**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

# KOCAELİ BÖLGESİNDE TEK NOKTA CASAGRANDE DENEYİ KULLANILARAK TAN β KAT SAYISININ BELİRLENMESİ

**EVİNÇ BOYLU SARICAOĞLU**

**KOCAELİ 2018**

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

# KOCAELİ BÖLGESİNDE TEK NOKTA CASAGRANDE DENEYİ KULLANILARAK TAN β KAT SAYISININ BELİRLENMESİ

EVİNÇ BOYLU SARICAOĞLU

Doç.Dr. Utkan MUTMAN
Danışman, Kocaeli Üniversitesi .....

Prof.Dr. Safa Bozkurt COŞKUN
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi .....

Dr.Ögr.Üyesi Ayşe Bengü SÜNBÜL
Jüri Üyesi, Bülent Ecevit Üniversitesi .....

Tezin Savunulduğu Tarih: 22.06.2018

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Genellikle arazi zemin etüdlerini yürüten teknik elemanlar, laboratuvar deneylerini uygulayan personel ve tasarımı yapan mühendisler farklı kişilerden oluşmaktadır. Farklı aşamalarda zeminleri inceleyen ve tasarım parametrelerini seçen teknik elemanların zeminleri tanımlamada ortak bir dil kullanması gerekmektedir.

Yalnızca zeminin hangi sınıfa ait olduğunun belirlenmesi genellikle yeterli olmamakla beraber, proje amaçlarına uygunluğunun saptanması, yaklaşık ön tasarım parametrelerinin seçilmesi ve ayrıntılı inceleme programlarının geliştirilmesi gibi mühendislik aşamaları için çok yararlı bilgilerin elde edilmesine olanak sağlanmış olmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, zeminlerin sistematik olarak belirli gruplara ayırmaya yarayan bazı standart sınıflandırma sistemleri geliştirilmiştir.

Hayatım boyunca bana maddi manevi destek olan ve bana güç veren destekçilerim, her aşamada sıkıntılarımı ve mutluluklarımı paylaşan sevgili babam Necati BOYLU, annem Zerrin BOYLU, abim Kıvanç BOYLU'ya ve eşim M.Eymen SARICAOĞLU'na, ayrıca bu çalışmamda bana sürekli yardımcı olan ve üniversite eğitimimde büyük emeği geçen Doç.Dr. Utkan MUTMAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs - 2018 Evinç BOYLU SARICAOĞLU

**İÇİNDEKİLER**

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR ..... i
İÇİNDEKİLER ..... ii
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... iv
TABLOLAR DİZİNİ ..... v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... vi
ÖZET ..... viii
ABSTRACT ..... ix
GİRİŞ ..... 1
1. KİL MİNERALOJİSİ VE KIVAM LİMİTLERİ ..... 3
1.1. Kil Mineralojisi ..... 3
1.1.1. Silika tabakaları ..... 5
1.1.2. Silika zincirleri ..... 5
1.1.3. Sekiz köşeli tabakalar ..... 5
1.1.4. İzomorf yer değiştirme ..... 5
1.1.5. Katyon değiştirme kapasitesi ..... 6
1.2. Kil Gruplarının Yapısı ..... 6
1.2.1. Kil minerallerinin sınıflandırılması ..... 6
1.2.2. Karışık tabakalı killer ..... 7
1.2.3. Kristal yapısı olmayan kil boyutundaki malzemeler ..... 7
1.2.4. Kil danesinin özellikleri ..... 7
1.2.5. Kil daneleri arasındaki kuvvetler ..... 8
1.2.6. Çift tabaka kavramı ..... 8
1.3. Zemin ve Su İlişkileri ..... 9
1.3.1. Plastisite ..... 9
1.3.2. Kıvam limitleri ..... 10
1.3.2.1. Likit limit ..... 11
1.3.2.2. Plastik limit ..... 11
1.3.2.3. Plastisite indisi ..... 12
1.3.2.4. Tokluk indisi ..... 13
1.3.2.5. Büzülme limiti ..... 13
1.3.2.6. Sıvılık indisi ..... 14
1.3.2.7. Aktivite (Activity) indeksi ..... 15
1.3.3. Zeminlerin şişme özellikleri ..... 15
1.3.3.1. Serbest şişme indisi ..... 17
1.3.3.2. Şişen zeminlerin belirlenmesi ..... 17
1.4. Likit Limit Ölçümü ..... 17
1.4.1. Konik penetrasyon ile likit limit belirlenmesi ..... 19
1.4.2. Casagrande dört nokta metodu ile likit limit belirlenmesi ..... 20
1.4.3. Casagrande tek nokta metodu ile likit limit belirlenmesi ..... 21
2. CASAGRANDE TEK NOKTA LİKİT LİMİT DENEYİ İLE İLGİLİ DAHA ÖNCE YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR ..... 26

2.1. Casagrande Deneyi İle İlgili Yapılmış Olan Deneysel Çalışmalar ..... 26
3. CASAGRANDE TEK NOKTA LİKİT LİMİT DENEYİ İLE KOCAELİ BÖLGESİNE AİT TAN β DEĞERİNİN ELDE EDİLMESİ ..... 34
3.1. Deneysel Çalışma ..... 34
3.1.1. Likit limit deneyi (LL) ..... 34
3.1.2. Plastik limit deneyi (PL) ..... 38
3.1.3. Plastisite indeksi (PI) ..... 39
3.2. Deney sonuçları ve değerlendirme ..... 40
4.SONUÇLAR VE ÖNERİLER ..... 52
KAYNAKLAR ..... 54
EKLER ..... 56
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER ..... 103
ÖZGEÇMİŞ ..... 104

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Tetrahedron .....4
Şekil 1.2. Oklahedron .....4
Şekil 1.3. Önemli kil gruplarında boyutlar.....7
Şekil 1.4. Kil danesinde enerji eğrisi.....8
Şekil 1.5. Çift tabakanın oluşumu .....9
Şekil 1.6. Kohezyonlu zeminlerin değişik evrelerde kıvamı.....11
Şekil 1.7. Kilde su muhtevası- hacim ilişkisi .....14
Şekil 3.1. Casagrande likit limit (akma limiti) tayini aleti .....34
Şekil 3.2. 40 Numaralı elekten elenen zemin numunesi .....35
Şekil 3.3. Numunenin tas içerisine yerleştirilmesi .....36
Şekil 3.4. Numunede oluk açma bıçağıyla yarık açılması .....36
Şekil 3.5. Numunede yarık kapandıktan sonraki durum .....37
Şekil 3.6. Numunenin spatula ile alınması .....37
Şekil 3.7. Plastik limit deneyi numune hazırlanması .....39
Şekil 3.8. Zemin numunelerinin deneyleri sonucunda oluşturulan akma eğrileri .....42
Şekil 3.9. Zemin numunelerinin deney sonuçlarının casagrande plastisite kartı üzerinde gösterilmesi .....43
Şekil 3.10. N>25 için hesaplanan tan β değerleri regresyon analizi tablosu.....45
Şekil 3.11. N<25 için hesaplanan tan β değerleri regresyon analizi tablosu .....47

## TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 3.1. Yapılan tek nokta likit limit deneylerinin deney sonuçları.....41
Tablo 3.2. N>25 için hesaplanan tan β değerleri ve kullanılacak ortalama tan β değeri ..... 44
Tablo 3.3. N<25 için hesaplanan tan β değerleri ve kullanılacak ortalama tan β değeri..... 46
Tablo 3.4. Bağıntı yardımıyla hesaplanan tan β değerleri ile daha önceden özel laboratuvar firması tarafından yapılmış numune çalışmalarıyla elde edilen deney rapor sonuçlarının karşılaştırılması .....48

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| | |
|---|---|
| ° | : Derece |
| °C | : Santigrat |
| μm | : Mikrometre |
| $\rho_s$ | : Kuru zemin özgül ağırlık |
| $\rho_w$ | : Islak zemin özgül ağırlık |
| A | : Aktivite indisi |
| CEC | : Katyon değiştirme kapasitesi |
| $C_f$ | : Faz frekansı |
| cm | : Santimetre |
| g | : Gram |
| $I_f$ | : Akma doğrusunun eğimi |
| $I_p$ | : Plastisite indisi |
| $I_T$ | : Tokluk indisi |
| kg | : Kilogram |
| $kg/cm^2$ | : Kilogram/santimetrekare |
| kPa | : Kilo pascal |
| LI | : Sıvılık indisi |
| LL | : Likit likit |
| $M_i$ | : İlk ağırlık |
| mm | : Milimetre |
| MPa | : Mega pascal |
| $M_s$ | : Kuru ağırlık |
| N | : Vuruş sayısı |
| P60 | : 600 mm'lik penetrasyona karşılık gelen değer |
| PI | : Plastisite indisi |
| $R^2$ | : Korelasyon katsayısı |
| s | : Saniye |
| tan β | : Akma doğrusunun eğimi |
| $ton/m^2$ | : Ton/metrekare |
| V | : Hacim |
| $V_i$ | : İlk hacim |
| $V_k$ | : Kuru hacim |
| w | : Su muhtevası |
| $w_o$ | : Başlangıç su muhtevası |
| $w_k$ | : Kuru zemin su muhtevası |

| | |
|---|---|
| $w_n$ | : Doğal su muhtevası |
| $w_L$ | : Likit limit su muhtevası |
| $w_P$ | : Plastik limit su muhtevası |
| $w_S$ | : Büzülme limiti |

**Kısaltmalar**

| | |
|---|---|
| AASHTO | :The American Association of State Highway and Transportation Offical (Devlet Karayollu ve Ulaştırma Amerikan Derneği) |
| ASTM | :Amercan Society for Testing Metarials (Amerika Test Metaryalleri Topluluğu) |
| BSI | :The British Standarts (İngiliz Standart) |
| DIN | :Deutsches Institute for Normung (Alman Standartlar Enstitüsü) |
| TS | :Türk Standardı |
| USCS | :Unified Soil Classfication System (Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi |

## KOCAELİ BÖLGESİNDE TEK NOKTA CASAGRANDE DENEYİ KULLANILARAK TAN β KAT SAYISININ BELİRLENMESİ


## ÖZET

Kıvam limitleri doygun durumda davranışı belirlemede yardımcı olur. Bu nedenle kohezyonlu zeminlerin sınıflandırılmasında kıvam limitlerinin belirlenmesi çok önemlidir. Likit limit ve plastik limitin tespitinde kullanılan deneyler, deneyi yapan kişiye ve deney aparatına bağlı olmak üzere birçok belirsizlik içermektedir. Özellikle tek nokta likit limit deneylerinde kullanılan formüldeki β parametresi bölgesel olarak değişmektedir.

Bu çalışmada Kocaeli bölgesine ait zemin numuneleri üzerinde yapılmış olan Casagrande tek nokta likit limit deneyi ile normal likit limit deneyleri karşılaştırılmış. Yapılan deneysel çalışma sonuçlarından elde edilen akma eğrisinin eğiminden bir bağıntı elde edilmiştir. Ayrıca yapılan deneysel çalışmalar sonucunda N>25 ve N<25 vuruş sayıları ayrı ayrı değerlendirilerek ortalama tan β değerleri hesaplanmıştır. Daha önceden Kocaeli ilinin değişik bölgelerinde yapılan deneylerin sonuçları bir numune firmasından alınarak bu çalışmada elde edilen bağıntı sayesinde bulunan tan β ortalama değeri vuruş sayılarına göre kullanılarak hesaplanmış ve klasik formül kullanılarak hesaplanan likit limit değerleri bir tablo oluşturularak incelenmiş ve hesaplanan ortalama tan β değerlerinin kullanılabileceği öngörülmektedir.



**Anahtar Kelime:** Casagrande Deneyi, Kıvam Limitleri, Likit Limit, Tan β Değeri.

**DETERMINING THE VARIABLE TAN β PARAMETER VALUE IN THE LIQUID LIMIT TEST FORMULA FOR THE CITY OF KOCAELİ**


## ABSTRACT

This document is a guide how consistency limits are helpful in determining how soils their behaviour when saturated. Thus, identifying the consistency limits in classifying cohesive soils carries importance. Utilized in the determination of liquid limit and plastic limits, tests involve many ambiguities, depending on who and what the tester is. Specifically the β parameter within the formula which is used in one point liquid limit tests, changes according to regions.

This study examines the results of the limit test, conducted over the soil samples from Kocaeli region by comparing. Casagrande one point liquid limit test and normal liquid limit tests. A correlation is obtained from the slope of the curve from the experimental study result. It is predicted that the average tan β calculated values can be used in the work. In addition, the average tan β values were calculated by evaluating $N > 25$ and $N < 25$ strokes as experimental results. The results of the experiments performed in different regions of Kocaeli province were taken from a sample company and calculated by using the tan β average value obtained from the correlation obtained in this study and the liquid limit values calculated using the classical formula were examined by creating a table. It is predicted that the average tan β values calculated in the work done can be used.



**Keywords :** Casagrande Experiments, Consistency Limits, Liquid Limit, Tan β Degree.

# GİRİŞ

İnşaat mühendisliğinde amaç, yapının sağlamlığıyla birlikte, yapının zemine güvenilir bir şekilde oturtulmasıdır. Zeminin tanınması, yapı yükleri altında davranışı, fiziksel özellikleri ve diğer bilimler için sınıflandırılmasını inceleyen bilim dalı da geotekniktir.

Tüm mühendislik yapıları temelleri vasıtasıyla zemine yük iletirler. Ancak zeminin yeterli mukavemete sahip olması durumunda iletilen bu yükleri emniyetle taşıyabilmesi söz konusudur. Ayrıca iletilen bu yükler altında zeminde meydana gelebilecek oturmaların da müsaade edilebilir sınırlar içerisinde kalması gerekir. İşte bu koşulların değerlendirilebilmesi için her yapı temelinin oturacağı zemin için ayrı, yeterli ve doğru zemin etütlerinin, laboratuvar deneylerinin yapılması ve elde edilen sonuçların üst yapı bilgisine sahip olan yetkin bir inşaat mühendisi yani bir geoteknik mühendisi tarafından değerlendirilmesi son derece önemlidir. Ayrıca yapı-zemin etkileşiminden kaynaklanabilecek sorunları belirlemek ve yine bu sorunların çözüm yollarını ortaya koymak geoteknik mühendisinin yetki ve sorumluluğundadır.

Kohezyonlu bir zemine aşırı miktarda su ilave edilirse, zemin akışkan bir sıvı gibi davranarak kendi ağırlığı altında kolayca akabilecek duruma gelir. Böyle bir zemin belli bir miktar kurutulursa, kırılma veya çatlama olmadan kolayca istenilen şeklin verilebileceği plastik duruma gelir. Biraz daha kurutulursa, herhangi bir şekil verilmek istendiğinde kırılarak parçalanacağı yarı katı duruma geçer. Bu durumda iken kurutmaya devam edilirse, tamamen katı duruma geçerek gevrek ve kırılgan bir hal alır. Zeminlerin farklı su içeriklerinde gösterdikleri bu davranışlar "kıvam" olarak adlandırılır (Bowles, 1992).

Kıvam limitleri ilk kez Ziraatçı bilim adamı İsveçli A. Atterberg tarafından 5 farklı sınır su muhtevası olarak tanımlanmıştır. Bunlar; kohezyon limiti, yapışma limiti, büzülme limiti, plastik limit ve likit limittir (Al-Khafaji ve diğ., 1992). Günümüzde bunlardan sadece büzülme limiti, plastik limit ve likit limit olmak üzere üç tanesi

zemin mekaniği uygulamalarında yer alarak çeşitli ulusal standartlara dahil edilmiştir. Bu kıvam limitlerini hacim (V) – su içeriği (w) ilişkisi ile açıklamak mümkündür. Belli bir kap içerisinde likit durumda bulunan bir zemin tedricen kurutulursa doğal olarak su içeriği azalacaktır. Zemini kurutmaya devam ettikçe belli bir noktaya kadar su içeriğinin azalması ile birlikte hacminde de azalma olacaktır. Ancak bir noktadan sonra su içeriği azalmasına rağmen hacminin sabit kaldığı görülecektir (Uzuner, 2000).

Zeminlerin tanınması, inşaat mühendisliği geoteknik laboratuvarlarında yapılan bazı deneylerle mümkün olmaktadır. Bu deneylerin bir bölümü "Kıvam Limitleri" ölçüm deneyleridir.

Kıvam limitlerinden likit limitin doğru bir şekilde ölçülmesi, zeminin plastik kıvamdan sıvı kıvama geçtiği sınırı belirleme açısından oldukça önemlidir. Ölçüm yöntemi olarak kullanılan iki yöntem Koni Penetrasyon ve Casagrande metodlarıdır.

Her iki yöntemin de uzun zaman aldığı buna rağmen laboratuvarlarda yapılan deneylerde bazen hatalı sonuçlar elde edildiği bilinmektedir. Tek Nokta Yöntemi; likit limit ölçümlerinde hata oranını en aza indiren ve iş hacmini azaltan bir metottur. Bu metodun özü tüm zeminler üzerinde geçerli olabilecek ortalama bir akma doğrusunun eğimidir.

Kocaeli bölgesine ait olan zeminlerin, tek nokta likit limit deneyleri getirdiği kolaylıklardan yararlanmak amacıyla bu zeminlere ait ortalama akma doğrusu eğimi bulunmuştur. Bu çalışmada bu bulunan akma doğrusu eğiminden faydalanılarak Kocaeli bölgesi genelinde kullanılacak yeni bir formül türetilmesi amaçlanmıştır.

# 1. KİL MİNERALOJİSİ VE KIVAM LİMİTLERİ

## 1.1. Kil Mineralojisi

Bilimsel anlamda kil, hidratlı alüminyum ve magnezyum silikatlarından oluşan doğal bir ikinci mineraldir. Dane boyutu 2 mikron veya daha küçüktür. Kili diğer minerallerden ayıran en önemli özellik su ile karıştırıldığında çamur oluşmasıdır. Bu karıştırma sonucunda şekil verilebilecek kadar plastisiteye sahipken, pişirildiğinde yüksek dayanım gösteren katıya döneşebilmektedir. Ayrıca ıslatıldığında hacim artışı, kurutulduğunda hacim azalması ve çatlama görülür.

Killi zeminlere, kil haricindeki bileşenlerin (silt, kum, çakıl) toplamının % 25'i geçmediği karışımları da eklemek mümkündür. Kil, mühendis ve jeologların ilgilendiği mineral olmakla beraber, ormancılık, seramik sanayi ve tıpta da önemli bir endüstriyel gereçtir.

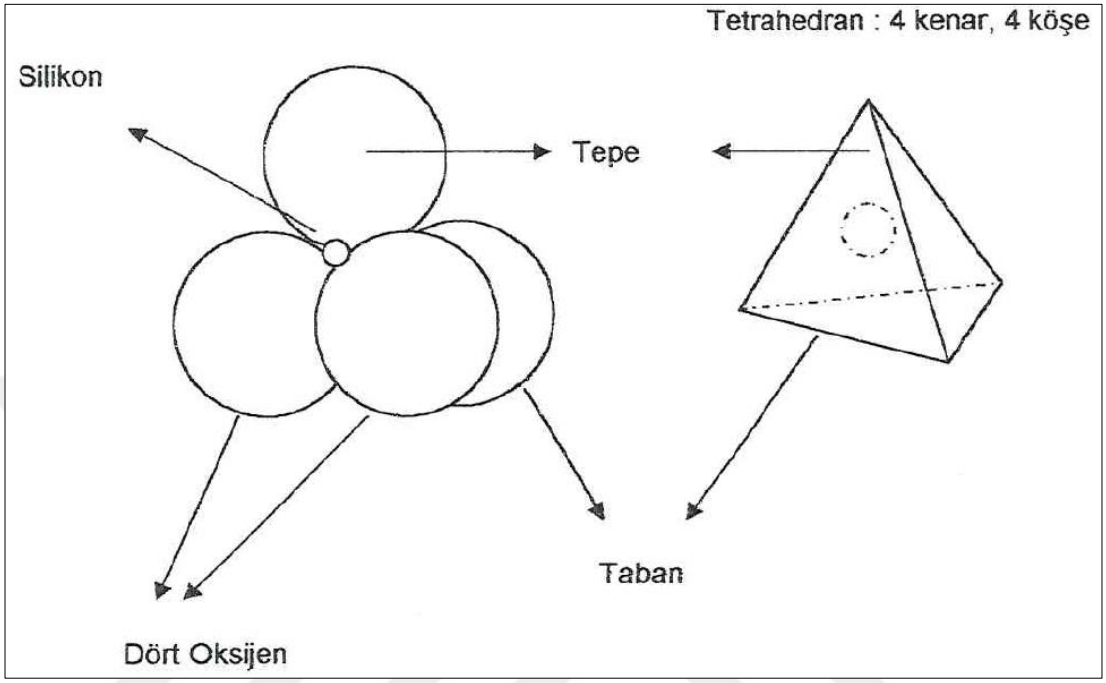
Bir zeminde kilin varlığı, mühendis ve jeologlar için bir sorun olmakla beraber, dolgu barajlarda ve atık depolarında geçirimsizliğin sağlanması, göletlerin su tutması ve kazıldığında kendini tutamayan zeminlere pelteleşebilir bulamaç halinde etkin destek sağlaması bakımından da yararlı olabilir (Önalp,1997).

Kil mineralleri, kayaçları oluşturan birincil minerallerin ayrıştırılmasıyla oluşurlar. Bu mineralller; feldispat, kuvars, mika, amfibol, piroksen, olivin, demir oksit, kaolinit, dolomit ve kalsitlerdir. Killer ikincil silika olarak adlandırılırlar.

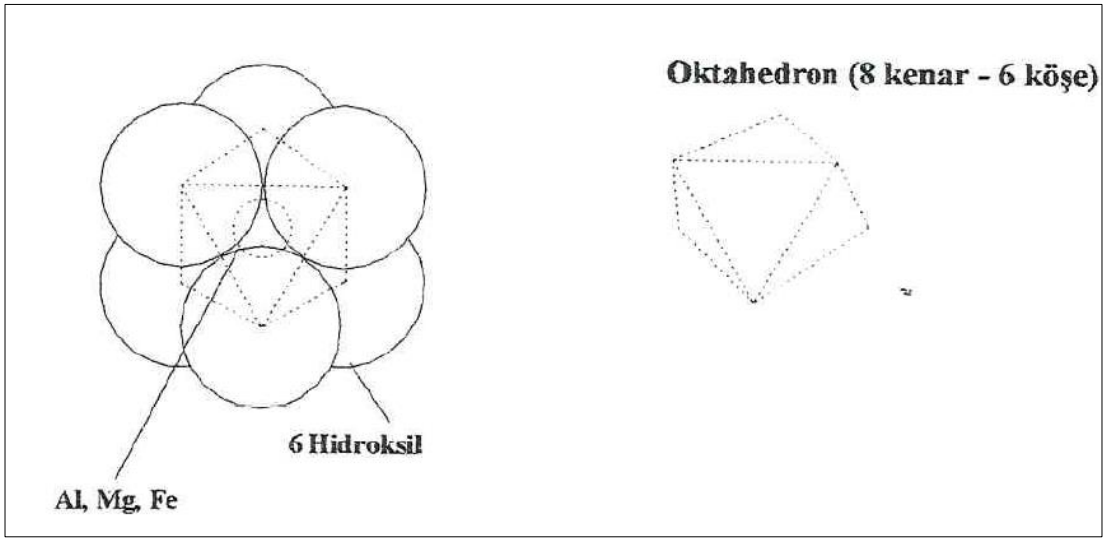
Oluşumları, yıpranan ana kayaçtan kopup taşınan parçaların bir başka ortamda çökelmesi, ya da ana kayacın ayrışma ürününün yanı başında kalması sonucudur. Kil minerallerinin oluşmasındaki faktörler; birincil mineralin (anakayaç) türü, içinde bulunduğu ortamın iyon içeriği, sıcaklık ve pH'dır.

Killer, tabakalı veya filo-silikatlar grubuna dâhildir. Filo silikatların yapısı iki ana yapı elamanının çeşitli biçimlerde bir araya gelmesiyle oluşur. Birinci yapı bloğu, silikon iyonun dört yandan oksijen atomlarına bağlanarak oluşturduğu silika dörtayaklısı

(tedrahedron) (Şekil 1.1), ikinci kristal bloğu ise yandan oksijen ve hidroksil iyonlarıyla koordine alüminyum ve magnezyum iyonunun oluşturduğu sekiz köşelidir (oklahedron) (Şekil 1.2).




Şekil 1.1. Tetrahedron (Önalp,1997)




Şekil 1.2. Oklahedron (Önalp,1997)

### 1.1.1. Silika tabakaları

Kil mineralleri genelde silika dört ayaklıları yan yana gelecek bir tabakalı yapı oluştururlar. Her tabakanın üç oksijeni diğeriyle bağlanarak taban düzleminde uçları aynı yöne bakan altıgen bir ağ meydana getirir. Bu yapı sınırsız, olarak tekrarlanabilir ve $(Si_2O_{10})^{-4}$ biçiminde belirir. Elektriksel denge, dört oksijenin yerinin hidroksil tarafından alınması veya pozitif yüklü bir başka tabakayla bir araya gelmesiyle sağlanabilir.

### 1.1.2. Silika zincirleri

Bazı durumlarda silika dörtayaklıları $(Si_4O_{11})^{-6}$ bant (çift zincir) biçiminde bulunabilir. Elektriksel denge sağlanırken alüminyum ve/veya magnezyum iyonları bu bantları birleştirme görevi yaparlar.

### 1.1.3. Sekiz köşeli tabakalar

Bu yapı bloğunda magnezyum veya alüminyum iyonu sekizgen bir koordinasyonla oksijen ve hidroksillere bağlıdır. Bazı durumlarda üç değerlikli alüminyum ve iki değerlikli magnezyum yerine iki değerlikli demir, mangan, nikel; üç değerlikli demir, krom veya dört değerlikli titan iyonları bulunabilir.

Eğer katyon üç değerlikli ise, mevcut boşlukların üçte ikisi doldurulur ve "dioktahedral" adını alır. Katiyon iki değerlikli ise tüm katyon boşlukları doldurulur ve "trioklahedral" yapı belirir.

### 1.1.4. İzomorf yer değiştirme

Kil minerallerinin davranışını belirleyen önemli bir özelliktir. Doğadaki killerde, dört ayaklı ve sekiz köşeli yapılarda silikonun yeri alüminyum, alüminyumun yeri magnezyum, magnezyumun yeri iki değerlikli demir iyonunca alınmıştır. Oktahedral veya tetrahedral yerini normalde bulunan katyondan bir başkası tarafından alınmasına "izomorf yer değiştirme" denmektedir.

Gerçekte yabancı katyonlar, sadece boş olan yerleri almaktadırlar. Kaolinit dışında tüm ilk mineralleri izomorf yer değiştirme sonucu kristal kenarlarında net negatif yükü

taşımakta, bu da nötrlüğün sağlaması için yabancı katyonların kenarlara bağlanmasına neden olmaktadır.

### 1.1.5. Katyon değiştirme kapasitesi

İzomorf yer değiştirme, hidroksil iyonlarının kil yüzeyinden ayrılması, kristal kafesinde katyon eksikliği, yüzeye sonradan bağlanmış aniyonlar ve organik molekül içeriği elektriksel yük dengsizliğine neden olmaktadır. Bu dengesizliğin sonucunda kil, su ve ortamdaki katyonlara aşırı istek göstermektedir. Bu yük dengesizliğini gidermek için gerekli olan katyon miktarına "katyon değiştirme kapasitesi" denmekte ve (CEC) ile gösterilmektedir, 100 g kuru kilde mili- eşdeğer türünden ifade edilir. CEC, toprak biliminde killerin gübreyi tutabilme özelliğini yansıtması açısından önemlidir. CEC (Katyon değiştirme kapasitesi) Denklem (1.1)'deki gibi;

$$\text{CEC} = \frac{\text{Element Ağırlıkları}}{\text{Atomik Ağırlık}} \text{ x değerlik} \qquad (1.1)$$

hesaplanmaktadır.

## 1.2. Kil Gruplarının Yapısı

### 1.2.1. Kil minerallerinin sınıflandırılması

Kil mineralleri öylesine karmaşık kristal yapı gösterir ki bugüne kadar üzerinde tam anlaşma sağlanan bir sınıflandırma sistemi belirtilmemiştir. Uluslararası Kil Komitesi her üç yılda bir toplanıp yeni gelişmeleri gözden geçirmektedir. Killerin sınıflandırılmasında esas alınan özellikler şöyledir;

a) Bir hücre veya tabakanın kalınlığı,
b) Tabakanın di veya tri-oktahedral özelliği ve iyon içeriği,
c) Tabakaların dizilişi ve diziliş düzeni

En önemli kil grupları; kaolinit, klorit, montmorillonit ve illit gruplarıdır. Bu grupların mühendislik özelliklerini etkileyen boyutları Şekil 1.3'de gösterilmiştir.

| Kil | Kenar Kesidi | Kalınlık ( nm ) | Çapı ( nm ) | Özgül Yüzey ( $km^2$ / kg ) |
|---|---|---|---|---|
| Montmorillonit | | 3 | 100 – 1000 | 0.800 |
| İllit | | 30 | 10000 | 0.080 |
| Klorit | | 30 | 10000 | 0.080 |
| Kaolinit | | 50 - 4000 | 300 - 4000 | 0.015 |

Şekil 1.3. Önemli kil gruplarında boyutlar (Önalp,2013)

### 1.2.2. Karışık tabakalı killer

Toprakların içinde genelde birden fazla kil minerali bir arada bulunur. Bu minerallerin kristal yapılarındaki benzerlikten dolayı, bazen bir dane içinde iki ya da daha fazla mineral görülür. Bazı araştırmacılar karışık tabakalı killerin, illitten sonra doğada en çok bulunan tip olduğunu öne sürerler. Montmorillonit - İllit bu karışımların en sık görülenidir.

### 1.2.3. Kristal yapısı olmayan kil boyutundaki malzemeler

Bu tip malzemelerde atomik yapı düzensizdir ve "amorf" olarak adlandırılır. Bu sınıfın en tipik örnekleri pelte (jel) ve camdır. Kristalleşmemiş kil malzemesine akılan "alofan" denir ve en bol volkan küllerinde bulunurlar.

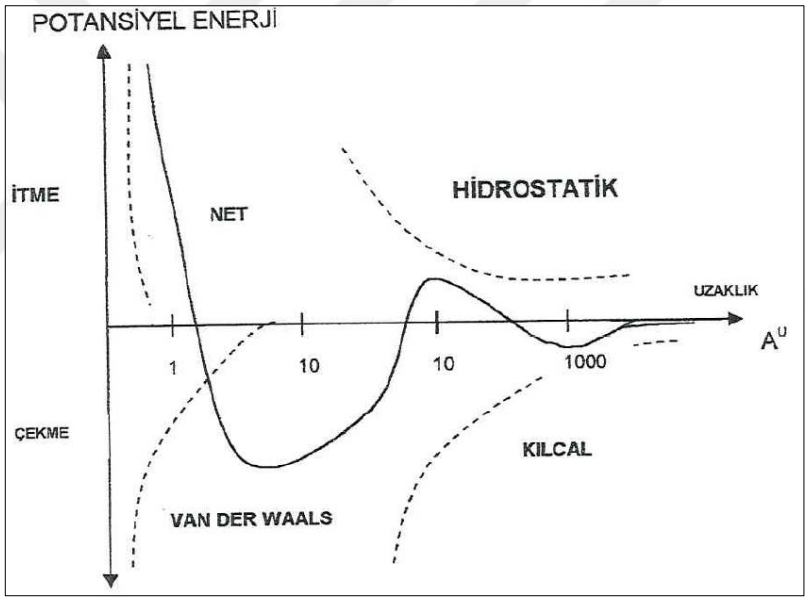
### 1.2.4. Kil danesinin özellikleri

Kil danesinin bir hayli küçük pulsu, lif veya boru şekilli bir cisim olduğu belirtilmiştir. Kil, kristal kenarında negatif, yüzünde ise pozitif net elektrik yükü taşımaktadır. Bu özelliğinden dolayı bir mıknatısa benzetilebilir. Söz konusu bu yükün kaynağı, katyonların izomorf yer değiştirmesi, hidroksil iyonlarının yüzeyden ayrılması, kristal kafesinde katyonların eksikliği, yüzeye bağlanmış anyonlar ve dane çevresindeki organik malzemelerdir.

### 1.2.5. Kil daneleri arasındaki kuvvetler

Fiziğin temel kavramlarından birisi de iki cisim arasında var olan karşılıklı itme ve çekme kuvvetleridir. Bunlar Born itme ve Van der Waals çekme kuvvetidir. Aynı kurallar killer için de geçerlidir.

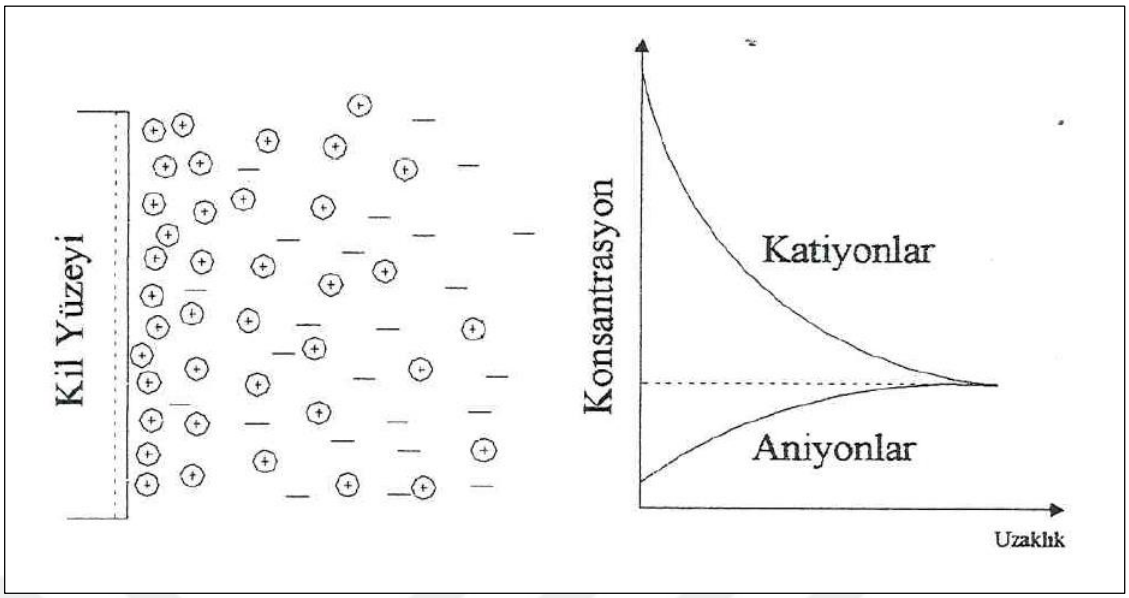
İki kil danesi arasındaki net kuvvet çekme ise, danelerin birbirine yaklaştığı, daneler arasındaki net kuvvet itme ise, danelerin birbirinden uzaklaştığı görülmektedir. Daneler arasındaki bu yaklaşım yumaklanma (floklanma), uzaklaşma ise dağılma (dispersiyon) olarak adlandırılmaktadır. İtici kuvvetler sistemin özelliklerine bağlı iken çekme kuvvetleri maddenin özünden kaynaklandığından önemli bir değişim göstermezler. Şekil 1.4'te kil danesinin enerji eğrisi gösterilmiştir.




Şekil 1.4. Kil danesinde enerji eğrisi (Önalp,1997)

### 1.2.6. Çiftli tabaka kavramı

Kil daneleri suyla karşılaştırıldığında, yani su molekülleri kil yüzeyinde mevcut olan yapışık katyonlara bağlandığında ki buna "hidratlanma" deniliyor. Bunlar tekrar dengeyi sağlamak için yüzeyden ve birbirlerinden ayrılma eğilimi gösterirler. Bu sayede saf suya giren kil zerresinin yüzeyindeki katyonlar sıvı içine doğru genleşerek "çiftli tabaka" olarak adlandırılan bölgeyi oluştururlar. Bunun sonucunda Şekil 1.5'te gösterilen dane yüzeyine sıkı bağlanmış bir tabaka belirmektedir.




Şekil 1.5. Çiftli tabakanın oluşumu (Önalp,1997)

### 1.3. Zemin ve Su İlişkileri

#### 1.3.1. Plastisite

Malzeme biliminde plastisite, cismin aldığı gerilme etkisiyle kırılıp kopmadan sürekli şekil değiştirmesi, gerilme kaldırıldıktan sonra ise, bu deformasyonun geri gelmeme özelliği olarak tarif edilir.

Sert cisimlerin katı, sıvı ve gaz halleri bulunmaktadır. Yoğrulabilen cisimlere ısıtarak veya yüksek kuvvet uygulayarak plastik şekil vermek mümkündür. Kurutulmuş bir kile şekil verilmek istendiğinde, sertliğinden dolayı bu gerçekleşemez ve parçalanır. Eğer bu, su ilave edilerek gerçekleştirilirse plastik ve şekil verilebilecek bir hale getirilmiş olur hatta çok su ilavesiyle sıvı hale sokmak bile mümkün olmaktadır.

Belirli bir kıvama getirilen ince daneli zeminlerin plastik özellikler göstermesi, bu zeminlerden seramik ve refrakter (yalıtıcı) endüstrisinden yol inşaatı, güzel sanatlar ve ilaç sanayine kadar değişik alanlarda faydalanılması imkanını getirmiştir. Silt, kum ve çakıllar ise plastik kıvama gelemezler. Plastisite, kil minerali içeren zeminlerin bir karakteristiğidir.

Silt, kil ve bunların karışımı olan ince daneli zeminlerin ne kadar plastisite özelliği göstedikleri ve sınıflandırmaları “Casagrange Plastisite Grafiği” yardımıyla yapılır.

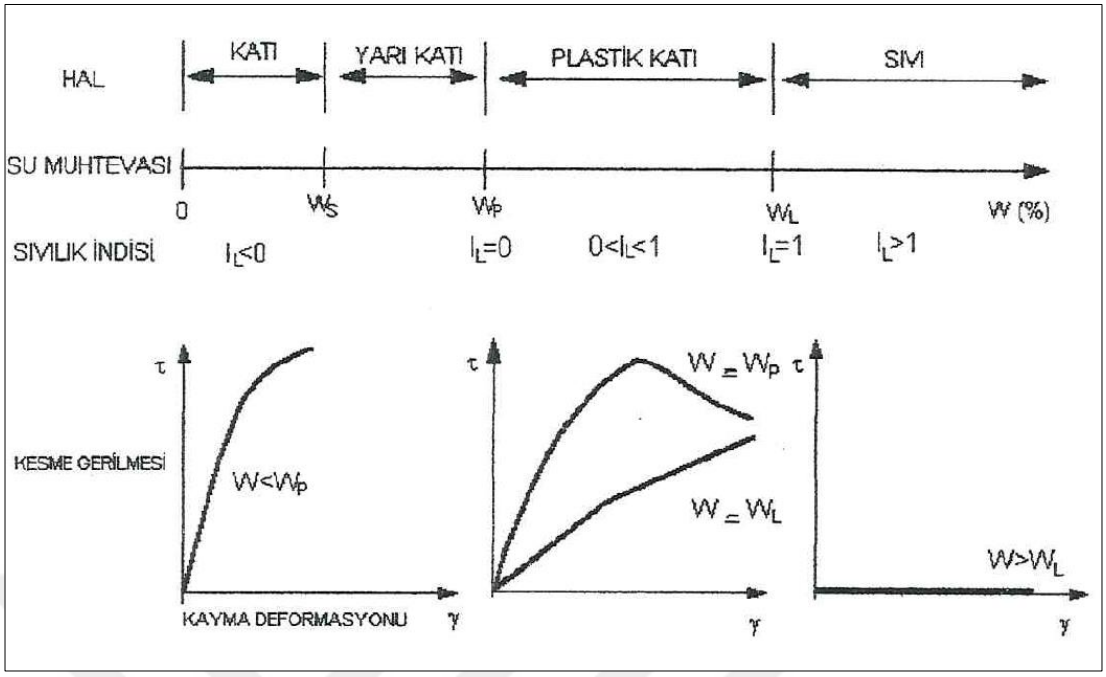
### 1.3.2. Kıvam Limitleri

Killer ve kil muhteva eden kuru karışımlar su ile yoğrulduklarında toz görünümlerinden sıyrılıp çamura, su miktarı daha fazla arttırıldığında ise sıvıya dönüşürler. Bu özellik değişimine "kıvam" denmektedir. Ancak bahsedilen bu zeminlerin bile kıvam özelliği göstermediği istisnai vardır. Örneğin, bir kil benzen veya karbon tetraklorür gibi sıvılarla çamur oluşturmamaktadır veya kil veya kil boyutunda öğütülmüş kuvars tanecikleri su ile yoğrulduklarında çamur oluşturmaz. Bu da kil ile su arasında özel bir ilişki olduğunu göstermektedir. Malzeme bilimince plastisite, cismin aldığı gerilme etkisiyle kırılıp kopmadan sürekli şekil değiştirme, bu gerilme kırıldıktan sonra da bu deformasyonun geri gelmeme özelliği olarak tarif edilebilir. Belirli kıvama getirilen ince daneli zeminlerin plastik özellikler göstermesi seramik ve refrakter endüstrisinden yol inşaatına, güzel sanatlardan ilaç imalatına kadar değişen alanlarda yararlanılan bir davranıştır. Bu kavramlar inşaat mühendisliğinde 1930'larda ulaşım inşaatı ve toprak işlevinde kullanılmaya başlanmıştır.

Killerin suyla karıştığında göstereceği davranışın en az iki parametreyle gösterilmesi gerekeceği Atterberg tarafından;

- Viskos akmanın üst limiti
- Viskos akımın alt limiti (likit limit)
- Çamurun metale yapışma özelliğini yitirmesi (yapışma limiti)
- Kilin plastisite özelliğini yitirdiği limit (plastik limit)
- Su kaybının hacim azalmasıyla doğru orantısını kaybı (büzülme limiti)

limitleriyle açıklanmıştır. Bu tariflerden geoteknikte de kısmen yararlanılmaktadır. Bu limitler bir ölçek üzerinde gösterilmiştir. Kil - su karışımın sıvıdan, plastiğe yarı katı ve katıya dönüşmesi kıvam limitleri olarak anılan su muhtevalarıyla ifade edilmektedir.




Şekil 1.6. Kohezyonlu zeminlerin değişik evrelerde kıvamı (Önalp,2013)

### 1.3.2.1. Likit limit

Kil çok miktarda su ile karıştığında daneler arasındaki bağ kaybolmakta ve viskozite 3 - 8,5 kPa dolaylarına düştüğünde karışım Newton sıvısı özellikleri göstermektedir. Killerin kıvam limitleri kil minerali ve danelerce soğurulmuş (adsorbe) katyonlara birinci derecede bağlıdır.

Likit limit kil- su karışımının sıvı halden plastiğe dönüştüğü su muhtevası olarak tarif edilmiştir. Likit limit ( $w_L$ )simgesi ile gösterilir ve boyutsuz verilir. Likit limitin ölçümü için karışım viskozitesinin bir yöntemle su muhtevasında değişim ile bağlantısı çıkartılır. İnşaat mühendisliği amaçları için ölçüm ilk kez Casagrande tarafından yapılmıştır.

### 1.3.2.2. Plastik limit

Plastik limit ( $w_P$ ), zemin su karışımının kil şekil verildiğinde bunu çatlamadan aldığı ve şekil değiştirmediği en düşük su muhtevası olarak tarif edilmiştir. Aynı kapsamda yapılan farkli birkaç tarif de şöyledir;

- Zemin plastiklik göstermediği en az su muhtevasıdır (Bowles, 1986).

- Zeminin çatlamadan 3 mm çapında bir silindir haline getirildiği minimum su muhtevasıdır (Capper and Cassie, 1953).
- Su muhtevası likit limitin altına düşürüldüğünde karışım plastik bir karakter kazanır. Artık kendi ağırlığı altında şekil değiştirmediği gibi bunu yapmak için bir dış kuvvet gerekli olur, yapışkanlık kaybolur ve avuç içinde şekil verilebilir.
- Karışım plastik bir katı olarak davrandığı en düşük su muhtevasıdır (Spangler, 1953).
- Zemin su karışımının dayanımının likit limite eriştiği 1,7 kPa değerinin 110 kPa'a vardığı andaki kayma dayanımına denk gelen su muhtevasıdır (Worth ve Wood, 1978).

Ölçüm buzlu cam üzerinde el ayası altında yuvarlanarak ip haline getirilen zeminin 3 mm kalınlığa düştüğünde 3 - 10 mm uzunlukta parçalara ufalandığı su muhtevasının tayini olarak yapılmaktadır. Ancak burada da deney operatör önyargısına açık olduğunda ölçümün koni yöntemiyle gerçekleştirilmesinin uygun olacağı öne sürülmektedir. Bu yöntemle plastik limit ölçümü henüz standartlara girmemekle birlikte, likit limitin koni penetrasyonuyla ölçülmesi durumunda plastik limitin de aynı yoldan bulunması mantıklı görünmektedir. Ölçümde bir başka yaklaşımın kilin doğrudan kayma direncinin bir delikten dışarı itilmesi ölçülmesi olabileceği araştırılmıştır.

#### 1.3.2.3. Plastisite indisi

Kil-su karışımın plastik özellikler taşıdığı su muhtevaları plastisite indisi ($I_p$)'yle gösterilir ve Denklem (1.2)' de gösterildiği gibi;

$$I_p = W_L - W_p \tag{1.2}$$

olarak tarif edilebilir.

Bir başka anlatımla, bir zeminin yüksek plastisite indisine sahip olması çamur haline gelmek için fazla su alması gerektiğini gösterir. Plastik olamayan bir siltin plastisite indisinin bu tarifle sıfır olması gerekmektedir. Yapılan incelemeler zeminlerin likit

limit ile plastisite indisi arasında yakın bir bağıntı olduğu, kil mineralleri ve jeolojik kökeni belirli zeminlerin belirli noktalarda kümelendiğini göstermiştir.

Plastisite Grafiği;

Plastisite indisi ve likit limit arasındaki yakın ilişki plastisite kartı kıvamını ortaya çıkararak, zemin sınıflandırmalarında kullanılmaktadır. Casagrande birçok kilin likit limiti ile plastisite indisini olduğu gibi bir grafiğe noktalarda kümelendiğini göstermiştir. Bu grafikte $w_L$ % 50'den büyükse yüksek plastisiteli zeminler, % 50'den az ise düşük plastisitesi zeminler olarak adlandırılır. A doğrusunun altında siltler, üstünde ise killer bulunmaktadır.

### 1.3.2.4. Tokluk İndisi

Tokluk zemin- su karışımının plastik limite yakın su muhtevasında gösterdiği kıvam olarak tarif edilir (toughness) ve genellikle arazi tanımlama amaçları için kullanılır. Tokluk indisi ($I_T$) ise Denklem (1.3)'te görüldüğü gibi;

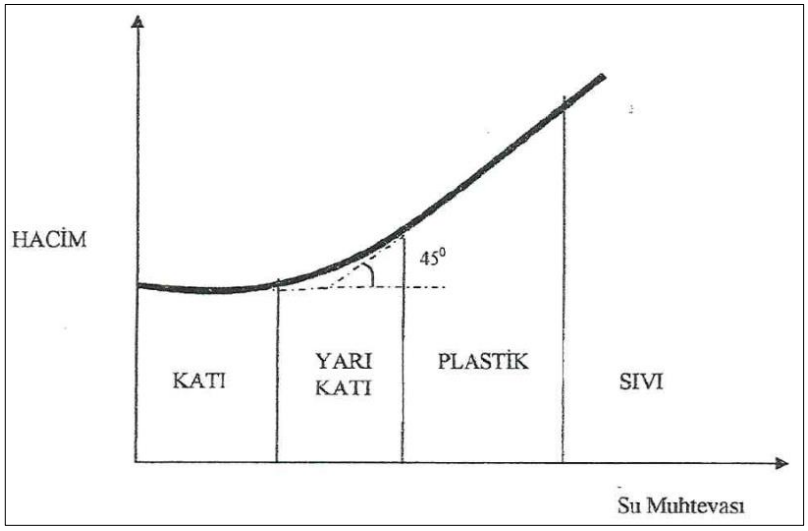
$$I_T = \frac{I_p}{I_f} \tag{1.3}$$

laboratuvarda sayısal olarak plastisite indisinin akma doğrusunun eğimine oranlayarak göstermektedir.

### 1.3.2.5. Büzülme limiti

Bir kil-su karışımı sıvı halden başlayarak kurutulacak olursa likit ve plastik limit dolaylarında kaybolan su hacmine eş değer bir toplam hacim azalması gözlenecektir.

Su muhtevasında azalma sürecek olursa, bu belirli bir limitte hacimde azalmayla izlenmeyecektir. Bu limitte zemin artık katıya dönüşmektedir. Zeminin yarı katıdan katıya dönüştüğü alt su muhtevasına büzülme limiti denmektedir ($w_s$). Büzülme limitinde zeminin renginde koyudan açığa açık belirgin bir dönüşme de gözlenebilir. Şekil 1.7'de bir kil için hacim-su muhtevası bağıntısı göstermektedir. Zemin tamamen kuruduğunda hacim $V_k$ ve $M_s$ 'nin ölçümüyle hacmin minimuma düştüğü su muhtevası eşdeğeri Denklem (1.4)'teki gibi hesaplanabilir.




Şekil 1.7. Kilde su muhtevası – hacim ilişkisi (Önalp,2013)

$$w_s = \left( \frac{w_k}{M_s} - \frac{1}{\rho_s} \right) x\ \rho_w x100 \tag{1.4}$$

Büzülme limiti ölçüm için limit limite yakın su muhtevasında hazırlanmış numune, hacmi $V_i$ bilinen bir cam kap içine doldurulur, ağırlığı ölçülerek $M_i$ havada kurumaya bırakılır. Son aşamada etüvde kurutulan numunenin hacmi $V_k$ cıvaya batırılarak ölçülür ve Denklem (1.5)'te gösterilen;

$$w_s = w_o - \frac{(V_i - V_k)\rho_w}{M_s} x100 \tag{1.5}$$

formül kullanılarak hesap yapılır. Burada $w_o$ zeminin hazırlandığı başlangıç su muhtevasıdır. Hacimsel büzülme limit deneyinin yapımı zahmetli, buna karşın da hatalara açık olduğundan yapılması zor hacim ölçümleri yerine TS1900/ Mart 2006 da numune boyundaki kısalmanın esas alındığı tek eksenli büzülme deneyi önerilmiştir. Büzülme limiti killerin şişme özelliklerini yansıtan önemli bir göstergedir. $w_s$ değeri 11'den düşük killer yüksek şişme/genişleme yeteneği gösterir. Bu değer 16'nın üstüne çıktığında şişme özelliği ihmal edilir bir düzeye inmektedir.

### 1.3.2.6. Sıvılık indisi

Zeminin hangi su muhtevasında ne durumda olduğunu gösterir. Sıvılık indisinin (LI) 1 olması zeminin arazide likit limite yakın bir su muhtevasını, sıfır olması plastik

özelliklerinin alt limitini, sıfırdan küçük olması ise kuruluk durumunu yansıtır. Daha basit anlatımla ifade etmek gerekirse, doğal nem içeriğine göre zemin davranışını yorumlayan bir indistir. Sıvılık indisi Denklem (1.6)'da gösterildiği gibi;

$$LI = \frac{w - PL}{PI} = \frac{w - PL}{LL - PI} \quad (1.6)$$

hesaplanmaktadır.

### 1.3.2.7. Aktivite (Activity) indeksi

Aktivite (Activity) indeksi (A)'nin amacı; Kıvam limitlerini etkileyen kilin miktarı ve türünü yorumlamaktır. Aktivite indisi Denklem (1.7)'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$A = \frac{PI}{\%\ \text{Kil Yüzdesi (Ağırlıkça)}}\ \text{Kil Yüzdesi} < 0{,}002\ \text{mm} \quad (1.7)$$

Seed, Woodward ve Lundgren (1962) tarafından yapılan çalışmalar neticesinde kil minerallerinin aktivitesi ile şişme katsayısı arasında doğrudan ilişki olduğu belirlenmiştir. Seed v.d. (1962) tarafından önerilen ve aktivite ile kil yüzdesine (< 2 μm) bağlı olarak verilen sınıflandırma sistemi görülmektedir (Acar, 2017).

- Normal killer: $0{,}75 < A < 1{,}25$
- Aktif olmayan killer: $A < 0{,}75$
- Aktif killer : $A > 1{,}25$

Yüksek Aktive;

Islanınca yüksek hacim değişimine sebep olurken, kuruyunca yüksek büzülme oranına sebep olmaktadır.

### 1.3.3. Zeminlerin şişme özellikleri

Su içeriğinin artmasıyla birlikte hacminde artış, su içeriği azaldığında ise büzülme oluşan zeminlere "şişen zeminler" denilmektedir (Demir ve Kılıç, 2010).

Zeminlerin su içeriğindeki değişikliğin başlıca nedeni mevsim değişiklikleri olup, yağışlı mevsimlerde yüzeyde biriken yağış sularının zeminin içerisine infilitre olmasıyla (sızmasıyla) zeminin su içeriği artmakta, sıcak mevsimlerde ise buharlaşma nedeniyle azalmaktadır. Su içeriğindeki bu değişikliğin sonucunda ise zeminde şişme-büzülme çevrimi oluşmaktadır.

Mühendislik yapılarında meydana gelen deformasyonların birçoğu, zemin hareketlerinden kaynaklanmaktadır. Şişen killerdeki hacimsel değişmeden en çok etkilenen mühendislik yapıları; hafif yapılar (tek katlı az yüklü binalar), yollar ve tretuvarlar, havaalanları, park alanları, altyapı tesisleri (kullanım suyu ve atık su boruları), tüneller, sulama kanalları ve bahçe duvarlarından oluşmaktadır (Demir ve Kılıç, 2010). Özellikle de zeminlerin şişme özelliklerinden kaynaklanan temel hareketleri üzerlerindeki yapının elemanlarını kırmakta, çatlatmakta ve birçok deformasyonlar oluşturmaktadır. Zeminler, farklı mineralojik, dokusal, kimyasal bileşim ve konsolidasyon özelliklerine bağlı olarak değişik şişme yüzdesi ve şişme basıncı değerlerine sahiptirler. Bu özelliklere bağlı olarak şişme basıncı değerleri birkaç kg/cm$^2$ den birkaç ton/m$^2$' ye kadar değişebilir.

Eğer bu şişme basıncı, kil üzerine etkiyen inşaat yükünü aşarsa, zeminde oluşacak kabarma önemli temel sorunlarına neden olabilir. Bu nedenlerle, üzerine inşaat yapılacak zeminin şişme karakteristikleri, arazi ve laboratuvar deneyleri ile açıkça ortaya konulması ve uygun temel tasarımı yapılması, önlemlerin alınması son derece önemlidir.

Killer üzerine - inşa edilen mühendislik yapılan, zeminlerin şişme özelliğinden kaynaklanan yukarı doğru, kaldırma kuvvetine maruz kalırlar. Bu kuvvetler, temel yapıları ve elemanlarını yukarı doğru, kaldırır, çatlatır ve kırar (Das, 2004).

Su içeriğindeki artış killerde şişmeye neden olur. Derinliğe bağlı olarak zeminlerin su içeriğindeki periyodik değişimin gözlendiği zonlara "aktif zon" denir. Aktif zonu derinliği lokasyondan lokasyona değişim gösterir.

#### 1.3.3.1. Serbest şişme indisi

Serbest şişme indisi deneyi, zeminlerin şişme potansiyelinin tahmin edilmesinde çok yaygın kullanılan, basit bir yöntemdir. Deney, belirli miktardaki zeminin hacim ölçekli dereceli silindir içerisinde suda çökelen hacminin belirlenmesi şeklinde yürütülmekle birlikte, literatürde farklı araştırmacılar tarafından önerilmiş birkaç deney yöntemi bulunmaktadır. Zeminin serbest şişmesi; hacimdeki ilk değişmenin ilk hacmine olan oranı ile ifade edilir (Acar, 2017).

#### 1.3.3.2. Şişen zeminlerin belirlenmesi

Şişen zeminlerin belirlenmesi amacıyla çok sayıda değerlendirme ve deney yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemler iki temel grupta toplanabilir. İlk grup Ampirik Yöntemler olup, birim hacim ağırlığı, kolloid içeriği, atterberg limitleri vb. parametreler ile karşılaştırmalar yapılarak niteliksel yöntemlerle zeminin şişme potansiyeli düşük, orta, yüksek veya çok yüksek gibi ifadelerle değerlendirilir. İkinci grup Ödometrik Yöntemler olup, ödometre yardımıyla zeminin tek eksenli şişme değerleri niceliksel olarak belirlenir (Demir ve Kılıç, 2010).

### 1.4. Likit Limit Ölçümü

Zeminlerin likit limiti TS 1900-1 / Mart 2006'ya göre iki yöntemle ölçülür. Bunlar, deney hatasını en aza indiren ve önerilen metod olan "Koni Penetrasyonu" deneyi ile hata yapmaya açık olan ve yedek metod olarak nitelendirilen "Casagrande" deneyleridir.

Killi zeminlerin en önemli kıvam limitlerinden olan likit limitin Casagrande aletiyle ölçülmesindeki sakıncalar bu değerlerin başka metodlarla bulunması yönünde çalışmalar gerektirmiştir. Zaten likit limit ölçümünde Casagrande aletinin kullanılmasının sakıncaları bizzat Casagrande (1958)'nin kendisi, Norman (1958), Shervvood ve Ryley (1968), Whyte (1982) tarafından ifade edilmiştir.

Bu nedenlerden dolayı likit limitin düşen koni yöntemiyle ölçülmesi yönünde çalışmalar daha 1920'li yıllarda başlamıştır. Bu yöntem ilk defa İsveç'te denenmiştir. Bu denemede 60° 'lik tepe açısına sahip olan ve 60 gr gelen bir koni kullanılmıştır.

(Karlsson, 1961). Ancak Karlsson'dan önce yine İsveç'li bir bilim adamı olan Olsson'un Koni Penetrasyon deneyini bulduğu kabul edilir. Koni deneyinde 60° tepe açılı koni için 10 mm'lik penetrasyon seçimi İsveç'teki heyelanlardan ve kısa kazık deneylerinden edinilen bilgilerden seçilmiştir. Kanada' da yapilan araştırmalarda ise İsveç Koni deneyinin sıvılık indisi, likit limit ile ilgili bağıntılar Denklem (1.8) ve (1.9)'deki gibi ifade edilmiştir.

$$IL = 0{,}85 \text{ x } P60 + 0{,}23 \tag{1.8}$$

$$w_L = \frac{w_n + 16{,}2(IL - 1)}{0{,}85IL + 0{,}15} \tag{1.9}$$

Burada, P60 60 mm'lik penetrasyona karşılık gelen değerdir.

Düşen koni yöntemiyle likit limitin belirlenmesi yönündeki çalışmalar sonraki yıllarda da devam etmiştir. Örneğin, Vasilev (1942), İsveç konisi üzerinde çalışmış ve likit limit, 30° 'lik tepe açısına sahip olan 76 gr ağırlığında standart bir koninin 5 sn sonundaki 10 mm'lik batma derinliğine karşılık gelen su muhtevasıdır, tanımını getirmiştir.

Konik Penetrometre i1e likit limit tayini İsveç, BDT ve Bulgaristan'da standart metod (Karlsson, 1961; Vasilev, 1949; Stefanoff, 1957) İngiliz Standartları (BS 1377 / 1990) ve Kanada Standartları'nda (Quebec Standards Bureau, BNQ 2501 -092) ise tercih edilen metod olarak benimsenmiştir. Ayrıca bu yöntem Çin, Hindistan, Brezilya, Norveç, Fransa ve ABD (Uppal ve Agganval, 1958; Sowers, - 959; Alley, 1959; Flaate, 1964; Shervvood ve Ryley, 1968; Garneau ve Lessihan, 1977 )'nde de araştırılıp kullanılmıştır. En son 1975 yılında ise İngiltere'de bu yöntem standart hale dönüşmüştür. Likit limit 30° 'lik tepe açısına ve 80 g ağırlığa sahip koninin serbest olarak 5 s içinde 20 mm batma derinliğine ulaştığı su muhtevası olarak tanımlanmıştır Türk Standartları'nda da İngiliz Standartlar'ndaki kriterler benimsenmiştir

Bunların yanı sıra likit limitin Laboratuar Kanatlı Kesici Deneyi ile de ölçülebileceği bulunmuştur. Bu deneyde sağlıklı sonuç elde edebilmek için zemin numunesinin minimum çapının 75 mm olması gerekmektedir. Zemine batırılan kanatlı kesici ile kayma direnci ölçülüp bu değerden çizilen yatayın eğriyi kestiği noktanın apsisine

karşılık gelen su muhtevası likit limit değerini vermektedir. Kayma direnci $C_u$ hesap edilip kanatlı kesici ve Koni Penetrasyon eğrileri sayesinde likit limitin ölçülmesi görülmektedir.

Casagrande deneyinde ise amaç, kap içindeki oluğun yaklaşık 13 mm kapanmasını sağlayacak vuruş sayısını gerçekleştirmektir. Bu deneyde kaptaki oluğun kapanması şu etkenlere bağlıdır.

-Pirinç kaptaki numunenin boyutu (Eğer standartlardakinden küçükse oluk daha geç kapanır),

-Vuruşların hızı (120 devir/dk),

-Numunenin deney öncesinde kapta bekleme süresi ve kabın temizliği,

-Laboratuardaki nem oranı ve deneyi yapma hızı,

- Aletin tabanının yapıldığı malzeme (Sert kauçuk ya da micartal),

- Düşüş yüksekliği,

- Kullanılan bıçak türü,

- Aletin yeni ve eski olması,

- Kullanılan suyun saf olup olmaması.

### 1.4.1. Konik penetrasyon ile likit limit belirlenmesi

Deneyin Yapılışı;

Bu yöntem, havada kurutulmuş zeminin likit limitinin bulunması ile ilgili olup, doğal su muhtevasındaki zeminlere de uygulanabilir.

Örselenmiş numunelerin deneye hazırlanması metoduna uygun olarak 425 µm'lik elekten gecirilen 200 g kadar numune alınır ve 425 µm'lik elekten geçen yüzdesi kaydedilir. Numune cam plakanın üstüne konur, damıtık su katılarak, pek ve homojen bir hamur durumuna gelene kadar palet bıçağıyla iyice karıştırılır. Sonra bu karışım,

porselen potaya aktarılarak suyun numunenin her yanına yayılmasını sağlamak amacıyla, hava geçirmez bir kap içerisinde 24 saat süreyle desikatörde oda sıcaklığında bekletilir. Başlangıç su muhtevasının likit limitten düşük olması gerekir.

Numune ertesi gün desikatörden alnarak en az 10 dakika süre ile tekrar karıştırılır. Bazı ağır killerde yoğurma 40 dakikaya çıkabilir.

Hazırlanan numune metal deney kabına sıkıca yerleştirildikten sonra yüzeyi çelik cetvelle tesviye edilir ve penetrometre tabanına koyulur.

Hesaplamalar;

Su muhtevası ve koni penetrasyonu değerleri lineer eksenlere, her deneme için su muhtevası yüzde olarak yatay, penetrasyon değeri de düşey eksen olarak noktalanır. Noktalardan geçirilecek en uygun doğru akış eğrisi karşılığıdır.

Sonuçların Gösterilmesi;

20 mm penetrasyona karşılık olan su muhtevası zeminin likit limiti olarak alınır ve en yakın tam sayı olarak bildirilir. Deneyde penetrometre kullanıldığı, 425 μm'lik elekten geçen malzeme yüzdesi, ayrıca zeminin rutubet durumu (doğal, havada, kurutulmuş, bilinmiyor) rapor edilmelidir.

### 1.4.2. Casagrande dört nokta metodu ile likit limit belirlenmesi

Deneyin Yapılışı;

Bu deney, açıkta kurutulmuş zeminin likit limitinin bulunması ile ilgili olup, doğal durumlardaki numunelere de uygulanabilir.

Örselenmiş numunelerin deneye hazırlanması metoduna uygun olarak 425 μm'lik elekten geçirilen 200 g kadar numune alınır ve 425 μm'lik elekten geçen yüzdesi kaydedilir. Numune cam plakanın üstüne konur, damıtık su katılarak pek ve homojen bir hamur durumuna gelene kadar, palet bıçağıyla iyice karıştırılır. Sonra bu karışım, porselen potaya aktarılarak suyun numunenin her yanına yayılmasını sağlamak amacıyla, hava geçirmez bir kap içerisinde 24 saat süreyle oda sicaklığında desikatörde bekletilir. Başlangıç su muhtevasının likit limitten düşük olması gerekir. Numune

kaptan çıkarılır ve en az 10 dakika süreyle yeniden karıştırılır. Bazı zeminlerde güvenilir sonuçlar alınabilmesi için deneye başlamadan önce numunenin 40 dakikaya kadar uzayabilen bir süre boyunca sürekli olarak karıştırılması gerekebilir. Elde edilen zemin-su karışımından bir rniktar alınarak likit limit cihazının kabı içine konur (bu sırada kap tabanda oturuyor olmalıdır), yüzeyi tabana paralel olarak düzlenir ve oluk açma bıçağı, menteşenin ortasından geçen çap boyunca kap içinde hareket ettirilerek, numune ikiye bölünür. Bıçağın hareketi sırasında bıçak, kap yüzeyine dik tutulmalı, bıçağın şevli yüzü hareket yönüne bakmalıdır. Böylece numunenin ortasında "V" kesitli bir oluk açılmış olur. Krank kolu saniyede 2 devirlik bir hızla çevrilerek, iki yanda kalan zemin, oluğun dip kısmında 13 mm boyunca birbirine değene kadar, kap kaldırılıp düşürülür. Değmenin sağlandığı kesimin uzunluğu, oluk açma bıçağının ucuyla veya bir cetvelle ölçülür. Oluktaki bu kapanmayı sağlayan düşüş sayısı kaydedilir. Bazı zeminlerde oluk, zemindeki akma yoluyla kapanacağına, zeminin kap yüzeyi boyunca kayması yoluyla kapanma eğilimindedir. Bu gibi durumlarda, elde edilen sonuca güvenilmemeli ve zeminde akma görülene değin deney tekrarlanmalıdır. Birkaç kez su eklenmesine karşın yine kayma oluyorsa, deneyin yapımı olanaksız demektir ve deney raporunda likit limitin ölçülemediği belirtilmelidir.

Oluğun kapanmış olan kesiminin çevresinden, palet bıçağıyla alınan en az 10 g, genellikle 30 g ağırlığında bir numune, deney kabına konur ve su muhtevası ölçülür. Aynı numune kullanılarak ve su muhtevası gittikçe arttırılarak işlemler toplam olarak en az beş defa uygulanır. Seçilen başlangıç su ve deney sırasında eklenen su miktarları, elde edilen düşüş sayılarının 10 ile 50 arasında eşit aralıklarla dağıtılmasını sağlayacak biçimde ayarlanmalıdır. Deney, kesinlikle numunenin su muhtevası artırılarak yürütülmelidir. Numunenin, su eklemek amacıyla likit limit kabından her çıkarılışında, kap ve oluk açma bıçağı yıkanıp kurutulmalıdır.

Yukarıda anlatılan işlemler sırasında, çabuk kurumayı önlemek arnacıyla cam plaka üzerindeki veya porselen pota içindeki numune yaş bir bezle örtülmelidir.

### 1.4.3. Casagrande tek nokta metodu ile likit limit belirlenmesi

Casagrande deneyi ile likit limit ölçülmesi operatör hatasına oldukça açık bir yöntemdir. Kaldı ki, büyük projelerde laboratuvarlarda sayıları yüzlere hatta binlere

varan likit limit deneylerinin yapılması gerekmektedir. Bu, hem çok büyük bir zaman kaybına neden olmakta hem de daha önemlisi uzun vadeli iş hacminde deneyi yapan kişide bir isteksizlik ve dikkatsiz ölçüm eğilimi yaratmaktadır. Bu nedenler hatasız sonuç alınmasını engellemektedir.

Bunlar dikkate alınarak, zamandan tasarruf sağlamak, iş hacmini azaltmak ve de operatör hatasını en aza indirmek için likit limitin "Tek Nokta Yöntemi" ile bulunması önerilmiştir.

Aynı jeolojik kökenden olan killerde akma doğrusunun eğimi (tan β) değişmediğinden, belirli bir yöredeki likit limit,Denklem (1.10)'da olduğu gibi;

$$w_L = w \times \left(\frac{N}{25}\right)^{\tan\beta} \tag{1.10}$$

ifadesiyle tek deneyde bulunabilmektedir.

Ancak tek deneyde vuruş sayısının $10<N<40$ kıvamına denk düşürülmesi gerekmektedir. (tan β) değeri, belirli bir yöre için yapılan yüzlerce, hatta binlerce Casagrande deney sonuçlarının korelasyonu sonucunda oluşan akma doğrusunun ortalama eğimidir ki, yapılacak deneylerde hatayı en aza indiren sonuçlar vermesi doğaldır. Eğer, tek nokta yönteminde ölçüm yapılan vuruş sayısı 20 ile 30 arasında ise β'nın değeri pek etkin olmayıp, sonuçtada önemli bir hata oluşmaktadır.

Likit limitin Casagrande aletinde ölçümünde en az üç olmak üzere bazen dört veya beş deney yapılması yerine akma doğrusunun ortalama eğiminden yararlanılarak tek deneyde bulunması ilk olarak AASHTO tarafından standart bir yöntem olarak kabul edilmiştir. ABD'nde Amerika zeminleri için yapılan 767 deney sonucunun korelasyonunda tan β değeri 0,121 olarak hesap edilmiş, Denklem (1.11)'de likit limit için;

$$w_L = w \times \left(\frac{N}{25}\right)^{0{,}121} \tag{1.11}$$

ifadesi kullanılmıştır.

Bu yöntemle zemin numunesi bilinen bir su muhtevasında (w) denenip oluğun kapanmasını sağlayan vuruş sayını (N) bulunmuştur.

Bu yöntemde sağlanan büyük kolaylıklar İngiltere'de de bu yönde çalışmalar yapılmasına neden olmuştur. Yapılan çalışmalar sonucunda daha çok buzul çağı killerinin mevcut olduğu İngiltere'de bu yöntem İngiliz Standartları (BS 1377/1990)' na girmiştir. Bu standartta ingiltere zeminlerine ait akma doğrusunun eğimi Denklem (1.12)'de tan β = 0,092 hesap edilip;

$$w_L = w \times \left(\frac{N}{25}\right)^{0,092} \tag{1.12}$$

ifadesi şeklinde kullanılmıştır.

Görüldüğü gibi, deney sırasında vuruş sayısının 25 dolaylarında olması durumunda akma doğrusunun eğimi 0,092 ve 0,121 gibi yaklaşık olmayan değerler çıkmıştır.

Casagrande tek nokta deneyi ile likit limitin ölçülmesi ile ilgili çalışmalar Türkiye'de de yapılmış ve vuruş sayısı (N) 10 ile 40 arasında olmak şartıyla akma doğrusunun eğimi (tan β) yaklaşık 0,1 dolaylarında bulunmuştur. Aynı çalışma Doğu Karadeniz Bölgesi'nde kısıtlı bir alanda yapılmış, inceleme sonunda bu zeminlerde likit limit ölçümünde tek nokta yönteminin kullanılmasının önemsenecek bir hata getirmeyeceği bulunduğundan tan β değeri 0,112 olarak hesap edilmiştir (Önalp, 1997).

Deneyin Yapılışı;

Örselenmiş numunelerin deneye hazırlanması metoduna uygun olarak 425µm 'lik elekten geçirilen 200 kg kadar numune alınır ve elde edilmiş olan 425 µm'lik elekten geçen yüzdesi kaydedilir. Numune cam plakanın üstüne konur, damıtık su katılarak, pek ve homojen bir hamur durumuna gelene kadar, palet bıçağıyla iyice karıştırılır. Sonra bu karışım, porselen potaya aktarılarak suyun numunenin her yanına yayılmasını sağlamak amacıyla, hava geçirmez bir kap içerisinde 24 saat süreyle oda sıcaklığında bekletilir.

Numune kaptan çıkarılır ve en az 10 dakika süreyle yeniden karıştırılır. Bazı zeminlerde güvenilir sonuçlar alınabilmesi için deneye başlamadan önce numunenin 40 dakikaya kadar uzayabilen bir süre boyunca sürekli olarak karıştırılması gerekebilir. Bu karıştırma sırasında numune su muhtevasının ölçüm kabına yerleştirildikten sonra 20 ile 30 vuruşta kapanmasını sağlayacak düzeye gelmesini sağlayacak miktarda su eklenir. Elde edilen zemin - su karışımından bir miktar alınarak likit limit cihazının kabı içine konur (bu sırada kap tabanda oturuyor olmalıdır), yüzeyi tabana paralel olarak düzlenir ve oluk açma bıçağı, menteşenin ortasından geçen çap boyunca kap içinde hareket ettirilerek, numune ikiye bölünür. Bıçağın hareketi sırasında bıçak, kap yüzeyine dik tutulmalı, bıçağın şevli yüzü hareket yönüne bakmalıdır. Böylece numunenin ortasında "V" kesitli bir oluk açılmış olur.

Krank kolu saniyede 2 devirlik bir hızla çevrilerek, iki yanda kalan zemin, oluğun dip kısmında 13 mm boyunca birbirine değene kadar, kap kaldırıp düşürülür. Değmenin sağlandığı kesimin uzunluğu, oluk açma bıçağının ucuyla veya bir cetvelle ölçülür. Oluktaki bu kapanmayı sağlayan düşüş sayısı kaydedilir. Düşüş sayısı 23 - 28 arasında ise deney başarı ile tamamlanmış kabul edilir. Bazı zeminlerde oluk, zemindeki akma yoluyla kapanacağına, zeminin kap yüzeyi boyunca kayması yoluyla kapanma eğilimindedir. Bu gibi durumlarda, elde edilen sonuca güvenilmemeli ve zeminde akma görülene değin deney tekrarlanmalıdır. Birkaç kez su eklenmesine karşın yine kayma oluyorsa, deneyin yapımı olanaksız demektir ve deney raporunda likit limitin bu yöntemle ölçülemediği belirtilmelidir.

Oluk 23 - 28 vuruşla kapanmamış ise su muhtevası yeniden ayarlanır ve deney tekrarlanır.

İlk deneyde 23 -28 vuruş arasında oluğun kapanması sağlanmışsa oluğun kapanmış olan kesiminin çevresinden, palet bıçağıyla alnan en az 10 g, genellikle 30 g ağırlığında bir numune, deney kabına konur ve su muhtevası ölçülür.

Numune alındıktan sonra kabın içine alınmış su muhtevası numunesi ağırlığına eşit bir miktar karışım eklenir ve tümü kabm içinde karıştırılarak numuneye yeniden şekil verilir.

Oluk kapanma vuruş sayısı bir önceki vuruş sayısına eşit veya ± 2 farklı ise deney başarılı kabul edilir ve su muhtevası numunesi alınır.

# 2. CASAGRANDE TEK NOKTA LİKİT LİMİT DENEYİ İLE İLGİLİ DAHA ÖNCE YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Genellikle arazi zemin etüdlerini yürüten teknik elemanlar, laboratuvar deneylerini uygulayan personel ve tasarımı yapan mühendisler farklı kişilerden oluşmaktadır. Farklı aşamalarda zeminleri inceleyen ve tasarım parametrelerini seçen teknik elemanların zeminleri tanımlamada ortak bir dil kullanması gerekmektedir.

Mühendislik özelliklerinin deneysel olarak belirlenmesi ve tasarım parametrelerinin saptanması veya değişik amaçlar için malzeme seçilmesi sırasında, önce zeminleri kabaca belirli bir takım gruplara ayırmak, ondan sonra ayrıntılı incelemelere geçmek çok yararlı olmaktadır.

Belirli bir standart sisteme göre sınıflandırılmış bir zemin gerekli eğitimi görmüş teknik elemanlar için, mühendislik özellikleri hakkında çok önemli ön bilgilere sahip olunan bir malzeme oluşturmaktadır.

Yalnızca zeminin hangi sınıfa ait olduğunun belirlenmesi genellikle yeterli olmamakla beraber, proje amaçlarına uygunluğunun saptanması, yaklaşık ön tasarım parametrelerinin seçilmesi ve ayrıntılı inceleme programlarının geliştirilmesi gibi mühendislik aşamaları için çok yararlı bilgilerin elde edilmesine olanak sağlanmış olmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, zeminlerin sistematik olarak belirli gruplara ayırmaya yarayan bazı standart sınıflandırma sistemleri geliştirilmiştir.

## 2.1. Cassagrande Deneyi İle İlgili Yapılmış Olan Deneysel Çalışmalar

Puvvadi ve Sridhan (1985) tarafından yapılan Toprak karşımlarının likit limiti hakkındaki deneysel çalışmada; Likit limit testi, zemin mühendisliği uygulamasında en yaygın kullanılan testlerden biridir. Mekanik özellikler (örneğin sıkıştırma indeksi) de dahil olmak üzere birçok özellik likit limit ile korelasyonlara sahiptir. Bu makalede, toprak karışımlarının likit limitinin ayrıntılı araştırmaları, bentonit, kaolinit, kum (kaba taneli, ince taneli, yuvarlak ve açısal şekilli) ve siltler kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen sonuçlara dayanarak, toprak karışımlarının likit limitlerinin karışımların doğrusal yasasına tabi olmadığı gösterilmiştir. Kumun şekli likit limitini etkilemediği halde, kum parçacıklarının boyutu kesin bir etkiye sahipti. Koni yöntemi ile elde edilen likit limiti, Casagrande cihazını kullanarak elde edilen sınırdan daha düşüktür. Bu iki yöntemin sonuçları arasında iyi bir ilişki vardır. Düşük plastik toprağın likit limitini elde etmek için bir prosedür önerilmiştir.

Polidori (2007) tarafından yapılan Atterberg sınırları ve kil içeriği arasındaki ilişkisi hakkındaki deneysel çalışmada; Altı inorganik toprağın likit limitini (Casagrande Yöntemi), plastik limitini (haddeleme ve iplik yöntemi) ve bunların ince silika kumu ile karışımlarını araştırmaktadır. Düşük kil yüzdesine sahip olanlar haricinde, test edilen karışımların likit limit ve plastik limit değerlerinin, doğrusal bir ilişki ile ilgili kil boyutu içeriklerine bağlı olduğu gözlemlenmiştir. Atterberg limitlerini daha sonra, kil yüzdeleri ile doğrusal yasa ile yönetilen karışımların regresyon çizgilerinin denklemleri kullanılarak tekrar hesaplanmış. Plastik limitin bu verilerin likit limitinin bir fonksiyonu olarak çizilmesi plâstik kil mineralleri içeren inorganik topraklar için geçerli olan likit limiti, plastik limiti ve kil fraksiyonu arasındaki ilişkiyi belirlemek mümkün olmuştur ve bu kil miktarı, çok düşük değildir. Dolayısıyla, verilen inorganik bir zemin için, standart deneyler kullanılarak ölçülebilen üç parametrenin ($W_L$, $W_P$, $C_F$) ikisini bilenen dikkate alınan parametreler arasındaki karşılıklı bağımlılık temelinde ($W_L$, $W_P$, $I_P$, $C_F$, A) diğer üç parametrenin değerleri elde edilebilir denmektedir.

Topçu (2011) tarafından ince taneli zeminlerde tane boyunun kıvam limitlerine etkisinin incelenmesi ile ilgili yapılan deneysel çalışmada; Likit limit, plastik limit ve büzülme limiti deneyleri istisnasız biçimde 40 numaralı elek altı malzeme üzerinde yapılmıştır. Ne var ki, 40 numaralı elek altı malzeme birçok durumda önemli oranda iri malzeme içerebilmektedir. Bu durumda, esasta ince taneli zeminleri sınıflamaya yönelik olarak geliştirilen deney yöntemleriyle bazen inceden daha çok iri zemin içeren numunelerin test edilmesiyle teknik bir hata yapıldığı düşünülmektedir. Çalışmanın hipotezi, kıvam limiti deneylerinde kullanılan malzemenin tane boyu değiştikçe özgül yüzeyin değişeceği; bunun da kıvam limitlerini değiştireceği, plastisite indeksinde fazla bir değişiklik olmayacağı ve/fakat likit limit değiştiği için

özellikle sınır durumu zemin sınıfını kolaylıkla değiştirebileceğidir. İncelemede Ankara kiline ait, farklı lokasyonlardan alınmış, plastiklik derecesi farklı elli çeşit zemin kullanılmıştır. Araziden çuvallarla derlenen numuneler laboratuvarda kurutulduktan sonra ikiye bölünmüş; bir yarısı 40 numaralı diğer yarısı da 200 numaralı elekten geçirilmek suretiyle yeterli miktarda elli çift deney numunesi hazırlanmıştır. Yöntem olarak plastik, likit ve büzülme limitleri ile düşen koni ve ters ekstrüzyon deneyleri kullanılmıştır. 40 numaralı elek altı malzeme üzerinde yapılan bu altı çeşit deneyden elde edilen limit su içerikleri 200 numaralı elek altı malzeme üzerinde yapılan aynı tip deneylerden elde edilenlerle karşılaştırılmıştır. 200 numaralı elek altı malzeme kullanılarak elde edilen limit su içeriklerinin 40 numaralı elek altı malzeme kullanılarak elde edilenlerden % 30'a varan oranlarda daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Çalışma hipotezinde öngörüldüğü gibi, sınır durumu zeminlerin sınıflarında önemli değişimler gözlenmiş; standart yöntemlere göre kil olarak sınıflanmışken 200 numaralı elek altı malzemeye göre silt olduğu ortaya çıkarılmıştır.

De-Jang ve Acton (1990) tarafından Güney Saskatchewan topraklarının doku ve karbon içeriklerinden Atterberg limitlerinin tahmin edilmesi ile ilgili yapılan deneysel çalışmada; Toprak suyunun sıvı ve plastik limitleri (Atterberg limitleri) toprakların mühendislik amaçlı sınıflandırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Saskatchewan'daki devam eden toprak tarama programı kapsamında birkaç yıl boyunca toplanan yaklaşık 500 toprak örneği (129 AP ufuklar ve 417 B ve C ufuklar) doku ve Atterberg sınırları için analiz edilmiştir. Numunelerin yaklaşık yarısı rvater tutma (-33 kPa ve - 1500 kPa matik potansiyel ve hava kuruluğu) ve organik ve inorganik C de tespit edilmiştir. Atterberg limitleri ile toprak özellikleri arasındaki ilişki korelasyon ve regresyon analizi ile araştırılmıştır. Kil ve organik madde içeriği Ap ufuklar Atterberg limitleri gözlenen varyasyon çoğunu açıkladı. Clay B ve C ufuklarında en önemli bağımsız değişkendi, inorganik C ise sadece nispeten küçük bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Spagnoil (2012) tarafından Casagrande ve düşen-koni yöntemleri arasındaki karşılaştırma saf kil için likit limitini hesaplayabilme ile ilgili yaptığı deneysel çalışmasında; Alman kıyılarında uluslararası projelerin yapımı sırasında, genellikle müşteri ve yükleniciler farklı standartlara göre çalışma yapılmaktadır. Bu deneysel

araştırmanın amacı DIN ve BS standartlarının sonuçlarını karşılaştırmaktır. 50 saf kaolinitik ve illitik killerin sıvı limitleri Alman (Casagrande cup hard base) ve İngiliz (koni penetrometre) standartlarına göre test edilmiştir. Bu çalışmada önerilen araştırma standart saf killer üzerinde yapılan testlere dayanırken, doğal killi topraklarda önceki çalışmalar yapılmıştır. Baltık Denizi ve Kuzey Denizinin sedimentlerinde bol olduğu için, birkaç açık deniz rüzgar parkı projesinin halen yapım aşamasında veya planlandığı için illitik ve kaolinitik kil tipleri seçilmiştir. Sonuçlar Alman Casagrande Kupası ile elde edilen değerlerin İngiliz koni penetrometresi ile elde edenlerden biraz daha düşük olduğunu göstermektedir. Likit limitin DIN ve BS'ye göre saf olmayan şişen killer, yani LLcone: 0,99, LLcup: 1,05 ile karşılaştırılması için bir regresyon denklemi elde edilmiştir.

Orhan ve diğ. , (2006) tarafından doğal zeminlerin likit limitinin belirlenmesinde Casagrande ve Koni batma yöntemlerinin karşılaştırılması ile ilgili yapılan deneysel çalışmada; Zeminlerin drenajsız kayma dayanımının bir ölçüsü olan likit limit değerinin belirlenmesinde uygulanan Casagrande ve Koni batma yöntemlerinin ölçüm mekanizmaları birbirinden farklı olup, Casagrande yönteminde "Viskoz Kayma Direnci", koni batma yönteminde ise "Sürtünmeli Kayma Direnci" etkilidir. Bu nedenle, bu yöntemler ile aynı zemin üzerinde elde edilen likit limit değerleri de farklı olmaktadır. Genellikle likit limiti yaklaşık % 100'den küçük olan zeminlerde (kaolinitik zeminler) koni batma yöntemi, % 100'den büyük olan zeminlerde ise (montmorillonitik zeminler-örneğin bentonit) Casagrande yöntemi daha yüksek likit limit değerleri vermektedir. Ankara'nın ve Türkiye'nin değişik bölgelerinden alınmış, likit limiti % 100'den küçük 13 adet doğal zemin örneğinin kullanıldığı bu çalışmada her iki yöntem ile elde edilen likit limit değerleri birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda koni batma yönteminin Casagrande yöntemine göre % 0,2 ile % 8,4 arasında daha yüksek likit limit değerleri verdiği görülmüştür. Bu çalışma kapsamında yapılan deneylerin yanı sıra çeşitli amaçlarla likit limitin hem Casagrande hem de koni batma yöntemleri ile belirlendiği önceki çalışmalardan 73 adet veri derlenmiş ve böylece toplam 86 adet veri toplanmıştır. Bu verilerin tamamı birlikte değerlendirildiğinde birkaç örnek dışında koni batma yöntemi ile elde edilen likit limitin Casagrande yöntemi ile elde edilenden % 0,2 ile % 22 arasında daha yüksek olduğu görülmüştür. Sonuç olarak yöntemler arasındaki bu farkı meydana getiren

mekanizma tartışılmış ve bu farkların jeoteknik araştırmalar açısından önemi ortaya konulmuştur. Ayrıca yöntemler arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla doğrusal regresyon analizleri yapılmış ve korelasyon katsayıları $R^2$ = 0,983 (13 adet veri) ve 0,961 (86 adet veri) şeklinde elde edilerek yöntemler arasında güçlü bir ilişki olduğu ortaya konulmuştur.

Gündüz ve Dağdeviren (2009) tarafından zeminlerin kıvam limitlerinin ölçümünde ortamdaki kumların değerlendirmeye etkileri üzerine yapmış oldukları deneysel çalışmada; Ulusal ve uluslararası zemin sınıflandırma sistemlerinde, ince daneli zeminlerin sınıflandırması için plastisite kartı kullanılmaktadır. Plastisite kartı bu sınıflandırmayı ince daneli zeminlerin kıvam limitlerine dayalı olarak yapmaktadır. Kıvam limitleri ince daneli zemin grubunda yer alan kil ve siltlere ait olan bir özelliktir. Ancak bu limitlerin ölçülmesi ile ilgili standartlara bakıldığında ölçüm işleminin göz açıklığının 425 µm'lik elek altına geçen zeminle yapıldığı görülmektedir. Bu eleğin altına geçebilen zemin grubu içerisinde ince kum daneleri de bulunmaktadır. Bu çalışmada, ince daneli zeminlere ait olan bu parametrelerin ölçülmesi sırasında ortamda yer alan ince kum danelerinin miktar ve dane boyutu etkisinin olup olmadığı araştırılmıştır. Deney ortamında bulunan 75 µm – 425 µm arası kum danelerinin, kil ve silt boyutundaki danelerin kıvam limitlerini önemli ölçüde azaltabildiği görülmüştür.

Özer (2008) tarafından örnek hazırlama yönteminin likit limit ve plastik limit değerlerine etkisi ile ilgili yapılan deneysel çalışmada; örnek hazırlama yönteminin likit limit ve plastik limit değerleri üzerindeki etkisi araştırılmış olup, ASTM D 4318-00'de tanımlanan yöntem (standart yöntem) ve ülkemizdeki bazı laboratuvarlarda uygulanan örnek hazırlama yöntemiyle (standart olmayan yöntem) hazırlanmış örneklerin likit limit ve plastik limitleri karşılaştırılmıştır. Bu amaçla, Türkiye'nin değişik bölgelerinden alınmış ve likit limiti % 30 ile % 90 arasında değişen 30 adet doğal zemin örneği kullanılmıştır. Örneklerin likit limitleri hem Casagrande, hem de koni batma yöntemiyle belirlenmiştir. Elde edilen deney sonuçları, standart yöntemle hazırlanmış örneklerin likit limitlerinin, standart olmayan yöntemle hazırlanmış örneklerin likit limitlerinden, Casagrande yönteminde % 10'a, koni batma yönteminde ise % 8'e kadar daha yüksek olduğunu göstermiştir. Standart yöntemle hazırlanmış

örneklerin plastik limitlerinin ise, standart olmayan yöntemle hazırlanmış örneklerin plastik limitlerinden en fazla % 3'e kadar daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Likit limit ve plastik limit değerleri arasında, örnek hazırlama yönteminden kaynaklanan farkın, örneklerin USCS'ye göre belirlenen zemin sınıflarının değişmesine de yol açabileceği saptanmıştır.

Casey ve Germanie (2013) tarafından ince taneli topraklarda kesme mukavemetinin stres bağımlılığı ve sıvı sınırı ile korelasyonlar yapılan deneysel çalışmada; Çeşitli doğal ince taneli toprakların dayanımsız kuvvetleri ve sürtünme açısı, 0,1 ila 10 MPa etkili bir stres aralığı üzerinde araştırılmaktadır. Çökelme tekniği laboratuvar kesme testleri için aynı doymuş numunelerin üretilmesi için kullanılmıştır. Sunulan sonuçların büyük bir kısmı KoKo - konsolide kaymaz üç eksenli sıkıştırma testlerinden türetilmiş olmasına rağmen, doğrudan basit makaslama ve üç eksenli makaslama modları altındaki davranış da tek bir zemin için sunulmuştur. Normalleştirilmiş kayma gerilmesi-gerinme tepkileri, çekülmemiş mukavemet oranları ve kritik durum sürtünme açısı, belirgin etkili bir gerilme aralığında bakıldığında, her aşırı birleşim oranında kayda değer ve tutarlı bir şekilde değiştiği bulunmuştur. İnce taneli bir toprağın gerilme açısı ve büzülmemiş kuvvetin ve sürtünme açısının ve bu özelliklerin stres seviyesindeki değişmelerinin likit limitinden etkili bir şekilde tahmin edilebilmesini sağlayan korelasyonlar geliştirilmiş ve bununla birlikte, likit limiti, bir toprağın kil mineralojisini ve kil fraksiyonunu yansıtan kolayca ölçülebilen bir indeks özelliğidir.

Sridharan ve diğ. (1986) tarafından, Montmorillonit topraklarının likit limitleri ile ilgili yapılan deneysel çalışmada; bileşimsel faktörlerin montmorillonit topraklarının likit limiti üzerindeki etkisini araştırmaktadır. Sonuçlar yüzde kil fraksiyonunun ve yüzey alanının toprakların likit limitiyle ilişkili olmadığını gösterdi. Bununla birlikte, ikincisi, yaygın çift katmanlı kalınlık tarafından esas olarak kontrol edildi. Çift katman kalınlığını ve likit limiti etkileyen bileşimsel faktörler arasındaki ilişkilerin incelenmesi, katyon değişim kapasitesi ile önemli bir etkiye sahip olmadığı, değişebilir sodyum iyonlarının miktarı ile mükemmel bir korelasyon elde edildiğini gösterdi. Böyle bir bağımlılık, suyun bulunduğu ortamda adsorbe edilmiş sodyum iyonlarının kil yüzeyinden çözülmesinin ve daha sonra çift katman kalınlığına katkısının daha

kolay olması nedeniyle sonuçlandı; diğer değiştirilebilir katyonlar, yani kalsiyum, magnezyum ve potasyum, kil yüzeyi tarafından güçlü bir şekilde adsorbe edildi ve çift katman kalınlığına kayda değer bir katkıda bulunmadığı sonucuna varılmıştır.

Wei Feng (2000) tarafından killerin düşen koni penetrasyonu ve su içeriği ilişkisi ile ilgili yapmış olduğu deneysel çalışmada; zeminlerin plastik limiti belirlemek için düşen koni testi kullanılarak, önceki çalışmaların sonuçlarına göre daha fazla araştırması garanti olduğunu göstermektedir. Mevcut araştırmada, numune hazırlama tekniğinin modifikasyonu, koni penetrasyonu derinliği ile su içeriği arasındaki ilişkinin incelenmesi ve su içeriği ilişkisine karşı nüfuz derinliği kullanılarak plastik limitin tahmini üzerinde durulmaktadır. Numune halkaları hazırlanır ve örneklerin hazırlanmasını kolaylaştırmak için numune kabının yerini almak için kullanılır. %30'dan % 526'ya kadar geniş bir likit limiti kapsayan 26 toprağın verisi, su içeriği ilişkisinin logaritmasına karşı koni penetrasyon derinliğinin logaritmasının doğrusal olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, plastik limitinin tahmini için iki zemine bağlı parametrelerle doğrusal bir denklem geliştirilmiştir. Bir toprak için, zemine bağlı parametrelerin değeri, az sayıda dört düşme konisi testinden saptanabilir ve plastik limiti tahmin etmek için denklem ile değiştirilebilir. Analiz edilen zeminlerin plastik limitleri 0,8-1,2 arasındadır ve ortalama değeri 1, ölçülen plastik limitlerin çarpımıdır. Gerinim oranı ve dayanıksız mukavemet oranının plastik limitin tahmini üzerindeki etkileri değerlendirilmiş ve sınırlı olduğu bulunmuştur.

Pandian ve Nagaraj (1990) tarafından killerin kritik kolloidal aktividesinin yeniden değerlendirilmesi ile ilgili yapmış oldukları deneysel çalışmada; Stres öyküsü haricindeki toprak özellikleri ve davranışları, kurucu kil ve keçesiz minerallerin fiziko-kimyasal özellikleri ve bunların görece oranları tarafından belirgin şekilde etkilenir. Basit kantitatif parametreler olan Atterberg sınırları ve Skempton kolloidal aktivitesi, toprak unsurlarının bileşik etkilerini ve bunların gözenek sıvısı ile etkileşimlerini yansıtır. Bu yazıda, bu parametrelerin mikromekanik yorumu sunulmuştur. Genel olarak, ince taneli toprakların likit limitinin fiziko - kimyasal potansiyeli yansıttığı ve Skempton kolloidal aktivitesinin her birinin birbirine bağlı olduğu gösterilmiştir. koloidal aktivite ile mülk korelasyonlarının yanı sıra Atterberg limitleri ile

parametrelerin birbirine bağımlılığı nedeniyle ilişkili karşılıklı ilişkilere neden olduğu gösterilmiştir.

Wroth ve Wood (1978) tarafından endeks özelliklerinin bazı temel mühendislik özellikleriyle ilişkilendirilmesi konusunda yapmış oldukları deneysel çalışma; Kendi likit limitlerinde tüm topraklara benzersiz bir mukavemet vermek ve gücün likit limitin 100 katı olduğu su içeriği olarak yeniden tanımlamak makul olduğunu göstermek için yapılmıştır. Bu varsayımları kritik durum zemini mekaniği fikirleriyle birleştirdikten sonra, yeniden şekillendirilmiş toprağın sıkıştırma endeksini plastiklik indeksiyle ilişkilendirmek ve gerçek likit ve plastik sınır değerleri dikkate alınmaksızın yeniden şekillendirilmiş kuvvet ile likidite indeksi arasında eşsiz bir ilişki önermek mümkündür. Meksika Körfezi'nden ve Kuzey Denizi'nden saha verileri bu ilişkileri desteklemek için sunulmuştur. Mukavemet tahminleri, plastik limitin yakınında su içeriğine sahip olan aşırı konsolide killer için en iyisidir. Son zamanlarda Birleşik Krallık'ta koni penetrometresi, Casagrande testine göre likit limitinin belirlenmesi için önerilen test haline geldi. Plastik limiti yeniden tanımladıktan sonra, konik penetrometrenin farklı ağırlıklardaki konileri kullanarak bunu da belirlemek mantıklı olacaktır. Deneysel verilerden, bu öneriyi göstermek ve desteklemek için yaralanılmıştır.

# 3. CASAGRANDE TEK NOKTA LİKİT LİMİT DENEYİ İLE KOCAELİ BÖLGESİNE AİT TAN β DEĞERİNİN ELDE EDİLMESİ

## 3.1. Deneysel Çalışma

### 3.1.1. Likit limit deneyi (LL)

Bu deneyin amacı zemin tanecikleri ile değişen su miktarına göre zeminin tanımlanmasıdır. Likit limit (akma limiti), viskozitesi yüksek bir sıvı gibi, akıcı durumdaki zeminin plastik duruma dönüştüğü andaki su muhtevasıdır.



Şekil 3.1. Casagrande likit limit (akma limiti) tayini aleti

Sert plastik tabanlı standart likit limit deneyi aleti; (Şekil 3.1)

- Porselen pota
- Standart oyuk açma bıçağı
- Yarı-logaritmik grafik kağıdı
- Spatula
- Kurutma kabı
- Damıtık su dolu piset

- Üzerleri numaralandırılmış küçük cam kaplar
- Etüv
- 40 numaralı elek ve tava
- Metal veya plastik bir cetvel
- Terazi (0,01 g duyarlıkta)

Deneyde ilk olarak likit limiti öğrenilmek istenen zemin kitlesinden bu kitleyi temsil edebilecek bir miktar alınara havada kurutulur ve kurutulduktan sonra numune kabına boşaltılır, plastik tokmak ile dövülür, ardından, 40 nolu elekten elenir ve elekten geçen numuneden 150 - 200 gr alınır (Şekil 3.2).



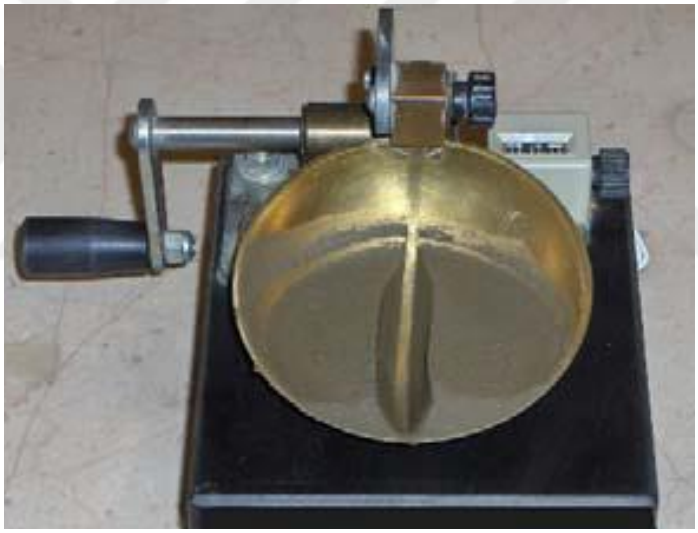
Şekil 3.2. 40 Numaralı elekten elenen zemin numunesi

Bu malzeme üzerine çok az miktarlarda damıtık su kademeli olarak numuneye ilave edilerek macun kıvamına gelene kadar pota içinde spatula ile iyice karıştırılır. Hazırlanan numuneden bir parça alınarak likit limit aletinin yarım küre kapağı içine konur. Numunenin içerisinde hava kabarcığı olmamasına dikkat edilerek yüzeyi tabana paralel olacak şekilde düzleştirilir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Numunenin tas içerisine yerleştirilmesi

Oluk açma bıçağı ile numunenin ortasında “V” kesitli bir oluk açılır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Numude oluk açma bıçağıyla yarık açılması

Krank kolu saniyede iki devirlik bir hızla çevrilir bu sırada düşüşler sayılır. Bu sırada numune ortasında açılmış olan yarığın tabanındaki kapanma dikkatle izlenir ve yarık kapanmasının yaklaşık 1,3 cm uzunlukta birleşinceye kadar kol çevrilir ve çevirme işlemi durdurulur (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Numunede yarık kapandıktan sonraki durum

Alet çevirme durdurulduktan sonra kuru ve temiz bir spatula kullanılarak kapanmanın olduğu bölgeden yaklaşık 10 gr numune alınarak küçük cam bir kaba su içeriği tayini için alınır ve düşüş sayısı kaydedilir.



Şekil 3.6. Numunenin spatula ile alınması

0,01 gr hassasiyetinde bir tartıda tartılarak ağırlığı kaydedilir. Aletin tasında kalan numune tamamen alınarak önceki kabına konulur. Tas tamamen temizlenir ve bir sonraki deneye hazır hale getirilir.

Tas içerisine alınan aynı numune kullanılarak, bir miktar daha damıtık su ilave edilerek su içeriği arttırılarak daha önceki işlemlere 10 ile 50 arasında en az 3 darbe sayısı yaptırıncaya kadar devam edilir. Bulunan her darbe sayısı için su içerigi belirlemeleri yapılır. Bu işlemler sonunda tartımı alınan numuneler 105° C'lik etüvde 24 saat bekletildikten sonra % su içerikleri saptanır. Apsisi logaritmik, ordinatı milimetrik olan koordinat sistemine farklı düşüş sayısına ait 3 farklı % rutubet değeri islenir. Düşüş sayıları apsiste, % su içerikleri ordinatta alınır. Saptanan üç noktadan geçen ortalama bir doğru çizilir. Buna; akış doğrusu denir ve bu doğru üzerinde 25 darbe sayısına karşılık gelen su içeriği değeri zeminin likit limit değerini verir.

### 3.1.2. Plastik limit deneyi (PL):

Zeminin düşük su içeriğinde plastik halden katı hale geçisi sırasındaki su içeriğine plastik limit denir. Diğer bir deyişle; zeminin plastik limiti 3 mm çapında silindirik çubuk biçiminde yuvarlandıklarında, çubukların yüzeyinde çatlamalar ve kopmalar olduğu andaki su içeriğidir, denilebilir.

Deney sırasında yararlanılan aletler;

- Terazi (0,01 g duyarlıkta)
- Porselen pota
- Geniş bir cam levha
- Spatula
- Damıtık su dolu piset
- Üzerleri numaralandırılmış küçük cam kaplar
- Etüv
- 40 numaralı elek ve tava
- Metal referans çubuk

Likit limit deneyi için hazırlanan numuneden yaklaşık olarak 15 g pota içerisine alınır, alınan numune bir pota içinde parmaklar ile yoğrulduğu zaman yapışmayacak fakat kolayca yuvarlanabilecek bir kütle elde edilmesini sağlayacak ölçüde damıtık su ile

spatula yardımıyla iyice karıştırılır. Test numunesi cam plaka üzerine konarak avuç içi yardımı ile makarna şeklini alana kadar yuvarlanır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Plastik limit deneyi numune hazırlanması

Çubukların çapı 3 mm olduğu anda yüzeyde çatlamalar olmaz ise malzeme toplanır, tekrar plastik bir toprak biçimine getirilerek yuvarlama işlemi tekrarlanır. Yuvarlanan zeminde çatlama ve dağılmalar görülene kadar bu işlem sürdürülür. Çatlama ve dağılmalar olan numune kaba konulur ve ardından etüve atılır. Bütün bu işlemler bir kez daha yapılarak bir su içeriği belirlenmesi daha yapılır. Bulunan bu iki su içeriği değerinin ortalaması zeminin plastik limiti olarak değerlendirilir.

### 3.1.3. Plastisite indeksi (PI):

Zeminin plastik davranış gösterdiği su içeriği alanı ise plastisite indeksi (PI)'dir. Plastisite indeksi likit limit ile plastik limit arasındaki fark ile bulunur.

Bu çalışmada kullanılan Casagrande tek nokta deney cihazı (sert tabanlı) ASTM 4318'e uygundur. Çalışmada toplam 41 adet doğal zemin örneği kullanılmış ve bu örnekler Türkiye de Kocaeli ilinin değişik bölgelerinden alınmıştır. ASTM 4318'de belirtilen kuru hazırlama yöntemine uygun olarak hazırlanan deney numuleriyle yukarı da anlatıldığı şekilde deneyler yapılmıştır. Deneyler dört nokta likit limit deneyi olarak uygulanmıştır. Deneylerde kil sınıfından zeminler kullanılmıştır. Özellikle farklı zemin sınıfındaki killer kullanılarak çeşitlilik sağlanmıştır.

Kocaeli'nin değişik bölgelerinden alınan zemin numuneleri laboratuvara getirildikten sonra 24 saat etüvde bekletilerek kurutulmuştur. Daha sonra kurutulan numunelere

yukarıda anlatıldığı şekilde dört nokta likit limit deneyi yapılmıştır. Deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

## 3.2. Deney sonuçları ve değerlendirme

Likit limit formülünden tan β değeri sırasıyla Denklem (3.1), (3.2) ve (3.3) kullanılarak;

$$w_L = w_n \, x \left(\frac{N}{25}\right)^{\tan\beta} \tag{3.1}$$

$$\frac{w_L}{w_n} = \left(\frac{N}{25}\right)^{\tan\beta} \tag{3.2}$$

$$\log_{\left(\frac{N}{25}\right)}\left(\frac{w_L}{w_n}\right) = \log_{\left(\frac{N}{25}\right)}\left(\frac{N}{25}\right) \, x \tan\beta \tag{3.3}$$

$$\tan\beta = \log_{\left(\frac{N}{25}\right)}\left(\frac{w_L}{w_n}\right) \tag{3.4}$$

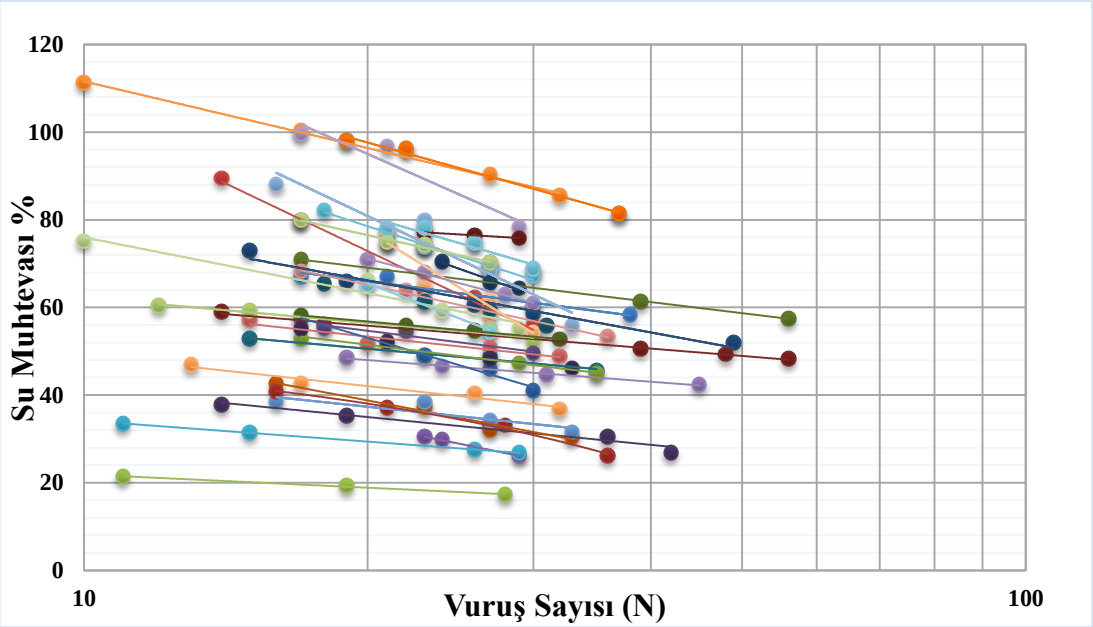
şeklinde bulunur. Deneysel çalışmalar sonucunda bulunacak "tan β" katsayısı Denklem (3.4) kullanılarak hesaplanmıştır.

Kocaeli ilinin değişik bölgelerinden alınan zeminlerin likit limit tek nokta deneyinde kullanılacak tan β katsayısını bulmak için kullanılan numuneler toplam 41 adettir. Tablo 3.1'de 41 numuneyle yapılan tek nokta likit limit deneyi sonucunda formülde değişken tanβ parametre değerinin hesaplanması için kullanılan 156 noktadan oluşan deney sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 3.1. Yapılan tek nokta likit limit deneylerinin deney sonuçları

| Vuruş Sayısı N | Su Muhtevası W (%) | Likit Limit WL (%) | Vuruş Sayısı N | Su Muhtevası W (%) | Likit Limit WL (%) | Vuruş Sayısı N | Su Muhtevası W (%) | Likit Limit WL (%) | Vuruş Sayısı N | Su Muhtevası W (%) | Likit Limit WL (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 38 | 58,4 | 63,6 | 35 | 45,6 | 49,0 | 36 | 26,1 | 34,6 | 29 | 75,8 | 76,9 |
| 30 | 60,2 | | 27 | 48,8 | | 28 | 33,1 | | 26 | 76,4 | |
| 21 | 66,9 | | 23 | 49,1 | | 21 | 37,2 | | 23 | 77,1 | |
| 17 | 67,1 | | 15 | 52,9 | | 16 | 40,8 | | 32 | 52,7 | 55,2 |
| 30 | 55,9 | 64,9 | 33 | 30,4 | 35,8 | 35 | 44,8 | 49,3 | 26 | 54,7 | |
| 26 | 62,2 | | 27 | 32,2 | | 29 | 47,3 | | 22 | 55,9 | |
| 23 | 64,0 | | 23 | 37,3 | | 21 | 51,8 | | 17 | 58,4 | |
| 14 | 89,5 | | 16 | 42,6 | | 17 | 52,8 | | 33 | 46,2 | 49,6 |
| 28 | 17,2 | 18,1 | 34 | 31,5 | 34,0 | 30 | 49,5 | 52,5 | 27 | 48,3 | |
| 19 | 19,4 | | 26 | 34,2 | | 22 | 54,5 | | 21 | 52,2 | |
| 11 | 21,4 | | 17 | 38,3 | | 18 | 55,3 | | 17 | 55,1 | |
| 29 | 26,1 | 29,0 | 13 | 38,4 | 51,4 | 37 | 81,4 | 93,5 | 31 | 55,9 | 60,8 |
| 24 | 29,8 | | 32 | 48,9 | | 22 | 96,3 | | 27 | 59,3 | |
| 23 | 30,4 | | 27 | 50,9 | | 19 | 98,1 | | 23 | 61,3 | |
| 29 | 26,8 | 28,1 | 20 | 51,7 | | 33 | 55,8 | 72,5 | 18 | 65,4 | |
| 26 | 27,5 | | 15 | 57,1 | | 27 | 68,2 | | 27 | 70,2 | 72,9 |
| 15 | 31,5 | | 32 | 37,2 | 38,3 | 23 | 79,7 | | 23 | 74,3 | |
| 11 | 33,5 | | 27 | 40,7 | | 16 | 88,0 | | 21 | 75,0 | |
| 32 | 85,5 | 92,5 | 20 | 43,4 | | 36 | 53,3 | 61,7 | 17 | 79,9 | |
| 27 | 90,2 | | 30 | 52,0 | 54,9 | 27 | 58,6 | | 30 | 32,4 | 37,8 |
| 17 | 100,4 | | 27 | 55,1 | | 22 | 63,8 | | 26 | 38,0 | |
| 10 | 111,3 | | 15 | 59,2 | | 17 | 68,3 | | 23 | 38,5 | |
| 49 | 52,0 | 62,0 | 12 | 60,4 | | 29 | 55,1 | 60 | 21 | 40,2 | |
| 30 | 58,6 | | 45 | 42,3 | 45,6 | 24 | 59,2 | | 27 | 70,3 | 72,8 |
| 26 | 60,4 | | 31 | 44,7 | | 20 | 66,1 | | 23 | 74,2 | |
| 19 | 66,0 | | 24 | 46,6 | | 12 | 75,1 | | 21 | 75,0 | |
| 15 | 72,9 | | 19 | 48,5 | | 29 | 78,3 | 87,5 | 17 | 78,9 | |
| 56 | 48,3 | 54,8 | 30 | 67,2 | 71,0 | 21 | 96,6 | | 29 | 49,3 | 55,0 |
| 48 | 49,3 | | 27 | 68,6 | | 17 | 99,6 | | 25 | 55,7 | |
| 39 | 50,6 | | 23 | 73,9 | | 27 | 54,4 | 58,75 | 21 | 57,2 | |
| 20 | 56,1 | | 18 | 82,1 | | 23 | 61,5 | | 18 | 60,1 | |
| 14 | 59,0 | | 32 | 36,8 | 40,2 | 20 | 65,0 | | 30 | 68,8 | 75,8 |
| 56 | 57,5 | 66,9 | 26 | 40,4 | | 30 | 54,4 | 63 | 28 | 74,7 | |
| 39 | 61,4 | | 17 | 42,7 | | 27 | 61,5 | | 23 | 78,2 | |
| 17 | 70,9 | | 13 | 53,1 | | 23 | 65,0 | | 20 | 82,1 | |
| 36 | 30,5 | 33,1 | 30 | 41,0 | 48,0 | 21 | 77,6 | 69,8 | 30 | 58,4 | 66,2 |
| 27 | 33,3 | | 27 | 45,9 | | 29 | 64,3 | | 26 | 62,9 | |
| 19 | 35,4 | | 23 | 48,9 | | 27 | 65,7 | | 23 | 67,9 | |
| 14 | 37,8 | | 17 | 57,5 | | 24 | 70,4 | | 21 | 70,9 | |

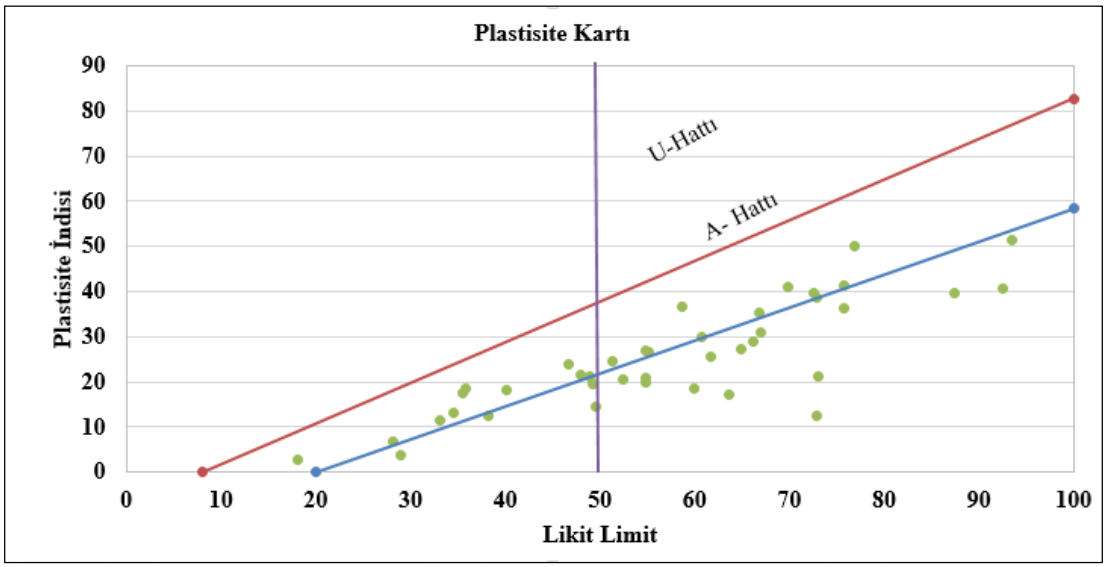
Şekil 3.1’ de 41 adet zemin numunesi ile yapılan deneyler sonucunda oluşturulan akma eğrileri görülmektedir. Bu eğrilerin yaklaşık olarak aynı eğimde ve doğrultuda olduğu görülmektedir.




Şekil 3.8. Zemin numunelerinin deneyleri sonucunda oluşturulan akma eğrileri

Tablo 3.8 ve Şekil 3.1'de de görüldüğü gibi Kocaeli ilinin değişik bölgelerinden alınan zemin numunelerinin formül de yerine konularak elde edilen tan β değerinin ortalaması alındığında değişken olan tan β = 0,388 olarak bulunmuştur.

Plastisite indeksi, zeminleri sınıflamada ve diğer bazı zemin parametreleri ile korelasyon yapmada kullanılan temel zemin özelliklerinden biridir. Bu yüzden her bir numuneden plastik limit değerleri de elde edilmiş, Likit limitten plastik limit değerleri çıkarılarak plastisite indisleri bulunmuştur. Şekil 3.2'de deneyler sonuçlarının işlendiği plastisite kartı gösterilmektedir.




Şekil 3.9. Zemin numunelerinin deney sonuçlarının Cassagrande plastisite kartı üzerinde gösterilmesi

Şekil 3.9' daki plastisite kartı incelendiğinde değişik tipteki zeminlerden seçildiğini ve bu zemin tiplerinden killer A doğrusunun üstünde, siltler altında yer alır. Plastisite kartı yardımıyla numunelerin sınıflarını değerlendirecek olursak 2 adet Düşük Kil Düşük Silt (CL-ML) , 9 adet düşük plastisiteli kil (CL) , 4 adet düşük plastisiteli siltler veya organik zeminler (ML), 12 adet yüksek plastisiteli killer (CH) ve 14 adet yüksek plastisiteli siltler (MH) olarak buluruz.

Ayrıca akma eğrisinin eğimini tan β olarak kabul edersek bu eğimden sırasıyla Denklem (3.5), (3.6) ve (3.7);

$$\tan\beta = \frac{w_L - w_n}{\log\left(\frac{N}{25}\right)} \tag{3.5}$$

$$\tan\beta \times \log\left(\frac{N}{25}\right) = w_L - w_n \tag{3.6}$$

$$w_L = \tan\beta \times \log\left(\frac{N}{25}\right) + w_n \tag{3.7}$$

bağıntısını elde ederiz.

Kocaeli bölgesinin değişik bölgelerinden elde edilen zemin numuneleriyle yapmış olduğum deney çalışmaların sonucunda elde edilen vuruş sayılarını N<25 ve N >25 olarak ele alarak ortalama tan β değerlerini hesaplarsak;

N>25 için tan β =56,505

N<25 için tan β = 29,455 olarak bulunur.

Bu bulunan tan β değerlerinin doğruluğunu kanıtlamak için Kocaeli ilinin değişik bölgelerinde daha önce yapılmış olan 41 zemin numunesi tek nokta likit limit verileri akma eğrisinin eğiminden elde edilen bağıntıda yerine koyularak incelenmiştir.

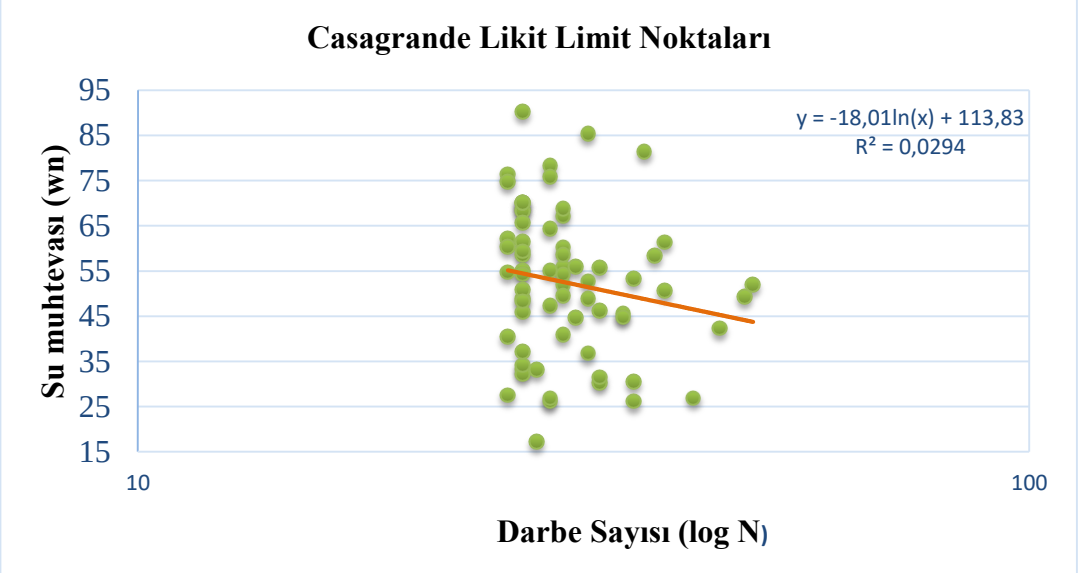
Tablo 3.2. N>25 için hesaplanan tan β değerleri ve kullanılacak ortalama tan β değeri

| N | $W_L$ | Wn | N/25 | $W_L$-Wn | log (N/25) | Tan β | N | $W_L$ | Wn | N/25 | $W_L$-Wn | log (N/25) | Tan β |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 38 | 63,6 | 58,4 | 1,52 | 5,2 | 0,181843588 | 28,596 | 30 | 73 | 67,2 | 1,2 | 5,8 | 0,079181246 | 73,250 |
| 30 | 63,6 | 60,2 | 1,2 | 3,4 | 0,079181246 | 42,939 | 27 | 73 | 68,6 | 1,08 | 4,4 | 0,033423755 | 131,643 |
| 30 | 64,9 | 55,9 | 1,2 | 9 | 0,079181246 | 113,663 | 32 | 40,2 | 36,8 | 1,28 | 3,4 | 0,10720997 | 31,713 |
| 26 | 64,9 | 62,2 | 1,04 | 2,7 | 0,017033339 | 158,513 | 26 | 40,2 | 40,4 | 1,04 | -0,2 | 0,017033339 | -11,742 |
| 28 | 18,1 | 17,2 | 1,12 | 0,9 | 0,049218023 | 18,286 | 30 | 48 | 41 | 1,2 | 7 | 0,079181246 | 88,405 |
| 29 | 29 | 26,1 | 1,16 | 2,9 | 0,064457989 | 44,991 | 27 | 48 | 45,9 | 1,08 | 2,1 | 0,033423755 | 62,830 |
| 29 | 28,1 | 26,8 | 1,16 | 1,3 | 0,064457989 | 20,168 | 36 | 34,6 | 26,1 | 1,44 | 8,5 | 0,158362492 | 53,674 |
| 26 | 28,1 | 27,5 | 1,04 | 0,6 | 0,017033339 | 35,225 | 28 | 34,6 | 33,1 | 1,12 | 1,5 | 0,049218023 | 30,477 |
| 32 | 54,8 | 85,5 | 1,28 | -30,7 | 0,10720997 | -286,354 | 35 | 49,3 | 44,8 | 1,4 | 4,5 | 0,146128036 | 30,795 |
| 27 | 54,8 | 90,2 | 1,08 | -35,4 | 0,033423755 | -1059,127 | 29 | 49,3 | 47,3 | 1,16 | 2 | 0,064457989 | 31,028 |
| 49 | 92,5 | 52 | 1,96 | 40,5 | 0,292256071 | 138,577 | 30 | 52,5 | 49,5 | 1,2 | 3 | 0,079181246 | 37,888 |
| 30 | 92,5 | 58,6 | 1,2 | 33,9 | 0,079181246 | 428,132 | 37 | 93,5 | 81,4 | 1,48 | 12,1 | 0,170261715 | 71,067 |
| 26 | 92,5 | 60,4 | 1,04 | 32,1 | 0,017033339 | 1884,539 | 33 | 72,5 | 55,8 | 1,32 | 16,7 | 0,120573931 | 138,504 |
| 56 | 54,8 | 48,3 | 2,24 | 6,5 | 0,350248018 | 18,558 | 27 | 72,5 | 68,2 | 1,08 | 4,3 | 0,033423755 | 128,651 |
| 48 | 54,8 | 49,3 | 1,92 | 5,5 | 0,283301229 | 19,414 | 36 | 61,7 | 53,3 | 1,44 | 8,4 | 0,158362492 | 53,043 |
| 39 | 54,8 | 50,6 | 1,56 | 4,2 | 0,193124598 | 21,748 | 27 | 61,7 | 58,6 | 1,08 | 3,1 | 0,033423755 | 92,748 |
| 56 | 66,9 | 57,5 | 2,24 | 9,4 | 0,350248018 | 26,838 | 29 | 60 | 55,1 | 1,16 | 4,9 | 0,064457989 | 76,019 |
| 39 | 66,9 | 61,4 | 1,56 | 5,5 | 0,193124598 | 28,479 | 29 | 87,5 | 78,3 | 1,16 | 9,2 | 0,064457989 | 142,729 |
| 36 | 33,1 | 30,5 | 1,44 | 2,6 | 0,158362492 | 16,418 | 27 | 58,75 | 54,4 | 1,08 | 4,35 | 0,033423755 | 130,147 |
| 27 | 33,1 | 33,3 | 1,08 | -0,2 | 0,033423755 | -5,984 | 30 | 67 | 54,4 | 1,2 | 12,6 | 0,079181246 | 159,129 |
| 35 | 49 | 45,6 | 1,4 | 3,4 | 0,146128036 | 23,267 | 27 | 67 | 61,5 | 1,08 | 5,5 | 0,033423755 | 164,554 |
| 27 | 49 | 48,8 | 1,08 | 0,2 | 0,033423755 | 5,984 | 29 | 69,8 | 64,3 | 1,16 | 5,5 | 0,064457989 | 85,327 |
| 33 | 35,8 | 30,4 | 1,32 | 5,4 | 0,120573931 | 44,786 | 27 | 69,8 | 65,7 | 1,08 | 4,1 | 0,033423755 | 122,667 |
| 27 | 35,8 | 32,2 | 1,08 | 3,6 | 0,033423755 | 107,708 | 29 | 76,9 | 75,8 | 1,16 | 1,1 | 0,064457989 | 17,065 |
| 33 | 35,5 | 31,5 | 1,32 | 4 | 0,120573931 | 33,175 | 26 | 76,9 | 76,4 | 1,04 | 0,5 | 0,017033339 | 29,354 |

Tablo 3.2. (Devam) N>25 için hesaplanan tan β değerleri ve kullanılacak ortalama tan β değeri

| N | $W_L$ | Wn | N/25 | $W_L$-Wn | log (N/25) | Tan β | N | $W_L$ | Wn | N/25 | $W_L$-Wn | log (N/25) | Tan β |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 27 | 35,5 | 34,2 | 1,08 | 1,3 | 0,033423755 | 38,894 | 32 | 55,2 | 52,7 | 1,28 | 2,5 | 0,10720997 | 23,319 |
| 32 | 51,4 | 48,9 | 1,28 | 2,5 | 0,10720997 | 23,319 | 26 | 55,2 | 54,7 | 1,04 | 0,5 | 0,017033339 | 29,354 |
| 27 | 51,4 | 50,9 | 1,08 | 0,5 | 0,033423755 | 14,959 | 33 | 49,6 | 46,2 | 1,32 | 3,4 | 0,120573931 | 28,198 |
| 27 | 35,1 | 37,2 | 1,08 | -2,1 | 0,033423755 | -62,830 | 27 | 49,6 | 48,3 | 1,08 | 1,3 | 0,033423755 | 38,894 |
| 30 | 38,3 | 52 | 1,2 | -13,7 | 0,079181246 | -173,021 | 31 | 60,8 | 55,9 | 1,24 | 4,9 | 0,093421685 | 52,450 |
| 27 | 38,3 | 55,1 | 1,08 | -16,8 | 0,033423755 | -502,637 | 27 | 60,7 | 59,3 | 1,08 | 1,4 | 0,033423755 | 41,886 |
| 45 | 46,6 | 42,3 | 1,8 | 4,3 | 0,255272505 | 16,845 | 27 | 72,9 | 70,2 | 1,08 | 2,7 | 0,033423755 | 80,781 |
| 31 | 46,6 | 44,7 | 1,24 | 1,9 | 0,093421685 | 20,338 | 30 | 75,8 | 68,8 | 1,2 | 7 | 0,079181246 | 88,405 |
| 28 | 66,2 | 62,9 | 1,12 | 3,3 | 0,049218023 | 67,049 | 26 | 75,8 | 74,7 | 1,04 | 1,1 | 0,017033339 | 64,579 |
| 30 | 75,8 | 68,8 | 1,2 | 7 | 0,079181246 | 88,405 | 27 | 72,8 | 70,2 | 1,08 | 2,6 | 0,033423755 | 77,789 |
| 26 | 75,8 | 74,7 | 1,04 | 1,1 | 0,017033339 | 64,579 | 27 | 72,1 | 70,2 | 1,08 | 1,9 | 0,033423755 | 56,846 |
| 30 | 66,2 | 60,9 | 1,2 | 5,3 | 0,079181246 | 66,935 | | | | | | **Toplam** | 4124,841 |
| | | | | | | | | | | | | **ort. tan β** | 56,505 |

N>25 için hesaplanan tan β değerleri ve kullanılacak ortalama tan β değeri regregasyon grafiği Şekil 3.3'te gösterildiği gibidir.




Şekil 3.10. N>25 için hesaplanan tan β değerleri regresyon analizi tablosu

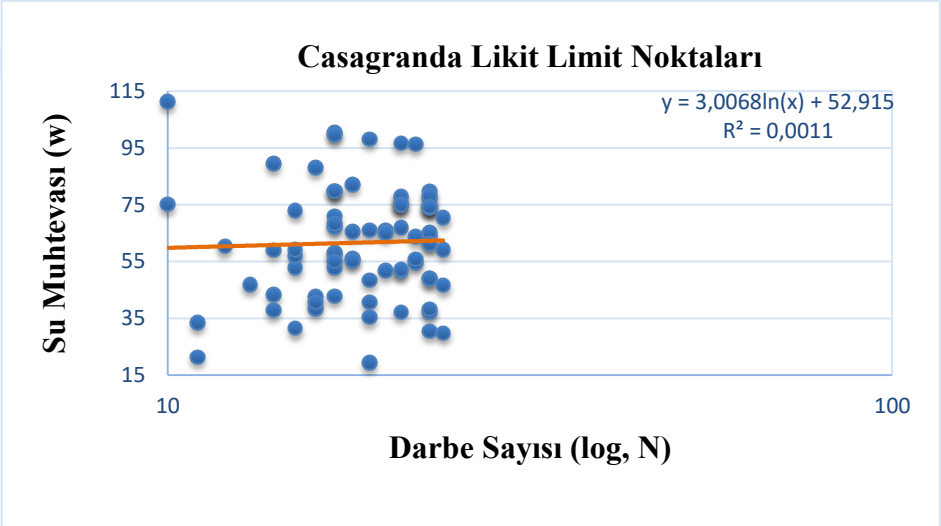
Tablo 3.3. N<25 için hesaplanan tan β değerleri ve kullanılacak ortalama tan β değeri

| N | $W_L$ | Wn | N/25 | log (N/25) | Wl-Wn | Tan β | N | $W_L$ | Wn | N/25 | log (N/25) | $W_L$-Wn | Tan β |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 21 | 63,6 | 66,9 | 0,84 | -0,075720714 | -3,3 | 43,581 | 22 | 52,5 | 54,5 | 0,88 | -0,055517328 | -2 | 36,025 |
| 17 | 63,6 | 67,1 | 0,68 | -0,167491087 | -3,5 | 20,897 | 18 | 52,5 | 55,3 | 0,72 | -0,142667504 | -2,8 | 19,626 |
| 23 | 64,9 | 64 | 0,92 | -0,036212173 | 0,9 | -24,854 | 22 | 93,5 | 96,3 | 0,88 | -0,055517328 | -2,8 | 50,435 |
| 14 | 64,9 | 89,5 | 0,56 | -0,251811973 | -24,6 | 97,692 | 19 | 93,5 | 98,1 | 0,76 | -0,119186408 | -4,6 | 38,595 |
| 19 | 18,1 | 19,4 | 0,76 | -0,119186408 | -1,3 | 10,907 | 23 | 72,5 | 79,7 | 0,92 | -0,036212173 | -7,2 | 198,828 |
| 11 | 18,1 | 21,4 | 0,44 | -0,356547324 | -3,3 | 9,255 | 16 | 72,5 | 88 | 0,64 | -0,193820026 | -15,5 | 79,971 |
| 24 | 29 | 29,8 | 0,96 | -0,017728767 | -0,8 | 45,124 | 22 | 61,7 | 63,8 | 0,88 | -0,055517328 | -2,1 | 37,826 |
| 23 | 29 | 30,4 | 0,92 | -0,036212173 | -1,4 | 38,661 | 17 | 61,7 | 68,3 | 0,68 | -0,167491087 | -6,6 | 39,405 |
| 15 | 28,1 | 31,5 | 0,6 | -0,22184875 | -3,4 | 15,326 | 24 | 60 | 59,2 | 0,96 | -0,017728767 | 0,8 | -45,124 |
| 11 | 28,1 | 33,5 | 0,44 | -0,356547324 | -5,4 | 15,145 | 20 | 60 | 66,1 | 0,8 | -0,096910013 | -6,1 | 62,945 |
| 17 | 54,8 | 100,4 | 0,68 | -0,167491087 | -45,6 | 272,253 | 10 | 60 | 75,1 | 0,4 | -0,397940009 | -15,1 | 37,945 |
| 10 | 54,8 | 111,3 | 0,4 | -0,397940009 | -56,5 | 141,981 | 21 | 87,5 | 96,6 | 0,84 | -0,075720714 | -9,1 | 120,178 |
| 19 | 92,5 | 66 | 0,76 | -0,119186408 | 26,5 | -222,341 | 17 | 87,5 | 99,6 | 0,68 | -0,167491087 | -12,1 | 72,243 |
| 15 | 92,5 | 72,9 | 0,6 | -0,22184875 | 19,6 | -88,348 | 23 | 58,75 | 61,5 | 0,92 | -0,036212173 | -2,75 | 75,941 |
| 18 | 54,8 | 56,1 | 0,72 | -0,142667504 | -1,3 | 9,112 | 20 | 58,75 | 65 | 0,8 | -0,096910013 | -6,25 | 64,493 |
| 14 | 54,8 | 59 | 0,56 | -0,251811973 | -4,2 | 16,679 | 23 | 67 | 65 | 0,92 | -0,036212173 | 2 | -55,230 |
| 17 | 66,9 | 70,9 | 0,68 | -0,167491087 | -4 | 23,882 | 21 | 67 | 77,6 | 0,84 | -0,075720714 | -10,6 | 139,988 |
| 19 | 33,1 | 35,4 | 0,76 | -0,119186408 | -2,3 | 19,298 | 24 | 69,8 | 70,4 | 0,96 | -0,017728767 | -0,6 | 33,843 |
| 14 | 33,1 | 37,8 | 0,56 | -0,251811973 | -4,7 | 18,665 | 23 | 76,9 | 77,1 | 0,92 | -0,036212173 | -0,2 | 5,523 |
| 23 | 49 | 49,1 | 0,92 | -0,036212173 | -0,1 | 2,762 | 22 | 55,2 | 55,9 | 0,88 | -0,055517328 | -0,7 | 12,609 |
| 15 | 49 | 52,9 | 0,6 | -0,22184875 | -3,9 | 17,580 | 17 | 55,2 | 58,2 | 0,68 | -0,167491087 | -3 | 17,911 |
| 23 | 35,8 | 37,3 | 0,92 | -0,036212173 | -1,5 | 41,423 | 21 | 49,6 | 52,2 | 0,84 | -0,075720714 | -2,6 | 34,337 |
| 16 | 35,8 | 42,6 | 0,64 | -0,193820026 | -6,8 | 35,084 | 17 | 49,6 | 55,1 | 0,68 | -0,167491087 | -5,5 | 32,838 |
| 23 | 35,5 | 38,3 | 0,92 | -0,036212173 | -2,8 | 77,322 | 23 | 60,8 | 61,3 | 0,92 | -0,036212173 | -0,5 | 13,808 |
| 16 | 35,5 | 38,4 | 0,64 | -0,193820026 | -2,9 | 14,962 | 18 | 60,8 | 65,4 | 0,72 | -0,142667504 | -4,6 | 32,243 |
| 20 | 51,4 | 51,7 | 0,8 | -0,096910013 | -0,3 | 3,096 | 23 | 72,9 | 74,3 | 0,92 | -0,036212173 | -1,4 | 38,661 |
| 15 | 51,4 | 57,1 | 0,6 | -0,22184875 | -5,7 | 25,693 | 21 | 72,9 | 75 | 0,84 | -0,075720714 | -2,1 | 27,733 |
| 19 | 35,1 | 40,7 | 0,76 | -0,119186408 | -5,6 | 46,985 | 17 | 72,9 | 79,9 | 0,68 | -0,167491087 | -7 | 41,793 |
| 14 | 35,1 | 43,4 | 0,56 | -0,251811973 | -8,3 | 32,961 | 23 | 75,8 | 78,2 | 0,92 | -0,036212173 | -2,4 | 66,276 |
| 15 | 38,3 | 59,2 | 0,6 | -0,22184875 | -20,9 | 94,208 | 21 | 75,8 | 78,1 | 0,84 | -0,075720714 | -2,3 | 30,375 |
| 12 | 38,3 | 60,4 | 0,48 | -0,318758763 | -22,1 | 69,331 | 23 | 72,8 | 74,3 | 0,92 | -0,036212173 | -1,5 | 41,423 |

Tablo 3.3. (Devam) N<25 için hesaplanan tan β değerleri ve kullanılacak ortalama tan β değeri

| N | $W_L$ | Wn | N/25 | log (N/25) | Wl-Wn | Tan β | N | $W_L$ | Wn | N/25 | log (N/25) | $W_L$-Wn | Tan β |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 24 | 46,6 | 46,6 | 0,96 | -0,017728767 | 0 | 0,000 | 21 | 72,8 | 75 | 0,84 | -0,075720714 | -2,2 | 29,054 |
| 19 | 46,6 | 48,5 | 0,76 | -0,119186408 | -1,9 | 15,941 | 17 | 72,8 | 79,9 | 0,68 | -0,167491087 | -7,1 | 42,390 |
| 23 | 73 | 73,9 | 0,92 | -0,036212173 | -0,9 | 24,854 | 23 | 72,1 | 74,3 | 0,92 | -0,036212173 | -2,2 | 60,753 |
| 18 | 73 | 82,1 | 0,72 | -0,142667504 | -9,1 | 63,785 | 21 | 72,1 | 75 | 0,84 | -0,075720714 | -2,9 | 38,299 |
| 17 | 40,2 | 42,7 | 0,68 | -0,167491087 | -2,5 | 14,926 | 17 | 72,1 | 79,9 | 0,68 | -0,167491087 | -7,8 | 46,570 |
| 13 | 40,2 | 46,9 | 0,52 | -0,283996656 | -6,7 | 23,592 | 23 | 66,2 | 67,9 | 0,92 | -0,036212173 | -1,7 | 46,946 |
| 23 | 48 | 48,9 | 0,92 | -0,036212173 | -0,9 | 24,854 | 20 | 66,2 | 70,9 | 0,8 | -0,096910013 | -4,7 | 48,499 |
| 17 | 48 | 57,5 | 0,68 | -0,167491087 | -9,5 | 56,719 | 23 | 75,8 | 78,2 | 0,92 | -0,036212173 | -2,4 | 66,276 |
| 21 | 34,6 | 37,2 | 0,84 | -0,075720714 | -2,6 | 34,337 | 21 | 75,8 | 78,1 | 0,84 | -0,075720714 | -2,3 | 30,375 |
| 16 | 34,6 | 40,8 | 0,64 | -0,193820026 | -6,2 | 31,988 | 21 | 49,3 | 51,8 | 0,84 | -0,075720714 | -2,5 | 33,016 |
| 17 | 49,3 | 52,8 | 0,68 | -0,167491087 | -3,5 | 20,897 | | | | | | **Toplam** | 2444,769 |
| | | | | | | | | | | | | **ort tan β** | **29,455** |

N<25 için hesaplanan tan β değerleri regresyon grafiği Şekil 3.11'te gösterildiği gibidir.




Şekil 3.11. N<25 için hesaplanan tan β değerleri regresyon analizi tablosu

Tablo 3.4. Bağıntı yardımıyla hesaplanan tan β değerleri ile daha önceden özel laboratuvar firması tarafından yapılmış numune çalışmalarıyla elde edilen deney rapor sonuçlarının karşılaştırılması

| Vuruş Sayısı N | Su Muhtevası Wn | Likit Limit $W_L$ | (N/25) | Bulunan tan β ort | Hesaplanan $W_L$ | Rapor Sonucu $W_L$ | Vuruş Sayısı N | Su Muhtevası Wn | Likit Limit $W_L$ | (N/25) | Bulunan tan β ort | Hesaplanan $W_L$ | Rapor Sonucu $W_L$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 22 | 43 | 40,5 | 0,8 | 29,46 | 41,36 | 40,50 | **24** | **43,8** | **41,7** | **0,9** | **29,46** | **43,28** | **41,70** |
| 24 | 38,9 | 40,5 | 0,9 | 29,46 | 38,38 | 40,50 | **26** | **39,7** | **41,7** | **1,0** | **56,5** | **40,66** | **41,70** |
| **20** | **48,3** | **46,1** | **0,8** | **29,46** | **45,45** | **46,10** | 21 | 43,7 | 40,4 | 0,84 | 29,46 | 41,47 | 40,40 |
| **22** | **45,8** | **46,1** | **0,8** | **29,46** | **44,16** | **46,10** | 23 | 38,5 | 40,4 | 0,2 | 29,46 | 37,43 | 40,40 |
| 24 | 43,5 | 42,2 | 0,9 | 29,46 | 42,98 | 42,20 | **27** | **42,2** | **40,7** | **1,08** | **56,5** | **44,09** | **40,70** |
| 26 | 40,9 | 42,2 | 1,0 | 56,50 | 41,86 | 42,20 | **29** | **38,1** | **40,7** | **1,6** | **56,5** | **41,74** | **40,70** |
| **26** | **46,1** | **45,4** | **1,0** | **56,5** | **47,06** | **45,40** | 26 | 41,7 | 40,4 | 1,0 | 56,5 | 42,66 | 40,40 |
| **28** | **43,8** | **45,4** | **1,1** | **56,5** | **46,58** | **45,40** | 28 | 38,3 | 40,4 | 1,1 | 56,5 | 41,08 | 40,40 |
| 20 | 43,2 | 40,8 | 0,8 | 29,46 | 40,35 | 40,80 | **22** | **46,7** | **44,2** | **0,8** | **29,46** | **45,06** | **44,20** |
| 22 | 40,1 | 40,8 | 0,8 | 29,46 | 38,46 | 40,80 | **24** | **42,7** | **44,2** | **0,9** | **29,46** | **42,18** | **44,20** |
| **27** | **45,4** | **43,9** | **1,0** | **56,5** | **47,29** | **43,90** | 26 | 44,9 | 42,7 | 1,0 | 56,5 | 45,86 | 42,70 |
| **29** | **41,3** | **43,9** | **1,1** | **56,5** | **44,94** | **43,90** | 28 | 39,8 | 42,7 | 1,1 | 56,5 | 42,58 | 42,70 |
| 24 | 46,2 | 44,7 | 0,9 | 29,46 | 45,68 | 44,70 | **21** | **42,3** | **40,4** | **0,8** | **29,46** | **40,07** | **40,40** |
| 26 | 43,1 | 44,7 | 1,0 | 56,5 | 44,06 | 44,70 | **23** | **39,8** | **40,4** | **0,9** | **29,46** | **38,73** | **40,40** |
| **26** | **41,3** | **39,9** | **1,0** | **56,5** | **42,26** | **39,90** | 26 | 45,8 | 44,1 | 1,0 | 56,5 | 46,76 | 44,10 |
| **28** | **37,8** | **39** | **1,1** | **56,5** | **40,58** | **39,00** | 28 | 41,6 | 44,1 | 1,1 | 56,5 | 44,38 | 44,10 |
| 22 | 45,4 | 43,5 | 0,8 | 29,46 | 43,76 | 43,50 | **24** | **45,6** | **43,1** | **0,9** | **29,46** | **45,08** | **43,10** |
| 24 | 42,5 | 43,5 | 0,9 | 29,46 | 41,98 | 43,50 | **26** | **40,5** | **43,1** | **1,0** | **56,5** | **41,46** | **43,10** |
| **20** | **39,7** | **37,8** | **0,8** | **29,46** | **36,85** | **37,80** | 21 | 44,9 | 42,2 | 0,8 | 29,46 | 42,67 | 42,20 |
| **22** | **37,5** | **37,8** | **0,8** | **29,46** | **35,86** | **37,80** | 23 | 40,8 | 42,2 | 0,9 | 29,46 | 39,73 | 42,20 |
| 26 | 43,2 | 42 | 1,0 | 56,5 | 44,16 | 42,00 | **26** | **42,9** | **41,6** | **1,0** | **56,5** | **43,86** | **41,60** |
| 28 | 40,1 | 42 | 1,2 | 56,5 | 42,88 | 42,00 | **28** | **39,5** | **41,6** | **1,1** | **56,5** | **42,28** | **41,60** |
| **24** | **41,1** | **39,8** | **0,96** | **29,46** | **40,58** | **39,80** | 24 | 44,2 | 42,8 | 0,9 | 29,46 | 43,68 | 42,80 |
| **26** | **38,4** | **39,8** | **1,0** | **56,5** | **39,36** | **39,80** | 26 | 41,5 | 42,8 | 1,0 | 56,5 | 42,46 | 42,80 |
| 21 | 41,3 | 39,2 | 0,8 | 29,46 | 39,07 | 39,20 | **20** | **42,7** | **40,3** | **0,8** | **29,46** | **39,85** | **40,30** |
| 23 | 38,4 | 39,2 | 0,9 | 29,46 | 37,33 | 39,20 | **22** | **39,7** | **40,3** | **0,8** | **29,46** | **38,06** | **40,30** |
| **24** | **43,9** | **41,8** | **0,9** | **29,46** | **43,38** | **41,80** | 24 | 45,7 | 43,7 | 0,9 | 29,46 | 45,18 | 43,70 |
| **26** | **39,7** | **41,8** | **1,0** | **56,5** | **40,66** | **41,80** | 26 | 41,6 | 43,7 | 1,0 | 56,5 | 42,56 | 43,70 |
| 21 | 42,8 | 40,6 | 0,8 | 29,46 | 40,57 | 40,60 | **22** | **43** | **40,7** | **0,8** | **29,46** | **41,36** | **40,70** |
| 23 | 39,6 | 40,6 | 0,9 | 29,46 | 38,53 | 40,60 | **24** | **39,2** | **40,7** | **0,9** | **29,46** | **38,68** | **40,70** |
| **22** | **43** | **41,4** | **0,8** | **29,46** | **41,36** | **41,40** | 24 | 42,8 | 41,5 | 0,9 | 29,46 | 42,28 | 41,50 |
| **24** | **40,5** | **41,4** | **0,9** | **29,46** | **39,98** | **41,40** | 26 | 40,2 | 41,5 | 1,0 | 56,5 | 41,16 | 41,50 |
| 22 | 42,5 | 40,5 | 0,8 | 29,46 | 40,86 | 40,50 | **26** | **45,4** | **43,1** | **1,0** | **56,5** | **46,36** | **43,10** |

Tablo 3.4. (Devam) Bağıntı yardımıyla hesaplanan tan β değerleri ile daha önceden özel laboratuvar firması tarafından yapılmış numune çalışmalarıyla elde edilen deney rapor sonuçlarının karşılaştırılması

| Vuruş Sayısı N | Su Muhtevası Wn | Likit Limit $W_L$ | (N/25) | Bulunan tan β ort | Hesaplanan $W_L$ | Rapor Sonucu $W_L$ | Vuruş Sayısı N | Su Muhtevası Wn | Likit Limit $W_L$ | (N/25) | Bulunan tan β ort | Hesaplanan $W_L$ | Rapor Sonucu $W_L$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 24 | 39,2 | 40,5 | 0,9 | 29,46 | 38,68 | 40,50 | **28** | **40** | **43,1** | **1,1** | **56,5** | **42,78** | **43,10** |
| **27** | **42,9** | **42** | **1,0** | **56,5** | **44,79** | **42,00** | 21 | 44,1 | 41,1 | 0,8 | 29,46 | 41,87 | 41,10 |
| **29** | **39,9** | **42** | **1,1** | **56,5** | **43,54** | **42,00** | 23 | 39,4 | 41,1 | 0,9 | 29,46 | 38,33 | 41,10 |
| 27 | 46,4 | 45,4 | 1,0 | 56,5 | 48,29 | 45,40 | **24** | **41,9** | **40,5** | **0,9** | **29,46** | **41,38** | **40,50** |
| 29 | 43,1 | 45,4 | 1,1 | 56,5 | 46,74 | 45,40 | **26** | **39,1** | **40,5** | **1,0** | **56,5** | **40,06** | **40,50** |
| **20** | **45,2** | **42,5** | **0,8** | **29,46** | **42,35** | **42,50** | 21 | 46,9 | 43,3 | 0,8 | 29,46 | 44,67 | 43,30 |
| **22** | **41,7** | **42,5** | **0,8** | **29,46** | **40,06** | **42,50** | 23 | 41 | 43,3 | 0,9 | 29,46 | 39,93 | 43,30 |
| 21 | 46,3 | 44,3 | 0,8 | 29,46 | 44,07 | 44,30 | **24** | **43,4** | **41,2** | **0,9** | **29,46** | **42,88** | **41,20** |
| 23 | 43,6 | 44,3 | 0,9 | 29,46 | 42,53 | 44,30 | **26** | **39** | **41,2** | **1,0** | **56,5** | **39,96** | **41,20** |
| **26** | **6,5** | **44,9** | **1,0** | **56,5** | **7,46** | **44,90** | 21 | 41,4 | 39,8 | 0,8 | 29,46 | 39,17 | 39,80 |
| **28** | **42,4** | **44,9** | **1,1** | **56,5** | **45,18** | **44,90** | 23 | 39,4 | 39,8 | 0,9 | 29,46 | 38,33 | 39,80 |
| 21 | 47,1 | 43,7 | 0,8 | 29,46 | 44,87 | 43,70 | **22** | **46,7** | **44,6** | **0,8** | **29,46** | **45,06** | **44,60** |
| 23 | 41,6 | 43,7 | 0,9 | 29,46 | 40,53 | 43,70 | **24** | **43,4** | **44,6** | **0,9** | **29,46** | **42,88** | **44,60** |
| **27** | **41,9** | **40,1** | **1,0** | **56,5** | **43,79** | **40,10** | 26 | 43,4 | 42,6 | 1,0 | 56,5 | 44,36 | 42,60 |
| **28** | **37,3** | **40,1** | **1,1** | **56,5** | **40,08** | **40,10** | 28 | 41 | 42,6 | 1,1 | 56,5 | 43,78 | 42,60 |
| 22 | 43,7 | 41,5 | 0,8 | 29,46 | 42,06 | 41,50 | **27** | **42,7** | **41,7** | **1,0** | **56,5** | **44,59** | **41,70** |
| 24 | 40,2 | 41,5 | 0,9 | 29,46 | 39,68 | 41,50 | **29** | **39,6** | **41,7** | **1,1** | **56,5** | **43,24** | **41,70** |
| **20** | **49,3** | **46,3** | **0,8** | **29,46** | **46,45** | **46,30** | 24 | 43,4 | 41,3 | 0,9 | 29,46 | 42,88 | 41,30 |
| **22** | **45,3** | **46,3** | **0,8** | **29,46** | **43,66** | **46,30** | 26 | 39,3 | 41,3 | 1,0 | 56,5 | 40,26 | 41,30 |
| 24 | 47,3 | 45,6 | 0,9 | 29,46 | 46,78 | 45,60 | **22** | **46,1** | **43,5** | **0,8** | **29,46** | **44,46** | **43,50** |
| 26 | 44 | 45,6 | 1,0 | 56,5 | 44,96 | 45,60 | **24** | **41,7** | **43,5** | **0,9** | **29,46** | **41,18** | **43,50** |
| **21** | **43,6** | **41,2** | **0,8** | **29,46** | **41,37** | **41,20** | 26 | 44 | 42,9 | 1,0 | 56,5 | 44,96 | 42,90 |
| **23** | **40** | **41,2** | **0,9** | **29,46** | **38,93** | **41,20** | 28 | 41,1 | 42,9 | 1,1 | 56,5 | 43,88 | 42,90 |
| 22 | 42,7 | 40,1 | 0,8 | 29,46 | 41,06 | 40,10 | **21** | **48,5** | **45,6** | **0,8** | **29,46** | **46,27** | **45,60** |
| 24 | 38,3 | 40,1 | 0,9 | 29,46 | 37,78 | 40,10 | **23** | **44** | **45,6** | **0,9** | **29,46** | **42,93** | **45,60** |
| **24** | **45,3** | **43,2** | **0,9** | **29,46** | **44,78** | **43,20** | 21 | 45,3 | 42,6 | 0,8 | 29,46 | 43,07 | 42,60 |
| **26** | **41,1** | **43,2** | **1,0** | **56,5** | **42,06** | **43,20** | 23 | 41,2 | 42,6 | 0,9 | 29,46 | 40,13 | 42,60 |
| 22 | 43,2 | 40,3 | 0,8 | 29,46 | 41,56 | 40,30 | **24** | **43,4** | **42,1** | **0,9** | **29,46** | **42,88** | **42,10** |
| 24 | 38,3 | 40,3 | 0,9 | 29,46 | 37,78 | 40,30 | **26** | **40,8** | **42,1** | **1,0** | **56,5** | **41,76** | **42,10** |
| **26** | **45,6** | **44,1** | **1,0** | **56,5** | **46,56** | **44,10** | 20 | 58,6 | 55,1 | 0,8 | 29,46 | 55,75 | 55,10 |
| **28** | **41,7** | **44,1** | **1,1** | **56,5** | **44,48** | **44,10** | 22 | 53,9 | 55,1 | 0,8 | 29,46 | 52,26 | 55,10 |
| 26 | 55,8 | 53,4 | 1,0 | 56,5 | 56,76 | 53,40 | **24** | **57,5** | **56,3** | **0,9** | **29,46** | **56,98** | **56,30** |
| 28 | 50 | 53,4 | 1,1 | 56,5 | 52,78 | 53,40 | **26** | **55,1** | **56,3** | **1,0** | **56,5** | **56,06** | **56,30** |
| **22** | **59,9** | **57** | **0,8** | **29,46** | **58,26** | **57,00** | 24 | 41,5 | 39,7 | 0,9 | 29,46 | 40,98 | 39,70 |
| **24** | **55,1** | **57** | **0,9** | **29,46** | **54,58** | **57,00** | 26 | 37,9 | 39,7 | 1,0 | 56,5 | 38,86 | 39,70 |
| 24 | 46,7 | 44,2 | 0,9 | 29,46 | 46,18 | 44,20 | **27** | **42,3** | **41,3** | **1,0** | **56,5** | **44,19** | **41,30** |
| 26 | 41,6 | 44,2 | 1,0 | 56,5 | 42,56 | 44,20 | **29** | **39,1** | **41,3** | **1,1** | **56,5** | **42,74** | **41,30** |
| **22** | **42,6** | **40,4** | **0,8** | **29,46** | **40,96** | **40,40** | 26 | 45 | 44 | 1,0 | 56,5 | 45,96 | 44,00 |

Tablo 3.4. (Devam) Bağıntı yardımıyla hesaplanan tan β değerleri ile daha önceden özel laboratuvar firması tarafından yapılmış numune çalışmalarıyla elde edilen deney rapor sonuçlarının karşılaştırılması

| **Vuruş Sayısı N** | **Su Muhtevası Wn** | **Likit Limit $W_L$** | **(N/25)** | **Bulunan tan β ort** | **Hesaplanan $W_L$** | **Rapor Sonucu $W_L$** | **Vuruş Sayısı N** | **Su Muhtevası Wn** | **Likit Limit $W_L$** | **(N/25)** | **Bulunan tan β ort** | **Hesaplanan $W_L$** | **Rapor Sonucu $W_L$** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **24** | **39,1** | **40,4** | **0,9** | **29,46** | **38,58** | **40,40** | 28 | 42,2 | 44 | 1,1 | 56,5 | 44,98 | 44,00 |
| 26 | 43,8 | 42,6 | 1,0 | 56,5 | 44,76 | 42,60 | **24** | **42,9** | **41,3** | **0,9** | **29,46** | **42,38** | **41,30** |
| 28 | 40,7 | 42,6 | 1,1 | 56,5 | 43,48 | 42,60 | **26** | **39,6** | **41,3** | **1,0** | **56,5** | **40,56** | **41,30** |
| **24** | **46,3** | **44,9** | **0,9** | **29,46** | **45,78** | **44,90** | 21 | 43,1 | 40,1 | 0,84 | 29,46 | 40,87 | 40,10 |
| **26** | **43,6** | **44,9** | **1,0** | **56,5** | **44,56** | **44,90** | 23 | 38,4 | 40,1 | 0,9 | 29,46 | 37,33 | 40,10 |
| 21 | 42,7 | 40,2 | 0,8 | 29,46 | 40,47 | 40,20 | **24** | **42,4** | **39,8** | **0,9** | **29,46** | **41,88** | **39,80** |
| 23 | 38,8 | 40,2 | 0,9 | 29,46 | 37,73 | 40,20 | **26** | **37,4** | **39,8** | **1,0** | **56,5** | **38,36** | **39,80** |
| **20** | **46,1** | **43,6** | **0,8** | **29,46** | **43,25** | **43,60** | 22 | 42,8 | 40,4 | 0,8 | 29,46 | 41,16 | 40,40 |
| **22** | **42,9** | **43,6** | **0,8** | **29,46** | **41,26** | **43,60** | 24 | 38,8 | 40,4 | 0,9 | 29,46 | 38,28 | 40,40 |
| 27 | 41,3 | 40,3 | 1,0 | 56,5 | 43,19 | 40,30 | **26** | **45,6** | **43,4** | **1,0** | **56,5** | **46,56** | **43,40** |
| 29 | 38,3 | 40,3 | 1,1 | 56,5 | 41,94 | 40,30 | **28** | **40,5** | **43,4** | **1,1** | **56,5** | **43,28** | **43,40** |
| **22** | **41,9** | **40,5** | **0,8** | **29,46** | **40,26** | **40,50** | 22 | 45,5 | 42,3 | 0,8 | 29,46 | 43,86 | 42,30 |
| **24** | **39,8** | **40,5** | **0,9** | **29,46** | **39,28** | **40,50** | 24 | 40 | 42,3 | 0,9 | 29,46 | 39,48 | 42,30 |
| 27 | 40,8 | 39,8 | 1,0 | 56,5 | 42,69 | 39,80 | **21** | **43,6** | **41,4** | **0,8** | **29,46** | **41,37** | **41,40** |
| 29 | 37,6 | 39,8 | 1,1 | 56,5 | 41,24 | 39,80 | **23** | **40,4** | **41,4** | **0,9** | **29,46** | **39,33** | **41,40** |

Tablo 3.2. ‘ de N>25 için ve Tablo 2.3.’de N<25 için hesaplanan tan β değerleri ortalaması gösterilmiştir. Tablo 3.2 ve Tablo 3.3’de elde edilen tan β değerleri kullanılarak, Tablo 3.4 ‘ de görüldüğü gibi 41 adet zemin numunesi ile laboratuvar ortamında hesaplanarak elde edilen sonuçlar yardımıyla elde ettiğimiz N>25 ve N<25 küçüktür için hesapladığımız ortalama tan β değerlerini yerine koyarak denklem (3.7)’den elde ettiğimiz likit limit değerleri ile deneyler sonucunda bulunan likit limit değerleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

EK-A’da benim bu çalışmam da kullanmış olduğum deney verileri ve sonuçlarının tablosu ve Ek-B’de Kocaeli bölgesinin değişik bölgelerinden elde edilen zemin numuneleriyle yapmış olduğum deneysel çalışmalar sonucunda elde deney sonuçları vuruş sayılarına göre N<25 ve N>25 olarak gruplandırarak hesaplamış olduğum ortalama tan β değerlerini; N>25 için tan β =56,505 ve N<25 için tan β = 29,455 kullanarak, bir laboratuvar firması tarafından daha önceden Kocaeli bölgesinin değişik ilçelerinde yapılmış deney sonucu raporlarındaki verileri yine bu çalışmamda akma doğrusunun eğiminden elde etmiş olduğum $w_L = \tan\beta \times \log(\frac{N}{25}) + w_n$ bağıntısında

vuruş sayısına göre ortalama tan β değeri kullanılarak likit limit değerleri hesaplanmış ve raporlardaki mevcut likit limit değerleri ile bulduğum ortalama tan β ile formülden elde etmiş olduğum likit limit değerleri karşılaştırmalı olarak bir tablo oluşturularak incelenmiştir. Bu tablo incelendiğinde raporlardaki likit limitler ile hesaplanan likit limitler arasında çok büyük değişiklikler olmadığı gözlemlenmiştir. Tablo Ek B' de sunulmuştur.

# 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1)Kocaeli Bölgesi için, tek nokta likit limit deneylerinde kullanılmak üzere tanβ parametresini belirlemek amacıyla 41 adet zemin numunesi kullanılarak deney yapılmıştır. Bu likit limit deneyleri sonucu elde edilen veriler neticesinde ise tan β değeri 0,388 olarak bulunmuştur. Bu değerin, vuruş sayısı (N) 20 ile 30 arasında elde edilen tek nokta likit limit deneylerinde kullanılması ön görülmektedir. Yapılan deneysel çalışma sonucu elde edilen tan β değerinin kesinlikle kullanılabilmesi için daha fazla numune kullanılarak deneysel çalışmaların yapılması gerekmektedir.

2) Bu çalışmada kullanılmış olan 41 numuneyi, Şekil 2 'deki Plastisite kartı yardımıyla sınıflandırdığımızda; iki adet Düşük kil Düşük Silt (CL-ML), dokuz adet düşük plastisiteli kil (CL), dört adet düşük plastisiteli siltler veya organik zeminler (ML), on iki adet yüksek plastisiteli killer (CH) ve on dört adet yüksek plastisiteli siltler (MH) sınıfı zeminler oldukları yönünde yorumlamıştık. Bunun da amaçladığımız zemin çeşitliliğini sağladığı düşünülmektedir.

3) Kocaeli İlinin değişik ilçelerinden alınan numunelerle yapılan deney çalışmaları sonucun da hesaplanan ortalama tan β 0,388 değeri ile literatür de kullanılan 0,121 değeri arasındaki farklılık;

Geçmişte Türkiye genelinde yapılan çalışmada kullanılan numune sayısının mevcut bölgesel çalışmada kullanılan numune sayısından fazla olmasından, yani spesifik bir değer elde etmek amacıyla bu çalışmanın yapıldığı ve bu deneysel çalışma sonucunda elde edilen bu değerin sadece Kocaeli ili zemin numuneleri üzerinde yapılacak olan tek nokta likit limit deneylerinde kullanılabilecek bir değer olarak ön görülmesinden kaynaklanıyor olabilir.

4) Kocaeli bölgesinin değişik bölgelerinden elde edilen zemin numuneleriyle yapmış olduğum deney çalışmalarını sonucunda elde edilen vuruş sayılarını N<25 ve N >25 olarak ele alarak ortalama tan β değerleri;

N>25 için tan β =56,505

N<25 için tan β = 29,455 olarak hesaplanmıştır.

Bu değerler daha önceden Kocaeli bölgesinin değişik ilçelerinde yapılmış ve bu çalışmamda akma doğrusunun eğiminden elde etmiş olduğum $w_L = \tan\beta \ \log\left(\frac{N}{25}\right) + w_n$ bağıntıda vuruş sayısına göre ortalama tan β değeri kullanılarak likit limit değerleri hesaplanmış ve raporlardaki mevcut likit limit değerleri ile benim hesaplamış olduğum likit limit değerleri karşılaştırmalı olarak bir tablo oluşturulmuş, EK B'de sunulmuştur.

Bu karşılaştırma tablosu incelendiğinde ise elde edilen bağıntı ve vuruş sayısına göre de hesaplanmış olan ortalama tan β değerleri kullanılarak hesaplanan likit limit değerlerinin çok farklı olmadığı bu sebeple kullanılabileceği, fakat kesinlikle kullanılabilir denilebilmesi için daha fazla deneysel çalışma yapılması gerektiği kanısına varılmıştır.

## KAYNAKLAR


Acar A.M., Şişen Zeminlerin Jeoteknik Özellikleri ve İmar Planlamasına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2007, 14698.

Al-Khafaji A.W., Andersland O. B., Geotechinical Engineering & Soil Testing, *Sounders College Publishing*, USA,1992.

Bowles J.E., Mat Design, *TACI*, 1986, **83**(6),1010-1017.

Bowles J.E., *Physical And Geotechnical Properties of Soil*, 3rd ed., McGraw-Hill Book Company,New York, 1984.

Capper P.L., Cassie W.F., *The Mechanics of Engineering Soil*, 2nd ed., McGraw-Hill, New York, 1953.

Casey B., Germaine J.T., Stress Dependence of Shear Strength in Fine-Grained Soils and Correlations with Liquid Limit, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 2013, **139** (10),315-324.

Das B. M., *Principles of Foundation Engineering*, 5th ed., Thomson Brooks/Cole, USA,2004.

De-Jang E., Acton D.F., Stonehouse H.B., Estimating The Atterberg Limits of Southern Saskatchewan Soils From Texture and Carbon Contents, *Canadian Journal of Soil Science*,1990, **70** (4), 543-554.

Demir S., Kılıç M., Şişen Zeminlerin Tanımlanması ve Zemin İyileştirme Yöntemleri, *Ziraat Fakültesi Dergi*, 2010, **27** (1), 95-104.

Gündüz Z., Dağdeviren U., Zeminlerin Kıvam Limitlerinin Ölçününde Ortamdaki Kumların Değerlendirmeye Etkileri, *İMO Teknik Dergi*, 2009, **308**, 4701-4715.

Karlsson R., Suggested Improvements In The Liquid Limit Test With Refererance to Flow Properties of Remoulded Clay, *In Pro-Ceeding of The 5th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Paris, France, 17-22 July 1961.

Orhan M., Özer M., Işık N. S., Doğal Zeminlerin Likit Limitinin Belirlenmesinde Casagrende ve Koni Batma Yöntemlerinin Karşılaştırılması, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 2006, **21** (4), 711-720.

Önalp A., *Geoteknik Bilgisi 1 Zeminler ve Mekaniği*, 4. Baskı, Birsen Yayınevi, 2013.

Önalp A., *Geoteknik Bilgisi 1 Zeminler ve Mekaniği*, Yayın No:27, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 1997.

Özer M., Örnek Hazırlama Yönteminin Likit Limit ve Plastik Limit Değerlerine Etkisi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2008, **23** (3), 689-698.

Pandion N. S., Nagaraj T.S., Critical Reappraisal of Colloidal Activity of Clays, *Journal of Geotechnical Engineering*, 1990, **116** (2), 285.

Polidori E., Relationship Between The Atterberg Limits and Clay Contant, *Soils and Fundations*, 2007, **47** (5), 887-896.

Puvvadi S., Sridhana A., Liquid Limit of Soil Mixtures, *Geotectechnical Testing Journal*, 1985, **8** (3),111-116.

Spagnoil G., Comparison Between Casagrande and Drop-cone Methods to Calculate Liquid Limit for Pure Clay, *Canadian Journal of Soil Science*,2012, **92** (6), 859-864.

Spanger M.G., *Soil Engineering:Scranton*, 2nd ed., Internation Texbook Company, Pennsylvania, 1953.

Sridharan A., Rao S., Murthy N., Liquid Limit of Montmorillonite Soils, *Geotechnical Testing Journal*, 1986, **9** (3), 156-159.

Topcu M., İnce Taneli Zeminlerde Tane Boyunun Kıvam Limitlerine Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara,2011, 299860.

Uzuner B.A., *Temel Mühendisliğine Giriş*,2. Baskı, Derya Kitapevi, Trabzon,2000.

Wasti Y., Bezirci M.H., Determination of The Consistency Limits of Soils By Fall-Cone Test, *Canadian Geotechical Journal*, 1986, **23**,241-246.

Wei-Feng T., Fall-cone Penetration and Water Content Relationship of Clays, *Geotechnique*, 2000, **50** (2) , 156-159.

Wroth C.P., Wood D.M., The Correlation of Index Properties With Some Basic Engineering Properties of Soils,*Canadion Geotechnical Journal*,1978, **15** (2), 137-145.

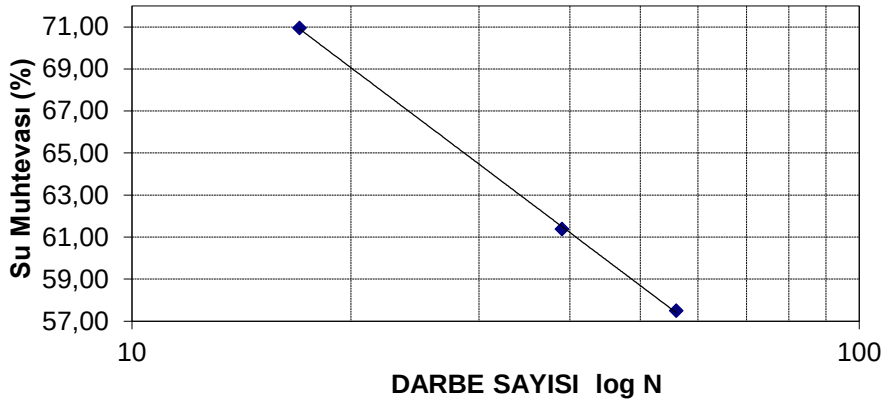
# EKLER

## Ek-A

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | | | |
|---|---|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 1 | | |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | | | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | | | |
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | EVİNÇ BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 09.04.2016 |

| | | *LİKİT LİMİT* | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 205 | 65 | 95 | Kap No | 65 | 75 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 44,82 | 42,07 | 41,26 | Kap+Örnek (gr.) | 37,16 | 37,04 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 40,95 | 39,40 | 38,11 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 36,66 | 36,5 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 34,22 | 35,05 | 33,67 | Kap Ağırlığı (gr.) | 35,05 | 34,82 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 6,73 | 4,35 | 4,44 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 1,61 | 1,68 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 3,87 | 2,67 | 3,15 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 0,50 | 0,54 |
| Su Muhtevası w (%) | | 57,50 | 61,38 | 70,95 | Su Muhtevası w (%) | 31,06 | 32,14 |
| Darbe Sayısı N | | 56 | 39 | 17 | Plastik Limit Wp (%) | 32 | |



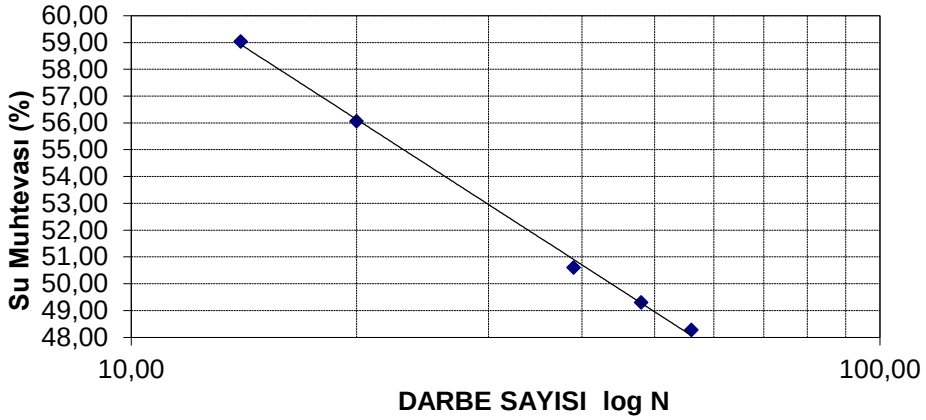

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 66,90 |
| *PLASTİK LİMİT* | 31,60 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 35,30 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 2 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 9.04.2016 |

| | | *LİKİT LİMİT* | | | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 95 | 45 | 215 | 205 | 208 | Kap No | 99 | 126 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 38,82 | 39,00 | 39,00 | 38,98 | 40,03 | Kap+Örnek (gr.) | 37,28 | 37,3 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 37,14 | 37,58 | 37,34 | 37,27 | 38,17 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 36,4 | 36,74 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 33,66 | 34,70 | 34,06 | 34,22 | 35,02 | Kap Ağırlığı (gr.) | 34,05 | 35,02 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 3,48 | 2,88 | 3,28 | 3,05 | 3,15 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 2,35 | 1,72 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 1,68 | 1,42 | 1,66 | 1,71 | 1,86 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 0,88 | 0,56 |
| Su Muhtevası w (%) | | 48,28 | 49,31 | 50,61 | 56,07 | 59,05 | Su Muhtevası w (%) | 37,45 | 32,56 |
| Darbe Sayısı N | | 56,00 | 48 | 39 | 20 | 14 | Plastik Limit Wp (%) | 35 | |



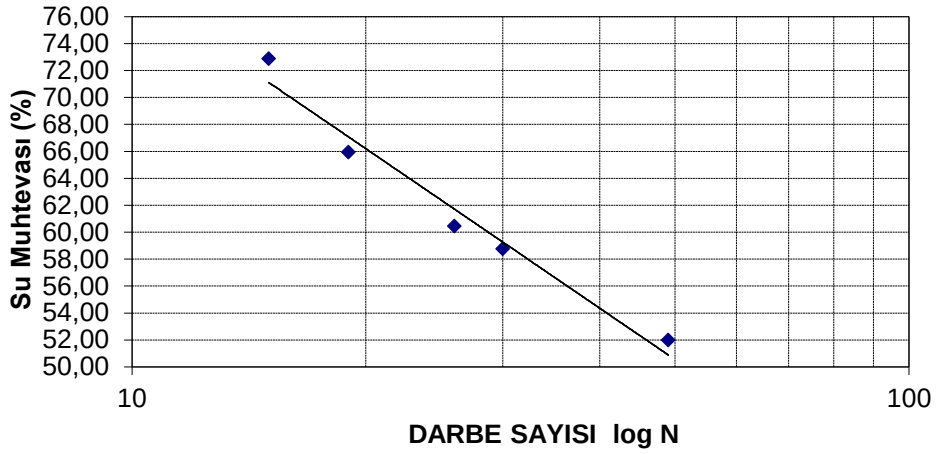

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 54,80 |
| *PLASTİK LİMİT* | 35,00 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 19,80 |

## LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 3 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 10.04.2016 |

| | *LİKİT LİMİT* | | | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 470 | 362 | 92 | 291 | 210 | Kap No | 47 | 177 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 38,85 | 39,35 | 38,48 | 39,01 | 41,95 | Kap+Örnek (gr.) | 36,34 | 37,78 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 37,41 | 37,91 | 37,12 | 37,17 | 39,37 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 35,99 | 37,26 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 34,64 | 35,46 | 34,87 | 34,38 | 35,83 | Kap Ağırlığı (gr.) | 34,98 | 35,69 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 2,77 | 2,45 | 2,25 | 2,79 | 3,54 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 1,01 | 1,57 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 1,44 | 1,44 | 1,36 | 1,84 | 2,58 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 0,35 | 0,52 |
| Su Muhtevası w (%) | | 51,99 | 58,78 | 60,44 | 65,95 | 72,88 | Su Muhtevası w (%) | 34,65 | 33,12 |
| Darbe Sayısı N | | 49 | 30 | 26 | 19 | 15 | Plastik Limit Wp (%) | 34 | |



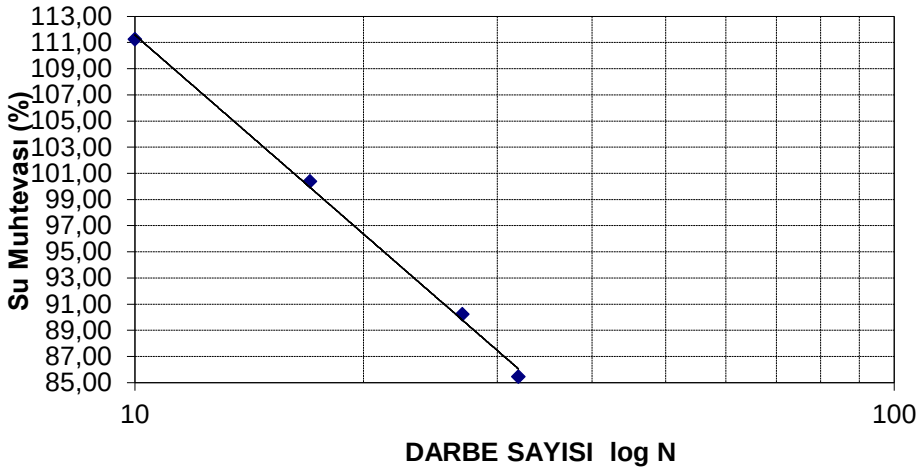

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 62,00 |
| *PLASTİK LİMİT* | 33,89 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 28,11 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 4 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 10.04.2016 |

| | | *LİKİT LİMİT* | | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | 4 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 99 | 65 | 45 | 205 | Kap No | 95 | 126 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 37,12 | 39,14 | 43,00 | 38,91 | Kap+Örnek (gr.) | 35,2 | 35,82 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 35,71 | 37,20 | 40,35 | 36,44 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 34,69 | 35,2 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 34,06 | 35,05 | 37,71 | 34,22 | Kap Ağırlığı (gr.) | 33,66 | 34,06 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 1,65 | 2,15 | 2,64 | 2,22 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 1,03 | 1,14 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 1,41 | 1,94 | 2,65 | 2,47 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 0,51 | 0,62 |
| Su Muhtevası w (%) | | 85,45 | 90,23 | 100,38 | 111,26 | Su Muhtevası w (%) | 49,51 | 54,39 |
| Darbe Sayısı N | | 32 | 27 | 17 | 10 | Plastik Limit Wp (%) | 51,95 | |



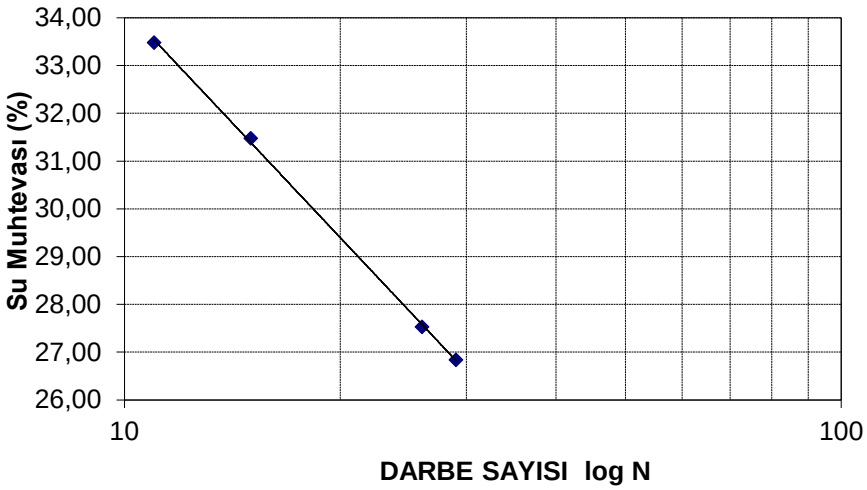

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 92,50 |
| *PLASTİK LİMİT* | 51,95 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 40,55 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 5 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 11.04.2016 |

| | | *LİKİT LİMİT* | | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | 4 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 75 | 13 | 141 | 93 | Kap No | 218 | 188 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 39,64 | 41,59 | 41,40 | 40,05 | Kap+Örnek (gr.) | 36,96 | 38,82 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 38,62 | 40,15 | 39,70 | 38,55 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 36,55 | 38,24 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 34,82 | 34,92 | 34,30 | 34,07 | Kap Ağırlığı (gr.) | 34,69 | 35,46 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 3,80 | 5,23 | 5,40 | 4,48 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 1,86 | 2,78 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 1,02 | 1,44 | 1,70 | 1,50 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 0,41 | 0,58 |
| Su Muhtevası w (%) | | 26,84 | 27,53 | 31,48 | 33,48 | Su Muhtevası w (%) | 22,04 | 20,86 |
| Darbe Sayısı N | | 29 | 26 | 15 | 11 | Plastik Limit Wp (%) | 21,45 | |



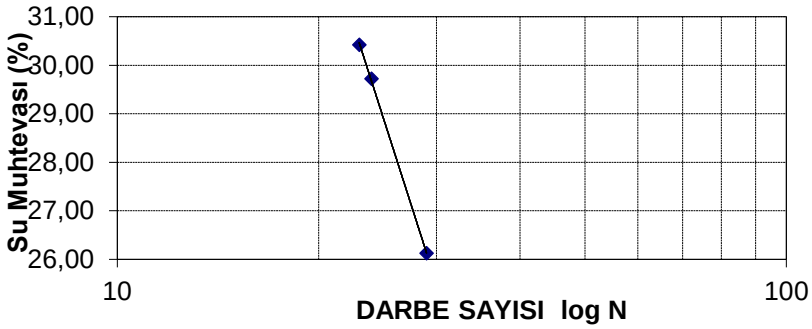

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 28,10 |
| *PLASTİK LİMİT* | 21,45 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 6,65 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 6 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 14.04.2016 |

| *LİKİT LİMİT* | | | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 187 | 152 | 134 | Kap No | 51 | 91 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 41,03 | 40,62 | 39,67 | Kap+Örnek (gr.) | 37,21 | 37,03 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 39,75 | 39,55 | 38,45 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 36,84 | 36,61 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 34,85 | 35,95 | 34,44 | Kap Ağırlığı (gr.) | 35,41 | 34,9 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 4,90 | 3,60 | 4,01 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 1,43 | 1,71 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 1,28 | 1,07 | 1,22 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 0,37 | 0,42 |
| Su Muhtevası w (%) | | 26,12 | 29,72 | 30,42 | Su Muhtevası w (%) | 25,87 | 24,56 |
| Darbe Sayısı N | | 29 | 24 | 23 | Plastik Limit Wp (%) | 25 | |



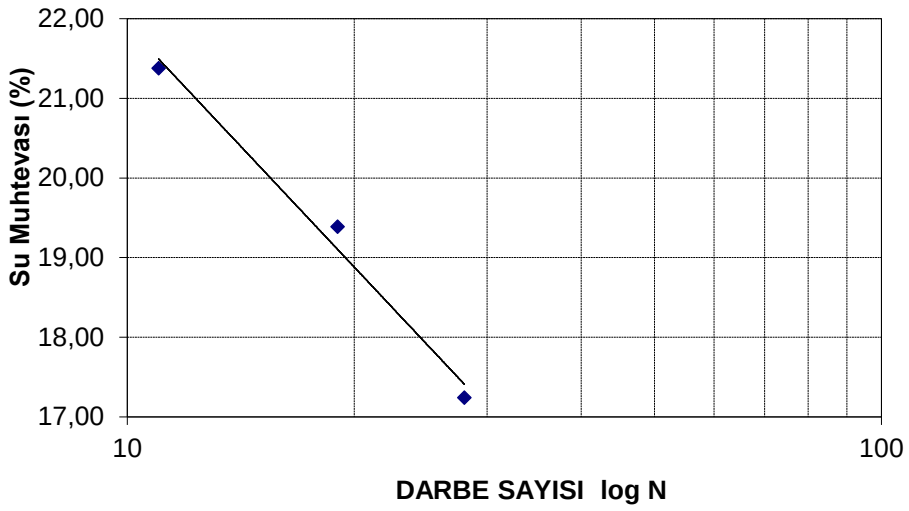

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 29,00 |
| *PLASTİK LİMİT* | 25,22 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 3,78 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 7 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 15.04.2018 |

| | | *LİKİT LİMİT* | | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | 4 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 111 | 227 | 60 | | Kap No | 61 | 166 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 43,70 | 39,98 | 42,66 | | Kap+Örnek (gr.) | 39,85 | 40,65 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 42,35 | 39,03 | 41,48 | | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 39,16 | 40,06 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 34,52 | 34,13 | 35,96 | | Kap Ağırlığı (gr.) | 34,76 | 36,04 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 7,83 | 4,90 | 5,52 | | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 4,4 | 4,02 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 1,35 | 0,95 | 1,18 | | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 0,69 | 0,59 |
| Su Muhtevası w (%) | | 17,24 | 19,39 | 21,38 | | Su Muhtevası w (%) | 15,68 | 14,68 |
| Darbe Sayısı N | | 28 | 19 | 11 | | Plastik Limit Wp (%) | 15,18 | |



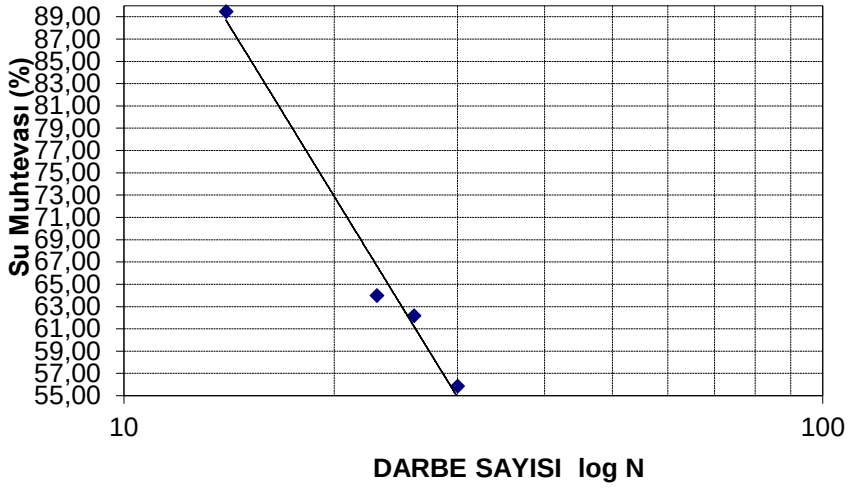

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 18,10 |
| *PLASTİK LİMİT* | 15,18 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 2,92 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 8 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 15.04.2018 |

| *LİKİT LİMİT* | | | | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | 4 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 123 | 235 | 177 | 221 | Kap No | 210 | 92 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 43,72 | 41,05 | 41,03 | 42,16 | Kap+Örnek (gr.) | 39,39 | 38 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 41,43 | 38,32 | 38,95 | 38,34 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 38,44 | 37,12 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 37,33 | 33,93 | 35,70 | 34,07 | Kap Ağırlığı (gr.) | 35,82 | 34,87 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 4,10 | 4,39 | 3,25 | 4,27 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 2,62 | 2,25 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 2,29 | 2,73 | 2,08 | 3,82 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 0,95 | 0,88 |
| Su Muhtevası w (%) | | 55,85 | 62,19 | 64,00 | 89,46 | Su Muhtevası w (%) | 36,26 | 39,11 |
| Darbe Sayısı N | | 30 | 26 | 23 | 14 | Plastik Limit Wp (%) | 38 | |



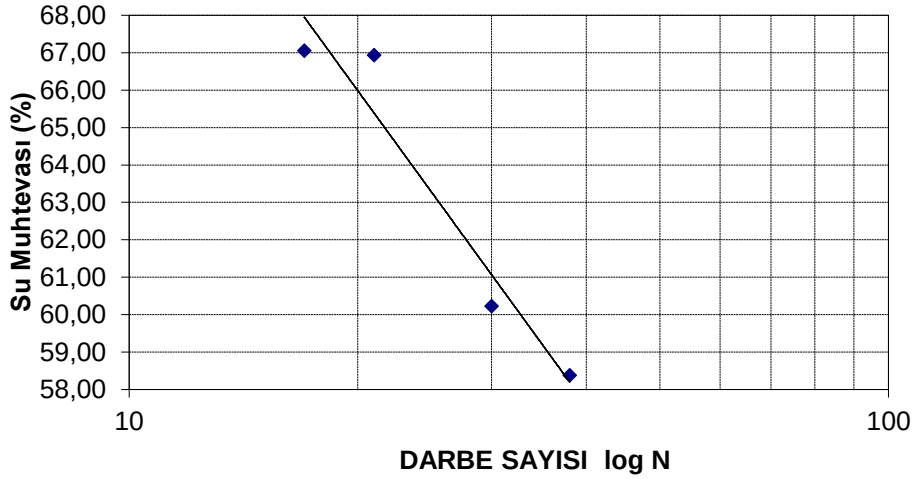

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 64,90 |
| *PLASTİK LİMİT* | 37,69 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 27,21 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 9 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 18.04.2016 |

| | | *LİKİT LİMİT* | | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | 4 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 67 | 47 | 470 | 362 | Kap No | 291 | 203 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 40,33 | 40,46 | 40,76 | 41,19 | Kap+Örnek (gr.) | 36,55 | 36,19 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 38,31 | 38,40 | 38,31 | 38,89 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 35,82 | 35,41 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 34,85 | 34,98 | 34,65 | 35,46 | Kap Ağırlığı (gr.) | 34,38 | 33,56 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 3,46 | 3,42 | 3,66 | 3,43 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 1,44 | 1,85 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 2,02 | 2,06 | 2,45 | 2,30 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 0,73 | 0,78 |
| Su Muhtevası w (%) | | 58,38 | 60,2 | 66,9 | 67,1 | Su Muhtevası w (%) | 50,69 | 42,16 |
| Darbe Sayısı N | | 38 | 30 | 21 | 17 | Plastik Limit Wp (%) | 46,43 | |



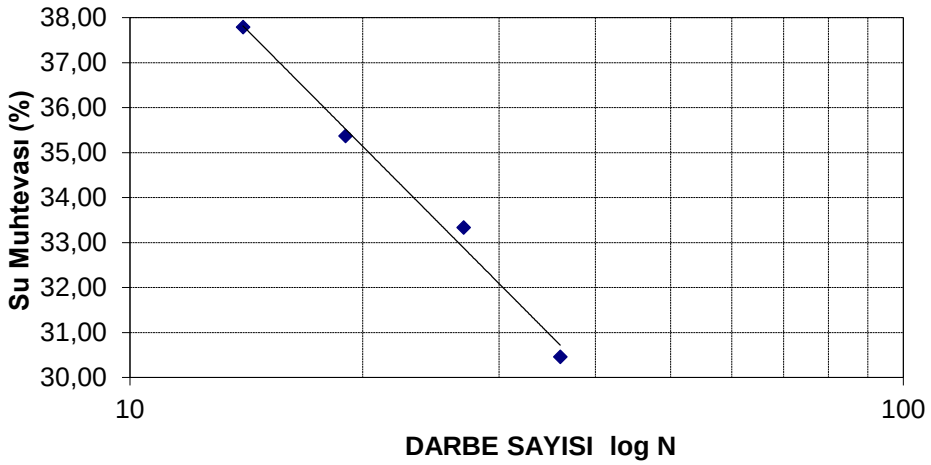

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 63,60 |
| *PLASTİK LİMİT* | 46,43 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 17,17 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 10 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU | |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 18.04.2016 | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | 4 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 182 | 150 | 162 | 155 | Kap No | 174 | 121 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 39,36 | 39,72 | 41,38 | 39,78 | Kap+Örnek (gr.) | 37,29 | 36,89 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 38,30 | 38,60 | 39,93 | 38,14 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 36,76 | 36,45 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 34,82 | 35,24 | 35,83 | 33,80 | Kap Ağırlığı (gr.) | 34,34 | 34,41 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 3,48 | 3,36 | 4,10 | 4,34 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 2,42 | 2,04 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 1,06 | 1,12 | 1,45 | 1,64 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 0,53 | 0,44 |
| Su Muhtevası w (%) | | 30,46 | 33,33 | 35,37 | 37,79 | Su Muhtevası w (%) | 21,90 | 21,57 |
| Darbe Sayısı N | | 36 | 27 | 19 | 14 | Plastik Limit Wp (%) | 22 | |



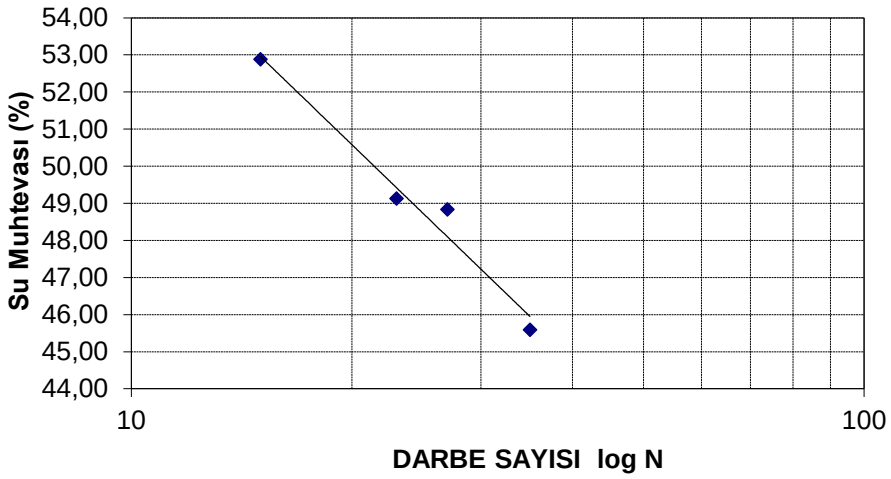

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 33,10 |
| *PLASTİK LİMİT* | 21,73 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 11,37 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 11 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 19.04.2016 |

| | | *LİKİT LİMİT* | | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | 4 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 68 | 60 | 204 | 183 | Kap No | 470 | 177 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 39,94 | 40,44 | 39,37 | 41,62 | Kap+Örnek (gr.) | 39,54 | 40,76 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 38,39 | 38,97 | 38,24 | 39,51 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 38,4 | 39,73 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 34,99 | 35,96 | 35,94 | 35,52 | Kap Ağırlığı (gr.) | 34,64 | 35,69 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 3,40 | 3,01 | 2,30 | 3,99 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 3,76 | 4,04 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 1,55 | 1,47 | 1,13 | 2,11 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 1,14 | 1,03 |
| Su Muhtevası w (%) | | 45,59 | 48,84 | 49,13 | 52,88 | Su Muhtevası w (%) | 30,32 | 25,50 |
| Darbe Sayısı N | | 35 | 27 | 23 | 15 | Plastik Limit Wp (%) | 27,91 | |



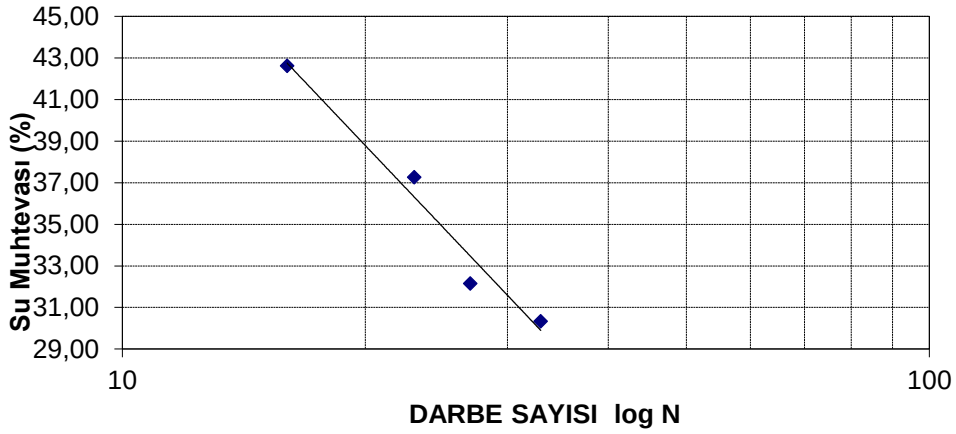

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 49,00 |
| *PLASTİK LİMİT* | 27,91 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 21,09 |

## LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 12 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN:* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 19.04.2016 |

| *LİKİT LİMİT* | | | | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | 4 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 201 | 227 | 140 | 197 | Kap No | 231 | 109 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 38,13 | 37,91 | 40,35 | 41,44 | Kap+Örnek (gr.) | 37,04 | 36,92 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 37,18 | 36,99 | 39,12 | 39,56 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 36,71 | 36,5 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 34,05 | 34,13 | 35,82 | 35,15 | Kap Ağırlığı (gr.) | 34,87 | 34,01 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 3,13 | 2,86 | 3,30 | 4,41 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 1,84 | 2,49 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 0,95 | 0,92 | 1,23 | 1,88 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 0,33 | 0,42 |
| Su Muhtevası w (%) | | 30,35 | 32,17 | 37,27 | 42,63 | Su Muhtevası w (%) | 17,93 | 16,87 |
| Darbe Sayısı N | | 33 | 27 | 23 | 16 | Plastik Limit Wp (%) | 17,40 | |



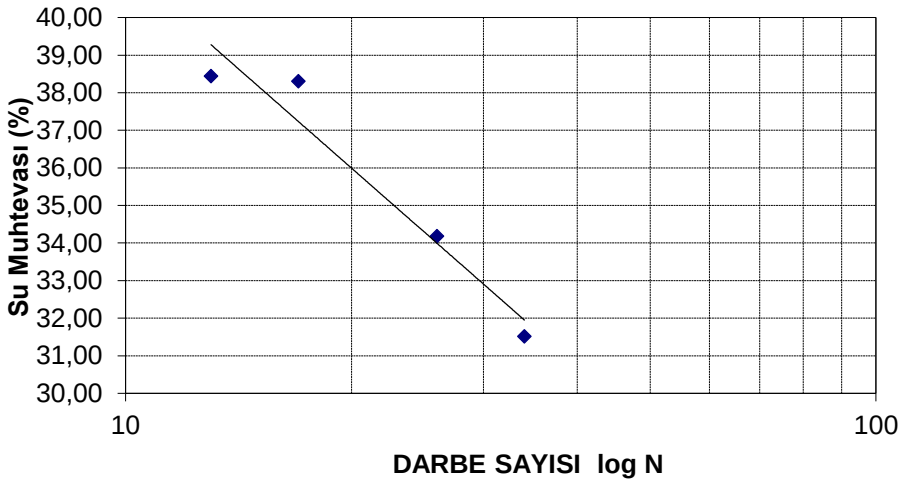

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 35,80 |
| *PLASTİK LİMİT* | 17,40 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 18,40 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 13 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 20.04.2016 |

| *LİKİT LİMİT* | | | | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | 4 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 63 | 209 | 207 | 130 | Kap No | 150 | 48 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 40,33 | 38,48 | 39,44 | 40,37 | Kap+Örnek (gr.) | 38,4 | 38,21 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 39,06 | 37,54 | 38,08 | 38,59 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 37,95 | 37,75 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 35,03 | 34,79 | 34,53 | 33,96 | Kap Ağırlığı (gr.) | 35,4 | 35,26 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 4,03 | 2,75 | 3,55 | 4,63 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 2,55 | 2,49 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 1,27 | 0,94 | 1,36 | 1,78 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 0,45 | 0,46 |
| Su Muhtevası w (%) | | 31,51 | 34,18 | 38,31 | 38,44 | Su Muhtevası w (%) | 17,65 | 18,47 |
| Darbe Sayısı N | | 34 | 26 | 17 | 13 | Plastik Limit Wp (%) | 18,06 | |



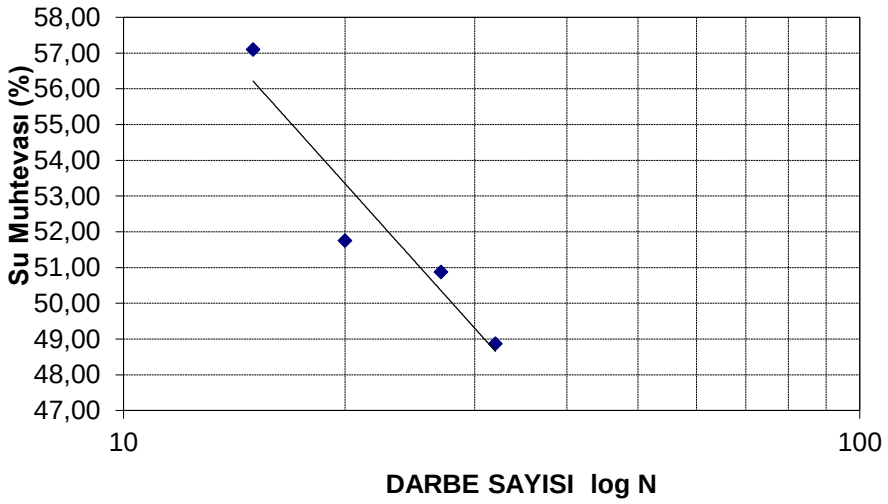

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 34,00 |
| *PLASTİK LİMİT* | 18,06 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 15,94 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 14 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 20.04.2016 |

| | | *LİKİT LİMİT* | | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | 4 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 87 | 181 | 239 | 126 | Kap No | 13 | 198 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 37,68 | 39,31 | 41,15 | 39,45 | Kap+Örnek (gr.) | 36,98 | 36,45 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 36,39 | 37,56 | 39,52 | 37,84 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 36,52 | 36 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 33,75 | 34,12 | 36,37 | 35,02 | Kap Ağırlığı (gr.) | 34,92 | 34,19 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 2,64 | 3,44 | 3,15 | 2,82 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 1,6 | 1,81 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 1,29 | 1,75 | 1,63 | 1,61 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 0,46 | 0,45 |
| Su Muhtevası w (%) | | 48,86 | 50,87 | 51,75 | 57,09 | Su Muhtevası w (%) | 28,75 | 24,86 |
| Darbe Sayısı N | | 32 | 27 | 20 | 15 | Plastik Limit Wp (%) | 26,81 | |



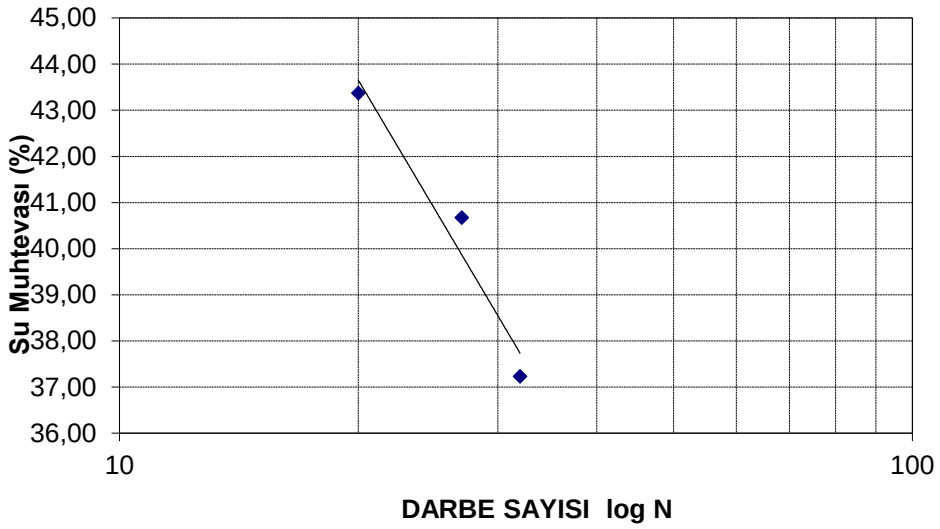

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 51,35 |
| *PLASTİK LİMİT* | 26,81 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 24,54 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 15 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 21.04.2016 |

| | | *LİKİT LİMİT* | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 143 | 134 | 218 | Kap No | 65 | 152 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 39,06 | 39,04 | 38,69 | Kap+Örnek (gr.) | 38,17 | 39,54 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 37,69 | 37,71 | 37,48 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 37,48 | 38,87 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 34,01 | 34,44 | 34,69 | Kap Ağırlığı (gr.) | 35,05 | 35,96 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 3,68 | 3,27 | 2,79 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 2,43 | 2,91 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 1,37 | 1,33 | 1,21 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 0,69 | 0,67 |
| Su Muhtevası w (%) | | 37,23 | 40,67 | 43,37 | Su Muhtevası w (%) | 28,40 | 23,02 |
| Darbe Sayısı N | | 32 | 27 | 20 | Plastik Limit Wp (%) | 25,71 | |



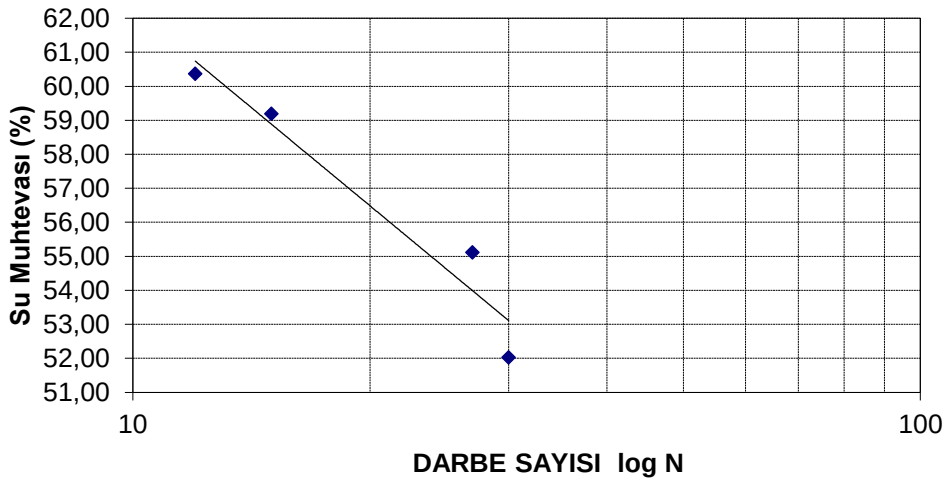

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 38,30 |
| *PLASTİK LİMİT* | 25,71 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 12,59 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 16 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 21.04.2016 |

| | | *LİKİT LİMİT* | | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | 4 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 215 | 205 | 75 | 45 | Kap No | 99 | 187 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 37,42 | 38,92 | 39,59 | 39,05 | Kap+Örnek (gr.) | 35,89 | 37,28 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 36,27 | 37,25 | 37,82 | 37,42 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 35,5 | 36,73 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 34,06 | 34,22 | 34,83 | 34,72 | Kap Ağırlığı (gr.) | 34,06 | 34,84 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 2,21 | 3,03 | 2,99 | 2,70 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 1,44 | 1,89 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 1,15 | 1,67 | 1,77 | 1,63 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 0,39 | 0,55 |
| Su Muhtevası w (%) | | 52,04 | 55,12 | 59,20 | 60,37 | Su Muhtevası w (%) | 27,08 | 29,10 |
| Darbe Sayısı N | | 30 | 27 | 15 | 12 | Plastik Limit Wp (%) | 28,09 | |



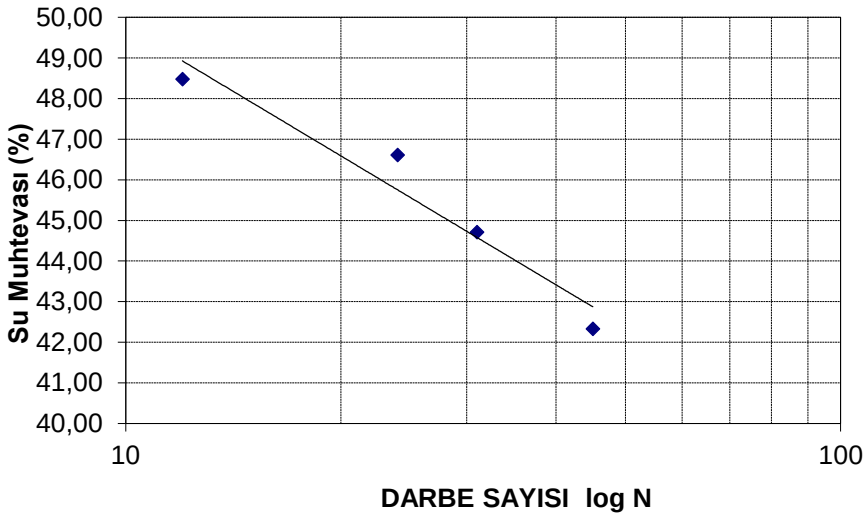

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 54,90 |
| *PLASTİK LİMİT* | 28,09 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 26,81 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 17 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 22.04.2016 |

| | | *LİKİT LİMİT* | | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | 4 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 93 | 91 | 188 | 51 | Kap No | 101 | 114 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 36,76 | 37,91 | 39,15 | 40,31 | Kap+Örnek (gr.) | 38,93 | 36,5 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 35,96 | 36,98 | 37,98 | 38,71 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 38,52 | 36,21 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 34,07 | 34,90 | 35,47 | 35,41 | Kap Ağırlığı (gr.) | 36,71 | 34,94 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 1,89 | 2,08 | 2,51 | 3,30 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 1,81 | 1,27 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 0,80 | 0,93 | 1,17 | 1,60 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 0,41 | 0,29 |
| Su Muhtevası w (%) | | 42,33 | 44,71 | 46,61 | 48,48 | Su Muhtevası w (%) | 22,65 | 22,83 |
| Darbe Sayısı N | | 45 | 31 | 24 | 19 | Plastik Limit Wp (%) | 22,74 | |



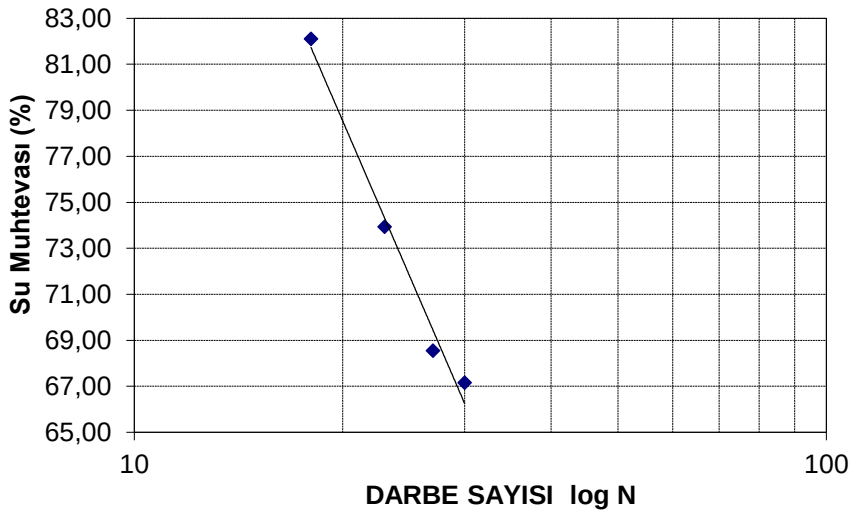

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 45,60 |
| *PLASTİK LİMİT* | 22,74 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 22,86 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 18 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 22.04.2016 |

| | | *LİKİT LİMİT* | | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | 4 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 141 | 183 | 201 | 227 | Kap No | 204 | 130 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 37,72 | 38,20 | 38,13 | 38,10 | Kap+Örnek (gr.) | 39,06 | 37,2 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 36,35 | 37,11 | 36,40 | 36,31 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 37,99 | 36,1 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 34,31 | 35,52 | 34,06 | 34,13 | Kap Ağırlığı (gr.) | 35,94 | 33,95 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 2,04 | 1,59 | 2,34 | 2,18 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 2,05 | 2,15 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 1,37 | 1,09 | 1,73 | 1,79 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 1,07 | 1,10 |
| Su Muhtevası w (%) | | 67,16 | 68,55 | 73,93 | 82,11 | Su Muhtevası w (%) | 52,20 | 51,16 |
| Darbe Sayısı N | | 30 | 27 | 23 | 18 | Plastik Limit Wp (%) | 51,68 | |



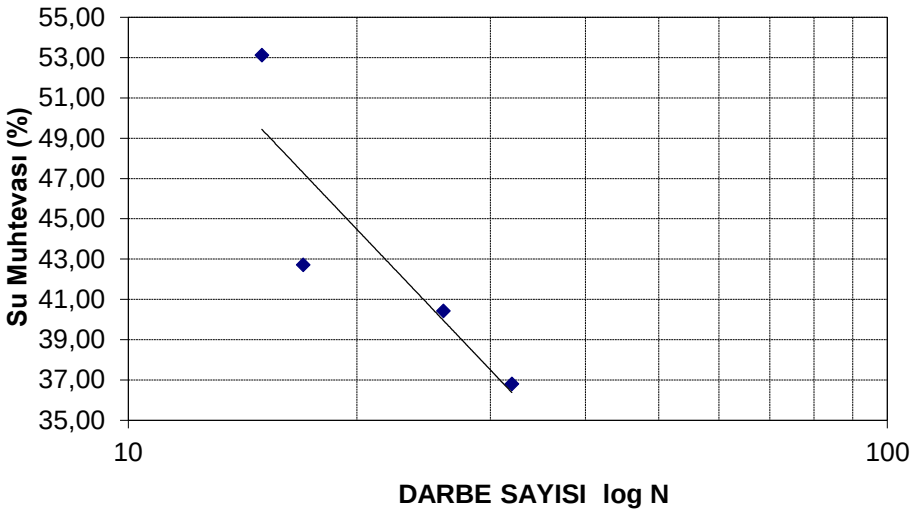

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 71,00 |
| *PLASTİK LİMİT* | 51,68 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 19,32 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 19 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 25.04.2016 |

| | | *LİKİT LİMİT* | | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | 4 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 182 | 68 | 155 | 470 | Kap No | 48 | 213 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 38,25 | 39,62 | 38,11 | 39,55 | Kap+Örnek (gr.) | 39,48 | 38,32 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 37,33 | 38,29 | 36,82 | 37,85 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 38,73 | 37,55 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 34,83 | 35,00 | 33,80 | 34,65 | Kap Ağırlığı (gr.) | 35,27 | 34,13 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 2,50 | 3,29 | 3,02 | 3,20 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 3,46 | 3,42 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 0,92 | 1,33 | 1,29 | 1,70 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 0,75 | 0,77 |
| Su Muhtevası w (%) | | 36,80 | 40,43 | 42,72 | 53,12 | Su Muhtevası w (%) | 21,68 | 22,51 |
| Darbe Sayısı N | | 32 | 26 | 17 | 13 | Plastik Limit Wp (%) | 22 | |



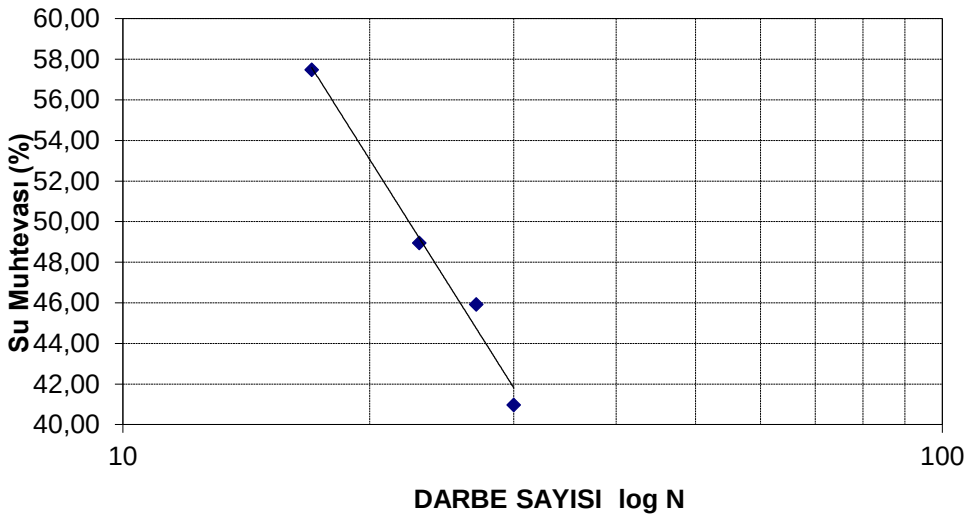

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 40,20 |
| *PLASTİK LİMİT* | 22,10 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 18,10 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 20 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 25.04.2016 |

| | | *LİKİT LİMİT* | | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | 4 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 109 | 209 | 140 | 197 | Kap No | 204 | 121 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 37,53 | 39,62 | 39,35 | 38,51 | Kap+Örnek (gr.) | 37,58 | 37,21 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 36,51 | 38,10 | 38,19 | 37,28 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 37,05 | 36,53 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 34,02 | 34,79 | 35,82 | 35,14 | Kap Ağırlığı (gr.) | 34,52 | 34,41 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 2,49 | 3,31 | 2,37 | 2,14 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 2,53 | 2,12 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 1,02 | 1,52 | 1,16 | 1,23 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 0,53 | 0,68 |
| Su Muhtevası w (%) | | 40,96 | 45,92 | 48,95 | 57,48 | Su Muhtevası w (%) | 20,95 | 32,08 |
| Darbe Sayısı N | | 30 | 27 | 23 | 17 | Plastik Limit Wp (%) | 27 | |



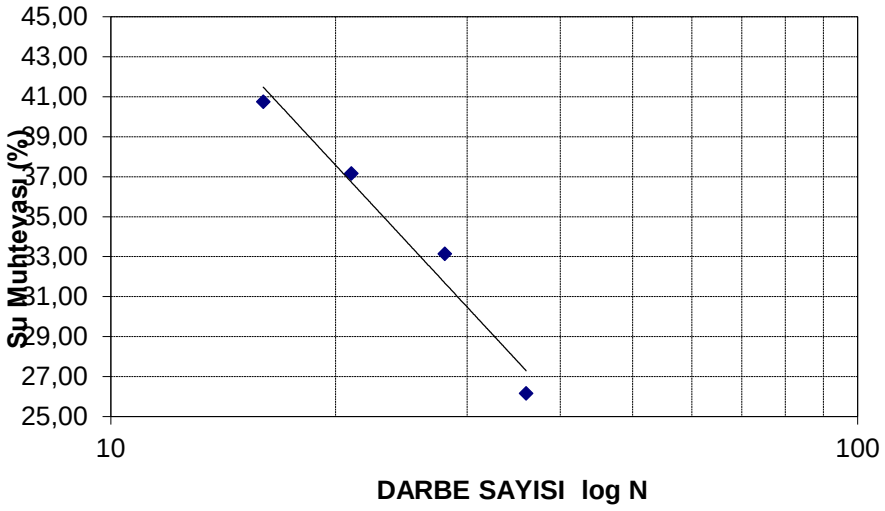

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 48,00 |
| *PLASTİK LİMİT* | 26,51 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 21,49 |

## LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 21 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 26.04.2016 |

| | | *LİKİT LİMİT* | | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | 4 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 177 | 60 | 174 | 162 | Kap No | 150 | 231 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 41,20 | 40,46 | 38,40 | 40,71 | Kap+Örnek (gr.) | 37,98 | 37,32 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 40,06 | 39,34 | 37,30 | 39,30 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 37,52 | 36,89 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 35,70 | 35,96 | 34,34 | 35,84 | Kap Ağırlığı (gr.) | 35,4 | 34,87 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 4,36 | 3,38 | 2,96 | 3,46 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 2,12 | 2,02 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 1,14 | 1,12 | 1,10 | 1,41 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 0,46 | 0,43 |
| Su Muhtevası w (%) | | 26,15 | 33,14 | 37,16 | 40,75 | Su Muhtevası w (%) | 21,70 | 21,29 |
| Darbe Sayısı N | | 36 | 28 | 21 | 16 | Plastik Limit Wp (%) | 21 | |




| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 34,60 |
| *PLASTİK LİMİT* | 21,49 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 13,11 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 22 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 26.04.2016 |

| *LİKİT LİMİT* | | | | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | 4 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 13 | 188 | 51 | 95 | Kap No | 198 | 65 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 37,98 | 39,04 | 38,87 | 37,54 | Kap+Örnek (gr.) | 36,95 | 37,32 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 37,03 | 37,89 | 37,69 | 36,20 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 36,31 | 36,81 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 34,91 | 35,46 | 35,41 | 33,66 | Kap Ağırlığı (gr.) | 34,2 | 35,05 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 2,12 | 2,43 | 2,28 | 2,54 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 2,11 | 1,76 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 0,95 | 1,15 | 1,18 | 1,34 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 0,64 | 0,51 |
| Su Muhtevası w (%) | | 44,81 | 47,33 | 51,75 | 52,76 | Su Muhtevası w (%) | 30,33 | 28,98 |
| Darbe Sayısı N | | 35 | 29 | 21 | 17 | Plastik Limit Wp (%) | 30 | |



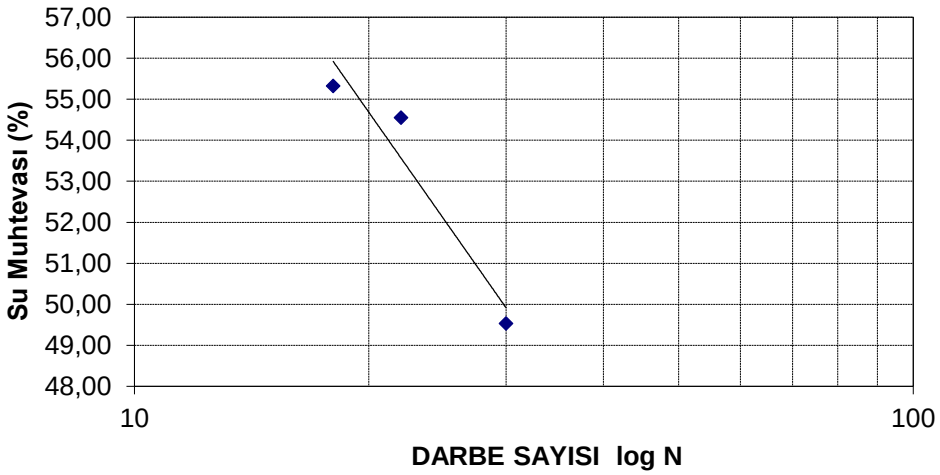

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 49,30 |
| *PLASTİK LİMİT* | 29,65 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 19,65 |

## LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 23 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 27.04.2016 |

| | | *LİKİT LİMİT* | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 91 | 239 | 143 | Kap No | 152 | 181 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 38,10 | 39,77 | 36,94 | Kap+Örnek (gr.) | 39,31 | 37,59 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 37,04 | 38,57 | 35,90 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 38,49 | 36,76 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 34,90 | 36,37 | 34,02 | Kap Ağırlığı (gr.) | 35,96 | 34,13 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 2,14 | 2,20 | 1,88 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 2,53 | 2,63 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 1,06 | 1,20 | 1,04 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 0,82 | 0,83 |
| Su Muhtevası w (%) | | 49,53 | 54,55 | 55,32 | Su Muhtevası w (%) | 32,41 | 31,56 |
| Darbe Sayısı N | | 30 | 22 | 18 | Plastik Limit Wp (%) | 32 | |



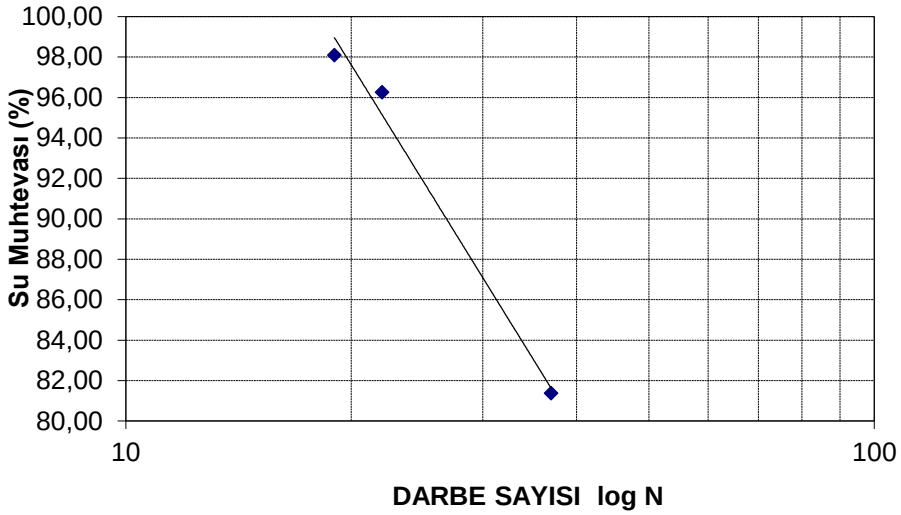

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 52,50 |
| *PLASTİK LİMİT* | 31,99 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 20,51 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 24 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 27.04.2016 |

| | | *LİKİT LİMİT* | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 126 | 218 | 134 | Kap No | 55 | 166 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 38,44 | 38,36 | 38,60 | Kap+Örnek (gr.) | 38,32 | 38,69 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 36,91 | 36,56 | 36,54 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 37,3 | 37,9 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 35,03 | 34,69 | 34,44 | Kap Ağırlığı (gr.) | 34,84 | 36,04 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 1,88 | 1,87 | 2,10 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 2,46 | 1,86 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 1,53 | 1,80 | 2,06 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 1,02 | 0,79 |
| Su Muhtevası w (%) | | 81,38 | 96,26 | 98,10 | Su Muhtevası w (%) | 41,46 | 42,47 |
| Darbe Sayısı N | | 37 | 22 | 19 | Plastik Limit Wp (%) | 42 | |



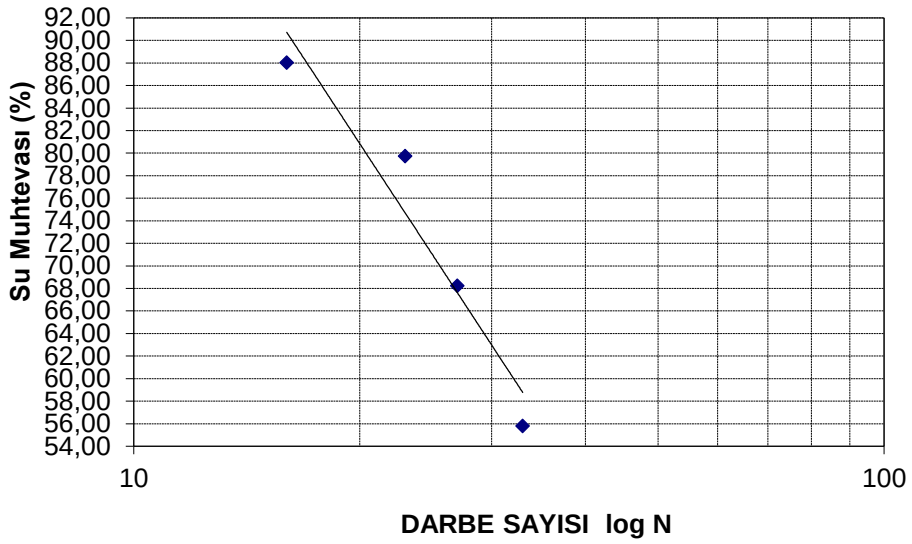

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 93,50 |
| *PLASTİK LİMİT* | 41,97 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 51,53 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 25 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 28.04.2016 |

| | | *LİKİT LİMİT* | | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | 4 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 215 | 187 | 75 | 170 | Kap No | 93 | 87 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 37,16 | 38,75 | 38,90 | 39,43 | Kap+Örnek (gr.) | 37,64 | 38,02 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 36,05 | 37,16 | 37,09 | 37,74 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 36,75 | 36,97 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 34,06 | 34,83 | 34,82 | 35,82 | Kap Ağırlığı (gr.) | 34,07 | 33,75 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 1,99 | 2,33 | 2,27 | 1,92 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 2,68 | 3,22 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 1,11 | 1,59 | 1,81 | 1,69 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 0,89 | 1,05 |
| Su Muhtevası w (%) | | 55,78 | 68,24 | 79,74 | 88,02 | Su Muhtevası w (%) | 33,21 | 32,61 |
| Darbe Sayısı N | | 33 | 27 | 23 | 16 | Plastik Limit Wp (%) | 33 | |



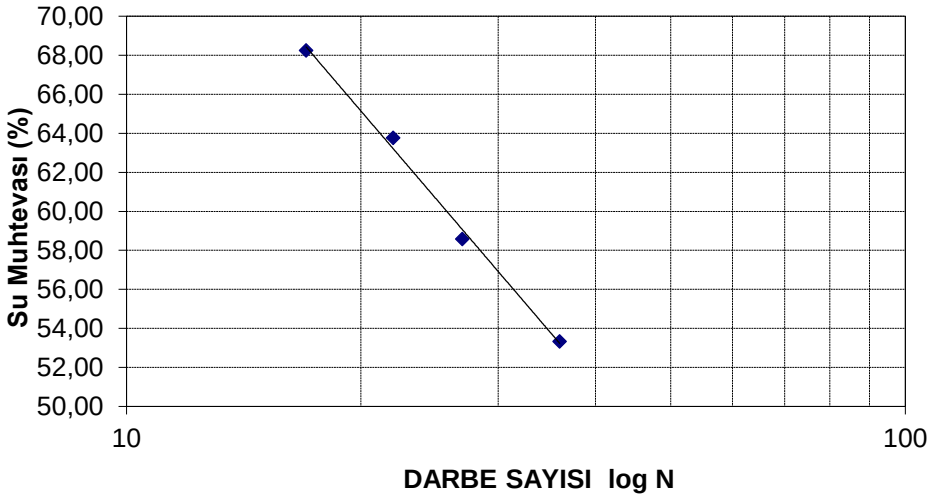

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 72,50 |
| *PLASTİK LİMİT* | 32,91 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 39,59 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 26 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 28.04.2016 |

| | *LİKİT LİMİT* | | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | 4 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 99 | 78 | 70 | 362 | Kap No | 182 | 210 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 36,35 | 39,29 | 41,14 | 39,72 | Kap+Örnek (gr.) | 37,28 | 39,16 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 35,55 | 37,89 | 39,38 | 38,00 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 36,35 | 38,27 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 34,05 | 35,50 | 36,62 | 35,48 | Kap Ağırlığı (gr.) | 33,75 | 35,82 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 1,50 | 2,39 | 2,76 | 2,52 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 2,6 | 2,45 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 0,80 | 1,40 | 1,76 | 1,72 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 0,93 | 0,89 |
| Su Muhtevası w (%) | | 53,33 | 58,58 | 63,77 | 68,25 | Su Muhtevası w (%) | 35,77 | 36,33 |
| Darbe Sayısı N | | 36 | 27 | 22 | 17 | Plastik Limit Wp (%) | 36 | |



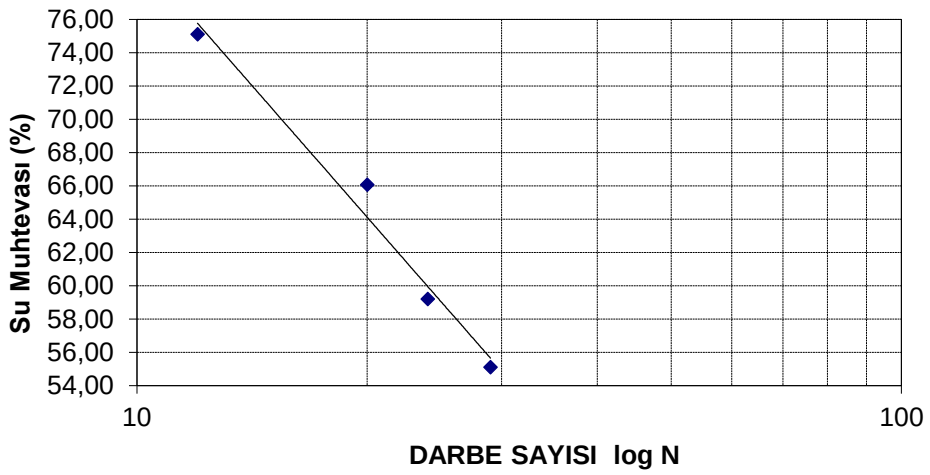

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 61,70 |
| *PLASTİK LİMİT* | 36,05 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 25,65 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 27 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 29.04.2016 |

| | | *LİKİT LİMİT* | | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | 4 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 207 | 140 | 209 | 197 | Kap No | 121 | 130 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 38,47 | 39,44 | 38,61 | 39,08 | Kap+Örnek (gr.) | 38,73 | 37,85 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 37,07 | 38,09 | 37,09 | 37,39 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 37,47 | 36,7 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 34,53 | 35,81 | 34,79 | 35,14 | Kap Ağırlığı (gr.) | 34,41 | 33,95 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 2,54 | 2,28 | 2,30 | 2,25 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 3,06 | 2,75 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 1,40 | 1,35 | 1,52 | 1,69 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 1,26 | 1,15 |
| Su Muhtevası w (%) | | 55,12 | 59,21 | 66,09 | 75,11 | Su Muhtevası w (%) | 41,18 | 41,82 |
| Darbe Sayısı N | | 29 | 24 | 20 | 12 | Plastik Limit Wp (%) | 41 | |



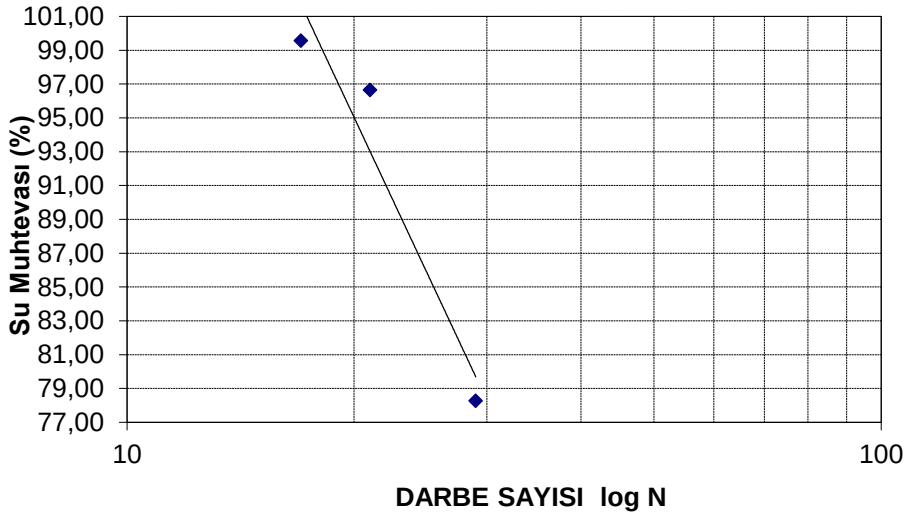

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 60,00 |
| *PLASTİK LİMİT* | 41,50 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 18,50 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 28 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 29.04.016 |

| | *LİKİT LİMİT* | | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 162 | 177 | 60 | Kap No | 99 | 126 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 39,12 | 40,38 | 40,40 | Kap+Örnek (gr.) | 37,28 | 37,3 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 37,68 | 38,08 | 38,18 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 36,4 | 36,74 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 35,84 | 35,70 | 35,95 | Kap Ağırlığı (gr.) | 34,05 | 35,02 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 1,84 | 2,38 | 2,23 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 2,35 | 1,72 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 1,44 | 2,30 | 2,22 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 0,88 | 0,56 |
| Su Muhtevası w (%) | | 78,26 | 96,64 | 99,55 | Su Muhtevası w (%) | 37,45 | 32,56 |
| Darbe Sayısı N | | 29 | 21 | 17 | Plastik Limit Wp (%) | 35 | |



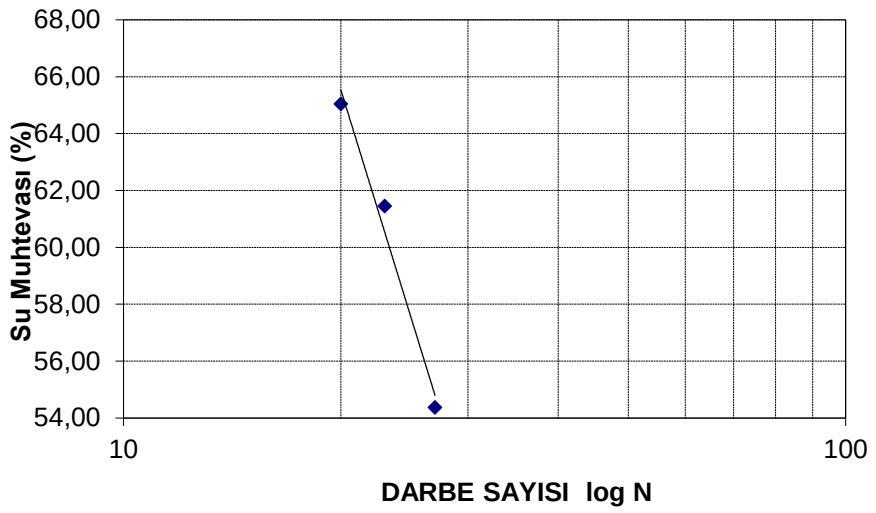

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 87,50 |
| *PLASTİK LİMİT* | 35,00 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 52,50 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 29 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 02.05.2016 |

| | *LİKİT LİMİT* | | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 201 | 213 | 48 | Kap No | 204 | 182 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 37,95 | 39,91 | 39,98 | Kap+Örnek (gr.) | 41,14 | 38,89 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 36,58 | 37,71 | 38,12 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 40,31 | 38,07 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 34,06 | 34,13 | 35,26 | Kap Ağırlığı (gr.) | 35,94 | 34,83 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 2,52 | 3,58 | 2,86 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 4,37 | 3,24 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 1,37 | 2,20 | 1,86 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 0,83 | 0,82 |
| Su Muhtevası w (%) | | 54,37 | 61,45 | 65,03 | Su Muhtevası w (%) | 18,99 | 25,31 |
| Darbe Sayısı N | | 27 | 23 | 20 | Plastik Limit Wp (%) | 22 | |



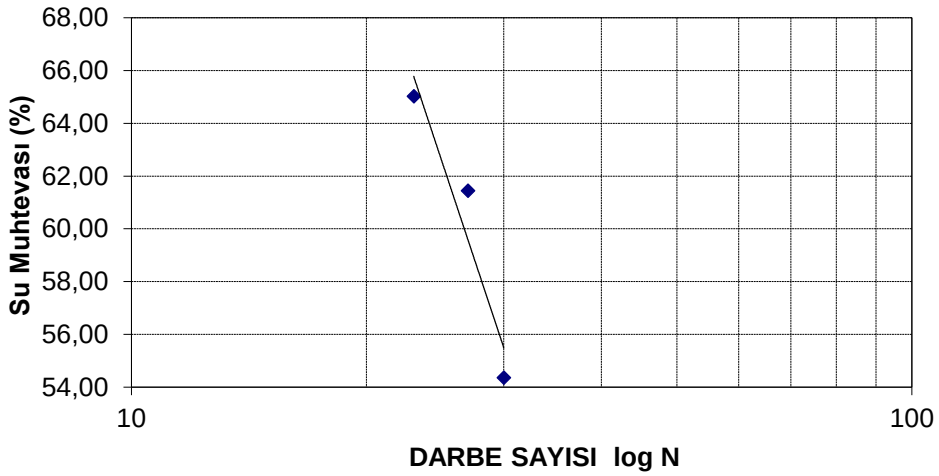

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 58,75 |
| *PLASTİK LİMİT* | 22,15 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 36,60 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 30 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN:* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 02.05.2016 |

| | | *LİKİT LİMİT* | | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | 4 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 141 | 183 | 68 | 227 | Kap No | 231 | 150 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 37,95 | 39,91 | 39,98 | 40,15 | Kap+Örnek (gr.) | 38,81 | 40,42 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 36,58 | 37,71 | 38,12 | 37,52 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 37,76 | 39,09 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 34,06 | 34,13 | 35,26 | 34,13 | Kap Ağırlığı (gr.) | 34,87 | 35,4 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 2,52 | 3,58 | 2,86 | 3,39 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 2,89 | 3,69 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 1,37 | 2,20 | 1,86 | 2,63 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 1,05 | 1,33 |
| Su Muhtevası w (%) | | 54,37 | 61,45 | 65,03 | 77,58 | Su Muhtevası w (%) | 36,33 | 36,04 |
| Darbe Sayısı N | | 30 | 27 | 23 | 21 | Plastik Limit Wp (%) | 36 | |



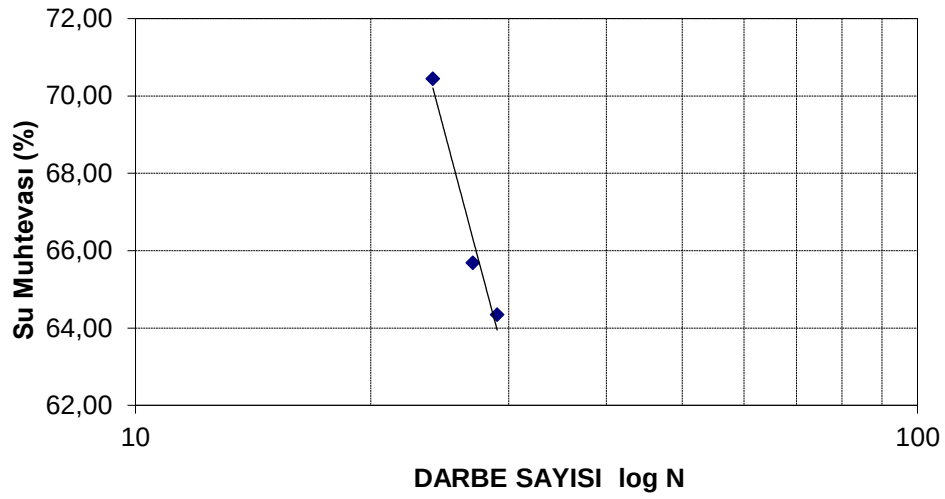

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 63,00 |
| *PLASTİK LİMİT* | 36,19 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 26,81 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 31 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 03.05.2016 |

| | | *LİKİT LİMİT* | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 174 | 470 | 80 | Kap No | 101 | 333 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 38,35 | 39,13 | 39,16 | Kap+Örnek (gr.) | 36,22 | 39,17 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 36,78 | 37,35 | 37,42 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 35,66 | 38,65 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 34,34 | 34,64 | 34,95 | Kap Ağırlığı (gr.) | 34,52 | 32,61 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 2,44 | 2,71 | 2,47 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 1,14 | 6,04 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 1,57 | 1,78 | 1,74 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 0,56 | 0,52 |
| Su Muhtevası w (%) | | 64,34 | 65,68 | 70,45 | Su Muhtevası w (%) | 49,12 | 8,61 |
| Darbe Sayısı N | | 29 | 27 | 24 | Plastik Limit Wp (%) | 29 | |



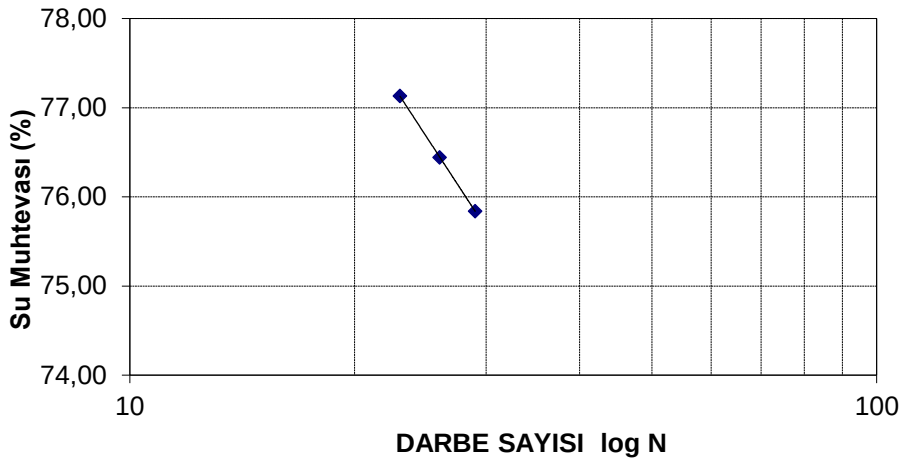

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 69,80 |
| *PLASTİK LİMİT* | 28,87 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 40,93 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 32 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 03.05.2016 |

| | | *LİKİT LİMİT* | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 173 | 236 | 54 | Kap No | 137 | 180 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 36,96 | 37,87 | 39,31 | Kap+Örnek (gr.) | 36,13 | 36,03 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 35,83 | 36,28 | 37,59 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 35,92 | 35,71 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 34,34 | 34,20 | 35,36 | Kap Ağırlığı (gr.) | 35,1 | 34,56 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 1,49 | 2,08 | 2,23 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 0,82 | 1,15 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 1,13 | 1,59 | 1,72 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 0,21 | 0,32 |
| Su Muhtevası w (%) | | 75,84 | 76,44 | 77,13 | Su Muhtevası w (%) | 25,61 | 27,83 |
| Darbe Sayısı N | | 29 | 26 | 23 | Plastik Limit Wp (%) | 27 | |




| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 76,85 |
| *PLASTİK LİMİT* | 26,72 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 50,13 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 33 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

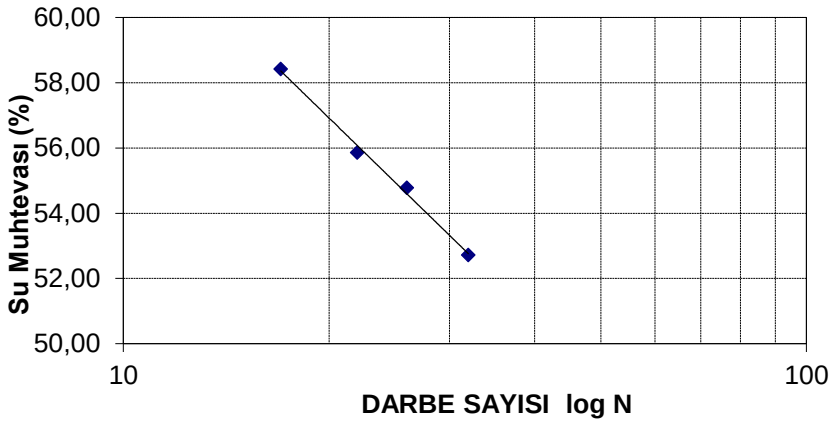
| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 04.05.2016 |

*LİKİT LİMİT*

| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|
| Kap No | | 126 | 70 | 362 | 134 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 38,67 | 40,84 | 39,45 | 38,86 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 37,41 | 39,35 | 38,02 | 37,23 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 35,02 | 36,63 | 35,46 | 34,44 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 2,39 | 2,72 | 2,56 | 2,79 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 1,26 | 1,49 | 1,43 | 1,63 |
| Su Muhtevası w (%) | | 52,72 | 54,78 | 55,86 | 58,42 |
| Darbe Sayısı N | | 32 | 26 | 22 | 17 |

*PLASTİK LİMİT*

| Deney No | 1 | 2 |
|---|---|---|
| Kap No | 218 | 181 |
| Kap+Örnek (gr.) | 37,34 | 36,84 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | 36,75 | 36,24 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | 34,68 | 34,13 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 2,07 | 2,11 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | 0,59 | 0,60 |
| Su Muhtevası w (%) | 28,50 | 28,44 |
| Plastik Limit Wp (%) | 28 | |



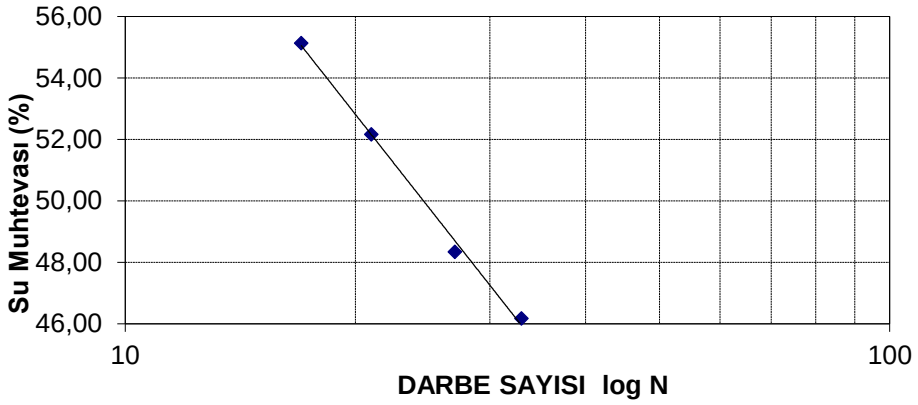

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 55,20 |
| *PLASTİK LİMİT* | 28,47 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 26,73 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 34 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 04.05.2016 |

| *LİKİT LİMİT* | | | | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | 4 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 91 | 166 | 101 | 143 | Kap No | 187 | 93 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 38,92 | 41,33 | 41,26 | 38,99 | Kap+Örnek (gr.) | 38,61 | 38,1 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 37,65 | 39,28 | 39,70 | 37,22 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 37,64 | 37,04 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 34,90 | 35,04 | 36,71 | 34,01 | Kap Ağırlığı (gr.) | 34,83 | 34,06 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 2,75 | 4,24 | 2,99 | 3,21 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 2,81 | 2,98 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 1,27 | 2,05 | 1,56 | 1,77 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 0,97 | 1,06 |
| Su Muhtevası w (%) | | 46,18 | 48,35 | 52,17 | 55,14 | Su Muhtevası w (%) | 34,52 | 35,57 |
| Darbe Sayısı N | | 33 | 27 | 21 | 17 | Plastik Limit Wp (%) | 35 | |



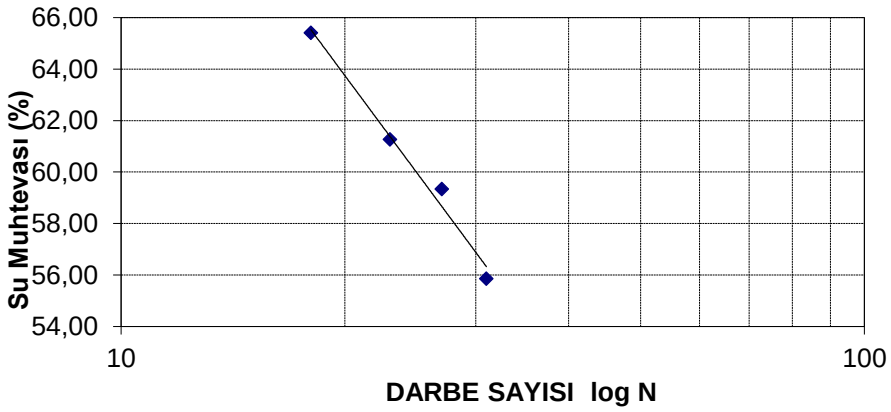

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 49,60 |
| *PLASTİK LİMİT* | 35,05 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 14,55 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 35 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 05.05.2016 |

| | *LİKİT LİMİT* | | | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | 4 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 215 | 182 | 65 | 170 | Kap No | 75 | 87 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 37,91 | 38,61 | 39,84 | 39,79 | Kap+Örnek (gr.) | 38,23 | 37,31 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 36,53 | 36,80 | 38,02 | 38,22 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 37,43 | 36,47 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 34,06 | 33,75 | 35,05 | 35,82 | Kap Ağırlığı (gr.) | 34,82 | 33,75 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 2,47 | 3,05 | 2,97 | 2,40 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 2,61 | 2,72 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 1,38 | 1,81 | 1,82 | 1,57 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 0,80 | 0,84 |
| Su Muhtevası w (%) | | 55,87 | 59,34 | 61,28 | 65,42 | Su Muhtevası w (%) | 30,65 | 30,88 |
| Darbe Sayısı N | | 31 | 27 | 23 | 18 | Plastik Limit Wp (%) | 31 | |



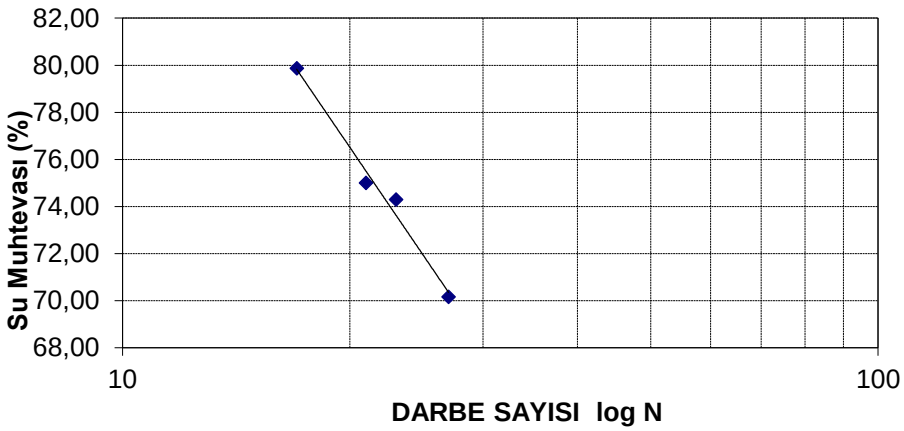

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 60,80 |
| *PLASTİK LİMİT* | 30,77 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 30,03 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 36 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 08.05.2016 |

| | *LİKİT LİMİT* | | | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | 4 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 78 | 99 | 239 | 198 | Kap No | 55 | 152 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 39,72 | 38,40 | 40,99 | 40,09 | Kap+Örnek (gr.) | 37,61 | 39,03 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 37,98 | 36,55 | 39,01 | 37,47 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 36,9 | 38,25 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 35,50 | 34,06 | 36,37 | 34,19 | Kap Ağırlığı (gr.) | 34,84 | 35,95 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 2,48 | 2,49 | 2,64 | 3,28 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 2,06 | 2,3 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 1,74 | 1,85 | 1,98 | 2,62 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 0,71 | 0,78 |
| Su Muhtevası w (%) | | 70,16 | 74,30 | 75,00 | 79,88 | Su Muhtevası w (%) | 34,47 | 33,91 |
| Darbe Sayısı N | | 27 | 23 | 21 | 17 | Plastik Limit Wp (%) | 34 | |



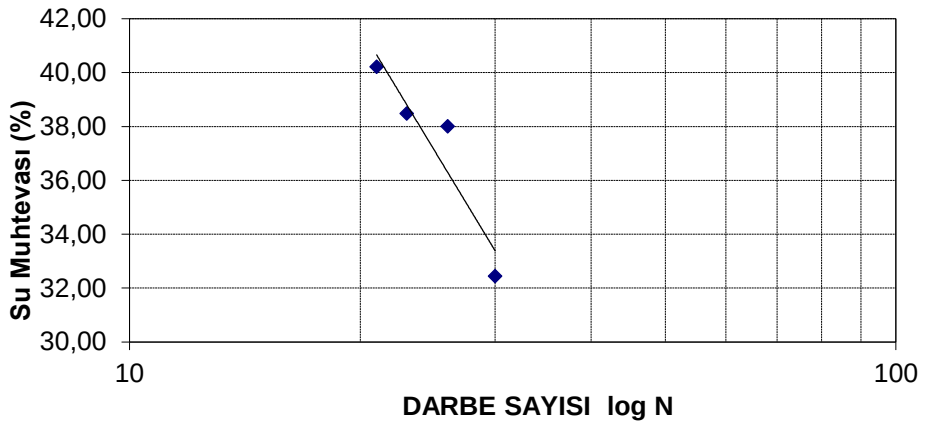

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 72,85 |
| *PLASTİK LİMİT* | 34,19 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 38,66 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 37 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 08.04.2016 |

| *LİKİT LİMİT* | | | | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | 4 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 95 | 51 | 13 | 188 | Kap No | 412 | 199 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 38,60 | 39,84 | 39,49 | 39,33 | Kap+Örnek (gr.) | 38,4 | 37,11 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 37,39 | 38,62 | 38,22 | 38,22 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 37,68 | 36,02 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 33,66 | 35,41 | 34,92 | 35,46 | Kap Ağırlığı (gr.) | 34,47 | 33,66 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 3,73 | 3,21 | 3,30 | 2,76 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 3,21 | 2,36 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 1,21 | 1,22 | 1,27 | 1,11 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 0,72 | 1,09 |
| Su Muhtevası w (%) | | 32,44 | 38,01 | 38,48 | 40,22 | Su Muhtevası w (%) | 22,43 | 46,19 |
| Darbe Sayısı N | | 30 | 26 | 23 | 21 | Plastik Limit Wp (%) | 34 | |



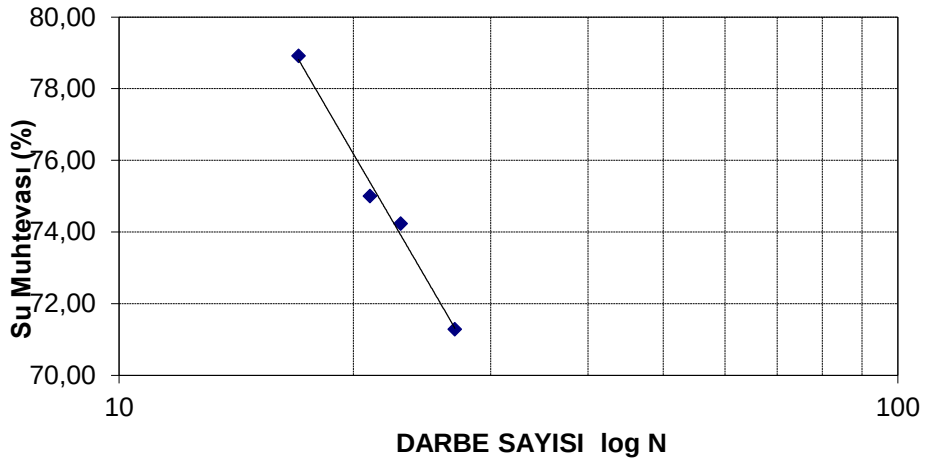

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 37,75 |
| *PLASTİK LİMİT* | 34,31 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 3,44 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 38 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 09.05.2016 |

| *LİKİT LİMİT* | | | | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | 4 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 277 | 113 | 63 | 45 | Kap No | 142 | 82 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 38,88 | 37,41 | 38,00 | 37,29 | Kap+Örnek (gr.) | 37,71 | 36,52 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 37,49 | 36,20 | 36,08 | 36,13 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 36,96 | 35,37 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 35,54 | 34,57 | 33,52 | 34,66 | Kap Ağırlığı (gr.) | 35,37 | 33,83 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 1,95 | 1,63 | 2,56 | 1,47 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 1,59 | 1,54 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 1,39 | 1,21 | 1,92 | 1,16 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 0,75 | 1,15 |
| Su Muhtevası w (%) | | 71,28 | 74,23 | 75,00 | 78,91 | Su Muhtevası w (%) | 47,17 | 74,68 |
| Darbe Sayısı N | | 27 | 23 | 21 | 17 | Plastik Limit Wp (%) | 61 | |



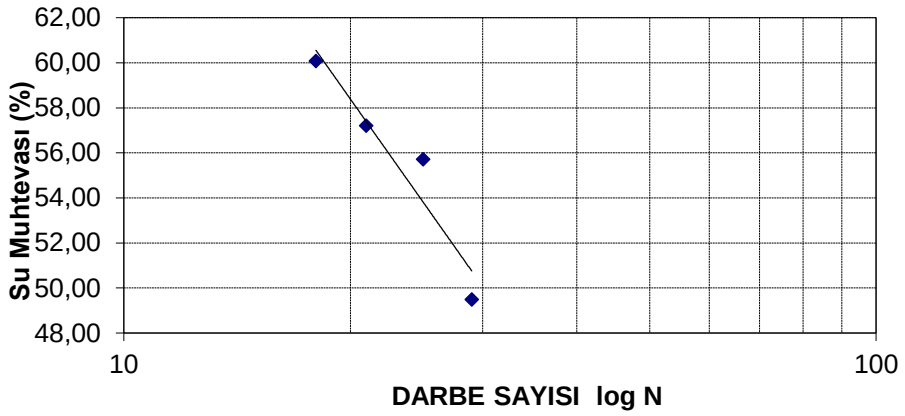

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 72,85 |
| *PLASTİK LİMİT* | 60,92 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 14,88 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 39 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 10.05.2016 |

| *LİKİT LİMİT* | | | | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | 4 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 154 | 207 | 209 | 121 | Kap No | 182 | 150 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 38,99 | 37,66 | 37,85 | 38,47 | Kap+Örnek (gr.) | 38,91 | 40,16 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 37,52 | 36,54 | 36,74 | 36,98 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 37,8 | 38,89 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 34,55 | 34,53 | 34,80 | 34,50 | Kap Ağırlığı (gr.) | 34,84 | 35,4 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 2,97 | 2,01 | 1,94 | 2,48 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 2,96 | 3,49 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 1,47 | 1,12 | 1,11 | 1,49 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 1,11 | 1,27 |
| Su Muhtevası w (%) | | 49,49 | 55,72 | 57,22 | 60,08 | Su Muhtevası w (%) | 37,50 | 36,39 |
| Darbe Sayısı N | | 29 | 25 | 21 | 18 | Plastik Limit Wp (%) | 37 | |



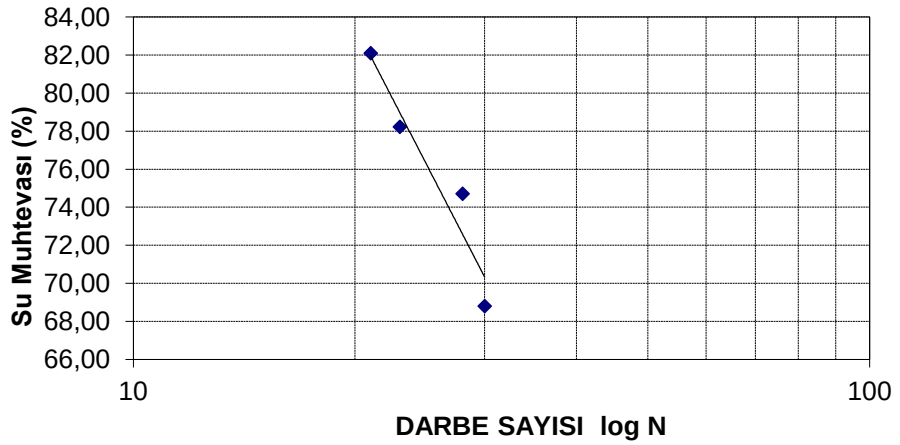

| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 55,00 |
| *PLASTİK LİMİT* | 36,94 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 18,06 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | |
|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 40 |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 11.05.2016 |

| *LİKİT LİMİT* | | | | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | 4 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 204 | 140 | 80 | 68 | Kap No | 130 | 173 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 40,92 | 40,45 | 39,37 | 38,89 | Kap+Örnek (gr.) | 37,54 | 37,46 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 38,89 | 38,47 | 37,43 | 37,10 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 36,53 | 36,57 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 35,94 | 35,82 | 34,95 | 34,92 | Kap Ağırlığı (gr.) | 33,96 | 34,34 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 2,95 | 2,65 | 2,48 | 2,18 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 2,57 | 2,23 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 2,03 | 1,98 | 1,94 | 1,79 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 1,01 | 0,89 |
| Su Muhtevası w (%) | | 68,81 | 74,72 | 78,23 | 82,11 | Su Muhtevası w (%) | 39,30 | 39,91 |
| Darbe Sayısı N | | 30 | 28 | 23 | 21 | Plastik Limit Wp (%) | 40 | |

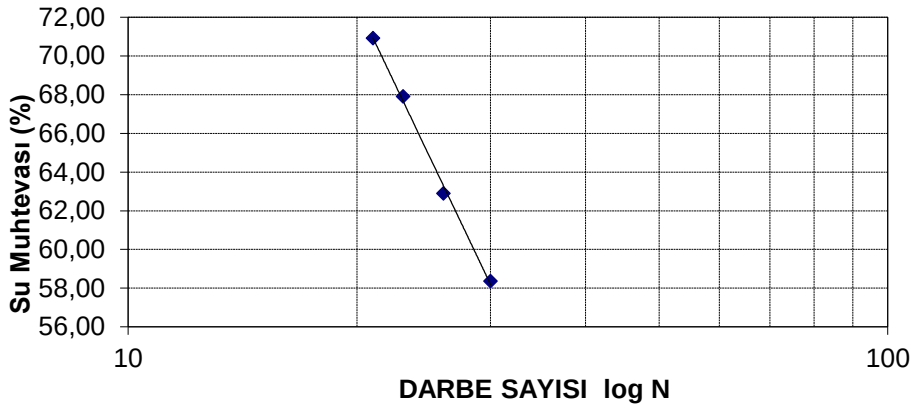



| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 75,80 |
| *PLASTİK LİMİT* | 39,60 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 36,20 |

**LİKİT LİMİT VE PLASTİK LİMİT DENEYİ**

| | | | |
|---|---|---|---|
| *PROJE :* | DENEY NO 41 | | |
| *ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER :* | | | |
| *ÖRNEĞİN TANIMI :* | | | |
| *SONDAJ NO :* | | *DENEYİ YAPAN :* | Evinç BOYLU |
| *DERİNLİK :* | | *TARİH :* | 11.05.2016 |

| *LİKİT LİMİT* | | | | | | *PLASTİK LİMİT* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | wn | 1 | 2 | 3 | 4 | Deney No | 1 | 2 |
| Kap No | | 137 | 109 | 213 | 54 | Kap No | 111 | 177 |
| Kap+Örnek (gr.) | | 38,88 | 37,04 | 38,62 | 39,77 | Kap+Örnek (gr.) | 37,65 | 38,9 |
| Kap+Kuru Örnek (gr.) | | 37,45 | 35,87 | 36,80 | 37,94 | Kap+Kuru Örnek (gr.) | 36,8 | 38,03 |
| Kap Ağırlığı (gr.) | | 35,00 | 34,01 | 34,12 | 35,36 | Kap Ağırlığı (gr.) | 34,52 | 35,7 |
| Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | | 2,45 | 1,86 | 2,68 | 2,58 | Kuru Örnek Ağırlığı Ws (gr.) | 2,28 | 2,33 |
| Su Ağırlığı Ww (gr.) | | 1,43 | 1,17 | 1,82 | 1,83 | Su Ağırlığı Ww (gr.) | 0,85 | 0,87 |
| Su Muhtevası w (%) | | 58,37 | 62,90 | 67,91 | 70,93 | Su Muhtevası w (%) | 37,28 | 37,34 |
| Darbe Sayısı N | | 30 | 26 | 23 | 21 | Plastik Limit Wp (%) | 37 | |




| *SONUÇLAR* | |
|---|---|
| *LİKİT LİMİT* | 66,20 |
| *PLASTİK LİMİT* | 37,31 |
| *PLASTİSİTE İNDİSİ* | 28,89 |

## Ek-B

| Deney Sayısı | Vuruş Sayısı N | Doğal Su Muhtevası Wn | Likit Limit WL | log (N/25) | Hesaplanan vuruş saysısına göre kullanılan tan β ort | Hesaplanan Likit Limit Wl | Rapordaki Likit Limit WL | Standart Sapma |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 22 | 43 | 40,5 | -0,055517 | 32,46 | 41,20 | 40,50 | 0,493 |
| **2** | 24 | 38,9 | 40,5 | -0,017728 | 32,46 | 38,32 | 40,50 | 1,538 |
| **3** | 20 | 48,3 | 46,1 | -0,09691 | 32,46 | 45,15 | 46,10 | 0,669 |
| **4** | 22 | 45,8 | 46,1 | -0,055517 | 32,46 | 44,00 | 46,10 | 1,486 |
| **5** | 24 | 43,5 | 42,2 | -0,017728 | 32,46 | 42,92 | 42,20 | 0,512 |
| **6** | 26 | 40,9 | 42,2 | 0,017033 | 85,80 | 42,36 | 42,20 | 0,114 |
| **7** | 23 | 46,9 | 44,6 | -0,036212 | 32,46 | 45,72 | 44,60 | 0,795 |
| **8** | 25 | 42,7 | 44,6 | 0 | | | | |
| **9** | 26 | 46,1 | 45,4 | 0,017033 | 85,8 | 47,56 | 45,40 | 1,528 |
| **10** | 28 | 43,8 | 45,4 | 0,049218 | 85,8 | 48,02 | 45,40 | 1,855 |
| **11** | 23 | 41,4 | 39 | -0,036212 | 32,46 | 40,22 | 39,00 | 0,866 |
| **12** | 25 | 38,4 | 39 | 0 | | | | |
| **13** | 20 | 43,2 | 40,8 | -0,09691 | 32,46 | 40,05 | 40,80 | 0,527 |
| **14** | 22 | 40,1 | 40,8 | -0,055517 | 32,46 | 38,30 | 40,80 | 1,769 |
| **15** | 27 | 45,4 | 43,9 | 0,033423 | 85,8 | 48,27 | 43,90 | 3,088 |
| **16** | 29 | 41,3 | 43,9 | 0,064458 | 85,8 | 46,83 | 43,90 | 2,072 |
| **17** | 24 | 46,2 | 44,7 | -0,017728 | 32,46 | 45,62 | 44,70 | 0,654 |
| **18** | 26 | 43,1 | 44,7 | 0,017033 | 85,8 | 44,56 | 44,70 | 0,098 |
| **19** | 26 | 41,3 | 39,9 | 0,017033 | 85,8 | 42,76 | 39,90 | 2,023 |
| **20** | 28 | 37,8 | 39 | 0,049218 | 85,8 | 42,02 | 39,00 | 2,138 |
| **21** | 22 | 45,4 | 43,5 | -0,055517 | 32,46 | 43,60 | 43,50 | 0,069 |
| **22** | 24 | 42,5 | 43,5 | -0,017728 | 32,46 | 41,92 | 43,50 | 1,114 |
| **23** | 23 | 42,3 | 40,8 | -0,036212 | 32,46 | 41,12 | 40,80 | 0,229 |
| **24** | 25 | 39,7 | 40,8 | 0 | | | | |
| **25** | 20 | 39,7 | 37,8 | -0,09691 | 32,46 | 36,55 | 37,80 | 0,881 |
| **26** | 22 | 37,5 | 37,8 | -0,055517 | 32,46 | 35,70 | 37,80 | 1,486 |
| **27** | 26 | 43,2 | 42 | 0,017033 | 85,8 | 44,66 | 42,00 | 1,882 |
| **28** | 28 | 40,1 | 42 | 0,049218 | 85,8 | 44,32 | 42,00 | 1,643 |
| **29** | 24 | 41,1 | 39,8 | -0,017728 | 32,46 | 40,52 | 39,80 | 0,512 |
| **30** | 26 | 38,4 | 39,8 | 0,017033 | 85,8 | 39,86 | 39,80 | 0,043 |
| **31** | 21 | 41,3 | 39,2 | -0,075720 | 32,46 | 38,84 | 39,20 | 0,253 |
| **32** | 23 | 38,4 | 39,2 | -0,036212 | 32,46 | 37,22 | 39,20 | 1,397 |
| **33** | 24 | 43,9 | 41,8 | -0,017728 | 32,46 | 43,32 | 41,80 | 1,078 |
| **34** | 26 | 39,7 | 41,8 | 0,017033 | 85,8 | 41,16 | 41,80 | 0,452 |
| **35** | 21 | 42,8 | 40,6 | -0,075720 | 32,46 | 40,34 | 40,60 | 0,182 |
| **36** | 23 | 39,6 | 40,6 | -0,036212 | 32,46 | 38,42 | 40,60 | 1,538 |
| **37** | 22 | 43 | 41,4 | -0,055517 | 32,46 | 41,20 | 41,40 | 0,143 |
| **38** | 24 | 40,5 | 41,4 | -0,017728 | 32,46 | 39,92 | 41,40 | 1,043 |
| **39** | 22 | 42,5 | 40,5 | -0,055517 | 32,46 | 40,70 | 40,50 | 0,140 |

| Deney Sayısı | Vuruş Sayısı N | Doğal Su Muhtevası Wn | Likit Limit WL | log (N/25) | Hesaplanan vuruş saysısına göre kullanılan tan β ort | Hesaplanan Likit Limit Wl | Rapordaki Likit Limit WL | Standart Sapma |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **40** | 24 | 39,2 | 40,5 | -0,017728 | 32,46 | 38,62 | 40,50 | 1,326 |
| **41** | 27 | 42,9 | 42 | 0,033423 | 85,8 | 45,77 | 42,00 | 2,664 |
| **42** | 29 | 39,9 | 42 | 0,064458 | 85,8 | 45,43 | 42,00 | 2,426 |
| **43** | 23 | 42,9 | 40,8 | -0,036212 | 32,46 | 41,72 | 40,80 | 0,654 |
| **44** | 25 | 39,2 | 40,8 | 0 | | | | |
| **45** | 27 | 46,4 | 45,4 | 0,033423 | 85,8 | 49,27 | 45,40 | 2,735 |
| **46** | 29 | 43,1 | 45,4 | 0,064458 | 85,8 | 48,63 | 45,40 | 2,284 |
| **47** | 20 | 45,2 | 42,5 | -0,09691 | 32,46 | 42,05 | 42,50 | 0,315 |
| **48** | 22 | 41,7 | 42,5 | -0,055517 | 32,46 | 39,90 | 42,50 | 1,840 |
| **49** | 21 | 46,3 | 44,3 | -0,075720 | 32,46 | 43,84 | 44,30 | 0,324 |
| **50** | 23 | 43,6 | 44,3 | -0,036212 | 32,46 | 42,42 | 44,30 | 1,326 |
| **51** | 24 | 43,8 | 41,7 | -0,017728 | 32,46 | 43,22 | 41,70 | 1,078 |
| **52** | 26 | 39,7 | 41,7 | 0,017033 | 85,8 | 41,16 | 41,70 | 0,381 |
| **53** | 21 | 43,7 | 40,4 | -0,075720 | 32,46 | 41,24 | 40,40 | 0,595 |
| **54** | 23 | 38,5 | 40,4 | -0,036212 | 32,46 | 37,32 | 40,40 | 2,175 |
| **55** | 27 | 42,2 | 40,7 | 0,033423 | 85,8 | 45,07 | 40,70 | 3,088 |
| **56** | 29 | 38,1 | 40,7 | 0,064458 | 85,8 | 43,63 | 40,70 | 2,072 |
| **57** | 26 | 41,7 | 40,4 | 0,017033 | 85,8 | 43,16 | 40,40 | 1,953 |
| **58** | 28 | 38,3 | 40,4 | 0,049218 | 85,8 | 42,52 | 40,40 | 1,501 |
| **59** | 22 | 46,7 | 44,2 | -0,055517 | 32,46 | 44,90 | 44,20 | 0,493 |
| **60** | 24 | 42,7 | 44,2 | -0,017728 | 32,46 | 42,12 | 44,20 | 1,468 |
| **61** | 26 | 44,9 | 42,7 | 0,017033 | 85,8 | 46,36 | 42,70 | 2,589 |
| **62** | 28 | 39,8 | 42,7 | 0,049218 | 85,8 | 44,02 | 42,70 | 0,935 |
| **63** | 21 | 42,3 | 40,4 | -0,075720 | 32,46 | 39,84 | 40,40 | 0,394 |
| **64** | 23 | 39,8 | 40,4 | -0,036212 | 32,46 | 38,62 | 40,40 | 1,255 |
| **65** | 26 | 45,8 | 44,1 | 0,017033 | 85,8 | 47,26 | 44,10 | 2,235 |
| **66** | 28 | 41,6 | 44,1 | 0,049218 | 85,8 | 45,82 | 44,10 | 1,218 |
| **67** | 24 | 45,6 | 43,1 | -0,017728 | 32,46 | 45,02 | 43,10 | 1,361 |
| **68** | 26 | 40,5 | 43,1 | 0,017033 | 85,8 | 41,96 | 43,10 | 0,805 |
| **69** | 23 | 43,2 | 41,8 | -0,036212 | 32,46 | 42,02 | 41,80 | 0,159 |
| **70** | 25 | 40,8 | 41,8 | 0 | | | | |
| **71** | 23 | 44,6 | 43 | -0,036212 | 32,46 | 43,42 | 43,00 | 0,300 |
| **72** | 25 | 41,7 | 43 | 0 | | | | |
| **73** | 21 | 44,9 | 42,2 | -0,075720 | 32,46 | 42,44 | 42,20 | 0,171 |
| **74** | 23 | 40,8 | 42,2 | -0,036212 | 32,46 | 39,62 | 42,20 | 1,821 |
| **75** | 26 | 42,9 | 41,6 | 0,017033 | 85,8 | 44,36 | 41,60 | 1,953 |
| **76** | 28 | 39,5 | 41,6 | 0,049218 | 85,8 | 43,72 | 41,60 | 1,501 |
| **77** | 24 | 44,2 | 42,8 | -0,017728 | 32,46 | 43,62 | 42,80 | 0,583 |
| **78** | 26 | 41,5 | 42,8 | 0,017033 | 85,8 | 42,96 | 42,80 | 0,114 |
| **79** | 20 | 42,7 | 40,3 | -0,09691 | 32,46 | 39,55 | 40,30 | 0,527 |
| **80** | 22 | 39,7 | 40,3 | -0,055517 | 32,46 | 37,90 | 40,30 | 1,699 |
| **81** | 24 | 45,7 | 43,7 | -0,017728 | 32,46 | 45,12 | 43,70 | 1,007 |

| Deney Sayısı | Vuruş Sayısı N | Doğal Su Muhtevası Wn | Likit Limit WL | log (N/25) | Hesaplanan vuruş saysısına göre kullanılan tan β ort | Hesaplanan Likit Limit Wl | Rapordaki Likit Limit WL | Standart Sapma |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **82** | 26 | 41,6 | 43,7 | 0,017033 | 85,8 | 43,06 | 43,70 | 0,452 |
| **83** | 22 | 43 | 40,7 | -0,055517 | 32,46 | 41,20 | 40,70 | 0,352 |
| **84** | 24 | 39,2 | 40,7 | -0,017728 | 32,46 | 38,62 | 40,70 | 1,468 |
| **85** | 24 | 42,8 | 41,5 | -0,017728 | 32,46 | 42,22 | 41,50 | 0,512 |
| **86** | 26 | 40,2 | 41,5 | 0,017033 | 85,8 | 41,66 | 41,50 | 0,114 |
| **87** | 26 | 45,4 | 43,1 | 0,017033 | 85,8 | 46,86 | 43,10 | 2,660 |
| **88** | 28 | 40 | 43,1 | 0,049218 | 85,8 | 44,22 | 43,10 | 0,794 |
| **89** | 21 | 44,1 | 41,1 | -0,075720 | 32,46 | 41,64 | 41,10 | 0,383 |
| **90** | 23 | 39,4 | 41,1 | -0,036212 | 32,46 | 38,22 | 41,10 | 2,033 |
| **91** | 23 | 47 | 44,9 | -0,036212 | 32,46 | 45,82 | 44,90 | 0,654 |
| **92** | 25 | 43,2 | 44,9 | 0 | | | | |
| **93** | 24 | 41,9 | 40,5 | -0,017728 | 32,46 | 41,32 | 40,50 | 0,583 |
| **94** | 26 | 39,1 | 40,5 | 0,017033 | 85,8 | 40,56 | 40,50 | 0,043 |
| **95** | 21 | 46,9 | 43,3 | -0,075720 | 32,46 | 44,44 | 43,30 | 0,808 |
| **96** | 23 | 41 | 43,3 | -0,036212 | 32,46 | 39,82 | 43,30 | 2,458 |
| **97** | 24 | 43,4 | 41,2 | -0,017728 | 32,46 | 42,82 | 41,20 | 1,149 |
| **98** | 26 | 39 | 41,2 | 0,017033 | 85,8 | 40,46 | 41,20 | 0,522 |
| **99** | 23 | 42,5 | 40,9 | -0,036212 | 32,46 | 41,32 | 40,90 | 0,300 |
| **100** | 25 | 39,7 | 40,9 | 0 | | | | |
| **101** | 21 | 41,4 | 39,8 | -0,075720 | 32,46 | 38,94 | 39,80 | 0,607 |
| **102** | 23 | 39,4 | 39,8 | -0,036212 | 32,46 | 38,22 | 39,80 | 1,114 |
| **103** | 22 | 46,7 | 44,6 | -0,055517 | 32,46 | 44,90 | 44,60 | 0,211 |
| **104** | 24 | 43,4 | 44,6 | -0,017728 | 32,46 | 42,82 | 44,60 | 1,255 |
| **105** | 26 | 43,4 | 42,6 | 0,017033 | 85,8 | 44,86 | 42,60 | 1,599 |
| **106** | 28 | 41 | 42,6 | 0,049218 | 85,8 | 45,22 | 42,60 | 1,855 |
| **107** | 26 | 6,5 | 44,9 | 0,017033 | 85,8 | 7,96 | 44,90 | 26,119 |
| **108** | 28 | 42,4 | 44,9 | 0,049218 | 85,8 | 46,62 | 44,90 | 1,218 |
| **109** | 21 | 47,1 | 43,7 | -0,075720 | 32,46 | 44,64 | 43,70 | 0,666 |
| **110** | 23 | 41,6 | 43,7 | -0,036212 | 32,46 | 40,42 | 43,70 | 2,316 |
| **111** | 27 | 41,9 | 40,1 | 0,033423 | 85,8 | 44,77 | 40,10 | 3,301 |
| **112** | 28 | 37,3 | 40,1 | 0,049218 | 85,8 | 41,52 | 40,10 | 1,006 |
| **113** | 22 | 43,7 | 41,5 | -0,055517 | 32,46 | 41,90 | 41,50 | 0,281 |
| **114** | 24 | 40,2 | 41,5 | -0,017728 | 32,46 | 39,62 | 41,50 | 1,326 |
| **115** | 20 | 49,3 | 46,3 | -0,09691 | 32,46 | 46,15 | 46,30 | 0,103 |
| **116** | 22 | 45,3 | 46,3 | -0,055517 | 32,46 | 43,50 | 46,30 | 1,981 |
| **117** | 24 | 47,3 | 45,6 | -0,017728 | 32,46 | 46,72 | 45,60 | 0,795 |
| **118** | 26 | 44 | 45,6 | 0,017033 | 85,8 | 45,46 | 45,60 | 0,098 |
| **119** | 21 | 43,6 | 41,2 | -0,075720 | 32,46 | 41,14 | 41,20 | 0,041 |
| **120** | 23 | 40 | 41,2 | -0,036212 | 32,46 | 38,82 | 41,20 | 1,680 |
| **121** | 23 | 45,6 | 43,8 | -0,036212 | 32,46 | 44,42 | 43,80 | 0,442 |
| **122** | 25 | 42,5 | 43,8 | 0 | | | | |
| **123** | 22 | 42,7 | 40,1 | -0,055517 | 32,46 | 40,90 | 40,10 | 0,564 |

| Deney Sayısı | Vuruş Sayısı N | Doğal Su Muhtevası Wn | Likit Limit WL | log (N/25) | Hesaplanan vuruş saysısına göre kullanılan tan β ort | Hesaplanan Likit Limit Wl | Rapordaki Likit Limit WL | Standart Sapma |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **124** | 24 | 38,3 | 40,1 | -0,017728 | 32,46 | 37,72 | 40,10 | 1,680 |
| **125** | 24 | 45,3 | 43,2 | -0,017728 | 32,46 | 44,72 | 43,20 | 1,078 |
| **126** | 26 | 41,1 | 43,2 | 0,017033 | 85,8 | 42,56 | 43,20 | 0,452 |
| **127** | 22 | 43,2 | 40,3 | -0,055517 | 32,46 | 41,40 | 40,30 | 0,776 |
| **128** | 24 | 38,3 | 40,3 | -0,017728 | 32,46 | 37,72 | 40,30 | 1,821 |
| **129** | 26 | 45,6 | 44,1 | 0,017033 | 85,8 | 47,06 | 44,10 | 2,094 |
| **130** | 28 | 41,7 | 44,1 | 0,049218 | 85,8 | 45,92 | 44,10 | 1,289 |
| **131** | 27 | 42,7 | 41,7 | 0,033423 | 85,8 | 45,57 | 41,70 | 2,735 |
| **132** | 29 | 39,6 | 41,7 | 0,064458 | 85,8 | 45,13 | 41,70 | 2,426 |
| **133** | 24 | 43,4 | 41,3 | -0,017728 | 32,46 | 42,82 | 41,30 | 1,078 |
| **134** | 26 | 39,3 | 41,3 | 0,017033 | 85,8 | 40,76 | 41,30 | 0,381 |
| **135** | 22 | 46,1 | 43,5 | -0,055517 | 32,46 | 44,30 | 43,50 | 0,564 |
| **136** | 24 | 41,7 | 43,5 | -0,017728 | 32,46 | 41,12 | 43,50 | 1,680 |
| **137** | 26 | 44 | 42,9 | 0,017033 | 85,8 | 45,46 | 42,90 | 1,811 |
| **138** | 28 | 41,1 | 42,9 | 0,049218 | 85,8 | 45,32 | 42,90 | 1,713 |
| **139** | 23 | 49,1 | 46,6 | -0,036212 | 32,46 | 47,92 | 46,60 | 0,937 |
| **140** | 25 | 44,6 | 46,6 | 0 | | | | |
| **141** | 21 | 48,5 | 45,6 | -0,075720 | 32,46 | 46,04 | 45,60 | 0,313 |
| **142** | 23 | 44 | 45,6 | -0,036212 | 32,46 | 42,82 | 45,60 | 1,963 |
| **143** | 21 | 45,3 | 42,6 | -0,075720 | 32,46 | 42,84 | 42,60 | 0,171 |
| **144** | 23 | 41,2 | 42,6 | -0,036212 | 32,46 | 40,02 | 42,60 | 1,821 |
| **145** | 24 | 43,4 | 42,1 | -0,017728 | 32,46 | 42,82 | 42,10 | 0,512 |
| **146** | 26 | 40,8 | 42,1 | 0,017033 | 85,8 | 42,26 | 42,10 | 0,114 |
| **147** | 23 | 41,18 | 39,6 | -0,036212 | 32,46 | 40,00 | 39,60 | 0,286 |
| **148** | 25 | 37,8 | 39,6 | 0 | | | | |
| **149** | 20 | 58,6 | 55,1 | -0,09691 | 32,46 | 55,45 | 55,10 | 0,251 |
| **150** | 22 | 53,9 | 55,1 | -0,055517 | 32,46 | 52,10 | 55,10 | 2,123 |
| **151** | 24 | 57,5 | 56,3 | -0,017728 | 32,46 | 56,92 | 56,30 | 0,442 |
| **152** | 26 | 55,1 | 56,3 | 0,017033 | 85,8 | 56,56 | 56,30 | 0,185 |
| **153** | 26 | 55,8 | 53,4 | 0,017033 | 85,8 | 57,26 | 53,40 | 2,730 |
| **154** | 28 | 50 | 53,4 | 0,049218 | 85,8 | 54,22 | 53,40 | 0,582 |
| **155** | 22 | 59,9 | 57 | -0,055517 | 32,46 | 58,10 | 57,00 | 0,776 |
| **156** | 24 | 55,1 | 57 | -0,017728 | 32,46 | 54,52 | 57,00 | 1,750 |
| **157** | 24 | 46,7 | 44,2 | -0,017728 | 32,46 | 46,12 | 44,20 | 1,361 |
| **158** | 26 | 41,6 | 44,2 | 0,017033 | 85,8 | 43,06 | 44,20 | 0,805 |
| **159** | 22 | 42,6 | 40,4 | -0,055517 | 32,46 | 40,80 | 40,40 | 0,281 |
| **160** | 24 | 39,1 | 40,4 | -0,017728 | 32,46 | 38,52 | 40,40 | 1,326 |
| **161** | 26 | 43,8 | 42,6 | 0,017033 | 85,8 | 45,26 | 42,60 | 1,882 |
| **162** | 28 | 40,7 | 42,6 | 0,049218 | 85,8 | 44,92 | 42,60 | 1,643 |
| **163** | 23 | 43,2 | 41,4 | -0,036212 | 32,46 | 42,02 | 41,40 | 0,442 |
| **164** | 25 | 40,1 | 41,4 | 0 | | | | |
| **165** | 24 | 46,3 | 44,9 | -0,017728 | 32,46 | 45,72 | 44,90 | 0,583 |

| Deney Sayısı | Vuruş Sayısı N | Doğal Su Muhtevası Wn | Likit Limit WL | log (N/25) | Hesaplanan vuruş saysısına göre kullanılan tan β ort | Hesaplanan Likit Limit Wl | Rapordaki Likit Limit WL | Standart Sapma |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **166** | 26 | 43,6 | 44,9 | 0,017033 | 85,8 | 45,06 | 44,90 | 0,114 |
| **167** | 21 | 42,7 | 40,2 | -0,075720 | 32,46 | 40,24 | 40,20 | 0,030 |
| **168** | 23 | 38,8 | 40,2 | -0,036212 | 32,46 | 37,62 | 40,20 | 1,821 |
| **169** | 20 | 46,1 | 43,6 | -0,09691 | 32,46 | 42,95 | 43,60 | 0,457 |
| **170** | 22 | 42,9 | 43,6 | -0,055517 | 32,46 | 41,10 | 43,60 | 1,769 |
| **171** | 24 | 41,5 | 39,7 | -0,017728 | 32,46 | 40,92 | 39,70 | 0,866 |
| **172** | 26 | 37,9 | 39,7 | 0,017033 | 85,8 | 39,36 | 39,70 | 0,239 |
| **173** | 27 | 42,3 | 41,3 | 0,033423 | 85,8 | 45,17 | 41,30 | 2,735 |
| **174** | 29 | 39,1 | 41,3 | 0,064458 | 85,8 | 44,63 | 41,30 | 2,355 |
| **175** | 26 | 45 | 44 | 0,017033 | 85,8 | 46,46 | 44,00 | 1,741 |
| **176** | 28 | 42,2 | 44 | 0,049218 | 85,8 | 46,42 | 44,00 | 1,713 |
| **177** | 24 | 42,9 | 41,3 | -0,017728 | 32,46 | 42,32 | 41,30 | 0,724 |
| **178** | 26 | 39,6 | 41,3 | 0,017033 | 85,8 | 41,06 | 41,30 | 0,169 |
| **179** | 21 | 43,1 | 40,1 | -0,075720 | 32,46 | 40,64 | 40,10 | 0,383 |
| **180** | 23 | 38,4 | 40,1 | -0,036212 | 32,46 | 37,22 | 40,10 | 2,033 |
| **181** | 24 | 42,4 | 39,8 | -0,017728 | 32,46 | 41,82 | 39,80 | 1,432 |
| **182** | 26 | 37,4 | 39,8 | 0,017033 | 85,8 | 38,86 | 39,80 | 0,664 |
| **183** | 23 | 44,8 | 43 | -0,036212 | 32,46 | 43,62 | 43,00 | 0,442 |
| **184** | 25 | 41,5 | 43 | 0 | | | | |
| **185** | 23 | 44,4 | 42,8 | -0,036212 | 32,46 | 43,22 | 42,80 | 0,300 |
| **186** | 25 | 41,7 | 42,8 | 0 | | | | |
| **187** | 22 | 42,8 | 40,4 | -0,055517 | 32,46 | 41,00 | 40,40 | 0,423 |
| **188** | 24 | 38,8 | 40,4 | -0,017728 | 32,46 | 38,22 | 40,40 | 1,538 |
| **189** | 26 | 45,6 | 43,4 | 0,017033 | 85,8 | 47,06 | 43,40 | 2,589 |
| **190** | 28 | 40,5 | 43,4 | 0,049218 | 85,8 | 44,72 | 43,40 | 0,935 |
| **191** | 22 | 45,5 | 42,3 | -0,055517 | 32,46 | 43,70 | 42,30 | 0,988 |
| **192** | 24 | 40 | 42,3 | -0,017728 | 32,46 | 39,42 | 42,30 | 2,033 |
| **193** | 21 | 43,6 | 41,4 | -0,075720 | 32,46 | 41,14 | 41,40 | 0,182 |
| **194** | 23 | 40,4 | 41,4 | -0,036212 | 32,46 | 39,22 | 41,40 | 1,538 |
| **195** | 27 | 41,3 | 40,3 | 0,033423 | 85,8 | 44,17 | 40,30 | 2,735 |
| **196** | 29 | 38,3 | 40,3 | 0,064458 | 85,8 | 43,83 | 40,30 | 2,496 |
| **197** | 22 | 41,9 | 40,5 | -0,055517 | 32,46 | 40,10 | 40,50 | 0,284 |
| **198** | 24 | 39,8 | 40,5 | -0,017728 | 32,46 | 39,22 | 40,50 | 0,902 |
| **199** | 27 | 40,8 | 39,8 | 0,033423 | 85,8 | 43,67 | 39,80 | 2,735 |
| **200** | 29 | 37,6 | 39,8 | 0,064458 | 85,8 | 43,13 | 39,80 | 2,355 |

## KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

[1] Mutman U., **Boylu E.**, Kocaeli için Tek Nokta Likit Limit Deneyi Tan b Parametresinin Belirlenmesi, *Uluslararası Katılımlı 7. Geoteknik Sempozyumu*, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul, 22-24 Kasım 2017.

## ÖZGEÇMİŞ

1991 yılında İstanbul'da doğdu. İlköğretim ve liseyi İstanbul'da tamamladı.2009 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Çevre Mühendisliği bölümünden 2013 yılında bölüm ikincisi ünvanı ile Çevre Mühendisi olarak mezun oldu. 2011 yılında Çift Anadal yapma hakkını kazanarak girdiği İnşaat Mühendisliği bölümünden 2014 yılında İnşaat Mühendisi olarak mezun oldu. 2015 - 2018 yılları arasında, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek lisans öğrenimine devam etmektedir. Aynı zamanda hem Çevre Mühendisi hem de İnşaat Mühendisi olarak yenilenebilir enerji kaynakları sektöründe özel bir firmada çalışmaktadır.