



Studijski program:

GRAĐEVINARSTVO

Modul:

Zajedničke osnove

Godina/Semestar:

2. godina / 3. semestar

Naziv predmeta (šifra):

MEHANIKA TLA (B3O2MT)

Asistent:

Milena Raković

Naslov vežbi:

GRANULOMETRIJSKI SASTAV TLA

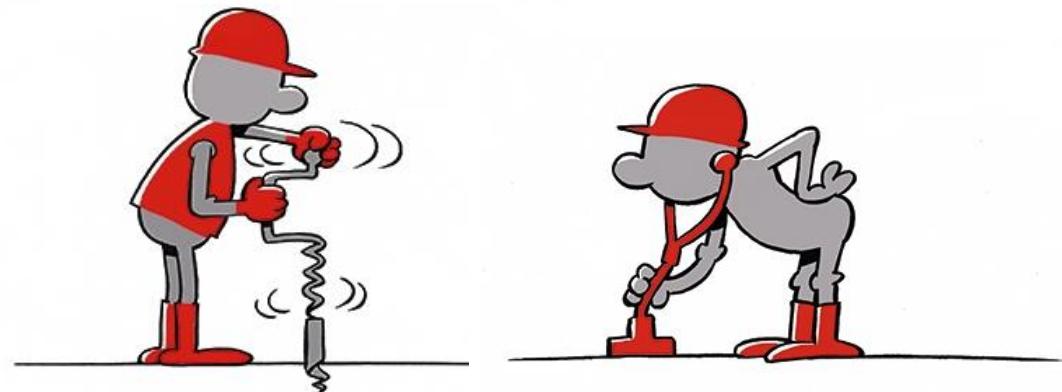
GRANICE KONZISTENCIJE TLA

Datum:

11-15.3.2024.

Beograd, 2024.

GRANULOMETRIJSKI SASTAV TLA GRANICE KONZISTENCIJE TLA



IDENTIFIKACIJA I KLASIFIKACIJA TLA

➤ **KRUPNOZRNA TLA** variraju sa veličinama zrna od komada stene do šljunka i peska:

- Blokovi $d > 200$ mm
- Obluci (drobina) $200 > d > 60$ mm
- Šljunak $60 > d > 2$ mm
- Pesak $2 > d > 0.06$ mm



➤ **SITNOZRNA TLA** se najvećim delom sastoje od zrna prašine i gline:

- Prašina $0.06 > d > 0.002$ mm
- Gлина $d < 0.002$ mm



➤ **ORGANSKA TLA** sadrže organske materije nastale raspadanjem biljnih i životinjskih produkata.

IDENTIFIKACIJA I KLASIFIKACIJA TLA

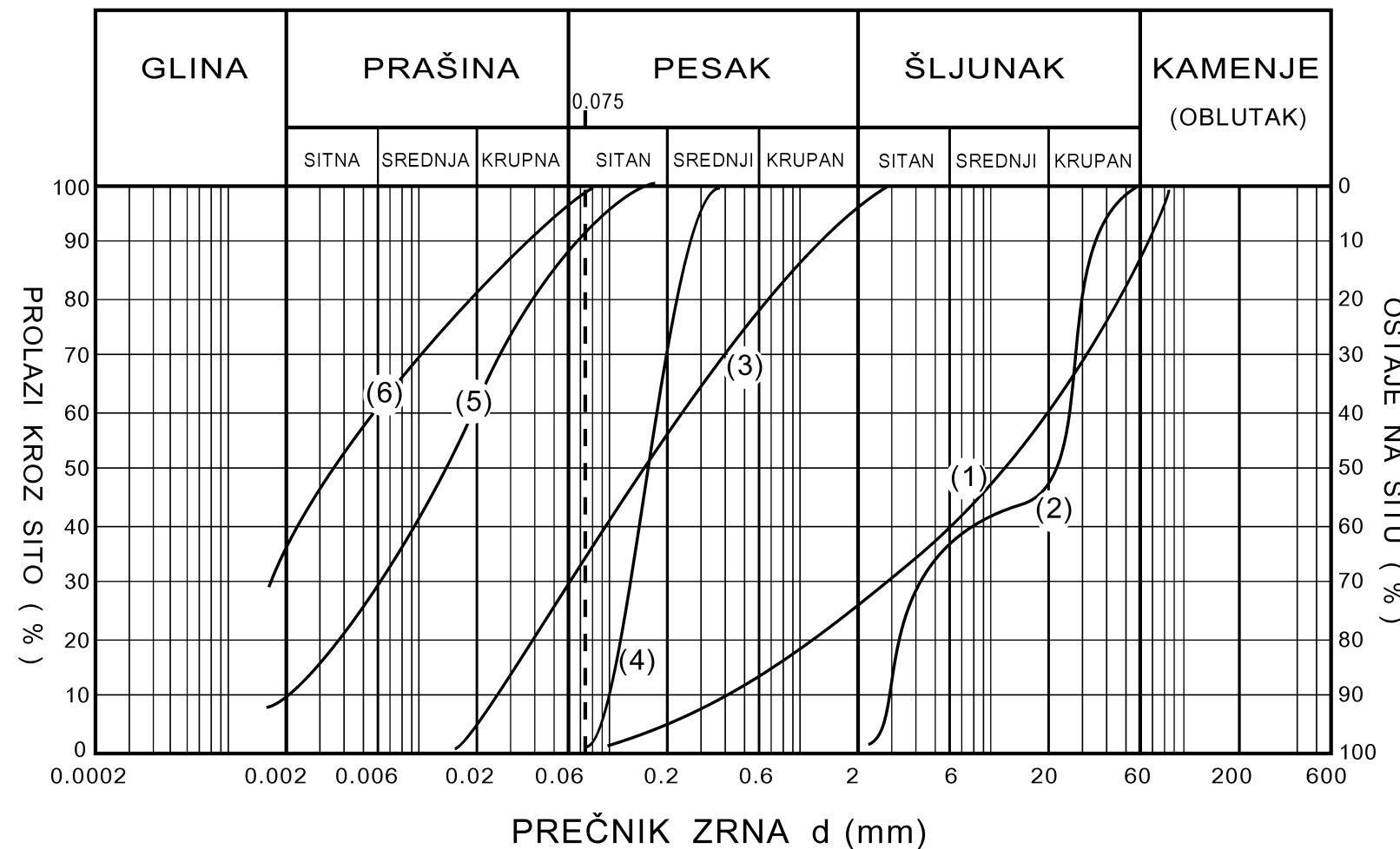
- Krupnozrno tlo se klasificuje na osnovu **granulometrijskog sastava**
- Sitnozrno tlo se klasificuje na osnovu vrednosti Aterbergovih granica konzistentnih stanja – **granice tečenja i granice plastičnosti**



GRANULOMETRIJSKI SASTAV TLA

- **GRANULOMETRIJSKI SASTAV** je definisan krivom koja opisuje sadržaj zrna različite veličine izražen u procentima težine.

DIJAGRAM GRANULOMETRIJSKOG SASTAVA



ODREĐIVANJE GRANULOMETRIJSKOG SASTAVA TLA

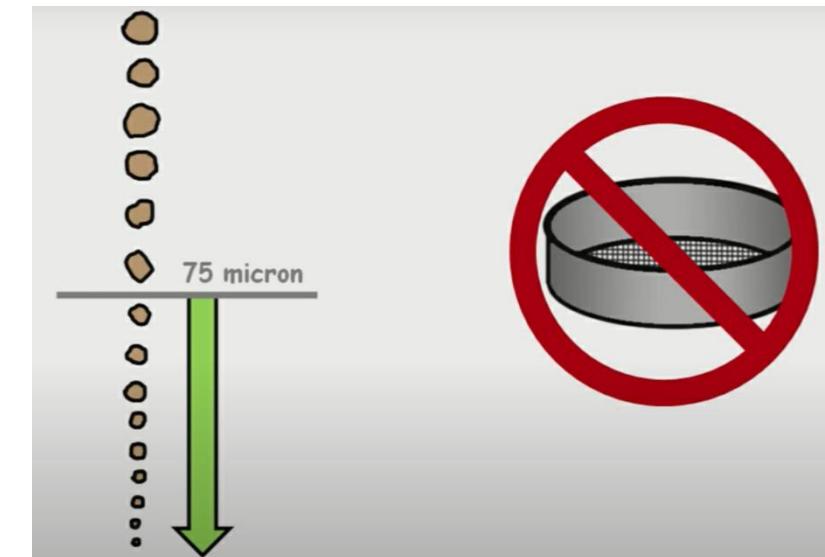
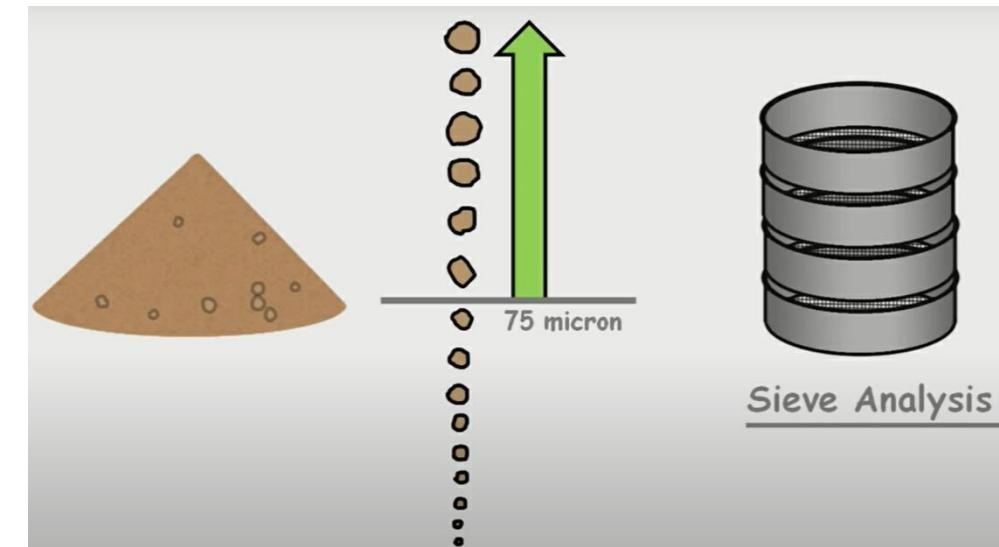
1. Metoda sejanja (krupnozrno tlo)

- Suvo sejanje
- Mokro sejanje

2. Metoda sedimentacije (sitnozrno tlo):

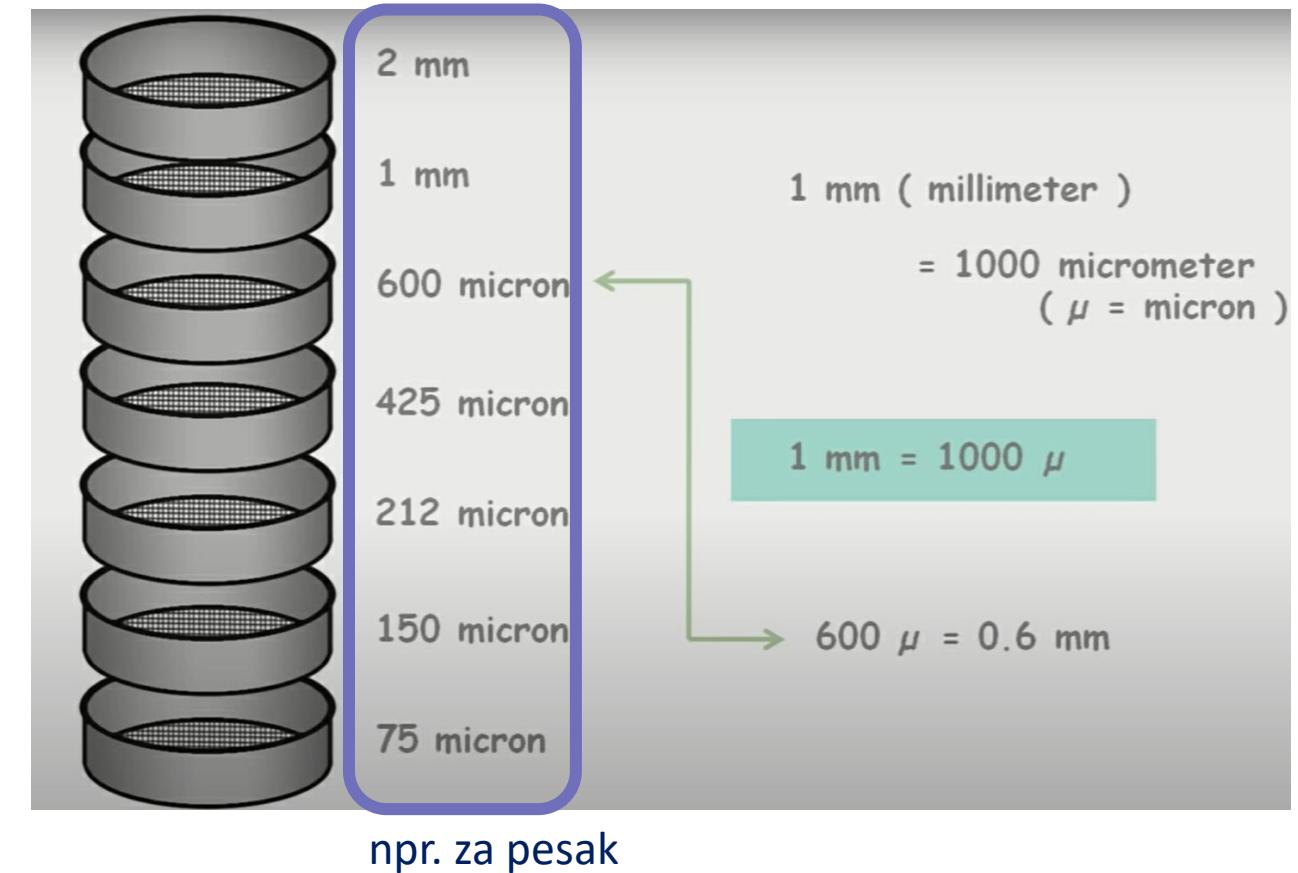
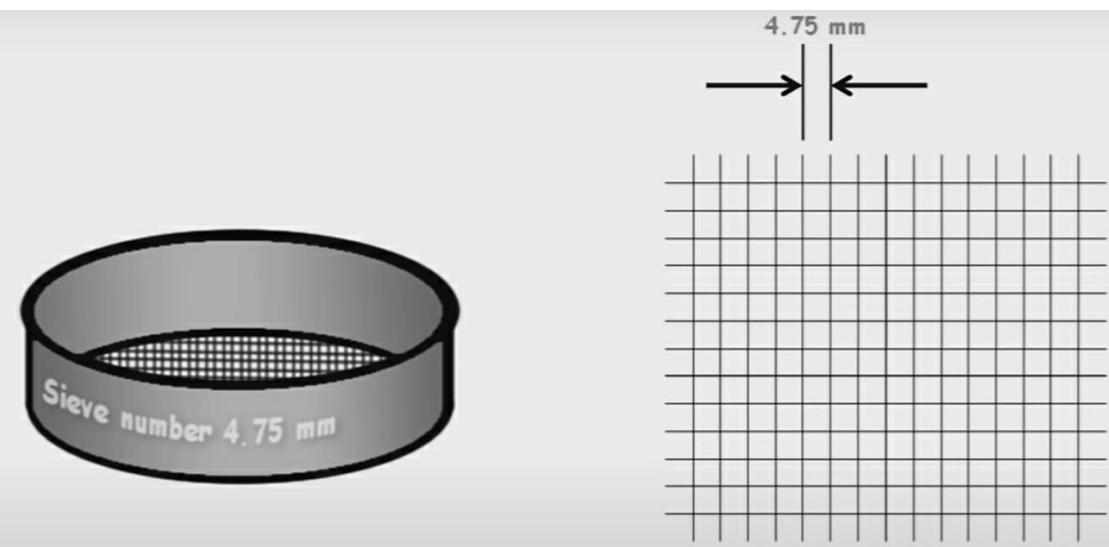
- Metoda hidrometrisanja
- Metoda sa pipetom

3. Kombinovana metoda - kada više od 10% uzorka prođe kroz sito otvora $d=0.075$ (0.063 mm)



ODREĐIVANJE GRANULOMETRIJSKOG SASTAVA TLA – Metoda sejanja

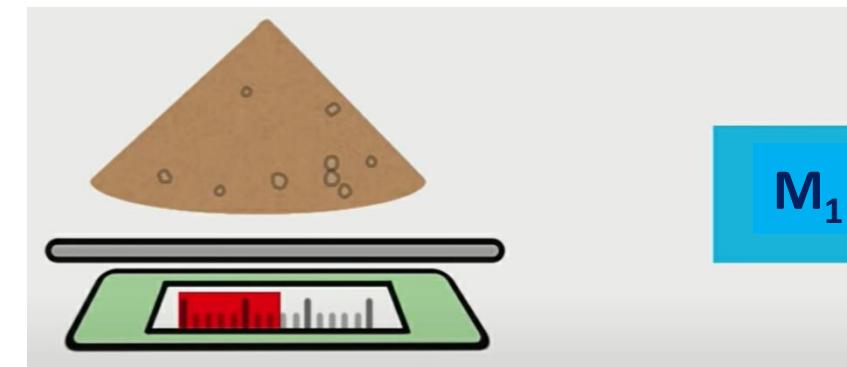
- Metoda sejanja se koristi za određivanje granulometrijskog sastava krupnozrnog materijala (pesak, šljunak, drobina)



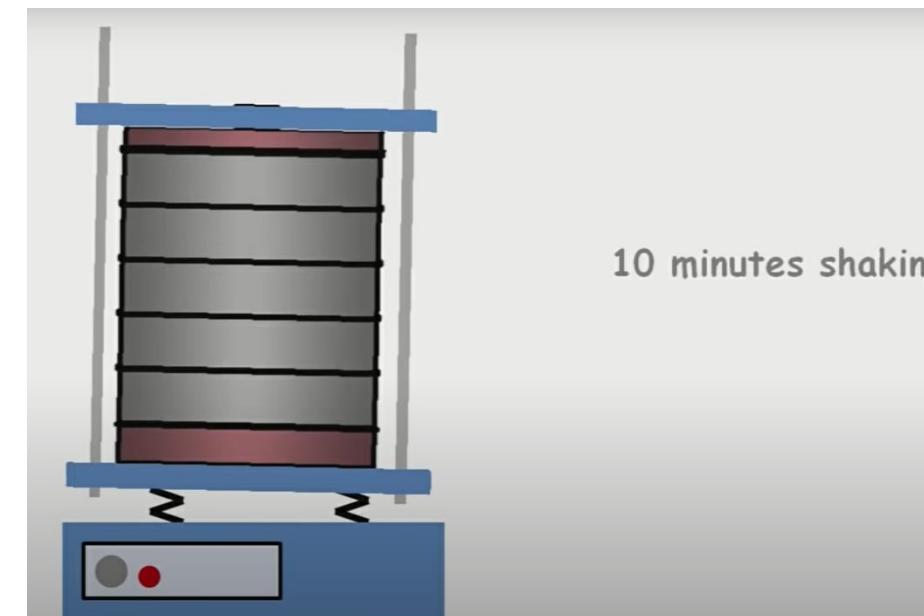
- Standard propisuje da se koriste sita koja će obezbediti kontinuitet granulometrijske krive

ODREĐIVANJE GRANULOMETRIJSKOG SASTAVA TLA – Metoda sejanja

a) Izmerimo masu suvog uzorka M_1

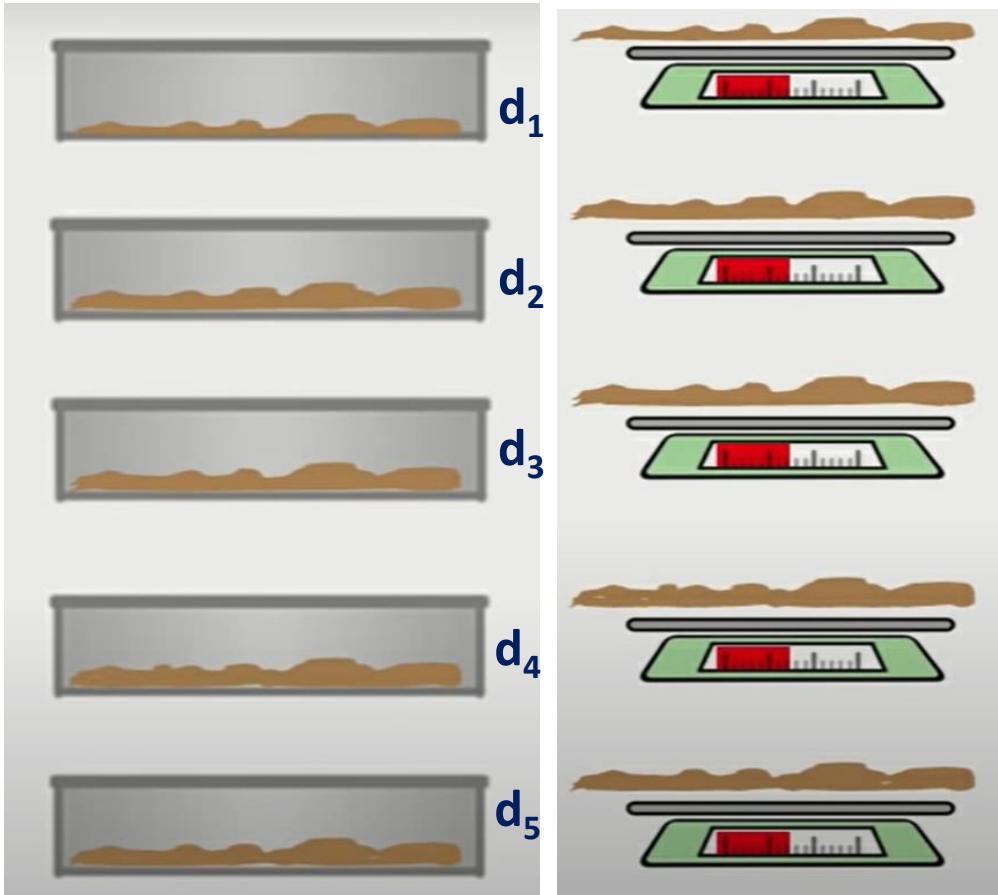


b) Uzorak prosejemo kroz sistem sita
(ručno ili koristeći vibro mašinu)



ODREĐIVANJE GRANULOMETRIJSKOG SASTAVA TLA – Metoda sejanja

c) Izmerimo masu ostatka na svakom situ M_d



d) Računamo procenat prolaza na svakom situ

$$P_d = \frac{M - \sum M_d}{M} \times 100\%$$

P_d – procenat prolaza na situ sa otvorom d

M_d – masa ostatka na situ sa otvorom d

$M - \sum M_d$ – masa prošla kroz sito sa otvorom d

M – ukupna prosejana masa

$$P_{d3} = \frac{M - (M_{d1} + M_{d2} + M_{d3})}{M} \times 100\%$$

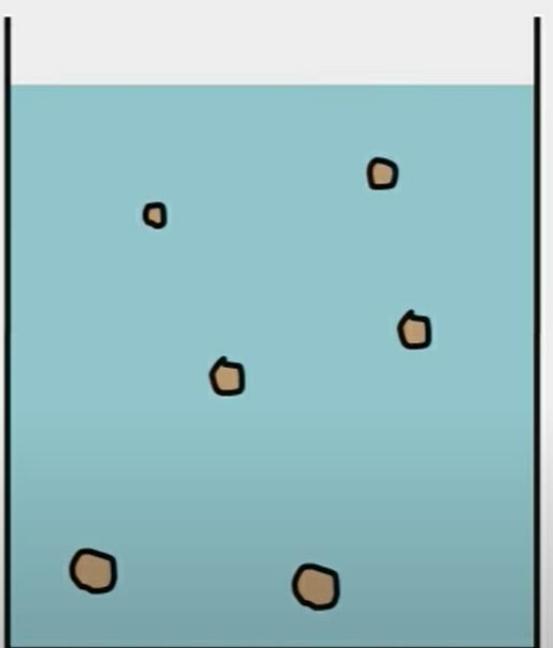
ODREĐIVANJE GRANULOMETRIJSKOG SASTAVA TLA – Metoda sejanja



ODREĐIVANJE GRANULOMETRIJSKOG SASTAVA TLA – Metoda hidrometrisanja



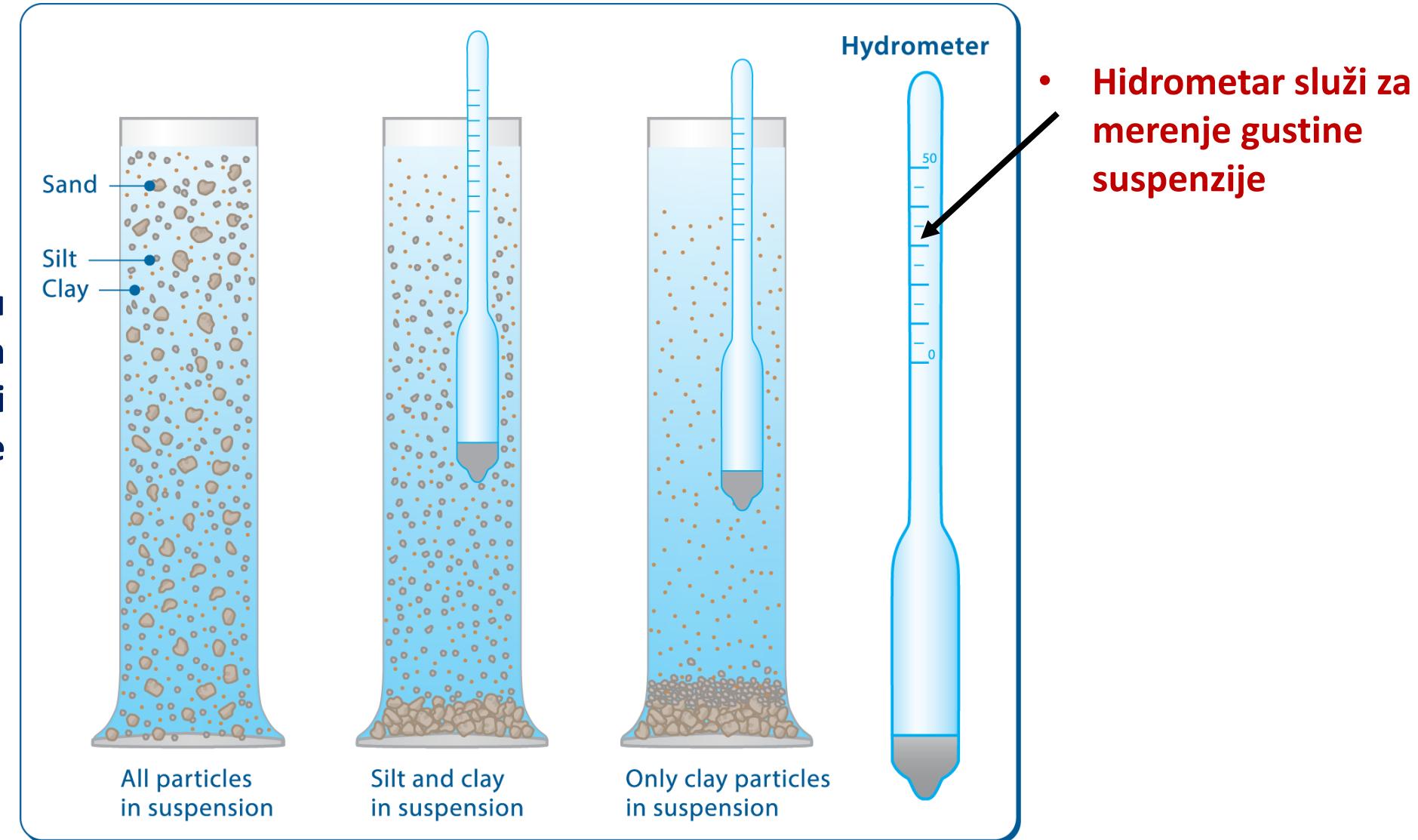
- Metoda hidrometrisanja (areometrisanja) se koristi za određivanje granulometrijskog sastava sitnozrnog materijala (prašina, glina, organsko tlo). Čestice sitnozrnog tla su zlepljene jedna za drugu i ne može se primeniti metoda sejanja
- Veličini zrna sitnozrnog tla pripisuje prečnik kuglice (ekvivalentno sferično zrno) koja tone u stubu vode određenom brzinom u procesu sedimentacije (taloženja)
- Zrna većeg prečnika imaju veću brzinu taloženja
- Metoda je bazirana na **Stoksovom zakonu** koji važi za laminarno strujanje: Brzina taloženja ekvivalentnog sferičnog zrna u suspenziji proporcionalna je kvadratu prečnika zrna, a obrnuto proporcionalna viskozitetu suspenzije



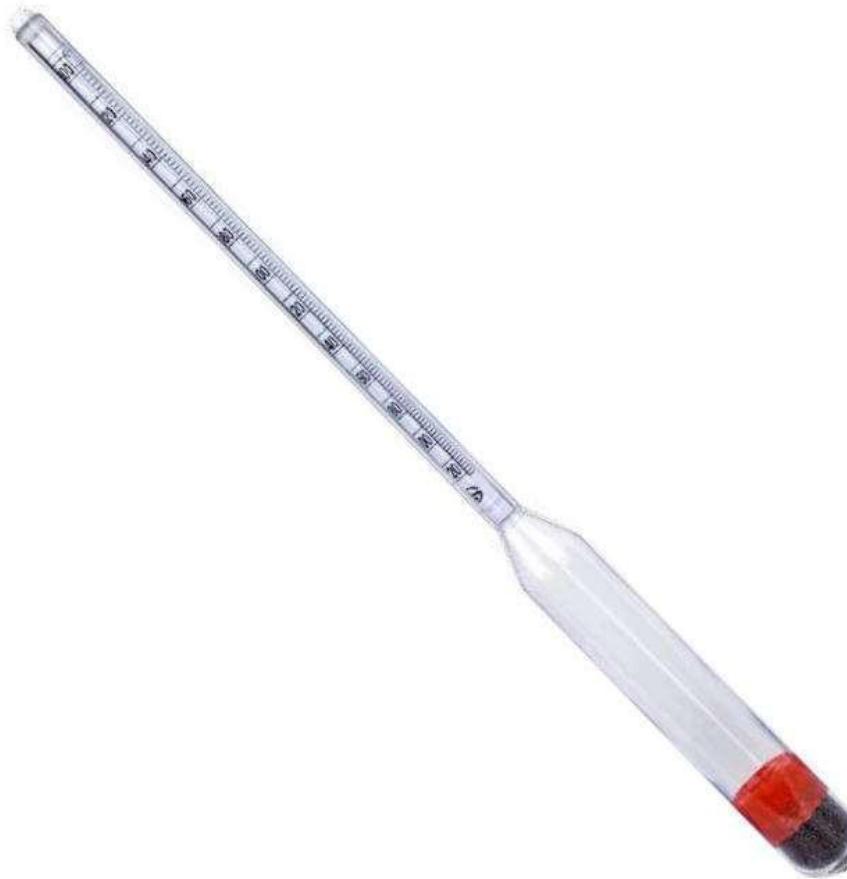
NEDOSTACI: ne važi za turbulentno strujanje, pretpostavljeno je sferično zrno, približna metoda, indirektna

ODREĐIVANJE GRANULOMETRIJSKOG SASTAVA TLA – Metoda hidrometrisanja

- Čestice lebde u suspenziji
- Hidrometar se ubacuje u menzuru u određenim vremenskim intervalima i na vratu hidrometra se očitava gustina suspenzije



ODREĐIVANJE GRANULOMETRIJSKOG SASTAVA TLA – Metoda hidrometrisanja



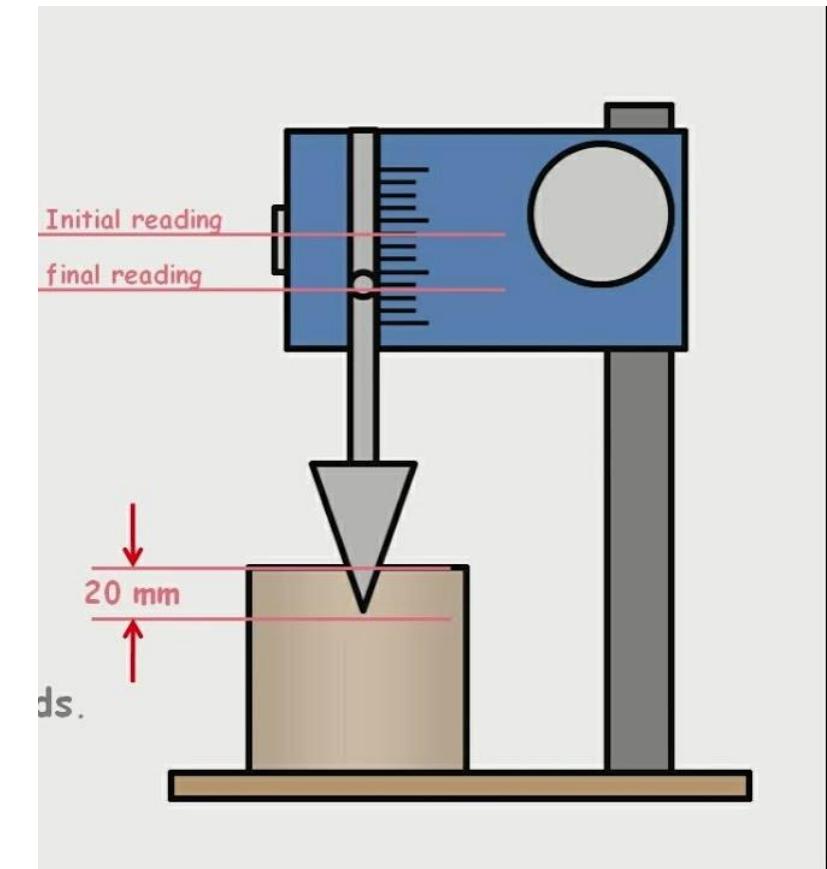
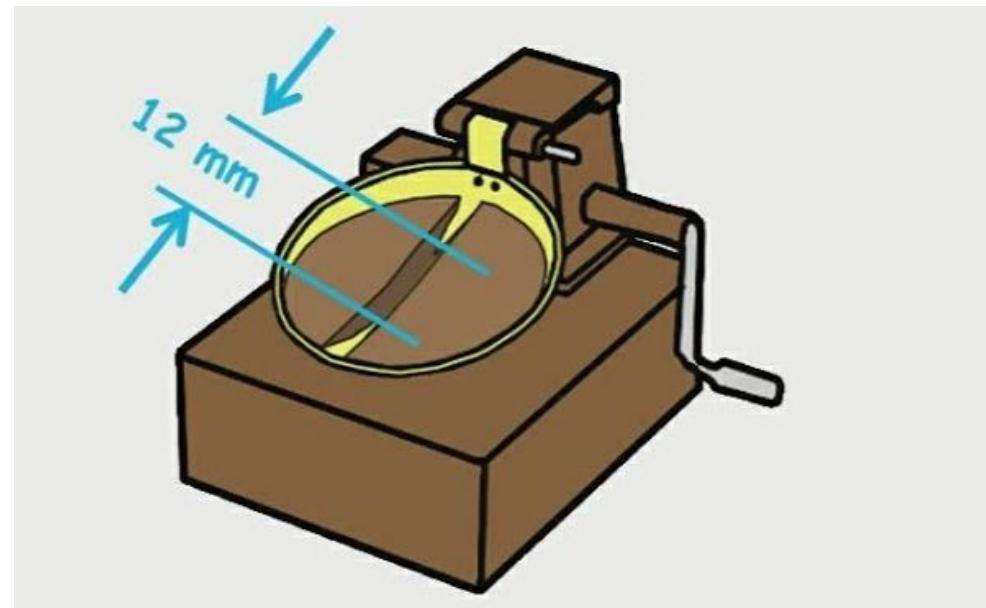
GRANICE KONZISTENTNIH STANJA

- **GRANICE KONZISTENTNIH STANJA** (Aterbergove granice konzistencije, granice plastičnosti) se odnose isključivo na sitnozrna tla.
- Za glinovite materijale je karakteristično da menjaju konzistentno stanje pri promeni sadržaja vode.
- Predstavljaju vlažnosti pri kojima tlo prelazi iz jednog konzistentnog stanja u drugo:
 - **Granica tečenja w_L (LL)**
 - **Granica plastičnosti w_p (PL)**
 - **Granica skupljanja w_s (SL)**



GRANICE KONZISTENTNIH STANJA – Granica tečenja w_L

- **GRANICA TEČENJA (LL)** w_L je granična vlažnost pri kojoj tlo prelazi **iz tečnog u plastično konzistentno stanje**
- **Tlo ima malu, ali merljivi smičuću čvrstoću**
- Metode određivanja:
 - Kasagrandeovom treskalicom
 - Metoda sa konusom



GRANICE KONZISTENTNIH STANJA – Granica plastičnosti w_p

- GRANICA PLASTIČNOSTI (PL) w_p je granična vlažnost pri kojoj tlo prelazi iz **plastičnog u polučvrsto konzistentno stanje**.
- Plastično konzistentno stanje – oblik tla se može menjati bez narušavanja kontinuiteta (bez pojave pukotina u tlu)



- U domenu vlažnosti između granice tečenja i granice plastičnosti čvrstoća tla se menja za oko 100 puta.

GRANICE KONZISTENTNIH STANJA

- **INDEKS PLASTIČNOSTI I_p** definiše interval:

$$I_p = w_L - w_p \quad [\%]$$

Najznačajniji ili najveći deo mehanike sitnozrnog tla bavi se područjem u granicama vlažnosti tla u ovom rasponu od LL do PL!!!

- **INDEKS KONZISTENCIJE I_c** je pokazatelj kojim se numerički definiše stanje konzistencije:

	$I_c < 0$	Tečno stanje
$I_c = \frac{w_L - w}{I_p}$	$0 < I_c < 1.00$	Plastično stanje
	$1 < I_c < 1.25$	Polutvrdo stanje
	$I_c > 1.25$	Tvrdo stanje

- **INDEKS TEČENJA (LI) I_L** je alternativni pokazatelj konzistentnog stanja:

$$LI = \frac{w - PL}{I_p} = 1 - I_c$$

JEDINSTVENA KLASIFIKACIJA TLA

USCS klasifikacija

- Osnovni princip: svaki tip tla se može opisati koristeći dva slova, a mogu se upotrebiti i dvojni simboli prema šemi prikazanoj u narednoj tabeli.

PRIMARNA OZNAKA	OPISNA OZNAKA		
Krupnozrna tla sa preko 50 % zrna većih od 0,075 mm	G (šljunak)	W	dobra
	S (pesak)	U	jednolična
		P	slaba
		F	prašine
		C	gline
			primese
Sitnozrna tla sa preko 50 % zrna manjih od 0,075 mm	M (prašina)	L	niska
	C (glina)	(I)	(srednja)
	O (organsko tlo)	H	plastičnost
			visoka
Vlaknasta struktura	P_t (treset)		



JEDINSTVENA KLASIFIKACIJA TLA

USCS klasifikacija

■ KRUPNOZRNO TLO (10 kategorija tla)

- **GW**
- **GU**
- **GP**
- **GF**
- **GC**
- **SW**
- **SU**
- **SP**
- **SF**
- **SC**

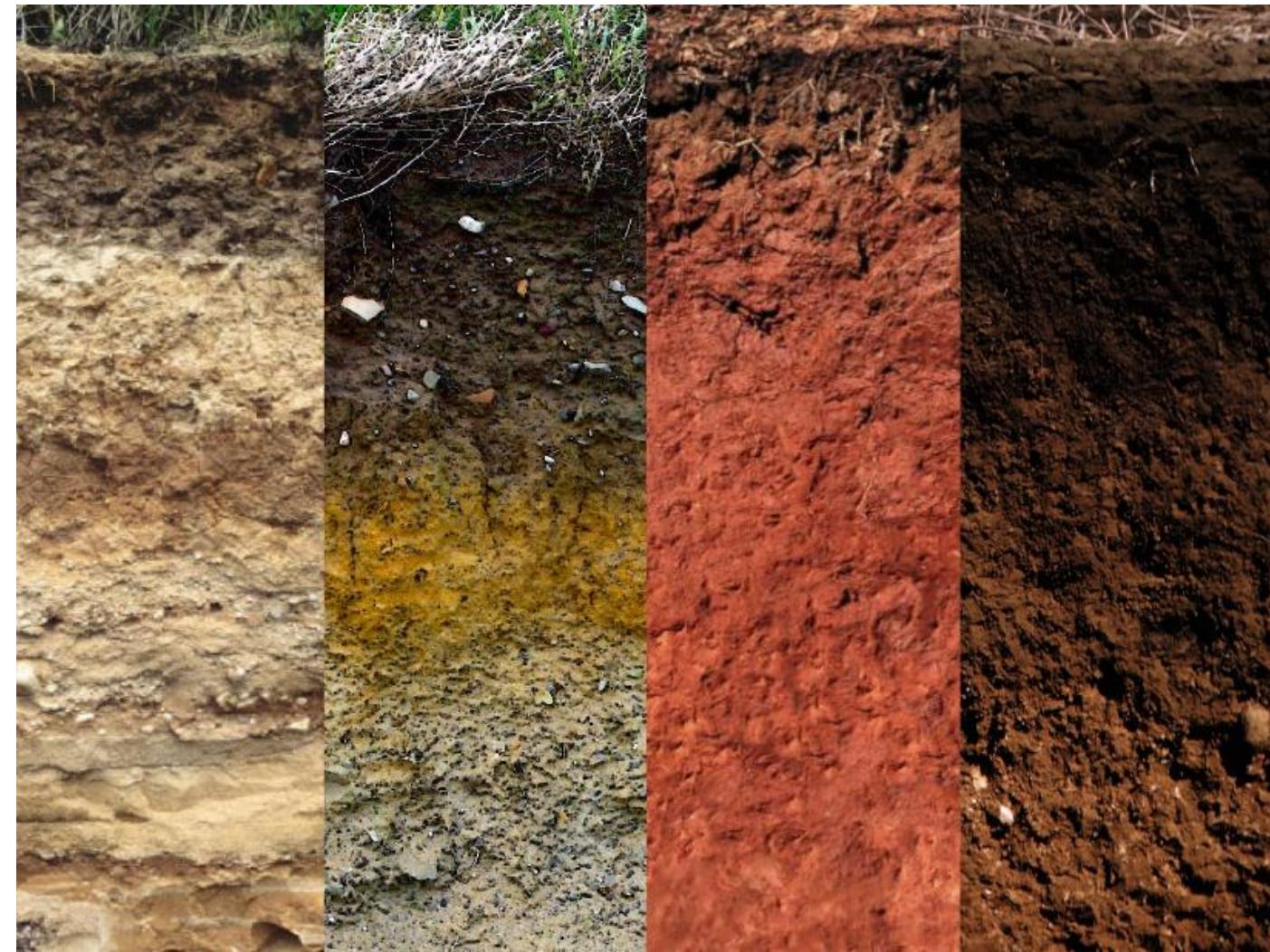
■ SITNOZRNO TLO (10 kategorija tla)

- **CL**
- **CI**
- **CH**
- **ML**
- **MI**
- **MH**
- **OL**
- **OI**
- **OH**
- **Pt**

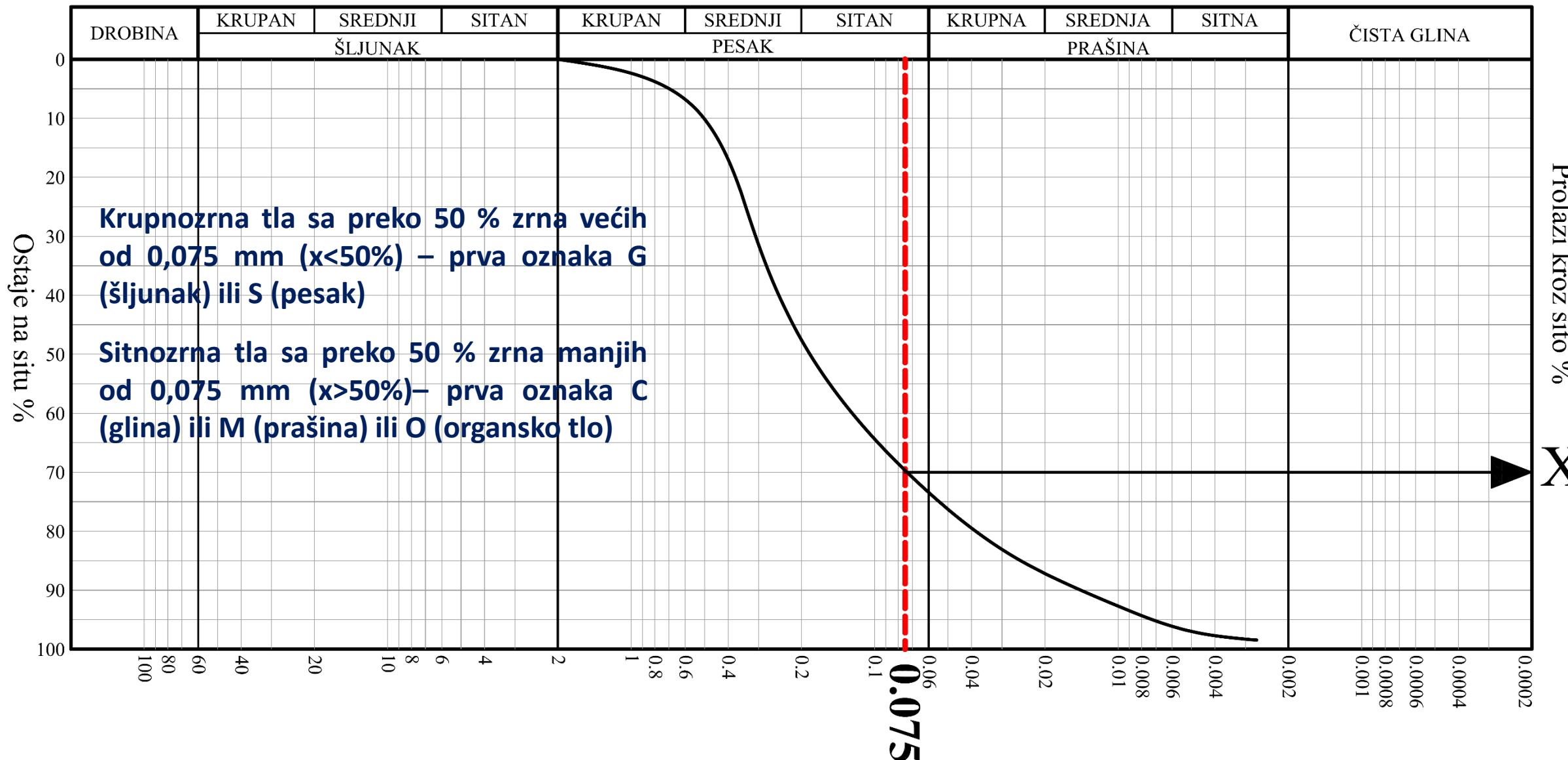
POSTUPAK KLASIFIKACIJE TLA – USCS klasifikacija

Potrebni podaci:

1. Granulometrijska kriva
2. Granica tečenja w_L
3. Indeks plastičnosti I_p

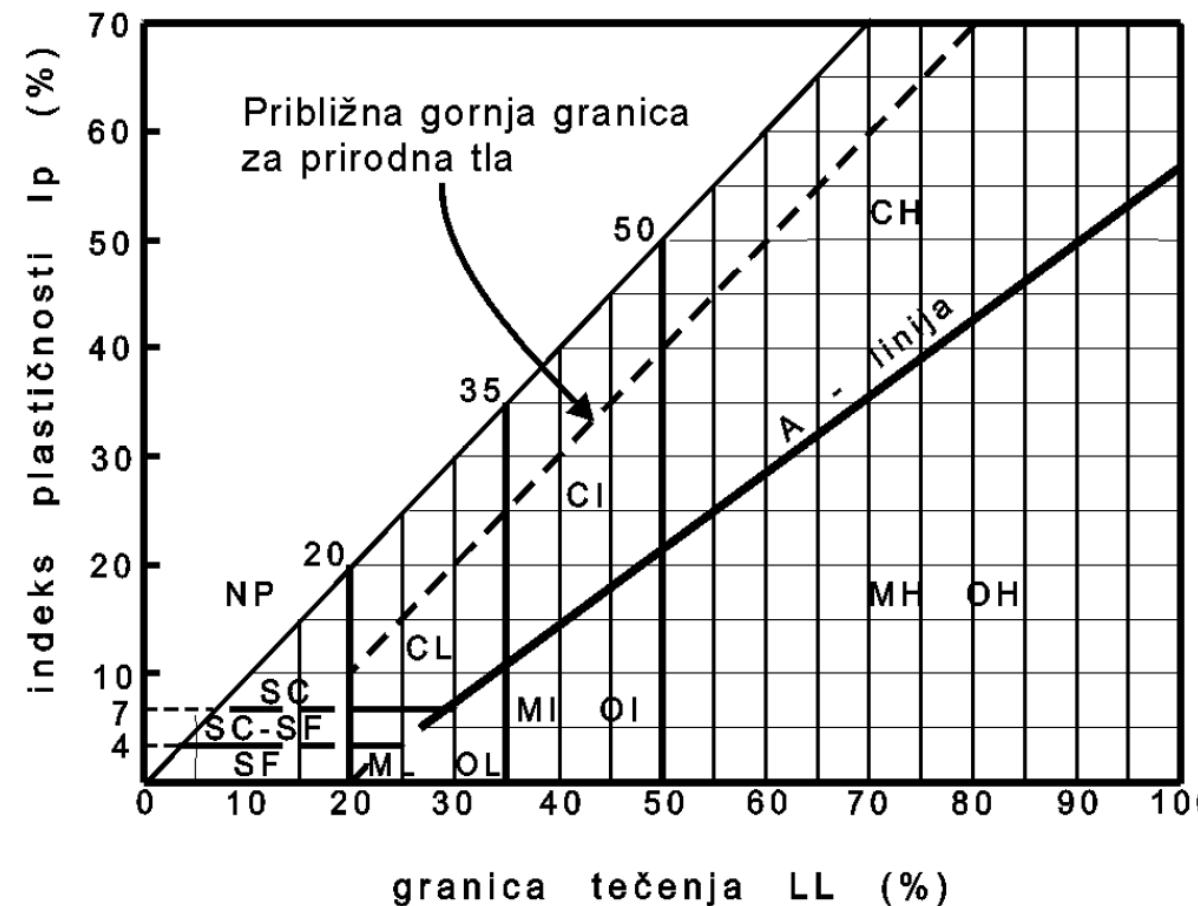


POSTUPAK KLASIFIKACIJE TLA



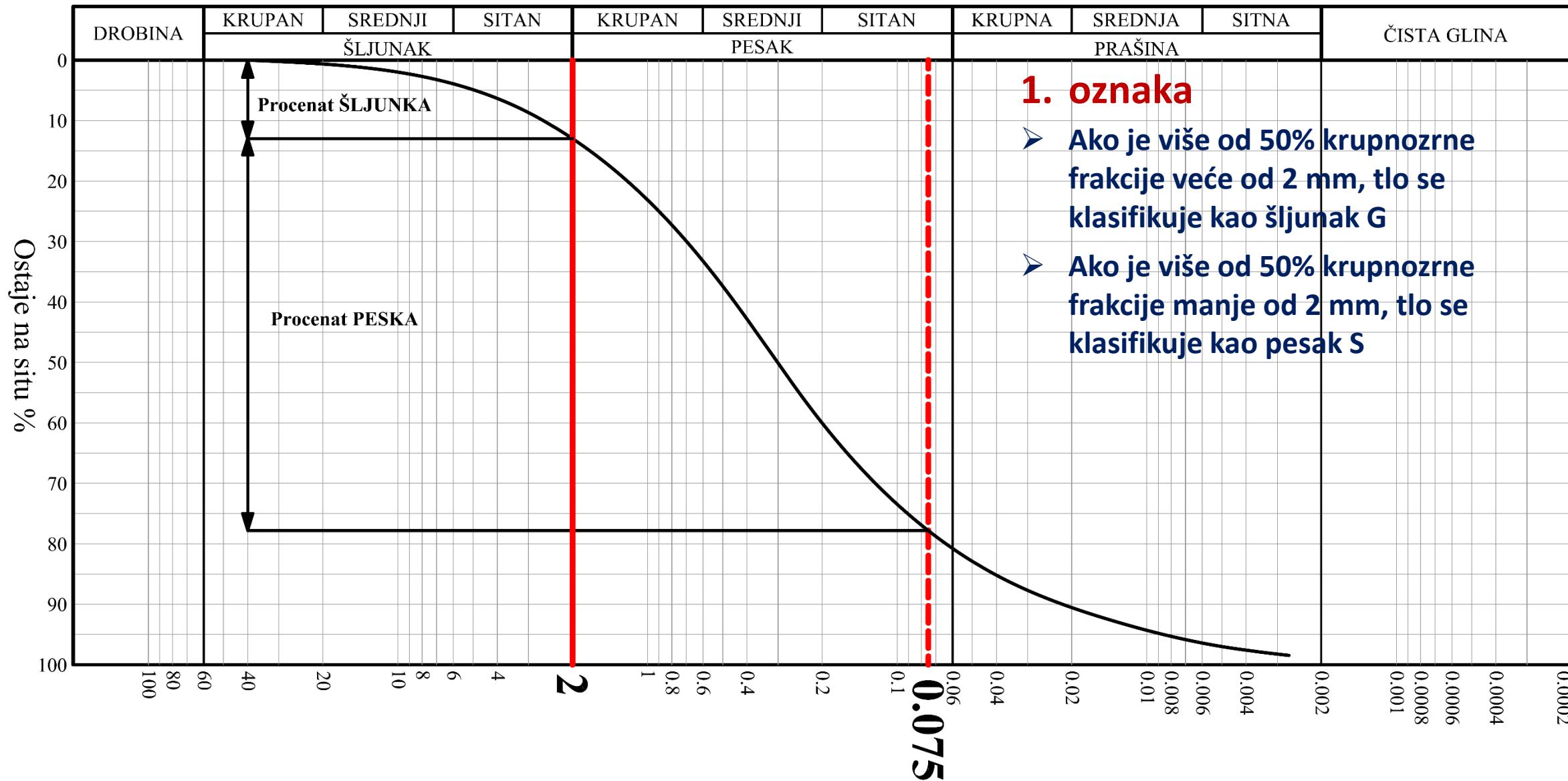
POSTUPAK KLASIFIKACIJE TLA – sitnozrno tlo

- Sitnozrno tlo se klasificuje na osnovu Kasagrandeovog dijagrama plastičnosti koristeći parametre tla – granica tečenja w_L i indeks plastičnosti I_p



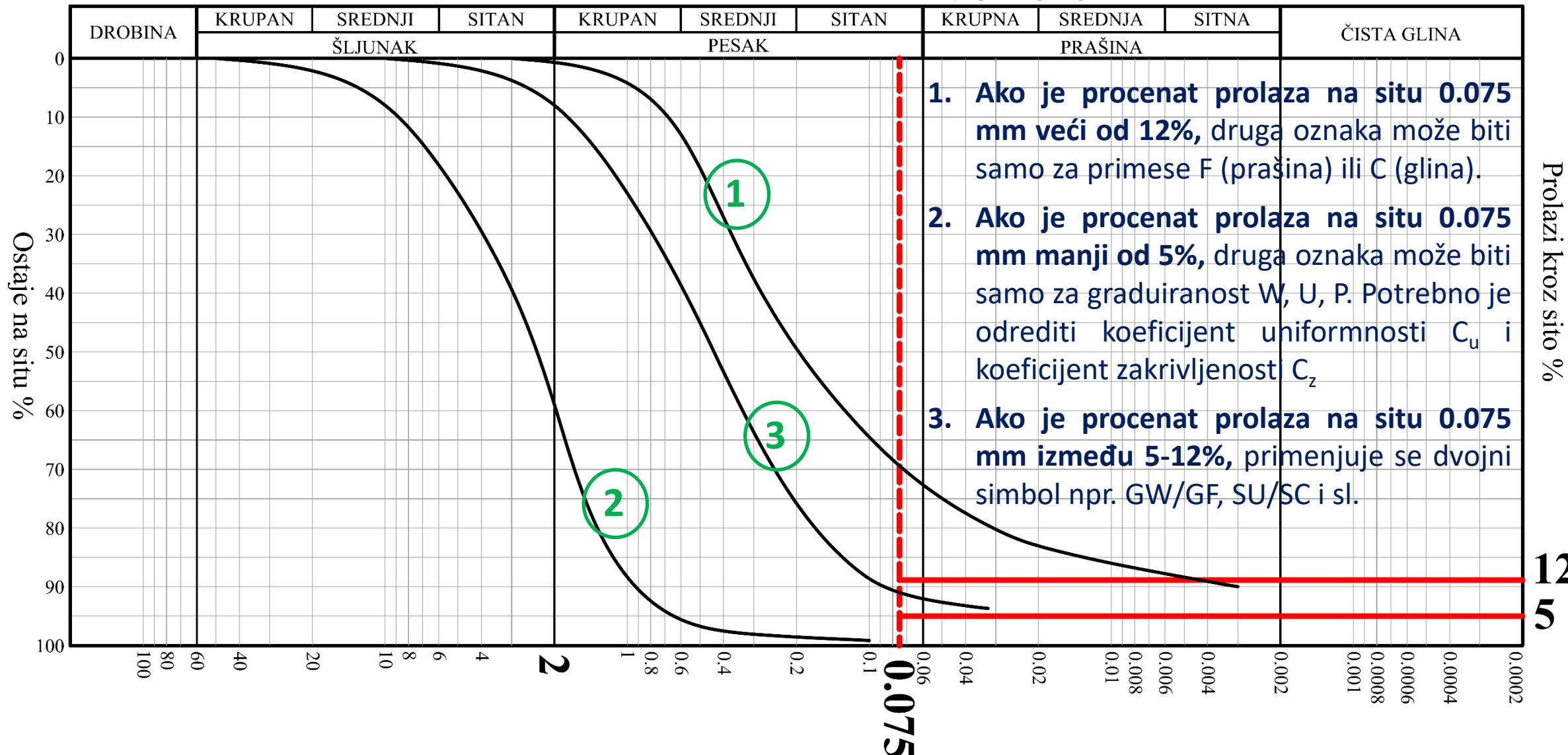
- Grupe M (prašine) i O (organska tla) definisane su istim poljima ispod "A linije"
- U takvom slučaju određuje se granica tečenja na prirodnom tlu i na uzorku koji je prethodno bio izložen sušenju na temperaturi višoj od 105°C .
- Tlo se klasificuje kao organsko i prvi simbol je O ako je: $w_L(\text{sušeno})/w_L(\text{prirodno}) < 0.75$.
- Ukoliko ovaj uslov nije ispunjen, tlo se klasificuje kao neorganska prašina M.

POSTUPAK KLASIFIKACIJE TLA – krupnozrno tlo



POSTUPAK KLASIFIKACIJE TLA – krupnozrno tlo

2. oznaka



POSTUPAK KLASIFIKACIJE TLA – krupnozrno tlo

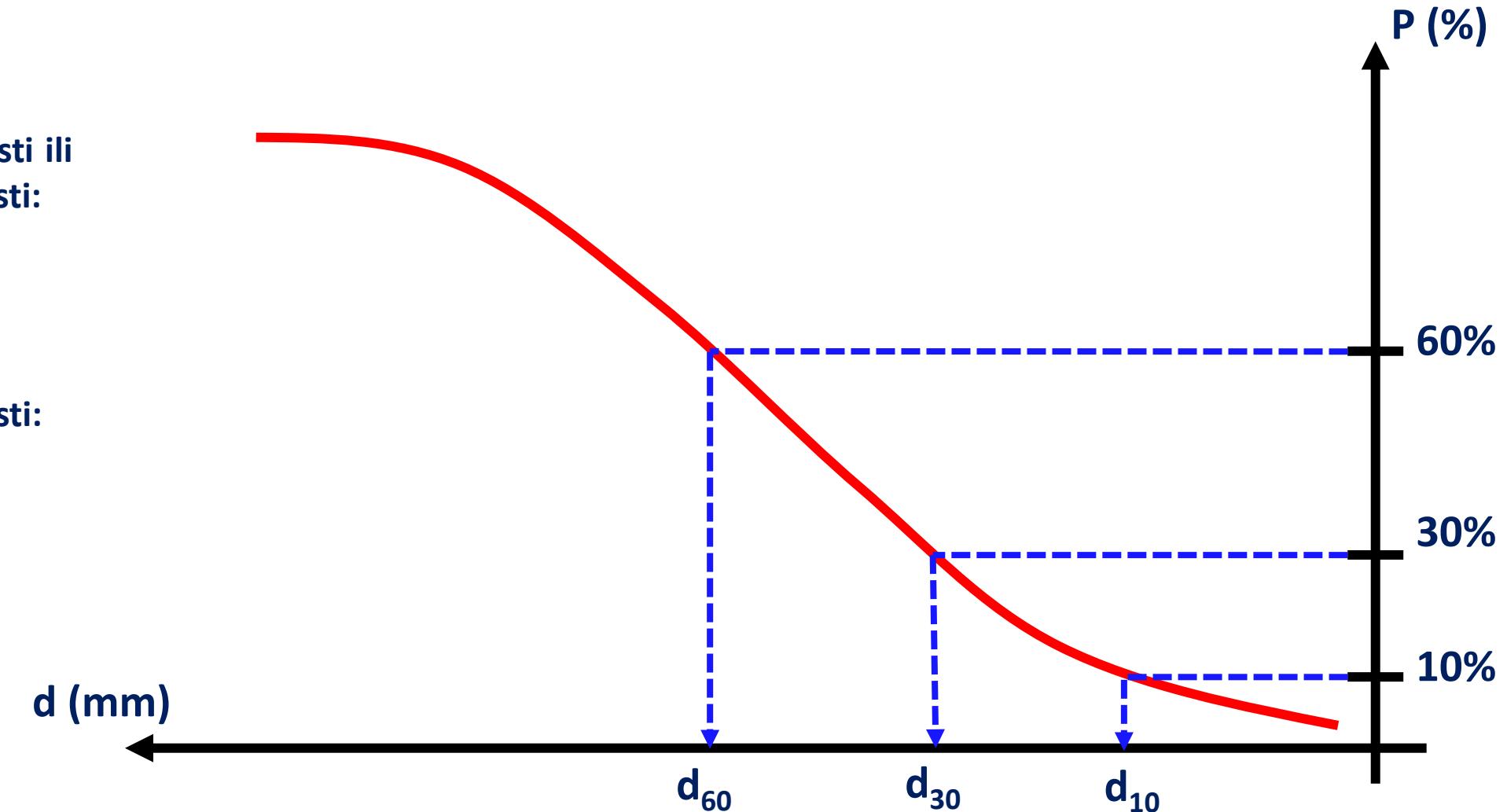
➤ Ako je procenat prolaza na situ 0.075 mm manji od 5%, računamo:

- Koeficijent jednoličnosti ili koeficijent uniformnosti:

$$C_U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

- Koeficijent zakrivljenosti:

$$C_Z = \frac{d_{30}^2}{d_{10} \times d_{60}}$$



POSTUPAK KLASIFIKACIJE TLA – krupnozrno tlo

Tlo klasifikovano kao šljunak G:

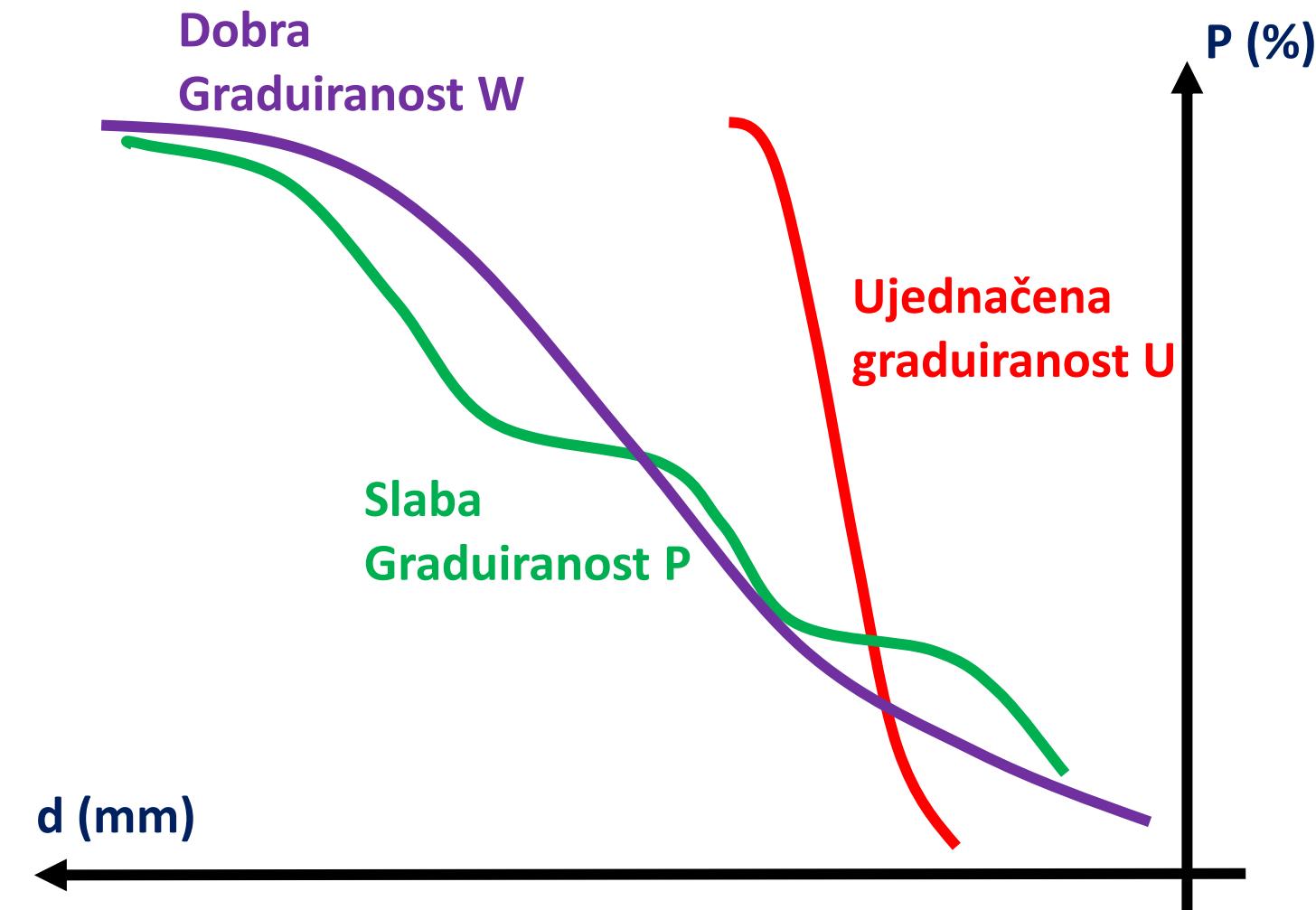
➤ $C_u > 4$ i $1 < C_z < 3$ GW

➤ Ako oba uslova nisu ispunjena, prema obliku granulometrijske krive se određuje druga oznaka:

GU – preovladava jedna frakcija (strm nagib gran. krive)

GP – nedostaje neka frakcija (razuđena gran. kriva)

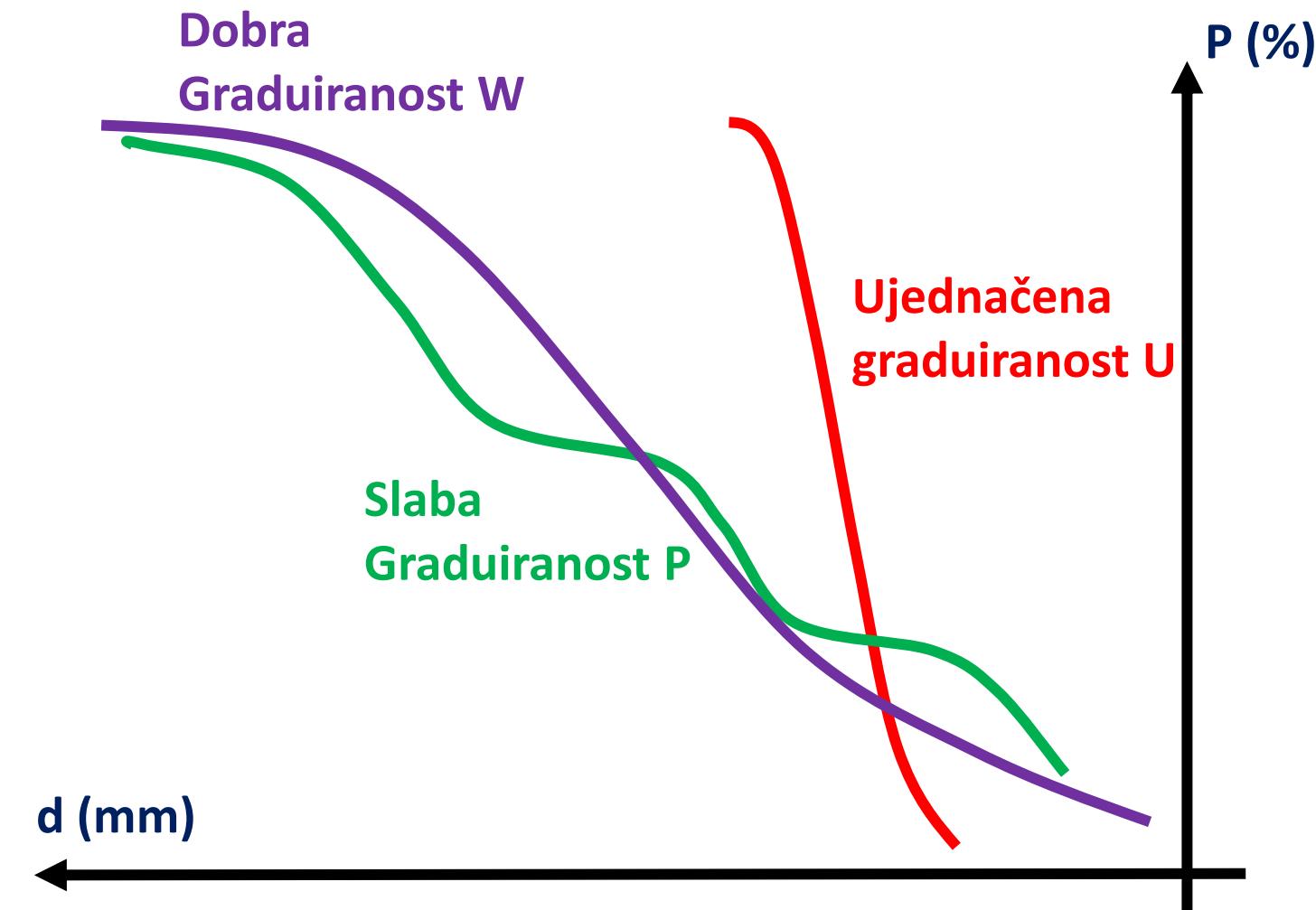
➤ U slučaju da je ispunjen uslov samo za C_u druga oznaka je **P**, dok za slučaj da je ispunjen samo uslov za C_z druga oznaka je **U**



POSTUPAK KLASIFIKACIJE TLA – krupnozrno tlo

Tlo klasifikovano kao pesak S:

- $C_u > 6$ i $1 < C_z < 3$ SW
- Ako oba uslova nisu ispunjena, prema obliku granulometrijske krive se određuje druga oznaka:
 - SU – preovladava jedna frakcija (strm nagib gran. krive)
 - SP – nedostaje neka frakcija (razuđena gran. kriva)
- U slučaju da je ispunjen uslov samo za C_u druga oznaka je P, dok za slučaj da je ispunjen samo uslov za C_z druga oznaka je U



ZADATAK 1

Na uzorku tla izvršen je kombinovani opit određivanja granulometrijskog sastava. Rezultati opita sejanja i hidrometrisanja su prikazani u tabelama.

Granice konzistencije sitnozrne frakcije ispitanog uzorka tla iznose $w_L=45\%$ i $w_P=21\%$.

- Nacrtati granulometrijsku krivu ispitanog uzorka tla na priloženom dijagramu.
- Izvršiti klasifikaciju uzorka tla prema datim krivama granulometrijskog sastava na osnovu Jedinstvene klasifikacije tla.

ZADATAK 1

SEJANJE

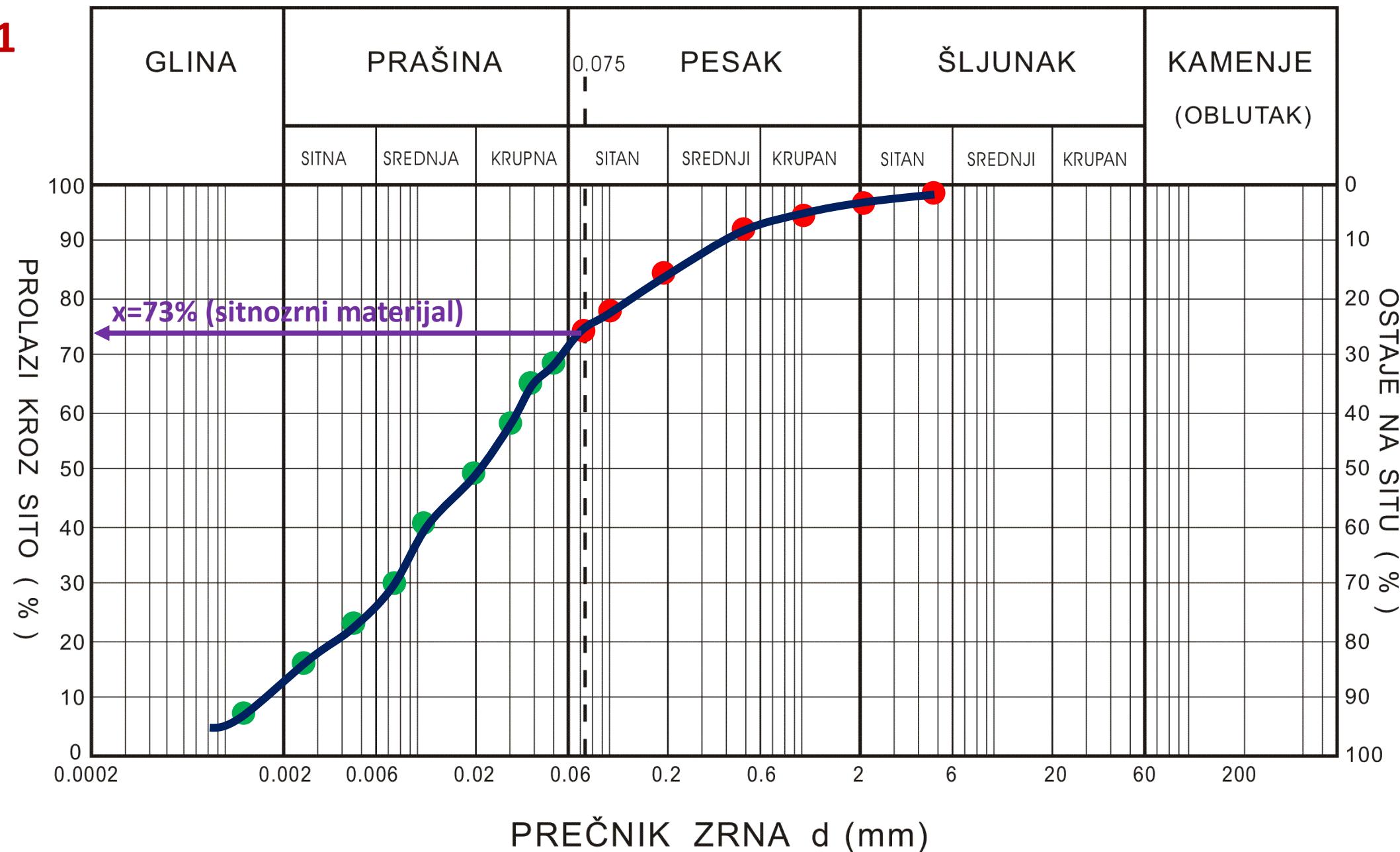
Prosejana masa = **491.76 g**

Koordinate tačaka

Otvor sita D (mm)	Ostalo na situ (g)	Prošlo kroz sito (g)	Prolazi kroz sito (%)
50.0			
20.0			
10.0			
5.0		491.76	100.0
2.0	1.92	489.84	99.6
1.0	13.22	476.62	96.9
0.5	18.79	457.83	93.1
0.2	38.44	419.39	85.3
0.1	41.62	377.77	76.8
0.075	16.71	361.06	73.4
Kontrola	130.79	361.06	73.4

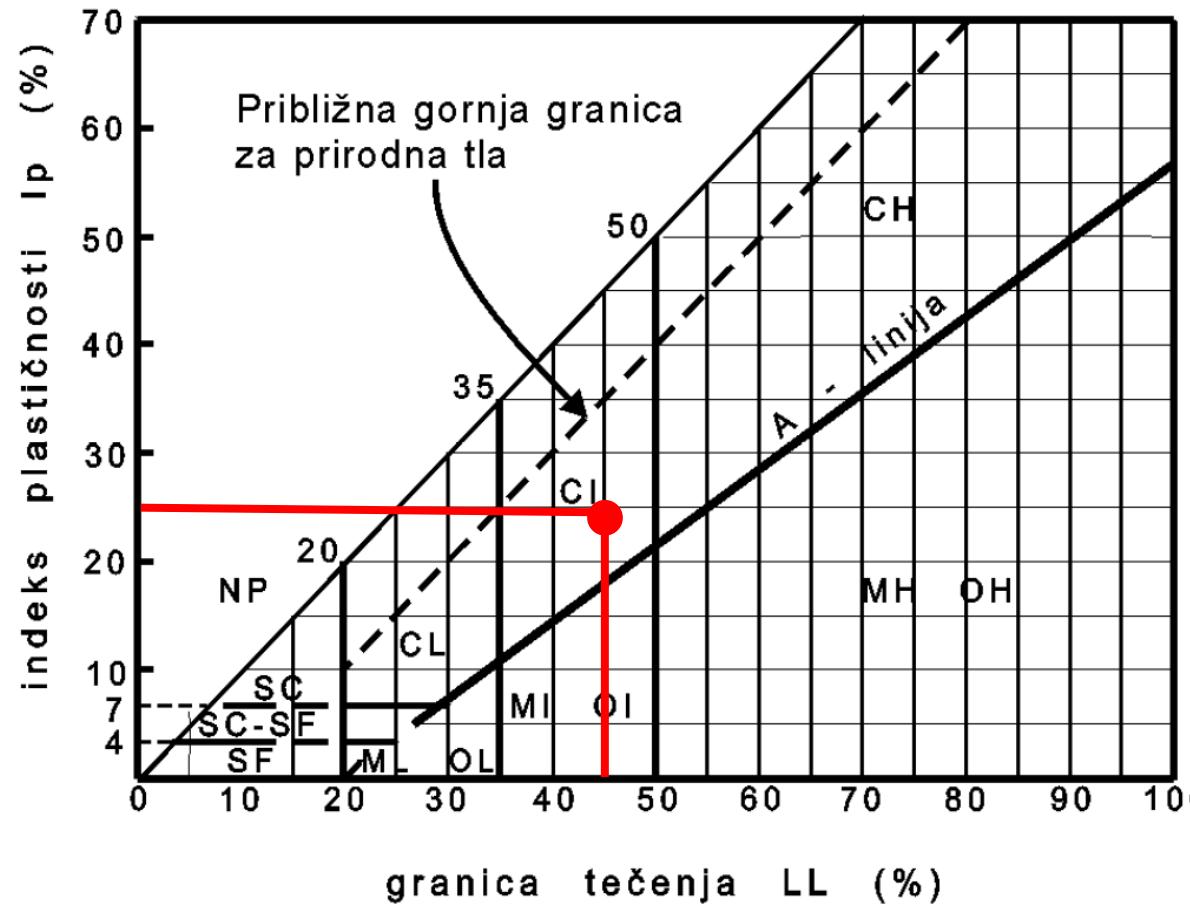
ZADATAK 1**HIDROMETRISANJE****Hidrometrisana masa = 61.23 g****Koordinate tačaka**

Proteklo vreme T (min)	Očitav. na hidr. R _a	Korek čitanja Ra-Cu	Temp. (°C)	Korig. čitanj. Rc=(Ra-Cu) Ct	Korig. čitanj R=Ra+Cm	Efekt. dubina L(cm)	Konst. K	Prečnik zrna D(mm)	Zrna sitnij. P(%)
0.5	1.0278	1.0267	20	1.0267	1.0283	8.81	0.01344	0.0564	69.3
1	1.0262	1.0251	20	1.0251	1.0267	9.26	0.01344	0.0409	65.1
2	1.0239	1.0228	20	1.0228	1.0244	9.88	0.01344	0.0299	59.1
5	1.0206	1.0195	20	1.0195	1.0211	10.68	0.01344	0.0196	50.6
15	1.0170	1.0159	20	1.0159	1.0175	11.65	0.01344	0.0118	41.2
45	1.0129	1.0118	20	1.0118	1.0134	12.78	0.01344	0.0072	30.6
120	1.0101	1.0090	21	1.0092	1.0106	13.52	0.01328	0.0045	23.9
300	1.0072	1.0061	21	1.0063	1.0077	14.26	0.01328	0.0029	16.3
1440	1.0048	1.0037	19	1.0034	1.0053	14.91	0.01361	0.0014	8.8

ZADATAK 1

ZADATAK 1

Granice konzistencije sitnozrne frakcije ispitano uzorka tla iznose $w_L=45\%$ i $w_p=21\%$.



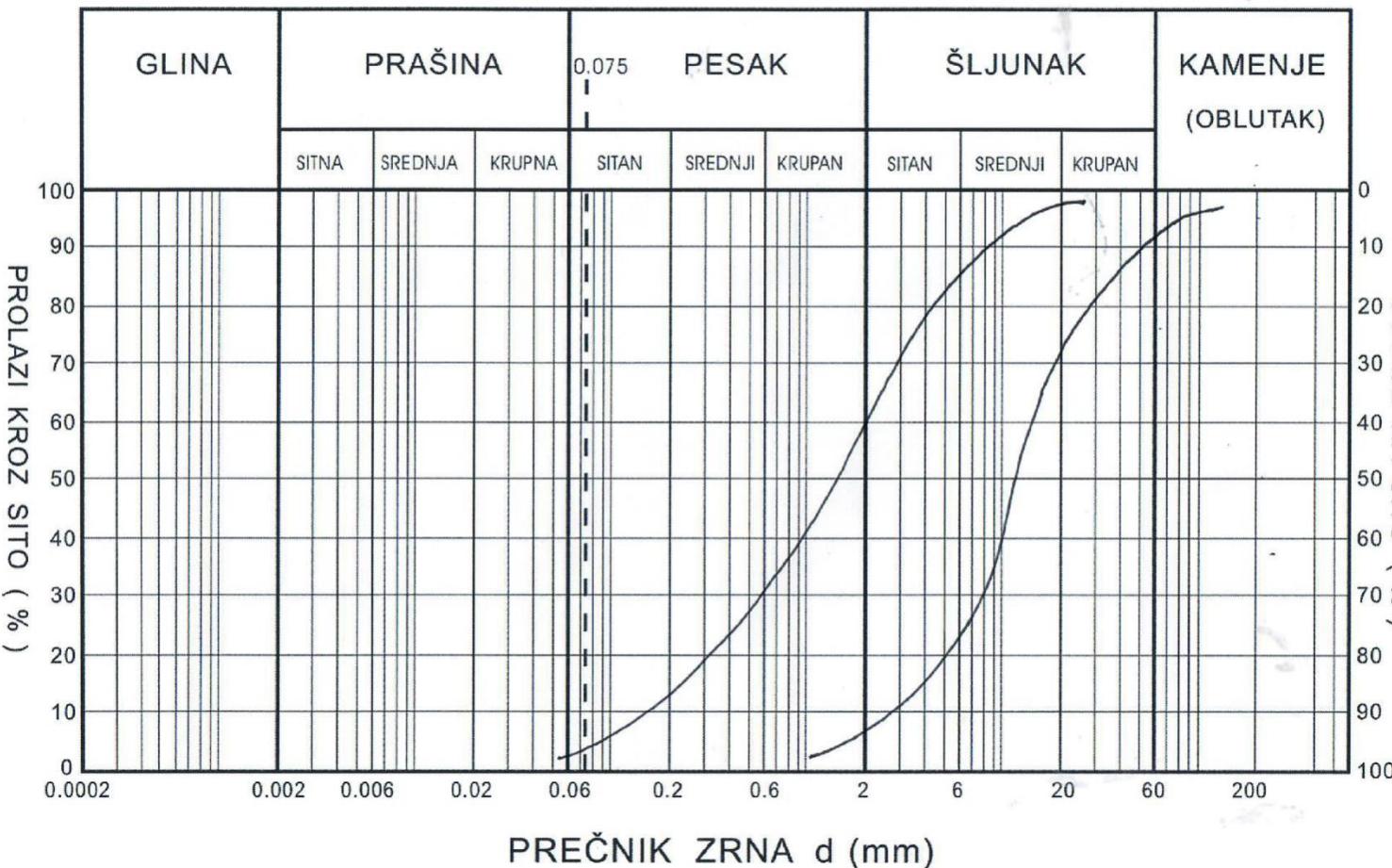
$$w_L = 45\%$$

$$I_p = w_L - w_p = 45 - 21 = 24\%$$

CI – glina srednje plastičnosti

DOMAĆI 1

b) Izvršiti klasifikaciju uzoraka tla prema datim krivama granulometrijskog sastava na osnovu Jedinstvene klasifikacije tla.



1. Odrediti da li je tlo krupnozrno ili sitnozrno
2. Krupnozrno tlo - odrediti prvi simbol G ili S
3. $P_{0.075\text{mm}} < 5\% \rightarrow$ drugi simbol W, U ili P
4. Očitati d_{10} , d_{30} , d_{60} i izračunati C_u i C_z
5. Prema veličini pokazatelja C_u i C_z i prema obliku granulometrijske krive odrediti drugi simbol



HVALA NA PAŽNJI