunillas	74%	0,05	2,69	0,766	1,389	26,9%
Gissar	100%	0,015	2,755	0,49	1,772	32,4%
Toyoura s 10% praha	10%	0,175	2,65	0,532	1,04	21,7%

Pijesak Nevada korišten je za ispitivanje utjecaja rahlosti na ponašanje u nedreniranim uvjetima, kao u potresu. U tu svrhu u laboratoriju su pripremljeni uzorci (*reconstituted specimens*) koristeći tri različita postupka, a različitih rahlosti, ali pazeći na homogenost uzoraka. Najveći raspon rahlosti postiže se postupkom pri kojem se pijesak ili prah vlažnosti oko 5%, ali jednolike po cijelom uzorku, ugrađuje u slojevima više ili manje nježnim korištenjem batića. Pijesak Nevada pripremljen je u nizu uzoraka, gdje su koeficijenti pora redom:

0,956 0,908 0,880 0,852 0,847 0,835 0,829 0,823 0,799 0,750

Izračunajte relativni porozitet.

Rezultati ispitivanja mogu se vidjeti u nastavku, u poglavlju o Deformabilnosti i čvrstoći tla.