DANELER VE BOYUTU

İRİ Dane biçimi
Boyutu
Dağılımı fiziksel/mekanik özellikleri etkiler

İri { ✓Çakıl ✓Kum } İRİ DANELİ

0.076mm : No200

İnce { ✓Silt ✓Kil ✓Kolloid (<1μ) } İNCE DANELİ

	ASTM	BS	DIN
TAŞ	>300	>200	>100
ÇAKIL	75	60	63
KUM	4.75	2	20
SİLT	< 0.075	0.06	0.06
KİL		<0.002	<0.002

TS 1500/1987, 2000

Çakıl	60 - 2.0 mm
Kum	2.0 - 0.076 mm
Silt	0.076 - 0.002 mm
Kil	< 2 μm

DANE BOYUTUNUN ÖLÇÜMÜ

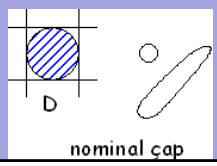
- **Doğrudan**
  - Mekanik
  - Mikroskop
- **Dolaylı**
  - Elek
  - Çöktürme

DANE BOYUTUNUN ÖLÇÜLMESİ

1. ELEME 2. ÇÖKTÜRME

Bazı Metrik Elekler ve ASTM Karşılıkları					
Elek No	No. 4	No. 10	No. 40	No. 100	No. 200
Metrik (mm)	4.65	2.00	0.425	0.147	0.074

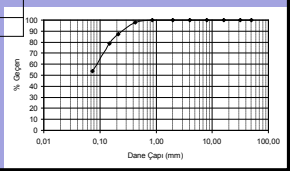
Metrik elekler mm, ASTM elekleri kenarı bir inç olan karenin bir kenarına sığan delik sayısı şeklinde belirtilir



D (mm)	KALAN AĞIRLIK (g)	GEÇEN AĞIRLIK (g)	% GEÇEN
50.00	0,00	50,00	100
31.50	0,00	50,00	100
16.00	0,00	50,00	100
8.00	0,00	50,00	100
4.00	0,00	50,00	100
2.00	0,00	50,00	100
0.85	0,00	50,00	100
0.425	1,00	49,00	98
0.212	5,50	43,50	87
0.147	4,12	39,38	79
0.074	12,58	26,80	54
PAN	26,80	0	0
TOPLAM	50		

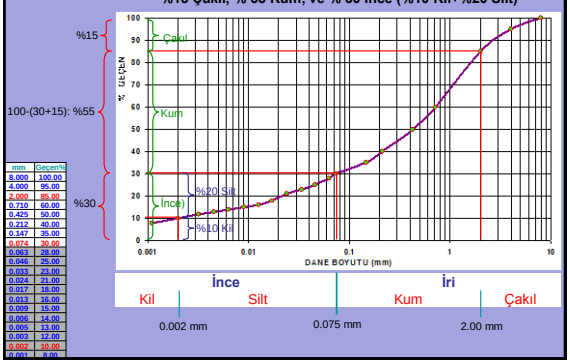
49.00 - 5.50 = 43.50

(43.50 / 50) x 100 = 87



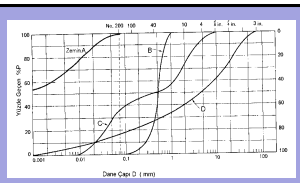
İriler > İnceler ➔ İRİ DANELİ

%15 Çakıl, % 55 Kum, ve % 30 İnce (%10 Kil+%20 Silt)



mm	Geçen%
8.000	100.00
4.000	95.00
2.000	85.00
0.710	60.00
0.425	50.00
0.212	40.00
0.147	35.00
0.074	30.00
0.063	28.00
0.046	25.00
0.033	23.00
0.024	21.00
0.017	18.00
0.013	16.00
0.009	15.00
0.006	14.00
0.005	13.00
0.003	12.00
0.002	10.00
0.001	8.00

Tipik Dane Dağılım Eğrileri



Efektif Çap

D_{10} Örnek içinde ağırlık olarak %10'dan küçük bölümü oluşturan danelerin en büyük çapı

Üniformluk Katsayısı

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Zeminin en iri %40'ının en küçük boyutunun efektif çapa oranı, bu oran dane dağılım eğrisinin eğimini gösterir, üniformluk katsayısı eşit çaplı küreler için 1 olacak, çok sayıda farklı çaplar içeren karışımda sonsuza yönelecektir

Süreklilik Katsayısı

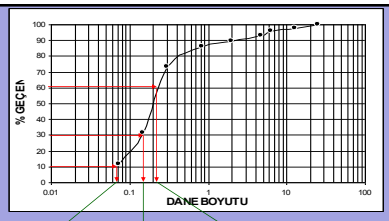
$$C_r = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$$

Üniform veya düzgün dane dağılımlı bir zeminde bazı boyutların eksik veya fazlalığını gösteren katsayı

PROBLEM 1. Kurutulmuş 500 g. zemin örneğinde yapılan elek analizinin alınan tartı sonuçlarına göre: Dane dağılımı eğrisini çiziniz; üniformluk, süreklilik katsayılarını; ve çakıl, kum, silt-kil yüzdelerini bulunuz.

ASTM Elek	1"	½"	¼"	No4	No10	No20	No50	No100	No200
Metrik Eşdeğer(mm)	25.4	12.7	6.35	4.76	2.0	0.84	0.30	0.149	0.074
Elekte Kalan (g)	-	12.5	7.5	15.0	17.5	17.5	62.5	210	102.5

D (mm)	KALAN (g)	GEÇEN (g)	% GEÇEN
25.4	0.0	500.0	100
12.7	12.5	487.5	97.5
6.35	7.5	480.0	96
4.76	15.0	465.0	93
2.00	17.5	447.5	89.5
0.84	17.5	430.0	86
0.30	62.5	367.5	73.5
0.149	210.0	157.5	31.5
0.074	102.5	55.0	11.9

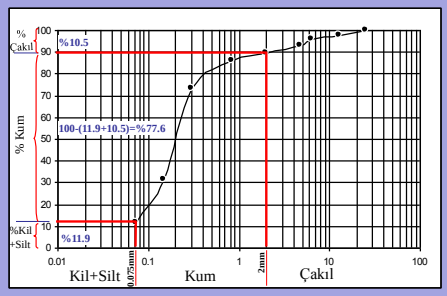


$D_{10} = 0.067$ mm $D_{30} = 0.15$ mm $D_{60} = 0.22$ mm

Üniformluk katsayısı $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.22}{0.067} = 3.3$

Süreklilik katsayısı $C_r = \frac{D_{30}^2}{D_{60} D_{10}} = \frac{0.15^2}{0.067 x 0.22} = 1.53$

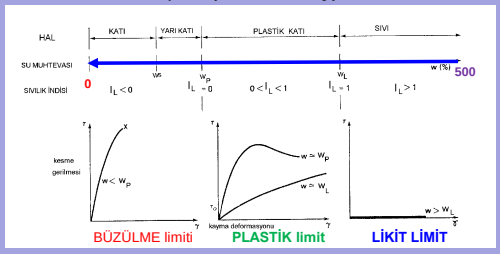
G:%10.5 S:%77.6 C+M:%11.9



ZEMİN-SU İLİŞKİLERİ (KIVAM)

Zemin-Su İlişkileri (Kıvam)

Killer ve kil içeren kuru karışımlar suyla yuğrulduklarında toz görünümünden çamura, su miktarı daha da arttırılırsa sıvıya dönüşürler. Bu özellik değişimine "kıvam" denir.

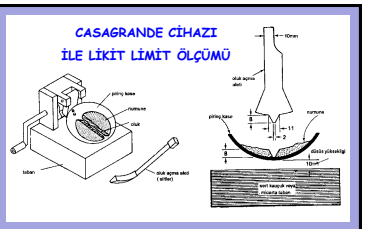


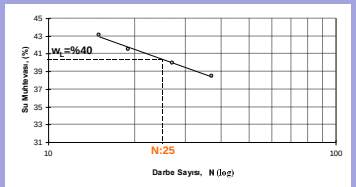
a. Viskoz akmanın üst limiti
b. Viskoz akımın alt limiti (likit limit)
c. Çamurun metale yapışma özelliğini yitirmesi (yapışma limiti)
d. Kilin plastisite özelliğinin yitirdiği limit (plastik limit)
e. Su kaybının hacim azalmasıyla doğru orantısını kaybı (büzülme limiti)

Atterberg, 1911

Likit Limit (LL, w_L)

Kil-su karışımının sıvı halden plastiğe dönüştüğü su muhtevasıdır.





KIVAM LİMİTLERİ DENEY FÖYÜ

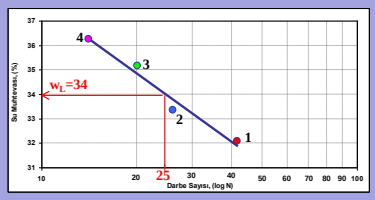
PROJE			TÜBİTAK-104M387					
ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER			Bekirpaşa - Adapazarı					
ÖRNEĞİN TANIMI			Kahve					
NUMUNE NO	SK-1 / SPT-2			DENEYİ YAPAN		Aykut Aydın		
DERİNLİK	3.00-3.45			TARİH		2006.03.21		
	w_n	LİKİT LİMİT				PLASTİK LİMİT		
Deney No		1	2	3	4	Deney No	1	2
Kap No	857	380	367	310	348	Kap No	319	369
Kap+YaşÖrnek, (g)	868.77	38.85	39.85	44.64	43.86	Kap + Örnek, (g)	30.86	27.98
Kap + Kuru Örnek, (g)	655.09	34.56	34.64	38.45	37.84	Kap + Kuru Örnek, (g)	29.62	26.68
Kap Ağırlığı, (g)	63.49	21.20	19.03	20.85	21.27	Kap Ağırlığı, (g)	25.04	21.85
Kuru Örnek Ağırlığı, Ws(g)	591.60	13.36	15.61	17.60	16.57	Kuru Örnek Ağırlığı, Ws(g)	4.58	4.83
Su Ağırlığı, Ww (g)	213.68	4.29	5.21	6.19	6.02	Su Ağırlığı, Ww(g)	1.24	1.30
Su Muhtevası, w (%)	36	32	33	35	36	Su Muhtevası, w (%)	27	27
Darbe Sayısı, N	----	42	26	20	14	Plastik Limit, Wp (%)	27	

$$w = \frac{(Kap + Yaş\ Örnek) - (Kap + Kuru\ Örnek)}{(Kap + Kuru\ Örnek - Kap\ Ağırlığı)} \times 100 = \frac{Su\ Ağırlığı}{Dane\ Ağırlığı} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

$$w = \frac{34.85 - 34.56}{34.56 - 21.20} \times 100 = \%\ 32$$

Likit Limit Tayini

Deney No→	1	2	3	4
Su Muhtevası, w (%)	32	33	35	36
Darbe Sayısı, N	42	26	20	14



Likit Limit, w_L=34

Plastik Limit (PL, w_P)

Zemin-su karışımının şekil verildiğinde bunu çatlamadan aldığı ve bu şekli değiştirmediği en düşük su muhtevasıdır.



Plastisite İndisi (I_P)

Kil-su karışımının plastik özellikler taşıdığı su muhtevaları plastisite indisiyle gösterilir.

$$I_P = w_L - w_P$$

ZEMİNLERİN SINIFLANDIRILMASI

Sınıflandırma; zemini birkaç harf veya sayı ile isimlendirerek ortak bir dil oluşturma işlemidir.

TÜRK STANDARDI
TS1500/2000
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİNDE
ZEMİNLERİN SINIFLANDIRILMASI

Sınıflandırma sistemlerinin geliştirilmesinde Amerikan etkisi görülüyor.

1911 Atterberg Kıvam Limitleri (Ziraat Mühendisliğine Yönelik)
1945 II. Dünya Savaşı sırasında Amerikan ordusu istihkam dairesi (US Corps of Engineers)
İri daneli zeminlerin dane dağılımına
İnce daneli zeminlerin plastisiteye göre ayırımı yaklaşımı
→ Birleştirilmiş Sınıflandırma (USCS)

Amerikan Federal Havacılık Ajansı (FAA)

1928 Amerikan Kamu Karayolları Bürosu (US BPR)
1945 Amerikan Eyalet Karayolları Memurları Birliği (AASHO)
1970 +Trafik Görevlileri (AASHTO)

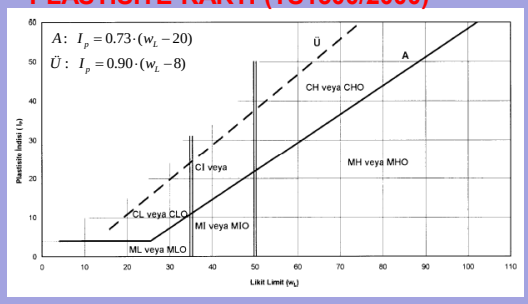
Kıvam Limitleriyle Sınıflandırma

0.074 mm (No.200) elekten geçenlerin oranının %50 veya daha fazla olduğu zeminler ince daneli olarak kabul edilir ve sınıflamada kıvam ana kriter olarak kullanılır. Kıvam limiti deneyleri (likit limit ve plastik limit) numunenin 0.425 mm (No.40) elekten geçen kısmı üzerinde yapılır.

Birleştirilmiş sınıflandırma sisteminde likit limit 50'den küçükse düşük plastisiteli (L), büyük eşitse yüksek plastisiteli (H) zemin denir (w_L<50 ise L, w_L≥50 ise H).

TS1500/2000' de zeminler likit limit değerine göre düşük (L), orta (I) ve yüksek (H) plastisiteli olarak adlandırılırlar (w_L<35 ise L, 35≤w_L≤50 ise I, w_L>50 ise H).

PLASTİSİTE KARTI (TS1500/2000)



$I_p = 0.73 \cdot (w_L - 20)$ A doğrusunun denklemi (killer A doğrusunun üstünde, siltler altında yer alır)

$I_p = 0.90 \cdot (w_L - 8)$ Ü doğrusunun denklemi

TS1500/2000'e göre Sınıflandırma

1) Malzemenin No.200 elekten geçen yüzdesi
2) 2 mm elek üzerinde kalanı
3) Dane dağılımı kriterleri C_u ve C_r
4) Kıvam limitleri (doğal su muhtevasında ve kurutulmuş örnekler üzerinde deneyle)
5) No.40 elekten geçen bölümün plastisite kartındaki yeri
6) Organik madde içeriği

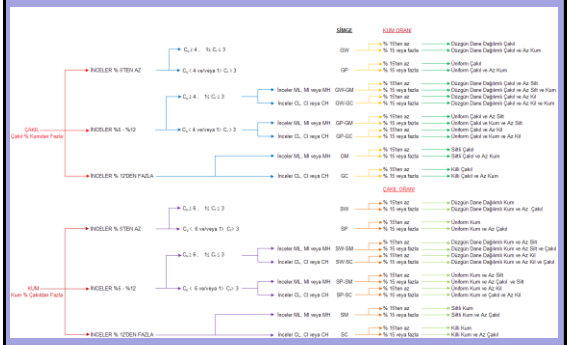
Bu kriterlerin uygulanması sonucunda zemin, iri daneli, ince daneli, organik zemin ve turba olarak dört ana gurupta toplanmakta ve numuneye iki veya dört harfli bir isim verilmektedir.

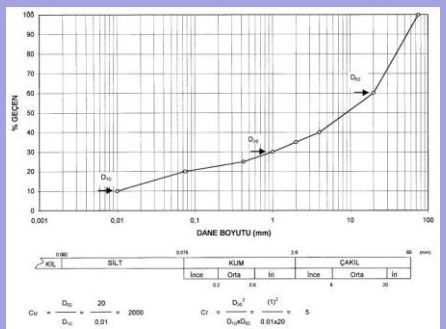
Kum 4.76 → 2 mm

Kil, Silt →L, I, H

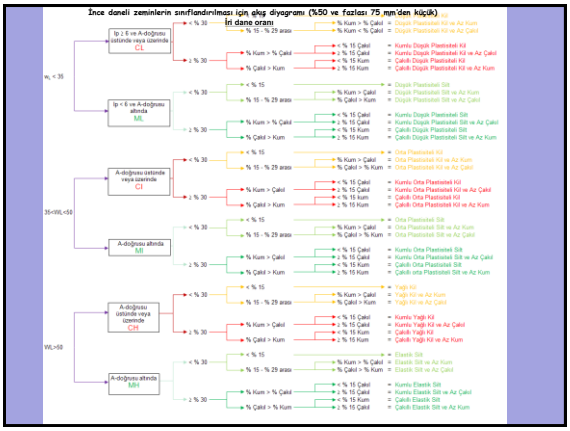
CL-ML simgesi yok

İri daneli zeminlerin sınıflandırılması için akış diyagramı (%50 ve fazlası 75 mm'den büyük)





İnce daneli zeminlerin sınıflandırılması için akış diyagramı (%50 ve fazlası 75 mm'den küçük)



Semboller

- **Zemin Sembolleri:**
- G: Çakıl
- S: Kum
- M: Silt
- C: Kil
- O: Organik
- Pt: Turba

- **Likit Limit Sembolleri:**
- H: Yüksek Plastisiteli (LL>50)
- I: Orta Plastisiteli (35 ≤ LL ≤ 50)
- L: Düşük Plastisiteli (LL<35)
- **Dane Dağılımı Sembolleri:**
- W: Düzgün dane dağılımlı
- P: Kötü derecelenmiş

Örnek: SW, Düzgün dane dağılımlı kum
SC, Killi kum
SM, Siltli kum,
MH, Elastik silt

Düzgün dane dağılımlı zemin

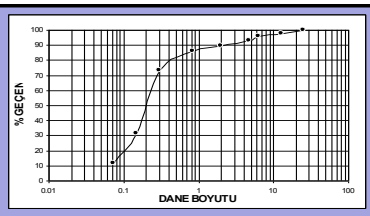
$1 \le C_r \le 3 \quad ve \quad C_u \ge 4$ (*çakıllar için*)

$1 \le C_r \le 3 \quad ve \quad C_u \ge 6$ (*kumlar için*)

PROBLEM 1. Kurutulmuş 500 g. zemin örneğinde yapılan elek analizinin alınan tartı sonuçlarına göre: Dane dağılımı eğrisini çiziniz; üniformluluk, süreklilik katsayılarını; ve çakıl, kum, silt-kil yüzdelerini bulunuz.

ASTM Elek	1"	¾"	⅜"	No4	No10	No20	No50	No100	No200
Metrik Eşdeğer (mm)	25.4	12.7	6.35	4.76	2.0	0.84	0.30	0.149	0.074
Elekte Kalan (g)	-	12.5	7.5	15.0	17.5	17.5	62.5	210	102.5

D (mm)	KALAN (g)	GEÇEN (g)	% GEÇEN (% P)
25.4	0.0	500.0	100
12.7	12.5	487.5	97.5
6.35	7.5	480.0	96
4.76	15.0	465.0	93
2.00	17.5	447.5	89.5
0.84	17.5	430.0	86
0.30	62.5	367.5	73.5
0.149	210.0	157.5	31.5
0.074	102.5	55.0	11.9



$D_{60} = 0.22\ mm \qquad D_{30} = 0.15\ mm \qquad D_{10} = 0.067\ mm$

Üniformluk katsayısı $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.22}{0.067} = 3.3$

Süreklilik katsayısı $C_r = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \cdot D_{10}} = \frac{0.15^2}{0.067 \cdot 0.22} = 1.53$

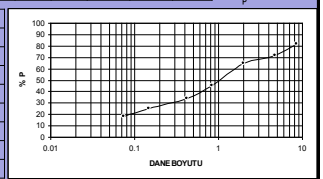
G: %10.5 S: %77.6 C+M: %11.9

PROBLEM 2[K]. Aşağıda elek analizi sonuçları verilen zemini TS 1500/2000'e göre simgelendiriniz.

Elek Çapı D (mm)	8.55	4.75	2	0.84	0.42	0.149	0.074	Tava
Kalan (g)	100	50	40	110	60	50	35	100

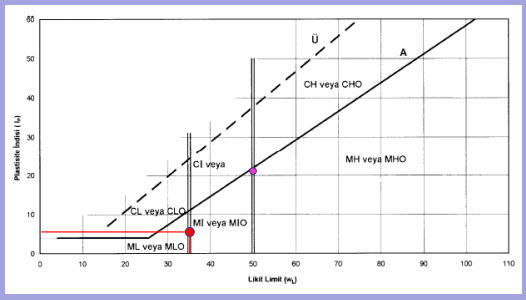
w_L=35
w_p=30

D (mm)	KALAN	GEÇEN	% P
8.55	100	445	82
4.76	50	395	72
2.00	40	355	65
0.84	110	245	45
0.42	60	185	34
0.149	50	135	25
0.074	35	100	18
TAVA	100	0	



C+M= %18 S= %47 G= %35

✓C+M<S+G
✓Kum yüzdesi çakıldan fazla
✓İnceler % 18 > % 12 SM veya SC olabilir (bkz. Sonraki sayfa)
✓w_L=35 ve $I_p = w_L - w_p$=35-30=5 ile plastisite kartında inceler MI
✓SM - Siltli Kum ve Az Çakıl



$IP = w_L - w_P = 35 - 30 = 5$

İNCELER = M

PROBLEM 3. Dane dağılımı ve kıvam limitleri verilen zemini TS1500/2000'e göre sınıflandırınız.

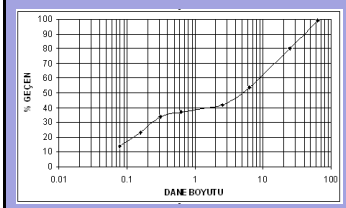
Elek (mm)	63	25	6.3	2.5	0.63	0.315	0.16	0.08	w_L=50
% Geçen	99	80	54	42	37	34	23	14	w_P=29

Çakıl:100-41=%59
No.200=%14
D_{10}=0.06 mm

Kum:41-14=%27
No.40=%37
D_{30}=0.22 mm

Silt+Kil=%14
No.10=%41
D_{60}=8.5 mm

IP=50-29=21

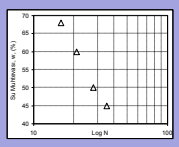


TS1500/2000

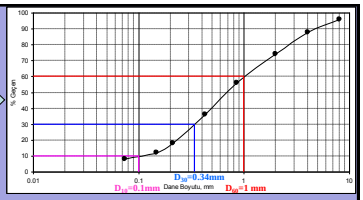
✓İri
✓Çakıl%>Kum%
✓İnceler>%12
✓İnceler MI
✓GM-Siltli Çakıl ve Az Kum

PROBLEM 4: Elek analizi ve Likit limit deney sonuçları aşağıdaki tablo ve grafikte verilen zeminin sınıfını TS1500/2000' e göre tayin ediniz (w_P=25).

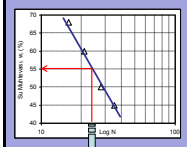
Elek Çap (mm)	Kalan (gr)
16	0
8	2
4	4
2	7
0.85	9
0.425	10
0.212	9
0.147	3
0.074	2
Tava	4



Elek Çap (mm)	Kalan (gr)	Geçen (gr)	Geçen (%)
16	0	50	100
8	2	48.00	96
4	4	44.00	88
2	7	37.00	74
0.85	9	28.00	56
0.425	10	18.00	36
0.212	9	9.00	18
0.147	3	6.00	12
0.074	2	4.00	8
Tava	4	0.00	0



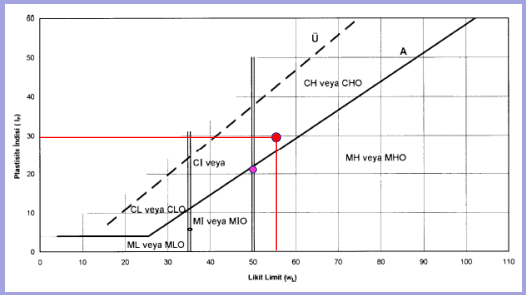
$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{1}{0.1} = 10 \qquad C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.34^2}{0.1 \times 1} = \frac{0.1156}{0.1} = 1.156$$



Likit Limit = Casagrande aletinde 25 vuruşa karşılık gelen su muhtevası (w_L=%55, w_P=25)
I_P=55-25=30

Çakıl: %26, Kum: %66, İnce (Kil+Silt): %8

% İri (Çakıl+Kum) > % İnce (Kil+Silt) → İri Daneli Zemin (G veya S)
% Kum > % Çakıl → Kum (S? Simgesi Alacak)
İnceler %5 ile %12 arasında (%8) → Çift Simge (S?-??)
Cu ≥ 6 ve 1≤Cr≤3 koşulu sağlanıyor → SW-??
İnceler Plastisite Kartında CH → SW-SC
Çakıl Oranı %15' den fazla
→Düzgün Dane dağılımlı Kum ve Az Kil ve Az Çakıl



$I_P = w_L - w_P = 55 - 25 = 30$

İNCELER = **C**