

**UÇUCU KÜL VE POLİPROPİLEN ELYAFLARLA
ZAYIF ZEMİNLERİN STABİLİZASYONU**

CELİL GÜMÜŞER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2009

**UÇUCU KÜL VE POLİPROPİLEN ELYAFLARLA
ZAYIF ZEMİNLERİN STABİLİZASYONU**

**CELİL GÜMÜŞER
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
2009**

Danışman : Yrd. Doç. Dr. A. ŞENOL

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE

Bu çalışma jürümüz tarafından, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak Kabul edilmiştir.

Başkan : Doç.Dr. Işık YILMAZ

Üye : Doç.Dr. Sahavat HANALI

Üye : Yrd.Doç.Dr. Ahmet ŞENOL

O N A Y

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

.../.../2009

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Prof.Dr. Sezai ELAGÖZ

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosunun 05.01.1984 tarihli toplantısında Kabul edilen ve daha sonar 30.12.1993 tarihinde C.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğünce hazırlanan ve yayımlanan “Yüksek Lisans ve Doktora Tez Yazım Kılavuzu” adlı yönergeye göre hazırlanmıştır.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET	iii
SUMMARY	iv
TEŞEKKÜR	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. UÇUCU KÜLLER	2
2.1. Pozalanlar.....	2
2.2. Uçucu Kül.....	3
2.2.1. Uçucu Küllerin Sınıflandırılması.....	4
2.2.2. Uçucu Küllerin Yapısı.....	6
2.2.3. Uçucu Küllerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	6
2.2.4. Uçucu Küllerin Kimyasal Yapıları.....	9
2.2.5. Uçucu Küllerin Mineralojik Özellikleri.....	11
2.2.6. Uçucu Küllerin Pozalanik Özellikleri.....	11
2.2.7. Uçucu Küllerin İnşaat Sektöründe Kullanım Alanları.....	12
3. POLİPROPİLENLER	18
3.1. Polipropilen.....	18
3.1.1. Polipropilenlerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	18
3.1.2. Polipropilenlerin Yapısı.....	20
3.1.3. Polipropilenlerin İnşaat Mühendisliğinde Kullanım Alanları.....	20
4. UÇUCU KÜLLER VE POLİPROPİLEN ELYAF HAKKINDA YAPILAN ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	22
4.1. Uçucu Küller Üzerine Yapılan Çalışmalar.....	22
4.2. Polipropilen Elyaf Üzerine Yapılan Çalışmalar.....	25
5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	29

	Sayfa No
5.1. Giriş.....	29
5.2. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Malzemeler.....	29
5.2.1. Elyaf lar.....	29
5.2.2. Zemin Örneği.....	31
5.2.3. Uçucu Kül.....	31
5.3. Numunelerin Hazırlanması.....	32
5.4. Yapılan Deneysel Çalışmalar.....	33
5.4.1. Elek Analizi Deneyi.....	33
5.4.2. Hidrometre Deneyi.....	34
5.4.3. Kıvam Limitleri Deneyi.....	36
5.4.4. Özgül Ağırlık Deneyi.....	38
5.4.5. Standart Proktor Deneyi.....	38
5.4.6. CBR (Kaliforniya Taşıma Oranı) Deneyi.....	40
5.4.7. Serbest Basınç Deneyi.....	42
5.4.8. Üç Eksenli Basınç Deneyi.....	46
6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	50
7. KAYNAKLAR.....	52
8. ÖZGEÇMİŞ.....	54
9. EKLER.....	56

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

UÇUCU KÜL VE POLİPROPİLEN ELYAFLARLA ZAYIF ZEMİNLERİN STABİLİZASYONU

Celil GÜMÜŞER

Cumhuriyet Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Yrd. Doç. Dr. A. ŞENOL

Bu çalışmada, Kangal Termik Santrali Uçucu külü ve elyafların zayıf zeminlerin iyileştirilmesine yönelik etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla Şebinkarahisar – Suşehri yolu üzerinde yarma şevinden alınan killi zemin uçucu kül ve polifiber ile karıştırılarak numuneler hazırlanmıştır. Hazırlanan bu numuneler 1–7–14 gün kürde bekletildikten sonra CBR, tek eksenli basınç ve üç eksenli basınç testlerine tabii tutularak fiziko mekanik özellikleri araştırılmıştır. Uçucu kül ve polifiber eklenerek hazırlanan bu yapay zemin örneklerinin tümünün cbr, kohezyon, içsel sürtünme açısı, serbest basınç dayanımı ve deviatör gerilme değerlerinde donatısız duruma göre artışlar saptanmıştır. Ayrıca sonuçlar artan bekleme süresinin malzemenin mukavemetini daha da artırdığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler : Kil, Polifiber, Uçucu Kül, CBR, Tek Eksenli Basınç Deneyi,

Üç Eksenli Basınç Deneyi, Stabilizasyon

SUMMARY

MSc Thesis

STABILIZATION OF WEAK SOIL WITH FLY ASHES AND POLYPROPYLENE FIBERS

Celil GÜMÜŞER

Cumhuriyet University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

Supervisor : Assist. Prof. Dr. A. ŞENOL

In this study, Kangal Thermal Power Plant fly ashes and fibers effects for improving grounds were investigated. For this purpose, on the road Şebinkarahisar-Suşehri taken from slope the clay by mixing with fly ash and polifiber samples were prepared. The samples were prepared to wait 1-7-14 days after curing CBR, single-axis, three-axis pressure and subjected to pressure tests of the physical mechanical properties were investigated. Fly ash and by adding polifiber prepared of all of these artificial ground samples CBR, cohesion, internal friction angle, free pressure resistance and deviator stress values increases were determined according to the without reinforcement situation. Besides, of this study result indicate that increasing curing time makes the material more strength as well.

Anahtar Kelimeler : Clay, Fiber, Fly Ash, CBR, Unconfined Compression Test,
Triaxial Test, Stabilization

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans çalıőmam sırasında gerek konu seimim gerek laboratuvar ve büro çalıőmalarımnda yardımlarını esirgemeyen, iki yıllık çalıőmam boyunca bilgi ve tecrübeleriyle yüksek lisansımın tamamlanmasında en büyük pay sahibi olan danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Ahmet ŞENOL'a

KGM 16. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baőtımühendislięi Toprak Laboratuvarı sorumlusu Sayın Dr. Dursun Erik ve laboratuvar teknisyeni arkadaşlara,

Ayrıca Yüksek Lisans tezimin hazırlanması süresince desteğini esirgemeyen eőim Özlem GÜMÜŞER'e teőekkürlerimi sunarım.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 2.1. Farklı renkteki uçucu küller.....	7
Şekil 4.1. Polimer, elyaf katkısının zemin-çimento karışım dayanımına etkisi.	28
Şekil 5.1. F tipi ve M tipi elyaf (19 mm).....	29
Şekil 5.2. Karışımların hazırlanması ve kompaksiyon.....	33
Şekil 5.3. 3.80-7.60 cm boyutunda hazırlanan numuneler.....	33
Şekil 5.4. Elek analizi-hidrometre grafiği.....	35
Şekil 5.5. % 100 Zemin kıvam limitleri.....	36
Şekil 5.6. % 90 Zemin + % 10 uçucu kül kıvam limitleri.....	37
Şekil 5.7. % 85 Zemin + % 15 uçucu kül kıvam limitleri.....	37
Şekil 5.8. Tüm karışım serileri OSM-MKBA ilişkisi.....	40
Şekil 5.9. Kür havuzunda bekletme.....	41
Şekil 5.10. Yük-penetrasyon ilişkisi.....	41
Şekil 5.11. Gerilme-deformasyon grafikleri.....	43
Şekil 5.12. Z-ZU1-ZU2 kohezyon-kür süresi ilişkisi.....	47
Şekil 5.13. Z-ZF1-ZF2-ZMF1-ZMF2 kohezyon-kür süresi ilişkisi.....	47
Şekil 5.14. Z-ZU2F1-ZU2F2-ZU2MF1-ZU2MF2 kohezyon-kür süresi ilişkisi.....	48
Şekil 5.15. Z-ZU1F1-ZU1F2-ZU1MF1-ZU1MF2 kohezyon-kür süresi ilişkisi.....	48
Şekil 5.16. Z-ZU1-ZU2 içsel sürtünme açısı-kür süresi ilişkisi.....	48
Şekil 5.17. Z-ZF1-ZF2-ZMF1-ZMF2 içsel sürtünme açısı-kür süresi ilişkisi...	49
Şekil 5.18. Z-ZU2F1-ZU2F2-ZU2MF1-ZU2MF2 içsel sürtünme açısı-kür süresi ilişkisi.....	49
Şekil 5.19. Z-ZU1F1-ZU1F2-ZU1MF1-ZU1MF2 içsel sürtünme açısı-kür süresi ilişkisi.....	49

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 2.1. Çimento ve bazı pozalanların özellikleri.....	3
Çizelge 2.2. Dünya’da üretilen ve kullanılan uçucu kül miktarları.....	4
Çizelge 2.3. Dünya’da uçucu küllerin kullanım yerleri ve miktarları.....	4
Çizelge 2.4. 2006 Yılı TUIK termik santral katı atık verileri.....	4
Çizelge 2.5. Kül inceliği ve hacimsel yoğunluk değişimi.....	8
Çizelge 2.6. ASTM C 618 ve TS 639’a göre uçucu küllerin pozalan olarak kullanılabilirlik sınırları.....	9
Çizelge 2.7. Uçucu kül, taban külü ve portland çimentosu kompozisyonları.....	10
Çizelge 2.8. Sınıflandırılan uçucu küllerin kimyasal yapıları.....	10
Çizelge 2.9. Uçucu küllerin inşaat sektöründe kullanıldığı alanlar.....	12
Çizelge 5.1. Elyafların genel özellikleri.....	30
Çizelge 5.2. Deneyde kullanılan kilin bazı geoteknik özellikleri.....	31
Çizelge 5.3. Deneyde kullanılan külün kimyasal kompozisyonu.....	31
Çizelge 5.4. Elek analizi.....	34
Çizelge 5.5. Elek analizi gradasyonu.....	34
Çizelge 5.6. Hidrometre deneyine ait sonuçlar.....	35
Çizelge 5.7. Karışım serileri ve OSM-MKBA değerleri.....	39
Çizelge 5.8. Karışım serileri ortalama CBR değerleri.....	41
Çizelge 5.9. Karışım serileri ortalama CBR şişme yüzdeleri.....	42

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler	Açıklama
W_{opt}	Optimum Su Muhtevası
γ_{kmax}	Maksimum Kuru Birim Hacim Ağırlık
d	Elek Çapı
c	Kohezyon
Ψ	İçsel Sürtünme Açısı
σ	Normal Gerilme
τ	Kayma Gerilmesi
σ_d	Deviatör Gerilme
ρ	Ağırlıkça Donatı Oranı
$W_{donatı}$	Zemine Katılan Donatı Ağırlığı
$W_{karışım}$	Deney Kabına Yerleştirilen Toplam Karışım Ağırlığı

Kısaltmalar	Açıklama
UK	Uçucu Kül
Z	% 100 Zemin
ZU1	% 90 Zemin + % 10 Uçucu Kül
ZU2	% 85 Zemin + % 15 Uçucu Kül
ZF1	% 99.5 Zemin + % 0.5 F19
ZF2	% 99 Zemin + % 1.0 F19
ZMF1	% 99.5 Zemin + % 0.5 MF19
ZMF2	% 99 Zemin + % 1.0 MF19
ZU1F1	% 89.5 Zemin + % 10 Uçucu Kül + % 0.5 F19
ZU1F2	% 89 Zemin + % 10 Uçucu Kül + % 1.0 F19
ZU1MF1	% 89.5 Zemin + % 10 Uçucu Kül + % 0.5 MF19
ZU1MF2	% 89 Zemin + % 10 Uçucu Kül + % 1.0 MF19
ZU2F1	% 84.5 Zemin + % 15 Uçucu Kül + % 0.5 F19
ZU2F2	% 84 Zemin + % 15 Uçucu Kül + % 1.0 F19

ZU2MF1	% 84.5 Zemin + % 15 Uçucu Kül + % 0.5 MF19
ZU2MF2	% 84 Zemin + % 15 Uçucu Kül + % 1.0 MF19
MKBA	Maksimum Kuru Birim Hacim Ağırlık
OSM	Optimum Su Muhtevası
CBR	Kaliforniya Taşıma Oranı
SBD	Serbest Basınç Dayanımı
LL	Likit Limit
PL	Plastik Limit
PI	Plastisite İndeksi
F – 19	19 mm Uzunlukta Ağ Görünümlü Fiber (Fibrilize)
MF – 19	19 mm Uzunlukta Saç Teli Görünümlü Fiber (Multifilament)

1. GİRİŞ

Geoteknik mühendisliği uygulamalarında proje sahalarındaki zeminler bazı durumlarda arzu edilen özellik ve kalitede değildir. Zayıf, şişebilen, ileri derecede sıkışabilir nitelikte ve yüksek derecede geçirgen olabilirler. Bu tür durumlarda yapının ya da tesisin yerinin değiştirilmesi, istenilen özelliklere sahip olmayan zeminlerin uzaklaştırılarak yerine elverişli zeminlerin getirilmesi düşünülebilir. Ancak yapı ve yapının yerini çoğu zaman sadece geoteknik ölçütler değil, başka koşullarda belirlemekte ve mühendis yapıyı belirlenen yerde tasarlamak durumunda kalmaktadır. Bunun için uygun çözümlerden biri, yapının temelini zemindeki geoteknik şartlara göre ayarlamak veya zeminin geoteknik özelliklerini iyileştirmektir. Bunlardan ekonomik olan bazen ikinci alternatif olabilir.

Uygun olmayan zeminlerin stabilizasyon'unda genel olarak mekanik, hidrolik, fiziksel ve kimyasal olmak üzere başlıca dört tür iyileştirme metodu kullanılır. Bu yöntemlerin uygulanması ile zayıf zeminin dayanımını artırmak ve oturmaları azaltma olanağı vardır.

Stabilizasyon, gerçek anlamda yirminci yüzyılın bir mühendislik olayıdır. Özellikle son yıllarda yeni yöntemler önerilmiş ve uygulanmıştır. Bunun nedenlerini sağlam zemin bölgelerinin giderek azalması ve yetersiz temel ortamının kullanılma zorunluluğu, yapıların giderek artan boyutlarının getirdiği büyük gerilme limitleri olarak sıralamak mümkündür. Öte yandan bir ülkede stabilizasyon teknolojisinin gelişmesi de endüstrinin gelişimine paralel olmaktadır.

Bu çalışmada, katkı malzemeleri ile stabilizasyon üzerine deneysel çalışmalar yapılmıştır. Bu kapsamda öncelikle deneysel çalışmalarda kullanılan yüksek plastisiteli, kohezyonlu zeminin geoteknik özellikleri belirlenmiştir. Daha sonra, zemin-uçucu kül-polipropilen elyaf belirli oranlarda ve **Maksimum Kuru Birim Ağırlık-Optimum Su Muhtevası (MKBA-OSM)** dengesinde karıştırılarak Kaliforniya Taşıma Oranı (CBR), Serbest Basınç Deneyi ve Üç Eksenli Basınç deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneyler neticesinde uçucu kül katkısının LL ve PL'i artırdığı, PI değerini düşürdüğü görülmüştür. Uçucu kül ve elyaf katkının tüm karışım serilerini CBR, SBD, deviator gerilme, içsel sürtünme açısı ve kohezyon değerlerini artırdığı tespit edilmiştir.

2. UÇUCU KÜLLER

2.1. Pozalanlar

İçerisinde fazla derecede aktif silis içeren, tek başına bağlayıcı özelliği olmayan, fakat başka bağlayıcılar ile karıştırıldığında bağlayıcı özellik kazanan maddelere pozalan denir. Bağlayıcı özellik kazanabilmesi, pozalanın amorflik derecesine bağlıdır.

Pozalanlar doğal ve yapay olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır.

Doğal Pozalanlar :

1. Volkanik cüruflar
2. Volkanik tüfler
3. Diatom toprağı
4. Riyolitik Pomza Taşı

Yapay Pozalanlar :

1. Uçucu Kül
2. Yüksek fırın cürufu
3. Öğütölmüş pişmiş kil
4. Silis dumanı
5. Pirinç kabuğı külü
6. Demirli olmayan cüruf

Pozalanik özelliklere sahip birçok doğal ve yapay madde; beton teknolojisinde betonun çeşitli fiziksel, mekanik ve durabilite özelliklerini iyileştirmek ve ekonomi sağlamak, geoteknik mühendisliğinde ise zemin iyileştirme amaçlı katkı maddesi olarak kullanılmaktadır.

Pozalanlar, portland çimentosuna benzer mineralojik ve kimyasal bileşimlere ve fiziksel özelliklere sahip olmalarına rağmen, büyük kısmı kendi başına bağlayıcı özelliğe sahip değildir. Bu nedenle ikincil bağlayıcı maddeler olarak anılırlar.

Pozalanlar, SiO_2 , Al_2O_3 içerirler ve suyla karıştırıldıklarında çamur kıvamına gelirler, kurdukları zaman ise eski hallerine geri dönerler. Pozalanlar kireç katkısı ile suda erimeyen kalsiyum silikat tuzlarına dönüşürler.

Çizelge 2.1. Çimento ve bazı pozalanların özellikleri (Akman, 1992)

Bileşimindeki Oksitler	SiO₂ (%Ağırlık)	Al₂O₃ (%Ağırlık)	CaO (%Ağırlık)	Özgül Yüze Alanı (m²/kg)
Portland çimentosu	21	6.5	64	200-300
Doğal pozalanlar	65	18	6	200-300
F tipi uçucu kül (Si-Al)	80-90	10-20	0	200-300
Pirinç Kabuğu Külü	90-95	-	0	50000-60000
Silis Dumanı	100	-	-	15000-25000

2.2. Uçucu Kül

Türkiye’de elektrik enerjisi, kömüre dayalı termik santrallerden ve hidroelektrik santrallerinden elde edilmektedir. Termik santrallerde pulvarize kömürün yanması sonucu üç atık malzeme meydana gelir. Bunlardan birincisi taban külü, ikincisi bacadan çıkan duman içindeki çok ince zerrecikler halinde bulunan ve atık malzemelerin %75–80’ini oluşturan uçucu kül, üçüncüsü ise kazanın dibinde oluşan ve kazan külü olarak adlandırılan taban küdür (Özdemir, 2001). Uçucu kül baca gazları ile taşınarak siklon veya elektro filtrelerde toplanan önemli bir yan üründür. Kömürün yüksek sıcaklıklarda yanması sonucu meydana gelen ergimiş malzeme soğuyarak, gaz akışı ile kısmen veya tamamen küresel şekilli kül taneciklerine dönüşmektedir

Uçucu küldede bulunan başlıca bileşenler SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ ve CaO olup, bunların miktarları uçucu külün tipine göre değişmektedir. Ayrıca MgO, SO₃ ve alkali oksitler de minör bileşen olarak bulunmaktadır. Uçucu küldeki temel oksitlerden SiO₂ %25–60, Al₂O₃ %10–30, Fe₂O₃ %1–15 ve CaO %1–40 oranlarında bulunmaktadır. Bu farklı aralıklardaki değerler uçucu külün tipini karakterize etmektedir (Türker vd., 2003).

TS 639’a göre uçucu kül, toz halinde veya öğütülmüş taş kömürü veya linyit kömürünün yüksek sıcaklıklarda yanması sonucunda oluşan ve baca gazları ile sürüklenen, silis ve alümino–silisli toz halinde bir yanma kalıntısı olarak tanımlanır (Güvercin 2002). Uçucu kül renk olarak çimento tozundan farklı değildir ve rengi kremden koyu griye doğru değişir (Cripwell, 1992).

Uçucu küllerin ekonomik olarak değerlendirilmesi, kullanılan miktara, gerekli nakliye miktarına ve yapılacak olan tasarıma bağlıdır. Dünya’daki uçucu kül üretimi

yaklaşık olarak 450 milyon tondur. Bunun sadece %29,97'lik kısmı kullanılmaktadır. Çizelge 2.2. ve Çizelge 2.3.'de dünyada, uçucu küllerin kullanım yerleri, yüzdeleri ve miktarları verilmiştir. Çizelge 2.4.'de ise 2006 yılı termik santral katı atık verileri görülmektedir.

Çizelge 2.2. Dünya'da üretilen ve kullanılan uçucu kül miktarları

Miktar	Milyon Ton	Yüzde
Üretilen	450.00	% 100.00
Kullanılan	134.90	% 29.97

Çizelge 2.3. Dünya'da uçucu küllerin kullanım yerleri ve miktarları

Kullanım Yerleri	Miktar (Milyon Ton)	Yüzde
Çimento / Beton	82.15	60.90
Barajlar	4.99	3.70
Dolgular	19.69	14.60
Temel/Alt temel	6.34	4.70
Zemin iyileştirme	4.58	3.40
Mineral filler	0.67	0.50
Maden Uygulamaları	4.99	3.70
Atık saha iyileştirme	8.49	6.30
Ziraat / Tarım	0.13	0.10
Diğer	2,87	2.10

Çizelge 2.4. 2006 Yılı TUİK termik santral katı atık verileri

TUİK Verileri	2006
Katı atık miktarı (ton / yıl)	16.009.871
Tesis dışında geri kazanılan miktar	1.304.825
Bertaraf edilen miktar	14.705.046

2.2.1. Uçucu Küllerin Sınıflandırılması

Uçucu küller kimyasal yapılarına göre üç sınıfa ayrılırlar.

1. Siliko alüminaz uçucu küller
2. Sülfü kalsit esaslı uçucu küller

3. Sınıflandırılmayan ve yapısı muntazam olmayan uçucu küller

A. Siliko Alüminaz Uçucu Küller

Bunlar taş kömürü uçucu külleri olup esas yapısı siliko-alüminatlardan meydana gelmektedir. Bu uçucu küller normal sıcaklıklarda kireci bağlama özelliğine sahiptir, hidrolik bir bağlayıcı gibi sulu ortamda priz yaparlar. İşlem esnasında kimyasal reaksiyon ve sertleşme bir arada yürür. İçerdikleri alkali ve toprak alkali element oksitleri nedeni ile çok ince taneli ve camsı bir yapıya sahiptirler.

B. Sülfü Kalsik Esaslı Uçucu Küller

Yapılarının büyük bir kısmı SO_3 ve CaO 'dan meydana gelmiştir. Bazı hallerde bağlayıcı olmadan da kendi kendilerine priz alırlar. Bu sınıfa genellikle linyit kömürü uçucu külleri girmektedir.

C. Sınıflandırılmayan ve Yapısı Düzenli Olmayan Uçucu Küller

Bunlar elde edildikleri kömürün ve yanma sisteminin homojen olmadığı hallerde elde edilen uçucu küllerdir. Bunlar, belirli bir kimyasal yapıya sahip olmayan ve kimyasal bileşim oranları sürekli değişebilen küllerdir. Yine uçucu külleri, yukarıda verilen bilgilerin ışığı altında elde edildikleri kömürün tipine göre de genel olarak linyit uçucu külü ve taş kömürü uçucu külü olarak ikiye ayırmak mümkündür.

✓ **Taş Kömürü Uçucu Külü**

Taş kömürü uçucu külü genel olarak 3–100 μm incelikte ve 200 nolu elekte %16–20 oranında kalan bir granülometri verecek şekilde elde edilirler (Kumar, 1966). Spesifik yüzeyleri linyit uçucu külleri göre daha büyüktür. Bunlar tamamen kuru olarak elde edilirler ve taneciklerinin büyük bir kısmı minerallerden meydana gelmektedir. Uçucu küllerin inceliği fabrikanın verimli çalışması oranında yükselir, bacadan kaçan kül azaldıkça incelik artmaktadır (Erdoğan, 1993).

✓ **Linyit Uçucu Külü**

Linyit, turba ile bitümlü kömür arasında bir kömür olup uçucu maddesi fazla ve genel olarak esmerdir. Bu uçucu küllerin kullanılma olanakları tamamen fiziksel ve kimyasal yapılarına bağlıdır. Etkili fiziksel özellikleri su absorpsiyonu, görünür yoğunluk, spesifik yüzey olarak tanımlanabilir (Erytropel, 1969). Kimyasal özellikleri bakımından ise linyit uçucu külü, taş kömürü uçucu külüne göre özellikle toprak alkali metallerin fazla oluşu bakımından farklıdır. Bu son özellik linyit uçucu külünün kullanılmasında büyük önem taşır. Birbirinden farklı uçucu küllerin fiziksel ve kimyasal

özelliklerinin karşılaştırılması ile kalite bakımından uçucu küllerin arasında tercih yapılır. Spesifik yüzey ve granülometri, kömürün ezilme durumuna göre her ülkede farklıdır.

2.2.2. Uçucu Külün Yapısı

Uçucu küller, amorf (camsı yapıda) içi boşluklu veya dolu yapıda kürecikler ile mineral parçacıklar ve yanmamış taneciklerden meydana gelir. Yanma biçimine bağlı olarak temel bileşeni silis, alümina veya kireç ve kükürt dioksit olabilir. Demir oksit, kalsiyum oksit, titan oksit ve alkaliler yan bileşenler olarak bulunur. Çizelge 2.5.'de Türkiye'deki bazı termik santral uçucu küllerinin bileşenleri toplu halde verilmiştir (Ölmez, 1988).

Mineralojik olarak, uçucu küldeki silikanın bir kısmı kuvars kristalleri halinde, bir kısmı mullit ($2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$) ve geriye kalanı da camsı fazda bulunur. Demir, magnetit (Fe_3O_4), hematit (Fe_2O_3) ve amorf camsı haldedir. Genel olarak ideal şartlarda elde edilen uçucu küllerin %66–88' i amorf yapıdadır. Uçucu külün içerisindeki karbon miktarları çok değişiklik göstermektedir ve yanma oranı yüksek olan termik santrallerde karbon yüzdesi çok düşük olmaktadır. Eski tip santrallerde, bu oran %10 civarında iken yeni santrallerde ise %3'ün altına düşmektedir. Uçucu külün karbon miktarı kızdırma kaybı değerinden düşük olmalıdır. Genellikle kızdırma kaybı 0.90 ile çarpılarak karbon oranı bulunabilir.

2.2.3. Uçucu Küllerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

A. Görünüm

Uçucu kül çimentodan daha koyu gri renkte, çok küçük taneli, akıcı elle dokunulduğunda yumuşak bir malzemedir. Mikroskopla bakıldığında çeşitli şekil ve büyüklükte, genellikle küresel, şeffaf, bazen açık renkli, bir kısmı siyah çok az esmer kırmızı taneciklerden meydana gelir. Renginin koyuluğu ile açıklığı elde edildiği kömüre ve yanış şekline bağlıdır. Linyit kömüründen elde edilen uçucu küller ise daha esmerdir. Ayrıca iyi yanmış bir uçucu kül iyi yanmamış olan bir uçucu külden daha açık renktedir. Uçucu küle siyah renk veren ikinci özellik ise bünyesinde bulunan yanmamış karbonlardır. Şekil 2.1'de farklı renklerde uçucu küller verilmiştir.



Şekil 2.1. Farklı renkteki uçucu küller

B. İncelik

Uçucu külün inceliği özellikle termik santrale verilen kömürün öğütülme derecesine bağlıdır. İnceliğe etkili olan ikinci faktör de ince küllerin mümkün olabildiğince bacadan kaçmasına mani olunarak tutulmasıdır. Bacadan kaçan uçucu kül miktarı azaldıkça incelik artar. Ayrıca incelik uçucu külün elde edildiği kömürün türüne göre de değişir. Genel olarak taş kömürü uçucu külü, linyit uçucu külünden, elektro filtrelerde toplanan uçucu küller ise siklonlarda toplanandan daha incedir.

Uçucu külün inceliği genellikle 1–200 μm arasındadır. %16–25'i 80 μm 'lik elekte, %26–40'ı ise 50 μm ' lik elekte kalmaktadır. 40 μm ' den daha küçük taneciklerin elekte ayrılması olanaksızdır. Genel olarak uçucu küllerin ortalama boyutları 20–50 μm arasındadır (PFA Utilization, 1972).

C. Yoğunluk

Uçucu küllerin yoğunluğu, inceliğine ve mineralojik yapısına bağlıdır. İçi dolu küresel tanelerden meydana gelen uçucu küllerin yoğunlukları daha fazla, süngerimsi taneciklerin ki ise daha azdır. Uçucu küller çimentodan daha düşük yoğunluğa sahip olup yoğunlukları yapısında bulunan silikat, alüminat, demir ve yanmamış karbon miktarı ile değişmektedir. Yüksek demir içeriği uçucu külün yoğunluğunun daha yüksek olmasına, yüksek miktarlarda alüminat, silikat ve yanmamış karbon ise daha düşük bir yoğunluğa neden olur. Yoğunluk külün mineralojik yapısına göre de değişmektedir. Uçucu küllerin içinde, farklı yoğunlukta küller bulunur. Bunların miktarları da birbirinden farklıdır. Şekil 2.2.'de uçucu kül içerisindeki farklı yoğunlukta uçucu küllerin yüzdeleri görülmektedir.

Uçucu küllerin incelikleri arttıkça hacimsel yoğunlukları da artmaktadır. Çizelge 2.6.'da uçucu küllerin inceliğe göre yoğunluk değişimleri görülmektedir. (PFA, 1972).

Çizelge 2.5. Kül inceliği ile hacimsel yoğunluk değişimi (PFA Utilization, 1972)

Spesifik Yüzey (cm ² /gr)	Hacimsel Yoğunluk (gr/cm ³)	Spesifik Yüzey (cm ² /gr)	Hacimsel Yoğunluk (gr/cm ³)
690	1.64	2690	2.08
740	1.74	3720	2.19
1080	1.77	3990	2.28
1110	1.82	4740	2.33
1180	1.83	5280	2.42

D. Karbon Miktarı

Yanma olayının yüksek oranda gerçekleştiği termik santrallerde yanmamış karbon miktarı çok düşük olmaktadır. Yeni tip santrallerde bu oran %3 düzeyinin altında kalmaktadır. Uçucu külün yapısındaki karbon miktarı kızdırma kaybindan az olmalıdır. Uçucu külün yapısındaki karbon miktarı kızdırma kaybindan az olmalıdır. Uçucu küllerdeki karbon, yanıcı olan tanelerin üzerinde ince karbon tabakası veya ayrı ayrı taneler olarak bulunmaktadır. Uçucu küllerdeki karbon taneleri tane boyutu çoğu zaman diğer tanelerden daha büyüktür (Atanur,1971).

E. Asitlerin Etkisi

Uçucu küllere asitlerin etkisi çok azdır. Seyreltilmiş asit içerisinde uçucu küllerin çözünürlüğü en fazla %15'tir. Ancak bu miktar küllerin kimyasal ve mineralojik yapısına bağlı olarak değişebilmektedir. Uçucu külün yapısında bulunan amorf silis taneciklerinin çözünürlüğü pH değeri yükseldikçe artmaktadır. Ayrıca amorf silisin çözünürlüğü pH'ında bir fonksiyonudur (Aras, 1971).

F. Mekanik Dayanım

Uçucu küllerin mekanik dayanımları bünyelerinde bulunan boşluklu malzeme yüzdesine bağlı olarak değişmektedir. Bilyeli değirmende ezilen uçucu külün yoğunluğunda ve spesifik yüzeyinde artış görülmüştür. Örneğin ilk 15 dakikalık öğütme sonunda 1,90

gr/cm³ olan yoğunluk, 4 saatlik öğütme işlemi sonunda 2,67 gr/cm³'e ve 2.400 cm²/gr olan spesifik yüzey 12.000 cm²/gr'a yükselmiştir (EİE, 1979).

2.2.4. Uçucu Küllerin Kimyasal Yapıları

Uçucu külün kimyasal bileşimi incelendiğinde, %85 veya daha fazla oranda SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ ve MgO bileşiklerinden oluştuğu görülmektedir. Kullanılan kömüre ve yanma sıcaklığına bağlı olarak bileşenler değişiklik göstermektedir. Kullanılan kömüre bağlı olarak bazı tiplerinde yüksek miktarda CaO bulunabilmektedir.

Yapılarında içerdikleri analitik CaO miktarı bakımından ;

1. CaO miktarı %10'dan az olanlara düşük kireçli/kalsiyumlu uçucu kül
2. CaO miktarı %10'dan fazla olanlara yüksek kireçli/kalsiyumlu uçucu kül olarak ikiye ayrılmaktadır.

Uçucu kül yapısındaki SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ miktarı bakımından da ;

1. SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ miktarları toplamı %70'den fazla olan ve genellikle taş kömüründen elde edilen "F" sınıfı uçucu kül
2. SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ miktarları toplamı %50 ile %70 arasında olan ve genellikle linyit kömüründen elde edilen "C" sınıfı uçucu kül olarak ikiye ayrılmaktadır. F ve C sınıfı uçucu kül özellikleri Çizelge 2.7.'de verilmiştir.

TS 639 ve ASTM C 618'e göre uçucu küllerin kimyasal bileşimleri Çizelge 2.7.'de verilmiştir. Yine Çizelge 2.8.'de uçucu kül, taban külü ve çimentonun bileşimleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Çizelge 2.6. ASTM C 618 ve TS 639'a göre uçucu küllerin pozalan olarak kullanılabilirlik sınırları

Kimyasal Bileşik	ASTM C 618 (%)		TS 639 (%)
	F	C	
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	En az %70	En az %50	En az %70
MgO	En çok %5	En çok %5	En çok %5
SO ₃	En çok %5	En çok %5	En çok %5
Na ₂ O + K ₂ O	En çok % .5	En çok %1.5	-
Nem	Maksimum 3	Maksimum 3	Maksimum 3
Yanma Kaybı	En çok %12	En çok %6	En çok %10

Çizelge 2.7. Uçucu kül, taban külü ve portland çimentosunun kimyasal kompozisyonları
(Çakır, 1999; Alataş, 1996)

Kimyasal Kompozisyon	Uçucu Kül (%)	Taban Külü (%)	Port. Çimento (%)
(Alüminyumoksit) Al_2O_3	20-40	10-37	4-7
(Demirdioksit) Fe_2O_3	4-24	5-37	1-4
(Silisdioksit) SiO_2	34-58	21-60	19-23
(Kalsiyumoksit) CaO	2-27	0-22	61-67
(Magnezyumoksit) MgO	1-6	0-4	0.5-3
(Sülfat) SO_3	0.5-4	-	1-4

Çizelge 2.8.'de ise uçucu küllerin kimyasal olarak yapılarında bulunan bileşikler ve buna bağlı sınıflandırmaları gösterilmiştir.

Çizelge 2.8. Sınıflandırılan Uçucu Küllerin Kimyasal Yapıları (Haşal, 2000; Erşan, 1996)

ASTM Sınıflandırması	F - Tipi		C - Tipi			Diğerleri	
Tanımlama	F_f	F_c	F_a	C_{1a}	C_{2a}	C_{1f}	C_{2f}
Kimyasal Yapı	Silika Alüminoz		Siliko Kalsik			Süfo Kalsik	
SiO_2	59.4	41.4	47.4	36.2	37.9	24.0	13.5
Al_2O_3	22.4	24.8	21.3	17.4	18.9	18.5	5.5
Fe_2O_3	8.9	18.6	6.2	6.4	6.5	17.0	3.5
CaO	2.6	2.5	16.6	26.5	24.9	24.0	59.0
Na_2O	2.2	1.5	0.4	2.2	0.8	0.8	-
MgO	1.3	0.7	4.7	6.6	6.6	1.0	1.8
SO_3	2.4	1.2	1.5	2.8	3.0	8.0	15.1
Yanma Kaybı	2.0	9.5	15.0	0.6	0.8	-	-
Serbest Kireç (CaO)	-	-	-	2.8	2.2	-	28.0

2.2.5. Uçucu Küllerin Mineralojik Özellikleri

Uçucu küllerin kimyasal ve mineralojik bileşimleri arasında doğrudan bir ilişki bulunmamasına rağmen, mevcut ulusal ve uluslar arası standartlarda yalnızca kimyasal oksit analizi kullanılarak bu malzemelerin kullanılabilirliği belirlenmektedir. Oysa uçucu küllerin reaktivitesi mineralojik yapıları ile ilgilidir (Tokyay, 1993).

Uçucu küller gözenekli veya dolu camsı küresel taneler ile yanmamış mineralleri içeren süngerimsi ve köşeli anglomera tanelerden meydana gelmektedir. Uçucu küllerde en fazla bulunan mineraller silikat (SiO_2), mullit ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), hematit (Fe_2O_3), manyetit (Fe_3O_4), kalsit (CaCO_3)' tür. Uçucu küllerin bir kısmı SiO_2 ve Al_2O_3 ' den meydana gelirken, diğer bir kısmı alkali elementlerin özellikle SiO_2 ve Al_2O_3 ile yaptıkları camsı bileşiklerden oluşmaktadır (PFA, 1974; E.İ.E, 1979)

Mineralojik analizlerde genellikle uçucu kül içerisindeki silisyumun bir kısmının kuvars kristalleri halinde diğer bir kısmının ise alüminat ile birleşerek mullit, geri kalanının ise camsı yapıda olduğu saptanmıştır. Demirin kısmen manyetit ve hematit bileşiminde geri kalanının ise camsı yapıda olduğu görülmüştür. Uçucu küllerin, %66–88'i camsı yapıda, %70–88'i SiO_2 ve Al_2O_3 geri kalan kısmı ise demir, kalsiyum, magnezyum, sodyum, potasyum ve titanyum'dan meydana gelmektedir (E.İ.E., 1979; Joshi ve Nagaraj, 1987)

2.2.6. Uçucu Küllerin Pozalanik Özellikleri

Pozalan; tek başına bağlayıcılık özelliği olmayan ancak ince olarak öğütülüp normal sıcaklıktaki nemli ortamda kalsiyum hidroksitle kimyasal reaksiyona girerek bağlayıcılık özelliği gösteren malzeme olarak tanımlanır. En yaygın pozalan uçucu küldür. Uçucu kül, termik enerji santrallerinde öğütülmüş kömürün yanması ile ortaya çıkan bir üründür. Baca gazları atmosfere bırakılmadan önce bu gazlar içindeki ince tanelerin toz toplama sistemi tarafından toplanmasıyla elde edilir. Taneler genellikle küresel olup çapları 1–200 μm arasındadır. Uçucu külün kimyasal bileşimi ve özellikleri kullanılan kömürün yapısı ve bileşimi ile külün yakılma biçimine bağlıdır. Külün inceliği pozalanik aktiviteyi büyük ölçüde etkiler.

Uçucu küllerin inceliklerini artırmak için uçucu kül elenebilir, hava kullanılarak iri ve ince taneler ayrılabilir veya öğütme işleminden geçirilebilir. Pozalanik reaksiyon uçucu külün yüzeyinde başlar. İncelik arttırılırsa pozalanik reaksiyonda artar. Ayrıca betonda en zayıf halka olan agrega–çimento hamuru ara yüzeyinin özelliklerinin iyileşmesi

içinde uçucu kül inceliği önemlidir.

2.2.7. Uçucu Küllerin İnşaat Sektöründe Kullanım Alanları

Dünya’da 1970’li yılların sonlarına doğru başlayan petrol krizinin ardından enerji kullanımını azaltmaya ve alternatif malzemelerin kullanılmasına yönelik çalışmalar artarak devam etmiştir. Uçucu küllerin fiziksel, kimyasal ve mineralojik özellikleri incelendiğinde, bunların inşaat sektöründe rahatlıkla kullanılabileceği ve dolayısıyla bir yandan malzeme ve enerji üretiminde ekonomi sağlarken diğer yandan çevre kirliliğinin önlenmesi ile ekolojik dengenin korunması da mümkün görülmektedir. İnşaat sektöründe uçucu kül; çimento, kerpiç, agrega, tuğla, beton, gazbeton ve yalıtım malzemesi üretiminde, baraj ve yol yapımı ile geoteknik uygulamalarda kullanılmaktadır. Türkiye ve Dünya’da genel olarak uçucu küllerin inşaat sektöründe kullanım alanları Çizelge 2.11’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.9. Uçucu küllerin inşaat sektöründe kullanıldığı alanlar

Malzeme	Kullanım Amacı / Yeri	Malzeme	Kullanım Amacı / Yeri
Çimento	Katkı ve ikame malz.	Yapı	Blok,Panel Duvar,Gaz
Agrega	İnce ve hafif agrega	Tuğla	Katkı malzemesi
Beton	Katkı ve ikame malz.	Çeşitli	Baraj, Otoyol ve
Kerpiç	Bağlayıcı malzeme	Uygulamalar	Geoteknik Uygulamalar

A. Uçucu Küllerin Çimento Üretiminde Kullanımı

İNŞAAT sektöründe uçucu küllerin yaygın olarak kullanıldığı alanların başında çimento üretimi gelmektedir. Çimento yapımında kullanılan hammaddeler genel olarak yapısında CaO, SiO₂, Al₂O₃ ve Fe₂O₃ olmak üzere dört bileşiği içerirler. Uçucu küllerde de aynı bileşikler bulunduğu için çimento üretiminde kullanılmaktadır. Çimento klinkerine katılarak birlikte öğütülebilirler. Böylece ortaya çıkan çimentoya uçucu küllü çimento denir (İntron, 1992).

B. Uçucu Küllerin Betonda Kullanımı

Uçucu küller betonda üç şekilde kullanılabilirler.

1. Çimento yerine pozalan olarak
2. İnce daneli agregaya katkı malzemesi olarak

3. Hem çimento hem de ince daneli agrega olarak

İncelikleri nispeten yüksek olan uçucu küller betonda ince malzeme ile yer değiştirmek suretiyle kullanılırlar. İnce malzeme özgül yüzey alanının arttığını, dane dağılımının iyileştiğini ve agregadan tasarruf sağlandığını göstermiştir.

Uçucu külleri pozalanik özelliklerinden dolayı çimento ile yer değiştirmek suretiyle kullanmak mümkündür. Uçucu küller daha büyük özgül yüzey alanına ve inceliğe sahip olduklarından ince ve çimentolaşabilen malzeme hacminde artış sağlanır. Böylelikle çimentoda tasarruf sağlanır. Çimentonun ağırlıkça %20'sinin yerine uçucu kül kullanıldığında toplam bağlayıcı malzeme miktarında %10'luk bir artış elde edilebilmektedir. Beton karışımında uçucu kül; işlenebilirliği artırır, hidrasyon ısını azaltır, nihai mukavemeti artırır, alkali-agrega reaksiyonuna, sülfat etkisine karşı dayanımı artırır, permeabiliteyi azaltır (Toros, 1987; İlhan, 1995; Erdinç, 1995). Uçucu külün betonda katkı malzemesi olarak kullanılması özellikle kütle yapılarında ekonomik ve pratik olmaktadır. Uçucu küllerin kütle betonlarda çeşitli şekillerde kullanımı mevcuttur.

C. Uçucu Küllerin Silindirle Sıkıştırılmış Betonlarda Kullanımı

Çok düşük çimento dozajlarıyla üretilen bu betonlar hiç çökme vermeyen ve titreşimli yol silindirlerini taşıyabilecek kadar kuru ve sıkıştırıldıklarında alt tabakalara yapışacak kadar nemli betonlardır. Silindirle sıkıştırılmış betonlar yöntem olarak geleneksel anlamda beton üretiminden ziyade geoteknik mühendisliği uygulamalarına daha yakındır. Kuru kıvamda düşük işlenebilirlikli beton tabakalar halinde titreşimli silindirler kullanılarak sıkıştırılması esasına dayanır.

D. Uçucu Küllerin Hafif Agrega Üretiminde Kullanımı

Uçucu kül, hafif öğütülmüş katı yakıt, su ve yeterli katkı (%1 ila %5 oranında kireç) karışımının 1000–1200 C°de sinterleştirilmesi ile pellet veya nodüller üretilir. Taneler arasında kalan boşluk sayesinde hafif agrega üretilmektedir. Elde edilen hafif agregalar elenerek boyutlarına göre sınıflandırılır (Yılmaz, 1992; Helmuth, 1987).

E. Uçucu Küllerin Tuğla Üretiminde Kullanımı

Uçucu küller çok ince taneli yapıya sahip olmaları, sertleştikleri zaman yüksek dayanım vermeleri ve kilin yapısındaki oksitleri içermesi sebebi ile tuğla üretiminde

kullanılabilmektedir. Uçucu küller tuğla üretiminde iki şekilde kullanılır;

1. Yardımcı ve düzeltme malzemesi olarak; Uçucu kül su muhtevası yüksek olan killerin fazla suyunu emerek, plastik killerin çatlamasını, şişmesini önler ve çiçeklenme olayını engeller.
2. Ana malzeme olarak; Killerle karıştırılarak basınç altında kalıplara yerleştirilen karışım ısıtma işlemine tabii tutulur. Uçucu kül, pozalanik özelliği ve inceliği sebebi ile pişmiş malzemede mukavemetin önemli ölçüde artmasını sağlar(Yılmaz, 1992; Ergüt, 1994; Erdinç, 1995).

F. Uçucu Küllerin Gaz Beton Üretiminde Kullanılması

Uçucu küllü gaz beton çimento, kireç, kum ve alüminyum tozları ile uçucu küllerin karıştırılması sonucu oluşturulan harca gaz sürüklenmesi ile üniform hücreli bir yapı oluşturarak üretilen bir hafif betondur. Hava boşlukları kütlede kimyasal reaksiyon yöntemi ile gaz oluşturularak ve hava göndererek oluşturulur. Daha sonra otoklavda buhar kürü uygulaması ile dayanımı artırılır. Üretimin yeterli olabilmesi için uçucu külün yeterli pozalanik aktiviteye ve inceliğe sahip olması gereklidir. Birim hacim ağırlıkları 4–16 kN/m³ arasında değişir.

G. Uçucu Küllerin Kerpiç Yapımında Kullanılması

Bilindiği gibi kerpiç yapımında killi toprak ve lif olarak da saman kullanılmaktadır. Kerpiç, dayanımı düşük olan ve suya karşıda zayıf olan geleneksel bir yapı malzemesidir. Kerpice dayanımını ve dayanıklılığını artırmaya yönelik çeşitli araştırmalar bulunmaktadır. Kerpice bağlayıcılığını artırmak için alçı katılmış ve oluşan bu yeni malzemeye de alker adı verilmiştir. Bünyesine katılan alçı, alkerin fiziksel ve mekanik özelliklerini alçı katılmamış kerpice göre önemli ölçüde iyileştirmiştir (Kafesçioğlu, 1985). Bundan başka kerpice bünyesine uçucu küller katılarak başka araştırmalarda yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalar, kerpice bünyesine katılan uçucu külün kerpice özelliklerini olumlu yönde etkilediğini göstermiştir. Yine bu çalışmalar neticesinde uçucu külün kerpiç bünyesinde bağlayıcı malzeme olarak kullanılabileceği görülmüştür.

H. Uçucu Küllerin Geoteknik Çalışmalarda Kullanılması

Uçucu küller, geoteknik mühendisliği alanında geniş bir kullanım alanına sahiptir. Uçucu kül zeminler için katkı malzemesi olarak zemin iyileştirilmesi, enjeksiyon ve dolgu malzemesi gibi temel amaçlara hizmet edebilmektedir. Uygulamada;

- Zemin stabilizasyonunda, zemin özelliklerini iyileştirici katkı malzemesi olarak
- Dolgu malzemesi olarak; Kanal kazı dolgu malzemesi, temel altı dolgusu, istinat duvarı arka dolgusu, baraj dolgu malzemesi, yol inşaatında dolgu malzemesi ve iyileştirme malzemesi olarak
- Enjeksiyon malzemesi olarak
- Çevre geotekniği ve atık depolama tesislerinde taban, yan ve üst sızdırmazlık tabakası olarak kullanılırlar.

a. Zemin Stabilizasyonunda Kullanılması; Stabilizasyon işleminde fiziksel, mekanik işlemlerin yanı sıra kimyasal etkilerde göz önünde tutulmalıdır. Genel olarak kimyasal işlemler tek yönlüdür. Reaksiyon tamamlandıktan sonra oluşan ürün niteliklerini kolay kolay kaybetmez. Stabilite yönünden en sorunlu zeminler, plastisite indisi 10'dan daha yüksek olan killer ve siltli killerdir. Stabilize edilmedikleri zaman su ile temas ettiklerinde çok yumuşak bir hal alırlar. Bu zeminler uçucu küle stabilize edildiklerinde uçucu kül bünyesindeki kalsiyum hidroksit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) hızlı bir şekilde katyon değişimine ve topaklaşmaya neden olacak ve bu zeminler silt gibi davranacaklardır. Reaksiyon birkaç saat içinde başlar ve zeminin plastisite indisi ile kullanılan uçucu külün yapısındaki kireç miktarına bağlı olarak birkaç gün içerisinde tamamlanır. Plastik durumdaki kil yarı katı ve kolay ufalanabilir bir yapıya sahip olur, plastisite indisi azalır, rötre limiti artar. Kireç yüksek alkali ortam meydana getirmek için zemin suyunda çözülür. Böylece çok sayıda topaklaşmaya neden olacak şekilde kalsiyum iyonları kilin içinde reaksiyona girer. Bu tür zemin stabilizasyonu pozalanik reaksiyon neticesinde gerçekleşir. Bu reaksiyonda kireç kimyasal olarak çimentolaşma sırasında zemindeki silikat ve alüminat ile birleşir. Böylece bir mukavemet artışı sağlanır. Bu mukavemet artışı zemin davranışında süneklik meydana getirir (Ledbetter, 1981; Yazıcı, 1991; Laguros ve Jha, 1971; Savran, 1988; Çakır, 1999; Günal, 1996).

b. Dolgularda Kullanılması; Uçucu küller çimentolaşma sayesinde kohezyon özelliği gösterirler. Sürtünme özelliklerine haiz taneli bir yapıya sahip olduklarından ince taneli zeminlere göre daha yüksek bir içsel sürtünme açısına sahiptirler. Kullanılan uçucu kül kendi kendine sertleşme özelliğine sahipse meydana gelecek çimentolaşma

etkisiyle, dolgu daha geçirimsiz, yatay ve düşey basınçlar altında daha az deformasyon yapan nitelikte ve dolgunun oluşturacağı yatay ve düşey gerilmeler daha az olacaktır. Uçucu küle kireç katılması sonucu, pozalanik reaksiyon oluşturarak dolgunun dayanımının artması da sağlanabilir.

Binalarda temel altı dolgusunda, uçucu külün homojenliği ve pozalanik davranışının incelenmesi gerekir. Yeterli inceleme yapılmadığı takdirde farklı oturma problemleri ile karşılaşılabilir (Büyüköner, 1989).

Karayolu inşasında taban zeminin iyileştirilmesinde, temel ve alttemel'de agrega olarak ve kaplama tabakalarının oluşturulmasında karışıma eklenerek kullanılabilir (Akman, 1993; İlhan, 1995).

Barajlarda uçucu kül, silindirle sıkıştırılmış beton (SSB) olarak kullanılabilir. SSB farklı dozajlarda veya kullanım yerine göre istenen dozaj da üretilmekte ve geoteknik prensiplere uygun olarak titreşimli silindirlerle sıkıştırılmaktadır (Özturan, 1990; Akman, 1993; İlhan, 1995; Fincan, 1996).

Kanal ve diğer kazıların doldurulmasında uçucu kül katkı harç dolgu malzemesi olarak kullanılabilir (Özturan, 1990; Akman, 1993; İlhan, 1995; Fincan, 1996)

İstinat duvarı arka dolgusu olarak kullanılması durumunda uçucu külün kendi kendine sertleşmesi nedeni ile yatay basınçlar düşmekte ve istinat duvarının stabilitesi artmaktadır. Uçucu küller, donatılı zemin duvarlarda da kullanılmaktadır (Erşan, 1996; Martin ve diğ., 1990).

c. Enjeksiyon Malzemesi Olarak Kullanılması; Enjeksiyon; şev stabilitesi toprak dolgu, havaalanı pist stabilizasyonu, çöp depolama tesislerinde, kullanılan veya kullanılmayan kapatılmış madenlerde yüzey çökmesinin kontrolü ve temellerde uygulanmaktadır. Uçucu külleri dane boyutu ve şekli, dane dağılımı ve pozalanik özelliği nedeniyle etkili bir enjeksiyon malzemesi olarak kullanmak mümkündür. Kireç harcı enjeksiyonu, zeminlerin arazide hacim değiştirme potansiyellerini azaltmak ve bazı durumlarda onların taşıma kapasitelerini artırmak amacıyla yapılan bir zemin iyileştirme yöntemidir. Kil oranı düşük zeminlerde kireç tek başına istenilen iyileşmeyi sağlayamamaktadır. Uçucu küller SiO_2 ve/veya Al_2O_3 bileşimine sahip oldukları için zeminlerin stabilizasyonunda kireçle birlikte kullanılarak çimentolaşma özelliğine sahip ideal bir malzeme oluşturmaktadır. Uçucu kül-kireç karışımlarının en önemli özelliği kendi kendine sertleşme mekanizmasıyla zemindeki çatlaklar ve boşlukların

arasındaki çimentolaşmayı sağlamasıdır. Çimentolaşma özelliğine sahip bir malzemedan büyük oranda ihtiyaç duyulan enjeksiyonlarda uçucu kül en ekonomik çözümdür. Uçucu kül–kireç enjeksiyonu dolguların oturmasını azaltarak taşıma kapasitelerini artırır ve geçirimsizliğini azaltır (Joshi ve Nagaraj, 1987; Erşan, 1996; Günal, 1996).

d. Katı Atık Depolarında Sızdırmazlık Malzemesi Olarak Kullanılması;

Katı atık depolama sahalarında taban, yan ve üst sızdırmazlık tabakası olarak kullanılabilir. Katı depolama sahası gibi tabakalı dolgularda kullanılacak malzeme aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır.

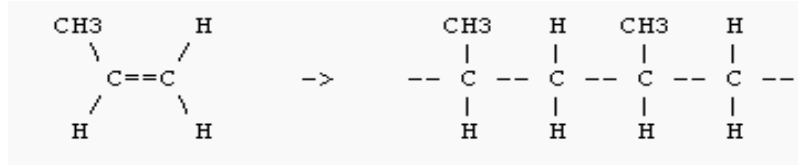
1. Permeabilite katsayısının en az 10^{-9} cm/sn olması gerekir. Uçucu kül katkısı ile bu değer elde edilebilmektedir.
2. Yeterli mukavemete ve iklim şartlarından kaynaklanan ıslanma–kuruma ve donma–çözünme çevrimlerine karşın yeterli dayanıma sahip olmalıdır. Uçucu külün bu çevrimlerde permeabilite ve elastisite modülü değerlerinde önemli değişikliklere sebep olmadığı görülmüştür.
3. Malzeme arazi yapım koşulları altında yerleştirme ve sıkıştırma açısından işlenebilir olmalıdır. Uçucu kül, yapım değişkenlerinin kontrolü ile malzeme işlenebilir hale getirilebilecektir.
4. Sızdırmazlık malzemesi, sızıntı suyu ile temas ettikten sonra bile mukavemetini ve permeabilite değerlerini korumalı, yapısındaki maddeler ayrışmamalı ağır metaller gibi kritik kimyasalları tutma kabiliyetine sahip olmalıdır.

Eski katı atık depolarının ıslahında kireç–uçucu kül enjeksiyonları uygulanır. Oturmaların devam ettiği katı atık depolarında inşa edilen beton kaplama veya döşemelerde farklı oturmaların meydana getirdiği hasarların onarımı için kireç ve uçucu kül enjeksiyonu kullanılabilir (Erşan, 1996; Günal, 1996).

3. POLİPROPİLENLER

3.1. Polipropilen

Polipropilenler, otomotiv sanayinde kullanılan parçalardan, tekstil ve yiyecek paketlemesine kadar çok geniş bir kullanım alanına sahip olan termoplastik bir polimerdir. Polipropilenler son zamanlarda inşaat mühendisliğinde beton ve zemin katkısı olarak hızlı bir biçimde kullanılmaya başlamıştır. Monomer propilenin polimer hale getirilmesi ile elde edilen propilen kimyasal solventlere (asit ve baz) karşı aşırı derecede dirençlidir.



Polipropilen Monomer

Polipropilen Polimer

3.1.1. Polipropilenlerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Polipropilen yarı şeffaf beyaz katı bir maddedir. 121 °C'ye kadar olan sıcaklıklarda uzun süre kullanılabilirler. Erime noktaları 175 °C'dir. Bu nedenle polipropilen malzemeler sterilize edilebilirler. Soğuk organik çözücülerde çözülmezler, sıcak çözücülerde yumuşarlar. Birçok bükülmeden sonra dahi sertliğini korurlar. Antioksidan katılmadığı zaman ısı ve ışığın etkisi ile bozulur. Kolay bir şekilde renklendirilemez. İyi bir elektriksel dirence sahiptir. Düşük su absorpsiyonu ve geçirgenliği vardır.

-9,4 °C'nin altında kırılındır. Mantarlara ve bakterilere karşı dayanıklıdır. 60 °C'ye kadar kuvvetli asitlere ve bazlara dayanıklıdır. Klor, nitrik asit ve diğer kuvvetli oksitleyiciler tarafından etkilenir. Yakılabilir fakat yavaş yanar, zehirsizdir.

Gıda tüzüğüne uygundur. Uygun şekilde modifiye edildiğinde iyi bir ısı dayanımına sahiptir. Metal kaplanarak, enjeksiyon veya şişirme kalıplama ve ekstrude edilerek kullanılır. Düşük maliyetlidir, darbelere karşı dayanıklıdır. UV ışını dayanımı azdır, yüksek oranda termal genişleme gösterir (Erbay, Taşkiran, Yağcı, Cöbek, 1999).

A. Polipropilenlerin Fiziksel Özellikleri

a. Molekül ağırlığı ve izotaktik indeksle ilgili erime indeksi (MI)

b. Stereo regürlülikle ilgili indeks

olmak üzere iki temel indeksi vardır.

İzotaktik ve ataktik polimerlerin özellikleri aşağıdaki gibidir ;

	<u>İzotaktik Polimer</u>	<u>Ataktik Polimer</u>
Yüzey Görünümü	→ İnce esnek ve yapışkan bir tabaka görüntüsü	Camsı geçiş noktası üzerinde lastiğe benzer bir hal
X – Ray	→ 130 °C altındaki noktalarda kristalize	Amorf lineer ışıltı
Polarizasyon	→ Fark edilebilir iki renklilik gösterir.	İki renklilik göstermez
Sıcaklık Analizi	→ İlk camsı geçiş noktası 170 °C	100 °C altında yumuşar ve erir
Yoğunluk	→ Yüksek	Düşük
Gerilme Dayanımı	→ Molekül ağırlığı büyüdükçe artar	Düşük

B. Polipropilenlerin Kimyasal Özellikleri

Polipropilenler, fevkaledede iyi kimyasal dirence sahiptirler. Bu özellikleri kristalinite derecesi yükseldikçe daha da iyileşir. Buna karşın, şüphesiz ki polipropilenler yüksek fiyatlı belirli özel üretim plastikler gibi bilinen tüm kimyasallara karşı dirençli değildirler. Gerçek uygulamalarda göz önüne alınması zorunlu olan kimyasallar, yüksek konsantrasyonlu sülfirik asit, nitrik asit, potasyum dikromat, kerosen ve karbon tetraklorürdür.

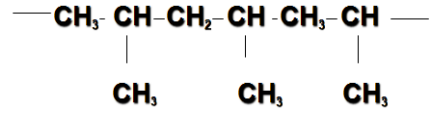
Bunlar hariç, polipropilen bilinen diğer tüm kimyasallara karşı son derece dayanıklıdır. Aşağıda polipropilenler'in sahip olduğu kimyasal özellikler maddeler halinde verilmiştir.

- ✓ Kimyasal direnci yüksektir (Konsantre sülfirik asit, nitrik asit, potasyum dikromat, kerosen ve karbon tetra klorür dışında).
- ✓ Toksik değildir.
- ✓ İstenmeyen cilt reaksiyonları göstermez.
- ✓ Az miktarda nem absorplar.
- ✓ UV ışınlarına karşı dirençlidir.
- ✓ Mikro organizma, bakteri ve böceklere karşı dirençlidir.
- ✓ Ortamda fazla miktarda Hidrojen varsa polimer zinciri kısa olur. Hidrojen azaldıkça oluşan zincir uzar, zincir uzadıkça viskozite artar. Erime akış oranı arttıkça polipropilen yumuşar ve elastikliği artar.

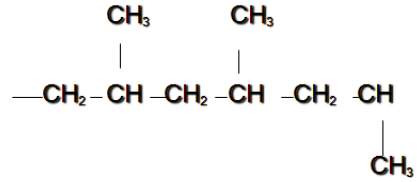
3.1.2. Polipropilenin Yapısı

Polipropilen, propilenin kontrol edilen ısı ve basınç altında organometalik ve stereospesifik katalizörlerle (Ziegler-Natta) polimerizasyonu ile elde edilir. Uygulanan polimerizasyon prosesi ve kullanılan katalizör sistemine bağlı olarak üretilen polimerin moleküler yapısı üç farklı tipte stereokimyasal konfigürasyon gösterir; bunlar izotaktik, sindiotaktik ve ataktik konfigürasyonlardır. Kullanım alanı en yaygın ticari polimer olan izotaktik polipropilende metilen gruplarının tümü, polimer iskeletinin aynı tarafında bulunur; dolayısıyla kristal oluşumuna olanak veren bir yapı meydana gelir (Başergil, 2003).

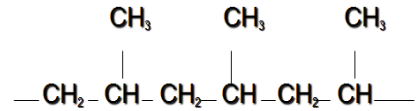
İZOTAKTİK POLİPROPİLEN



ATAKTİK POLİPROPİLEN



SİNDİOTAKTİK POLİPROPİLEN



3.1.3. Polipropilenlerin İnşaat Mühendisliğinde Kullanım Alanları

Polipropilenler genel olarak, yapı malzemesinden otomotiv sektörüne paketlenme ve korumadan taşımacılığa kadar birçok alanda değişik şekillerde kullanılırlar. Biz burada polipropilen ürünlerin inşaat mühendisliği alanında kullanım yerlerine değineceğiz. Polipropilenlerin inşaat mühendisliği alanında kullanım yerleri aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

✓ Polipropilenlerden imal edilen elyaf ürünler en çok beton katkısı olarak kullanılmaktadır ve bu kullanım oranı her geçen gün artmaktadır. Polipropilen lifler, yüzyıllardır harç ve sıvada kullanılan donatının (at kılı, keçi kılı ve saman gibi)

günümüzdeki çağdaş uygulamasıdır. Polipropilen lifler betona homojen bir biçimde karıştırılarak daha düzenli bir içyapı oluşturulur ve taze beton çatlaklarına karşı direnç artırılır.

Polipropilen lifler betonun ilk saatlerde kuvvetli rüzgar, sıcak ve kuru hava ve beton sıcaklığının yüksek olması gibi nedenlerden dolayı oluşabilecek rötre çatlaklarını azaltır. Betonun donma ve çözölmeye karşı direncini artırır, taze betonun kohezyonunu artırır ve ayrışmasını engeller. Kenar ve köşelerin dayanımını artırır, kalıp sökümü esnasında ortaya çıkabilecek kırılmaları azaltır. Yangın esnasında polipropilen lifler eriyerek kılcal kanallar oluşturur. Yangın sırasında oluşan su buharı bu kanallardan dışarı atılır ve beton iç basıncı azalır. Böylece yangından dolayı oluşacak olan hasar azaltılabilir.

✓ Polipropilen hammaddesinden yapılan, biri üretim yönünde diğeri üretim yönüne dik yönde uzanan ipliklerden oluşturulan geotekstillere karayolu, demiryolu ve havaalanlarında temel ve alttemel tabakalarının altında takviye amaçlı olarak kullanılırlar. Takviye amaçlı olarak kullanılan geotekstillere tekerrür eden tekerlek yüklerinden dolayı ortaya çıkan yükü daha geniş bir alana dağıtırlar. Böylece daha üniform bir yapı oluşur, ondülasyonlar, oyulmalar ve tekerlek izleri azaltılır. Polipropilen hammaddeli bir ürün olan geotekstillere ayrıca yapısında bulunan kılcal gözenekler sayesinde ulaşım yapıları altında veya karayolu kenar beton hendekleri altında drenaj amaçlı olarak ta kullanılabilirler. Üzerine gelen yükün etkisi ile yukarıya doğru nüfuz eden zemin suları geotekstil vasıtası ile dışarı atılırlar. Geotekstillere bunların dışında şevlerin stabilitesinde, iki farklı zemini birbirinden ayırmada, asfalt donatısı ve bina inşaatlarında yalıtım malzemesi olarak kullanılırlar.

✓ Hammaddesi polimer olan yüksek yoğunluklu polietilen ve polipropilenden üretilen geogridler inşaat sektöründe gittikçe artan bir kullanım alanına sahiptir. Geogridler de geotekstillere gibi en çok zayıf zeminler üzerinde yer alan ulaşım yapılarında alttemel ve temel tabakalarının altında takviye olarak kullanılırlar. Granüler alttemel tabakası ile geogridlerin ızgaraları arasında oluşan kenetlenme neticesinde sağlam, sıkı ve üniform bir yapı oluşur. Böylece üstyapıdan gelecek yüklere karşı daha dirençli bir birleşim ortaya çıkmış olur. Bunun dışında geogridler en çok dikey istinat duvarlarında, köprü yaklaşım dolgularında, şevlerin yeşillendirilmesi uygulamalarında ve şev akışının önlenmesi gibi durumlarda donatı olarak kullanılırlar.

4. UÇUCU KÜLLER VE POLİPROPİLEN ELYAF HAKKINDA YAPILAN ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

4.1. Uçucu Küller Üzerine Yapılan Çalışmalar

Uçucu küller ile ilgili uygulamaya yönelik ilk çalışmalar DSİ Araştırma Daire Başkanlığı Kimya laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu çalışmalarda, özellikle çimento ve betonda katkı maddesi olarak kullanılması üzerinde incelemeler yapılmıştır. Bu verilere dayanılarak uçucu kül beton katkı maddesi olarak başarıyla kullanılmıştır. Bu çalışmalarda, beton yapılırken kullanılan çimentonun bir kısmı yerine uçucu kül kullanıldığında sadece çimento ile yapılan betonlara göre daha yüksek dayanımlar elde edilmiştir. (Alataş 1996)

TSE tarafından 1968 yılında uçucu küllerin çimento ve betonda katkı maddesi olarak kullanılmasına yönelik standart yayınlanmıştır. (Uçucu Küller Standardı TS 639)

Yine 1968 yılında ODTÜ’ de Soma Termik Santrali uçucu külünün beton briket yapımında kullanılması ve betonun donma dayanımı parametrelerine etkileri konusunda çalışmalar yapılmış ve belirli oranlarda katılan uçucu kül ile olumlu sonuçlar alınabileceği belirtilmiştir.

Abdülhakim Atanur tarafından 1971 ve 1973 yıllarında “Uçucu Küllerin Kimyasal ve Fiziksel Vasıfları ve Yapı Malzemesi Olarak Kullanılması” ve “Kireç Stabilizasyonu ve Yol Yapımındaki Tatbikati” konulu çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda; İzmir–Turgutlu Nif dere ocağı malzemesi, Kütahya–Çamlık malzemesi, Soma–Bergama dere ocağı Malzemesi ve Bursa Dede ocağı malzemesinin, stabilizasyonunda uçucu kül kullanılması ve yol yapımında kullanımı sağlanmıştır. Bu çalışma kapsamında yapılan uçucu kül–çimento stabilizasyonunda Soma Termik Santrali uçucu külü kullanılmıştır. Karışımlarda uçucu kül % 4–6–8 ve çimento % 2–3–4 olarak kullanılmıştır. Yapılan standart proktor deneyleri neticesinde uçucu kül–çimento katkısının MKBA değerini düşürürken OSM’nı yükselttiği görülmüştür. Hazırlanan numunelere 7–14–28–60 günlük kürlere sonra serbest basınç deneyi yapılmış ve % 8 uçucu kül katkısında maksimum mukavemet değeri elde edilmiştir. % 4 çimento-% 8 uçucu kül katkılı numunenin 28 günlük dayanımı 38.2 kg/cm² olarak bulunmuştur.

1982 yılında EİE’ nin koordinatörlüğünde, DSİ, TCK, Çitosan ve üniversitelerin temsilcilerinden oluşan bir çalışma grubu, Türkiyede uçucu küllerin üretimi, kullanım olanakları, karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri hakkında kapsamlı bir rapor

hazırlamışlardır. Rapor, “Türkiye Uçucu Küllerinin Özellikleri ve Kullanım Yerleri, E.İ.E. Genel Yayın Direktörlüğü, Ankara” adıyla sunulmuştur.

Tokuy ve arkadaşları tarafından 1989 yılında yapılan çalışmada, ülkemizdeki termik santrallerden çıkan uçucu küllerin kimyasal ve mineralojik özellikleri incelenmiş ve bunların diğer ülkelerdeki küllerle aynı vasıfta olduğu tespit edilmiştir.

Erdoğan ve Parla (1993), yaptığı deneylerde, kullanılan çimentonun % 20’ si yerine uçucu kül kullanarak elde edilen betonların 7 günlük basınç dayanımlarını aynı yaştaki uçucu külsüz betonun basınç dayanımının % 81,1’i olarak elde etmişlerdir. Uçucu küllü ve kül kullanılmayan betonların basınç dayanımları arasındaki farkın 28 gün sonunda çok daha az olduğu gözlemlenmiştir. % 20 ve % 40 yüksek kireç oranlı uçucu kül kullanılarak yapılan betonların basınç dayanımları külsüz betonların dayanımlarının % 102,8 ve % 97,9’u olarak bulunmuştur. % 20 yüksek kireç oranlı uçucu kül ile yapılan betonların basınç dayanımları, külsüz betonun basınç dayanımını geçmiştir.

Yine, Erdoğan ve Parla (1993) tarafından yapılan deneylerde, aynı yaşlardaki yüksek kireçli uçucu kül ile yapılan bütün betonların basınç dayanımlarının, düşük kireçli uçucu kül ile yapılan betonların basınç dayanımlarından daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Yüksek kireçli uçucu kül ile yapılan betonların daha yüksek dayanıma sahip olmaları bu tip uçucu küllerin bir miktar hidrolik bağlayıcılık özelliğine sahip olmaları ile açıklanabilmektedir. Yüksek kireçli uçucu kül ile yapılan betonların 28. ve 90. günlere kadar dayanım kazanma hızında, düşük kireçli uçucu kül ile yapılanlara göre herhangi bir olumsuz etkiye rastlanılmamıştır.

Gökçekaya barajında, uçucu kül katılmış beton kullanılması dolayısıyla sağlanacak ekonomik yararlar incelenmiş, külün maliyetinin çimentonun maliyetinin % 5’i civarında olduğu gözönüne alınarak bu inşaatta yaklaşık % 25 oranında kül kullanılmasıyla önemli miktarda tasarruf sağlanacağı görülmüştür.

Porsuk barajı inşaatında uçucu kül kullanılmasına ilişkin çalışmada Tunçbilek uçucu külü kullanılmış ve % 25 - % 30 oranında uçucu kül katılmasının kütle betonlarında hidratasyon ısısını düşürdüğü ve betonun nihai dayanımının katkısız betona kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Kim, Park ve çalışma grubu, 1992’ de İstanbul’ da düzenlenen Uluslararası IV. Canmet–Acı konferansında sundukları “Kore’ de Yüksek Mukavemetli Uçucu Küllü Beton Üretimi” konulu bildiride, yüksek mukavemetli beton üretiminde % 30’a

varan ikame oranlarında uçucu külün işlenebilmeyi kolaylaştırdığını ve sabit çökme değeri için gerekli su miktarının arttığını ve kullandıkları uçucu kül tanelerinin pürüzlü yüzeyi ve boşluklu yapısının buna neden olduğunu ileri sürmüşlerdir (Özturan , 1993).

Yine aynı konferansta, Papayianni ve Goma, yüksek oranda kireç ve sülfat içeren uçucu küllerin betonda kullanımına dair yaptıkları araştırmanın sonuçlarını sunmuşlardır. Papayianni, % 80 uçucu kül içeren silindirlenmiş betonlarda 91 günde 24–34 MPa basınç mukavemetleri elde edilebildiğini ileri sürmüştür. Goma ise, % 60 uçucu kül içeren düşük işlenebilen betonların mukavemetlerinin erken yaşlarda daha düşük, 2 yıl sonra ise kontrol betonundan % 18 daha yüksek olduğunu gözlemlemiştir.

Zayıf betonların uçucu kül içermesi neticesinde basınç gerilmelerinde artış görülmüştür. Yapılan deneylerde, beton harcında sırasıyla 251, 307 ve 335 kg/m³ çimento kullanılmıştır. Karışımlarda, uçucu külde kullanılmıştır. Uçucu kül, çimento ile % 25 ve % 50 oranlarında yer değiştirilerek kullanılmıştır (Whiting, 1990).

Genellikle karayolu inşaatlarında olmak üzere, büyük dolgu inşaatlarında uçucu külün kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu konuda harçların hazırlanması, dizayn metodları, yapım özellikleri ve kalite kontrolü hakkında bilgiler verilmektedir. Arazi ve laboratuvar test metodları hakkında açıklamalar yapılmaktadır (Anon, 1986).

Batı Virginia‘ da termik santrallerden elde edilen atık F tipi uçucu küller, toprak barajlarda çimento ve kirece değişik oranlarda katılarak stabilizasyonu incelenmiştir. Yapılan deneylerin sonunda yeterli dayanım ve durabilite değerleri elde edilmiştir (Bowders vd. , 1987).

Atiş (2001), yüksek oranda uçucu kül kullanımı ile üretilen betonun aşınma direncini araştırmıştır. Betonun basınç dayanımı arttıkça aşınma direncinin de arttığı görülmüştür. Çok yüksek beton basınç dayanımlarında, çimento ağırlığının % 70‘i kadar uçucu kül ikamesi ile üretilen betonun aynı şartlarda uçucu kül kullanılmadan üretilen betonun aşınma direncinden daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Akışkanlaştırıcı kullanımının betonların aşınma direci üstünde önemli bir etkisi olmadığını ayrıca kür şartlarının betonun aşınmasının genel eğilimi üzerinde bir değişiklik göstermediğini belirtmiştir.

Özbayoğlu (1993), kumlu zemin örneklerinin, belirli oranlarda bentonit katkısı yanında, % 5-10-15-20 oranlarında katılması ve % 5-10 oranında çimento katkısının zeminin ıslahına yönelik etkisini araştırmışlardır. Deneysel çalışma neticesinde uçucu kül katkısının, sıkışma parametrelerini fazla etkilememekle beraber artan uçucu kül

katkı oranları ile birlikte, maksimum kuru yoğunluğun biraz azalması ve buna karşın optimum su muhtevası değerinde belirgin artışlar kaydetmişlerdir. Araştırmacı MKBA değerinde ortaya çıkan azalmanın uçucu külleri oluşturan içi boş taneciklerden olduğunu savunmaktadır.

Şenol ve Bin-Shafique (2002), C sınıfı uçucu kül ile bir koşu yolu zeminin stabilizasyonunu artırmışlardır. Bu malzeme üzerinde laboratuarda sınırlandırılmamış basınç deneyi, CBR deneyi, esneklik modülü deneylerini ve arazide kullanıldıktan sonra elde edilen numuneler üzerinde sınırlandırılmamış basınç deneyi, CBR deneyi ve rijitlik deneylerini uygulamışlardır. Sonuçta yeterli mekanik özellikleri olmayan taban zeminin stabilizasyonunda yalnızca C sınıfı uçucu külün yapılan deneylerde daha iyi sonuçlar verdiğini ve bu malzemenin kullanılabilirliğini göstermişlerdir.

Wisconsin' de yol inşasında güzergahın geçtiği zeminlere % 10, % 12 ve % 14 oranlarında C sınıfı uçucu kül katılarak yapılan uygulamalar da karışımın serbest basınç dayanımının sırası ile 8204, 9616 ve 8443 psf olduğu gözlemlenmiştir (Bruce Pfister, Chief Geotechnical Engineer Wisconsin Dot, June 2006).

4.2. Polipropilen Elyaf Üzerine Yapılan Çalışmalar

Çimento ve elyaf katkılı zemin numunelerinin SBD' sinde artış gözlemlenmiştir. Karışımdaki malzeme oranlarına ve kür sürelerine bağlı olarak, çimento ve elyaf katkısının birlikte kullanıldığı durumlarda SBD değerinde meydana gelen artış bu katkı malzemelerinin ayrı ayrı olarak kullanıldıkları durumdaki SBD değerinden büyük veya eşit olarak elde edilmiştir (Kaniraj, Havanagi, 2001).

Çimento ve elyaf katkılı uçucu kül-zemin karışımlarının geoteknik özelliklerini incelemişlerdir. Karışımlarda ağırlıkça % 1 elyaf ve % 3 çimento katkılarını ayrı ayrı ve birlikte kullandıkları bu çalışmalarda kesme kutusu ve serbest basınç dayanımı deneyleri gerçekleştirmişlerdir. MKBA ve OSM tayini için yapılan Standart Proktor deneyinde % 1 polyester elyaf katkılı uçucu kül-zemin karışımlarında elyaf katkısının MKBA ve OSM değişimi üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını gözlemlemişlerdir. Ancak sadece uçucu kül ve elyaf katkısı ile oluşturulan karışımlarda elyaf katkısının OSM'yi % 5 oranında azalttığını MKBA değerini ise % 7 oranında artırdığını gözlemlemişlerdir. Polipropilen gibi su emme kapasitesinin fazla olduğu elyaf ise OSM' nin artış göstereceğini belirtmişlerdir. Kesme kutusu ve serbest basınç deneylerinde kullanılacak olan karışımları OSM ve MKBA değerlerinde hazırlamışlardır. Böylece

elyaf katkısının serbest basınç dayanımı ve kayma mukavemeti üzerindeki etkisinin, karışımların MKBA ve OSM değerlerinde sıkıştırılmış uçucu kül–zemin karışımlarında rastgele dağılmış elyaf katkısının kesme kutusu deneyinde kırılma anındaki deplasmanlarını artırdığını gözlemlemişlerdir. Kohezyon ve içsel sürtünme açısı arasındaki değişimin çok belirgin olmamasına rağmen ayrıca elyaf katkısının kayma mukavemetini az da olsa artırdığını tespit etmişlerdir. Elyaf katkısı ile malzemenin sünek davranışında artış gözlemlenmiştir. Elyaf donatılı zeminin kırılma anındaki deviator gerilmeyi artırdığı saptansa da, bu artış SBD' deki kadar olmamıştır.

Siltli kum ve baraj külüne ağırlıkça % 0,1, % 0,2, % 0,3, % 0,4 oranlarında elyaf karıştırarak karışımın geoteknik özelliklerini incelemişlerdir. Yapılan bu çalışmada elyaf katkısının CBR değerini, serbest basınç dayanımı değerini ve pik içsel sürtünme açısı değerini artırdığını gözlemlemişlerdir. % 0,3 elyaf katkılı siltli kum numunesinde birim boy değişimi donatısız durumdakinden % 80, SBD değeri ise % 28 daha fazla elde edilmiştir. % 0,4 elyaf katkılı siltli kum numunesi ise yaklaşık olarak aynı değerde pik dayanım vermesine karşın % 35 daha az birim deformasyon göstermiştir. Elyaf katkılı siltli kum numunelerinde gerçekleştirilen kesme kutusu deneylerinden elyaf oranındaki artış ile kohezyon ve içsel sürtünme açısında da artış gözlemlemişlerdir. Kesme kutusu deneyleri 25kPa ve 100kPa normal gerilmeler altında gerçekleştirilmiştir. En büyük içsel sürtünme açısını 41° olarak % 0,4 fiber katkısında elde etmişlerdir. Bu değer elyaf katkısız siltli kum numunesinin içsel sürtünme açısından yaklaşık olarak % 28 daha fazladır.

Elyaf katkılı baraj külü numunelerinde gerçekleştirilen serbest basınç dayanımı deneylerinde maksimum serbest basınç dayanımının % 0,4 elyaf katkısında olduğu gözlemlenmiştir. Elyaf katkısındaki artış ile serbest basınç mukavemeti ve kırılma anındaki birim deformasyonda artış gözlemlenmiştir. Elyaf katkılı baraj külü numunelerinde gerçekleştirilen kesme kutusu deneylerinde % 0,3 fiber katkı durumunda içsel sürtünme açısı ve kohezyon değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Ancak elyaf oranının % 0,3' ten , % 0,4 çıkması durumunda kayma mukavemetindeki artışın önemsenemeyecek düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Elyaf donatılı baraj külü için optimum elyaf oranının % 0,3 olduğunu öne sürmüşlerdir.

Elyaf katkılı baraj külü numunelerinde suda bekletmek suretiyle gerçekleştirilen CBR deneylerinde % 0,3' e kadar olan elyaf katkısında CBR değeri sabit kalırken, % 0,4 elyaf katkısında elde edilen CBR değeri donatısız baraj külü numunesinden % 80

daha fazla CBR değeri vermiştir (Kumar, Kanuija, Chadra, 1999).

Yaklaşık olarak % 70 sıklıkta hazırladıkları ve ağırlıkça % 0,1-0,25-0,5-1,0 oranlarında 20 mm boyunda elyaf içeren elyaf kum karışımlarında 100, 200, 300 kPa normal gerilmeler altında kesme kutusu deneyi gerçekleştirmişlerdir. Pik kayma mukavemetinin elyaf içeriği ile değişmediği sonucuna varmışlardır. Bu nedenle içsel sürtünme açısının donatılı ve donatısız kum numunelerinde aynı kaldığını belirtmişlerdir (Yetimoğlu, Salbaş, 2003).

25 mm uzunluğunda polipropilen fibrillated elyaf kullanarak kil ve kumda ağırlıkça % 0,1-0,2-0,3-0,4 oranlarında karıştırılarak kesme kutusu ve SBD deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Elyaf katkılı kil numunelerinde yapılan Standart Proktor deneylerinde elyaf katkı oranının değişimine rağmen benzer kompaksiyon davranışları gözlemlenmiştir. Elyaf oranının % 0,2'ye kadar artımı durumunda MKBA' da hafif artış, OSM' de ise azalma tespit etmişlerdir.

Elyaf katkılı kum numunelerinde yapılan Standart Proktor deneylerinde elyaf katkı oranının 1 olması durumunda MKBA ve OSM'de hafif artış olmasına rağmen elyaf oranının 0,4 değerine artırılması MKBA ve OSM'yi değiştirmemiştir. Elyaf katkılı kil ve kum numunelerinde 64*64 ve 100*100 mm² hücre alanına sahip kesme kutusu deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Yapılan bu deneyleri kil numuneler için 0,178 mm/dakika, kum numuneler için 1 mm/dakika hızlarda ve 20,7 ile 462 kPa normal gerilmeler altında gerçekleştirmişlerdir.

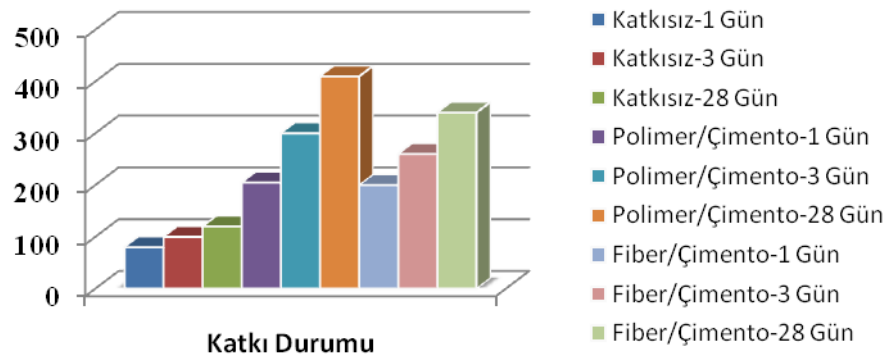
Elyaf katkılı kil numunelerinde pik sonrası mukavemet kaybı gözlemlenmiştir. Ancak elyaf katkılı kum numunelerinde böyle bir durum gözlemlenmemiştir. Elyaf katkı oranı % 0,3 için kil numunelerde, elyaf katkısız duruma göre içsel sürtünme açısında % 64, kohezyonda % 45 artış; kum numunelerde ise içsel sürtünme açısında ve kohezyonda yaklaşık olarak % 10'luk bir artış saptamışlardır. Elyaf katkılı kil numunelerde normal gerilmelerin 20,7 ile 200 kPa arasında kaldığı durumda Mohr kırılma zarfları doğrusal değil iken normal gerilmelerin 200 ile 462 kPa arasında kaldığı durumda Mohr kırılma zarflarının doğrusala çok yakın olduğunu tespit etmişlerdir. Elyaf katkılı kum numunelerde normal gerilmenin 172 kPa'dan küçük olduğu durumdaki içsel sürtünme açısının, normal gerilmenin 172 kPa'dan büyük olduğu durumdaki içsel sürtünme açısından büyük olduğunu tespit etmişlerdir. Bunun nedeninin düşük gerilmelerde kumlarda dilatasyon gerçekleşirken yüksek gerilmelerde gerçekleşmemesinin olduğunu belirtmişlerdir. Elyf katkılı kil ve kum numunelerde

yapılan CBR deneylerinde de % 0,3 fiber oranı için elyaf katkısız duruma göre CBR değerinin kil numunelerde % 48, kum numunelerde % 83 arttığını tespit etmişlerdir (Nataraj, McManis, 1996).

Kireç-uçucu kül ve polyester fiber malzemelerin şişen zeminlerin kompaksiyon ve dayanım parametrelerine etkilerinin incelendiği çalışmada % 0-2-4-6-8-10 oranlarına kireç , % 0-5-10-15-20 oranlarında uçucu kül ve % 0.5-1.0-1.5-2.0 oranlarında polyester elyaf karıştırılarak çeşitli kombinasyonlarda numuneler oluşturulmuştur. Bu çalışma neticesinde, % 8 kireç-% 15 uçucu kül-% 1.5 polyester elyaf kombinasyonu için serbest basınç dayanımının % 74, % 8 kireç- % 15 uçucu kül-% 1.0 polyester elyaf kombinasyonu için serbest basınç dayanımının % 100 oranında arttığı tespit edilmiştir (Kumar, Walia, Bajaj).

Uçucu kül-zemin karışımlarına elyaf katkısının etkisinin araştırıldığı çalışmada % 100 uçucu kül, % 100 zemin ve % 50 uçucu kül + % 50 zemin numunelerine % 0-0.5-1-1.5 oranlarında 6 mm, 12 mm, 24 mm uzunluğunda polipropilen elyaflar eklenmiş ve CBR dayanımları belirlenmiştir. Yapılan çalışmada maksimum CBR değeri % 100 zemin - 1.5 12 mm elyaf kombinasyonunda gerçekleşmiştir (Jadhao, Nagarnaik).

Yine Amerika Birleşik Devletlerinde yapılan askeri araştırma-geliştirme merkezi geoteknik laboratuvarlarında yapılan deneysel çalışmalarda zemin-çimento-fiber ve zemin-çimento-polimer karışımları hazırlanmıştır. Bu karışımlar, 1-3-28 günlük kür sürelerinde tekerrür eden yükler altında oluşturulan bu malzemelerin dayanımları ve belirli tekerrür sayılarında ortaya çıkan tekerlek izi derinlikleri gözlemlenmiştir. Yapılan bu çalışmada malzemelere 13.600 kg'lık tekerrür eden tekerlek yükü basıncı uygulanmıştır (USACE).



Şekil 4.1. Polimer, elyaf katkısının zemin-çimento karışımı dayanımına etkisi

5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

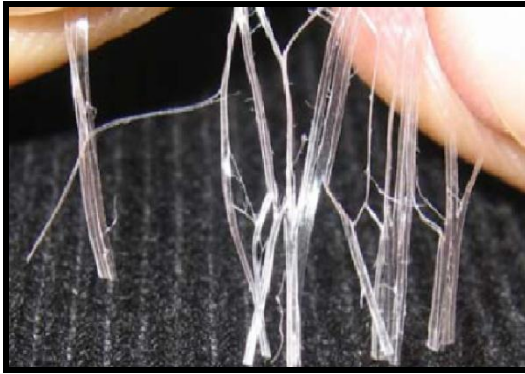
5.1. Giriş

Deneylerde kullanılan kil numunesi öncelikle açıklığı 4,75 mm olan ASTM 10 nolu elekten elenmiş ve F19, M19 elyaflarla, uçucu külle homojen olarak karıştırılarak tek eksenli basınç deneyi, üç eksenli basınç deneyi ve karışım numuneleri suda bekletildikten sonra CBR deneyleri yapılmıştır. Bu deneyler önceden her bir karışım serisi için belirlenen w_{opt} ve γ_{kmax} parametreleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca deneylerde kullanılan kil numunesine elek analizi, hidrometre analizi, likit limit, plastik limit ve özgül ağırlık deneyleri yapılarak kil numunesinin indeks özellikleri belirlenmiştir. CBR deneyi esnasında karışım serilerinin şişme yüzdeleri de ölçülmüştür.

5.2. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Malzemelerin Özellikleri

5.2.1. Elyaf (Multifilament – Fibrilize)

Elyaf, % 100 polipropilen esaslı olup, beton karışımlar içerisinde yıllardan beri kullanılan bir mikro donatı çeşidi olarak bir çok uygulamada karşımıza çıkan bir üründür. Uygulamalarda iki tip elyaf kullanılmaktadır. Bunlar **F** tipi ve **M** tipi elyaflardır. M tipi elyafların ince saç teline benzer bir görünümü vardır (Resim 5.2). F tipi elyaflar ise birbirleri ile bağlantılı liflerden oluşur ve ağ görünümündedir (Resim 5.1). Elyaf uygulandığı alana göre değişik uzunluklarda üretilebilmektedir. Bu çalışmada, 19mm uzunluğunda F tipi ve M tipi elyaflar kullanılmıştır. Kullanılan elyafların genel özellikleri Çizelge 5.1. de verilmiştir.



Fibrilize (F19)



Multifilament (M19)

Şekil 5.1. F tipi ve M tipi elyaf (19 mm)

Çizelge 5.1. Elyafların genel teknik özellikleri

	DEĞER	
İçerik	% 100 Saf Polipropilen	
Tip	Multifilament	Fibrile
Saflık	Olefin, Poliamid veya Geri Dönüşüm Malzemesi İçermez	
Görünüm	Tel Lifler	Ağ Biçimli Lifler
Standart	ASTM C – 1116 - 1997, Tip – 3	
Lif Uzunluğu	İstenilen Uzunlukta Üretilebilir	
Paketleme Tipi	Kağıt Poşet / Dökme Çuval	
Gerilme Dayanımı	700 N/mm ²	400 N/mm ²
Young Modülü	3.500 N/mm ²	2.600 N/mm ²
Uzama	% 20	% 15
Renk	Şeffaf	
Yumuşama Noktası	150 Derece	
Erime Noktası	160 Derece	
Asit Etkisi	Duraylı	
Biyolojik Dayanım	Duraylı	
Çimento Uyumu	Mükemmel	
Alkali Etkisi	Duraylı	
Aşınma Direnci	Duraylı	
Nem Geri Kazanımı	% 70 Bağlı Nem Oranı ve 21 Derece = < % 10	
Antibakteriyellik	Opsiyonel	

5.2.2. Zemin Örneği

Yapılan deneysel çalışmalarda kullanılan zemin örneği, Suşehri–Şebinkarahisar hattı üzerinde, heyelan riski bulunan bir yarma şevinden alınmıştır. Zemin örneği üzerinde yapılan sınıflandırma deneylerinden yüksek plastisiteli (CH) kil olduğu saptanmıştır (Bknz. Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2. Deneyde kullanılan kilin bazı geoteknik özellikleri

Fiziksel Özellikler		Proktor Deneyi		Üç Eksenli Test	
Likit Limit	% 81.95	γ_{kmax} (kg/m ³)	ω_{opt} %	C (kPa)	ψ°
Plastik Limit	% 26.55	1320	35.80	66.79	1.74
Plastisite İndeksi	% 55.40				
Zemin Sınıfı (USCS)	CH	Kaliforniya Taşıma Oranı (%)			
Özgül Ağırlık	2.81	Numune 1 (Yaş)		Numune 2 (Yaş)	
Renk	Kahverengi	0.56		0.39	

5.2.3. Uçucu Kül

Deneysel çalışmalarda kullanılan uçucu kül Kangal Termik Santralinden temin edilmiştir. Kangal Termik Santrali uçucu külü açık gri renkte olup uluslararası standartlara göre C sınıfı uçucu kül kapsamındadır ve yüksek oranda CaO (Kireç) içermektedir. Kullanılan uçucu küle ait kimyasal bileşenler Çizelge 5.3.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.3. Deneyde kullanılan uçucu külün kimyasal kompozisyonu

Külün Kimyasal Analizi (%)						
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	SO ₃
23-30	12	4.7-7	35	6	0.7	18.5

5.3. Numunelerin Hazırlanması

Laboratuvara getirilen zemin numuneleri, oda sıcaklığında yaklaşık bir ay kadar kurumaları sağlanmıştır. Ayrıca bu numuneler farklı su içeriklerine sahip olabilecekleri düşünülerek 110 °C lik fırında 12 saat kurutuldu. Daha sonra numune killi olduğu ve topaklaştığı için lastik uçlu tokmakla dövülerek birbirine yapışmış olan tanelerin ayrışması sağlandı. Bu numuneler 4.75 mm elekten geçirilerek içine gelişigüzel bir şekilde % 0.5–1.0 F19, %0.5– 1.0 M19 ve % 10.0–15.0 oranlarında uçucu kül katılarak ve kil–elyaf–uçucu kül karışımına su verilerek tepsi içerisinde karıştırılan numune proktor kalıbına 3 tabaka halinde serilerek sıkıştırıldı (Resim 5.3.). Karışımlar tepsi içerisinde hazırlanırken verilen suyun karışımın her noktasına aynı oranda nüfuz etmesi ve donatıların homojen dağılımının sağlanabilmesi için özellikle çaba sarf edildi. Her katkı yüzdesi için yinelenen standart proktor deneyi ile kil–fiber–uçucu kül karışımlarının maksimum kuru birim hacim ağırlığı ve optimum su içeriği belirlendi.

Üç eksenli ve tek eksenli basınç dayanımı deneylerinde kullanılan numuneler $\gamma_{kmax}-\omega_{opt}$ içeriğinde kompaksiyon kalıbında sıkıştırılan karışımlara 3.80–7.60 cm ebadındaki çelik numune alıcılarının yerleştirilmesi ile alınmıştır (Resim 5.4.). Alınan bu numuneler, çelik numune alıcılar içerisinde CBR deney aleti yardımı ile piston tarafından basınç uygulanarak çıkartılmıştır (Resim 5.4.). Daha sonra çıkarılan bu numuneler iki kat stretch film ile kaplanarak havası alınmış desikatörler içinde küre bırakılmışlardır. Deneylerde kullanılan tüm karışımlar denklem 1.'e göre oluşturulmuştur.

$$\rho_u = \frac{W_u}{W_{kanari}} \times 100, \quad \rho_f = \frac{W_f}{W_{kanari}} \times 100, \quad \rho_{mf} = \frac{W_{mf}}{W_{kanari}} \times 100 \quad (1)$$

Burada ;

- $\rho_u, \rho_f, \rho_{mf}$: Ağırlıkça donatı oranları, (Uçucu Kül - F19 - M19)
 W_u, W_f, W_{mf}, W_z : Uçucu kül, Fibrilize, Multifilament, Zemin kuru ağırlığı
 $W_{karışım}$: Deney kabına yerleştirilen karışımın toplam ağırlığı
 ρ_f, ρ_{mf} : % 0.5 – % 1.0, $\rho_u =$ % 10 - % 15 olacak şekilde

karışımlar hazırlanmıştır.



Şekil 5.2. Karışımların hazırlanması ve kompaksiyon



Şekil 5.3. 3.80-7.60 cm Boyutunda hazırlanan numuneler

5.4. Yapılan Deneysel Çalışmalar

5.4.1. Elek Analizi Deneyi

Deney AASHTO T-11, T-27'e göre yapıldı. Elek analizi için 4 Nolu elekten geçen ince kısmın kuru ağırlığı bilinmelidir. Bunun için ince malzeme 110 °C fırında kurutulur, ya da bir rutubet numunesi alınarak, rutubet düzeltilmesi yardımıyla kuru ince malzeme miktarı bulunur. İnce malzeme içerisinde temsil olarak en az 500 gr numune alınarak elek analizinde kullanılmak üzere tartılır. Bu numune bir kaba konulur ve üzerine su ilave edilir. Yaklaşık 18 saat suda bekletilerek numune içerisindeki yumuşak kısımların, birbirine yapışmış taneciklerinin ayrılması sağlanır. Daha sonra bu numune 0,075 mm açıklığa sahip elek üzerine boşaltılır. Ancak bu elek çok ince olduğundan, yırtılmasını engellemek için üzerine koruyucu 0,425 mm eleğin konması tavsiye edilir. Bu elek serisine konulan malzeme alttan berrak su akana kadar musluk suyu ile yıkanır. Yıkama işleminin sonunda, elekler üzerinde kalan malzeme bir kaba alınarak 110 °C fırında sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulur. Daha sonra fırından çıkartılıp, oda sıcaklığına

kadar soğutulan ince malzeme sırasıyla 2.00 mm, 0.425 mm ve 0,075 mm eleklerden elenerek, her elek üzerinde kalan malzeme tartılır ve yazılır (Çizelge 5.4.). Toplam elekten geçen malzeme yüzdesine göre tane çapı dağılımı belirlendi.

Çizelge 5.4. Elek analizi

Elek Analizi (inç / mm)		Elekte Kalan (gr)	A	B	C
			Toplam Elekte Kalan (gr)	Toplam Elekte Kalan % (A*100/L)	Toplam Elekten Geçen % (100 - B)
No. 4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 10	2	5,50	5,50	2,03	97,97
No. 40	0,425	14,20	19,70	5,23	94,77
No. 200	0,075	25,20	44,90	9,28	90,72

5.4.2. Hidrometre Deneyi

Hidrometre deneyi AASHTO T 87–T 88'e göre yapılmıştır. Bu metot, malzemelerin 0.075 mm'den daha küçük olan kısmının dane boyutu dağılımını, farklı dane boyutundaki daneciklerin, farklı çökeltme hızına sahip olmaları esasından yararlanarak bulmaya yarar. Çökeltme silindiri içerisine alınan numune ve ayrıştırıcı çözelti karışımı yaklaşık bir dakika süre ile çalkalanır. Çalkalama işleminin bitiminden sonra kronometre çalıştırılır ve 2, 5, 15, 30, 60, 250 ve 1440. dakikalarda hidrometre ve sıcaklık okumaları alınır. Elde edilen sonuçlara göre oluşturulan elek analizi gradasyonu (Çizelge 5.5.) ve hidrometre değerleri (Çizelge 5.6.)'da verilmiştir.

Çizelge 5.5. Elek analizi gradasyonu

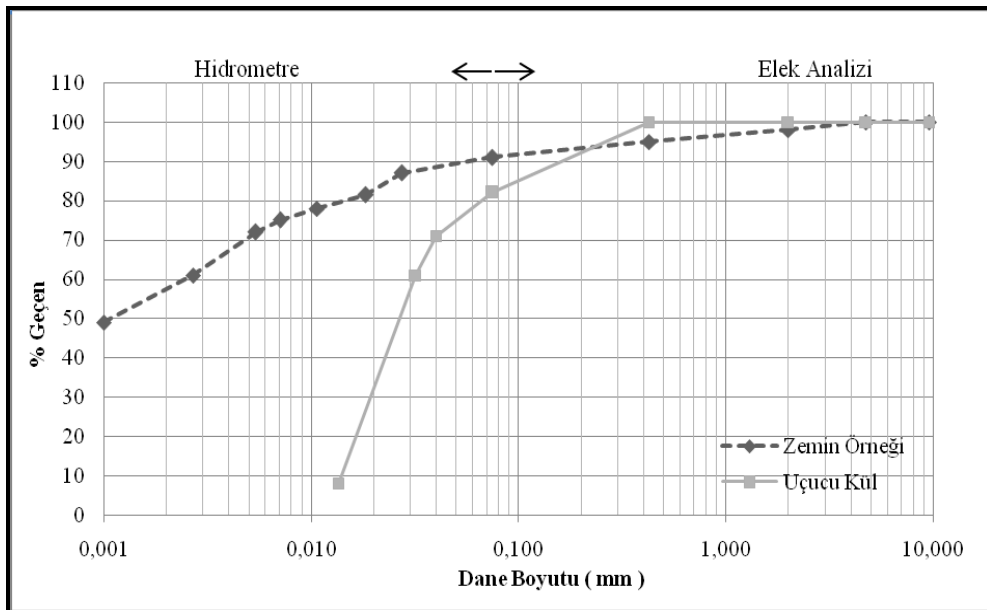
ELEK ANALİZİ GRADASYONU						
Elekler	Elek Ebadı (mm)	Elekte Kalan (a)	Toplam Elekte Kalan (b)	Toplam Elekte Kalan % $c = b * 100 / w$	Toplam elekten geçen % $d = 100 - c$	Top.Numunenin elekten geçen %' si $e = d * 2 \text{ mm'den}$
No: 10	2	0,00	0,00	0		98,00
No: 40	0,42	2,60	2,60	5,23	94,77	92,87
No: 200	0,075	5,10	7,70	10,26	89,74	87,94

ÖZGÜL AĞIRLIK () = 2,81 Kuru Num. Ağırlığı (W) = 49,7 Özgül Ağ.Düzeltilme Faktörü (a) = 1,01

Çizelge 5.6. Hidrometre deneyine ait sonuçlar

HİDROMETRE ANALİZİ												
Okuma Zamanı Aralıkları (dk)	Okuma Zamanları $T = t + f$	Hidrometre Okumaları gr / lt	Deneyin Yapıldığı Sıcaklık	Ayrıştırıcı Çözeltinin Isısına Göre Düzeltme Kat Sayısı	Düzeltilmiş Hidrometre Okuması gr / lt	Süspansiyon %'desi $P = (R * a / W) * 100$	Toplam numunenin süspansiyon %'desi $P = P * x (2 \text{ mm elekten geçen}$	Maksimum Tane Çapları	Tane çapı düzeltme katsayıları			Düzeltilmiş tane çapı $d = dl * kn * kl * kg$
									kn	kl	kg	
f	T	r	s	± M	$R = r \pm M$	P	P1	dl				
2	8,32	50	19°	-3,5	46,5	88,8	87,0	0,0400	1,01	0,73	0,93	0,0274
5	8,35	47	19°	-3,5	43,5	83,1	81,4	0,0260	1,01	0,75	0,93	0,0183
15	8,45	45	19°	-3,5	41,5	79,3	77,7	0,0150	1,01	0,76	0,93	0,0107
30	9,00	44	19°	-3,5	40,5	77,4	75,9	0,0100	1,01	0,76	0,93	0,0071
60	9,30	42	19°	-3,5	38,5	73,6	72,1	0,0074	1,01	0,77	0,93	0,0054
250	12,46	36	19°	-3,5	32,5	62,1	60,9	0,0036	1,01	0,80	0,93	0,0027
1440	8,32	30	19°	-3,5	26,5	50,7	49,7	0,0015	1,01	0,84	0,93	0,001

Elek analizi ve hidrometre deney sonuçlarına göre çizilen elek analizi grafiği

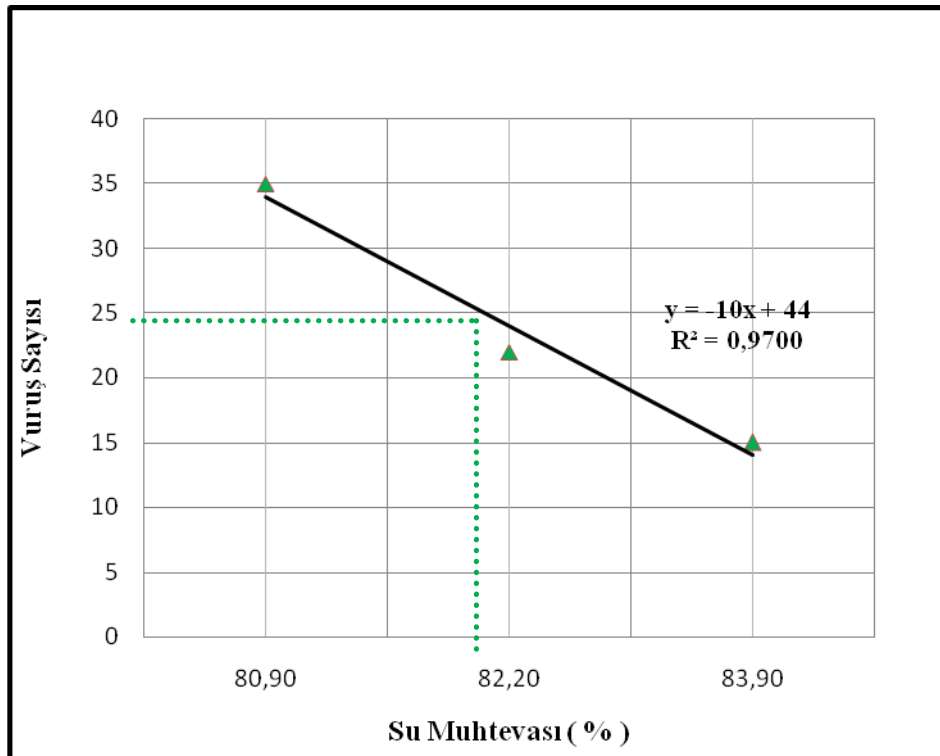


Şekil 5.4. Elek analizi – hidrometre grafiği

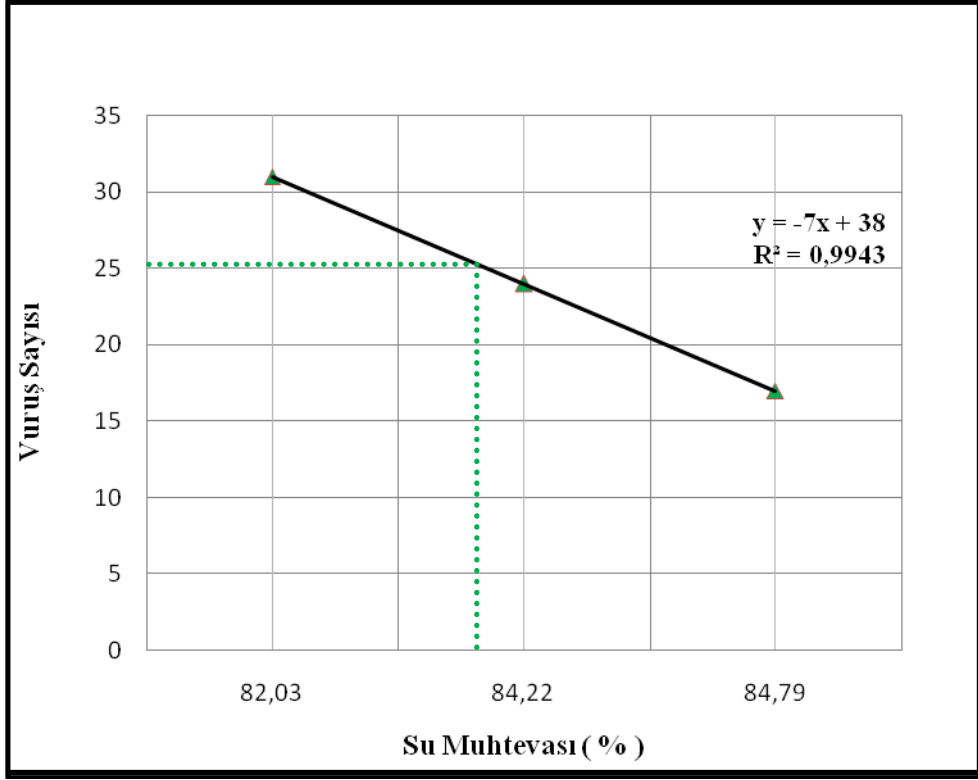
5.4.3. Kıvam Limitleri Deneyi

Deney metodu likit limit için AASHTO T – 89, plastik limit için ise AASHTO T–90‘ a gore yapılmıştır. Plastik limitin belirlenmesi için zemin numunesi bir cam veya mermer levha üzerinde avuç içi ile yuvarlanarak ince silindirler haline getirilir. Bu silindirlerin yaklaşık olarak 3 mm çapında ve 10 mm uzunluğunda parçalara ayrıldığı anda sahip olduğu su muhtevası zeminin plastik limitini gösterir. Bu şekilde gerçekleştirilen deney sonunda zeminin plastik limit değeri % 26.55 olarak bulunmuştur.

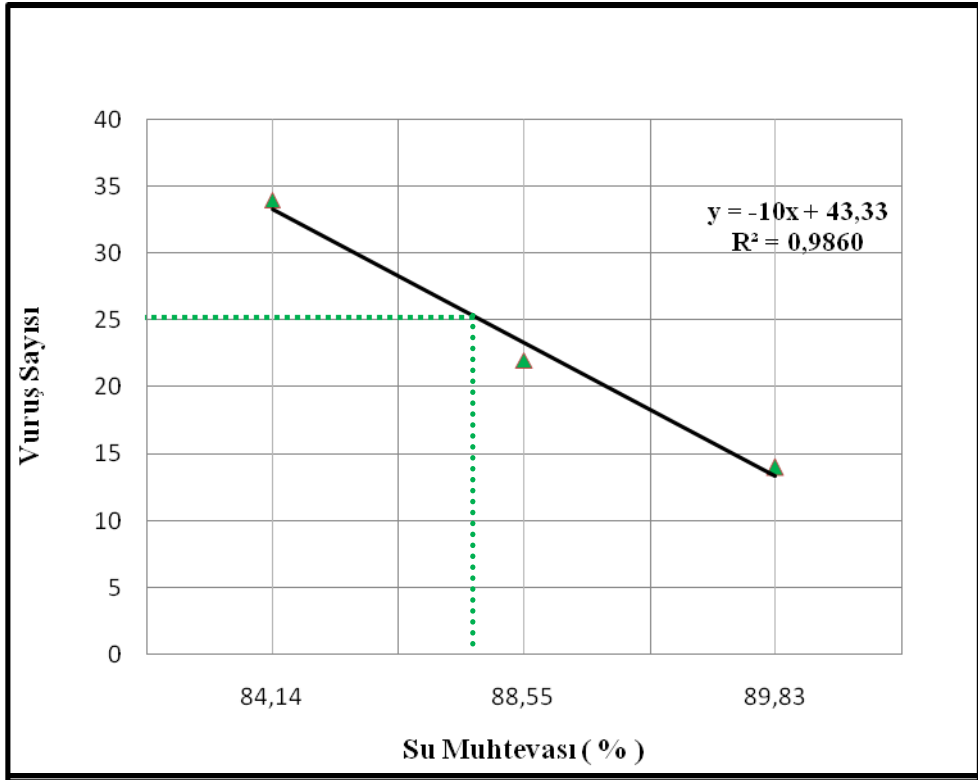
Likit limit değeri ise casagrande deney aletiyle üç farklı su muhtevasında yapılmıştır. Likit limit değerinin tayini vuruş sayıları ile bunlara tekabül eden su muhtevaları arasındaki bağıntıdan yapıldığından muhtelif su muhtevalarına ait kil zemin hazırlanmış ve bunlara tekabül eden vuruş sayıları belirlenmiştir. Üç noktadan geçirilen doğrudan 25 vuruşa denk gelen su muhtevası zeminin likit limit değeridir. Buradan likit limit % 81.95 olarak bulunmuştur. Aşağıda yer alan tabloda likit limit ve plastik limit tayini için yapılan deney sonuçları ve bunların değerleri verilmektedir (Şekil 5.2.). Vuruş sayıları (N) ve su muhtevaları (w) arasındaki bağıntı yarı logaritmik bir diyagramda doğru şeklindedir (Şekil 5.2.). Ayrıca % 10 UK ve % 15 UK katkılı zeminin likit limit ve plastik limit değerleri tespit edilmiştir.



Şekil 5.5. % 100 Zemin kıvam limitleri



Şekil 5.6. % 90 Zemin + % 10 uçucu kül kıvam limitleri



Şekil 5.7. % 85 Zemin + % 15 uçucu kül kıvam limitleri

5.4.4. Özgül Ağırlık Deneyi

Özgül ağırlık, belli sıcaklık ve hacimde havada tartılmış olan malzemenin, aynı sıcaklık ve hacimdeki saf suyun ağırlığına oranıdır. Bu deney TS – 1900 – 1'e göre yapılmıştır. 10 nolu elek altında kalan 100 gram kuru numune üzerinde yapılan özgül ağırlık deneyinden 2.81 olarak elde edilmiştir. Deney 100 ml.'lik piknometre ile gerçekleştirilmiş ve etüvde kurutulmuş 25 gram zemin numunesi kullanılmıştır. Piknometredeki su–zemin karışımının havası 760 mm Hg lik emiş gücüne sahip vakum pompası ile emilmiş su banyosunda 24 saat bekletildikten sonra su banyosundan çıkartılarak tamamen kurutularak özgül ağırlık değeri bulunmuştur.

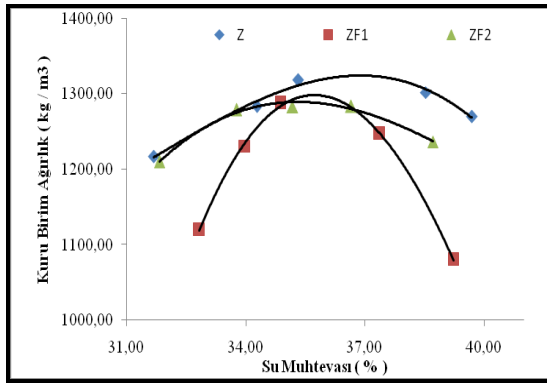
5.4.5. Standart Proktor Deneyi

Deney AASHTO T – 99 metoduna göre yapılmıştır. Deney yapılacak numune öncelikle tüm numuneler için aynı su içeriğini yakalayabilmek amacı ile etüvde 110 °C'de 12 saat kurutulmuştur. Sonra etüvde kurutulan numune 4.75 mm.'lik elekten geçirilmiştir. Daha sonra bu numunelerden toplam karışım ağırlığı 4.000 gr olacak şekilde karışımlar hazırlanmış belirli yüzdelerde su katılarak tepsi içerisinde mala ile karıştırılmış ve iç çapı 15.24 cm , yüksekliği 11.64 cm ve hacmi 2124 cm³ olan proktor kalıbının içerisine üç tabaka halinde serilerek ve her tabakaya 2.49 kg.'lık mekanik tokmakla 56 darbe uygulanarak sıkıştırılmıştır. Daha sonra kalıbın üst yakası çıkartılarak kalıp yüzeyi çelik cetvelle tesviye edilir. Bu esnada kalıp üzerinde boşalan, kelleşen kesimler olursa kalıp üzerine ince malzeme elenerek çelik cetvelle tekrar tesviyesi yapılır. Kalıp ve içindeki sıkışmış yaş numune tartılarak ağırlığı kaydedilir. Daha sonra kalıp içerisindeki sıkışmış numune tepsi üzerine çıkarılır ve bu çıkarılan numuneden, numunenin tümünü temsil edecek şekilde rutubet numunesi alınır.

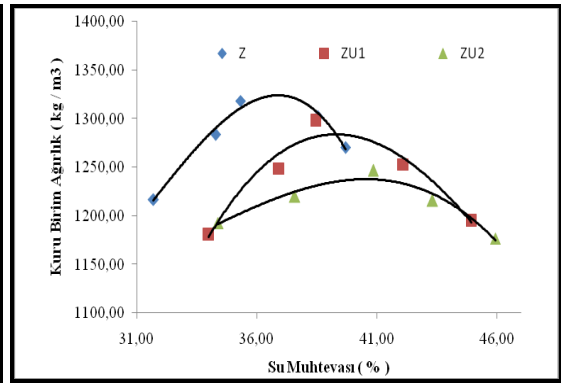
Alınan rutubet numunesi kohezyonlu zeminlerde en az 300 gram olmalıdır. Rutubet numuneleri 110 °C'de etüvde en az 12 saat kurutulduktan sonra soğutularak tartılır ve ağırlığı kaydedilir. Tüm bu veriler form üzerine işlendikten sonra, MKBA–OSM değerlerini gösteren parabolik grafik çizilmiştir. Grafikte yükseliş– düşüş–zirve değerleri gösterilmiştir. Deneylerde kullanılan tüm karışım serileri ve bu seriler için hesaplanan MKBA ve OSM değerleri Çizelge 5.7.'de verilmiştir. Ayrıca Şekil 5.5.'de her bir seri için MKBA-OSM grafikleri gösterilmiştir.

Çizelge 5.7.. Karışım serileri ve OSM – MKBA değerleri

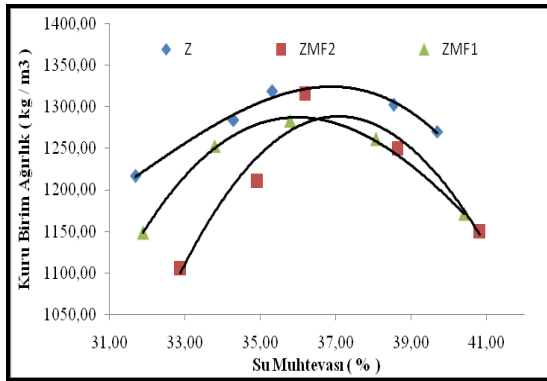
Seri	Zemin (%)	Uçucu Kül (%)	Elyaf (%)	MKBA (kg/m ³)	OSM (%)
Z	100	0	0	1320.00	35.80
ZU1	90	10	0	1281.35	38.63
ZU2	85	15	0	1238.05	40.85
ZF1	99.5	0	0.5	1287.70	34.88
ZF2	99	0	1	1288.10	35.30
ZMF1	99.5	0	0.5	1286.29	35.79
ZMF2	99	0	1	1292.50	36.31
ZU1F1	89.5	10	0.5	1283.14	37.91
ZU1F2	89	10	1	1268.81	38.09
ZU1MF1	89.5	10	0.5	1272.42	37.83
ZU1MF2	89	10	1	1262.63	37.67
ZU2F1	84.5	15	0.5	1251.40	39.24
ZU2F2	84	15	1	1245.65	38.91
ZU2MF1	84.5	15	0.5	1256.05	39.21
ZU2MF2	84	15	1	1248.15	39.36



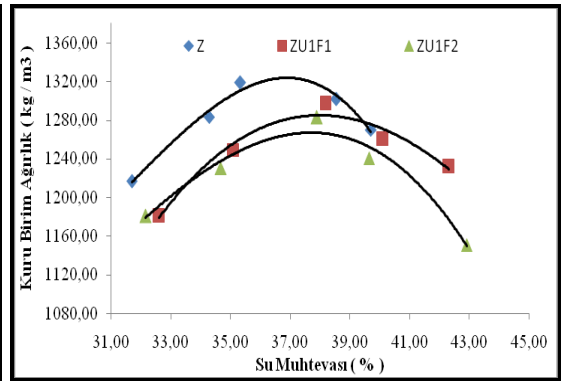
(a)



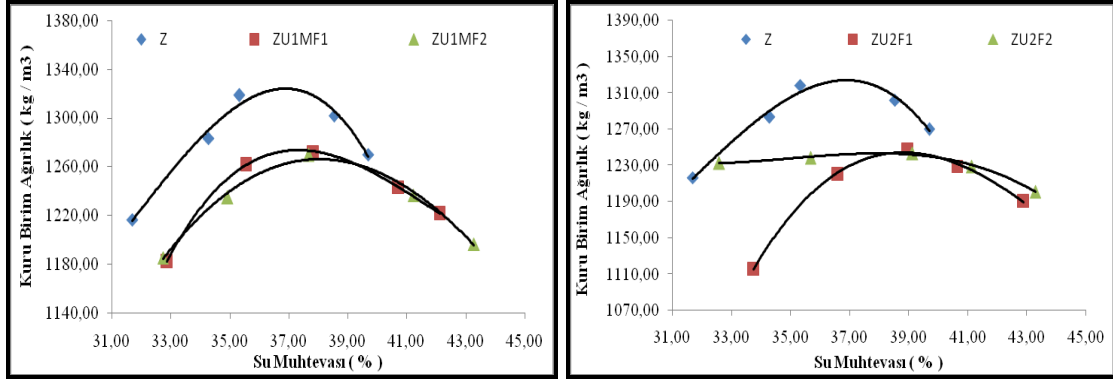
(b)



(c)

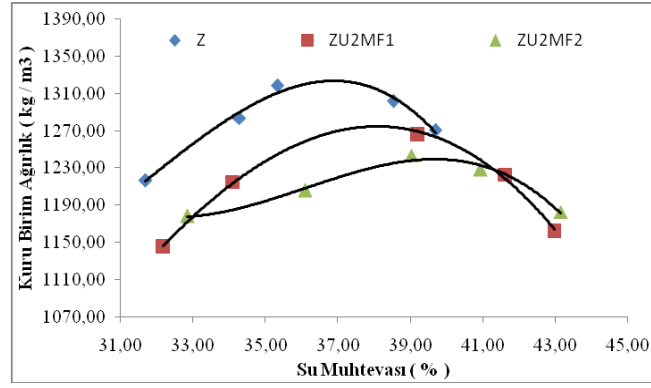


(d)



(e)

(f)



(g)

Şekil 5.8. Tüm karışım serileri OSM-MKBA ilişkisi

5.4.6. CBR (Kaliforniya Taşıma Oranı) Deneyi

Kaliforniya Taşıma Oranı (CBR), bir toprağın dikkatle kontrol edilen yoğunluk ve rutubet şartları altında daneler arası kayma direncinin bir ölçüsüdür. Bu deney herhangi bir zeminin kayma direncinin, standart kırmataşın kırma direncine göre oransal olarak değerini gösterir. CBR deneyi, kilden ince çakıla kadar tüm zeminlere uygulanabilen bir penetrasyon deneyidir. Deney AASHTO T-193 metoduna göre yapılmıştır. Çizelge 5.7.'ye göre hazırlanan karışımlar, standart proktor deneyi ile bulunan MKBA-OSM değerlerine göre CBR kalıplarında üç kademe halinde ve her kademeye 56 darbe uygulanarak sıkıştırılıp hazırlanırlar. Her numuneden ikişer adet hazırlanır. Bu numuneler üzerine filtre kağıdı ve zeminin arazideki durumunu temsil eden ağırlıklar yerleştirilerek kür havuzuna yerleştirilirler (Şekil 5.9.). Kür havuzunda 96 saat bekletilen numuneler çıkarılır ve yaklaşık 10 dakika yan yatırılarak üzerlerindeki suyun süzülmesi beklenir ve bu uygulamadan sonra teste tabii tutularak belirli penetrasyon değerlerine karşılık gelen yükler okunup (Şekil 5.10.) kaydedildikten sonra

grafığe aktarılır. Tüm CBR değeri Çizelge 5.8., şişme değeri Çizelge 5.9.'da verilmiştir.



Şekil 5.9. Kür havuzunda bekletme



Şekil 5.10. Yük-penetrasyon ilişkisi

Çizelge 5.8. Karışım serileri ortalama CBR değeri

Karışım Serisi	CBR-1 _{2,5}	CBR-2 _{2,5}	Ortalama CBR _{2,5}	CBR Artış Oranı*
Z	0,56	0,39	0,47	1.00
ZU1	5,26	7,07	6,16	13.11
ZU2	12,86	14,09	13,47	28.65
ZF1	3,40	2,33	2,86	6.09
ZF2	2,66	2,97	2,81	5.98
ZMF1	1,83	2,03	1,93	4.11
ZMF2	2,10	1,93	2,01	4.28
ZU1F1	18,21	20,57	19,39	41.25
ZU1F2	15,94	15,50	15,72	33.45
ZU1MF1	21,17	20,44	20,81	44.28
ZU1MF2	20,83	16,94	18,89	40.19
ZU2F1	24,44	26,53	25,49	54.23
ZU2F2	23,71	24,14	23,93	50.91
ZU2MF1	25,71	26,43	26,07	55.46
ZU2MF2	24,44	24,14	24,29	51.68

* CBR Artış Oranı = Ortalama CBR / Donatısız Zemin CBR Değeri

Çizelge 5.9. Karışım serileri ortalama CBR şişme yüzdeleri*

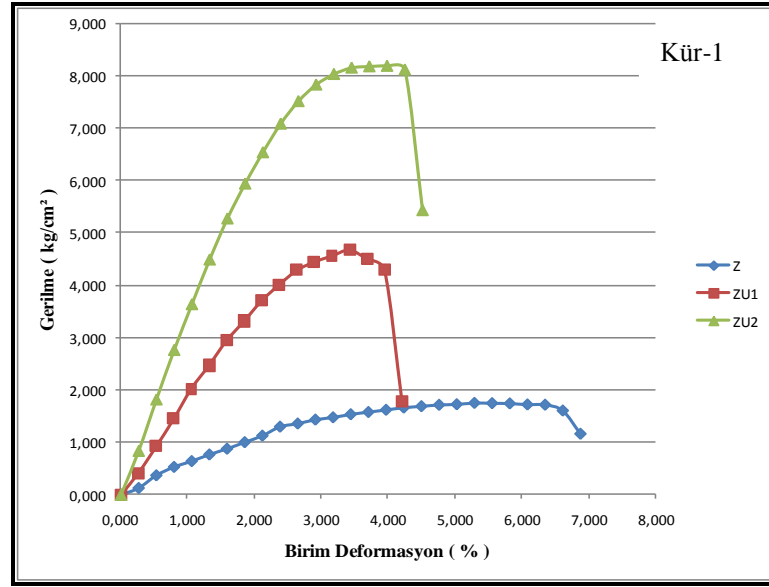
Karışım Serisi	Göstergede Okunan Değer (1)	Şişme Yüzdesi (1)	Göstergede Okunan Değer (2)	Şişme Yüzdesi (2)	Ortalama Şişme Yüzdesi
Z	465	3,99	441	3,79	3,89
ZU1	258	2,22	247	2,12	2,17
ZU2	227	1,95	240	2,06	2,01
ZF1	410	3,52	396	3,40	3,46
ZF2	403	3,46	372	3,20	3,33
ZMF1	420	3,61	451	3,87	3,74
ZMF2	436	3,75	415	3,57	3,66
ZU1F1	245	2,10	210	1,80	1,95
ZU1F2	228	1,96	217	1,86	1,91
ZU1MF1	211	1,81	230	1,98	1,89
ZU1MF2	167	1,43	175	1,5	1,47
ZU2F1	171	1,47	153	1,31	1,39
ZU2F2	175	1,50	170	1,46	1,48
ZU2MF1	142	1,22	160	1,37	1,30
ZU2MF2	158	1,36	133	1,14	1,25

* Şişme ölçümü yapılırken, CBR kalıplarının üzerine arazideki alttemel ve temel zati ağırlıklarını temsil etmek üzere 4,50 kg'lık yükler konulmuş ve kalıplar üzerine şişme miktarlarını ölçen hassas göstergeler yerleştirilmiştir. Numuneler kür odasında yer alan su tankında 4 gün (96 saat) bekletildikten sonra ortaya çıkan şişme değerleri ölçülmüştür.

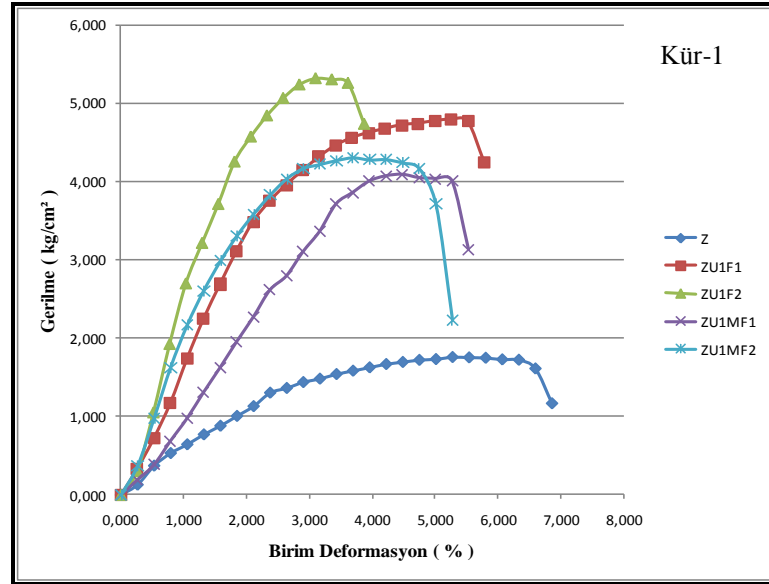
5.4.7. Serbest Basınç Deneyi

Bu deney, TS 1900'e göre yapılmıştır. Serbest basınç deneyinde kullanılan numuneler standart proktor deneyi ile bulunan MKBA–OSM değerlerine göre kompaksiyon kalıplarında hazırlanmış ve bunlardan 3.80x7.60 ebatlarında örselenmemiş numune

modelini yansıtabak şekilde örnekler alınması suretiyle gerçekleştirilmiştir. Deney gerçekleştirilirken, uygulanan veya numunenin taşıdığı yük azalmaya başlayınca, deney sonlandırılmıştır. 1-7-14 günlük küre bırakılan numuneler üzerinde deneyler 0.5mm/dak hızla yapılmıştır. Elde edilen veriler formlara işlenmiştir. Bu verilere göre çizilen gerilme-deformasyon grafikleri Şekil 5.11.'de gösterilmiştir.

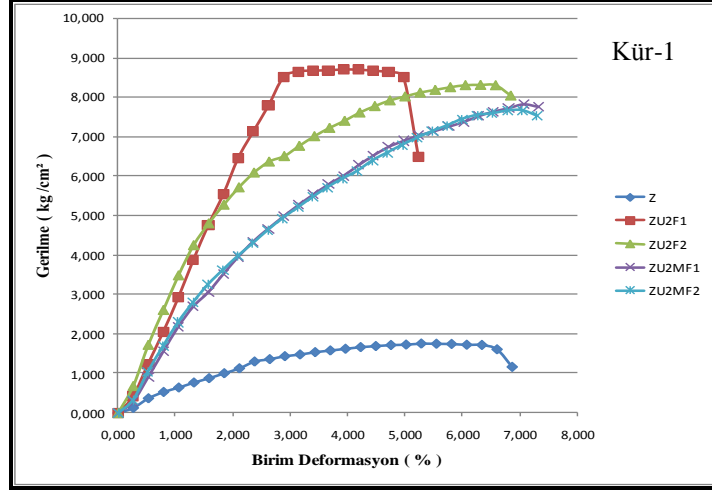


(a)

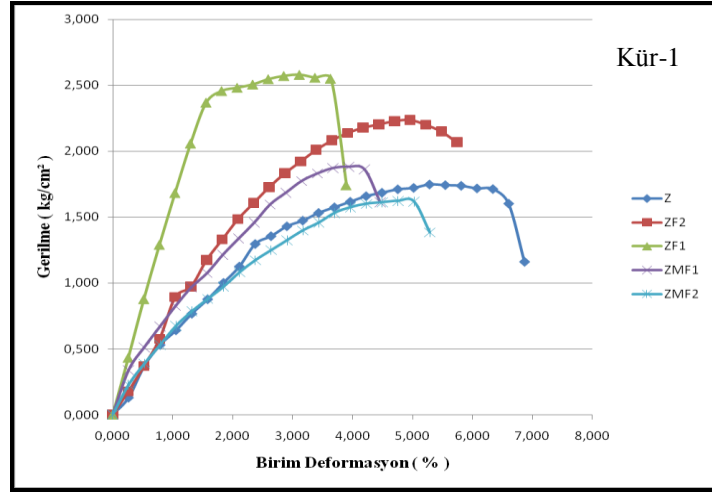


(b)

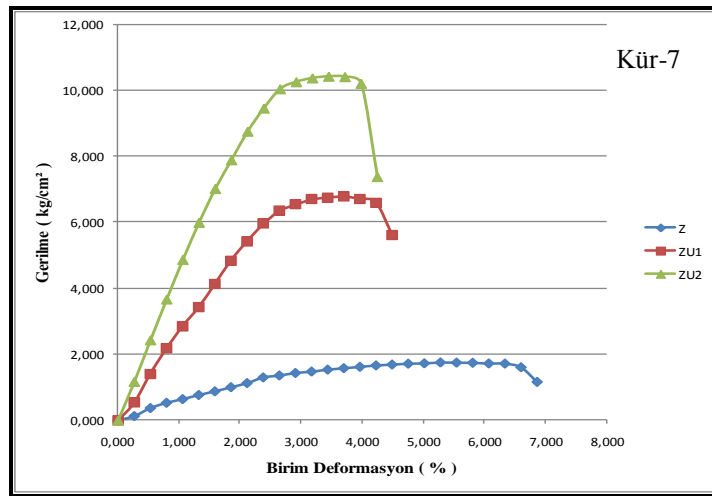
Şekil 5.11. Gerilme-deformasyon grafikleri



(c)

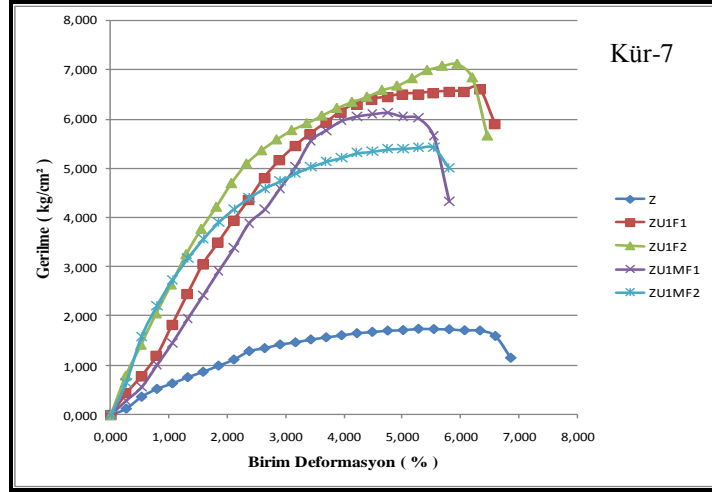


(d)

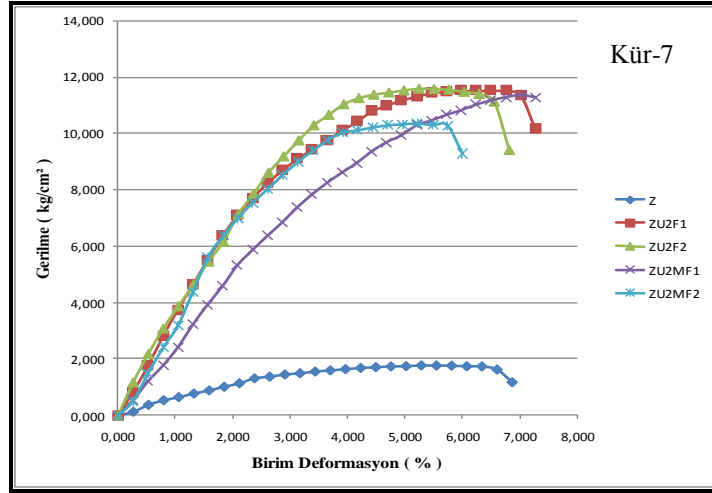


(e)

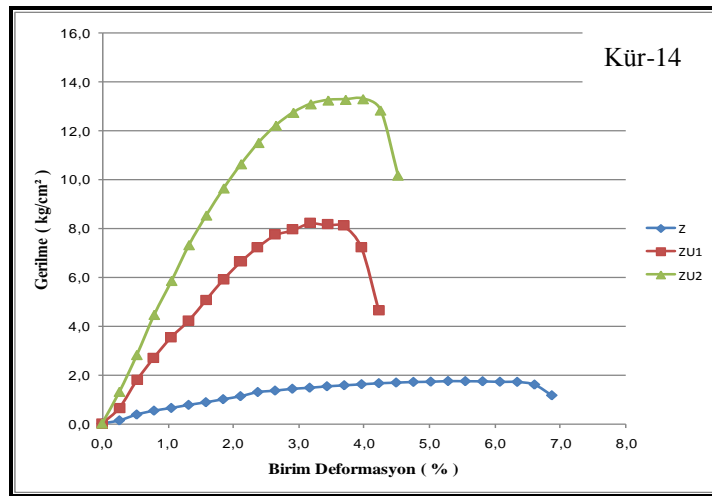
Şekil 5.11. (Devam) Gerilme-deformasyon grafikleri



(f)

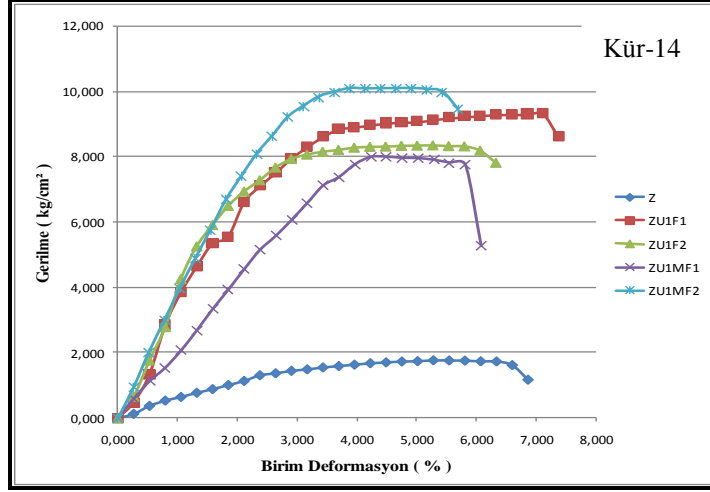


(g)

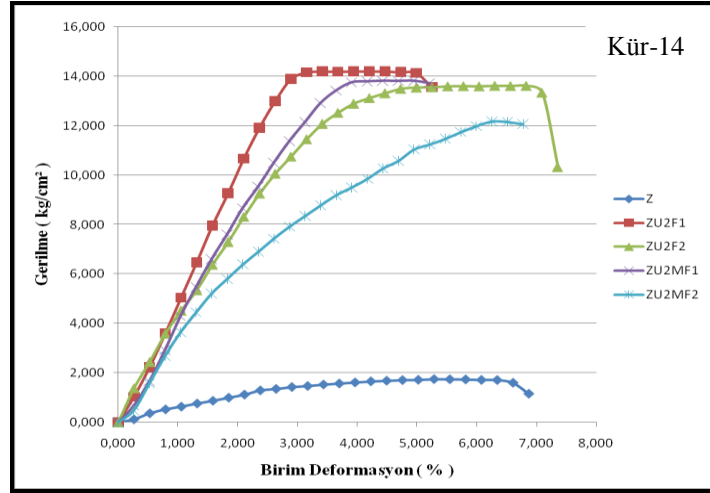


(h)

Şekil 5.11. (Devam) Gerilme-deformasyon grafikleri



(i)



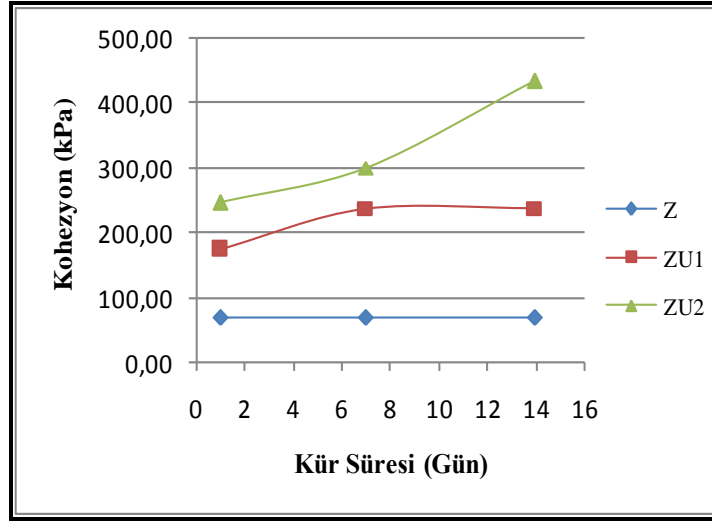
(j)

Şekil 5.11. (Devam) Gerilme-deformasyon grafikleri

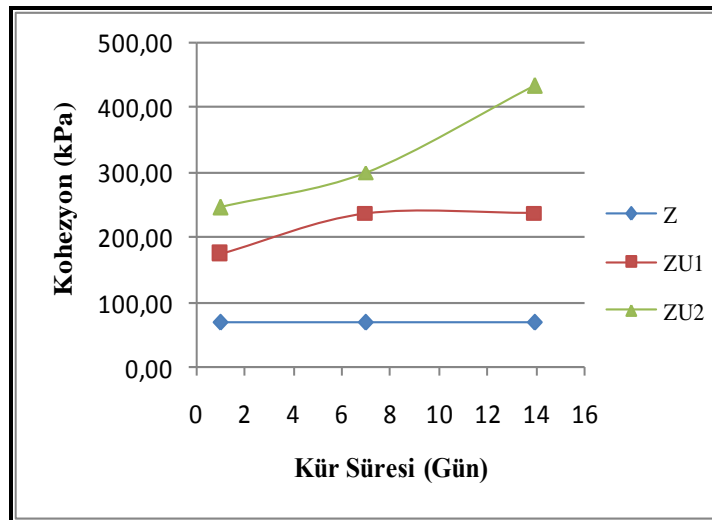
5.4.8. Üç Eksenli Basınç Deneyi

Üç eksenli basınç deneyi, AASHTO T-297'ye göre gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneyde üç eksenli deney aletinin hızı 0.5 mm/dakika olarak ayarlanmıştır. Numuneler sırası ile 50–100–200 kPa çevre basınçlarında kırılmışlardır. Kullanılan deney numuneleri MKBA–OSM değerlerinde kompaksiyon kalıplarında sıkıştırılan karışım serilerine 3.80*7.60 ebatlarında numune alıcılarının yerleştirilmesi daha sonra bu numunelerin içerisindeki zeminin CBR aletine monte edilen ve dış çapı numune alıcılarının iç çapına eşit olan özel bir aparat sayesinde çıkarılarak oluşturulmuştur. Bu şekilde çıkarılan numuneler iki kat stretch filmle kaplanmış ve havası alınmış desikatörlerde küre bırakılmıştır. Yapılan üç eksenli basınç deneyleri sonucunda

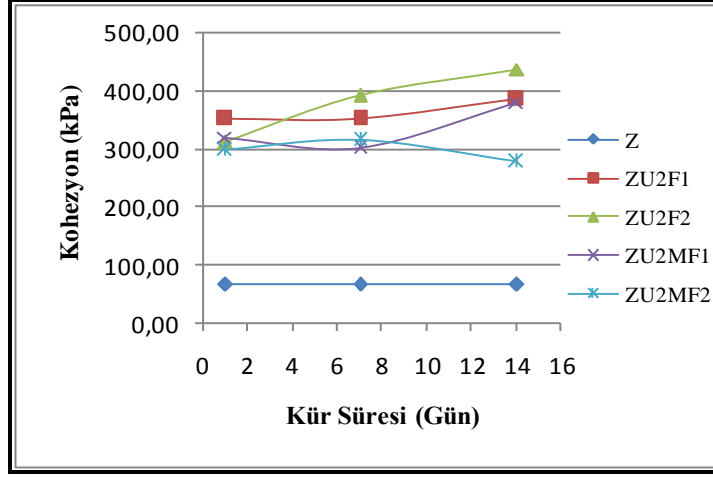
bütün karışım serilerinde, donatısız duruma göre kohezyon, içsel sürtünme açısı ve deviator gerilmede artışlar olduğu gözlemlenmiştir. Kohezyonun en yüksek değeri aldığı karışım serisi, 438,50 kPa ile 14 günlük küre bırakılan ZU2F2 olmuştur. İçsel sürtünme açısının en yüksek değeri aldığı karışım serisi, 27,99° ile 14 günlük küre bırakılan ZU2MF2 olmuştur. Deviator gerilmedeki en büyük değer ise sırasıyla 50–100–200 kPa çevre basınçları için 1249,26–1310,62–1452,08 kPa ile ZU2F1 serisinde ortaya çıkmıştır. Özellikle uçucukül-elyaf-zemin karışımlarında, üç eksenli test neticesinde kopma aralığının uzadığı ve kopma direniminin arttığı saptanmıştır. Bu durumun özellikle tekerrür eden yüklerden dolayı yollarda meydana gelen ani kopma ve göçme durumlarında müdahale için zaman kazandıracağı düşünülmektedir.



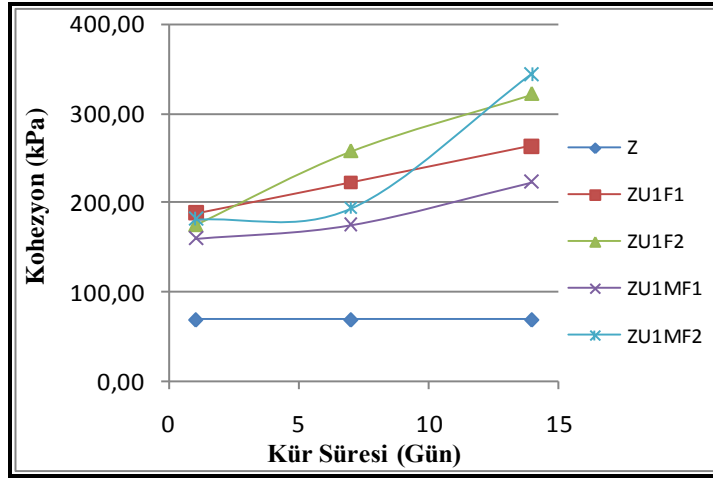
Şekil 5.12. Z-ZU1-ZU2 kohezyon–kür süresi ilişkisi



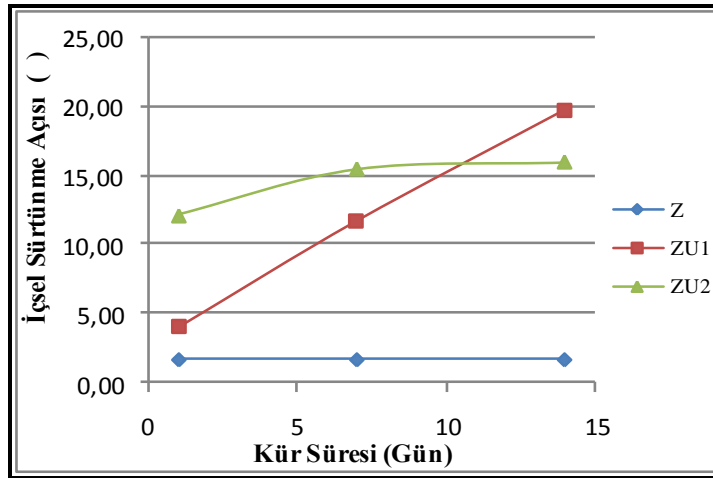
Şekil 5.13. Z-ZF1-ZF2-ZMF1-ZMF2 kohezyon–kür süresi ilişkisi



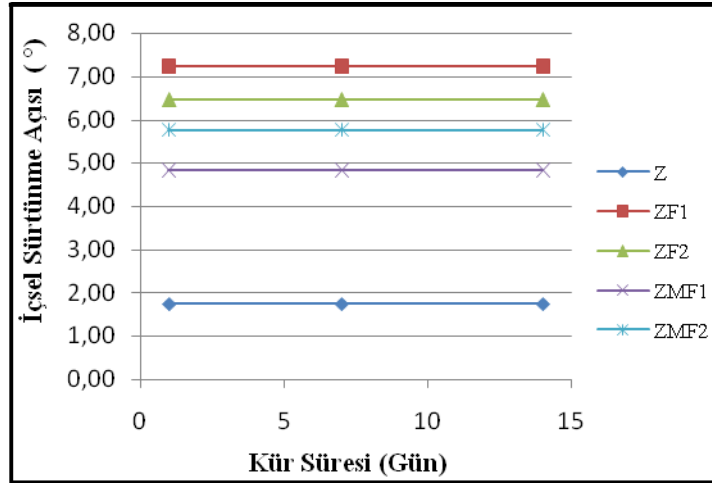
Şekil 5.14. Z-ZU2F1-ZU2F2-ZU2MF1-ZU2MF2 kohezyon-kür süresi ilişkisi



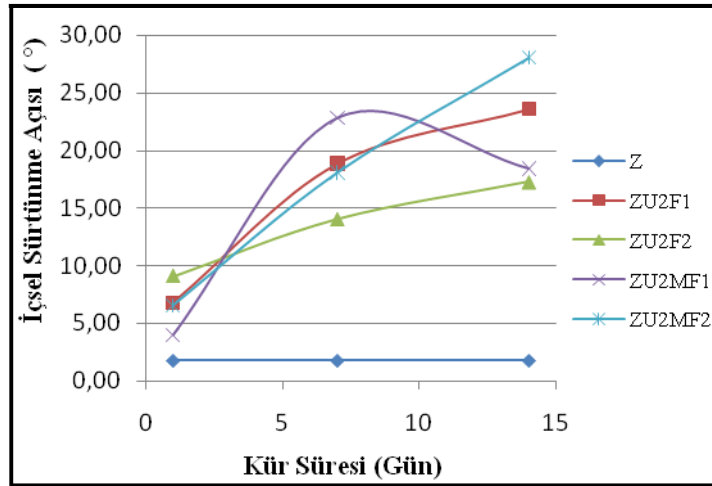
Şekil 5.15. Z-ZU1-ZU1F1-ZU1F2-ZU1MF1-ZU1MF2 kohezyon-kür süresi ilişkisi



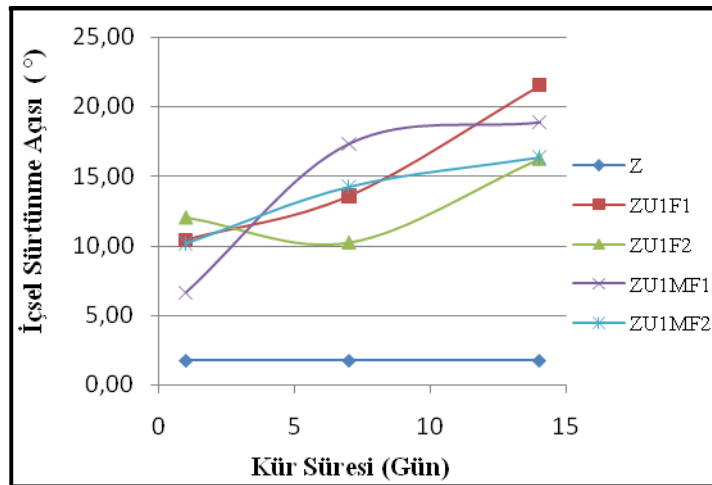
Şekil 5.16. Z-ZU1-ZU2 içsel sürtünme açısı-kür süresi ilişkisi



Şekil 5.17. Z-ZF1-ZF2-ZMF1-ZMF2 içsel sürtünme açısı-kür süresi ilişkisi



Şekil 5.18. Z-ZU2F1-ZU2F2-ZU2MF1-ZU2MF2 içsel sür. açısı-kür süresi ilişkisi



Şekil 5.19. Z-ZU1F1-ZU1F2-ZU2MF1-ZU2MF2 içsel sür. açısı-kür süresi ilişkisi

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Uçucu kül ve polipropilen elyafların zeminlerin iyileştirilmesinde kullanıldığı bu çalışmada, uçucu kül ve polipropilen elyafların zemin iyileştirme malzemesi olarak kullanılabilirliği ile zeminin fiziksel ve mühendislik özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Özellikle termik santrallerde ortaya çıkan uçucu kül miktarının her geçen gün artması ile uçucu külün atık olarak nitelendirilerek depolamak yerine, yan ürün olarak kullanılabilirliğinin arandığı günümüzde yapılan bu çalışmaların önemi büyüktür. Ayrıca uçucu küllerin zemin iyileştirme malzemesi olarak kullanımına olanak sağlanması ile nitelikleri yetersiz zeminin ekonomik bir şekilde iyileştirilmesi ve atık uçucu küllerin çevreye vereceği zararların azaltılması sağlanmış olmaktadır. Zemin–Uçucu Kül–F Tipi Elyaf–M Tipi Elyaf'ların ayrı ayrı ve bir arada belirli oranlarda karıştırılması ve yapılan deneyler neticesinde şu sonuçlar elde edilmiştir.

Yapılan standart proktor deneyi ile F tipi ve M tipi elyaf katkısının doğal zemin numunesine göre genel olarak MKBA değerini düşürdüğü gözlemlenmiştir. Yine bu katkıların zeminin OSM değerini çok az (% 0,1-0,9 aralığında) düşürdüğü gözlemlenmiştir. Elyaf katkısı zemin içinde yerleştiği noktalarda az da olsa boşluklar oluşturduğu bu yüzden de MKBA değerini düşürdüğü düşünülmektedir. Zemine katılan uçucu külün ise doğal duruma göre MKBA değerini düşürürken OSM değerini artırdığı görülmüştür.

Donatısız zemin, % 10 ve % 15 uçucu kül katkılı numuneler üzerinde yapılan Likit Limit deneyi ile uçucu kül katkısının likit limit değerini artırdığı saptanmıştır. % 10 katkı LL'değerini % 2,5, % 15 katkı % 9,5 oranında artırmıştır. Ayrıca aynı numuneler üzerinde yapılan plastik limit deneyi ile katkının plastik limit değerini de artırdığı ama bu artış oranının likit limit 'deki artışa göre çok daha fazla olduğu görülmüştür. % 10 Uçucu kül katkısı PL'değerini % 65,0, % 15 katkı ise % 88,0 oranında artırmıştır. Bunun neticesinde de plastisite indisi katkı oranı ile düşmüştür.

MKBA – OSM değerinde hazırlanan numuneler üzerinde gerçekleştirilen CBR deneyi ile bütün karışım serileri için doğal duruma göre CBR değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Özellikle uçucu kül katkılı numunelerde bu artış zirve değerler ulaşmıştır. % 0.5 elyaf katkılı karışım serileri % 1.0 katkılı serilere göre daha yüksek CBR sonuçları vermiştir. Ayrıca en yüksek CBR değeri % 26.07 ile ZU2MF1 karışım serisinde elde edilmiştir. Bu da donatısız zemin CBR değerinin 55.46 katına tekabül etmektedir. Uçucu kül katkılı karışım serileri CBR deneyine tabii tutulurken yenilme

anında pistonun yük uyguladığı noktadan dışarıya doğru çevresel çatlaklar oluşmuştur. Bunun sebebinin CBR deneyinden önce karışım serileri 96 saat süre ile suda bekledikleri için uçucu külün suyla reaksiyona girmesi, priz alması ve sertleşmesi nedeni ile olduğu düşünülmüştür.

Yine MKBA–OSM değerlerinde hazırlanan numuneler üzerinde yapılan serbest basınç deneyi neticesinde tüm karışım serilerinde donatısız zemin numunesine göre artışlar gözlemlenmiştir. Ancak % 0.5 ve % 1.0 donatılı zemin numunelerinde artış yok denecek kadar azdır. Ayrıca uçucu kül katkılı numunelerde düzenli bir artış sözkonusu iken karışım içerisine elyafların girmesi ile düzenlilik kaybolmuştur. Yani bünyesinde elyaf bulunan karışımlar kararsız bir yapı sergilemişlerdir. Yapılan serbest basınç dayanımı deneylerinde en yüksek gerilme 14.932 kg/cm^2 ile 14 günlük ZU2F1 karışım serisinde gözlemlenmiştir. Bu da donatısız zemin numunesinin serbest basınç dayanımının 8.12 katına tekabül etmektedir.

Hazırlanan numuneler üzerinde gerçekleştirilen üç eksenli basınç deneyi neticesinde donatılı bütün numunelerin kohezyon, içsel sürtünme açısı ve deviator gerilme değerleri donatısız zemin numunesine göre artış göstermiştir. Uçucu kül katkılı zemin numuneleri genel olarak yenilme anında gevrek bir yapı, elyaf donatılı zemin numuneleri ise sünek bir yapı sergilemektedirler. Elyaf donatılı zemin numuneleri kohezyon değerini belli belirsiz artırırken, içsel sürtünme açısında gözle görülür artışlar meydana gelmiştir. İçsel sürtünme açısı pik değerini 14 günlük küre bırakılan ZU2MF2 karışım serisinde alırken, kohezyon değeri 14 günlük küre bırakılan ZU2F2 karışım serisinde zirve yapmıştır.

Ayrıca bu çalışma bünyesinde gerçekleştirilen tüm deneylerde, uçucu kül katkısının kullanılan zayıf–yüksek plastisiteli–şişen zeminin tüm özelliklerini gözle görülür biçimde iyi yönde artırdığı saptanmıştır. Elyafların ise yine zemin numunesinin mukavemet değerlerini artırdığı, kayma anında süneklik kazandırdığı görüldüğü bu belirgin bir şekilde olmamıştır. Elyafın içerisinde F tipi elyafların M tipi elyaflara kıyasla daha belirgin artışlar–faydalar sağladığı söylenebilir. Zeminin şişme yüzdesine ise elyafların negatife veya pozitif yönde pek bir katkısı olmazken, uçucu kül şişme yüzdesini % 50 oranında düşürmüştür.

Bu tez çalışması neticesinde, uçucu külü ve elyaf malzemelerin zayıf zeminlerin stabilizasyon çalışmalarında kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

7. KAYNAKLAR

Akman, M.S., 1989, “Genel Rapor“, “Yeni Malzemeler Yeni Kullanım Alanları“, Türkiye İnşaat Mühendisliği X. Teknik Kongresi, Bildiriler Kitabı, Cilt – I, Ankara, 9–19.

Akman, S., Esenli, F., 1992, “A Comparative Study of Natural Pozzolans Used in Blended Cement Production”, IV. Canmet / ACI Int.Conf. Fly Ash, İstanbul.

Akman, S., 1993, “Ağırlık Barajlarında Uçucu Küllü Rolkrit Kullanımı”, Endüstriyel Atıkların İnşaat Mühendisliğinde Kullanılması Sempozyumu, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şb., Ankara, 9–22.

Alataş, T., 1996, “Afşin – Elbistan Termik Santrali Uçucu Külünün Yol Stabilizasyonunda Çeşitli Maddelerle Birlikte Kullanımı Üzerine Bir Araştırma”, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Elazığ, 146.

Anon, 1986, “Fly Ash Design Manual For Road and Site Applications”, Electr Power Res. Inst. Coal Combust Syst. Div. Rep., Volume 2, 200.

Aras, M., 1971, “The Effect of Pozzolanic Admixtures on Heat of Hydration of Portland Cement and Shrinkage of Mortar and Concrete”, ODTÜ, Ankara.

Atanur, A., 1971, “Uçucu Küllerin Kimyasal ve Fiziksel Vasıfları ve Yapı Malzemesi Olarak Kullanılması”, Bayındırlık Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 219.

Atiş, C.D., 2001, “Uçucu Kül İçeren Silindire Sıkıştırılabilen Betonların Özellikleri”, Turkish Journal of Engineering&Environment Sciences, Vol.25, No.5, 503–515.

Bowders, J., Usman, M., Gidley, J., 1987, “Stabilized Fly Ash for Use as Low – Permeability Barriers”, Geotechnical Practice for Waste Disposal 87, West Virginia University, Morgantown, USA, 320–333.

Bruce Pfister, 2006, “Wisdot Fly Ash Stabilization”, Wisconsin, USA.

Büyüköner, B., 1989, “Properties of Compacted and Steam Cured Fly Ash Lime Masonryunits”, ODTÜ Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Cripwell, B., 1992, “Pulvarize Uçucu Kül Nedir ?”, Cement and Concrete Research 18, 1–8.

Çakır, M., 1979, “Uçucu Kül ile Zemin Stabilizasyonu”, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 73.

Erdinç, M., 1995, “Uçucu Kül Katkılı Betonlarda Klor Geçirimsizliği”, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Erdoğan, T.Y., 1993, “Atık Hammaddelerin İnşaat Endüstrisinde Kullanımı – Uçucu Kül ve Yüksek Fırın Cürufu”, Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanımı Sempozyumu, Ankara, 1 – 8.

Ergüt, Ş., 1994, “Seyitömer Termik Santral Atık Uçucu Küllerinin Sinterleşme Karakterizasyonu”, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 67.

E.İ.E., 1979, “Türkiye Uçucu Küllerinin Özellikleri ve Kullanım Özellikleri”, E.İ.E. Genel Yayın Direktörlüğü, Ankara.

Erşan, H., 1996, “Uçucu Küllerin Siltli Zeminlerin Kayma Mukavemeti Üzerine Etkisi”, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 75.

Erytropel, Hermann, 1969, “Etuded de la Production et de l ‘ Utilisation des Cendres de Lingte”, Commission Economi que Pour l ‘ Europ Comite du Charbon, Geneve.

Fincan, P., 1996, “Flowwable Fill Applications in Civil Engineering”, Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 152.

Günel, R.G., 1996, “Uçucu Külün Zemin Stabilizasyonunda Kullanılması”, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 76.

Güvercin, T., 2002, “Silis Dumanı, Uçucu Kül ve Yüksek Fırın Cürufu’ nun Bağlayıcı Olarak Çimento Üzerindeki Etkisi”, Atatürk Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.

Haşal, E., 2000, “Uçucu Kül-Çimento-Köpük Karışımının Hafif Dolgu Malzemesi Olarak Geoteknik Özellikleri”, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 228.

Helmuth, R., 1987, “Fly Ash in Cement Concrete”, Portland Cement Association, Illinois, USA, 135.

[http : // www.ukqaa.org.uk/Papers/Wiscon2003PosterPresentationSear.pdf](http://www.ukqaa.org.uk/Papers/Wiscon2003PosterPresentationSear.pdf)

Intron, 1992, “Fly Ash Addition to Concrete Inst. For Mat. And Env. Research”, A.A. Balkema, Rotterdam, 99.

İlhan, T., 1995, “Sülfo Kalsik ve Siloko Kalsik Uçucu Küllerin İyileştirme ve Rolkritlerde Kullanımı”, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Joshi, R.C. and Nagaraj, T.S., 1987, “Fly Ash Utilization for Soil Stabilization”, Enviromental Geotechnics and Problematic Soils and Rocks, Balusubromaniam et al., Balkema, Rotterdam, 77–93.

Jadhao, P., Nagarnaik, P., 2008, “Influence of Polypropylene Fibers on Engineering Behavior of Soil–Fly Ash Mixtures for Road Construction”, Electronic Journal of Geotechnical Engineering Vol. 13, 1–11

Kafesçioğlu, R., Gürdal, E., 1985, “Çağdaş Yapı Malzemesi – Alker – Alçılı Kerpiç”, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı – Enerji Dairesi Başkanlığı, Ankara.

Kaniraj, S., Havanagi, R., 2001, “Behaviour of Cement – Stabilized Fiber – Reinforced Fly Ash – Soil Mixtures”, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 574–583.

Kumar, R., Kanaujia, V.K., Chadra, D., 1999, “Engineering Behaviour of Fiber Reinforced Pond Ash And Silty Sand”, Geosynthetics International, 509–518.

Kumar, A., Walia, B.S., Bajaj, A., 2007, “Influence of Fly Ash, Lime and Polyester Fibers on Compaction and Strength Properties of Expansive Soil”, Journal of Materials in Civil Engineering, 242-248

Laguros, J., Jha, K., 1971, “Stabilization of Oklohama Shales”, University of Oklohoma, Oklohoma, 264.

Ledbetter, W.B., 1981, “Is Lime of Fly Ash Available for Soil Stabilization”, Teksas A&M University Colega Station , Civil Engineering Department Press, Teksas.

Martin, J., Collins, R., Browning, J. and Biehl F.J., 1990, “Properties and Use of Fly Ashes for Embankments”, Journal of Energy Engineering, Vol.116, No.2, 71–86.

Nataraj, M.S., McManis, K.L., 1996, “Strength and Deformation of Properties of Soils Reinforced with Fibrillated Fibers”, Geosynthetics International, 65–79.

lmez, H., 1988, “Endüstriyel ve Tarımsal Atıkların Çimento retiminde Değerlendirilmesi”, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen – Edebiyat Fakultesi Yüksek Lisans Tezi, Samsun.

zdemir, B., 2001, “Tunçbilek Termik Santrali Uçucu Küllerinin Karakterizasyonu ve Yan rnlerinin Eldesi”, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

zturan, T., 1990, “Uçucu Kül–Çimento Bulamaçlarının Dolgu Malzemesi Olarak Kullanılması”, ZMTM. 3. Ulusal Kongresi, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, 373–386.

zturan, T., 1993, “Atık Malzemelerin İnaşaat Endüstrisinde Kullanımı”, Endüstriyel Atıkların İnaşaat Sektöründe Kullanılması Sempozyumu, Ankara.

PFA Utilization, 1972, Central Electricity Generation Board, England.

Savran, K.Z., 1988, “Stabilization of Cohesive Soils with Fly Ash”, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 62.

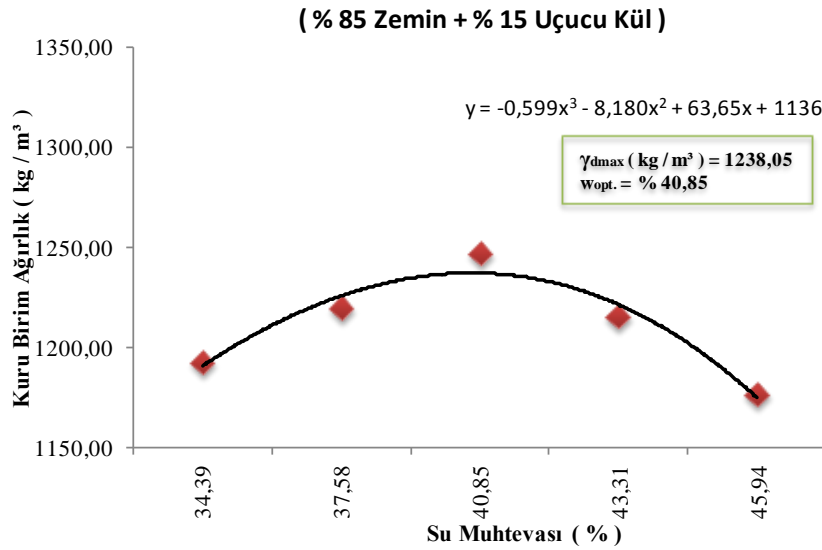
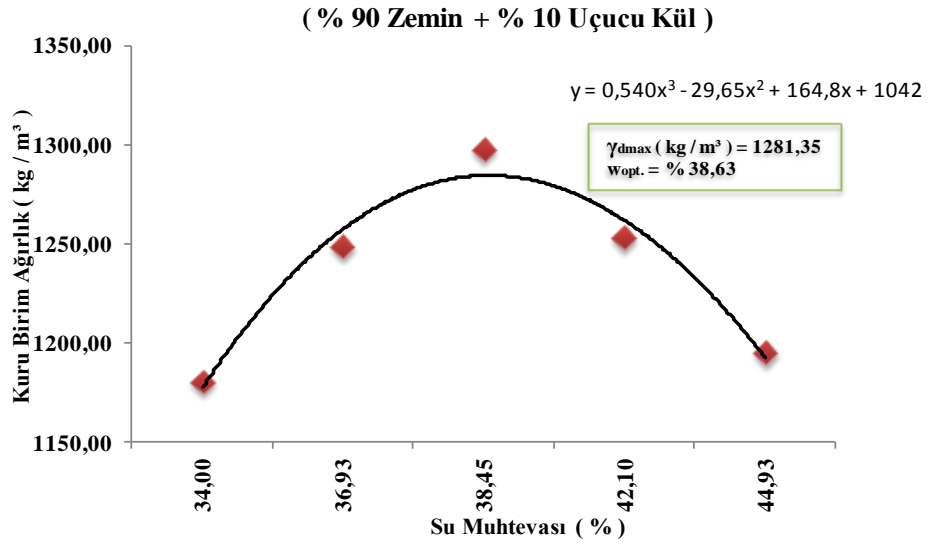
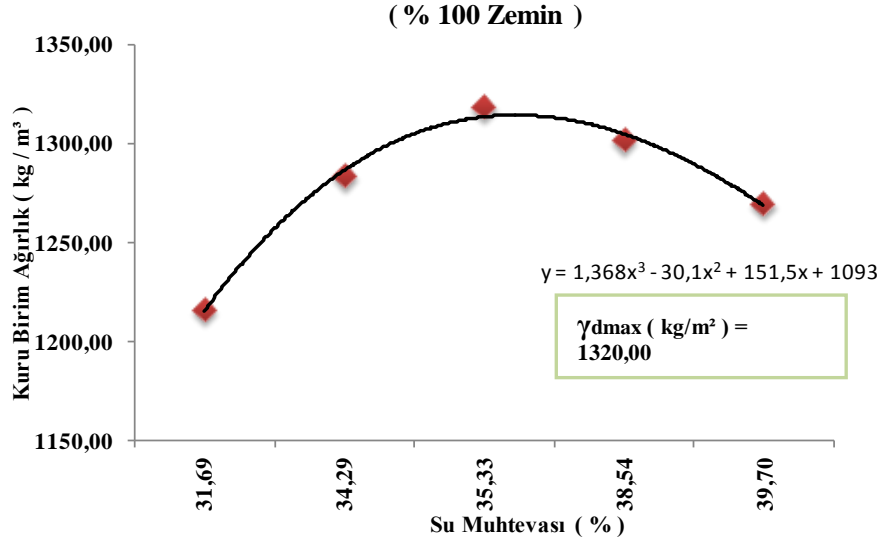
Saray, F., 1990, “Polipropilenin İşleme ve Fabrikasyonundaki Problemler ve Çözümleri, Alpet Yayınları, İzmir.

- Şengül, Ö., Taşdemir, M.A., Sönmez, R., 2002, “Yüksek Oranda Uçucu Kül İçeren Normal ve Yüksek Dayanımlı Betonların Klor Geçirimsizliği”, I. Ulusal Yapı Malzemeleri Kongresi, 75–85.
- Şenol, A., Bin – Shafique, S., Edil, T., Benson, C.H., 2002, “ Use of Class C Flyash for Stabilization of Soft Subgrade”, Fifth International Congress on Advances in Civil Engineering, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- TS 639, 1975, “Çimento Üretiminde Kullanılan Uçucu Küller”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- Tokay, M., 1989, “Uçucu Küllerin Minerolojik Kompozisyonlarının Hidratasyon ve Puzolanik Reaksiyona Etkileri”, İnşaat Mühendisliği X. Teknik Kongresi, Cilt.I, Ankara, 389 – 401.
- Tokay, M., 1993, “Betonda Uçucu Kül Kullanımı”, Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanımı Sempozyumu, Ankara.
- Toros, H., 1987, “Afşin – Elbistan Termik Santrali Uçucu Küllerinin Yapı Malzemesi Olarak Kullanılması”, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 117.
- Türker, P., Erdoğan, B., Kantaş, F., Yeğınobalı, A., 2003, “Türkiye’ deki Uçucu Küllerin Sınıflandırılması ve Özellikleri, TCMB Ar – Ge Enstitüsü, Ankara, 75.
- Volkan, S., 2006, “Afşin – Elbistan Termik Santrali Uçucu Küllerinden Yanmamış Karbonun Geri Kazanımı”, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Whiting, D., 1990, “Compressive Strength of Lean Concretes Containing Fly Ash”, Serv. Durability Constr. Mater. Proc. First Mater. Eng. Congr., Boston, USA, 1335-1344
- Yazıcı, Ş., 1991, “Stabilization Characteristics of Class C Fly Ash”, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 57.
- Yetimoğlu, T., Salbaş, Ö., 2003, “A Study on Shear Strength of Sands Reinforced with Randomly Distributed Discrete Fibers”, Geotextiles and Geomembranes Journal of The International Geosynthetics Society, 103–110.
- Yılmaz, Ş., 1992, “Seyitömer Termik Santral Atık Uçucu Küllerinin Yapı Malzemesi Olarak Değerlendirilmesi”, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

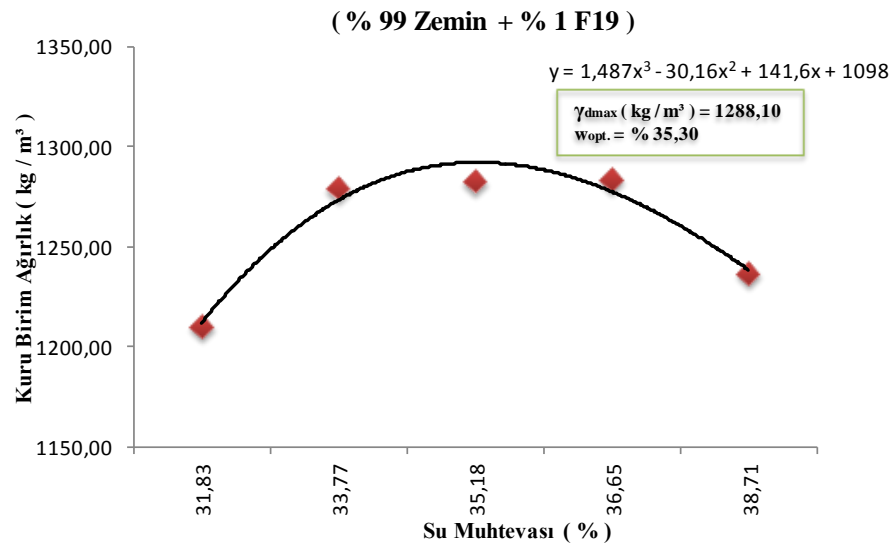
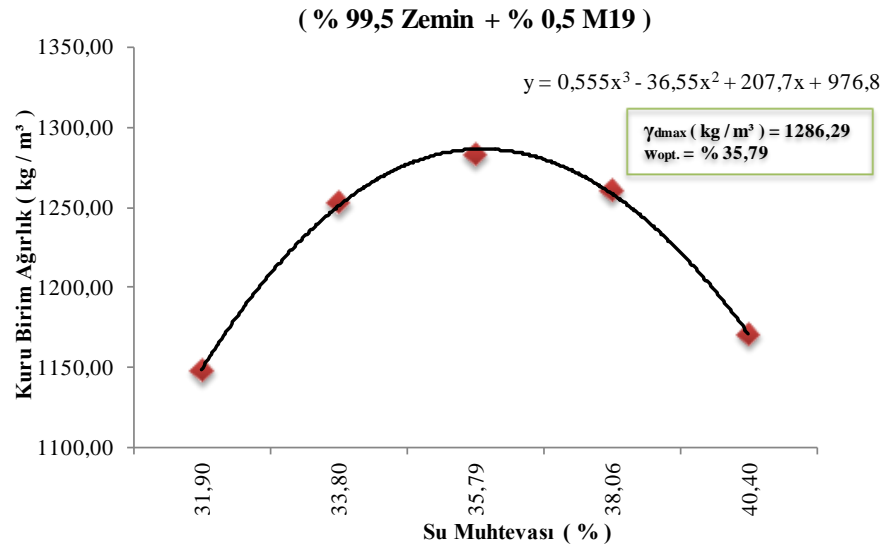
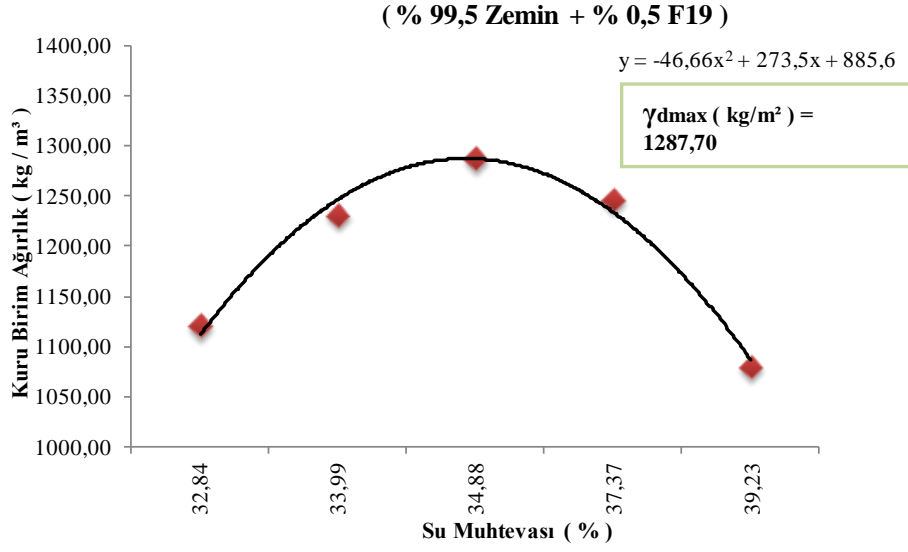
8. ÖZGEÇMİŞ

1976 yılında Sivas'ta doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Sivas'ta tamamladı. 1994 yılında Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde lisans öğrenimine başladı. 1998 yılında bu bölümden İnşaat Mühendisi olarak mezun oldu. 1998–1999 yılları arasında Çankırı'da askerlik görevini tamamladı. 1999–2000 yıllarında serbest olarak proje mühendisliği yaptı. Devlet memurluğu sınavını kazanarak 2001 yılı Ocak ayında Karayolları Genel Müdürlüğü 16. Bölge Müdürlüğü'nde Kesin Hesap Mühendisi olarak göreve başladı ve halen bu görevine devam etmektedir.

9. EKLER

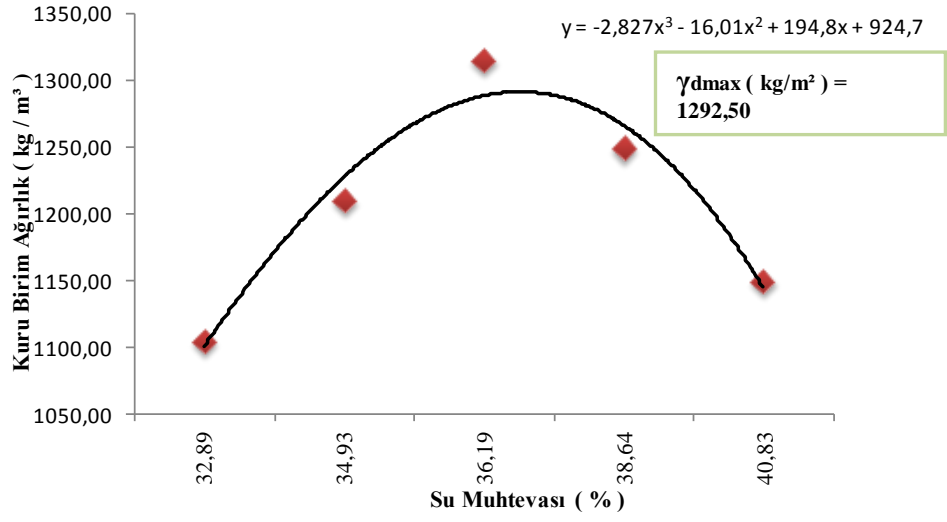


Ek 1. Standart proktor deneyi sonuçları

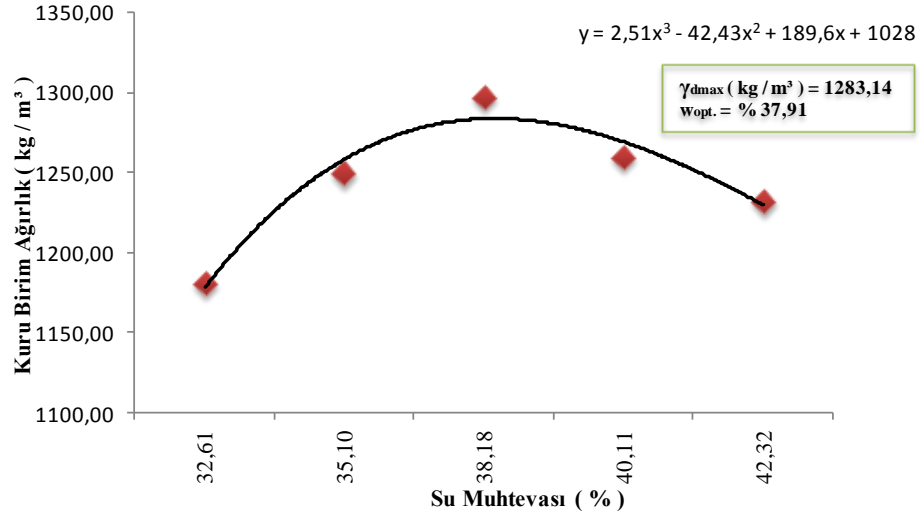


Ek 1.(Devam) Standart proktor deneyi sonuçları

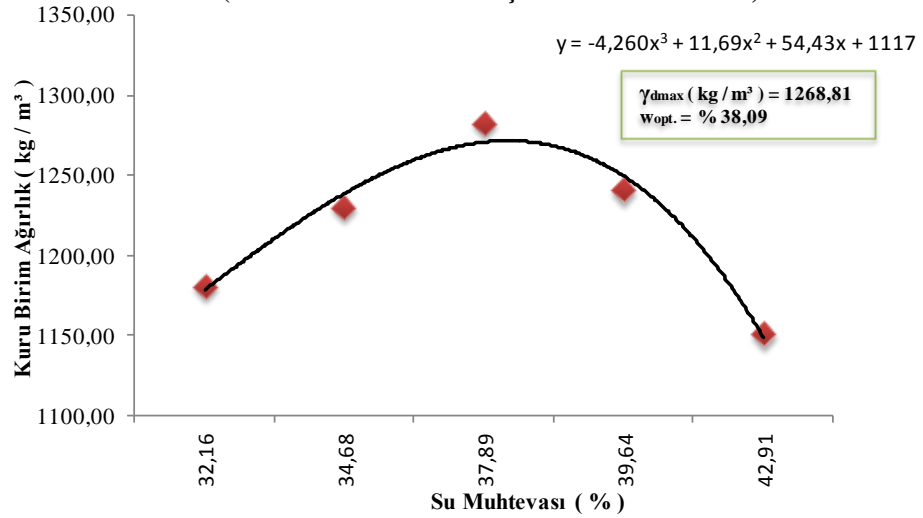
(% 99 Zemin + % 1 M19)



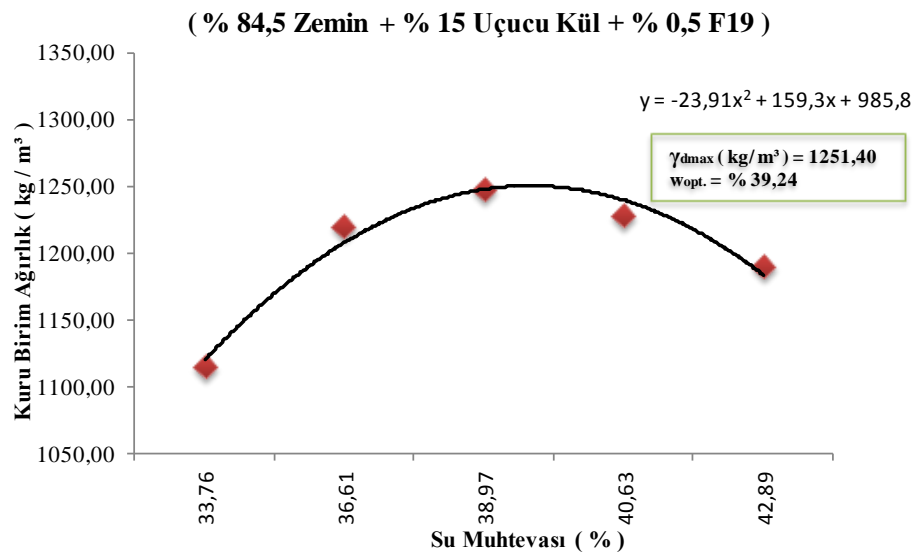
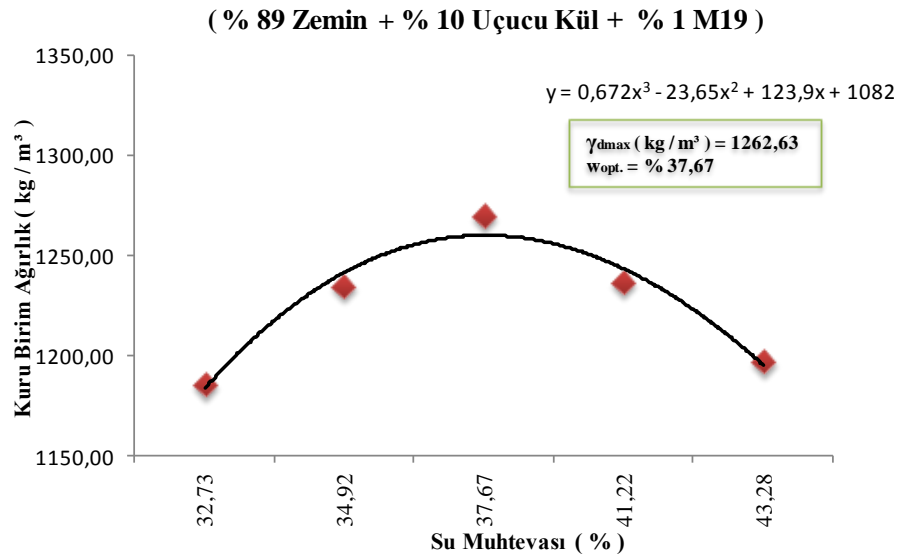
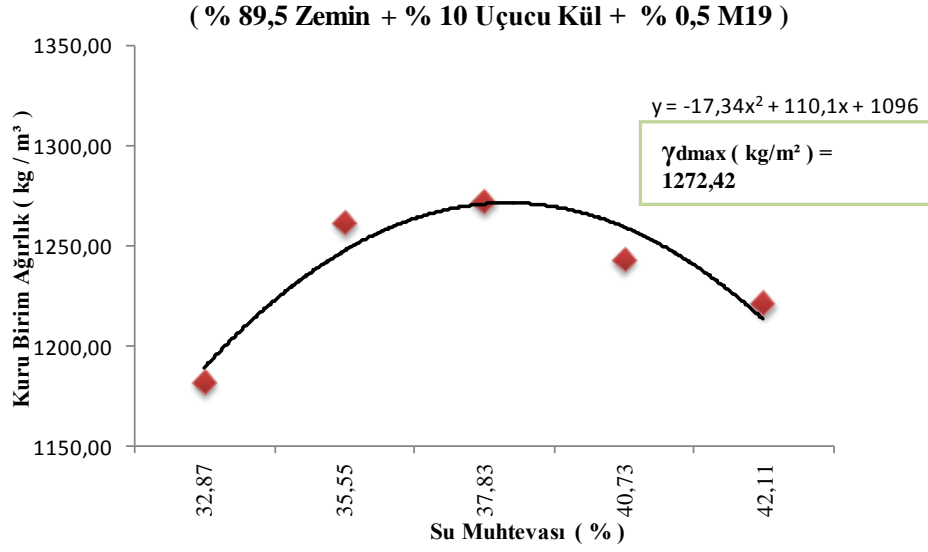
(% 89,5 Zemin + % 10 Uçucu Kül + % 0,5 F19)



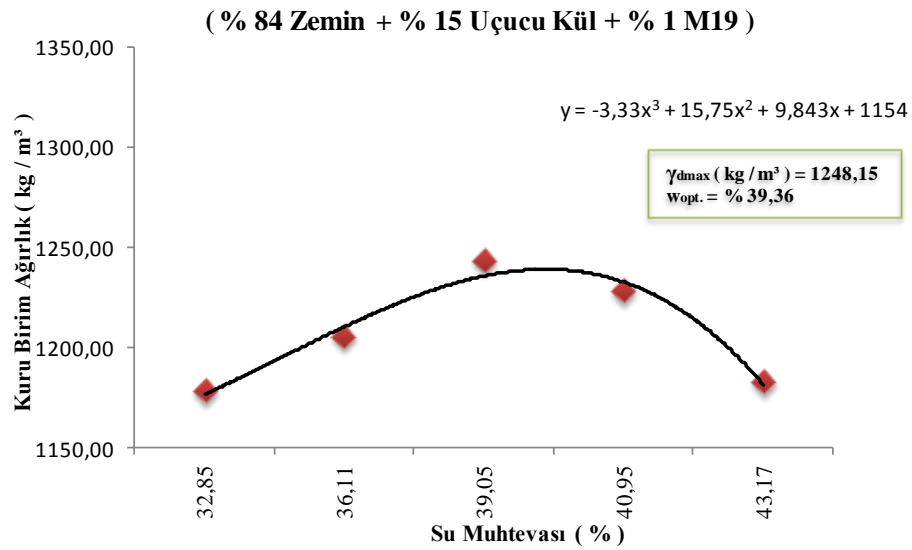
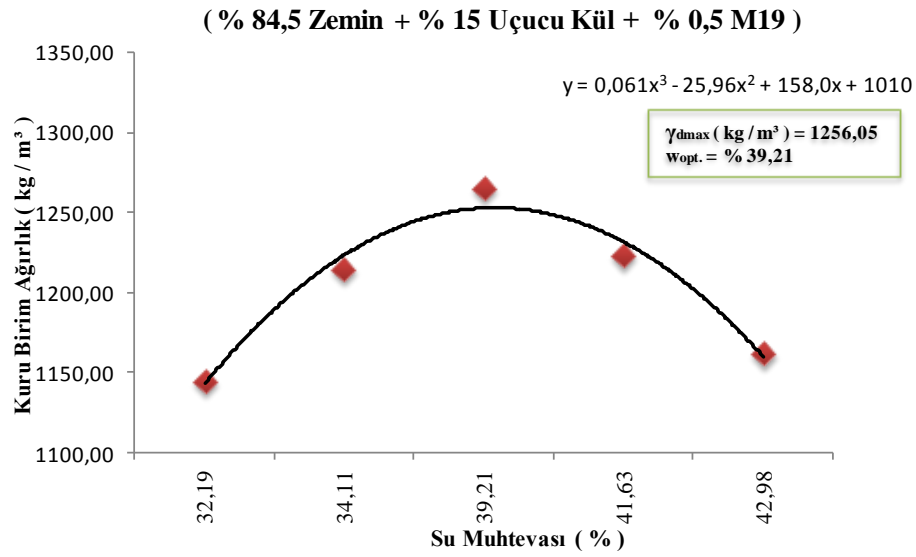
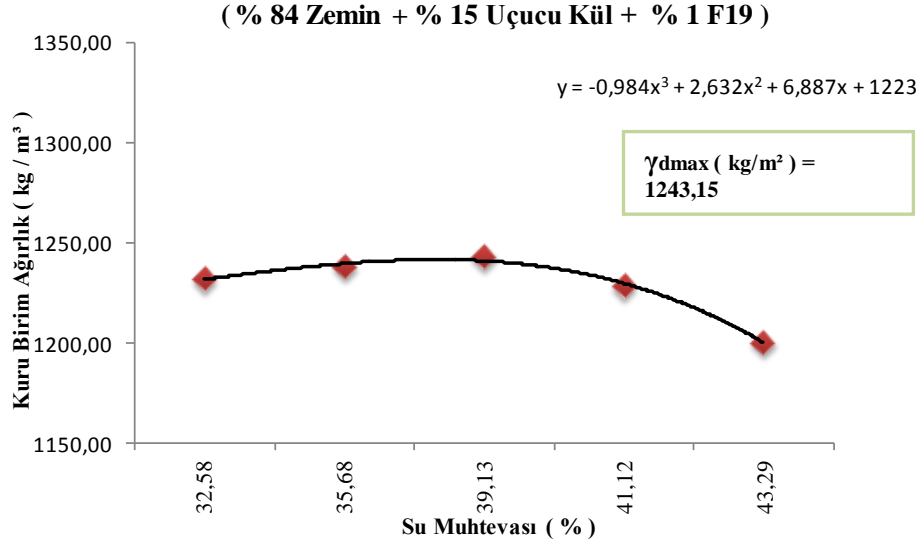
(% 89 Zemin + % 10 Uçucu Kül + % 1 F19)



Ek 1.(Devam) Standart proktor deneyi sonuçları



Ek 1.(Devam) Standart proktor deneyi sonuçları



Ek 1.(Devam) Standart proktor deneyi sonuçları

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI											
PROJE ADI	ZAYIF ZEMİN İYİLEŞTİRME			NUMUNENİN		Lab No	ALINDIĞI YER		ŞEBİNKARAHİSAR		
						ARAZİ N					CİNSİ
C.B.R	YAŞ	X	SIKIŞTIRMA YÖNTEMİ	STATİK		TOKMAK (kg)	TABAKA	VURUŞ			
	KURU			Dinamik	Yük						
KURU BİRİM AĞIRLIĞININ SAPTANMASI											
NUMUNENİN DURUMU				Suya Batırmadan önce	Suya batırdıktan sonra	Suya Batırmadan önce	Suya batırdıktan sonra				
Kalıp No				6	6	7	7				
Kalıp Ağırlığı				gr	5068	5068	5025	5025			
Kalıp Hacmi				cm ³	2124	2124	2124	2124			
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı				gr	8874	8992	8759	8956			
Yaş Numune Ağırlığı				gr	3806	3924	3734	3931			
Yaş Birim Ağırlık				ton/m ³	1,792	1,847	1,758	1,851			
Kuru Birim Ağırlık				ton/m ³	1,306	1,237	1,271	1,237			
SU İÇERİĞİNİN											
Kap No				gr	33	623	22	33			
Kap aAğırlığı				gr	60,6	59,9	59,1	60,6			
Kap+ Yaş Numune Ağırlığı				gr	289,9	313,4	304,7	323,7			
Kap+ Kuru Numune Ağırlığı				gr	227,7	229,6	236,6	236,5			
Su ağırlığı				gr	62,2	83,8	68,1	87,2			
Kuru Numune Ağırlığı				gr	167,1	169,7	177,5	175,9			
Su içeriği				%	37,2	49,4	38,4	49,6			
ŞİŞME SONUÇLARI											
Tarih	Saat	Kalıp No	6		Kalıp No	7		Ortalama Şişme % si			
		Göstergede Okunan t	Şişme %		Göstergede Okunan	Şişme %		3,89			
		465,00	3,99		441,00	3,79		0,47			
	Standart Basınç	6					7				
		okunan yük			Düzel.CBR:		okunan yük			Düzel.CBR:	
		Dial okuma	Yük	Kg/cm2	düz.CBR	%de cbr	Dial okuma	Yük	Kg/cm2	düz.CBR	%de cbr
0,625		5	4,5	0,2			3	2,7	0,1		
1,25		6	5,4	0,3			4	3,6	0,2		
1,825		8	7,2	0,4			5	4,5	0,2		
2,5	70	9	8,1	0,4	0,39	0,56	6	5,4	0,3	0,27	0,39
3,13		9	8,1	0,4			6	5,4	0,3		
3,75		9	8,1	0,4			7	6,3	0,3		
4,38		10	9,0	0,5			7	6,3	0,3		
5	105	11	9,9	0,5	0,48	0,46	8	7,2	0,4	0,36	0,34
5,63		11	9,9	0,5			8	7,2	0,4		
6,25		11	9,9	0,5			9	8,1	0,4		
6,88		11	9,9	0,5			9	8,1	0,4		
7,5		11	9,9	0,5			10	9,0	0,5		

Ek 2. CBR sonuç formları-Z

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI												
PROJE ADI	ZAYIF ZEMİN İYİLEŞTİRME			NUMUNENİN		Lab No	ALINDIĞI YER			ŞEBİNKARAHİSAR		
						ARAZİ N	CİNSİ			YARMA		
C.B.R	YAŞ	X	SIKIŞTIRMA YÖNTEMİ	STATİK		TOKMAK (kg)	TABAKA	VURUŞ				
	KURU			Dinamik	Yük							
KURU BİRİM AĞIRLIĞININ SAPTANMASI												
NUMUNENİN DURUMU				Suya Batırmadan önce	Suya Batırdıktan sonra	Suya Batırmadan önce	Suya Batırdıktan sonra					
Kalıp No				5	5	4	4					
Kalıp Ağırlığı				gr	5025	5025	5026	5026				
Kalıp Hacmi				cm ³	2124	2124	2124	2124				
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı				gr	8778,5	8870	8816	8897				
Yaş Numune Ağırlığı				gr	3753,5	3845	3790	3871				
Yaş Birim Ağırlık				ton/m ³	1,767	1,810	1,784	1,823				
Kuru Birim Ağırlık				ton/m ³	1,293	1,230	1,299	1,231				
SU İÇERİĞİNİN												
Kap No				gr	60	602	401	12				
Kap ağırlığı				gr	60,9	59,9	61,6	63,4				
Kap+ Yaş Numune Ağırlığı				gr	266,5	343,0	246,1	380,0				
Kap+ Kuru Numune Ağırlığı				gr	211,3	252,2	195,9	277,2				
Su ağırlığı				gr	55,2	90,8	50,2	102,8				
Kuru Numune Ağırlığı				gr	150,4	192,3	134,3	213,8				
Su içeriği				%	36,7	47,2	37,4	48,1				
ŞİŞME SONUÇLARI												
Tarih	Saat	Kalıp No	5			Kalıp No	4			Ortalama Şişme % si		
		Göstergede Okunan t	Şişme %		Göstergede Okunan	Şişme %		ORT.CBR % Sİ				
		258,00	2,22		247,00	2,12		6,16				
Standart Basınç												
		5					4					
		okunan yük			Düzel.CBR:			okunan yük			Düzel.CBR:	
		Dial okuma	Yük	Kg/cm2	düz.CBR	%de cbr	Dial okuma	Yük	Kg/cm2	düz.CBR	%de cbr	
0,625		63	56,7	2,9			42	37,8	1,9			
1,25		104	93,6	4,8			55	49,5	2,5			
1,825		126	113,4	5,8			74	66,6	3,4			
2,5	70	100	90,0	4,6	3,68	5,26	94	84,6	4,3	4,95	7,07	
3,13		89	80,1	4,1			69	62,1	3,2			
3,75		80	72,0	3,7			64	57,6	2,9			
4,38		78	70,2	3,6			62	55,8	2,8			
5	105	77	69,3	3,5	2,70	2,57	60	54,0	2,8	3,28	3,12	
5,63		63	56,7	2,9			59	53,1	2,7			
6,25		61	54,9	2,8			59	53,1	2,7			
6,88		60	54,0	2,8			58	52,2	2,7			
7,5		60	54,0	2,8			58	52,2	2,7			

Ek 3. CBR sonuç formları-ZU1

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI												
PROJE ADI	ZAYIF ZEMİN İYİLEŞTİRME				NUMUNENİN		Lab No	ALINDIĞI YER			ŞEBİNKARAHİSAR	
							ARAZİ N	CİNSİ			YARMA	
C.B.R	YAŞ	X	SIKIŞTIRMA YÖNTEMİ	STATİK		TOKMAK (kg)	TABAKA	VURUŞ				
	KURU			Dinamik	Yük	3	56					
KURU BİRİM AĞIRLIĞININ SAPTANMASI												
NUMUNENİN DURUMU				Suya Batırmadan önce	Suya Batırdıktan sonra	Suya Batırmadan önce	Suya Batırdıktan sonra					
Kalıp No				13	13	20	20					
Kalıp Ağırlığı				4926	4926	5100	5100					
Kalıp Hacmi				2124	2124	2124	2124					
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı				8683,0	8816	8876	8955					
Yaş Numune Ağırlığı				3757,0	3890	3776	3855					
Yaş Birim Ağırlık				1,769	1,831	1,778	1,815					
Kuru Birim Ağırlık				1,282	1,299	1,257	1,281					
SU İÇERİĞİNİN												
Kap No				303	101	403	80					
Kap ağırlığı				59,0	59,6	57,6	62,2					
Kap+ Yaş Numune Ağırlığı				322,6	335,0	302,6	414,0					
Kap+ Kuru Numune Ağırlığı				250,0	254,9	230,8	310,5					
Su ağırlığı				72,6	80,1	71,8	103,5					
Kuru Numune Ağırlığı				191,0	195,3	173,2	248,3					
Su içeriği				38,0	41,0	41,5	41,7					
ŞİŞME SONUÇLARI												
Tarih	Saat	Kalıp No	13		Kalıp No	20		Ortalama Şişme % si				
		Göstergede Okunan t	Şişme %	Göstergede Okunan	Şişme %	2,01						
		227,00	0	240,00	2,06	ORT.CBR % Sİ						
			1,95			13,47						
		Standart Basınç	13					20				
			okunan yük			Düzel.CBR:		okunan yük			Düzel.CBR:	
		Dial okuma	Yük	Kg/cm2	düz.CBR	%de cbr	Dial okuma	Yük	Kg/cm2	düz.CBR	%de cbr	
0,625		89	80,1	4,1			112	100,8	5,1			
1,25		150	135,0	6,9			177	159,3	8,1			
1,825		211	189,9	9,7			188	169,2	8,6			
2,5	70	200	180,0	9,2	9,00	12,86	215	193,5	9,9	9,86	14,09	
3,13		158	142,2	7,2			241	216,9	11,1			
3,75		137	123,3	6,3			178	160,2	8,2			
4,38		127	114,3	5,8			151	135,9	6,9			
5	105	122	109,8	5,6	5,40	5,14	127	114,3	5,8	5,96	5,68	
5,63		120	108,0	5,5			120	108,0	5,5			
6,25		117	105,3	5,4			107	96,3	4,9			
6,88		117	105,3	5,4			97	87,3	4,4			
7,5		111	99,9	5,1			97	87,3	4,4			

Ek 4. CBR sonuç formları–ZU2

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI													
PROJE ADI	ZAYIF ZEMİN İYİLEŞTİRME			NUMUNENİN		Lab No	ALINDIĞI YER			ŞEBİNKARAHİSAR			
						ARAZİ NO							
C.B.R	YAŞ	X	SIKIŞTIRMA YÖNTEMİ	STATİK		TOKMAK (kg)	TABAKA	VURUŞ					
	KURU			Dinamik	Yük	3	56						
KURU BİRİM AĞIRLIĞININ SAPTANMASI													
NUMUNENİN DURUMU				Suya Batırmadan önce	Suya Batırdıktan sonra	Suya Batırmadan önce	Suya Batırdıktan sonra						
Kalıp No				1	1	2	2						
Kalıp Ağırlığı		gr	5037		5037	5103	5103						
Kalıp Hacmi		cm ³	2124		2124	2124	2124						
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı		gr	8775		8871	8815	8941						
Yaş Numune Ağırlığı		gr	3738		3834	3712	3838						
Yaş Birim Ağırlık		ton/m ³	1,760		1,805	1,748	1,807						
Kuru Birim Ağırlık		ton/m ³	1,280		1,231	1,279	1,250						
SU İÇERİĞİNİN													
Kalıp No		gr	12		92	101	602						
Kalıp Ağırlığı		gr	63,4		62,3	59,6	59,9						
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı		gr	248,8		330,7	264,5	261,5						
Kalıp+ Kuru Numune Ağırlığı		gr	198,2		245,4	209,5	199,4						
Su ağırlığı		gr	50,6		85,3	55,0	62,1						
Kuru Numune Ağırlığı		gr	134,8		183,1	149,9	139,5						
Su içeriği		%	37,5		46,6	36,7	44,5						
ŞİŞME SONUÇLARI													
Tarih	Saat	Kalıp No	1			Kalıp No	2			Ortalama Şişme % si			
		Göstergede Okunan t	Şişme %		Göstergede Okunan	Şişme %		3,46					
		410,00	0		396,00	3,40		2,86					
DÜZELTİM													
	Standart Basmaç	1					2						
		okunan yük			Düzel.CBR:		okunan yük			Düzel.CBR:			
		Dial okuma	Yük	Kg/cm2		düz.CBR	%de cbr	Dial okuma	Yük	Kg/cm2		düz.CBR	%de cbr
0,625		33	29,7	1,5				18	16,2	0,8			
1,25		42	37,8	1,9				25	22,5	1,1			
1,825		49	44,1	2,2				31	27,9	1,4			
2,5	70	52	46,8	2,4		2,38	3,40	36	32,4	1,7		1,63	2,33
3,13		56	50,4	2,6				39	35,1	1,8			
3,75		58	52,2	2,7				42	37,8	1,9			
4,38		60	54,0	2,8				44	39,6	2,0			
5	105	62	55,8	2,8		2,84	2,70	46	41,4	2,1		2,11	2,01
5,63		64	57,6	2,9				48	43,2	2,2			
6,25		66	59,4	3,0				50	45,0	2,3			
6,88		67	60,3	3,1				56	50,4	2,6			
7,5		69	62,1	3,2				63	56,7	2,9			

Ek 5. CBR sonuç formları-ZF1

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI												
PROJE ADI	ZAYIF ZEMİN İYİLEŞTİRME			NUMUNENİN		Lab No	ALINDIĞI YER		ŞEBİNKARAHİSAR			
						ARAZİ						
C.BR	YAŞ	X	SIKIŞTIRMA YÖNTEMİ	STATİK		TOKMAK (kg)	TABAKA	VURUŞ				
	KURU			Dinamik	2,5	3	56					
KURU BİRİM AĞIRLIĞININ SAPTANMASI												
NUMUNENİN DURUMU				Suya Batırmadan önce	Suya Batırdıktan sonra	Suya Batırmadan önce	Suya Batırdıktan sonra					
Kalıp No				7	7	6	6					
Kalıp Ağırlığı		gr		5025	5025	5068	5068					
Kalıp Hacmi		cm ³		2124	2124	2124	2124					
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı		gr		8633,00	8717,90	8730,00	8820,60					
Yaş Numune Ağırlığı		gr		3608,00	3692,90	3662,00	3752,60					
Yaş Birim Ağırlık		ton/m ³		1,699	1,739	1,724	1,767					
Kuru Birim Ağırlık		ton/m ³		1,248	1,179	1,258	1,206					
SU İÇERİĞİNİN												
Kalıp No		gr		22	92	622	622					
Kalıp ağırlığı		gr		59,1	62,3	63,6	63,6					
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı		gr		258,7	257,3	255,8	356,4					
Kalıp+ Kuru Numune Ağırlığı		gr		205,8	194,5	203,8	263,5					
Su ağırlığı		gr		52,9	62,8	52,0	92,9					
Kuru Numune Ağırlığı		gr		146,7	132,2	140,2	199,9					
Su içeriği		%		36,1	47,5	37,1	46,5					
ŞİŞME SONUÇLARI												
Tarih	Saat	Kalıp No	7			Kalıp No	6			Ortalama Şişme % si		
		Göstergede Okunan t	Şişme %			Göstergede Okunan	Şişme %			3,33		
		403,00	0			372,00	3,20			ORT.CBR % Sİ		
			3,46				2,81					
Standart												
		7					6					
		Basınç	okunan yük			Düzel.CBR:		okunan yük			Düzel.CBR:	
			Dial okuma	Yük	Kg/cm2	düz.CBR	%de cbr	Dial okuma	Yük	Kg/cm2	düz.CBR	%de cbr
			22	19,8	1,0			26	23,4	1,2		
			30	27,0	1,4			35	31,5	1,6		
			36	32,4	1,7			41	36,9	1,9		
		70	41	36,9	1,9	1,86	2,66	46	41,4	2,1	2,08	2,97
			45	40,5	2,1			49	44,1	2,2		
			47	42,3	2,2			52	46,8	2,4		
			50	45,0	2,3			54	48,6	2,5		
		105	52	46,8	2,4	2,38	2,27	57	51,3	2,6	2,61	2,49
			54	48,6	2,5			58	52,2	2,7		
			55	49,5	2,5			58	52,2	2,7		
			57	51,3	2,6			59	53,1	2,7		
			64	57,6	2,9			62	55,8	2,8		

Ek 6. CBR sonuç formları–ZF2

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI											
PROJE ADI	ZAYIF ZEMİN İYİLEŞTİRME			NUMUNENİN		Lab No	ALINDIĞI YER			ŞEBİNKARAHİSAR	
						ARAZİ					
C.B.R	YAŞ	X	SIKIŞTIRMA YÖNTEMİ	STATİK		TOKMAK (kg)	TABAKA	VURUŞ			
	KURU			Dinamik	Yük	3	56				
KURU BİRİM AĞIRLIĞININ SAPTANMASI											
NUMUNENİN DURUMU				Suya Batırmadan önce	Suya Batırdıktan sonra	Suya Batırmadan önce	Suya Batırdıktan sonra				
Kalıp No				5	5	13	13				
Kalıp Ağırlığı		gr		5025	5025	4926	4926				
Kalıp Hacmi		cm ³		2124	2124	2124	2124				
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı		gr		8763	8881,9	8597	8741				
Yaş Numune Ağırlığı		gr		3738	3857	3671	3815				
Yaş Birim Ağırlık		ton/m ³		1,760	1,816	1,728	1,796				
Kuru Birim Ağırlık		ton/m ³		1,274	1,209	1,278	1,189				
SU İÇERİĞİNİN											
Kalıp No		gr		22	41	33	401				
Kalıp ağırlığı		gr		59,1	62,4	60,6	61,6				
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı		gr		292,9	337,8	344,2	329,8				
Kalıp+ Kuru Numune Ağırlığı		gr		228,4	245,8	270,3	239,2				
Su ağırlığı		gr		64,5	92,0	73,9	90,6				
Kuru Numune Ağırlığı		gr		169,3	183,4	209,7	177,6				
Su içeriği		%		38,1	50,2	35,2	51,0				
ŞİŞME SONUÇLARI											
Tarih	Saat	Kalıp No	5		Kalıp No	13		Ortalama Şişme % si			
		Göstergede Okunan t	Şişme %		Göstergede Okunan	Şişme %		3,74			
		420,00	3,61		451,00	3,87		1,93			
	Standart Basınç	5					13				
		okunan yük			Düzel.CBR:		okunan yük			Düzel.CBR:	
		Dial okuma	Yük	Kg/cm2	düz.CBR	%de cbr	Dial okuma	Yük	Kg/cm2	düz.CBR	%de cbr
0,625		15	13,5	0,7			18	16,2	0,8		
1,25		21	18,9	1,0			23	20,7	1,1		
1,825		24	21,6	1,1			27	24,3	1,2		
2,5	70	28	25,2	1,3	1,28	1,83	33	29,7	1,5	1,42	2,03
3,13		31	27,9	1,4			35	31,5	1,6		
3,75		33	29,7	1,5			38	34,2	1,7		
4,38		34	30,6	1,6			40	36,0	1,8		
5	105	36	32,4	1,7	1,70	1,62	42	37,8	1,9	1,95	1,86
5,63		41	36,9	1,9			45	40,5	2,1		
6,25		43	38,7	2,0			46	41,4	2,1		
6,88		47	42,3	2,2			47	42,3	2,2		
7,5		48	43,2	2,2			51	45,9	2,3		

Ek 7. CBR sonuç formları–ZMF1

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI											
PROJE ADI	ZAYIF ZEMİN İYİLEŞTİRME			NUMUNENİN		Lab No	ALINDIĞI YER			ŞEBİNKARAHİSAR	
						ARAZİ	CİNSİ			YARMA	
C.B.R	YAŞ	X	SIKIŞTIRMA YÖNTEMİ	STATİK		TOKMAK (kg)	TABAKA	VURUŞ			
	KURU			Dinamik	Yük						
KURU BİRİM AĞIRLIĞININ SAPTANMASI											
NUMUNENİN DURUMU				Suya Batırmadan önce	Suya Batırdıktan sonra	Suya Batırmadan önce	Suya Batırdıktan sonra				
Kalıp No				2	2	1	1				
Kalıp Ağırlığı		gr		5103	5103	5037	5037				
Kalıp Hacmi		cm ³		2124	2124	2124	2124				
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı		gr		8788,0	8915,5	8657,0	8862,6				
Yaş Numune Ağırlığı		gr		3685,0	3812,5	3620,0	3825,6				
Yaş Birim Ağırlık		ton/m ³		1,735	1,795	1,704	1,801				
Kuru Birim Ağırlık		ton/m ³		1,272	1,235	1,256	1,219				
SU İÇERİĞİNİN											
Kalıp No		gr		101	605	60	101				
Kalıp ağırlığı		gr		59,6	63,1	60,9	59,6				
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı		gr		275,4	360,2	342,0	296,7				
Kalıp+ Kuru Numune Ağırlığı		gr		217,8	267,5	268,1	220,1				
Su ağırlığı		gr		57,6	92,7	73,9	76,6				
Kuru Numune Ağırlığı		gr		158,2	204,4	207,2	160,5				
Su içeriği		%		36,4	45,4	35,7	47,7				
Tarih	Saat	Kalıp No	2		Kalıp No	1		Ortalama Şişme % si			
		Göstergede Okunan	Şişme %		Göstergede Okunan	Şişme %		3,66			
		t	0					ORT.CBR % Sİ			
		415,00	3,57		436,00	3,75		2,01			
Standart Basınç		2					1				
		okunan yük			Düzel.CBR:		okunan yük			Düzel.CBR:	
		Dial okuma	Yük	Kg/cm2	düz.CBR	%de cbr	Dial okuma	Yük	Kg/cm2	düz.CBR	%de cbr
0,625		19	17,1	0,9			13	11,7	0,6		
1,25		25	22,5	1,1			22	19,8	1,0		
1,825		28	25,2	1,3			25	22,5	1,1		
2,5	70	33	29,7	1,5	1,47	2,10	29	26,1	1,3	1,35	1,93
3,13		37	33,3	1,7			33	29,7	1,5		
3,75		40	36,0	1,8			36	32,4	1,7		
4,38		42	37,8	1,9			37	33,3	1,7		
5	105	45	40,5	2,1	2,06	1,96	39	35,1	1,8	1,82	1,73
5,63		47	42,3	2,2			42	37,8	1,9		
6,25		49	44,1	2,2			44	39,6	2,0		
6,88		51	45,9	2,3			46	41,4	2,1		
7,5		53	47,7	2,4			48	43,2	2,2		

Ek 8. CBR sonuç formları–ZMF2

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI												
PROJE ADI	ZAYIF ZEMİN İYİLEŞTİRME			NUMUNENİN		Lab No	ALINDIĞI YER			ŞEBİNKARAHİSAR		
						ARAZİ						
C.B.R	YAŞ	X	SIKIŞTIRMA YÖNTEMİ	STATİK		TOKMAK (kg)	TABAKA	VURUŞ				
	KURU			Dinamik	Yük	3	56					
KURU BİRİM AĞIRLIĞININ SAPTANMASI												
NUMUNENİN DURUMU				Suya Batırmadan önce	Suya Batırdıktan sonra	Suya Batırmadan önce	Suya Batırdıktan sonra					
Kalp No				16	16	11	11					
Kalp Ağırlığı		gr		5107	5107	5125	5125					
Kalp Hacmi		cm ³		2124	2124	2124	2124					
Kalp+ Yaş Numune Ağırlığı		gr		8834,00	8912,10	8878,50	8978,60					
Yaş Numune Ağırlığı		gr		3727,00	3805,10	3753,50	3853,60					
Yaş Birim Ağırlık		ton/m ³		1,755	1,791	1,767	1,814					
Kuru Birim Ağırlık		ton/m ³		1,278	1,256	1,301	1,285					
SU İÇERİĞİNİN												
Kalp No		gr		403	403	22	12					
Kalp ağırlığı		gr		57,6	57,6	59,1	63,4					
Kalp+ Yaş Numune Ağırlığı		gr		308,4	316,1	242,5	288,4					
Kalp+ Kuru Numune Ağırlığı		gr		240,2	238,8	194,1	222,7					
Su ağırlığı		gr		68,2	77,3	48,4	65,7					
Kuru Numune Ağırlığı		gr		182,6	181,2	135,0	159,3					
Su içeriği		%		37,3	42,7	35,9	41,2					
ŞİŞME SONUÇLARI												
Tarih	Saat	Kalp No	16			Kalp No	11			Ortalama Şişme % si		
		Göstergede Okunan t	Şişme %		Göstergede Okunan	Şişme %		ORT.CBR % Sİ				
		245,00	2,10		210,00	1,80		19,39				
Standart												
Basınç		16					11					
		okunan yük			Düzel.CBR:		okunan yük			Düzel.CBR:		
		Dial okuma	Yük	Kg/cm2	düz.CBR	%de cbr	Dial okuma	Yük	Kg/cm2	düz.CBR	%de cbr	
0,625		108	97,2	5,0			110	99,0	5,0			
1,25		175	157,5	8,0			205	184,5	9,4			
1,825		226	203,4	10,4			270	243,0	12,4			
2,5	70	278	250,2	12,7	12,75	18,21	320	288,0	14,7	14,40	20,57	
3,13		322	289,8	14,8			325	292,5	14,9			
3,75		350	315,0	16,1			300	270,0	13,8			
4,38		330	297,0	15,1			275	247,5	12,6			
5	105	313	281,7	14,4	14,35	13,67	273	245,7	12,5	12,38	11,79	
5,63		290	261,0	13,3			270	243,0	12,4			
6,25		280	252,0	12,8			265	238,5	12,2			
6,88		275	247,5	12,6			258	232,2	11,8			
7,5		273	245,7	12,5			257	231,3	11,8			

Ek 9. CBR sonuç formları–ZU1F1

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI											
PROJE ADI	ZAYIF ZEMİN İYİLEŞTİRME			NUMUNENİN		Lab No	ALINDIĞI YER		ŞEBİNKARAHİSAR		
						ARAZİ N					
C.B.R	YAŞ	X	SIKIŞTIRMA YÖNTEMİ	STATİK		TOKMAK (kg)	TABAKA	VURUŞ			
	KURU			Dinamik	Yük	3	56				
KURU BİRİM AĞIRLIĞININ SAPTANMASI											
NUMUNENİN DURUMU				Suya Batırmadan önce	Suya Batırdıktan sonra	Suya Batırmadan önce	Suya Batırdıktan sonra				
Kalp No				12	12	8	8				
Kalp Ağırlığı		gr		5069	5069	4972	4972				
Kalp Hacmi		cm ³		2124	2124	2124	2124				
Kalp+ Yaş Numune Ağırlığı		gr		8793,00	8881,00	8649,00	8743,00				
Yaş Numune Ağırlığı		gr		3724,00	3812,00	3677,00	3771,00				
Yaş Birim Ağırlık		ton/m ³		1,753	1,795	1,731	1,775				
Kuru Birim Ağırlık		ton/m ³		1,265	1,221	1,260	1,215				
SU İÇERİĞİNİN											
Kap No		gr		80	33	60	401				
Kap ağırlığı		gr		62,2	60,6	60,9	61,6				
Kap+ Yaş Numune Ağırlığı		gr		325,5	342,9	324,6	316,5				
Kap+ Kuru Numune Ağırlığı		gr		252,1	252,7	252,8	236,1				
Su ağırlığı		gr		73,4	90,2	71,8	80,4				
Kuru Numune Ağırlığı		gr		189,9	192,1	191,9	174,5				
Su içeriği		%		38,7	47,0	37,4	46,1				
ŞİŞME SONUÇLARI											
Tarih	Saat	Kalp No	12			Kalp No	8			Ortalama Şişme % si	
		Göstergede Okunan t	Şişme %		Göstergede Okunan t	Şişme %		ORT.CBR % Sİ			
		228,00	1,96		217,00	1,86		15,72			
Standart											
Basınç		12					8				
		okunan yük			Düzel.CBR:		okunan yük			Düzel.CBR:	
		Dial okuma	Yük	Kg/cm2	düz.CBR	%de cbr	Dial okuma	Yük	Kg/cm2	düz.CBR	%de cbr
0,625		81	72,9	3,7			82	73,8	3,8		
1,25		145	130,5	6,6			143	128,7	6,6		
1,825		190	171,0	8,7			185	166,5	8,5		
2,5	70	232	208,8	10,6	11,16	15,94	228	205,2	10,5	10,85	15,50
3,13		292	262,8	13,4			288	259,2	13,2		
3,75		328	295,2	15,0			325	292,5	14,9		
4,38		335	301,5	15,4			332	298,8	15,2		
5	105	332	298,8	15,2	15,32	14,59	330	297,0	15,1	15,27	14,54
5,63		330	297,0	15,1			328	295,2	15,0		
6,25		328	295,2	15,0			326	293,4	15,0		
6,88		326	293,4	15,0			320	288,0	14,7		
7,5		321	288,9	14,7			315	283,5	14,4		

Ek 10. CBR sonuç formları–ZU1F2

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI													
PROJE ADI	ZAYIF ZEMİN İYİLEŞTİRME			NUMUNENİN	Lab No	ALINDIĞI YER	ŞEBİNKARAHİSAR						
					ARAZİ						CİNSİ	YARMA	
C.B.R	YAŞ	X	SİKİŞTİRME YÖNTEMİ	STATİK	TOKMAK (kg)	TABAKA	VURUŞ						
	KURU			Dinamik	2,5	3	56						
KURU BİRİM AĞIRLIĞININ SAPTANMASI													
NUMUNENİN DURUMU				Suya Batırmadan önce	Suya Batırdıktan sonra	Suya Batırmadan önce	Suya Batırdıktan sonra						
Kalp No				4	4	20	20						
Kalp Ağırlığı		gr		5026	5026	5100	5100						
Kalp Hacmi		cm ³		2124	2124	2124	2124						
Kalp+ Yaş Numune Ağırlığı		gr		8775,00	8850,00	8845,00	8919,50						
Yaş Numune Ağırlığı		gr		3749,00	3824,00	3745,00	3819,50						
Yaş Birim Ağırlık		ton/m ³		1,765	1,800	1,763	1,798						
Kuru Birim Ağırlık		ton/m ³		1,299	1,257	1,289	1,253						
SU İÇERİĞİNİN													
Kalp No		gr		60	80	12	403						
Kalp ağırlığı		gr		60,9	62,2	63,4	57,6						
Kalp+ Yaş Numune Ağırlığı		gr		325,9	275,5	291,5	314,7						
Kalp+ Kuru Numune Ağırlığı		gr		255,9	211,1	230,1	236,7						
Su ağırlığı		gr		70,0	64,4	61,4	78,0						
Kuru Numune Ağırlığı		gr		195,0	148,9	166,7	179,1						
Su içeriği		%		35,9	43,3	36,8	43,6						
ŞİŞME SONUÇLARI													
Tarih	Saat	Kalp No	4			Kalp No	20			Ortalama Şişme % si			
		Göstergede Okunan t	Şişme %			Göstergede Okunan	Şişme %			1,89			
		211,00	1,81			230,00	1,98			20,81			
Standart													
Basınç		4					20						
		okunan yük			Düzel.CBR:		okunan yük			Düzel.CBR:			
		Dial okuma	Yük	Kg/cm2		düz.CBR	%de cbr	Dial okuma	Yük	Kg/cm2		düz.CBR	%de cbr
0,625		127	114,3	5,8				114	102,6	5,2			
1,25		211	189,9	9,7				194	174,6	8,9			
1,825		276	248,4	12,7				255	229,5	11,7			
2,5	70	331	297,9	15,2		14,82	21,17	312	280,8	14,3		14,31	20,44
3,13		353	317,7	16,2				344	309,6	15,8			
3,75		352	316,8	16,1				371	333,9	17,0			
4,38		348	313,2	16,0				347	312,3	15,9			
5	105	343	308,7	15,7		15,65	14,90	340	306,0	15,6		15,65	14,90
5,63		335	301,5	15,4				334	300,6	15,3			
6,25		331	297,9	15,2				332	298,8	15,2			
6,88		331	297,9	15,2				329	296,1	15,1			
7,5		330	297,0	15,1				327	294,3	15,0			

Ek 11. CBR sonuç formları–ZU1MF1

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI											
PROJE ADI	ZAYIF ZEMİN İYİLEŞTİRME			NUMUNENİN		Lab No	ALINDIĞI YER		ŞEBİNKARAHİSAR		
						ARAZİ					
C.B.R	YAŞ	X	SIKIŞTIRMA YÖNTEMİ	STATİK		TOKMAK (kg)	TABAKA	VURUŞ			
	KURU			Dinamik	Yük	3	56				
KURU BİRİM AĞIRLIĞININ SAPTANMASI											
NUMUNENİN DURUMU				Suya Batırmadan önce	Suya Batırdıktan sonra	Suya Batırmadan önce	Suya Batırdıktan sonra				
Kalıp No				4	4	7	7				
Kalıp Ağırlığı		gr	5026	5026	5025	5025					
Kalıp Hacmi		cm ³	2124	2124	2124	2124					
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı		gr	8722,50	8789,00	8718,50	8791,00					
Yaş Numune Ağırlığı		gr	3696,50	3763,00	3693,50	3766,00					
Yaş Birim Ağırlık		ton/m ³	1,740	1,772	1,739	1,773					
Kuru Birim Ağırlık		ton/m ³	1,265	1,225	1,278	1,222					
SU İÇERİĞİNİN											
Kap No		gr	401	80	33	22					
Kap ağırlığı		gr	61,6	62,2	60,6	59,1					
Kap+ Yaş Numune Ağırlığı		gr	251,9	400,3	279,2	283,2					
Kap+ Kuru Numune Ağırlığı		gr	199,9	295,9	221,3	213,6					
Su ağırlığı		gr	52,0	104,4	57,9	69,6					
Kuru Numune Ağırlığı		gr	138,3	233,7	160,7	154,5					
Su içeriği		%	37,6	44,7	36,0	45,0					
ŞİŞME SONUÇLARI											
Tarih	Saat	Kalıp No	4		Kalıp No	7		Ortalama Şişme % si			
		Göstergede Okunan t	Şişme %		Göstergede Okunan	Şişme %		2,09			
		238,00	2,04		249,00	2,14		18,89			
	Standart Basınç	4					7				
		okunan yük			Düzel.CBR:		okunan yük			Düzel.CBR:	
		Dial okuma	Yük	Kg/cm2	düz.CBR	%de cbr	Dial okuma	Yük	Kg/cm2	düz.CBR	%de cbr
0,625		124	111,6	5,7			109	98,1	5,0		
1,25		210	189,0	9,6			185	166,5	8,5		
1,825		271	243,9	12,4			218	196,2	10,0		
2,5	70	318	286,2	14,6	14,58	20,83	254	228,6	11,6	11,86	16,94
3,13		349	314,1	16,0			295	265,5	13,5		
3,75		372	334,8	17,1			351	315,9	16,1		
4,38		379	341,1	17,4			362	325,8	16,6		
5	105	377	339,3	17,3	17,29	16,47	365	328,5	16,7	16,94	16,13
5,63		377	339,3	17,3			365	328,5	16,7		
6,25		376	338,4	17,2			364	327,6	16,7		
6,88		375	337,5	17,2			363	326,7	16,6		
7,5		374	336,6	17,2			363	326,7	16,6		

Ek 12. CBR sonuç formları–ZU1MF2

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI											
PROJE ADI	ZAYIF ZEMİN İYİLEŞTİRME			NUMUNENİN		Lab No	ALINDIĞI YER		ŞEBİNKARAHİSAR		
						ARAZİ					
C.B.R	YAŞ	X	SIKIŞTIRMA YÖNTEMİ	STATİK		TOKMAK (kg)	TABAKA	VURUŞ			
	KURU			Dinamik	Yük	3	56				
KURU BİRİM AĞIRLIĞININ SAPTANMASI											
NUMUNENİN DURUMU				Suya Batırmadan önce	Suya Batırdıktan sonra	Suya Batırmadan önce	Suya Batırdıktan sonra				
Kalıp No				6	6	13	13				
Kalıp Ağırlığı		gr	5068	5068	4926	4926					
Kalıp Hacmi		cm ³	2124	2124	2124	2124					
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı		gr	8725,60	8787,10	8720,20	8789,00					
Yaş Numune Ağırlığı		gr	3657,60	3719,10	3794,20	3863,00					
Yaş Birim Ağırlık		ton/m ³	1,722	1,751	1,786	1,819					
Kuru Birim Ağırlık		ton/m ³	1,255	1,223	1,308	1,264					
SU İÇERİĞİNİN											
Kap No		gr	33	101	401	60					
Kap ağırlığı		gr	60,6	59,6	61,6	60,9					
Kap+ Yaş Numune Ağırlığı		gr	308,7	245,8	282,5	276,0					
Kap+ Kuru Numune Ağırlığı		gr	241,4	189,7	223,3	210,4					
Su ağırlığı		gr	67,3	56,1	59,2	65,6					
Kuru Numune Ağırlığı		gr	180,8	130,1	161,7	149,5					
Su içeriği		%	37,2	43,1	36,6	43,9					
ŞİŞME SONUÇLARI											
Tarih	Saat	Kalıp No	6		Kalıp No	13		Ortalama Şişme % si			
		Göstergede Okunan t	Şişme %	Göstergede Okunan	Şişme %	1,39					
		171,00	0	153,00	1,31	ORT.CBR % Sİ					
			1,47			25,49					
	Standart Basınç	6					13				
		okunan yük			Düzel.CBR:		okunan yük			Düzel.CBR:	
		Dial okuma	Yük	Kg/cm2	düz.CBR	%de cbr	Dial okuma	Yük	Kg/cm2	düz.CBR	%de cbr
0,625		141	126,9	6,5			187	168,3	8,6		
1,25		231	207,9	10,6			261	234,9	12,0		
1,825		301	270,9	13,8			354	318,6	16,2		
2,5	70	372	334,8	17,1	17,11	24,44	419	377,1	19,2	18,57	26,53
3,13		435	391,5	19,9			433	389,7	19,9		
3,75		470	423,0	21,6			458	412,2	21,0		
4,38		444	399,6	20,4			461	414,9	21,1		
5	105	432	388,8	19,8	20,10	19,14	457	411,3	21,0	21,00	20,00
5,63		430	387,0	19,7			452	406,8	20,7		
6,25		427	384,3	19,6			441	396,9	20,2		
6,88		427	384,3	19,6			440	396,0	20,2		
7,5		426	383,4	19,5			439	395,1	20,1		

Ek 13. CBR sonuç formları–ZU2F1

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI											
PROJE ADI	ZAYIF ZEMİN İYİLEŞTİRME			NUMUNENİN	Lab No	ALINDIĞI YER	ŞEBİNKARAHİSAR				
					ARAZİ						
C.B.R	YAŞ	X	SIKIŞTIRMA YÖNTEMİ	STATİK	TOKMAK (kg)	TABAKA	VURUŞ				
	KURU			Dinamik	2,5	3	56				
KURU BİRİM AĞIRLIĞININ SAPTANMASI											
NUMUNENİN DURUMU				Suya Batırmadan önce	Suya Batırdıktan sonra	Suya Batırmadan önce	Suya Batırdıktan sonra				
Kalp No				5	5	1	1				
Kalp Ağırlığı				gr	5025	5025	5037	5037			
Kalp Hacmi				cm ³	2124	2124	2124	2124			
Kalp+ Yaş Numune Ağırlığı				gr	8770,80	8865,90	8718,50	8778,10			
Yaş Numune Ağırlığı				gr	3745,80	3840,90	3681,50	3741,10			
Yaş Birim Ağırlık				ton/m ³	1,764	1,808	1,733	1,761			
Kuru Birim Ağırlık				ton/m ³	1,289	1,255	1,280	1,225			
SU İÇERİĞİNİN											
Kap No				gr	602	12	92	622			
Kap ağırlığı				gr	59,9	63,4	62,3	63,6			
Kap+ Yaş Numune Ağırlığı				gr	311,2	240,1	278,2	276,0			
Kap+ Kuru Numune Ağırlığı				gr	243,6	186,0	221,8	211,3			
Su ağırlığı				gr	67,6	54,1	56,4	64,7			
Kuru Numune Ağırlığı				gr	183,7	122,6	159,5	147,7			
Su içeriği				%	36,8	44,1	35,4	43,8			
ŞİŞME SONUÇLARI											
Tarih	Saat	Kalp No	5		Kalp No	1		Ortalama Şişme % si			
		Göstergede Okunan t	Şişme %		Göstergede Okunan t	Şişme %		1,48			
		175,00	0		170,00	1,46		ORT.CBR % Sİ			
			1,50					23,93			
Standart Basınç											
5											
1											
okunan yük											
Düzel.CBR:											
okunan yük											
Düzel.CBR:											
Dial okuma	Yük	Kg/cm2	düz.CBR	%de cbr	Dial okuma	Yük	Kg/cm2	düz.CBR	%de cbr		
0,625	113	101,7	5,2		99	89,1	4,5				
1,25	181	162,9	8,3		159	143,1	7,3				
1,825	287	258,3	13,2		278	250,2	12,7				
2,5	70	359	323,1	16,5	16,60	23,71	365	328,5	16,7	16,90	24,14
3,13		438	394,2	20,1			457	411,3	21,0		
3,75		497	447,3	22,8			532	478,8	24,4		
4,38		515	463,5	23,6			549	494,1	25,2		
5	105	505	454,5	23,2	23,38	22,27	519	467,1	23,8	23,85	22,71
5,63		492	442,8	22,6			482	433,8	22,1		
6,25		474	426,6	21,7			460	414,0	21,1		
6,88		470	423,0	21,6			459	413,1	21,0		
7,5		470	423,0	21,6			457	411,3	21,0		

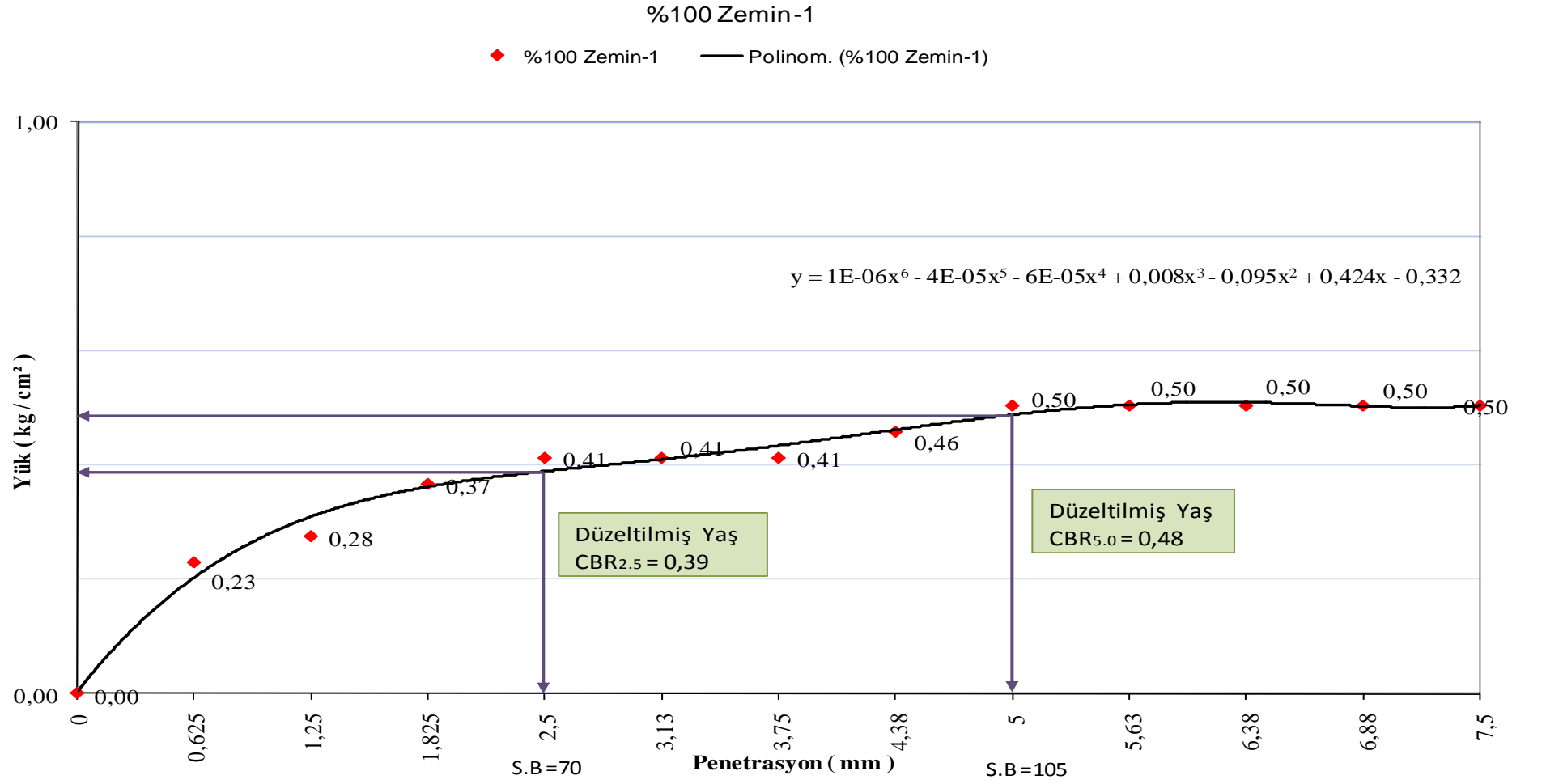
Ek 14. CBR sonuç formları–ZU2F2

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI											
PROJE ADI	ZAYIF ZEMİN İYİLEŞTİRME			NUMUNENİN	Lab No	ALINDIĞI YER	ŞEBİNKARAHİSAR				
					ARAZİ		CİNSİ		YARMA		
C.B.R	YAŞ	X	SIKIŞTIRMA YÖNTEMİ	STATİK	TOKMAK (kg)	TABAKA	VURUŞ				
	KURU			Dinamik	2,5	3	56				
KURU BİRİM AĞIRLIĞININ SAPTANMASI											
NUMUNENİN DURUMU				Suya Batırmadan önce	Suya Batırdıktan sonra	Suya Batırmadan önce	Suya Batırdıktan sonra				
Kalp No				7	7	2	2				
Kalp Ağırlığı				gr	5025	5025	5103	5103			
Kalp Hacmi				cm ³	2124	2124	2124	2124			
Kalp+ Yaş Numune Ağırlığı				gr	8630,20	8732,50	8748,00	8795,00			
Yaş Numune Ağırlığı				gr	3605,20	3707,50	3645,00	3692,00			
Yaş Birim Ağırlık				ton/m ³	1,697	1,746	1,716	1,738			
Kuru Birim Ağırlık				ton/m ³	1,255	1,207	1,241	1,198			
SU İÇERİĞİNİN											
Kap No				gr	101	605	60	22			
Kap ağırlığı				gr	59,6	63,1	60,9	59,1			
Kap+ Yaş Numune Ağırlığı				gr	270,1	280,7	380,5	238,9			
Kap+ Kuru Numune Ağırlığı				gr	215,3	213,6	292,1	183,0			
Su ağırlığı				gr	54,8	67,1	88,4	55,9			
Kuru Numune Ağırlığı				gr	155,7	150,5	231,2	123,9			
Su içeriği				%	35,2	44,6	38,2	45,1			
ŞİŞME SONUÇLARI											
Tarih	Saat	Kalp No	7		Kalp No	2		Ortalama Şişme % si			
		Göstergede Okunan t	Şişme %		Göstergede Okunan	Şişme %		1,30			
		142,00	1,22		160,00	1,37		26,07			
	Standart Basınç	7					2				
		okunan yük			Düzel.CBR:		okunan yük			Düzel.CBR:	
		Dial okuma	Yük	Kg/cm2	düz.CBR	%de cbr	Dial okuma	Yük	Kg/cm2	düz.CBR	%de cbr
0,625		143	128,7	6,6			168	151,2	7,7		
1,25		238	214,2	10,9			267	240,3	12,2		
1,825		313	281,7	14,4			365	328,5	16,7		
2,5	70	391	351,9	17,9	18,00	25,71	436	392,4	20,0	18,50	26,43
3,13		461	414,9	21,1			455	409,5	20,9		
3,75		503	452,7	23,1			486	437,4	22,3		
4,38		471	423,9	21,6			485	436,5	22,2		
5	105	454	408,6	20,8	21,05	20,05	476	428,4	21,8	21,87	20,83
5,63		448	403,2	20,5			466	419,4	21,4		
6,25		440	396,0	20,2			450	405,0	20,6		
6,88		436	392,4	20,0			445	400,5	20,4		
7,5		432	388,8	19,8			441	396,9	20,2		

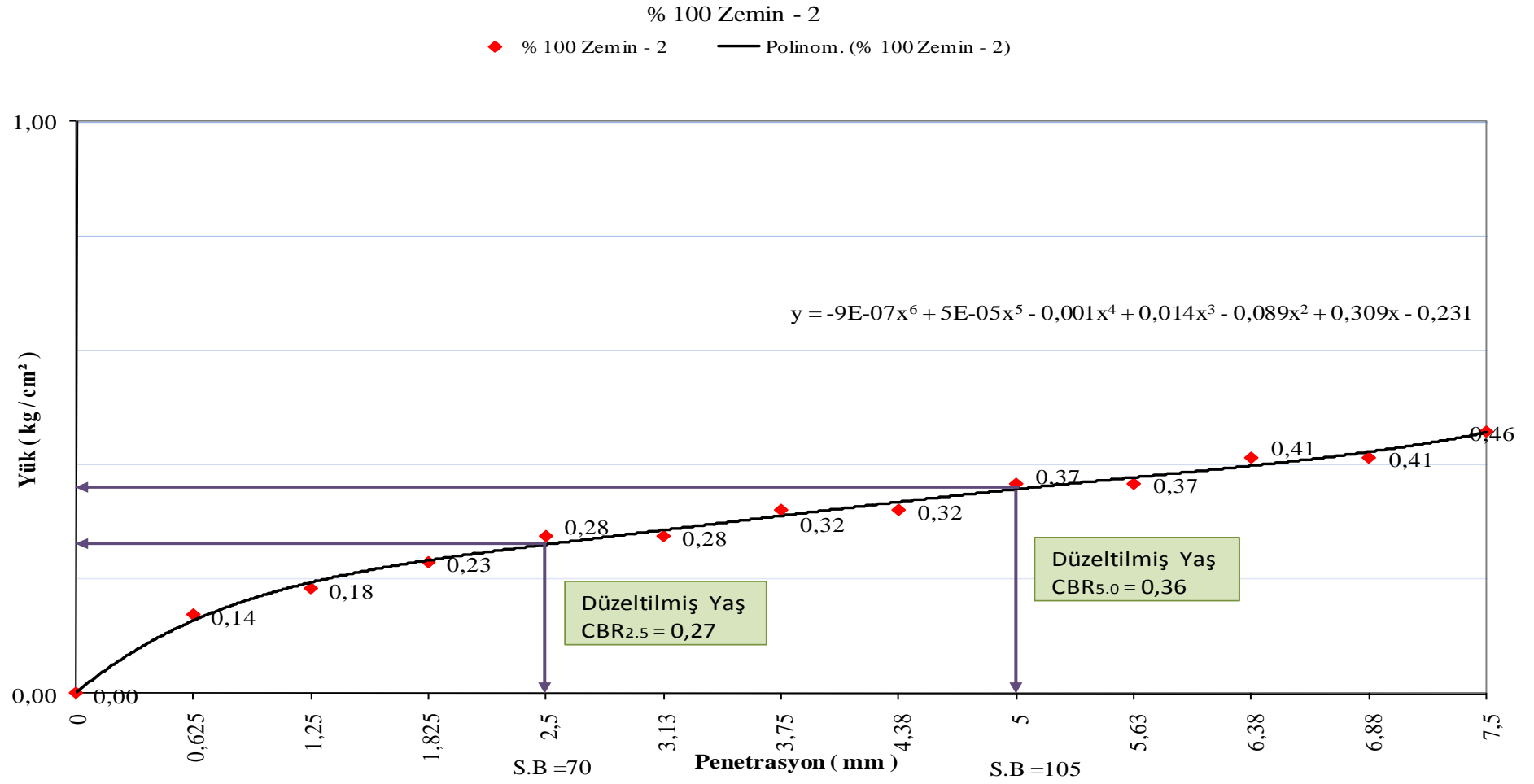
Ek 15. CBR sonuç formları–ZU2MF1

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI											
PROJE ADI	ZAYIF ZEMİN İYİLEŞTİRME			NUMUNENİN		Lab No	ALINDIĞI YER		ŞEBİNKARAHİSAR		
						ARAZİ					
C.B.R	YAŞ	X	SIKIŞTIRMA YÖNTEMİ	STATİK		TOKMAK (kg)	TABAKA	VURUŞ			
	KURU			Dinamik	Yük	3	56				
KURU BİRİM AĞIRLIĞININ SAPTANMASI											
NUMUNENİN DURUMU				Suya Batırmadan önce	Suya Batırdıktan sonra	Suya Batırmadan önce	Suya Batırdıktan sonra				
Kalp No				12	12	8	8				
Kalp Ağırlığı		gr	5069	5069	4972	4972					
Kalp Hacmi		cm ³	2124	2124	2124	2124					
Kalp+ Yaş Numune Ağırlığı		gr	8705,00	8785,00	8691,00	8780,00					
Yaş Numune Ağırlığı		gr	3636,00	3716,00	3719,00	3808,00					
Yaş Birim Ağırlık		ton/m ³	1,712	1,750	1,751	1,793					
Kuru Birim Ağırlık		ton/m ³	1,242	1,206	1,277	1,243					
SU İÇERİĞİNİN											
Kap No		gr	33	401	22	60					
Kap ağırlığı		gr	60,6	61,6	59,1	60,9					
Kap+ Yaş Numune Ağırlığı		gr	338,3	380,6	298,0	280,1					
Kap+ Kuru Numune Ağırlığı		gr	262,0	281,5	233,4	212,9					
Su ağırlığı		gr	76,3	99,1	64,6	67,2					
Kuru Numune Ağırlığı		gr	201,4	219,9	174,3	152,0					
Su içeriği		%	37,9	45,1	37,1	44,2					
ŞİŞME SONUÇLARI											
Tarih	Saat	Kalp No	12		Kalp No	8		Ortalama Şişme % si			
		Göstergede Okunan t	Şişme %		Göstergede Okunan	Şişme %		1,35			
		171,00	1,47		143,00	1,23		ORT.CBR % Sİ			
								24,29			
	Standart Basınç	12					8				
		okunan yük			Düzel.CBR:		okunan yük			Düzel.CBR:	
		Dial okuma	Yük	Kg/cm2	düz.CBR	%de cbr	Dial okuma	Yük	Kg/cm2	düz.CBR	%de cbr
0,625		101	90,9	4,6			109	98,1	5,0		
1,25		162	145,8	7,4			178	160,2	8,2		
1,825		280	252,0	12,8			289	260,1	13,3		
2,5	70	373	335,7	17,1	17,11	24,44	366	329,4	16,8	16,90	24,14
3,13		474	426,6	21,7			453	407,7	20,8		
3,75		557	501,3	25,5			520	468,0	23,8		
4,38		569	512,1	26,1			534	480,6	24,5		
5	105	533	479,7	24,4	24,44	23,28	518	466,2	23,8	23,85	22,71
5,63		490	441,0	22,5			500	450,0	22,9		
6,25		463	416,7	21,2			477	429,3	21,9		
6,88		462	415,8	21,2			473	425,7	21,7		
7,5		455	409,5	20,9			468	421,2	21,5		

Ek 16. CBR sonuç formları–ZU2MF2



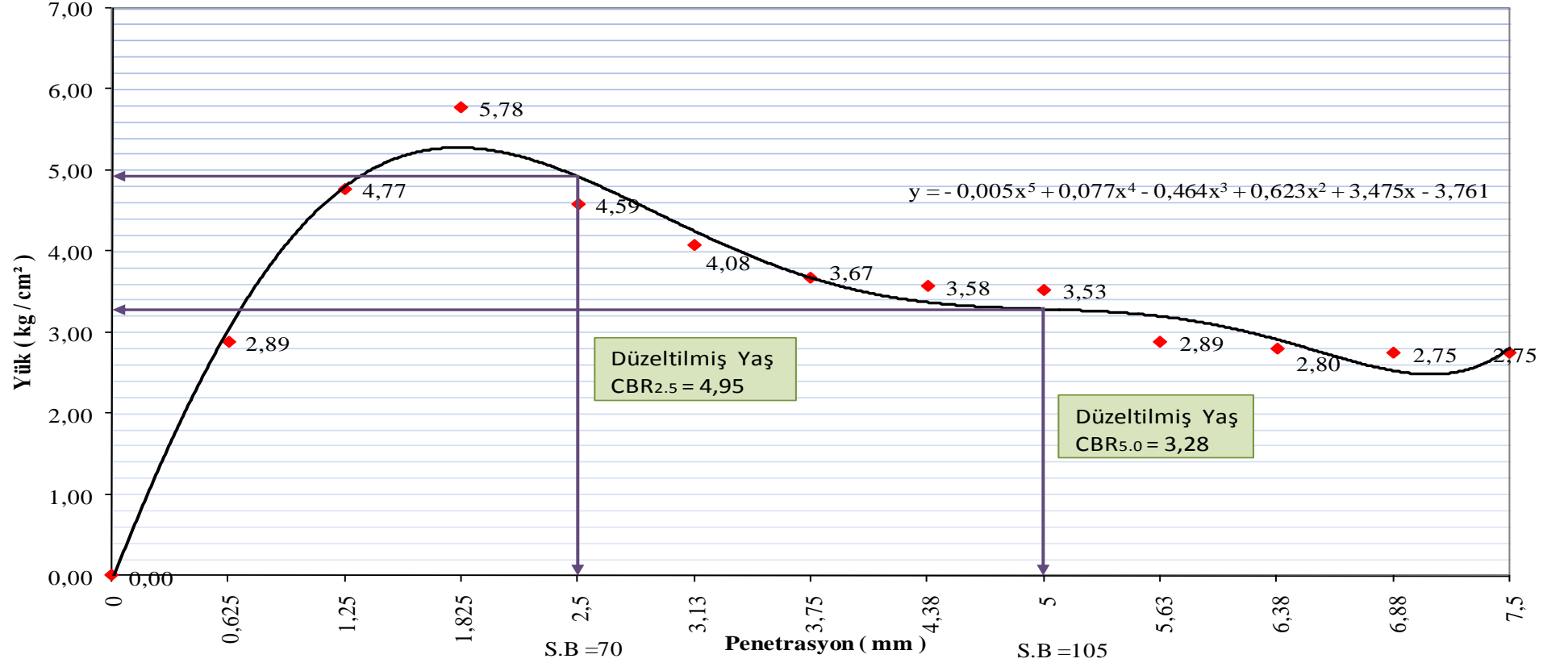
Ek 17. Yük - penetrasyon ilişkisi-Z (Nımune - 1)



Ek 17.(Devam) Yük - penetrasyon ilişkisi-Z (Numune - 2)

%90Z+%10UK-1

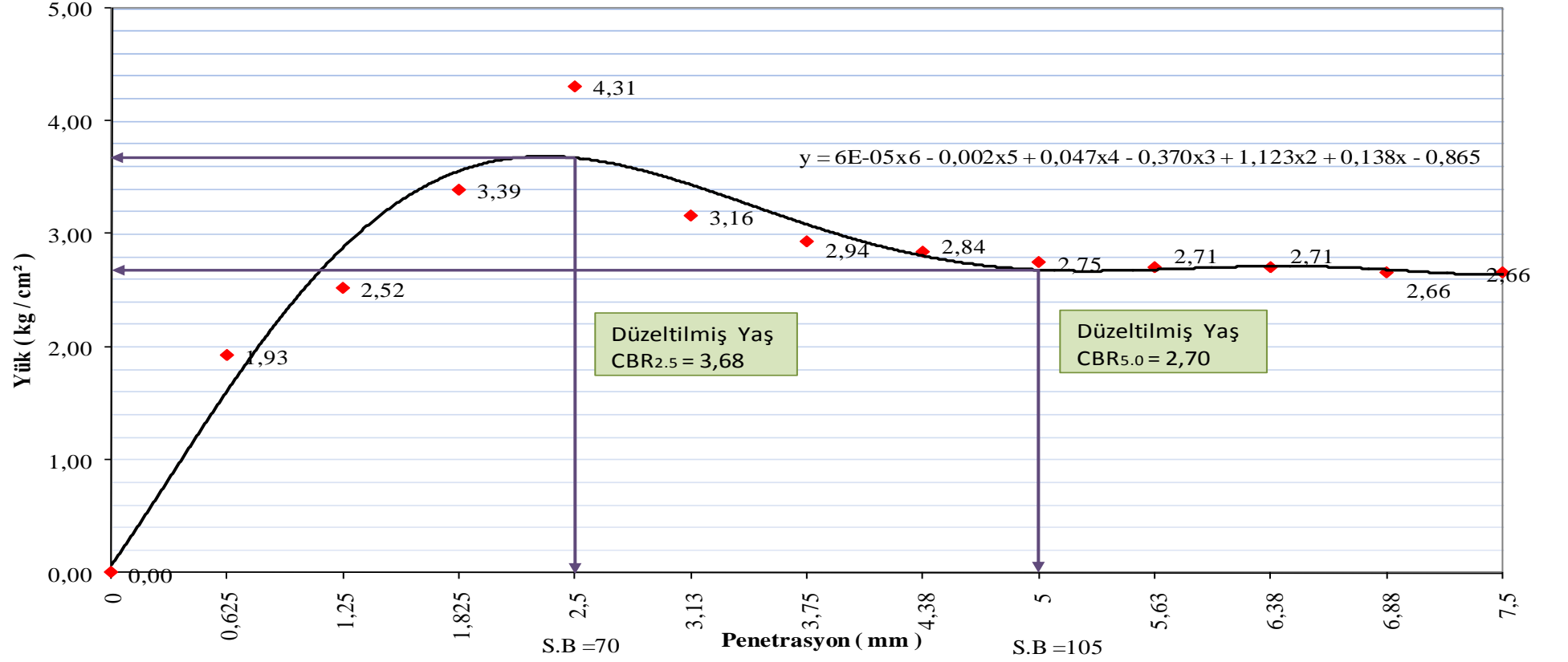
◆ %90Z+%10UK-1 — Polinom. (%90Z+%10UK-1)



Ek 18. Yük - penetrasyon ilişkisi-ZU1 (Numune - 1)

%90Z+%10UK-2

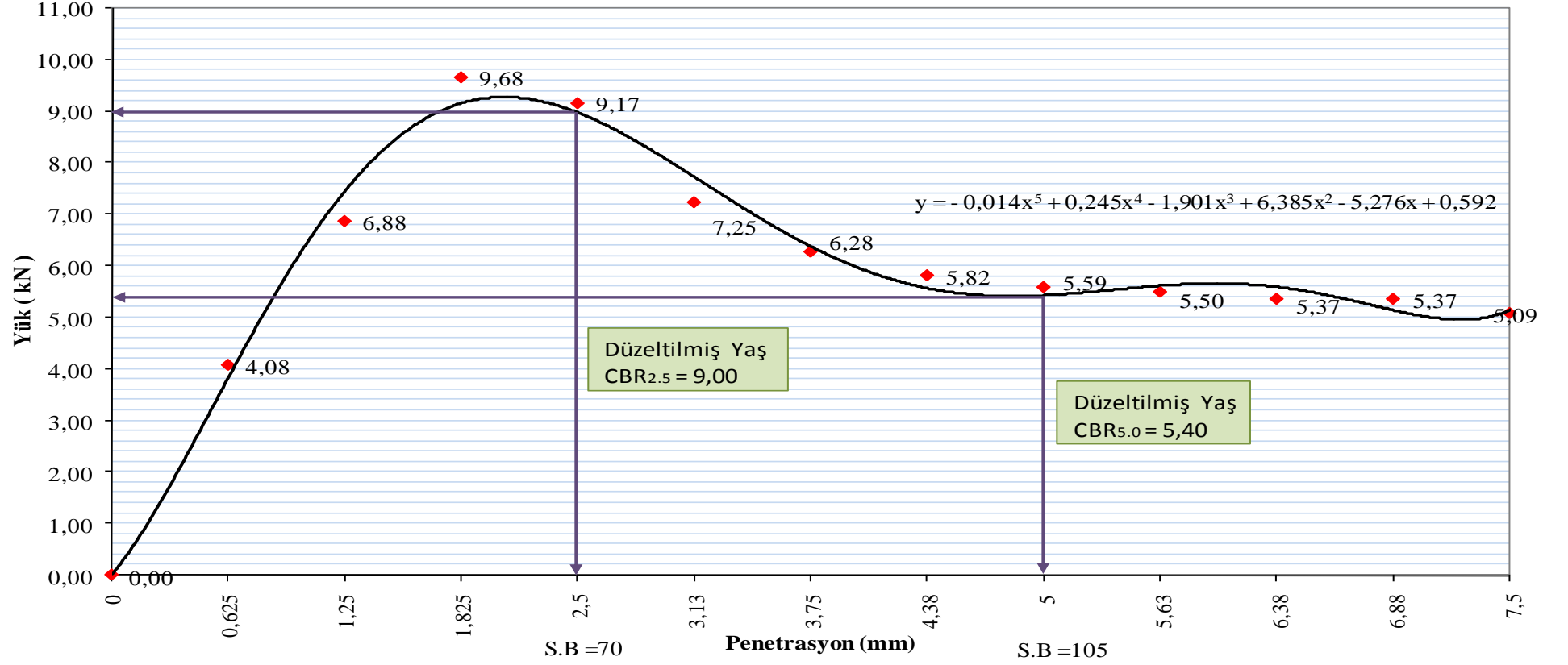
◆ %90Z+%10UK-2 — Polinom. (%90Z+%10UK-2)



Ek 18.(Devam) Yük - penetrasyon ilişkisi-ZU1 (Numune - 2)

%85Z+%15UK-1

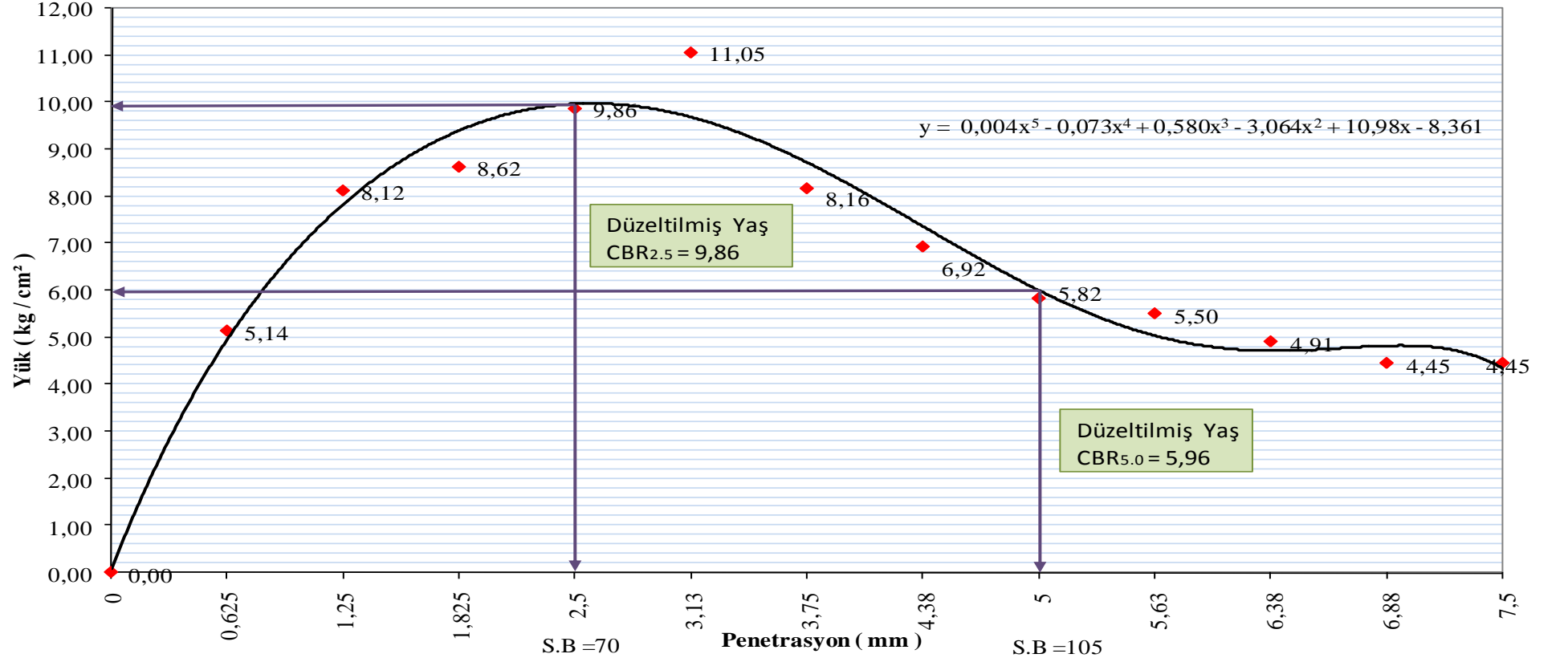
◆ %85Z+%15UK-1 — Polinom. (%85Z+%15UK-1)



Ek 19. Yük - penetrasyon ilişkisi-ZU2 (Numune - 1)

%85Z+%15UK-2

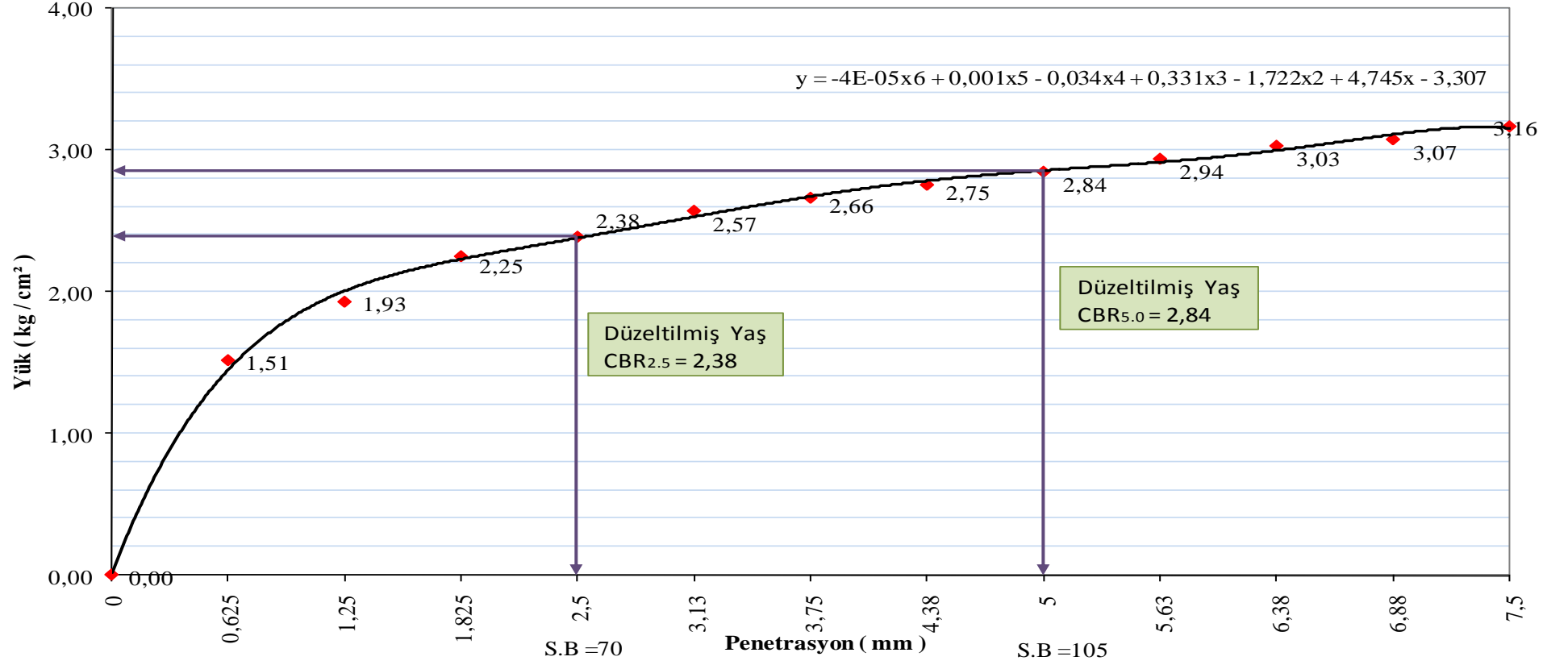
◆ %85Z+%15UK-2 — Polinom. (%85Z+%15UK-2)



Ek 19.(Devam) Yük - penetrasyon ilişkisi-ZU2 (Numune - 2)

% 99,5 Zemin + % 0,5 F19 -1

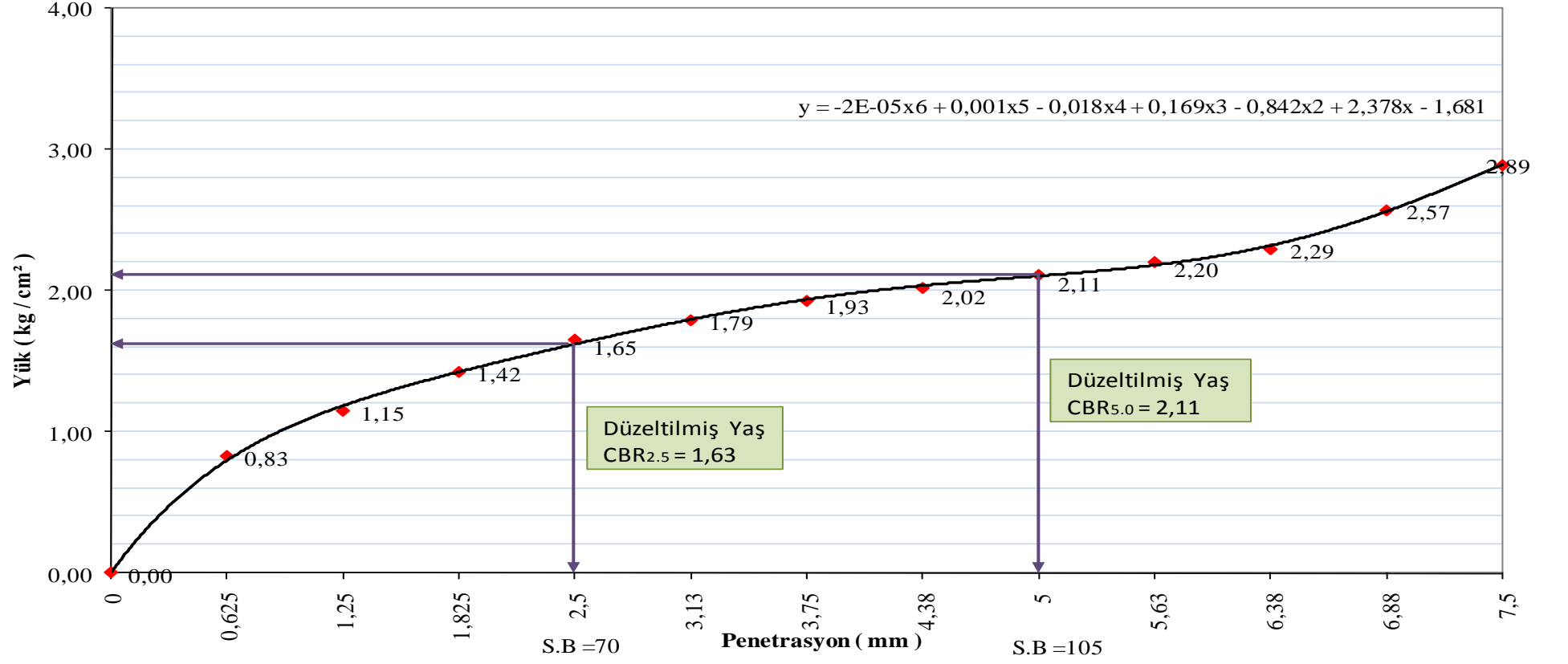
◆ % 99,5 Zemin + % 0,5 F19 -1 — Polinom. (% 99,5 Zemin + % 0,5 F19 -1)



Ek 20. Yük - penetrasyon ilişkisi-ZF1 (Numune - 1)

%99,5Z+%0,5F19-2

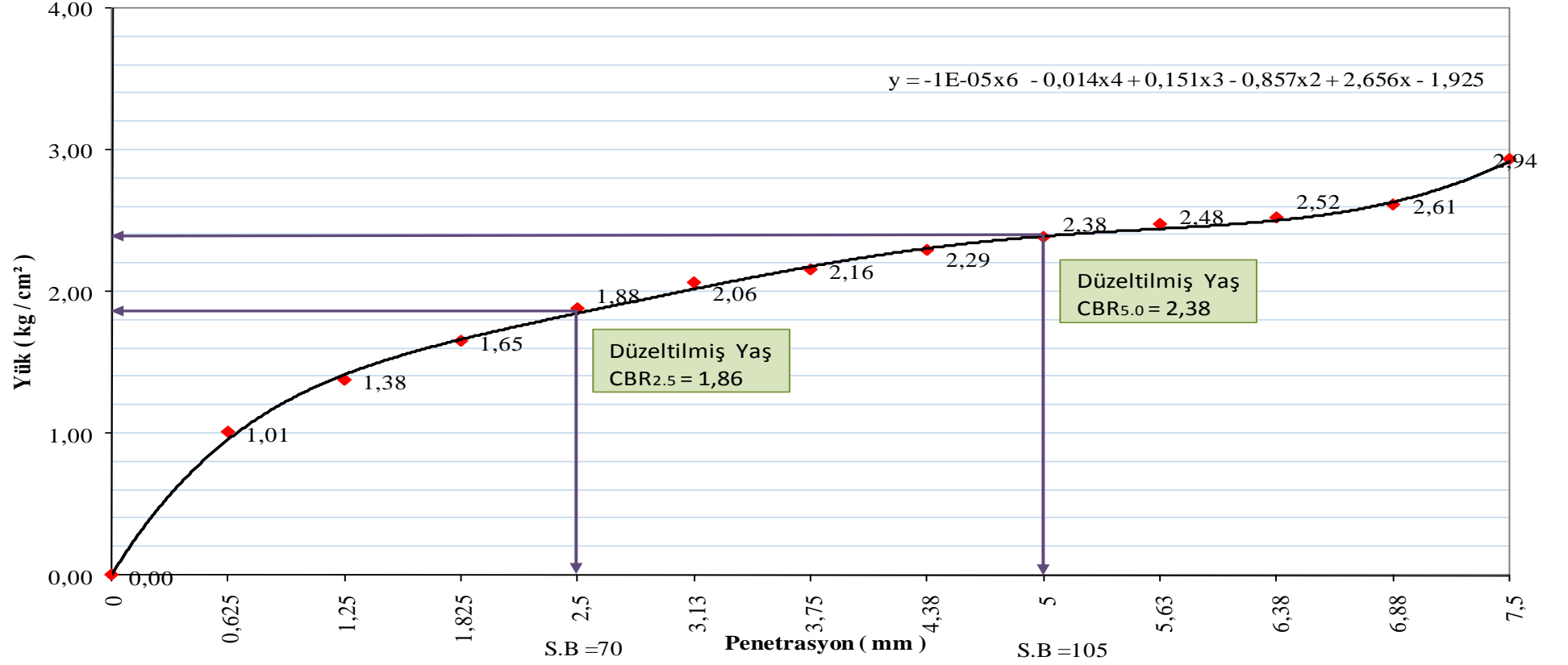
◆ %99,5Z+%0,5F19-2 — Polinom. (%99,5Z+%0,5F19-2)



Ek 20.(Devam) Yük - penetrasyon ilişkisi-ZF1 (Numune - 2)

% 99 Zemin + % 1 F19 -1

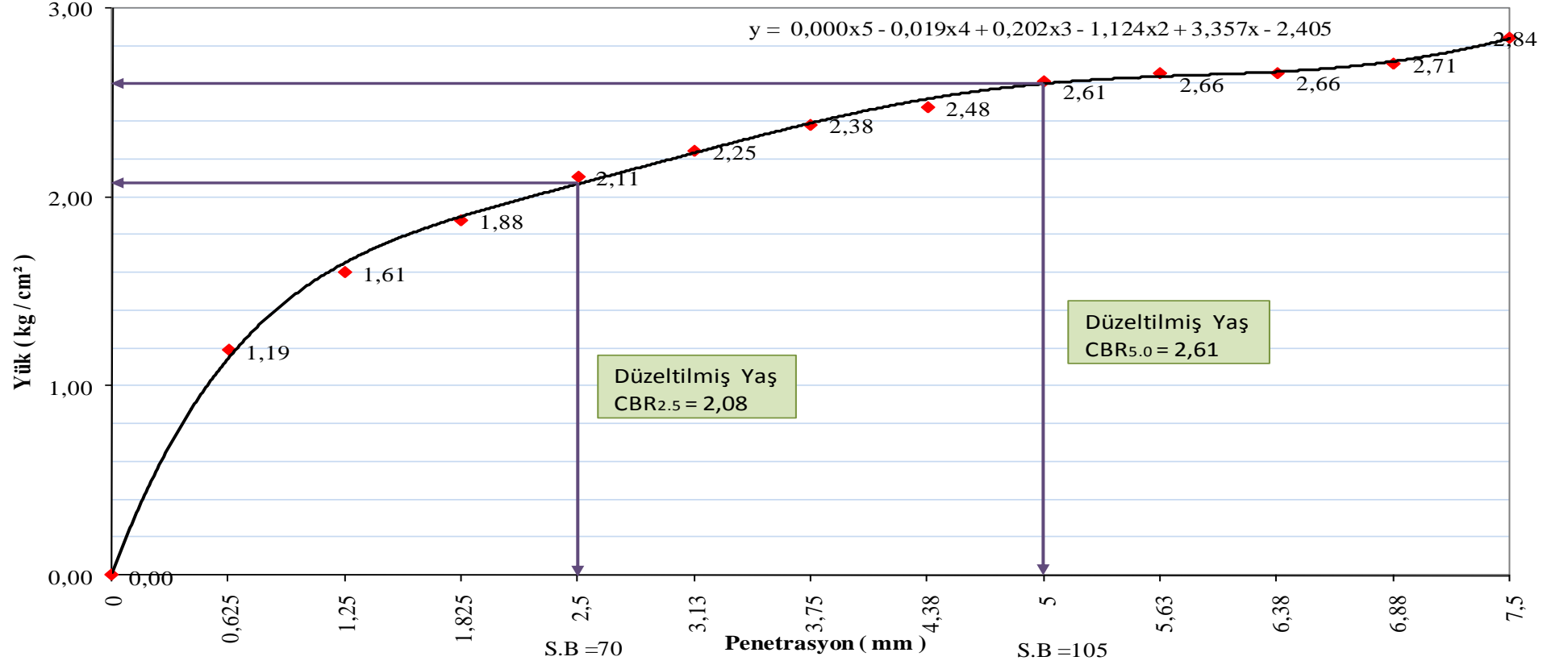
◆ % 99 Zemin + % 1 F19 -1 — Polinom. (% 99 Zemin + % 1 F19 -1)



Ek 21. Yük - penetrasyon ilişkisi-ZF2 (Numune - 1)

%99 Z+%1 F19 - 2

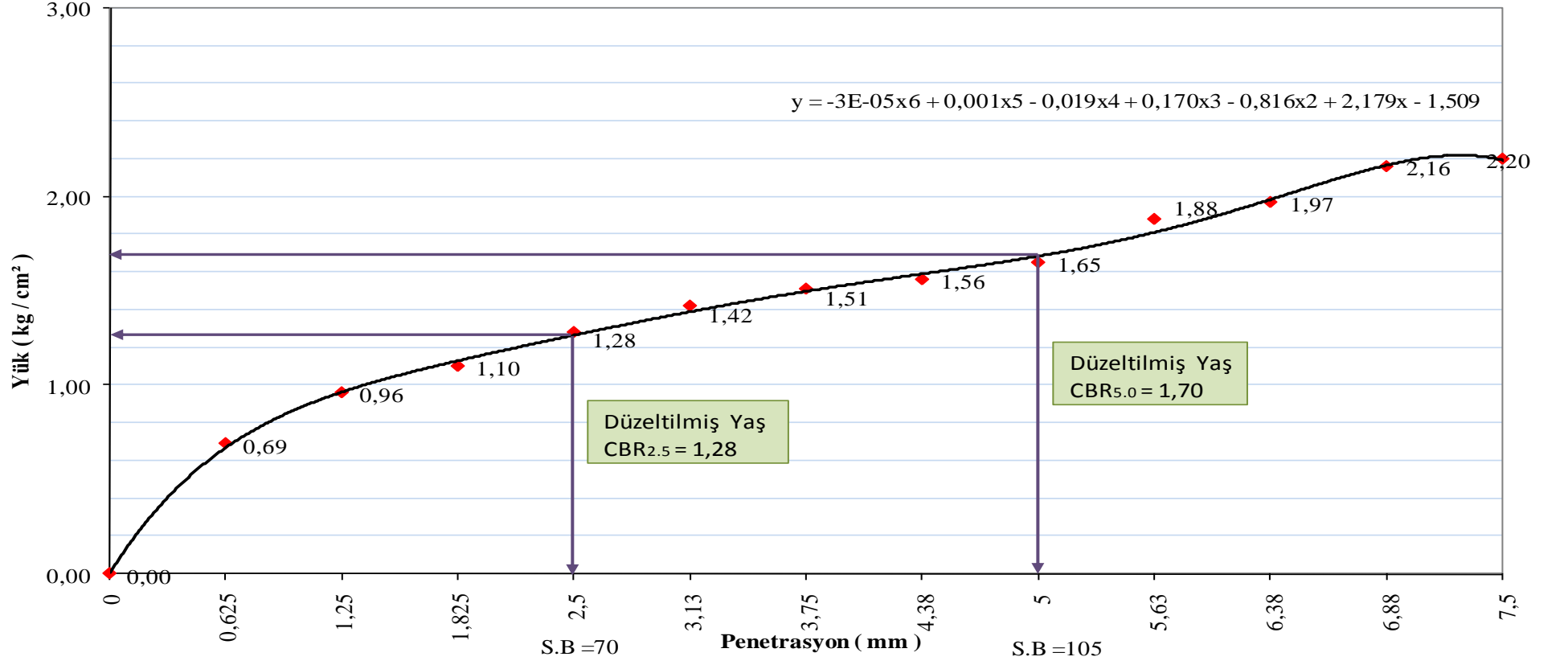
◆ %99 Z+%1 F19 - 2 — Polinom. (%99 Z+%1 F19 - 2)



Ek 21.(Devam) Yük - penetrasyon ilişkisi-ZF2 (Numune - 2)

% 99,5 Zemin + % 0,5 M19 -1

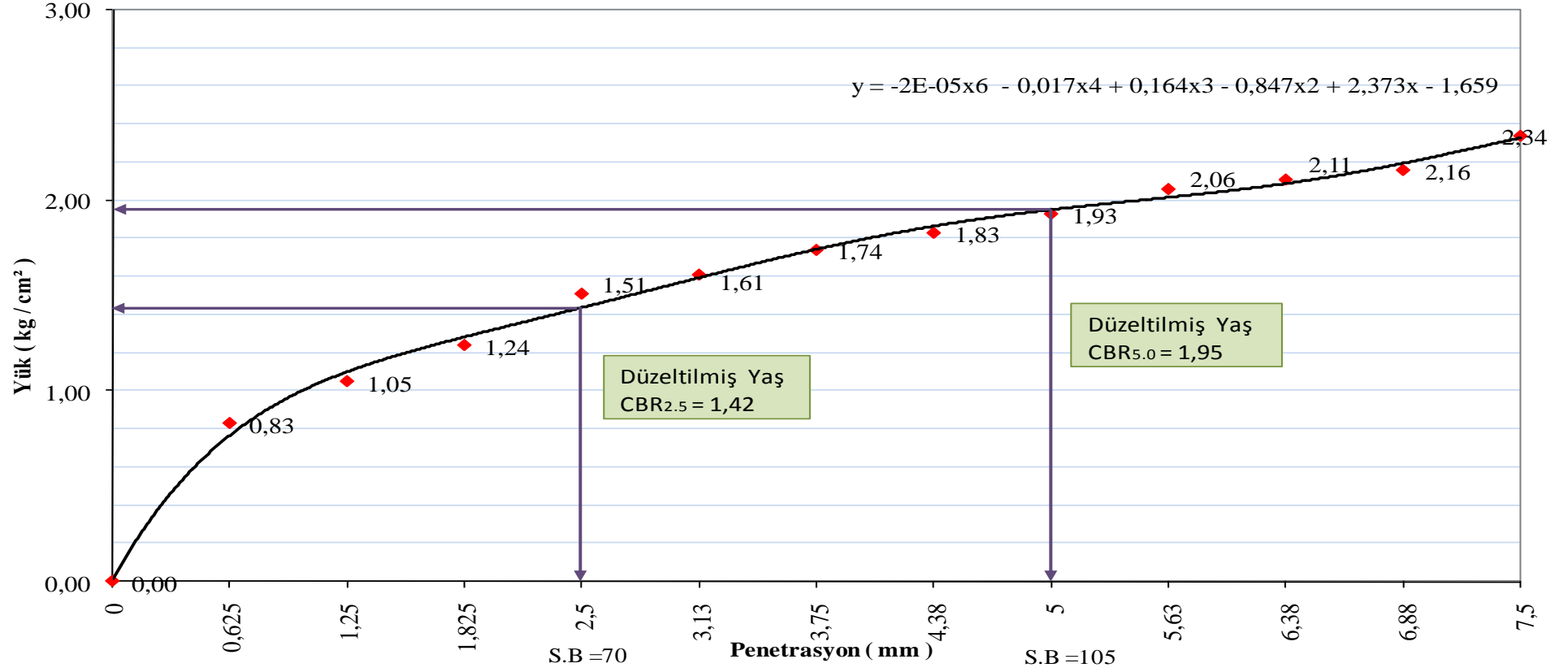
◆ % 99,5 Zemin + % 0,5 M19 -1 — Polinom. (% 99,5 Zemin + % 0,5 M19 -1)



Ek 22. Yük - penetrasyon ilişkisi-ZMF1 (Numune - 1)

% 99,5 Z+% 0,5 M19 - 2

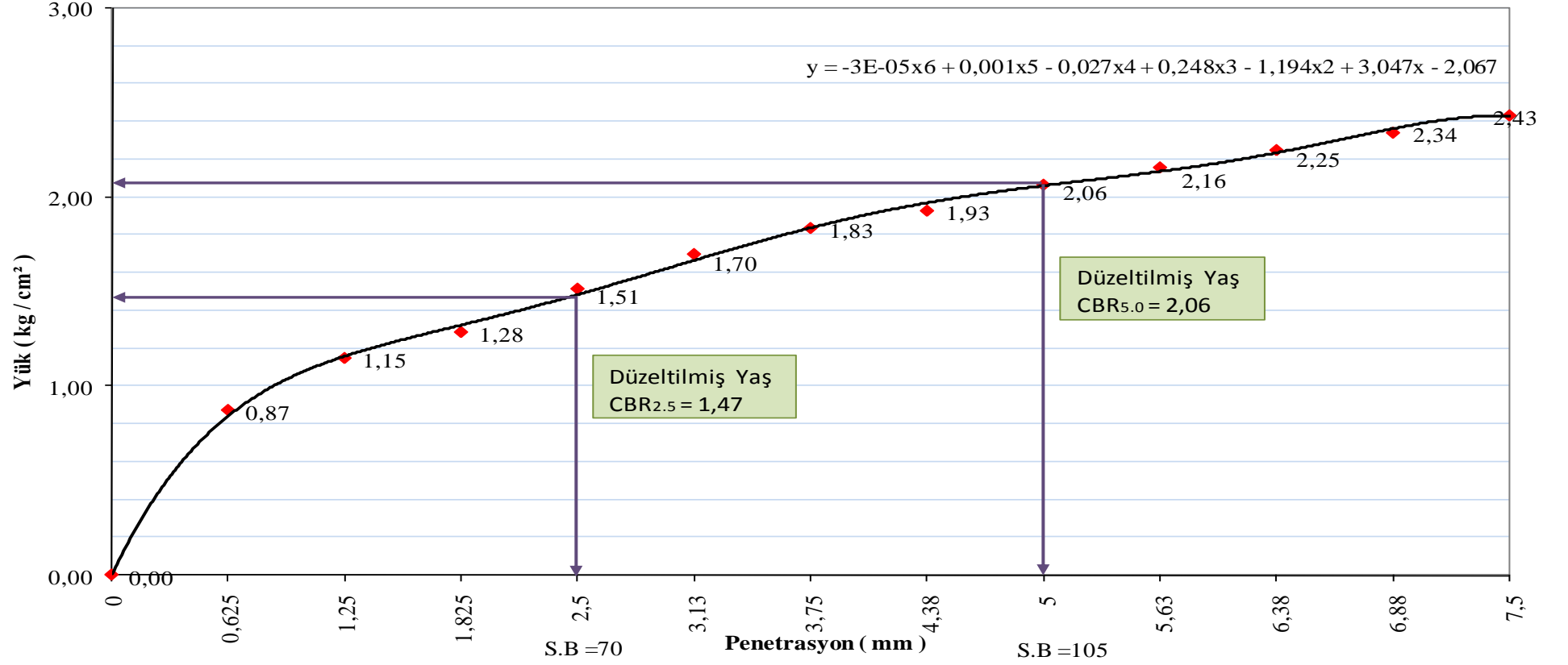
◆ % 99,5 Z+% 0,5 M19 - 2 — Polinom. (% 99,5 Z+% 0,5 M19 - 2)



Ek 22.(Devam) Yük - penetrasyon ilişkisi-ZMF1 (Numune - 2)

% 99 Zemin + % 1 M19 -1

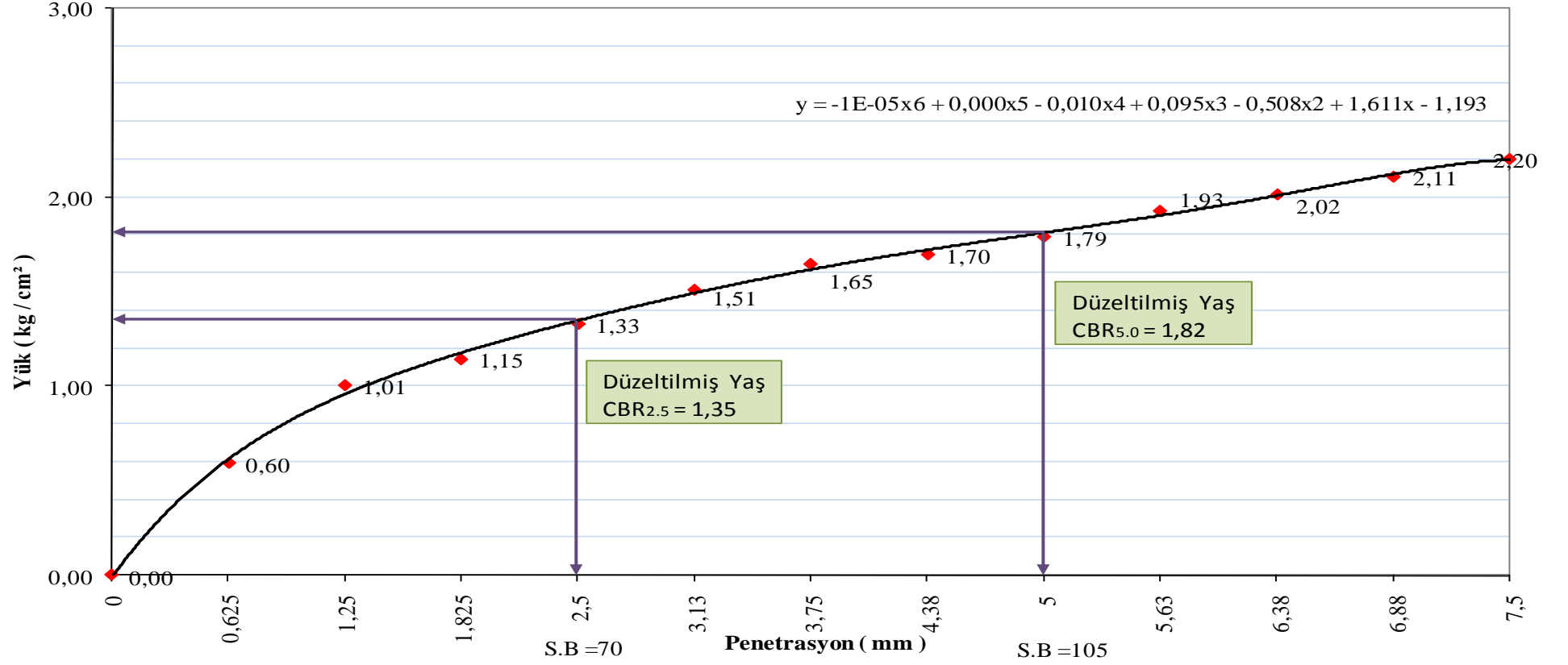
◆ % 99 Zemin + % 1 M19 -1 — Polinom. (% 99 Zemin + % 1 M19 -1)



Ek 23. Yük - penetrasyon ilişkisi-ZMF2 (Numune - 1)

% 99 Z+% 1 M19 - 2

◆ % 99 Z+% 1 M19 - 2 — Polinom. (% 99 Z+% 1 M19 - 2)

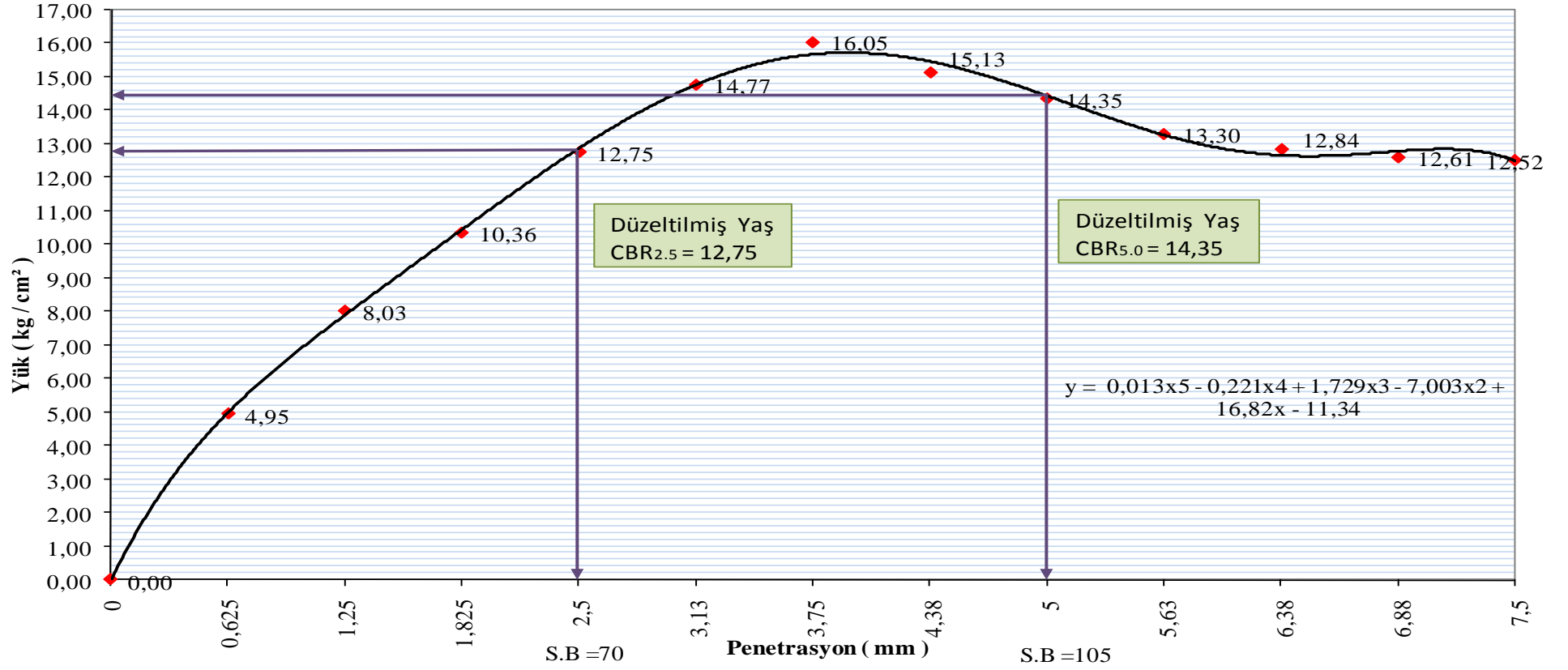


Ek 23.(Devam) Yük - penetrasyon ilişkisi-ZMF2 (Numune - 2)

% 89,5 Zemin + % 10 Uçucu Kül + % 0,5 F19 -1

◆ % 89,5 Zemin + % 10 Uçucu Kül + % 0,5 F19 -1

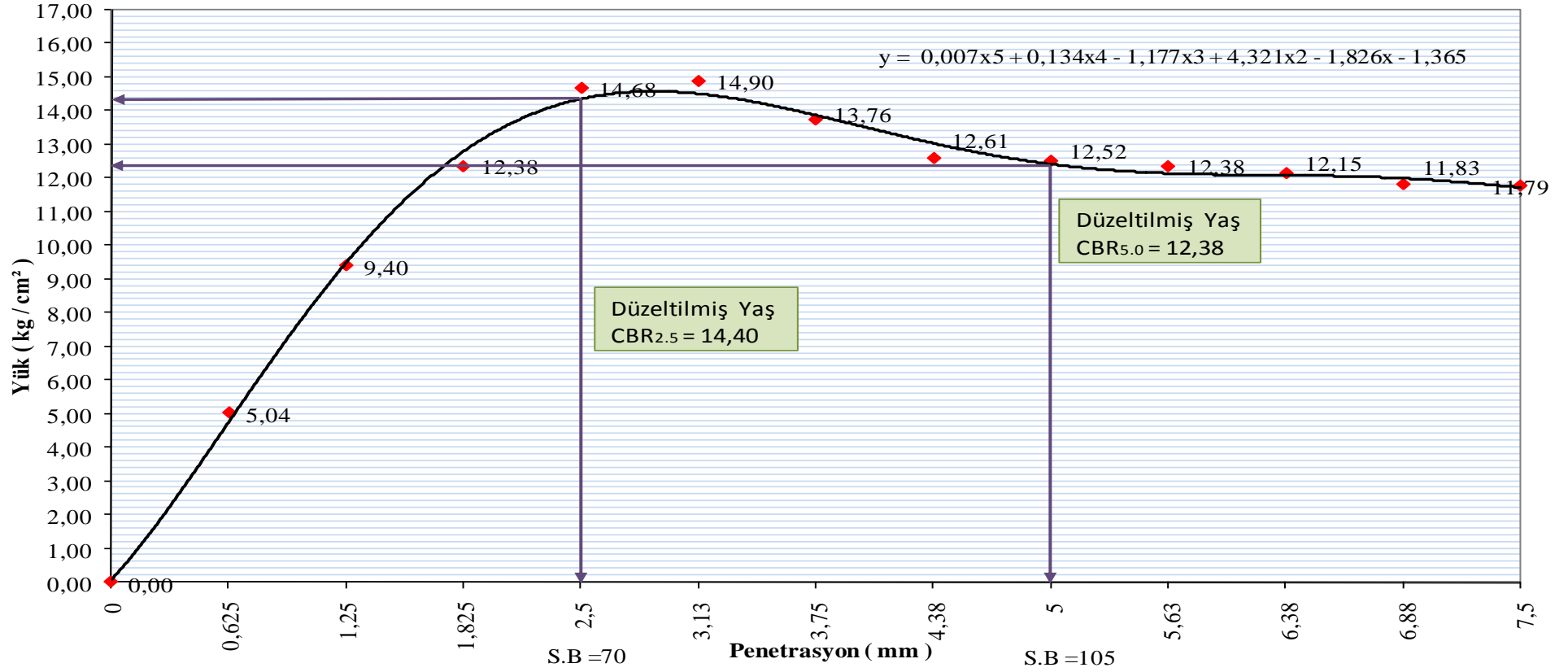
— Polinom. (% 89,5 Zemin + % 10 Uçucu Kül + % 0,5 F19 -1)



Ek 24. Yük - penetrasyon ilişkisi-ZU1F1 (Numune - 1)

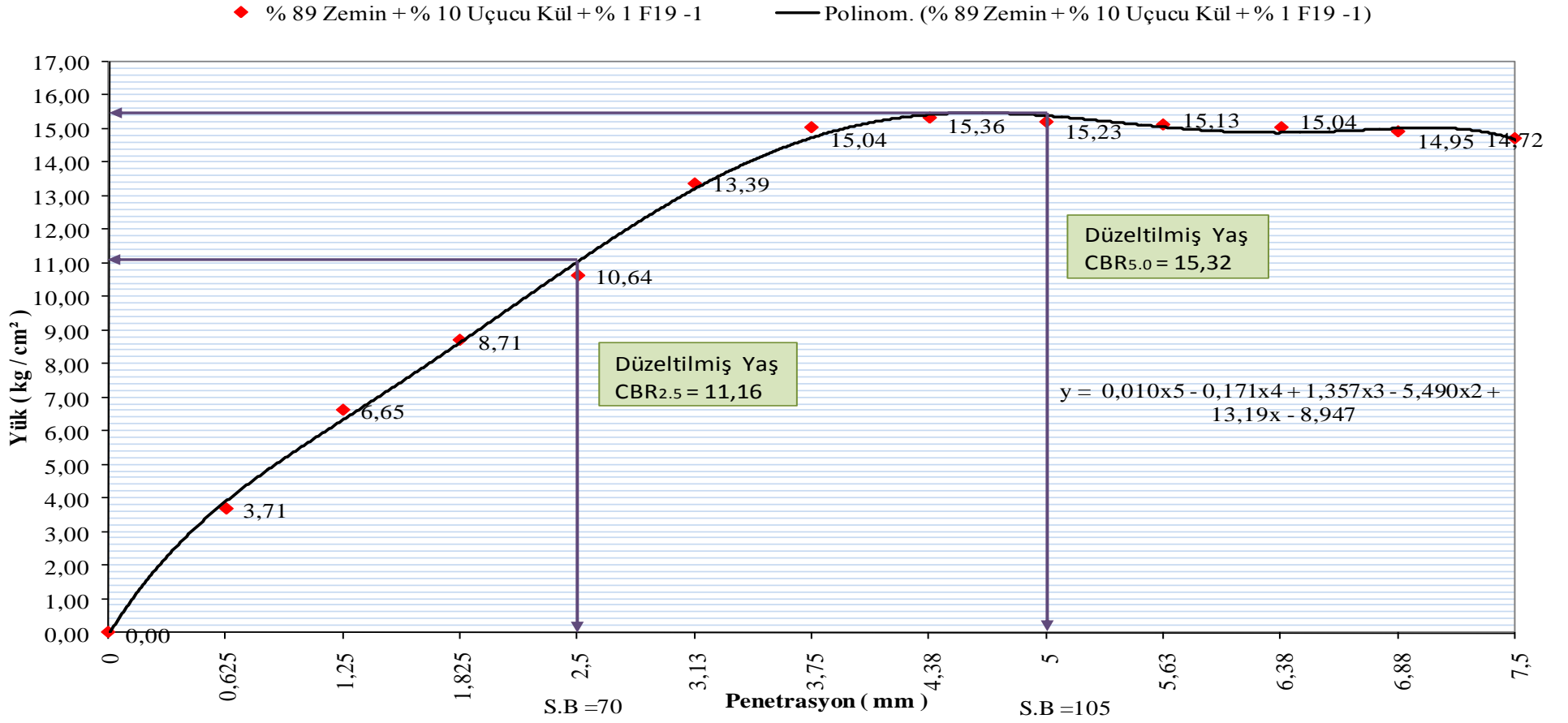
%89,5 Z+% 10 Uçucu Kül+%0,5 F19 - 2

◆ %89,5 Z+% 10 Uçucu Kül+%0,5 F19 - 2 — Polinom. (%89,5 Z+% 10 Uçucu Kül+%0,5 F19 - 2)



Ek 24.(Devam) Yük - penetrasyon ilişkisi-ZU1F1 (Numune - 2)

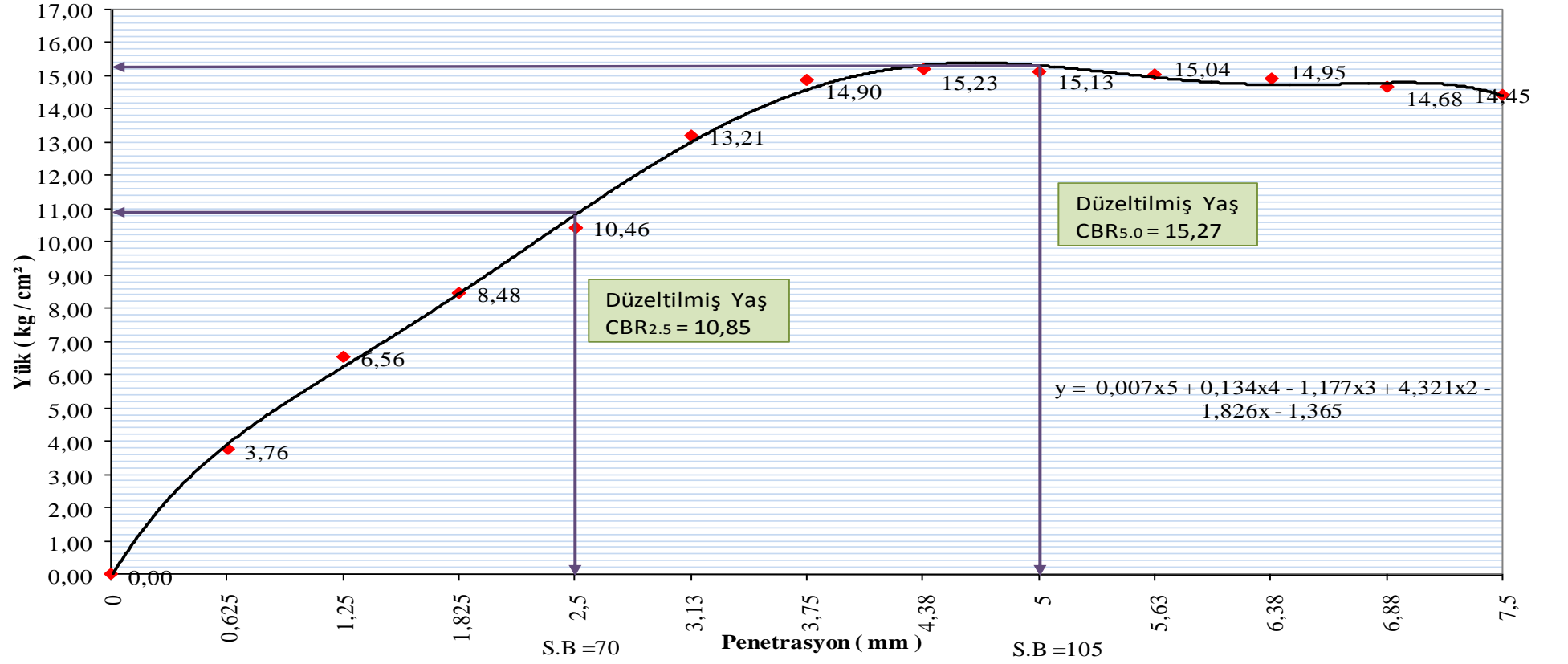
% 89 Zemin + % 10 Uçucu Kül + % 1 F19 -1



Ek 25. Yük - penetrasyon ilişkisi-ZU1F2 (Numune - 1)

% 89 Z+ % 10 Uçucu Kül + % 1 F19 - 2

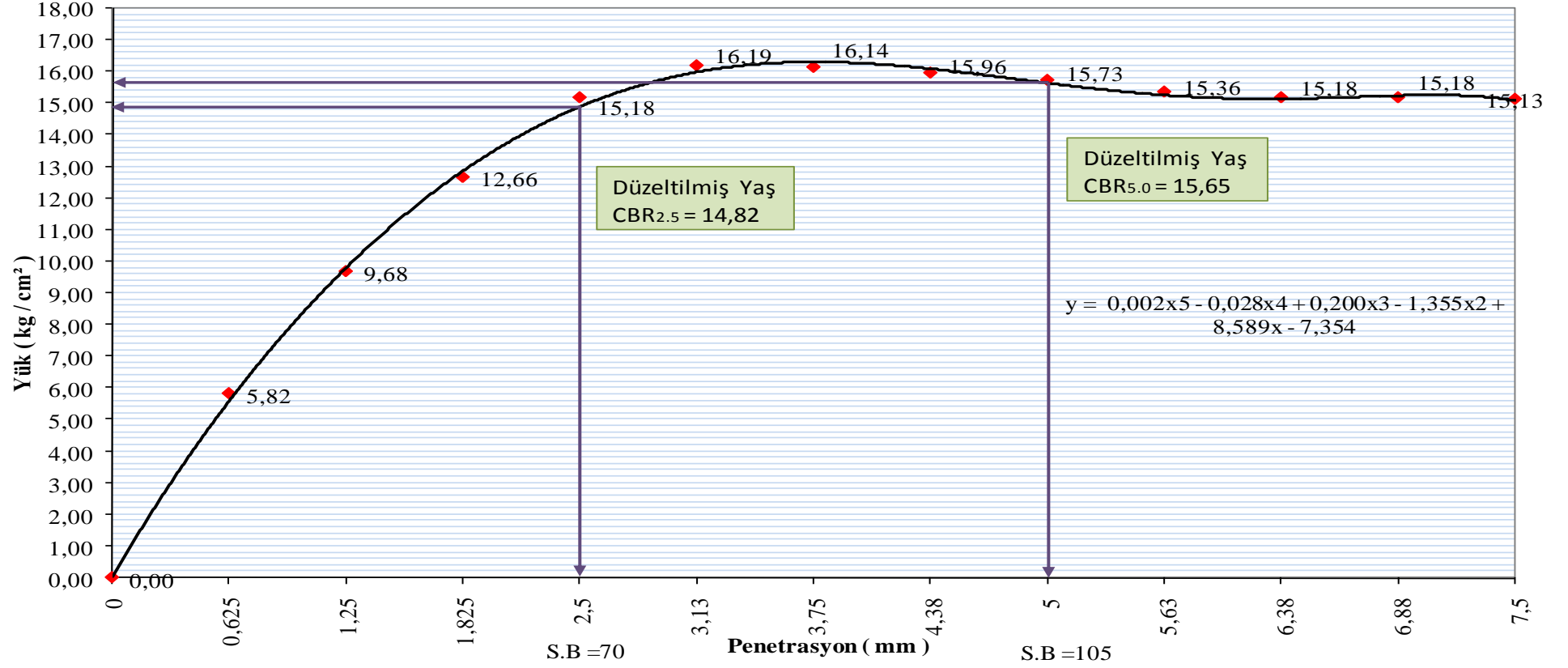
◆ % 89 Z+ % 10 Uçucu Kül + % 1 F19 - 2 — Polinom. (% 89 Z+ % 10 Uçucu Kül + % 1 F19 - 2)



Ek 25.(Devam) Yük – penetrasyon ilişkisi–ZU1F2 (Numune - 2)

% 89,5 Zemin + % 10 Uçucu Kül + % 0,5 M19 -1

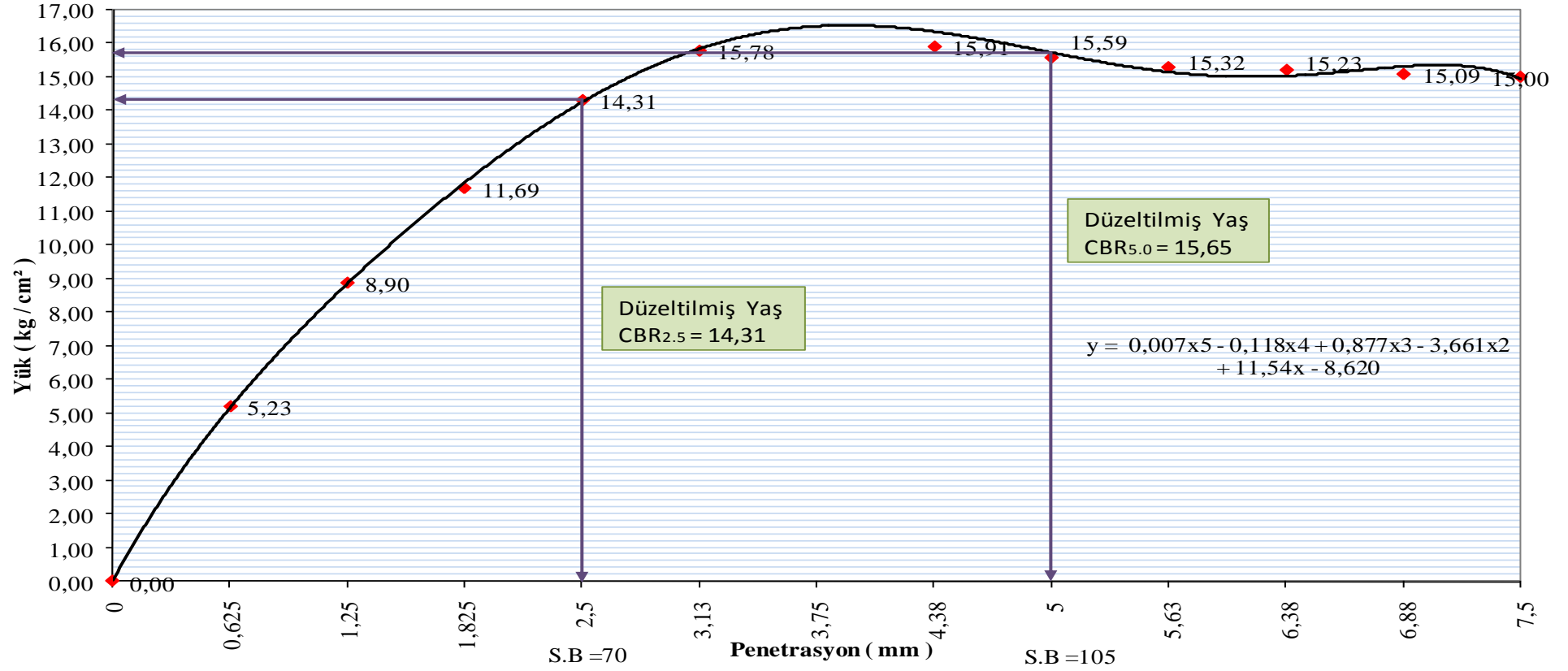
◆ % 89,5 Zemin + % 10 Uçucu Kül + % 0,5 M19 -1 — Polinom. (% 89,5 Zemin + % 10 Uçucu Kül + % 0,5 M19 -1)



Ek 26. Yük - penetrasyon ilişkisi-ZU1MF1 (Numune - 1)

%89,5 Z+ % 10 Uçucu Kül + %0,5 M19 - 2

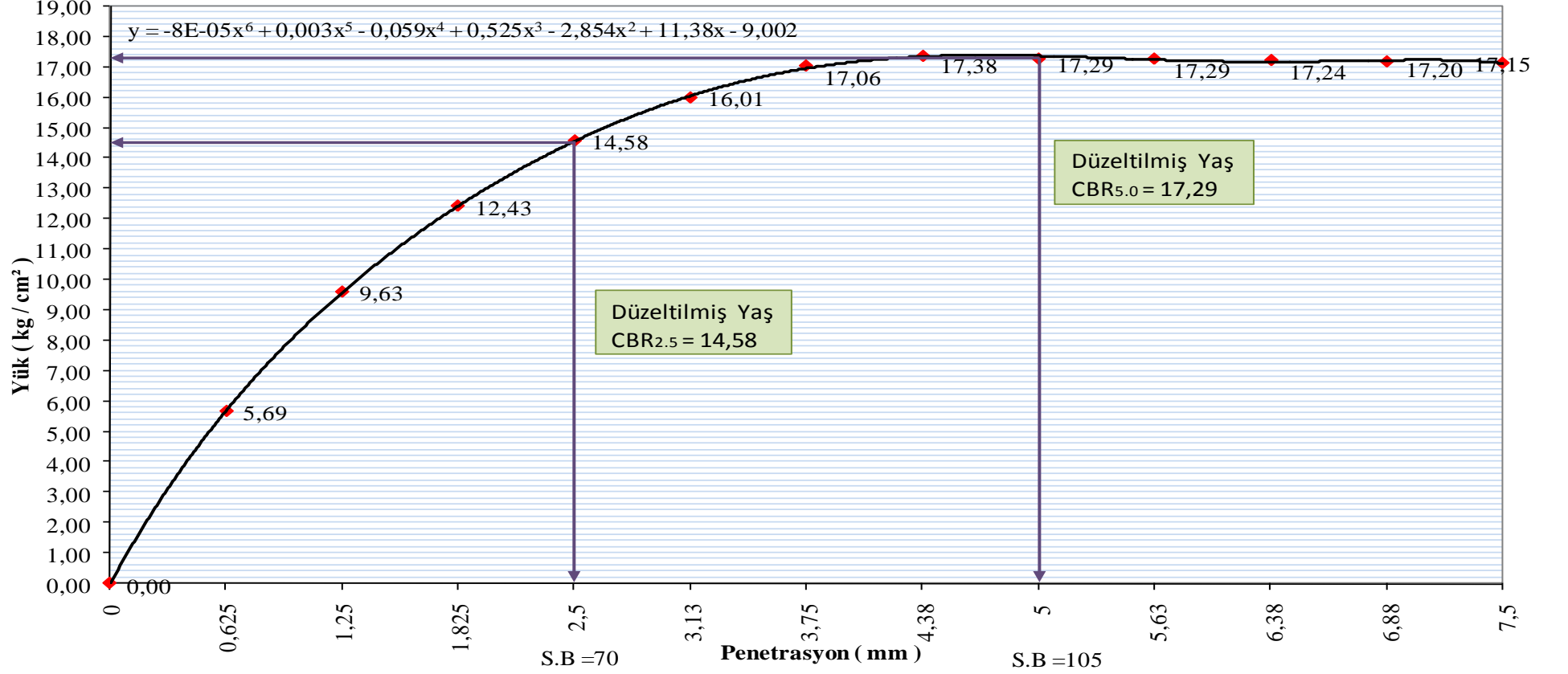
◆ %89,5 Z+ % 10 Uçucu Kül + %0,5 M19 - 2 — Polinom. (%89,5 Z+ % 10 Uçucu Kül + %0,5 M19 - 2)



Ek 26.(Devam) Yük - penetrasyon ilişkisi-ZU1MF1 (Numune - 2)

% 89 Zemin + % 10 Uçucu Kül + % 1 M19 -1

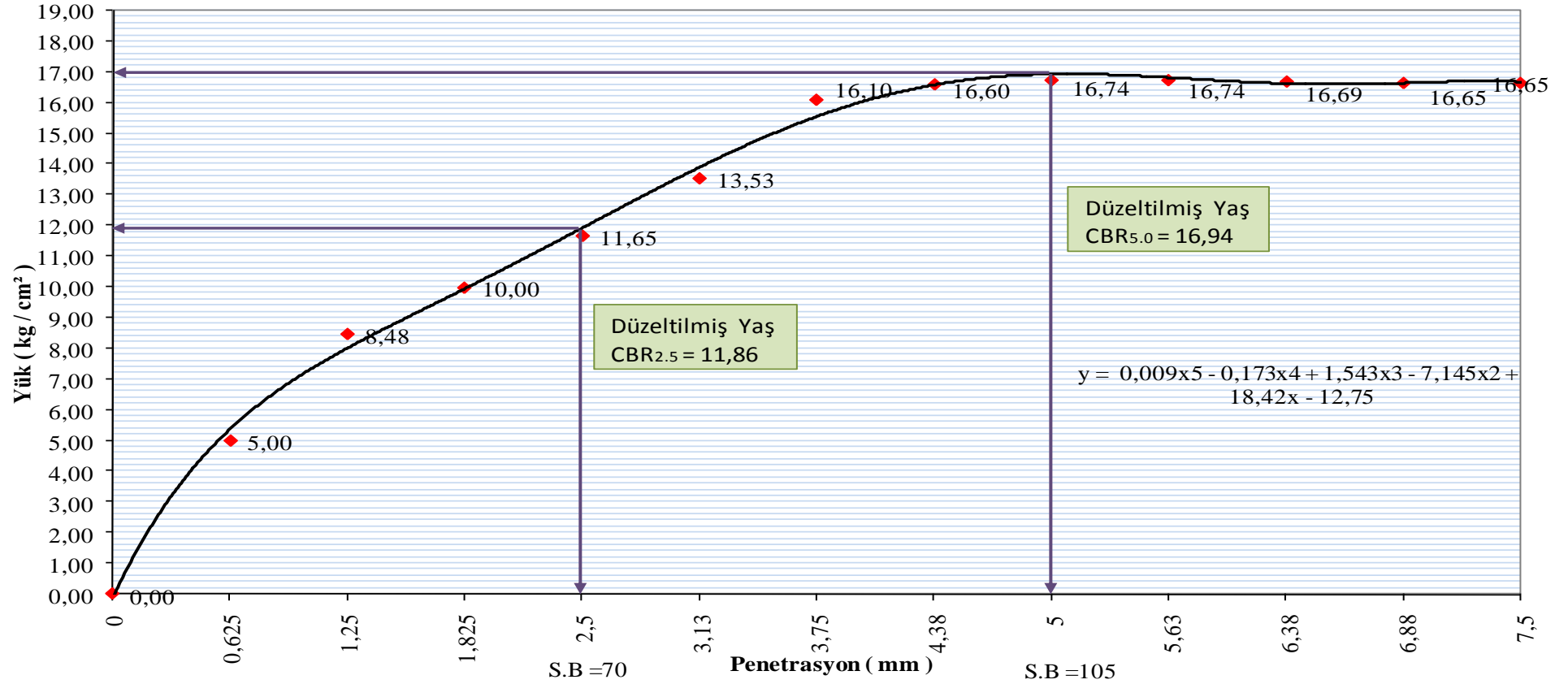
◆ % 89 Zemin + % 10 Uçucu Kül + % 1 M19 -1 — Polinom. (% 89 Zemin + % 10 Uçucu Kül + % 1 M19 -1)



Ek 27. Yük - penetrasyon ilişkisi-ZU1MF2 (Numune - 1)

% 89 Z+ % 10 Uçucu Kül+ % 1 M19 - 2

◆ % 89 Z+ % 10 Uçucu Kül+ % 1 M19 - 2 — Polinom. (% 89 Z+ % 10 Uçucu Kül+ % 1 M19 - 2)

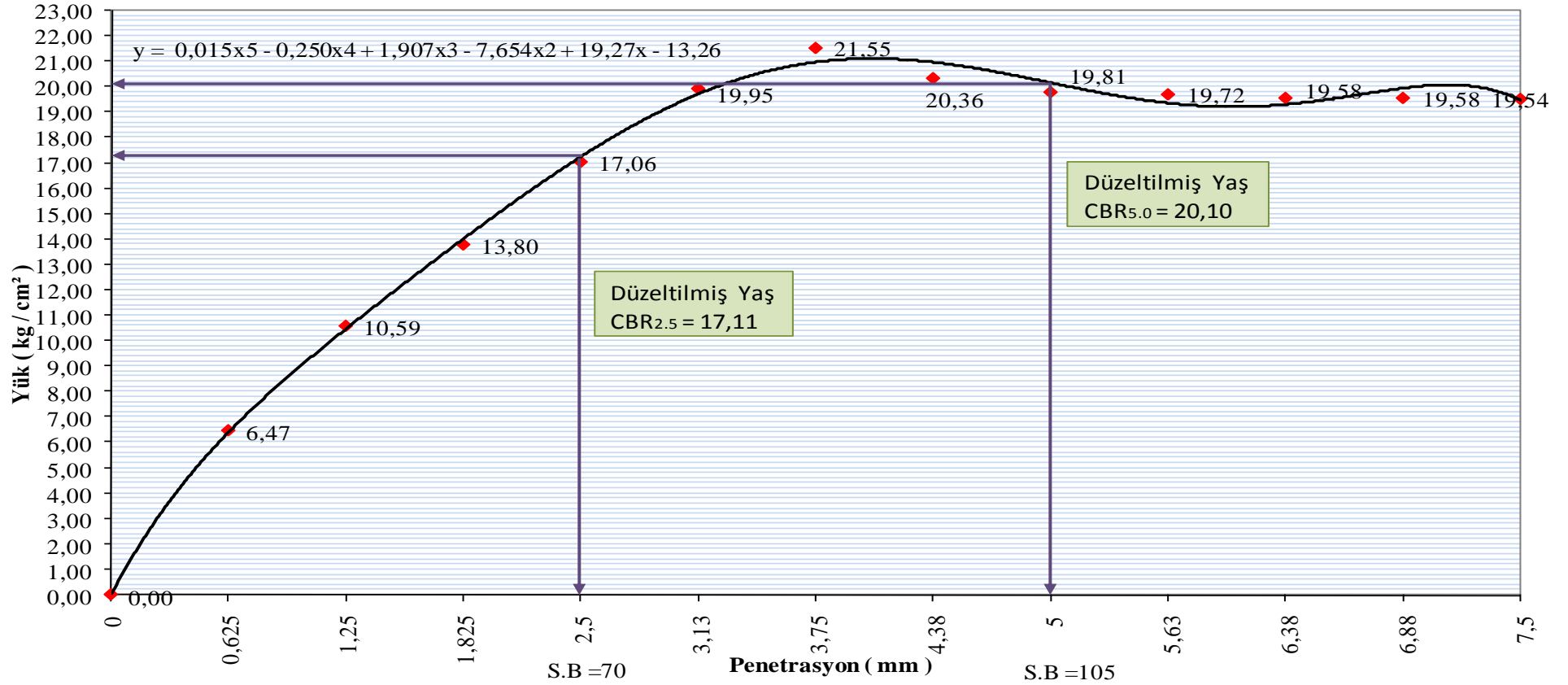


Ek 27.(Devam) Yük - penetrasyon ilişkisi-ZU1MF2 (Numune - 2)

% 84,5 Zemin + % 15 Uçucu Kül + % 0,5 F19 -1

◆ % 84,5 Zemin + % 15 Uçucu Kül + % 0,5 F19 -1

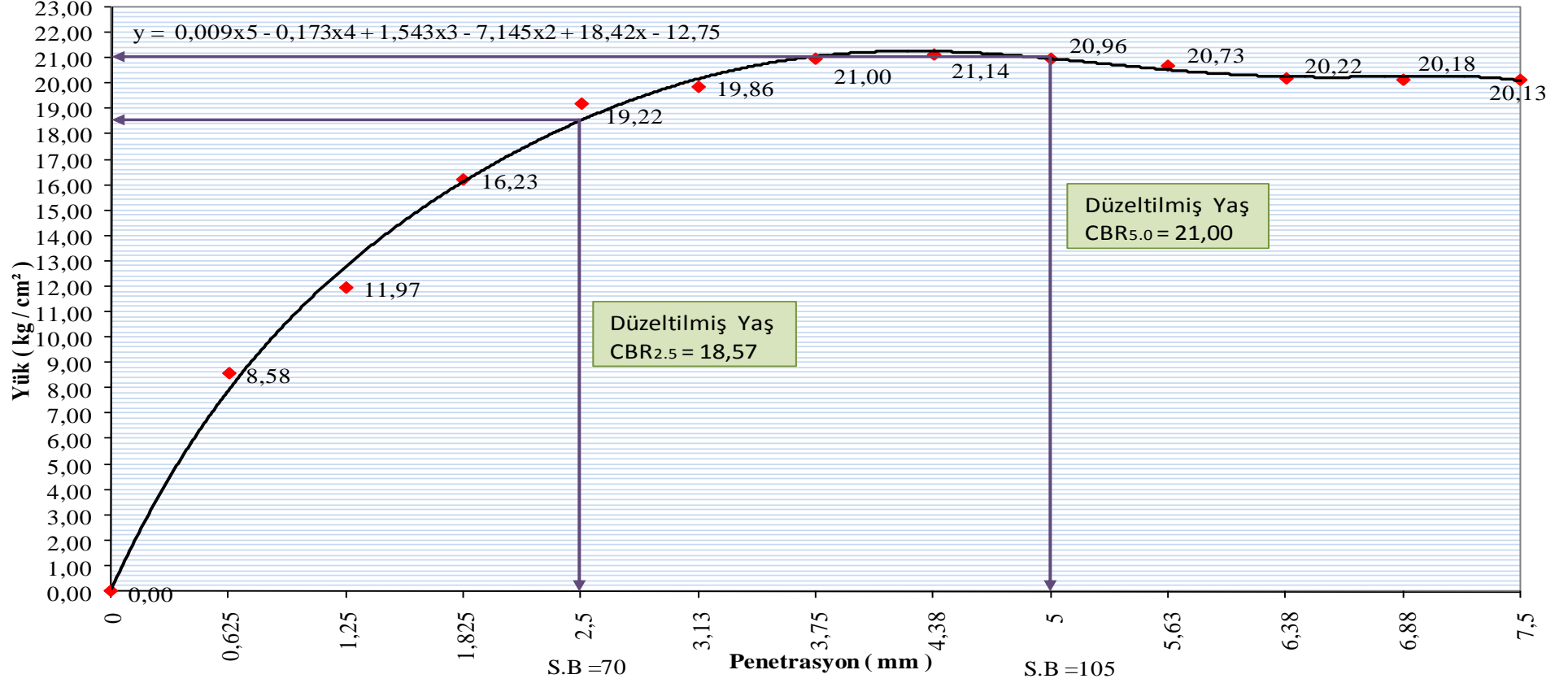
— Polinom. (% 84,5 Zemin + % 15 Uçucu Kül + % 0,5 F19 -1)



Ek 28. Yük - penetrasyon İlişkisi-ZU2F1 (Numune - 1)

% 84,5 Z+ % 15 Uçucu Kül + % 0,5 F19 - 2

◆ % 84,5 Z+ % 15 Uçucu Kül + % 0,5 F19 - 2 — Polinom. (% 84,5 Z+ % 15 Uçucu Kül + % 0,5 F19 - 2)

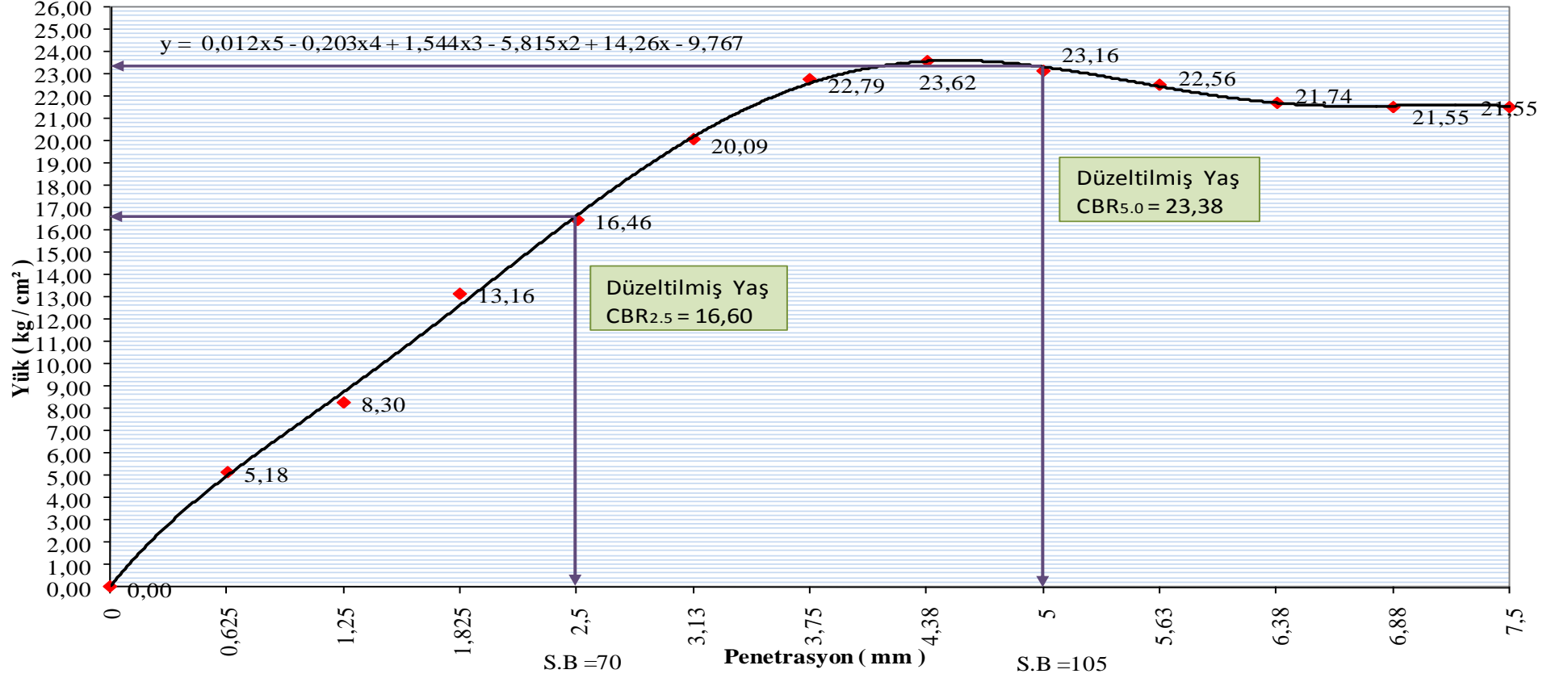


Ek 28.(Devam) Yük - penetrasyon ilişkisi-ZU2F1 (Numune - 2)

% 84 Zemin + % 15 Uçucu Kül + % 1 F19 -1

◆ % 84 Zemin + % 15 Uçucu Kül + % 1 F19 -1

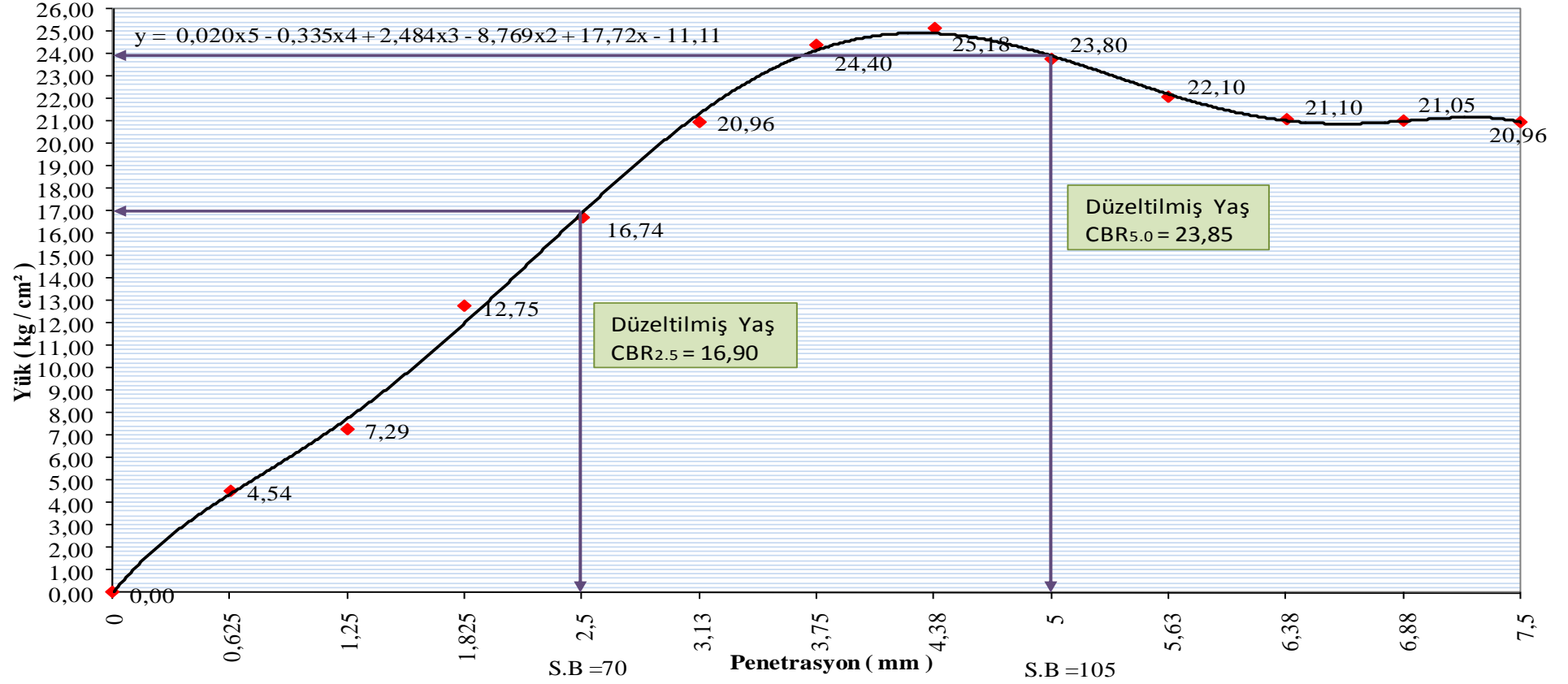
— Polinom. (% 84 Zemin + % 15 Uçucu Kül + % 1 F19 -1)



Ek 29. Yük - penetrasyon ilişkisi-ZU2F2 (Numune - 1)

% 84 Z+ % 15 Uçucu Kül+% 1 F19 - 2

◆ % 84 Z+% 15 Uçucu Kül+% 1 F19 - 2 — Polinom. (% 84 Z+% 15 Uçucu Kül+% 1 F19 - 2)

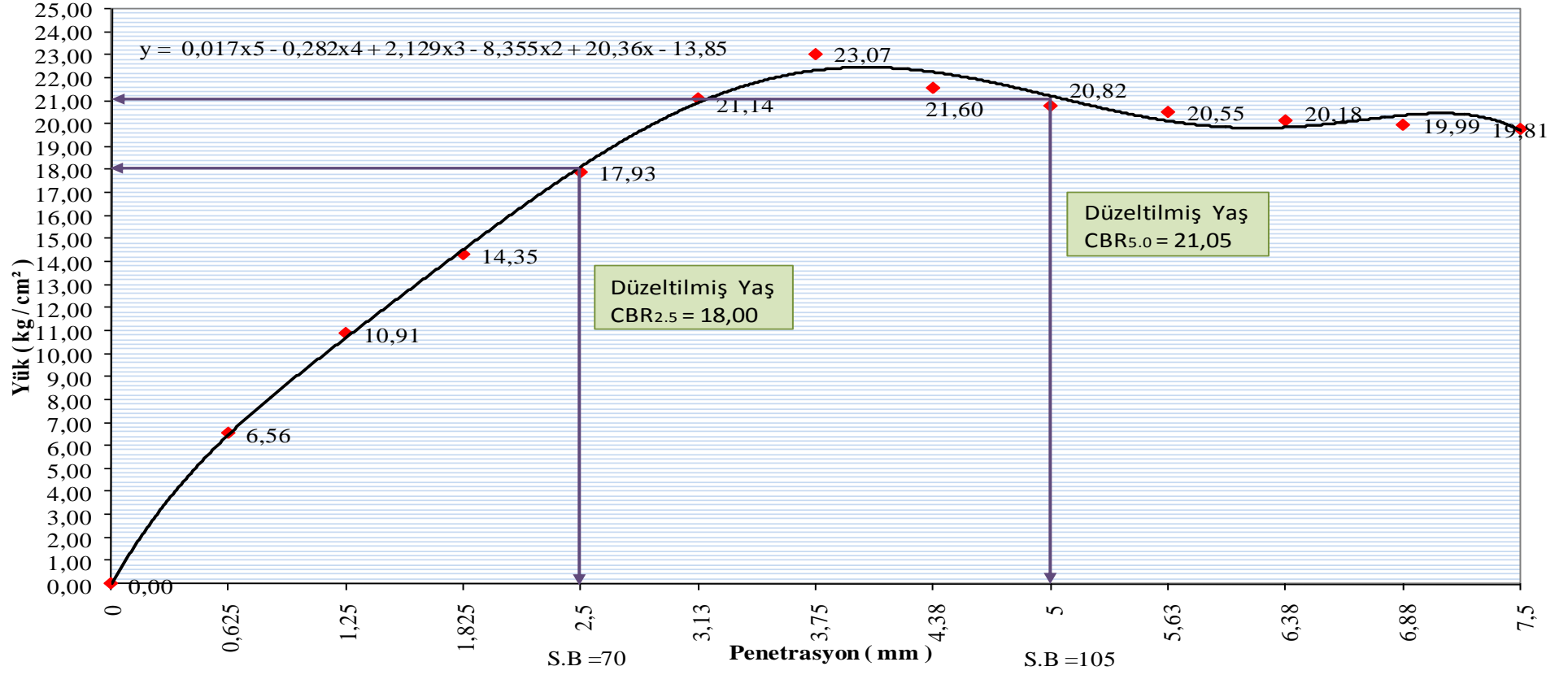


Ek 29.(Devam) Yük - penetrasyon ilişkisi-ZU2F2 (Numune - 2)

% 84,5 Zemin + % 15 Uçucu Kül + % 0,5 M19 -1

◆ % 84,5 Zemin + % 15 Uçucu Kül + % 0,5 M19 -1

— Polinom. (% 84,5 Zemin + % 15 Uçucu Kül + % 0,5 M19 -1)

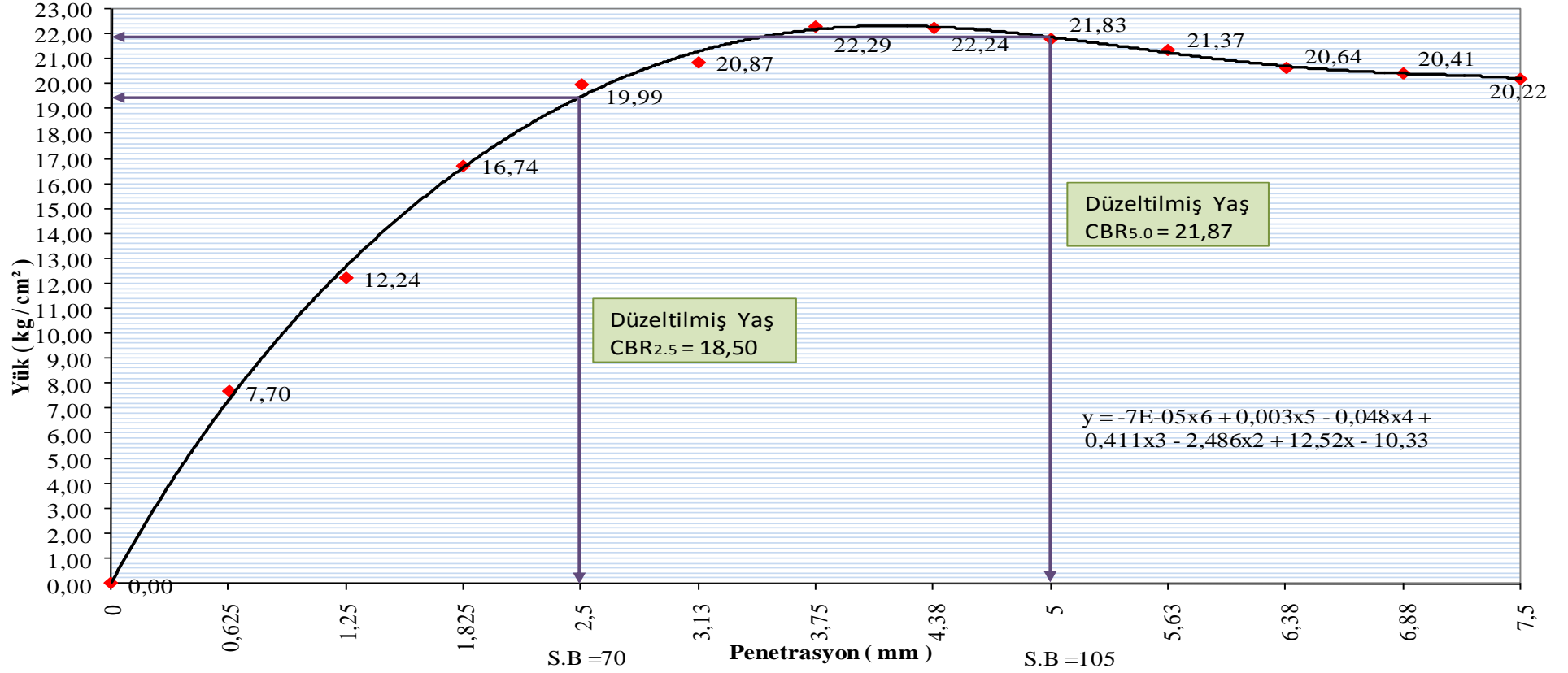


Ek 30. Yük - penetrasyon ilişkisi-ZU2MF1 (Numune - 1)

% 84,5 Z+ % 15 Uçucu Kül + % 0,5 M19 - 2

◆ % 84,5 Z+ % 15 Uçucu Kül + % 0,5 M19 - 2

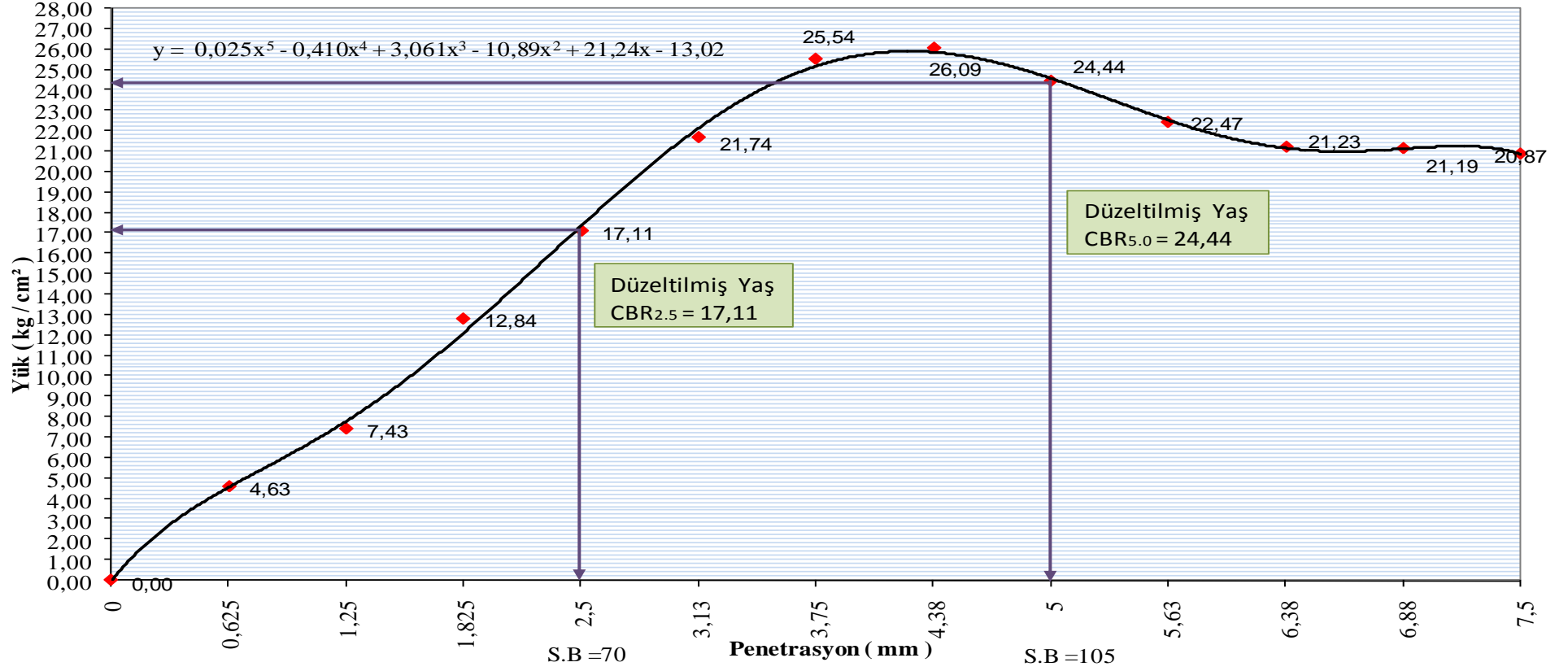
— Polinom. (% 84,5 Z+ % 15 Uçucu Kül + % 0,5 M19 - 2)



Ek 30.(Devam) Yük - penetrasyon ilişkisi-ZU2MF1 (Numune - 2)

% 84 Zemin + % 15 Uçucu Kül + %1 M19 -1

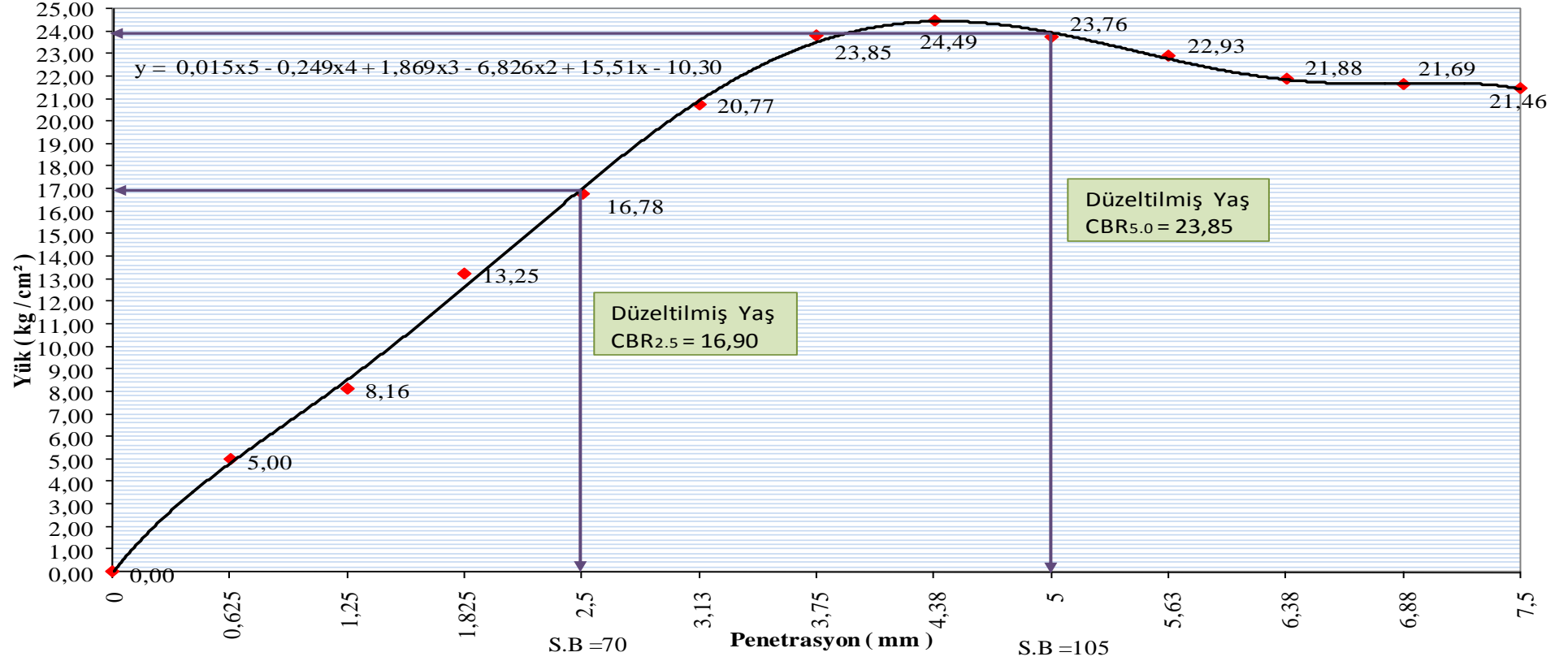
◆ % 84 Zemin + % 15 Uçucu Kül + %1 M19 -1 — Polinom. (% 84 Zemin + % 15 Uçucu Kül + %1 M19 -1)



Ek 31. Yük - penetrasyon ilişkisi-ZU2MF2 (Numune - 1)

% 84 Z+ % 15 Uçucu Kül+ % 1 M19 - 2

◆ % 84 Z+% 15 Uçucu Kül+% 1 M19 - 2 — Polinom. (% 84 Z+% 15 Uçucu Kül+% 1 M19 - 2)



Ek 31.(Devam) Yük - penetrasyon ilişkisi-ZU2MF2 (Numune - 2)

% 100 Zemin - % 99 Zemin + 1 F19 - % 99.5 Z + % 0.5 F19 Fiber Katkılı Doğal Zeminin Serbest Basınç Deneyi Verileri

1 Günlük						1 Günlük						1 Günlük					
Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,264	0,176	0,264	0,129	0,264	0,209	0,261	0,177	0,261	0,273	0,259	0,444	0,260	0,368	0,260	0,432	0,256	0,270
0,529	0,350	0,529	0,370	0,528	0,369	0,522	0,369	0,522	0,465	0,518	0,902	0,519	0,750	0,519	0,877	0,512	0,554
0,793	0,508	0,793	0,529	0,792	0,576	0,783	0,576	0,783	0,640	0,777	1,294	0,779	1,082	0,779	1,289	0,767	0,852
1,057	0,649	1,057	0,640	1,056	0,718	1,044	0,893	1,044	1,037	1,037	1,606	1,039	1,349	1,039	1,682	1,023	1,149
1,322	0,774	1,321	0,766	1,320	0,860	1,305	0,970	1,305	1,320	1,296	1,869	1,298	1,551	1,298	2,057	1,279	1,413
1,586	0,898	1,586	0,875	1,585	1,016	1,566	1,174	1,566	1,555	1,555	2,099	1,558	1,720	1,558	2,368	1,535	1,660
1,850	1,005	1,850	1,000	1,849	1,124	1,827	1,329	1,827	1,741	1,814	2,265	1,818	1,858	1,818	2,456	1,790	1,875
2,114	1,112	2,114	1,124	2,113	1,248	2,088	1,484	2,088	1,862	2,073	2,368	2,077	1,978	2,077	2,481	2,046	2,041
2,379	1,203	2,378	1,294	2,377	1,339	2,349	1,605	2,349	1,952	2,332	2,424	2,337	2,067	2,337	2,506	2,302	2,207
2,643	1,293	2,643	1,354	2,641	1,430	2,610	1,727	2,610	2,041	2,591	2,464	2,597	2,155	2,597	2,546	2,558	2,356
2,907	1,352	2,907	1,429	2,905	1,520	2,871	1,832	2,871	2,129	2,850	2,488	2,856	2,227	2,856	2,570	2,813	2,474
3,172	1,410	3,171	1,472	3,169	1,578	3,132	1,921	3,132	2,155	3,110	2,497	3,116	2,284	3,116	2,579	3,069	2,575
3,436	1,468	3,436	1,530	3,433	1,636	3,392	2,009	3,392	2,196	3,369	2,490	3,376	2,308	3,376	2,556	3,325	2,599
3,700	1,510	3,700	1,573	3,697	1,694	3,653	2,081	3,653	2,221	3,628	2,146	3,635	2,349	3,635	2,549	3,581	2,608
3,965	1,552	3,964	1,615	3,961	1,736	3,914	2,137	3,914	2,199	---	---	3,895	2,373	3,895	1,741	3,836	2,310
4,229	1,594	4,228	1,657	4,226	1,762	4,175	2,178	4,175	2,224	---	---	4,155	2,244	---	---	4,092	1,465
4,493	1,605	4,493	1,683	4,490	1,819	4,436	2,203	4,436	2,172	---	---	4,414	1,272	---	---	---	---
4,757	1,631	4,757	1,710	4,754	1,814	4,697	2,227	4,697	1,582	---	---	---	---	---	---	---	---
5,022	1,672	5,021	1,720	5,018	1,839	4,958	2,237	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
5,286	1,682	5,285	1,746	5,282	1,834	5,219	2,200	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
5,550	1,693	5,550	1,741	5,546	1,829	5,480	2,148	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
5,815	1,718	5,814	1,736	5,810	1,824	5,741	2,066	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
6,079	1,713	6,078	1,716	6,074	1,804	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
6,343	1,723	6,342	1,711	6,338	1,798	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
6,608	1,718	6,607	1,601	6,602	1,778	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
6,872	1,714	6,871	1,160	6,866	1,758	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
7,136	1,694	---	---	7,131	1,753	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
7,401	1,615	---	---	7,395	1,554	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Ek 32. Serbest basınç deneyi sonuç formları

% 99 Zemin + 1 M19 - % 99.5 Z + % 0.5 M19 Fiber Katkılı Doğal Zeminin Serbest Basınç Deneyi Verileri

1 Günlük						1 Günlük						1 Günlük					
Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	---	---	---	---	---	---
0,264	0,177	0,264	0,227	0,263	0,292	0,262	0,336	0,261	0,192	0,260	0,238	---	---	---	---	---	---
0,527	0,370	0,528	0,387	0,525	0,582	0,525	0,511	0,522	0,430	0,521	0,443	---	---	---	---	---	---
0,791	0,561	0,793	0,531	0,788	0,887	0,787	0,669	0,784	0,635	0,781	0,616	---	---	---	---	---	---
1,054	0,735	1,057	0,674	1,051	1,141	1,049	0,826	1,045	0,823	1,041	0,740	---	---	---	---	---	---
1,318	0,925	1,321	0,785	1,314	1,347	1,311	0,967	1,306	0,979	1,302	0,864	---	---	---	---	---	---
1,581	1,081	1,585	0,878	1,576	1,503	1,574	1,075	1,567	1,150	1,562	0,971	---	---	---	---	---	---
1,845	1,221	1,850	0,972	1,839	1,595	1,836	1,214	1,829	1,304	1,822	1,078	---	---	---	---	---	---
2,108	1,360	2,114	1,080	2,102	1,654	2,098	1,336	2,090	1,441	2,083	1,184	---	---	---	---	---	---
2,372	1,467	2,378	1,172	2,364	1,745	2,361	1,458	2,351	1,562	2,343	1,274	---	---	---	---	---	---
2,635	1,557	2,642	1,248	2,627	1,772	2,623	1,595	2,612	1,652	2,603	1,364	---	---	---	---	---	---
2,899	1,631	2,907	1,324	2,890	1,735	2,885	1,684	2,874	1,756	2,864	1,453	---	---	---	---	---	---
3,162	1,705	3,171	1,399	3,153	1,621	3,148	1,773	3,135	1,813	3,124	1,541	---	---	---	---	---	---
3,426	1,763	3,435	1,457	3,415	1,381	3,410	1,830	3,396	1,855	3,385	1,614	---	---	---	---	---	---
3,690	1,789	3,699	1,532	3,678	0,595	3,672	1,872	3,657	1,896	3,645	1,686	---	---	---	---	---	---
3,953	1,815	3,964	1,574	---	---	3,934	1,882	3,918	1,922	3,905	1,743	---	---	---	---	---	---
4,217	1,841	4,228	1,601	---	---	4,197	1,862	4,180	1,947	4,166	1,769	---	---	---	---	---	---
4,480	1,851	4,492	1,612	---	---	4,459	1,611	4,441	1,911	4,426	1,673	---	---	---	---	---	---
4,744	1,769	4,756	1,623	---	---	---	---	4,702	1,921	4,686	1,622	---	---	---	---	---	---
5,007	1,212	5,020	1,619	---	---	---	---	4,963	1,916	4,947	1,527	---	---	---	---	---	---
---	---	5,285	1,383	---	---	---	---	5,225	1,183	5,207	1,327	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Ek 32.(Devamı) Serbest basınç deneyi sonuç formları

% 90 Zemin + 10 Uçucu Kül Katkılı Doğal Zeminin Serbest Basınç Deneyi Verileri

1 Günlük		7 Günlük						14 Günlük							
Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,264	0,421	0,264	0,451	0,263	0,377	0,264	0,648	0,264	0,618	0,263	0,541	0,264	0,697	0,264	0,805
0,527	0,921	0,528	0,980	0,527	0,997	0,527	1,406	0,528	1,379	0,527	1,422	0,527	1,568	0,528	1,815
0,791	1,451	0,792	1,522	0,790	1,533	0,791	2,192	0,792	1,909	0,790	2,185	0,791	2,434	0,792	2,835
1,055	2,025	1,055	2,077	1,054	2,017	1,055	3,070	1,055	2,340	1,054	2,862	1,055	3,392	1,055	3,882
1,318	2,469	1,319	2,549	1,317	2,401	1,318	3,768	1,319	2,752	1,317	3,439	1,318	4,136	1,319	4,732
1,582	2,942	1,583	3,066	1,581	2,896	1,582	4,461	1,583	3,146	1,581	4,141	1,582	4,941	1,583	5,720
1,846	3,317	1,847	3,470	1,844	3,356	1,846	5,039	1,847	3,537	1,844	4,856	1,846	5,581	1,847	6,465
2,109	3,706	2,111	3,856	2,108	3,749	2,109	5,582	2,111	3,879	2,108	5,439	2,109	6,234	2,111	7,222
2,373	4,013	2,375	4,129	2,371	4,124	2,373	6,011	2,375	4,187	2,371	5,953	2,373	6,757	2,375	7,739
2,636	4,287	2,639	4,385	2,635	4,385	2,636	6,470	2,639	4,541	2,635	6,354	2,636	7,213	2,639	8,221
2,900	4,449	2,902	4,562	2,898	4,549	2,900	6,720	2,902	4,972	2,898	6,544	2,900	7,478	2,902	8,559
3,164	4,562	3,166	4,674	3,162	4,648	3,164	6,859	3,166	5,211	3,162	6,701	3,164	7,693	3,166	8,864
3,427	4,676	3,430	4,755	3,425	4,635	3,427	7,013	3,430	5,449	3,425	6,762	3,427	7,892	3,430	8,731
3,691	4,506	3,694	4,835	3,689	4,654	3,691	7,135	3,694	5,685	3,689	6,791	3,691	7,651	3,694	7,556
3,955	4,291	3,958	4,853	3,952	4,578	3,955	6,881	3,958	5,873	3,952	6,725	3,955	7,272	---	---
4,218	1,774	4,222	4,809	4,216	3,054	4,218	5,120	4,222	6,044	4,216	6,612	4,218	3,003	---	---
---	---	4,485	3,994	---	---	---	---	4,485	6,230	4,479	5,637	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	4,749	6,399	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	5,013	6,521	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	5,277	6,626	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	5,541	6,700	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	5,805	6,835	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	6,069	6,449	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Ek 32.(Devamı) Serbest basınç deneyi sonuç formları

% 85 Zemin + 15 Uçucu Kül Katkılı Doğal Zeminin Serbest Basınç Deneyi Verileri

1 Günlük		7 Günlük						14 Günlük							
Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,263	0,705	0,266	0,841	0,264	0,867	0,263	1,026	0,266	1,170	0,264	1,140	0,263	1,203	0,264	1,494
0,527	1,663	0,531	1,824	0,528	1,826	0,527	2,415	0,531	2,433	0,528	2,274	0,527	2,799	0,528	3,075
0,790	2,536	0,797	2,770	0,792	2,476	0,790	3,684	0,797	3,672	0,792	3,259	0,790	4,258	0,792	4,201
1,053	3,340	1,063	3,646	1,055	3,218	1,053	4,772	1,063	4,872	1,055	4,222	1,053	5,615	1,055	5,592
1,316	4,141	1,329	4,500	1,319	3,909	1,316	5,886	1,329	6,000	1,319	5,116	1,316	6,917	1,319	6,626
1,580	4,842	1,594	5,285	1,583	4,485	1,580	6,899	1,594	7,025	1,583	5,927	1,580	8,101	1,583	7,733
1,843	5,460	1,860	5,952	1,847	4,994	1,843	7,748	1,860	7,898	1,847	6,527	1,843	9,121	1,847	8,534
2,106	5,980	2,126	6,550	2,111	5,469	2,106	8,451	2,126	8,766	2,111	7,124	2,106	9,993	2,111	9,363
2,369	6,435	2,392	7,097	2,375	5,879	2,369	9,041	2,392	9,468	2,375	7,687	2,369	10,783	2,375	10,013
2,633	6,840	2,657	7,528	2,639	6,255	2,633	9,580	2,657	10,053	2,639	8,199	2,633	11,442	2,639	10,754
2,896	7,134	2,923	7,844	2,902	6,582	2,896	9,804	2,923	10,267	2,902	8,599	2,896	11,911	2,902	11,210
3,159	7,364	3,189	8,047	3,166	6,814	3,159	10,182	3,189	10,382	3,166	8,934	3,159	12,299	3,166	11,694
3,422	7,530	3,455	8,168	3,430	6,966	3,422	10,449	3,455	10,434	3,430	9,112	3,422	12,607	3,430	11,849
3,686	7,711	3,720	8,194	3,694	7,087	3,686	10,575	3,720	10,421	3,694	9,258	3,686	12,883	3,694	12,188
3,949	7,829	3,986	8,203	3,958	7,206	3,949	10,639	3,986	10,218	3,958	9,402	3,949	13,079	3,958	12,325
4,212	7,931	4,252	8,132	4,222	7,279	4,212	10,656	4,252	7,389	4,222	9,500	4,212	13,243	4,222	12,538
4,475	8,016	4,518	5,443	4,485	7,351	4,475	10,658	---	---	4,485	9,581	4,475	13,391	4,485	12,534
4,739	8,147	---	---	4,749	7,423	4,739	10,353	---	---	4,749	9,678	4,739	13,477	4,749	12,822
5,002	8,201	---	---	5,013	7,387	5,002	7,957	---	---	5,013	9,743	5,002	13,531	5,013	12,664
5,265	8,255	---	---	5,277	7,336	---	---	---	---	5,277	9,731	5,265	13,524	5,277	12,415
5,528	8,277	---	---	5,541	6,707	---	---	---	---	5,541	9,552	5,528	13,517	5,541	11,498
5,792	7,966	---	---	5,805	4,004	---	---	---	---	---	---	5,792	12,979	5,805	10,329
6,055	7,113	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	6,069	7,396
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Ek 32.(Devamı) Serbest basınç deneyi sonuç formları

% 84 Zemin + 15 Uçucu Kül + % 1 F19 Fiber Katkılı Doğal Zeminin Serbest Basınç Deneyi Verileri

1 Günlük						7 Günlük						14 Günlük					
Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,263	0,818	0,264	0,684	0,264	0,949	0,263	1,171	0,264	1,161	0,264	0,949	0,263	1,380	0,264	1,098	0,264	1,464
0,526	1,488	0,527	1,729	0,528	1,990	0,526	2,176	0,527	2,935	0,528	2,745	0,526	2,448	0,527	2,792	0,528	3,290
0,788	2,106	0,791	2,611	0,793	2,929	0,788	3,080	0,791	4,431	0,793	4,114	0,788	3,591	0,791	4,146	0,793	4,834
1,051	2,674	1,054	3,488	1,057	3,720	1,051	3,868	1,054	5,918	1,057	4,997	1,051	4,520	1,054	5,524	1,057	6,147
1,314	3,191	1,318	4,250	1,321	4,379	1,314	4,635	1,318	7,225	1,321	5,923	1,314	5,349	1,318	6,800	1,321	7,229
1,577	3,768	1,581	4,804	1,585	4,923	1,577	5,446	1,581	8,163	1,585	6,781	1,577	6,380	1,581	7,676	1,585	8,146
1,839	4,310	1,845	5,276	1,849	5,464	1,839	6,158	1,845	8,955	1,849	7,428	1,839	7,294	1,845	8,454	1,849	9,027
2,102	4,929	2,109	5,715	2,114	5,939	2,102	7,133	2,109	9,712	2,114	8,008	2,102	8,314	2,109	9,134	2,114	9,824
2,365	5,481	2,372	6,089	2,378	6,443	2,365	7,852	2,372	10,324	2,378	8,538	2,365	9,250	2,372	9,748	2,378	10,648
2,628	5,952	2,636	6,367	2,642	6,834	2,628	8,599	2,636	10,824	2,642	9,017	2,628	10,055	2,636	10,172	2,642	11,295
2,891	6,373	2,899	6,505	2,906	7,144	2,891	9,169	2,899	11,058	2,906	9,447	2,891	10,746	2,899	10,392	2,906	11,797
3,153	6,776	3,163	6,765	3,170	7,437	3,153	9,736	3,163	11,121	3,170	9,828	3,153	11,450	3,163	10,843	3,170	12,281
3,416	7,162	3,426	7,009	3,435	7,697	3,416	10,269	3,426	11,152	3,435	10,159	3,416	12,071	3,426	11,199	3,435	12,699
3,679	7,421	3,690	7,220	3,699	7,971	3,679	10,644	3,690	11,168	3,699	10,427	3,679	12,518	3,690	11,552	3,699	13,161
3,942	7,633	3,954	7,399	3,963	8,182	3,942	11,016	3,954	11,168	3,963	10,708	3,942	12,886	3,954	11,842	3,963	13,513
4,204	7,781	4,217	7,608	4,227	8,360	4,204	11,233	4,217	11,168	4,227	11,003	4,204	13,113	4,217	12,192	4,227	13,800
4,467	7,898	4,481	7,770	4,491	8,491	4,467	11,356	4,481	11,122	4,491	11,250	4,467	13,307	4,481	12,432	4,491	14,024
4,730	7,984	4,744	7,916	4,756	8,560	4,730	11,432	4,744	11,061	4,756	11,449	4,730	13,485	4,744	12,672	4,756	14,154
4,993	8,038	5,008	8,015	5,020	8,628	4,993	11,507	5,008	11,061	5,020	11,571	4,993	13,540	5,008	12,833	5,020	14,299
5,256	8,077	5,271	8,114	5,284	8,681	5,256	11,567	5,271	10,411	5,284	11,646	5,256	13,548	5,271	12,979	5,284	14,351
5,518	8,115	5,535	8,182	5,548	8,702	5,518	11,550	---	---	5,548	11,720	5,518	13,586	5,535	13,079	5,548	14,417
5,781	8,123	5,799	8,249	5,812	8,724	5,781	11,533	---	---	5,812	11,717	5,781	13,594	5,799	13,222	5,812	14,468
6,044	8,085	6,062	8,301	6,077	8,729	6,044	11,455	---	---	6,077	11,457	6,044	13,586	6,062	13,290	6,077	14,443
6,307	7,716	6,326	8,307	6,341	8,720	6,307	11,378	---	---	6,341	9,748	6,307	13,609	6,326	13,328	6,341	13,873
6,569	4,569	6,589	8,299	6,605	8,695	6,569	11,106	---	---	6,605	7,580	6,569	13,600	6,589	13,260	---	---
---	---	6,853	8,038	6,869	8,626	6,832	9,396	---	---	---	---	6,832	13,607	6,853	12,837	---	---
---	---	---	---	7,133	7,133	---	---	---	---	---	---	7,095	13,330	---	---	---	---
---	---	---	---	7,398	5,095	---	---	---	---	---	---	7,358	10,327	---	---	---	---

Ek 32.(Devamı) Serbest basınç deneyi sonuç formları

% 84.5 Zemin + 15 Uçucu Kül + % 0.5 F19 Fiber Katkılı Doğal Zeminin Serbest Basınç Deneyi Verileri

1 Günlük						7 Günlük						14 Günlük					
Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,263	0,642	0,261	0,430	0,260	0,599	0,263	0,914	0,261	0,605	0,260	0,835	0,263	1,043	0,261	0,684	0,260	1,087
0,526	1,392	0,522	1,254	0,519	1,273	0,526	1,888	0,522	1,762	0,519	1,761	0,526	2,240	0,522	1,984	0,519	2,264
0,788	2,234	0,784	2,058	0,779	2,022	0,788	2,793	0,784	2,898	0,779	2,806	0,788	3,607	0,784	3,262	0,779	3,606
1,051	3,135	1,045	2,922	1,039	2,721	1,051	3,629	1,045	4,090	1,039	3,753	1,051	5,045	1,045	4,627	1,039	4,863
1,314	4,048	1,306	3,875	1,299	3,369	1,314	4,349	1,306	5,450	1,299	4,632	1,314	6,476	1,306	6,143	1,299	6,020
1,577	4,971	1,567	4,760	1,558	4,013	1,577	4,987	1,567	6,676	1,558	5,522	1,577	7,963	1,567	7,540	1,558	7,186
1,839	5,779	1,828	5,546	1,818	4,623	1,839	5,637	1,828	7,787	1,818	6,376	1,839	9,268	1,828	8,774	1,818	8,284
2,102	6,661	2,090	6,469	2,078	5,152	2,102	6,236	2,090	9,094	2,078	7,087	2,102	10,676	2,090	10,250	2,078	9,206
2,365	7,444	2,351	7,137	2,338	5,586	2,365	7,381	2,351	10,020	2,338	7,701	2,365	11,920	2,351	11,314	2,338	10,015
2,628	8,113	2,612	7,787	2,597	5,972	2,628	7,909	2,612	10,926	2,597	8,234	2,628	13,000	2,612	12,340	2,597	10,697
2,891	8,716	2,873	8,510	2,857	6,309	2,891	8,403	2,873	11,951	2,857	8,688	2,891	13,886	2,873	13,485	2,857	11,313
3,153	8,879	3,134	8,657	3,117	6,598	3,153	8,770	3,134	12,150	3,117	9,093	3,153	14,160	3,134	13,727	3,117	11,818
3,416	8,886	3,396	8,680	3,377	6,855	3,416	9,150	3,396	12,195	3,377	9,420	3,416	14,199	3,396	13,752	3,377	12,260
3,679	8,862	3,657	8,687	3,636	7,080	3,679	9,466	3,657	12,193	3,636	9,745	3,679	14,192	3,657	13,761	3,636	12,699
3,942	8,807	3,918	8,709	3,896	7,350	3,942	9,765	3,918	12,221	3,896	10,098	3,942	14,199	3,918	13,816	3,896	13,181
4,204	7,442	4,179	8,701	4,156	7,587	4,204	10,000	4,179	12,218	4,156	10,420	4,204	14,207	4,179	13,809	4,156	13,630
---	---	4,440	8,677	4,416	7,839	4,467	10,265	4,440	12,185	4,416	10,784	4,467	14,198	4,440	13,801	4,416	14,077
---	---	4,702	8,638	4,675	7,983	4,730	10,497	4,702	12,121	4,675	10,996	4,730	14,175	4,702	13,779	4,675	14,340
---	---	4,963	8,509	4,935	8,112	4,993	10,682	4,963	12,118	4,935	11,176	4,993	14,136	4,963	13,771	4,935	14,586
---	---	5,224	6,489	5,195	8,209	5,256	10,881	5,224	12,100	5,195	11,310	5,256	13,563	5,224	13,749	5,195	14,771
---	---	---	---	5,455	8,306	5,518	11,064	5,485	12,097	5,455	11,429	---	---	5,485	13,681	5,455	14,865
---	---	---	---	5,714	8,343	5,781	11,215	5,746	12,033	5,714	11,472	---	---	5,746	13,643	5,714	14,913
---	---	---	---	5,974	8,365	6,044	11,380	6,008	9,675	5,974	11,514	---	---	6,008	12,180	5,974	14,932
---	---	---	---	6,234	8,342	6,307	11,138	---	---	6,234	11,512	---	---	---	---	6,234	14,372
---	---	---	---	6,494	8,333	6,569	11,481	---	---	6,494	11,525	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	6,753	7,382	6,832	11,524	---	---	6,753	11,507	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	7,095	10,490	---	---	7,013	11,358	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	7,273	10,139	---	---	---	---	---	---

Ek 32.(Devamı) Serbest basınç deneyi sonuç formları

% 84 Zemin + 15 Uçucu Kül + % 1 M19 Fiber Katkılı Doğal Zeminin Serbest Basınç Deneyi Verileri

1 Günlük						7 Günlük						14 Günlük					
Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,261	0,338	0,261	0,338	0,259	0,428	0,261	0,514	0,261	0,418	0,259	0,603	0,261	0,547	0,261	0,498	0,259	0,714
0,522	1,058	0,522	1,058	0,519	1,091	0,522	1,491	0,522	1,331	0,519	1,471	0,522	1,636	0,522	1,587	0,519	1,787
0,782	1,695	0,782	1,695	0,778	1,562	0,782	2,399	0,782	2,143	0,778	2,161	0,782	2,655	0,782	2,687	0,778	2,556
1,043	2,297	1,043	2,297	1,037	2,061	1,043	3,190	1,043	2,967	1,037	2,801	1,043	3,621	1,043	3,653	1,037	3,399
1,304	2,800	1,304	2,800	1,297	2,590	1,304	4,391	1,304	3,532	1,297	3,453	1,304	4,391	1,304	4,454	1,297	4,159
1,565	3,253	1,565	3,253	1,556	3,037	1,565	5,601	1,565	4,078	1,556	4,101	1,565	5,109	1,565	5,220	1,556	4,978
1,826	3,624	1,826	3,624	1,816	3,497	1,826	6,361	1,826	4,573	1,816	4,730	1,826	5,776	1,826	5,808	1,816	5,730
2,086	3,977	2,086	3,977	2,075	3,924	2,086	6,992	2,086	4,971	2,075	5,310	2,086	6,329	2,086	6,392	2,075	6,431
2,347	4,297	2,347	4,297	2,334	4,317	2,347	7,540	2,347	5,415	2,334	5,823	2,347	6,847	2,347	6,910	2,334	7,066
2,608	4,631	2,608	4,631	2,594	4,786	2,608	8,022	2,608	5,793	2,594	6,428	2,608	7,300	2,608	7,441	2,594	7,837
2,869	4,932	2,869	4,932	2,853	5,190	2,869	8,517	2,869	6,216	2,853	6,951	2,869	7,859	2,869	7,922	2,853	8,511
3,129	5,200	3,129	5,200	3,112	5,561	3,129	8,978	3,129	6,511	3,112	7,395	3,129	8,291	3,129	8,354	3,112	9,120
3,390	5,466	3,390	5,466	3,372	5,900	3,390	9,374	3,390	6,852	3,372	7,913	3,390	8,720	3,390	8,783	3,372	9,603
3,651	5,715	3,651	5,715	3,631	6,206	3,651	9,753	3,651	7,144	3,631	8,290	3,651	9,116	3,651	9,194	3,631	10,113
3,912	5,932	3,912	5,932	3,891	6,480	3,912	10,021	3,912	7,481	3,891	8,680	3,912	9,463	3,912	9,510	3,891	10,621
4,173	6,132	4,173	6,132	4,150	6,752	4,173	10,102	4,173	7,708	4,150	9,068	4,173	9,746	4,173	9,855	4,150	11,034
4,433	6,316	4,433	6,393	4,409	6,992	4,433	10,197	4,433	8,072	4,409	9,378	4,433	10,013	4,433	10,274	4,409	11,445
4,694	6,498	4,694	6,590	4,669	7,200	4,694	10,277	4,694	8,249	4,669	9,641	4,694	10,339	4,694	10,584	4,669	11,778
4,955	6,680	4,955	6,787	4,928	7,332	4,955	10,310	4,955	8,564	4,928	9,811	4,955	10,617	4,955	11,046	4,928	12,003
5,216	6,860	5,216	6,967	5,187	7,432	5,216	10,343	5,216	8,724	5,187	9,920	5,216	10,908	5,216	11,245	5,187	12,272
5,477	7,024	5,477	7,130	5,447	7,502	5,477	10,284	5,477	9,020	5,447	10,028	5,477	11,168	5,477	11,473	5,447	12,343
5,737	7,156	5,737	7,278	5,706	7,647	5,737	10,271	5,737	9,101	5,706	10,240	5,737	11,380	5,737	11,745	5,706	12,444
5,998	7,273	5,998	7,440	5,966	7,760	5,998	9,273	5,998	9,379	5,966	10,377	5,998	11,561	5,998	11,985	5,966	12,545
6,259	7,374	6,259	7,540	6,225	7,798	---	---	6,259	9,429	6,225	10,437	6,259	11,771	6,259	12,178	6,225	12,644
6,520	7,428	6,520	7,579	6,484	7,806	---	---	6,520	9,538	6,484	10,453	6,520	11,904	6,520	12,160	6,484	12,832
6,781	7,498	6,781	7,648	6,744	7,800	---	---	6,781	9,556	6,744	10,484	6,781	8,985	6,781	12,066	6,744	12,945
7,041	4,480	7,041	7,657	7,003	7,393	---	---	7,041	9,649	7,003	10,366	---	---	---	---	7,003	12,081
---	---	7,302	7,516	7,262	5,884	---	---	7,302	9,144	7,262	7,166	---	---	---	---	7,262	8,833

Ek 32.(Devamı) Serbest basınç deneyi sonuç formları

% 84.5 Zemin + 15 Uçucu Kül + % 0.5 M19 Fiber Katkılı Doğal Zeminin Serbest Basınç Deneyi Verileri

1 Günlük						7 Günlük						14 Günlük					
Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,260	0,286	0,260	0,368	0,261	0,293	0,003	0,429	0,260	0,545	0,261	0,391	0,260	0,572	0,260	0,689	0,261	0,489
0,520	0,966	0,520	0,943	0,523	0,910	0,005	1,441	0,520	1,214	0,523	1,252	0,520	1,979	0,520	1,677	0,523	1,658
0,779	1,579	0,780	1,641	0,784	1,556	0,008	2,401	0,780	1,769	0,784	2,124	0,779	3,190	0,780	2,932	0,784	2,918
1,039	2,126	1,040	2,384	1,046	2,183	0,010	3,087	1,040	2,416	1,046	2,911	1,039	4,332	1,040	4,307	1,046	4,140
1,299	2,639	1,300	2,980	1,307	2,693	0,013	3,818	1,300	3,218	1,307	3,645	1,299	5,342	1,300	5,484	1,307	5,129
1,559	3,149	1,560	3,589	1,569	3,056	0,016	4,560	1,560	3,936	1,569	4,182	1,559	6,377	1,560	6,608	1,569	5,871
1,818	3,626	1,821	4,178	1,830	3,513	0,018	5,251	1,821	4,588	1,830	4,829	1,818	7,298	1,821	7,616	1,830	6,754
2,078	4,052	2,081	4,749	2,092	3,952	0,021	5,892	2,081	5,331	2,092	5,408	2,078	8,167	2,081	8,680	2,092	7,584
2,338	4,477	2,341	5,254	2,353	4,340	0,023	6,482	2,341	5,866	2,353	5,904	2,338	9,047	2,341	9,551	2,353	8,361
2,598	4,884	2,601	5,756	2,615	4,663	0,026	7,039	2,601	6,366	2,615	6,366	2,598	9,845	2,601	10,511	2,615	8,991
2,858	5,257	2,861	6,256	2,876	4,968	0,029	7,546	2,861	6,848	2,876	6,745	2,858	10,592	2,861	11,388	2,876	9,586
3,117	5,598	3,121	6,674	3,138	5,255	0,031	8,050	3,121	7,375	3,138	7,139	3,117	11,319	3,121	12,151	3,138	10,178
3,377	5,890	3,381	7,076	3,399	5,525	0,034	8,443	3,381	7,836	3,399	7,498	3,377	11,935	3,381	12,925	3,399	10,703
3,637	6,151	3,641	7,351	3,661	5,778	0,036	8,835	3,641	8,248	3,661	7,840	3,637	12,485	3,641	13,432	3,661	11,178
3,897	6,379	3,901	7,547	3,922	5,998	0,039	9,163	3,901	8,612	3,922	8,133	3,897	12,911	3,901	13,766	3,922	11,634
4,156	6,606	4,161	7,680	4,184	6,263	0,042	9,458	4,161	8,958	4,184	8,455	4,156	13,410	4,161	13,806	4,184	12,213
4,416	6,816	4,421	7,798	4,445	6,511	0,044	9,737	4,421	9,363	4,445	8,791	4,416	13,891	4,421	13,830	4,445	12,664
4,676	7,131	4,681	7,883	4,706	6,727	0,047	10,029	4,681	9,690	4,706	9,094	4,676	13,944	4,681	13,823	4,706	12,723
4,936	7,309	4,941	7,954	4,968	6,880	0,049	10,395	4,941	9,938	4,968	9,364	4,936	13,982	4,941	13,831	4,968	12,750
5,195	7,439	5,202	7,962	5,229	7,016	0,052	10,533	5,202	10,292	5,229	9,586	5,195	13,989	5,202	13,732	5,229	12,746
5,455	7,524	5,462	7,606	5,491	7,120	0,055	10,700	5,462	10,461	5,491	9,761	5,455	13,965	---	---	5,491	12,741
5,715	7,579	5,722	4,966	5,752	7,239	0,057	10,805	5,722	10,659	5,752	9,965	5,715	13,912	---	---	5,752	12,721
5,975	7,618	---	---	6,014	7,357	0,060	10,850	5,982	10,826	6,014	10,167	---	---	---	---	6,014	12,717
6,235	7,686	---	---	6,275	7,505	0,062	10,835	6,242	11,022	6,275	10,338	---	---	---	---	6,275	12,727
6,494	7,635	---	---	6,537	7,621	0,065	10,299	6,502	11,171	6,537	10,477	---	---	---	---	6,537	12,310
6,754	7,614	---	---	6,798	7,707	---	---	6,762	11,290	6,798	10,616	---	---	---	---	---	---
7,014	7,608	---	---	7,060	7,806	---	---	7,022	11,363	7,060	10,707	---	---	---	---	---	---
7,274	7,217	---	---	7,321	7,739	---	---	7,282	11,287	7,321	10,647	---	---	---	---	---	---

Ek 32.(Devamı) Serbest basınç deneyi sonuç formları

% 89 Zemin + 10 Uçucu Kül + % 1 F19 Fiber Katkılı Doğal Zeminin Serbest Basınç Deneyi Verileri

1 Günlük						7 Günlük						14 Günlük						
Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
0,259	0,513	0,258	0,304	0,259	0,306	0,259	0,802	0,258	0,571	0,259	0,466	0,263	0,952	0,264	0,660	0,264	0,676	
0,518	1,104	0,517	1,053	0,517	1,011	0,518	1,424	0,515	1,091	0,517	1,155	0,526	1,738	0,528	1,766	0,528	1,831	
0,776	1,644	0,775	1,926	0,776	1,872	0,776	2,059	0,773	1,608	0,776	1,808	0,789	2,504	0,791	2,787	0,791	3,043	
1,035	2,197	1,034	2,699	1,035	2,793	1,035	2,642	1,030	2,186	1,035	2,378	1,052	3,106	1,055	4,265	1,055	4,041	
1,294	2,715	1,292	3,215	1,293	3,438	1,294	3,255	1,288	2,745	1,293	2,865	1,315	3,832	1,319	5,257	1,319	4,875	
1,553	3,199	1,551	3,712	1,552	4,033	1,553	3,769	1,545	3,348	1,552	3,302	1,578	4,411	1,583	5,911	1,583	5,545	
1,812	3,711	1,809	4,253	1,811	4,481	1,812	4,217	1,803	3,886	1,811	3,705	1,841	4,971	1,847	6,497	1,847	6,180	
2,070	4,111	2,067	4,572	2,070	4,864	2,070	4,694	2,061	4,358	2,070	4,027	2,104	5,527	2,111	6,938	2,111	6,685	
2,329	4,493	2,326	4,842	2,328	5,025	2,329	5,090	2,318	4,781	2,328	4,316	2,367	6,034	2,374	7,281	2,374	7,140	
2,588	4,795	2,584	5,063	2,587	5,106	2,588	5,359	2,576	5,109	2,587	4,634	2,631	6,553	2,638	7,670	2,638	7,529	
2,847	5,110	2,843	5,237	2,846	5,249	2,847	5,579	2,833	5,497	2,846	4,904	2,894	6,960	2,902	7,932	2,902	7,775	
3,106	5,299	3,101	5,316	3,104	5,282	3,106	5,767	3,091	5,837	3,104	5,141	3,157	7,285	3,166	8,067	3,166	7,879	
3,364	5,456	3,360	5,302	3,363	5,314	3,364	5,907	3,348	6,129	3,363	5,346	3,420	7,578	3,430	8,154	3,430	7,967	
3,623	5,534	3,618	5,257	3,622	5,285	3,623	6,061	3,606	6,373	3,622	5,564	3,683	7,776	3,693	8,209	3,693	7,976	
3,882	5,597	3,876	4,734	3,880	4,697	3,882	6,215	3,863	6,570	3,880	5,782	3,946	7,956	3,957	8,280	3,957	7,970	
4,141	5,597	---	---	4,139	2,922	4,141	6,337	4,121	6,720	4,139	5,952	4,209	8,090	4,221	8,303	4,221	7,252	
4,400	5,551	---	---	---	---	4,400	6,443	4,379	6,884	4,398	6,105	4,472	8,206	4,485	8,311	---	---	
4,658	5,321	---	---	---	---	4,658	6,579	4,636	6,956	4,657	6,243	4,735	8,323	4,749	8,335	---	---	
4,917	3,885	---	---	---	---	4,917	6,668	4,894	6,998	4,915	6,379	4,998	8,423	5,013	8,342	---	---	
---	---	---	---	---	---	---	5,176	6,818	5,151	7,054	5,174	6,530	5,261	8,491	5,276	8,350	---	---
---	---	---	---	---	---	---	5,435	6,982	5,409	7,080	5,433	6,649	5,524	8,406	5,540	8,326	---	---
---	---	---	---	---	---	---	5,694	7,069	5,666	7,121	5,691	6,753	---	---	5,804	8,318	---	---
---	---	---	---	---	---	---	5,952	7,110	5,924	7,117	5,950	6,825	---	---	6,068	8,189	---	---
---	---	---	---	---	---	---	6,211	6,834	6,182	7,127	6,209	6,852	---	---	6,332	7,818	---	---
---	---	---	---	---	---	---	6,470	5,657	6,439	7,122	6,467	6,863	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	6,697	6,984	6,726	6,889	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	6,954	5,900	6,985	6,885	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	7,244	6,268	---	---	---	---	---	---	---

Ek 32.(Devamı) Serbest basınç deneyi sonuç formları

% 89.5 Zemin + 10 Uçucu Kül + % 0.5 F19 Fiber Katkılı Doğal Zeminin Serbest Basınç Deneyi Verileri

1 Günlük		7 Günlük						14 Günlük							
Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,263	0,340	0,264	0,276	0,263	0,243	0,263	0,438	0,264	0,634	0,263	0,291	0,263	0,632	0,264	0,520
0,527	0,727	0,527	0,616	0,526	0,661	0,527	0,792	0,527	1,329	0,526	1,145	0,527	1,374	0,527	1,167
0,790	1,177	0,791	1,019	0,790	1,383	0,790	1,209	0,791	1,924	0,790	1,818	0,790	2,192	0,791	1,956
1,054	1,736	1,054	1,500	1,053	1,861	1,054	1,833	1,054	2,500	1,053	2,422	1,054	3,215	1,054	2,903
1,317	2,245	1,318	2,043	1,316	2,256	1,317	2,453	1,318	3,008	1,316	2,976	1,317	4,185	1,318	3,924
1,580	2,686	1,581	2,470	1,579	2,585	1,580	3,054	1,581	3,304	1,579	3,463	1,580	4,957	1,581	4,780
1,844	3,110	1,845	3,184	1,843	2,912	1,844	3,492	1,845	3,727	1,843	3,915	1,844	5,757	1,845	6,159
2,107	3,483	2,108	3,686	2,106	3,190	2,107	3,944	2,108	4,084	2,106	4,364	2,107	6,441	2,108	7,148
2,371	3,743	2,372	4,089	2,369	3,419	2,371	4,362	2,372	4,376	2,369	4,717	2,371	6,931	2,372	7,892
2,634	3,955	2,635	4,411	2,632	3,631	2,634	4,809	2,635	4,681	2,632	5,067	2,634	7,308	2,635	8,553
2,897	4,133	2,899	4,653	2,895	3,841	2,897	5,159	2,899	4,985	2,895	5,353	2,897	7,636	2,899	8,989
3,161	4,311	3,162	4,814	3,159	4,004	3,161	5,444	3,162	5,240	3,159	5,574	3,161	7,977	3,162	9,343
3,424	4,456	3,426	4,927	3,422	4,149	3,424	5,696	3,426	5,509	3,422	5,762	3,424	8,237	3,426	9,570
3,688	4,553	3,689	4,992	3,685	4,263	3,688	5,915	3,689	5,667	3,685	5,965	3,688	8,418	3,689	9,716
3,951	4,619	3,953	4,994	3,948	4,313	3,951	6,148	3,953	5,870	3,948	6,120	3,951	8,536	3,953	9,721
4,214	4,669	4,216	4,996	4,212	4,364	4,214	6,303	4,216	6,057	4,212	6,243	4,214	8,668	4,216	9,710
4,478	4,718	4,480	4,966	4,475	4,429	4,478	6,394	4,480	6,243	4,475	6,381	4,478	8,939	4,480	9,652
4,741	4,736	4,743	4,766	4,738	4,479	4,741	6,438	4,743	6,334	4,738	6,471	4,741	8,713	4,743	9,579
5,005	4,769	5,007	4,103	5,001	4,513	5,005	6,497	5,007	6,425	5,001	6,530	---	---	5,007	8,500
5,268	4,787	---	---	5,265	4,515	5,268	6,510	5,270	6,484	5,265	6,558	---	---	---	5,265
5,531	4,758	---	---	5,528	4,534	5,531	6,538	5,534	6,513	5,528	6,571	---	---	---	5,528
5,795	4,240	---	---	5,791	4,506	5,795	6,551	5,797	6,479	5,791	6,568	---	---	---	5,791
---	---	---	---	6,054	3,671	6,058	6,563	6,061	6,308	6,054	6,168	---	---	---	6,054
---	---	---	---	---	---	6,322	6,605	---	---	6,317	4,815	---	---	---	6,317
---	---	---	---	---	---	6,585	5,904	---	---	---	---	---	---	---	6,581
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	6,844
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	7,107
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	7,370

Ek 32.(Devamı) Serbest basınç deneyi sonuç formları

% 89 Zemin + 10 Uçucu Kül + % 1 M19 Fiber Katkılı Doğal Zeminin Serbest Basınç Deneyi Verileri

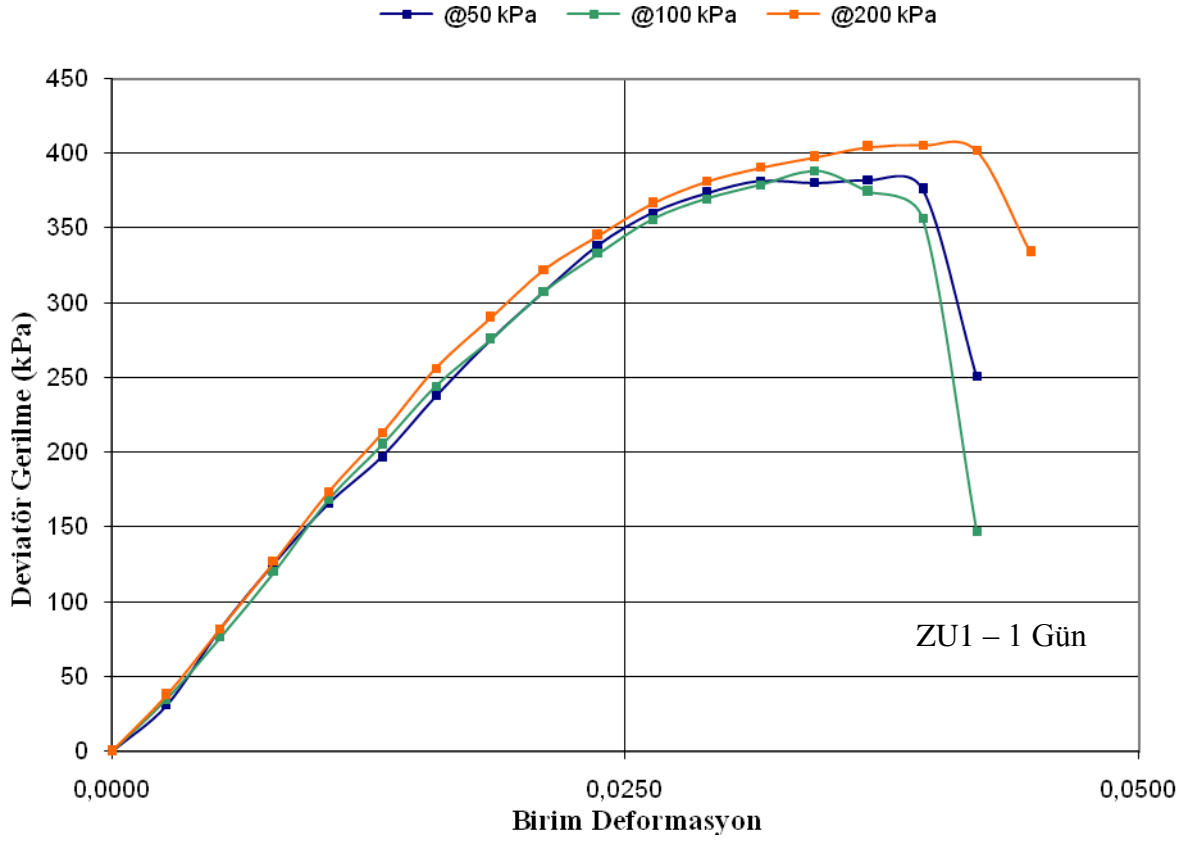
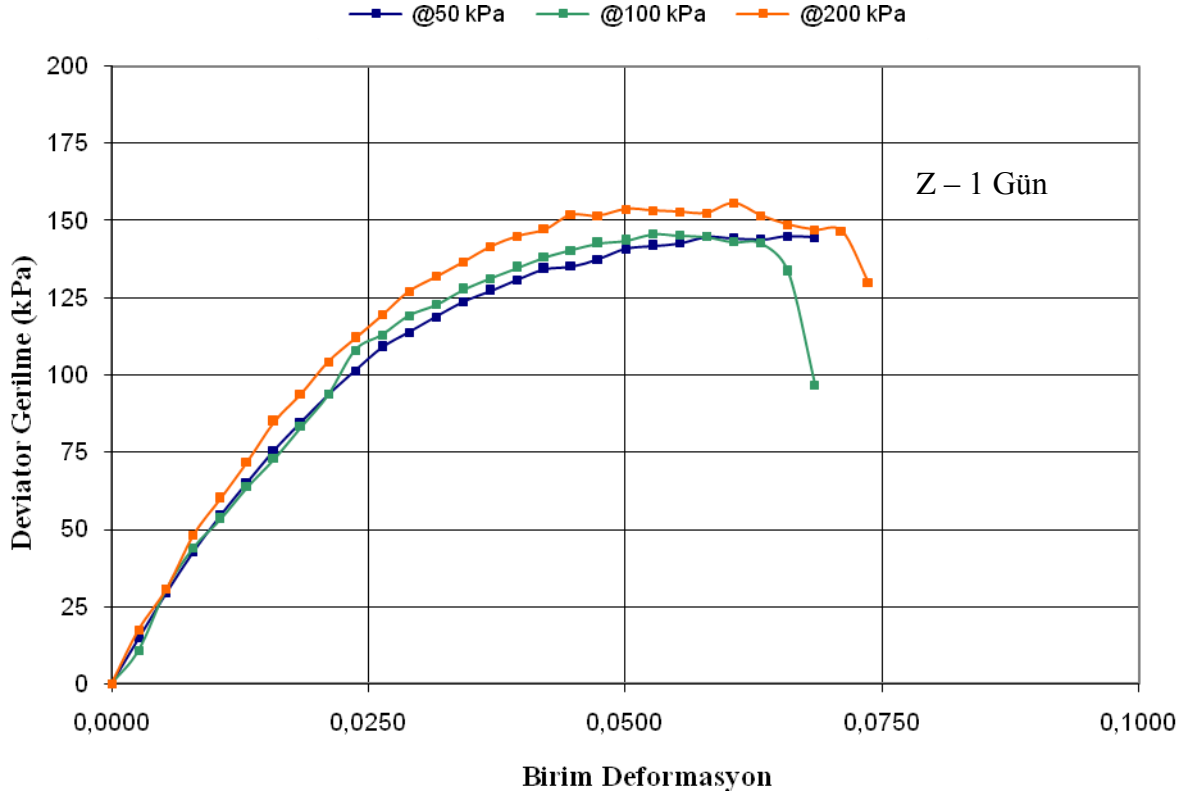
1 Günlük						7 Günlük						14 Günlük					
Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,263	0,532	0,264	0,290	0,264	0,370	0,263	0,629	0,264	0,660	0,264	0,741	0,259	0,931	0,258	0,544	0,259	0,547
0,526	0,949	0,528	0,851	0,528	0,980	0,526	1,625	0,528	1,590	0,528	1,237	0,518	2,016	0,517	1,899	0,517	1,909
0,789	1,364	0,791	1,345	0,791	1,634	0,789	2,520	0,791	2,210	0,791	1,906	0,776	2,985	0,775	3,550	0,776	3,568
1,052	1,713	1,055	2,077	1,055	2,172	1,052	3,074	1,055	2,732	1,055	2,300	1,035	3,964	1,034	4,954	1,035	5,363
1,315	2,091	1,319	2,565	1,319	2,613	1,315	3,608	1,319	3,170	1,319	2,708	1,294	4,874	1,292	5,907	1,293	6,925
1,578	2,404	1,583	2,892	1,583	2,987	1,578	4,060	1,583	3,559	1,583	3,082	1,553	5,764	1,551	6,807	1,552	7,780
1,841	2,700	1,847	3,169	1,847	3,312	1,841	4,446	1,847	3,898	1,847	3,423	1,812	6,681	1,809	7,813	1,811	8,630
2,104	3,009	2,111	3,382	2,111	3,587	2,104	4,704	2,111	4,172	2,111	3,809	2,070	7,403	2,067	8,405	2,070	9,397
2,367	3,285	2,374	3,562	2,374	3,830	2,367	4,912	2,374	4,397	2,374	4,177	2,329	8,091	2,326	8,916	2,328	9,703
2,631	3,560	2,638	3,757	2,638	4,040	2,631	5,088	2,638	4,590	2,638	4,480	2,588	8,633	2,584	9,283	2,587	9,850
2,894	3,786	2,902	3,888	2,902	4,170	2,894	5,216	2,902	4,734	2,902	4,750	2,847	9,204	2,843	9,617	2,846	10,106
3,157	3,964	3,166	3,986	3,166	4,221	3,157	5,374	3,166	4,893	3,166	4,987	3,106	9,538	3,101	9,762	3,104	10,220
3,420	4,125	3,430	4,038	3,430	4,272	3,420	5,484	3,430	5,020	3,430	5,129	3,364	9,824	3,360	9,721	3,363	10,239
3,683	4,238	3,693	4,074	3,693	4,307	3,683	5,563	3,693	5,131	3,693	5,224	3,623	9,968	3,618	9,710	3,622	10,227
3,946	4,336	3,957	4,093	3,957	4,279	3,946	5,641	3,957	5,210	3,957	5,256	3,882	10,080	3,876	9,700	3,880	10,138
4,209	4,401	4,221	4,144	4,221	4,283	4,209	5,734	4,221	5,304	4,221	5,288	4,141	10,068	4,135	9,643	4,139	8,441
4,472	4,435	4,485	4,071	4,485	4,241	4,472	5,780	4,485	5,335	4,485	5,305	4,400	10,072	4,393	9,601	---	---
4,735	4,485	4,749	3,921	4,749	4,167	4,735	5,810	4,749	5,382	4,749	5,321	4,658	10,075	4,652	9,193	---	---
4,998	4,519	---	---	5,013	3,711	4,998	5,840	5,013	5,398	5,013	4,800	4,917	10,079	---	---	---	---
5,261	4,537	---	---	5,276	2,233	5,261	5,855	5,276	5,413	---	---	5,176	10,051	---	---	---	---
5,524	4,570	---	---	---	---	5,524	5,823	5,540	5,414	---	---	5,435	9,978	---	---	---	---
5,787	4,588	---	---	---	---	5,787	3,033	5,804	5,003	---	---	5,694	9,450	---	---	---	---
6,050	4,271	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
6,313	2,713	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Ek 32.(Devamı) Serbest basınç deneyi sonuç formları

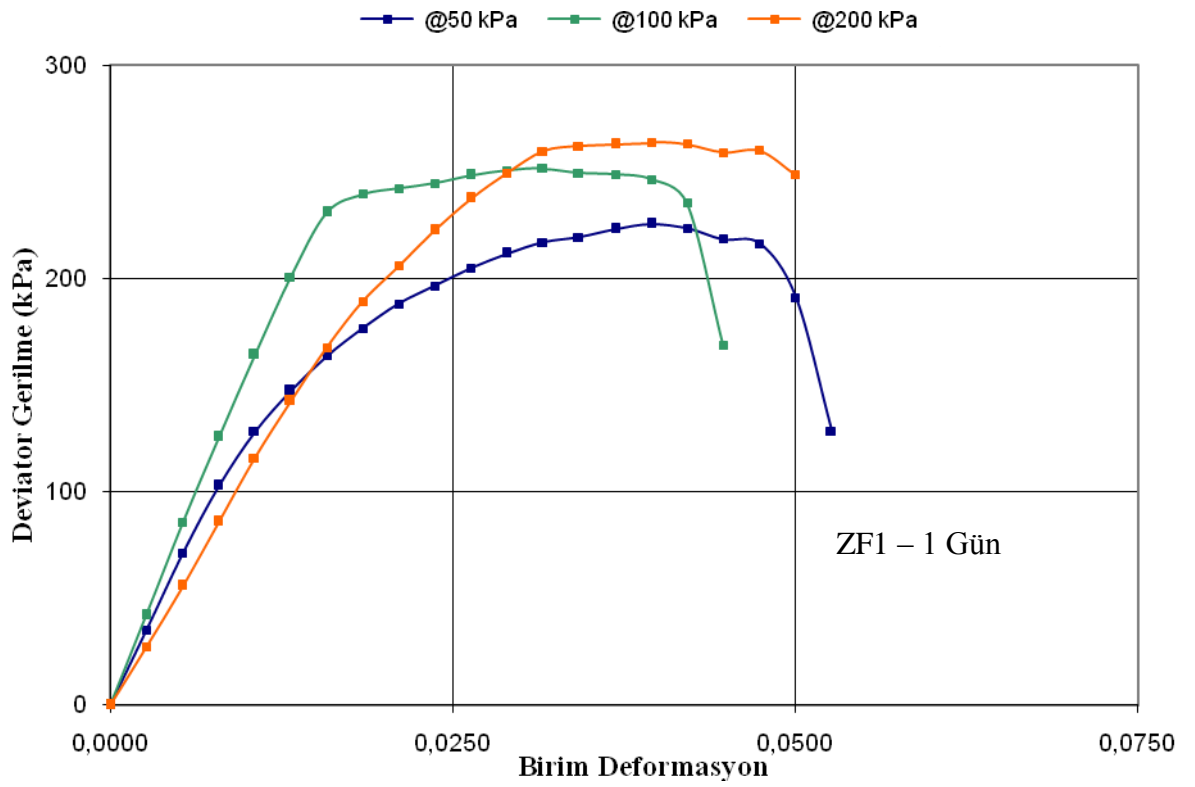
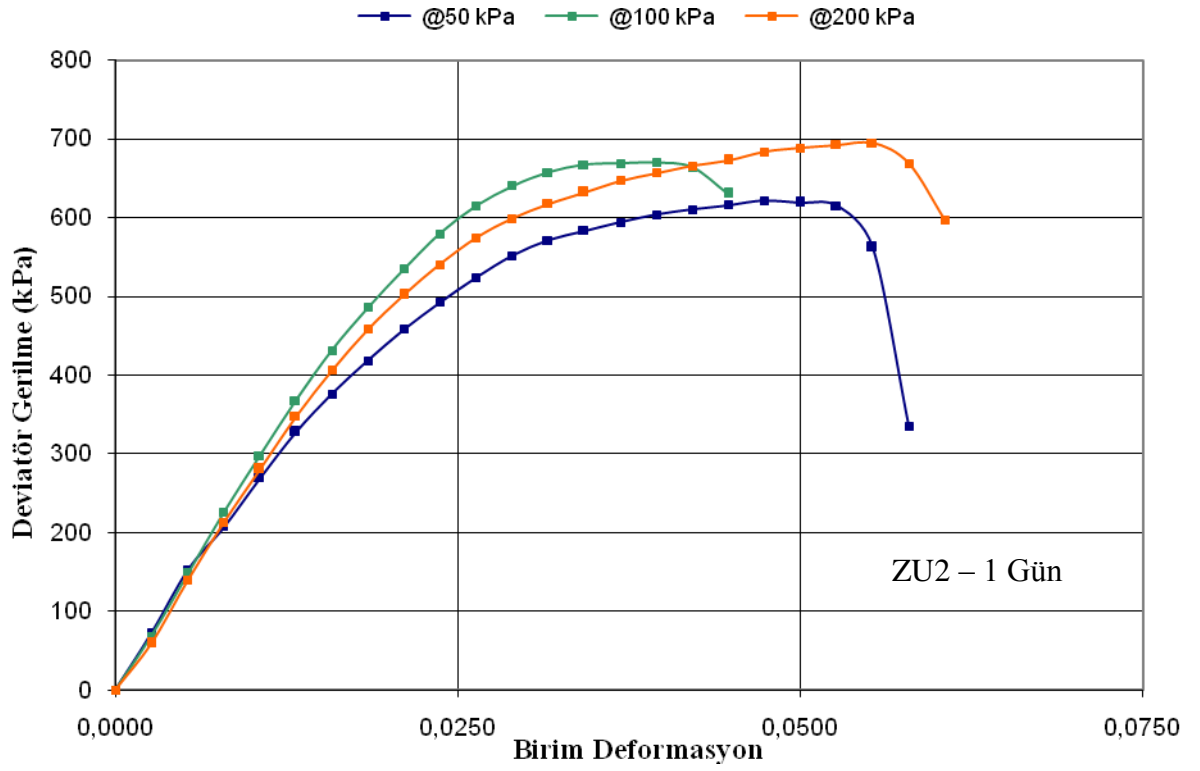
% 89.5 Zemin + 10 Uçucu Kül + % 0.5 M19 Fiber Katkılı Doğal Zeminin Serbest Basınç Deneyi Verileri

1 Günlük		7 Günlük						14 Günlük									
Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)	Birim Uzama (%)	Gerilme (kg/cm ²)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,264	0,194	0,265	0,324	0,265	0,129	0,264	0,291	0,265	0,518	0,265	0,227	0,264	0,420	0,265	0,599	0,265	0,259
0,528	0,387	0,529	0,581	0,529	0,323	0,528	0,564	0,529	0,920	0,529	0,630	0,528	0,790	0,529	1,130	0,529	0,613
0,792	0,691	0,794	0,789	0,794	0,644	0,792	1,013	0,794	1,240	0,794	1,191	0,792	1,447	0,794	1,546	0,794	1,191
1,056	0,978	1,058	1,044	1,058	0,963	1,056	1,459	1,058	1,638	1,058	1,686	1,056	2,020	1,058	2,071	1,058	1,847
1,320	1,311	1,323	1,345	1,323	1,297	1,320	1,951	1,323	2,098	1,323	2,274	1,320	2,718	1,323	2,690	1,323	2,402
1,584	1,627	1,588	1,677	1,588	1,597	1,584	2,424	1,588	2,619	1,588	2,763	1,584	3,413	1,588	3,338	1,588	3,019
1,848	1,956	1,852	1,975	1,852	1,896	1,848	2,910	1,852	3,090	1,852	3,090	1,848	4,103	1,852	3,934	1,852	3,600
2,112	2,268	2,117	2,288	2,117	2,208	2,112	3,379	2,117	3,543	2,117	3,479	2,112	4,743	2,117	4,559	2,117	4,162
2,376	2,610	2,382	2,582	2,382	2,535	2,376	3,891	2,382	4,008	2,382	3,818	2,376	5,457	2,382	5,149	2,382	4,785
2,640	2,792	2,646	2,718	2,646	2,828	2,640	4,165	2,646	4,219	2,646	4,140	2,640	5,758	2,646	5,577	2,646	5,340
2,904	3,099	2,911	3,041	2,911	3,088	2,904	4,594	2,911	4,711	2,911	4,554	2,904	6,482	2,911	6,066	2,911	5,830
3,168	3,358	3,175	3,300	3,175	3,363	3,168	5,021	3,175	5,123	3,175	4,730	3,168	6,998	3,175	6,584	3,175	6,348
3,432	3,708	3,440	3,573	3,440	3,636	3,432	5,555	3,440	5,532	3,440	4,889	3,432	7,714	3,440	7,115	3,440	6,880
3,696	3,854	3,705	3,704	3,705	3,751	3,696	5,774	3,705	5,736	3,705	5,032	3,696	8,052	3,705	7,377	3,705	7,033
3,960	3,999	3,969	3,896	3,969	4,005	3,960	5,960	3,969	6,047	3,969	5,128	3,960	8,092	3,969	7,761	3,969	7,543
4,224	4,066	4,234	4,010	4,234	4,150	4,224	6,053	4,234	6,201	4,234	5,238	4,224	8,148	4,234	7,989	4,234	7,631
4,488	4,086	4,499	4,014	4,499	4,200	4,488	6,098	4,499	6,231	4,499	5,316	4,488	8,187	4,499	7,998	4,499	7,703
4,752	4,044	4,763	3,988	4,763	4,251	4,752	6,127	4,763	6,183	4,763	5,410	4,752	8,242	4,763	7,960	4,763	7,666
5,016	4,032	5,028	3,977	5,028	4,285	5,016	6,049	5,028	5,503	5,028	5,472	5,016	8,280	5,028	7,953	5,028	7,614
5,280	4,006	5,292	3,950	5,292	4,319	5,280	6,016	5,292	3,581	5,292	5,518	5,280	8,303	5,292	7,900	5,292	7,562
5,544	3,138	5,557	3,694	5,557	4,292	5,544	5,648	---	---	5,557	5,579	5,544	8,311	5,557	7,817	5,557	4,292
---	---	---	---	5,822	4,280	5,808	4,335	---	---	5,822	5,594	5,808	8,303	5,822	7,749	---	---
---	---	---	---	6,086	4,252	---	---	---	---	6,086	5,152	6,072	8,310	6,086	5,274	---	---
---	---	---	---	6,351	4,225	---	---	---	---	---	---	6,336	8,302	---	---	---	---
---	---	---	---	6,616	2,925	---	---	---	---	---	---	6,600	8,263	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	6,864	8,165	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	7,128	5,854	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

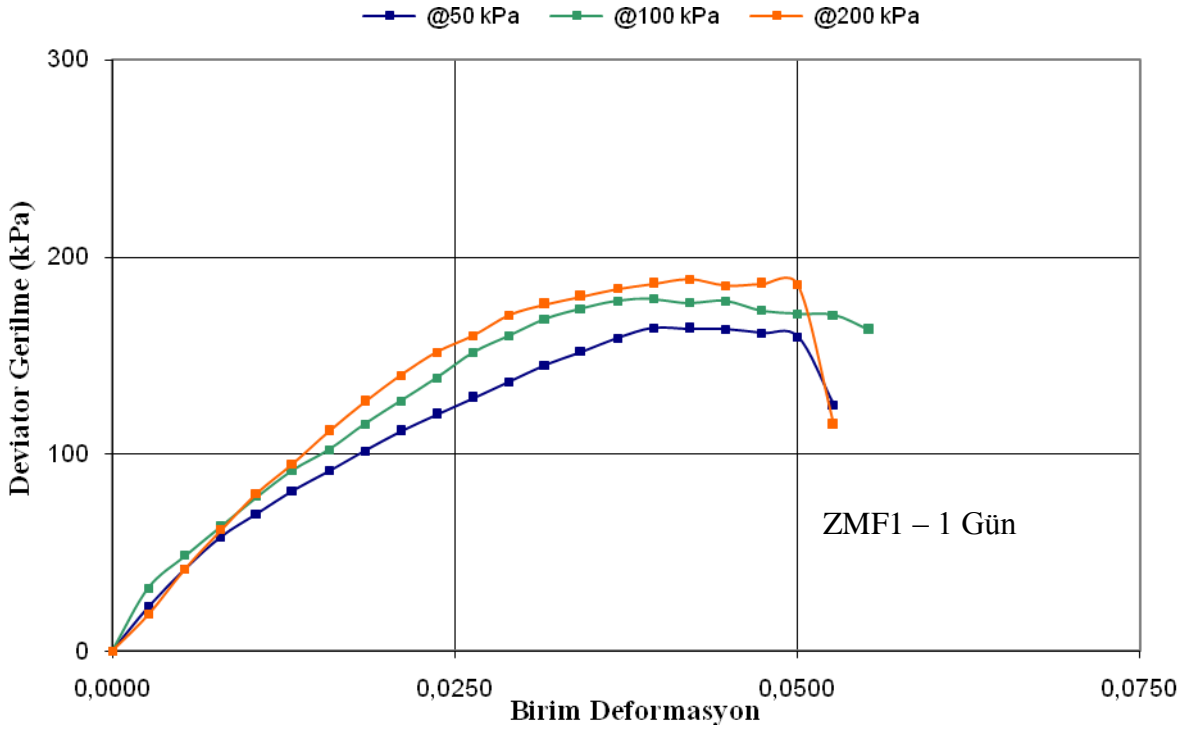
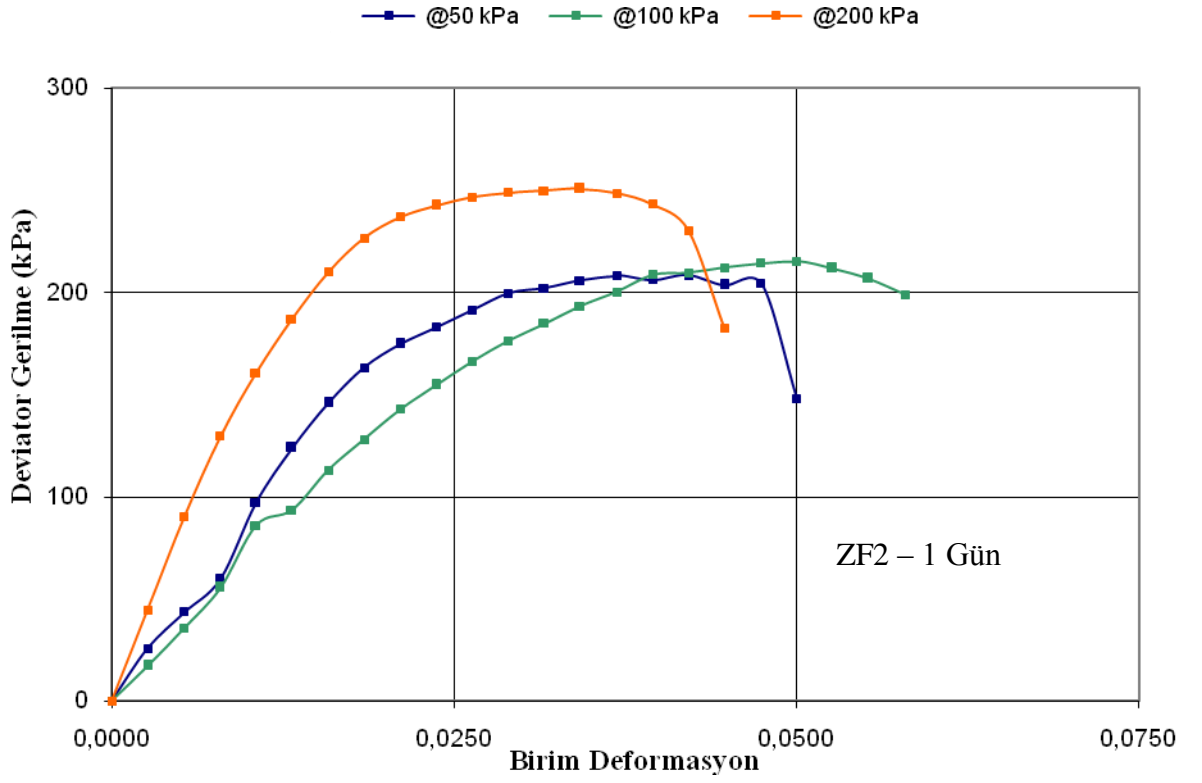
Ek 32.(Devamı) Serbest basınç deneyi sonuç formları



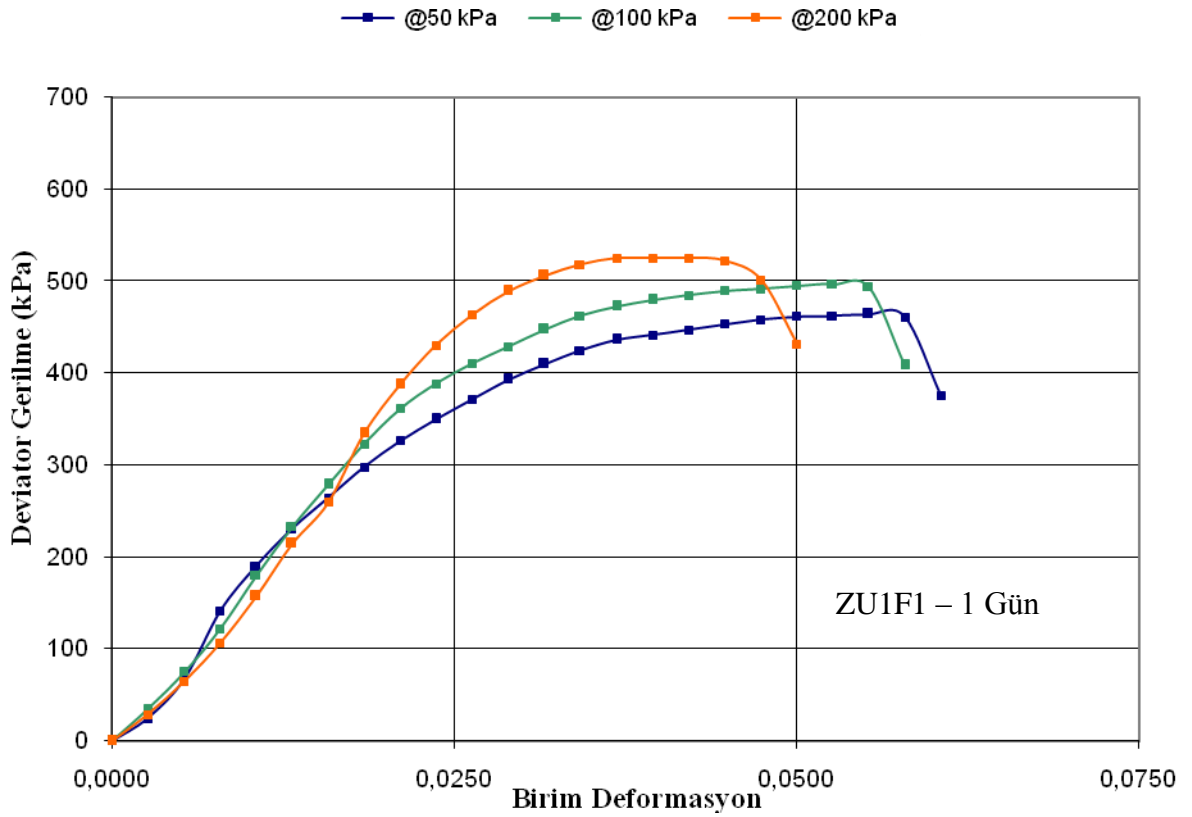
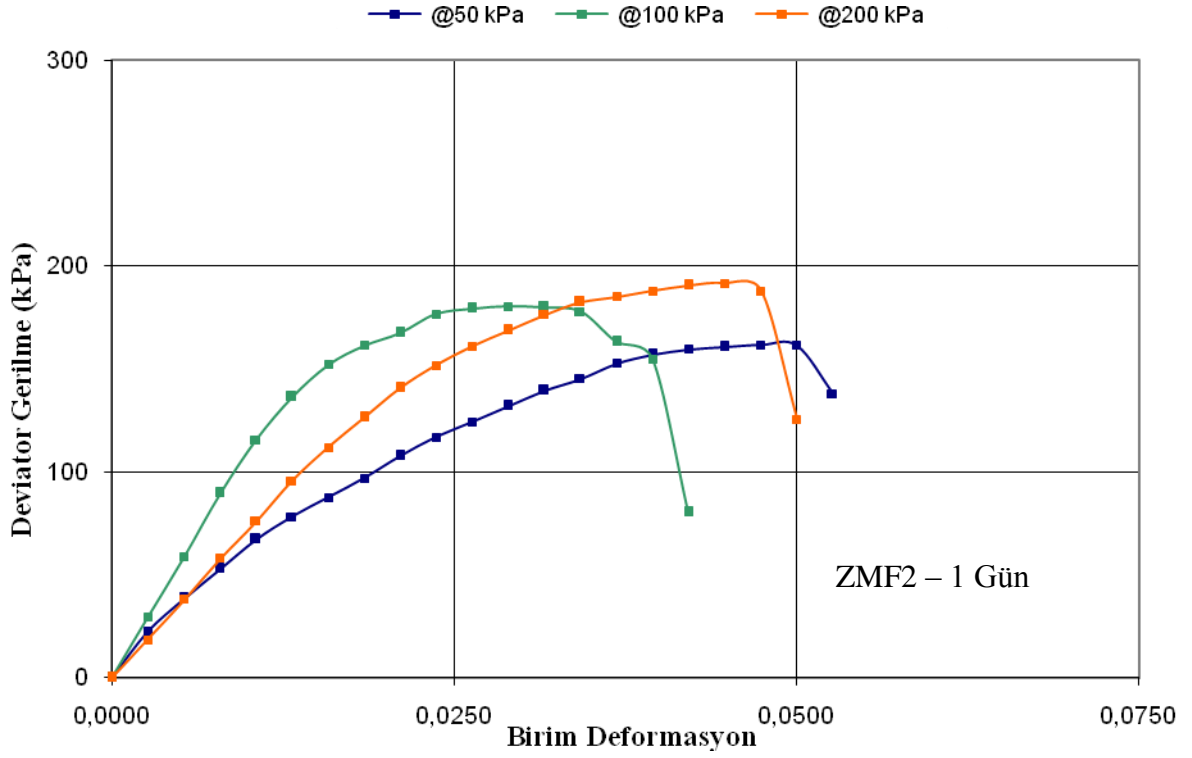
Ek 33. Deviator gerilme - birim deformasyon ilişkisi



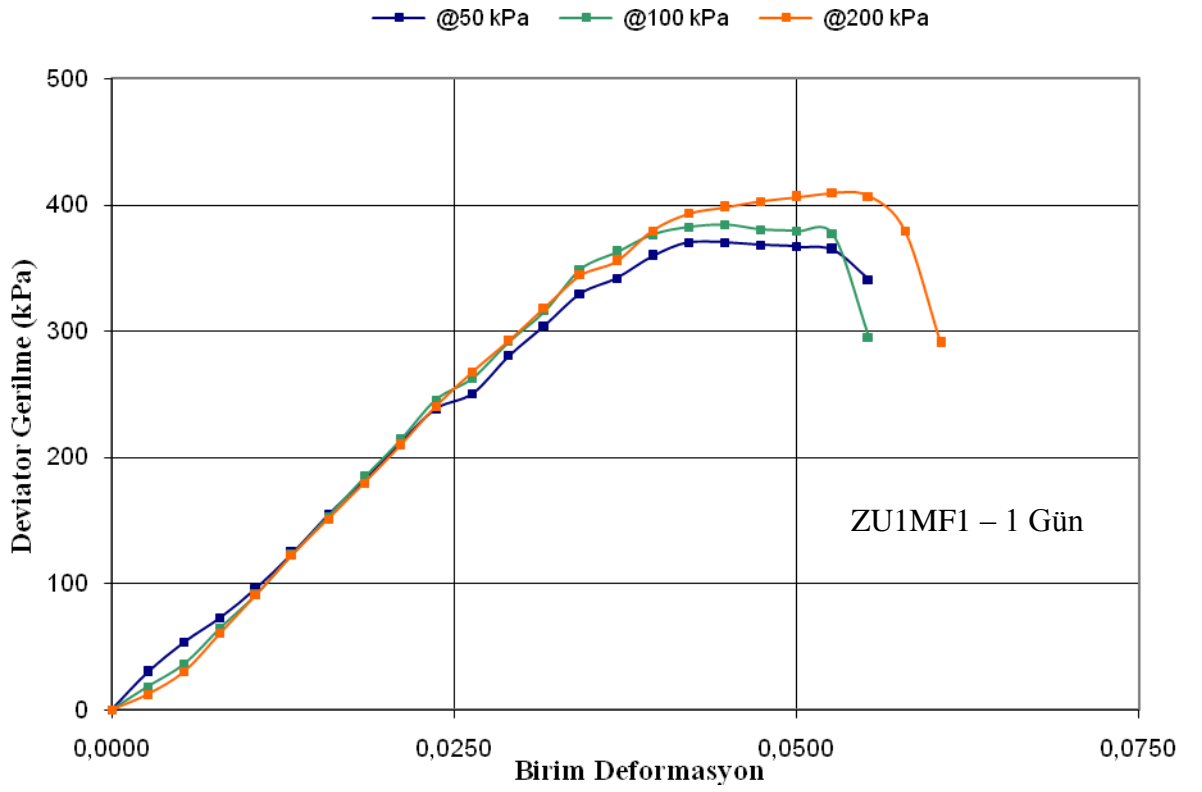
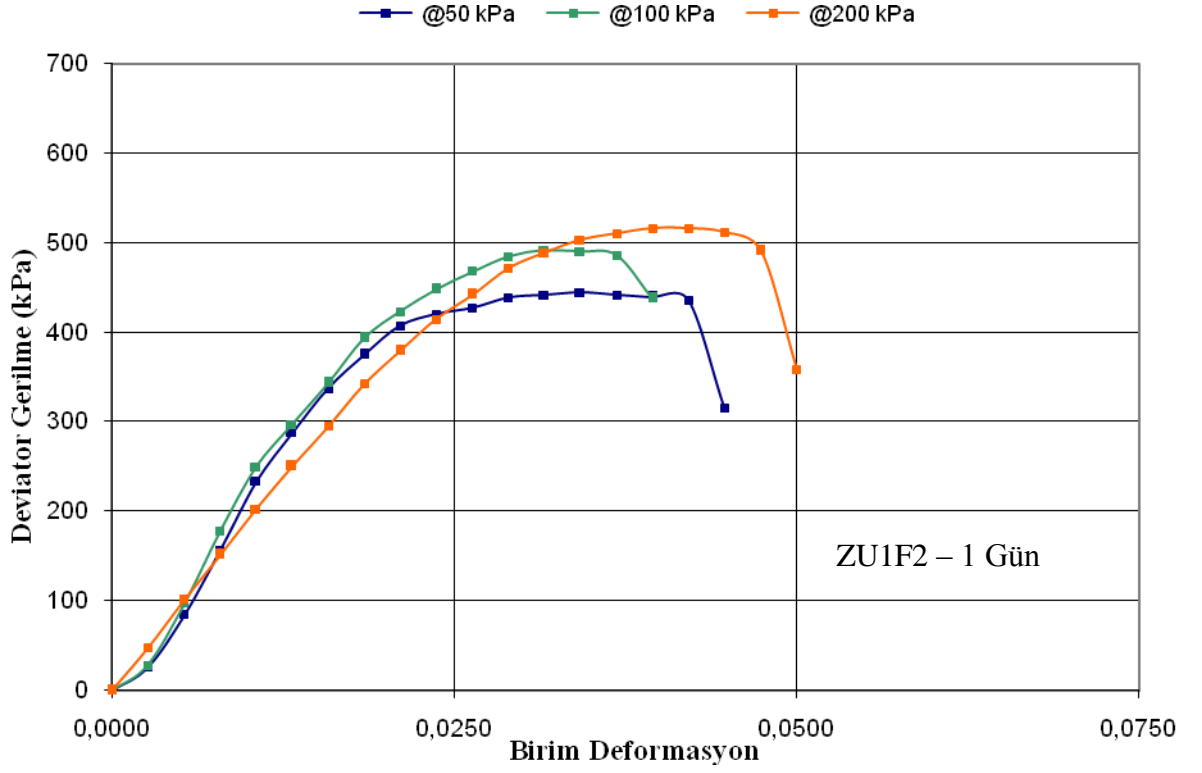
Ek 33. (Devamı) Deviator gerilme - birim deformasyon ilişkisi



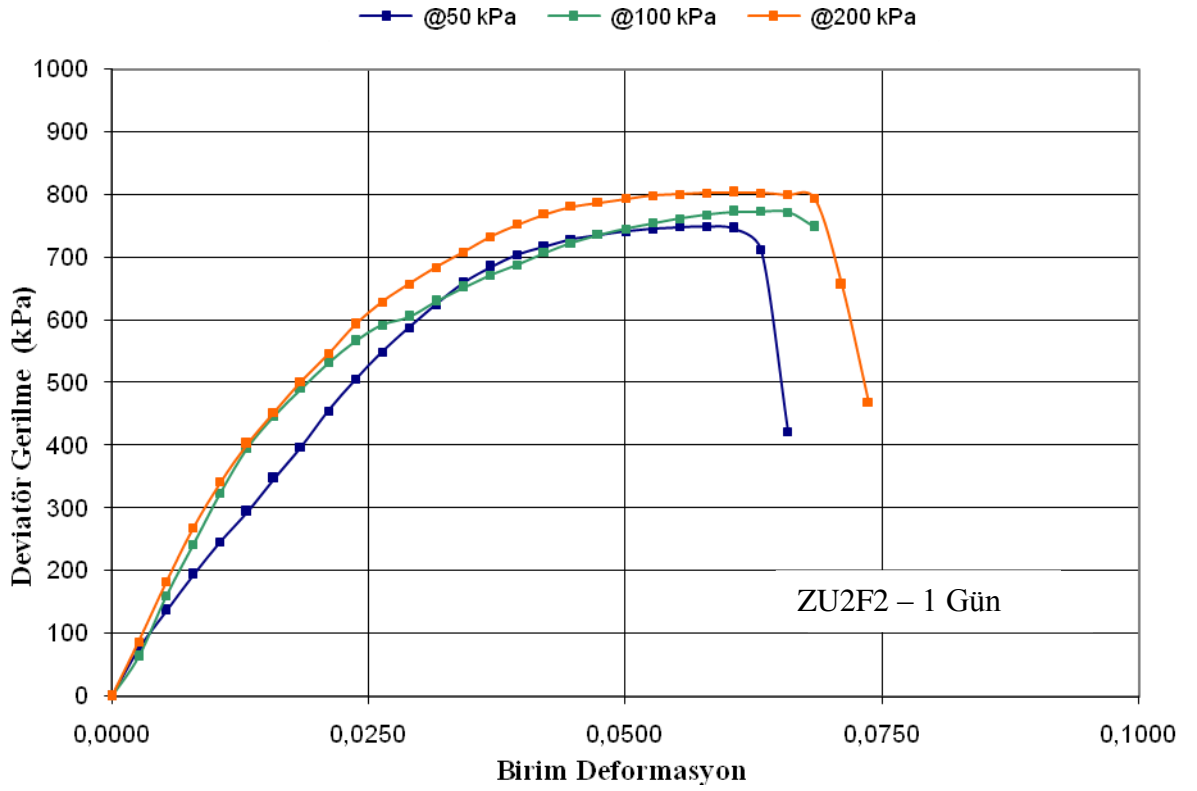
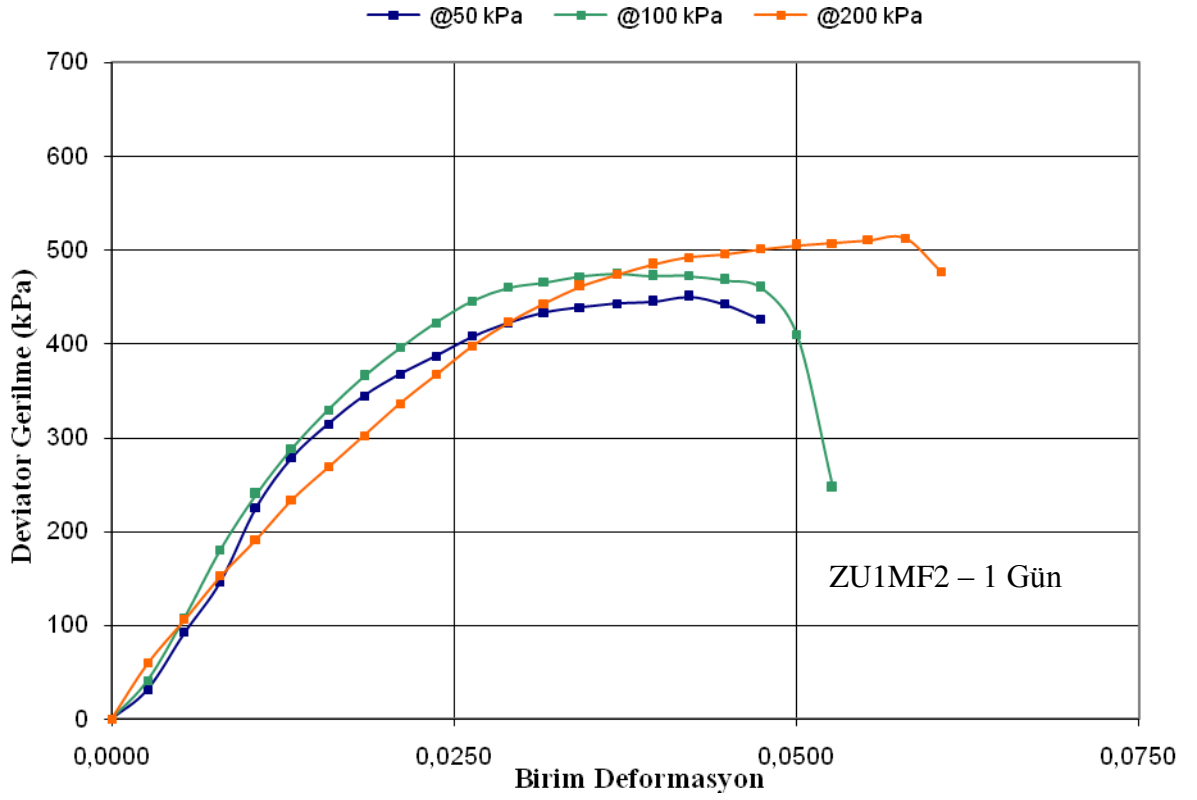
Ek 33. (Devamı) Deviator gerilme - birim deformasyon ilişkisi



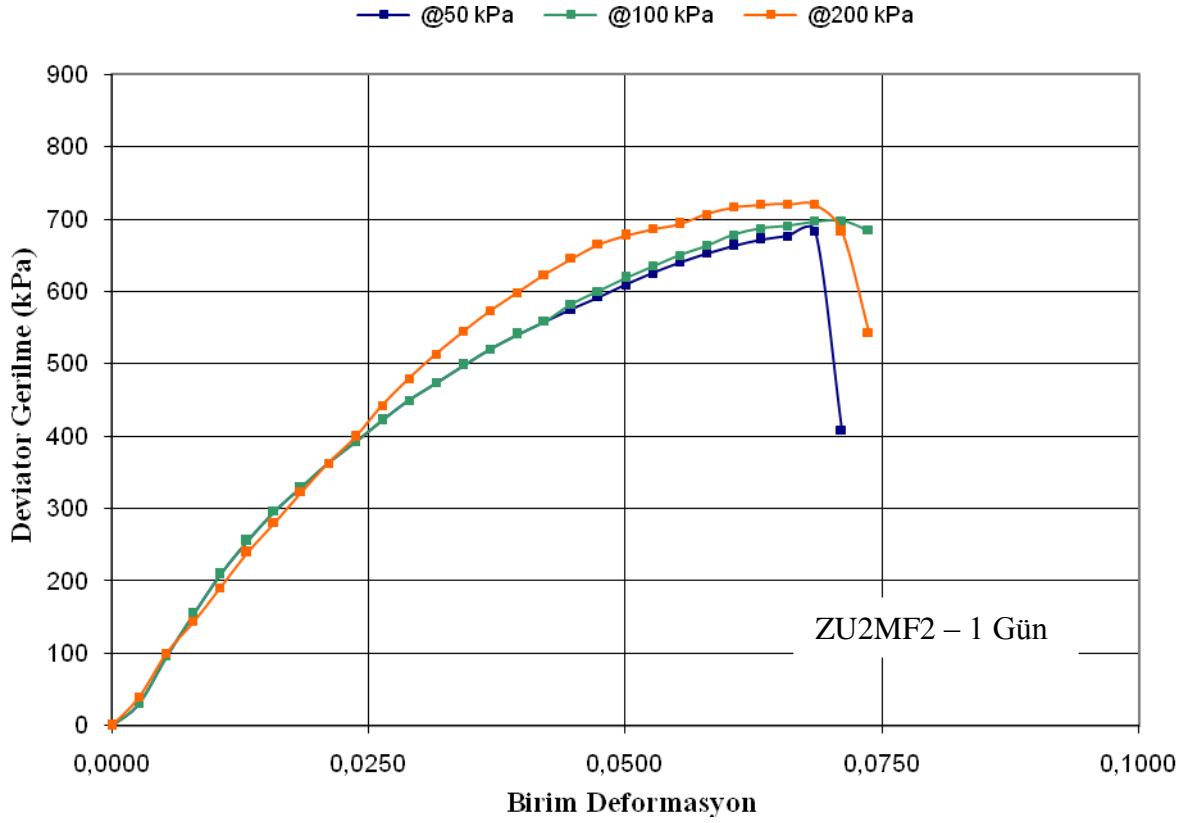
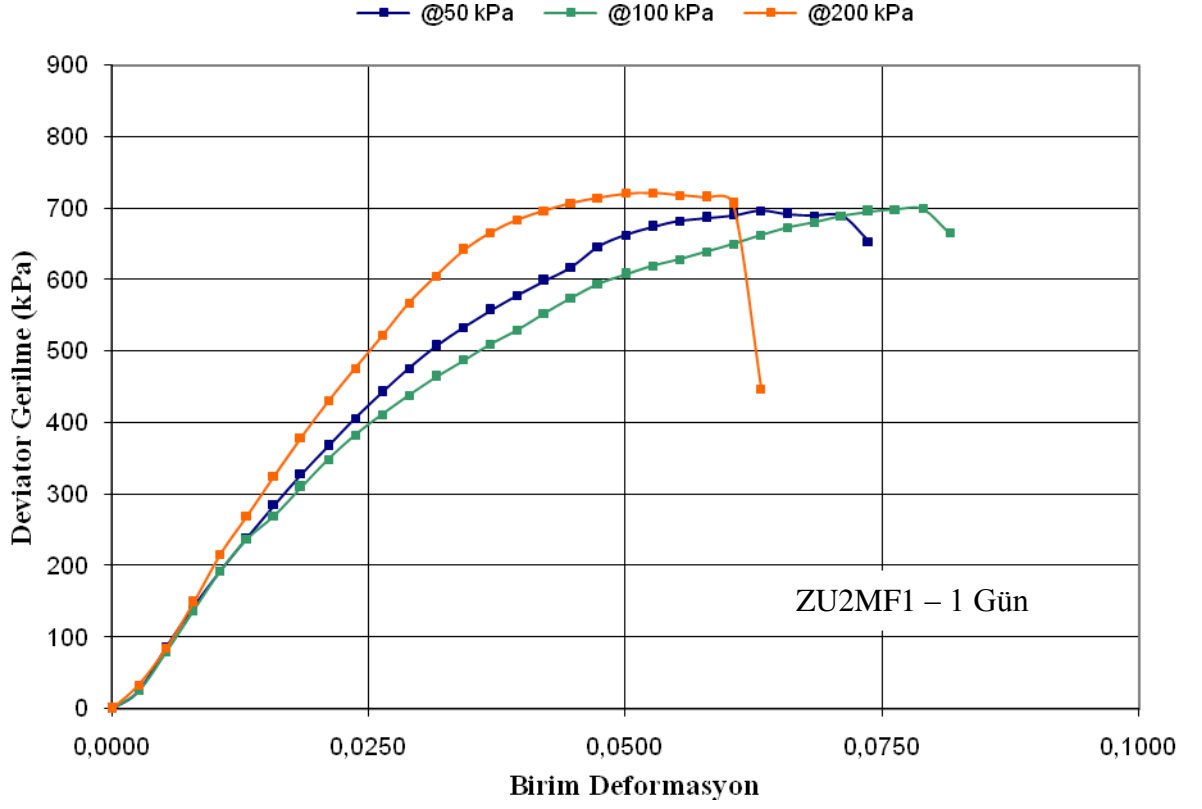
Ek 33. (Devamı) Deviator gerilme - birim deformasyon ilişkisi



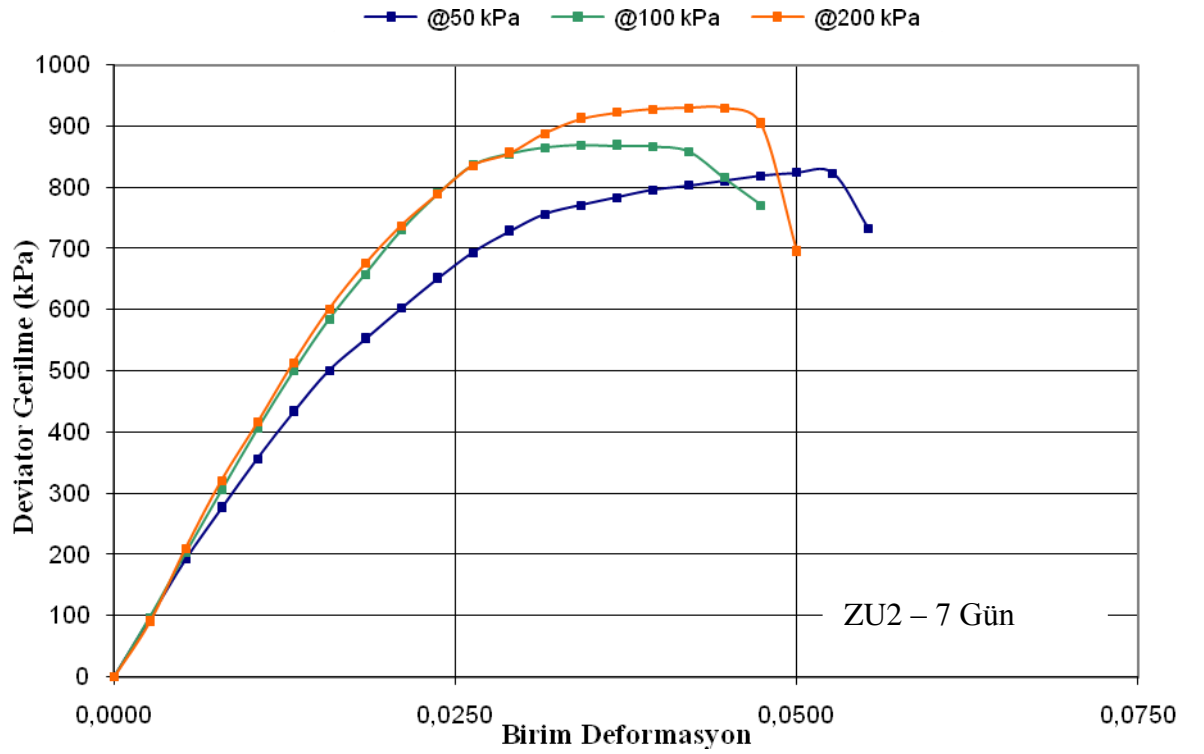
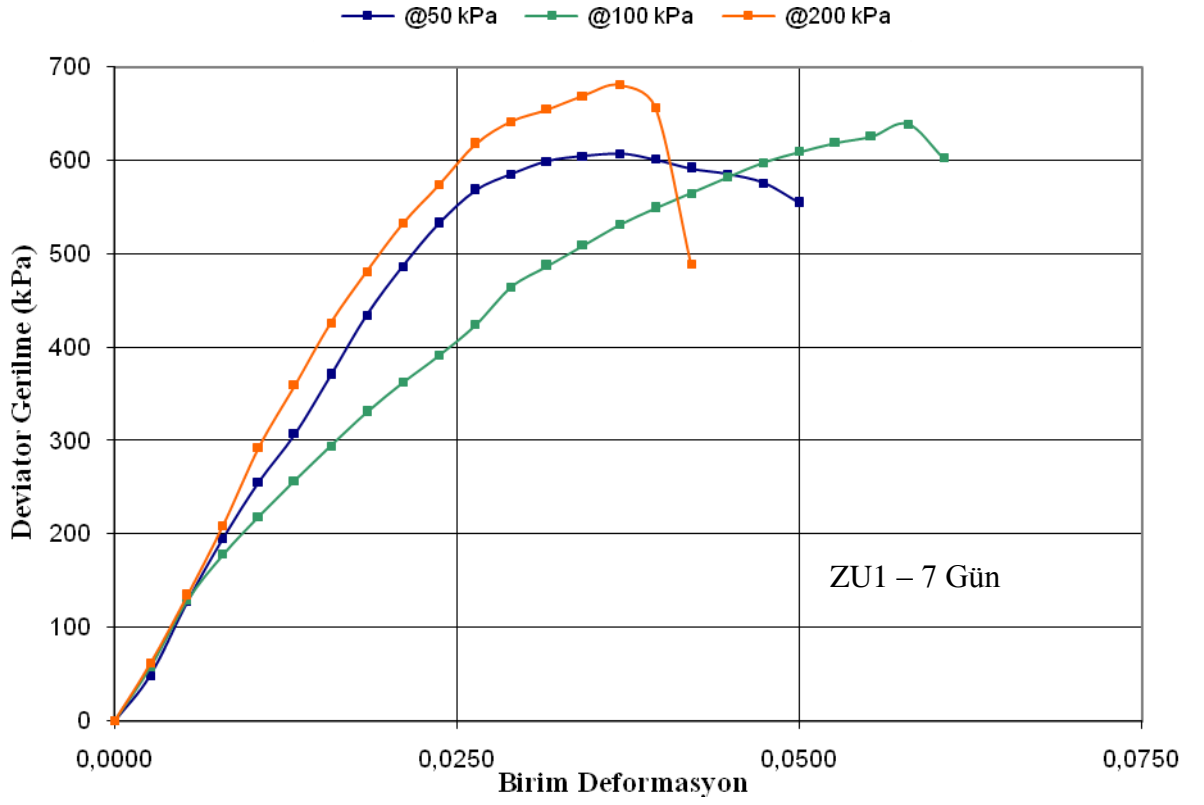
Ek 33. (Devamı) Deviator gerilme - birim deformasyon ilişkisi



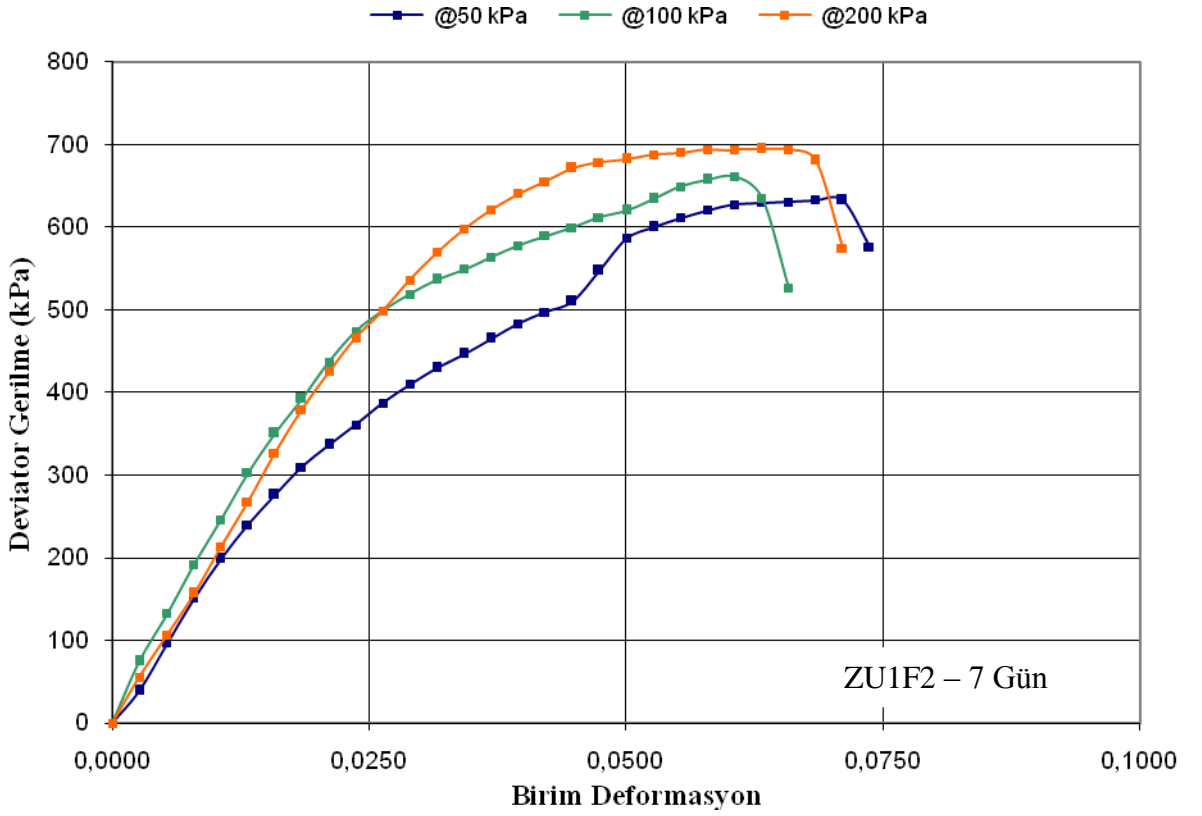
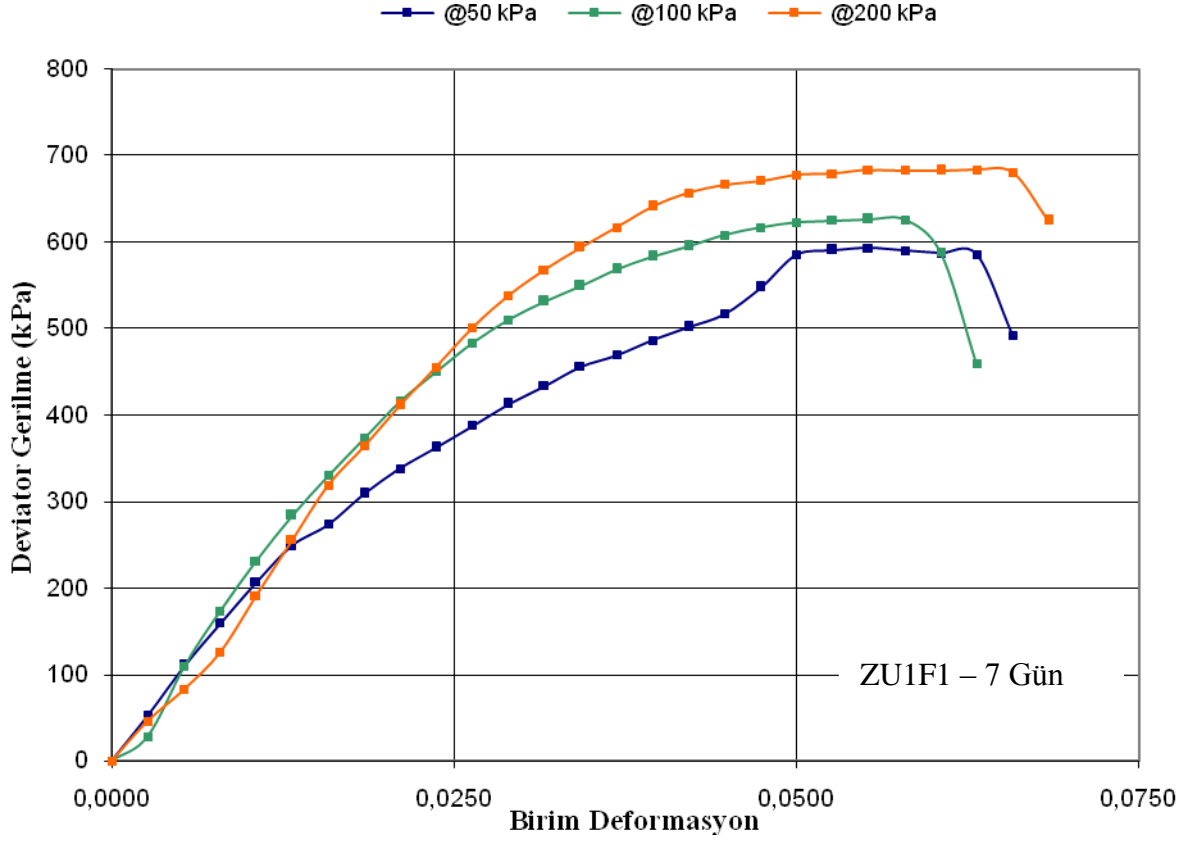
Ek 33. (Devamı) Deviator gerilme - birim deformasyon ilişkisi



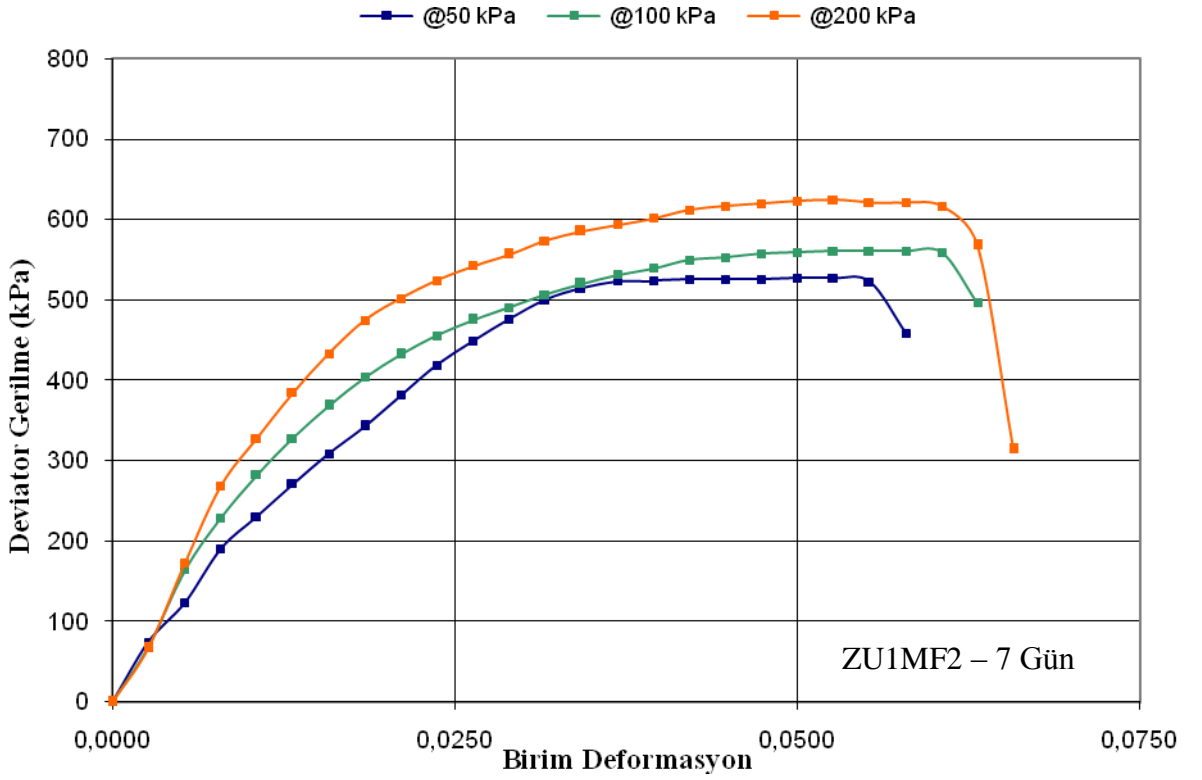
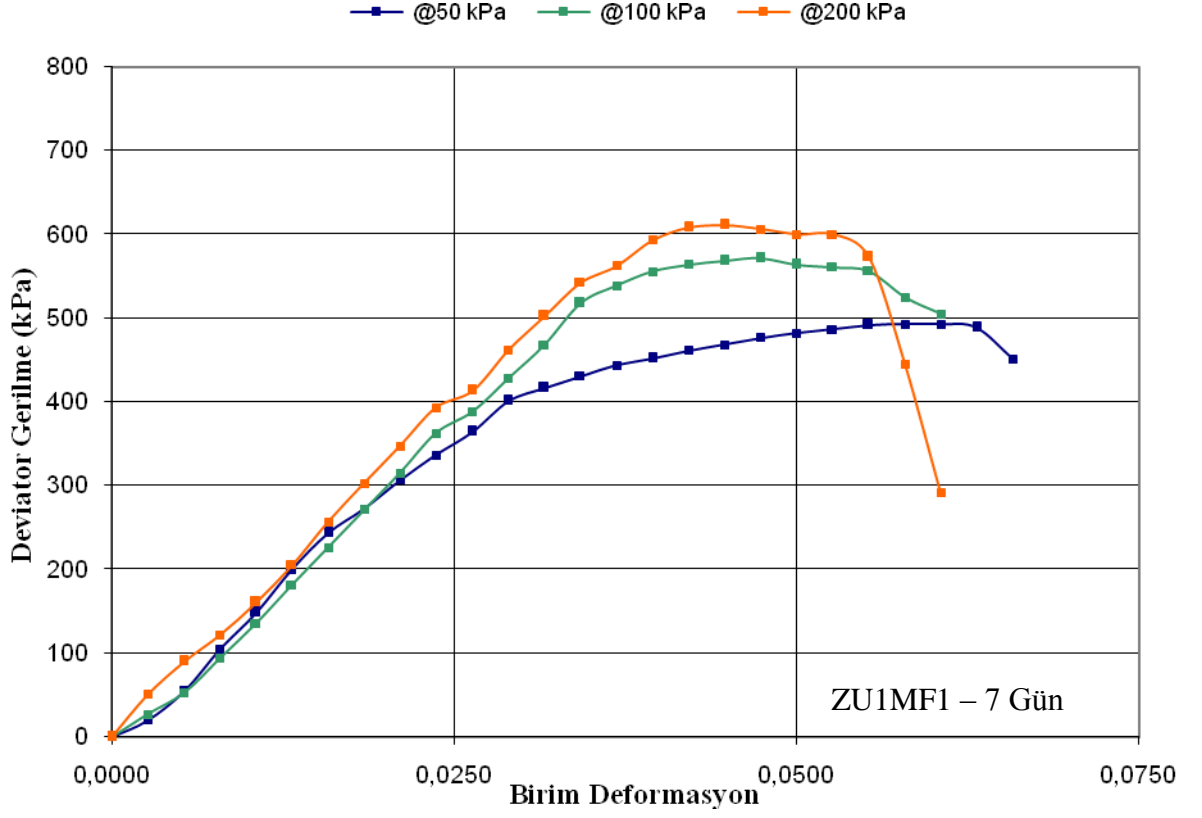
Ek 33. (Devamı) Deviator gerilme - birim deformasyon ilişkisi



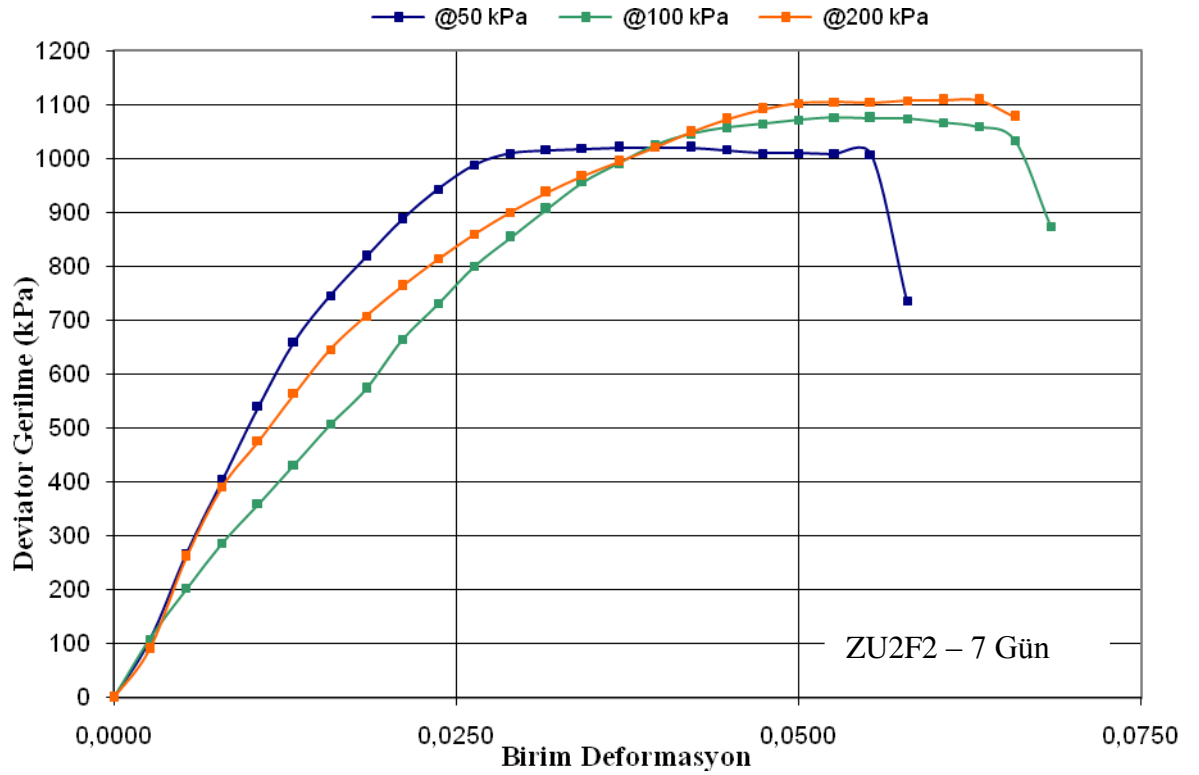
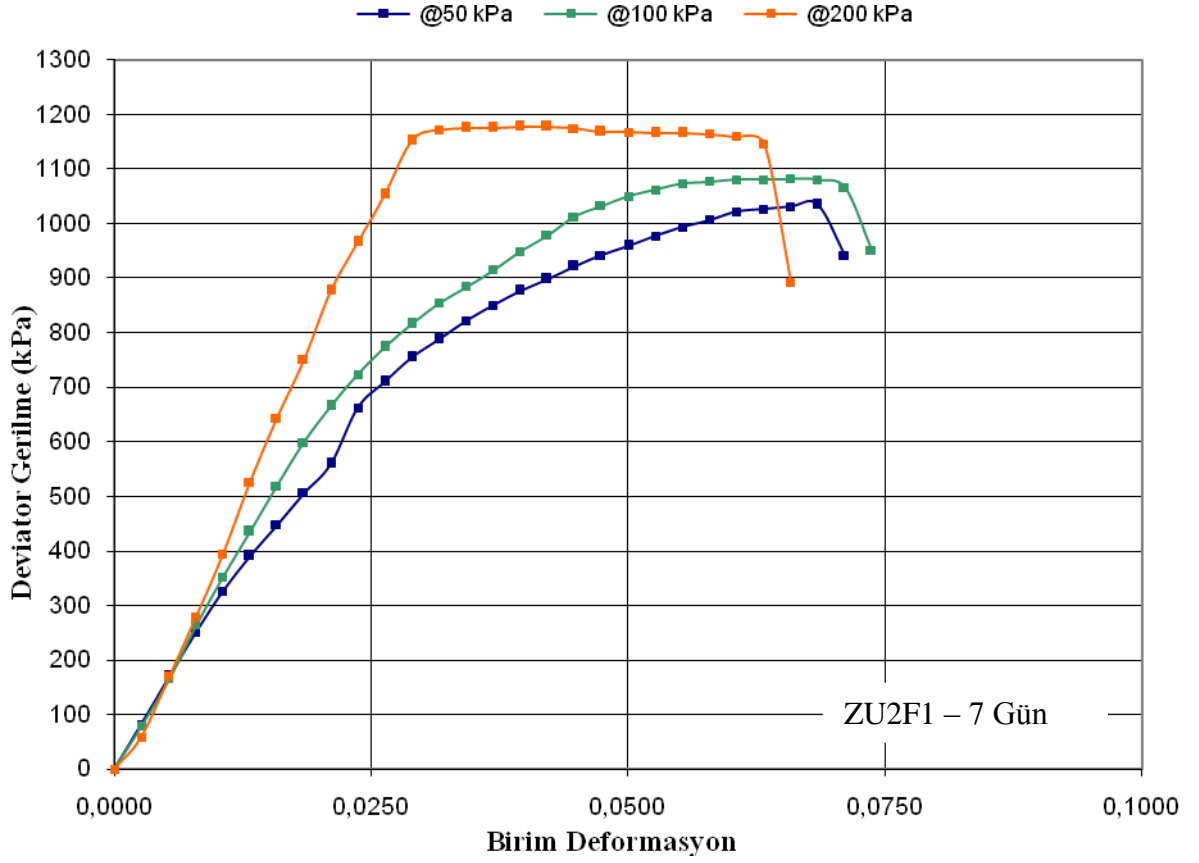
Ek 33. (Devamı) Deviator gerilme - birim deformasyon ilişkisi



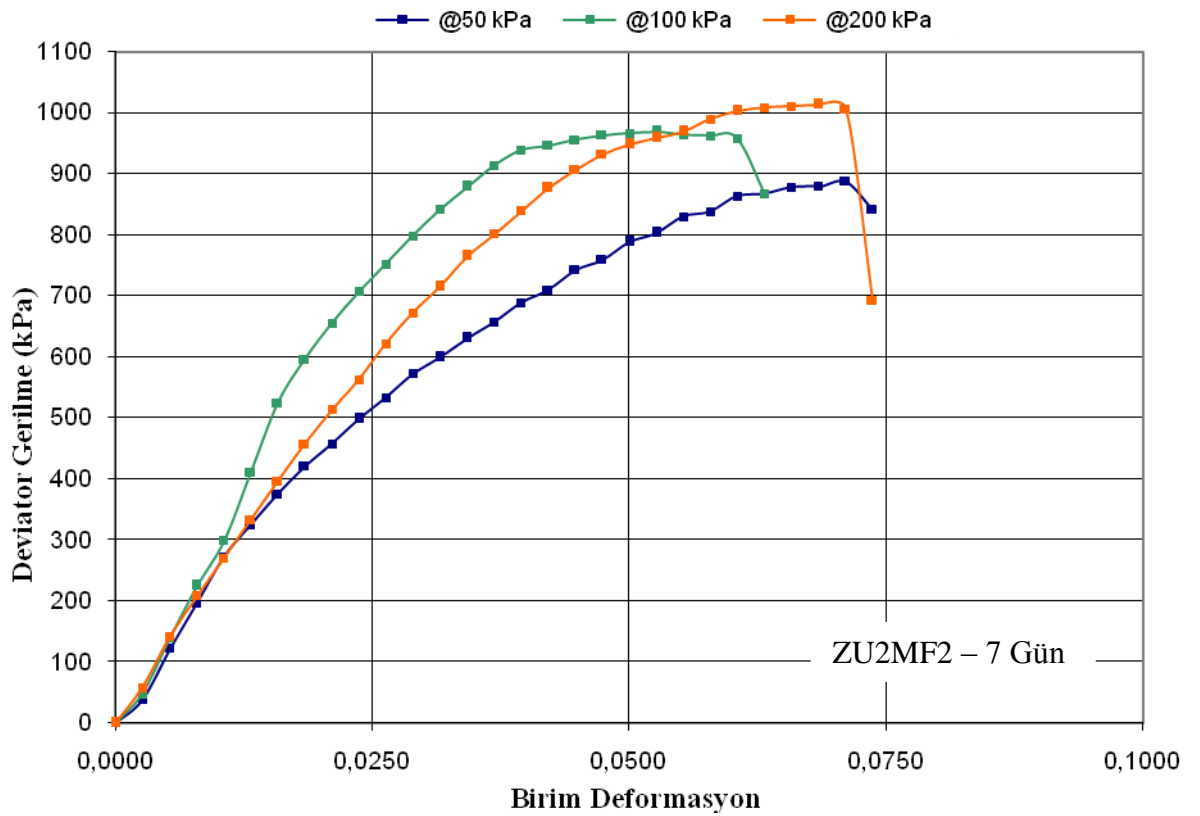
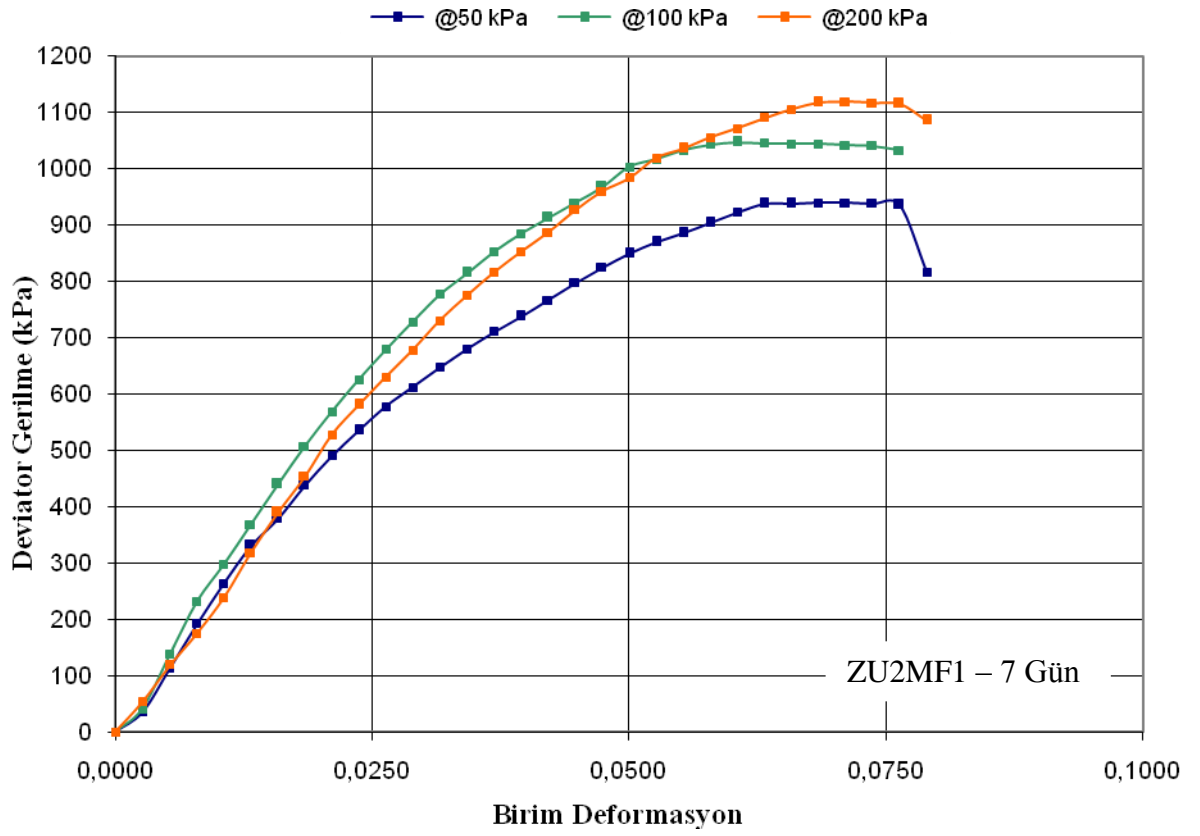
Ek 33. (Devamı) Deviator gerilme - birim deformasyon ilişkisi



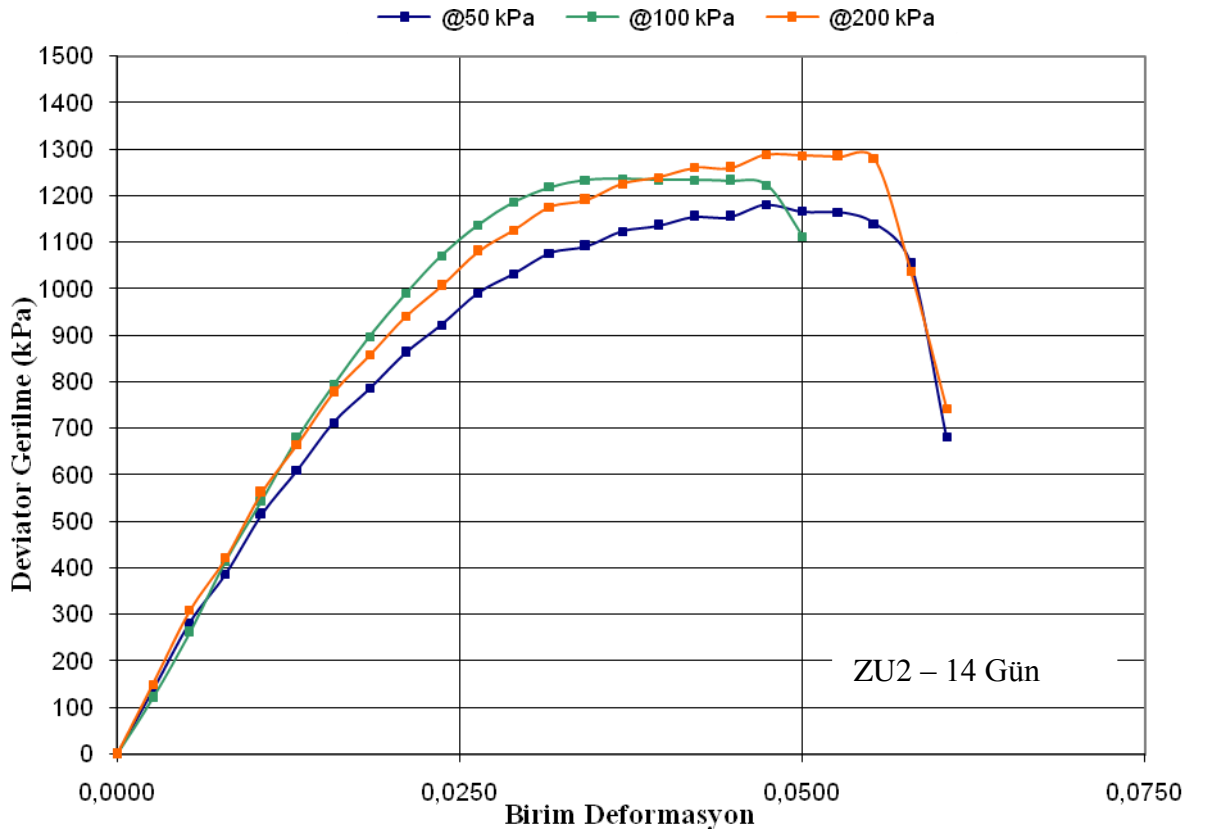
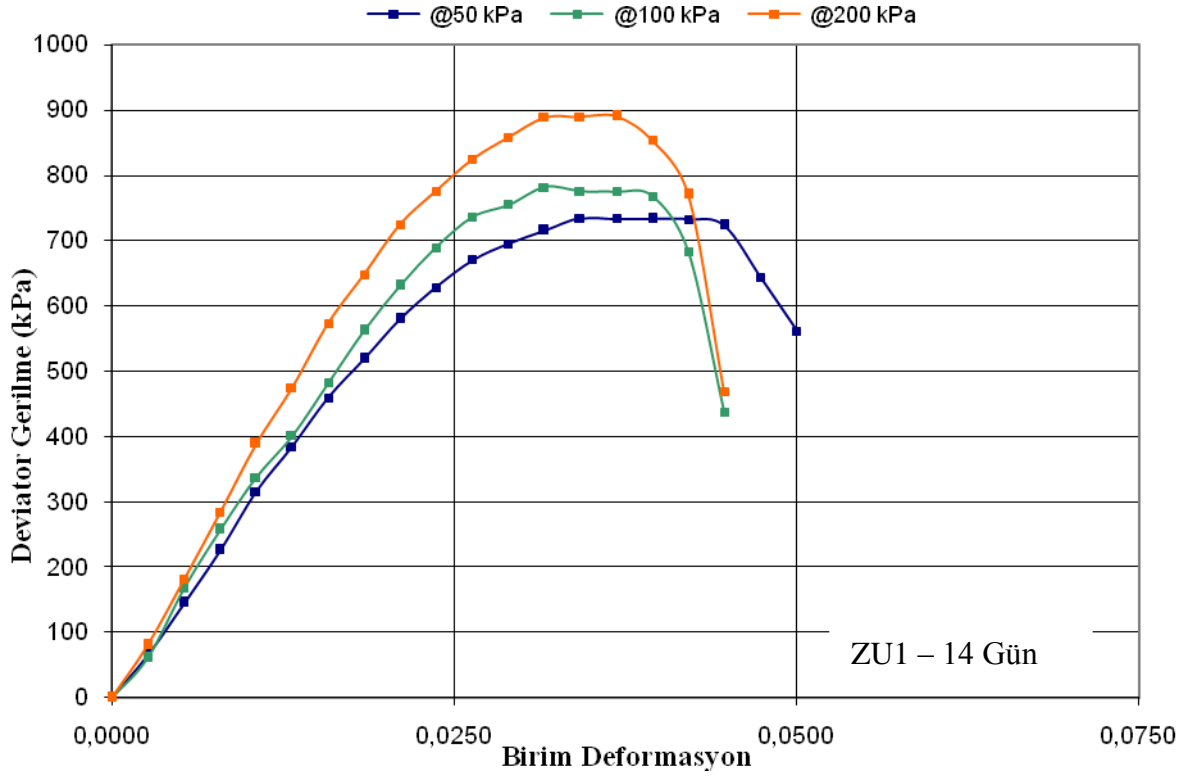
Ek 33. (Devamı) Deviator gerilme - birim deformasyon ilişkisi



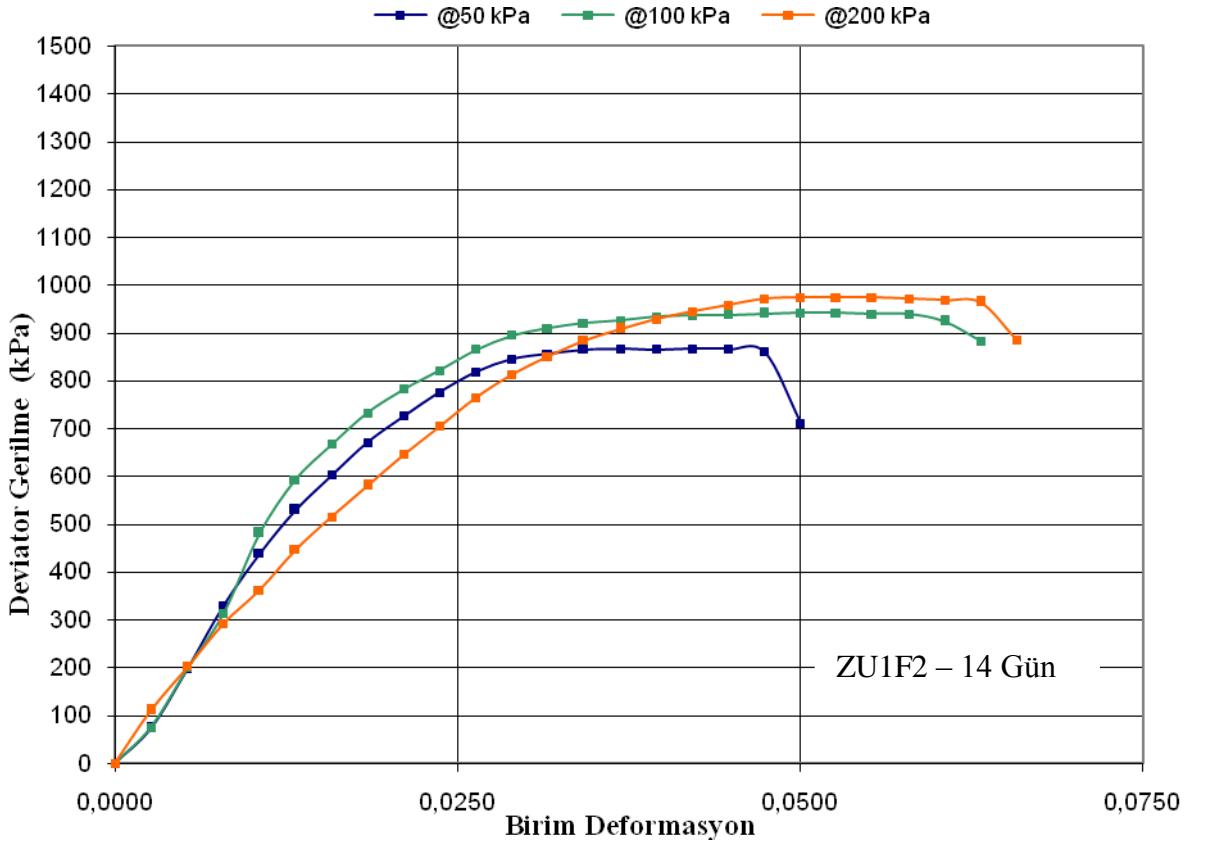
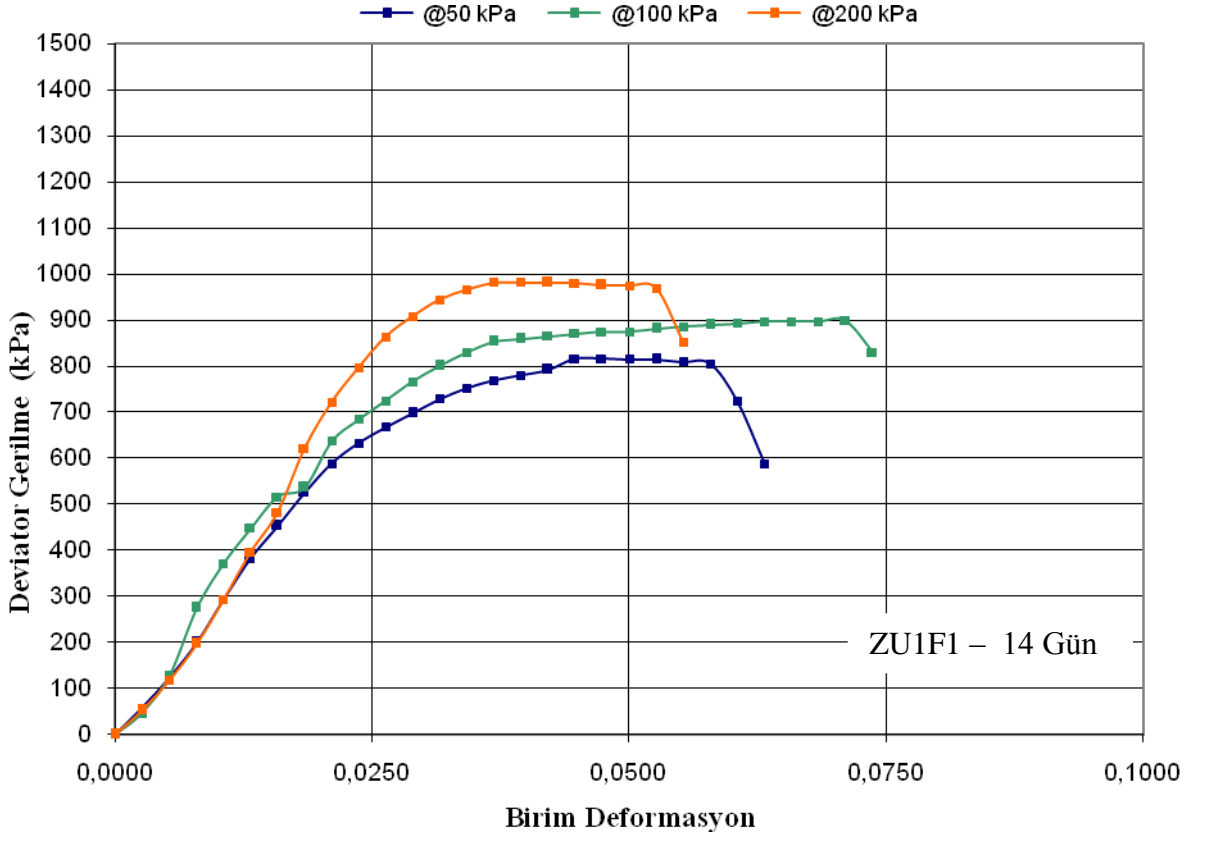
Ek 33. (Devamı) Deviator gerilme - birim deformasyon ilişkisi



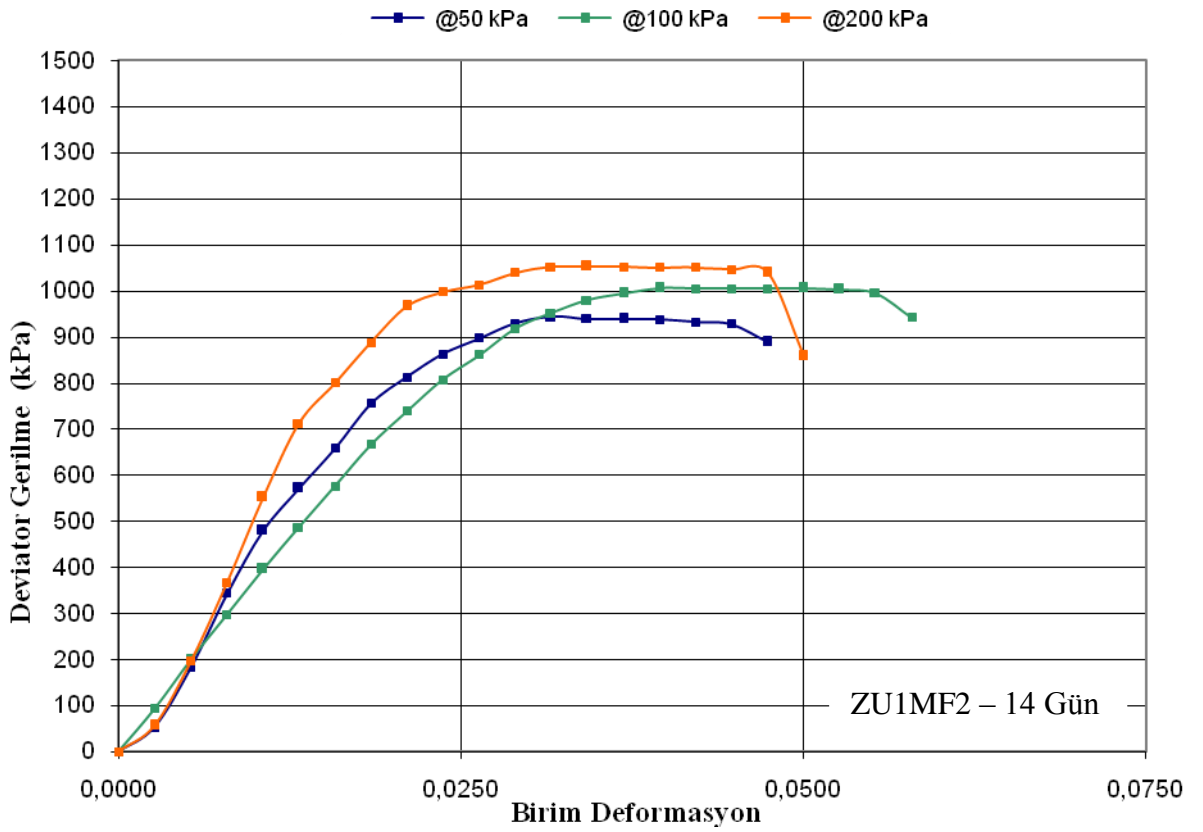
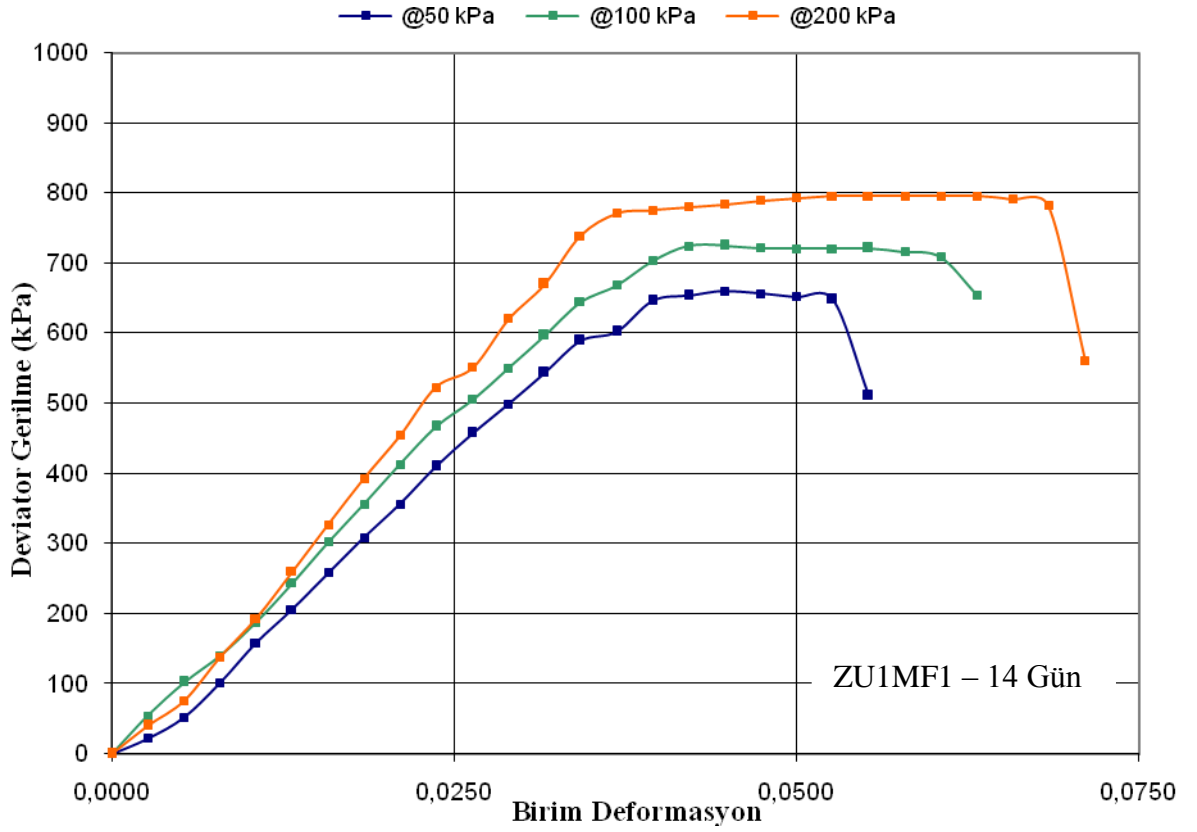
Ek 33. (Devamı) Deviator gerilme - birim deformasyon ilişkisi



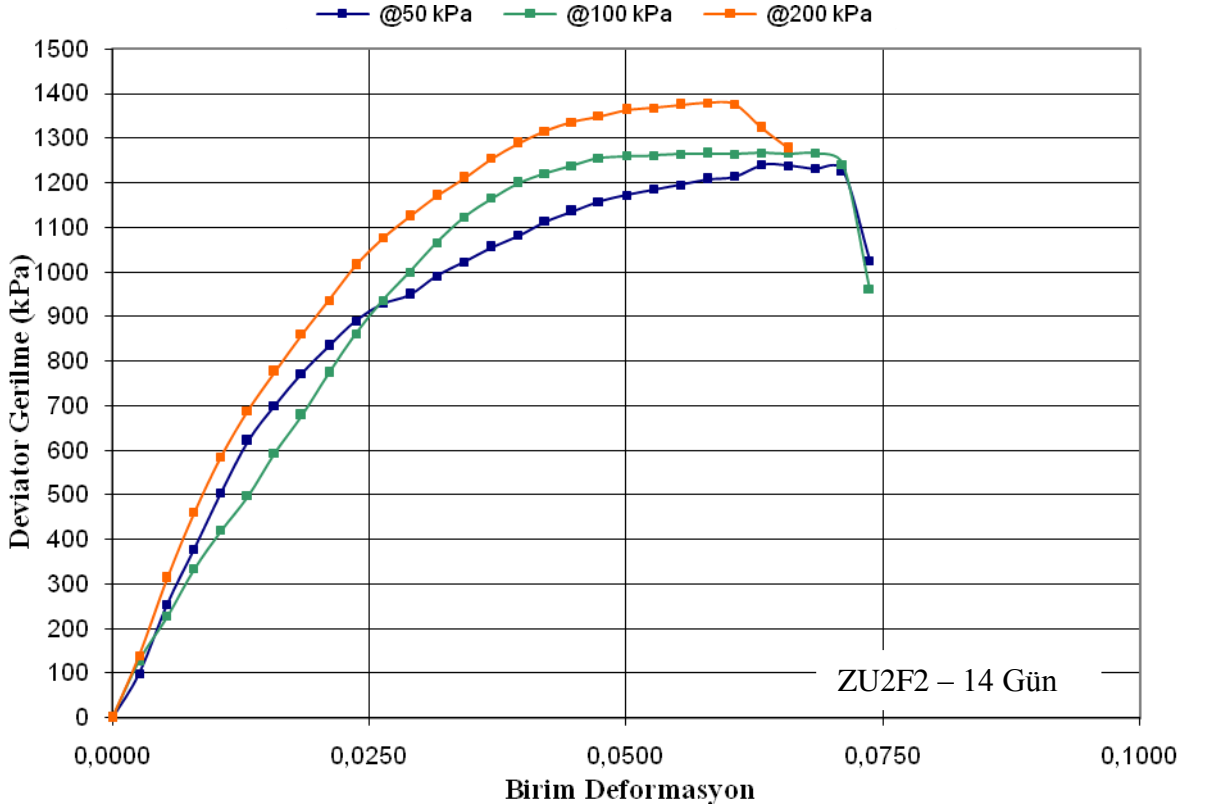
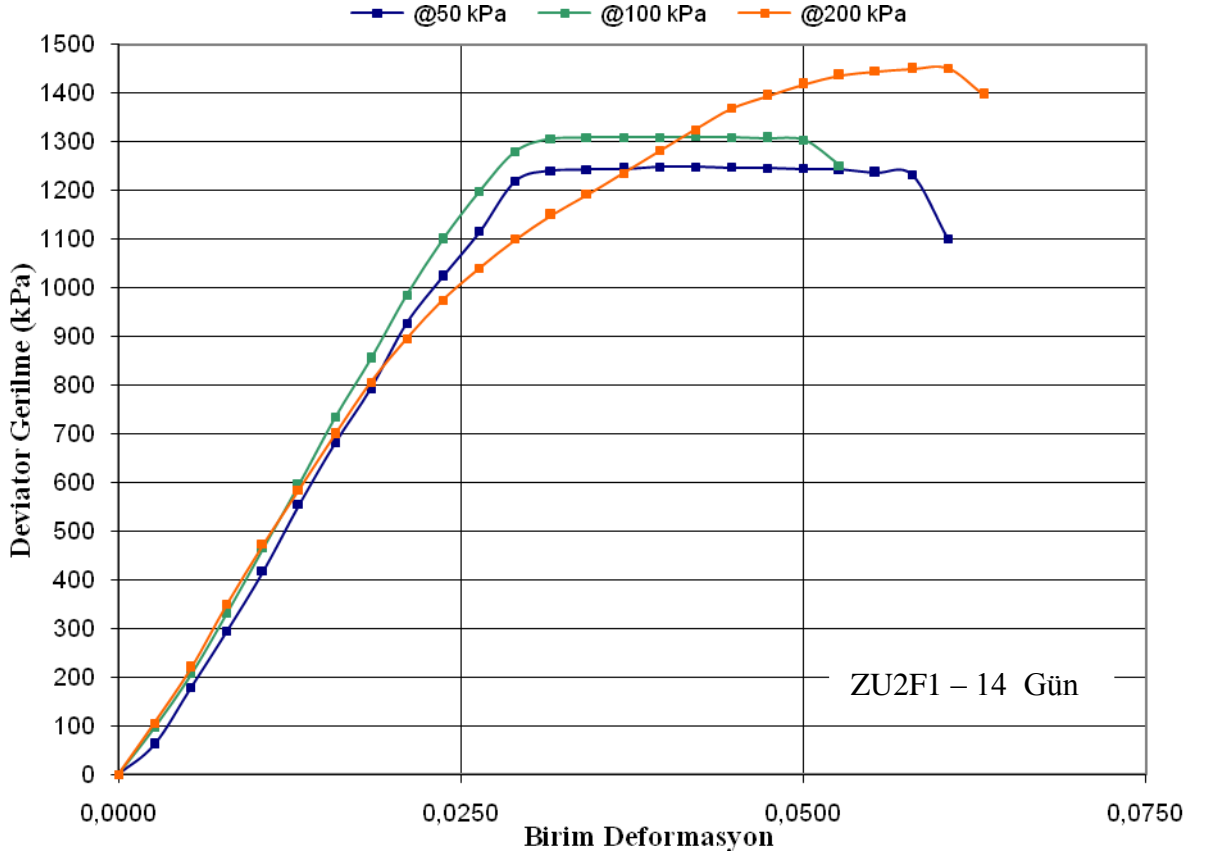
Ek 33. (Devamı) Deviator gerilme - birim deformasyon ilişkisi



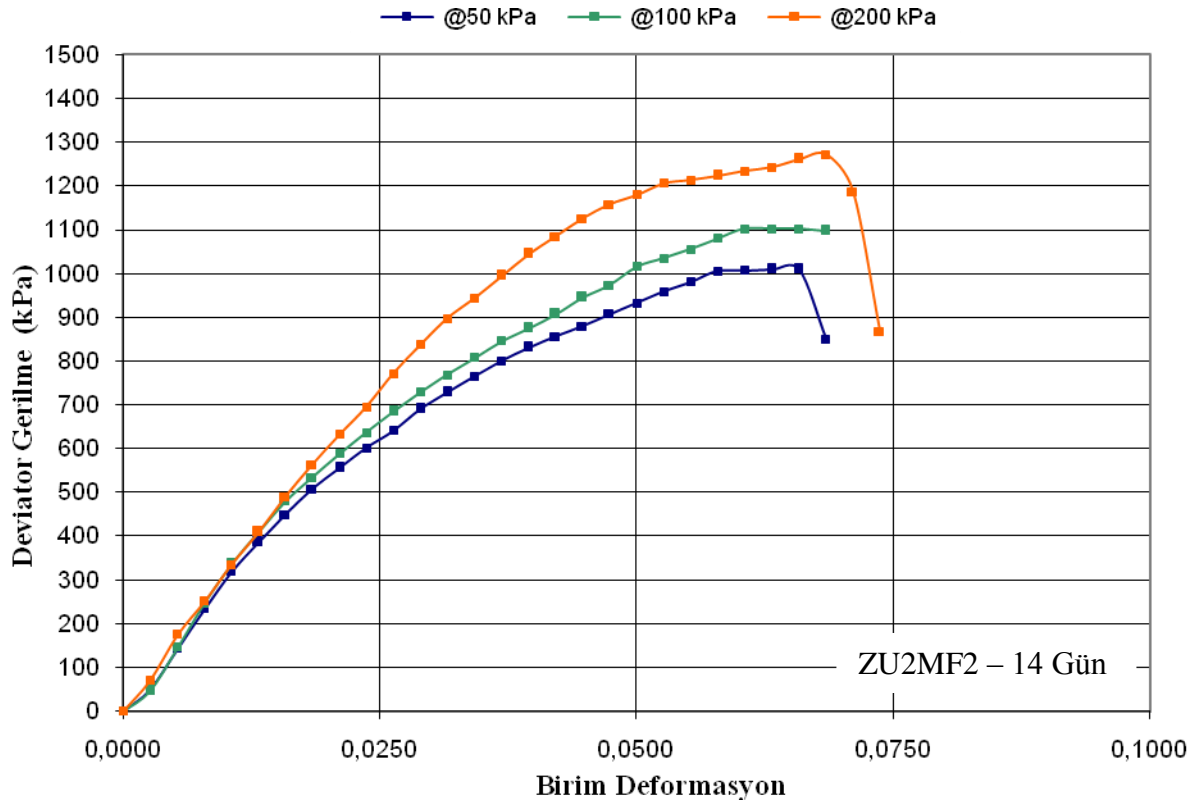
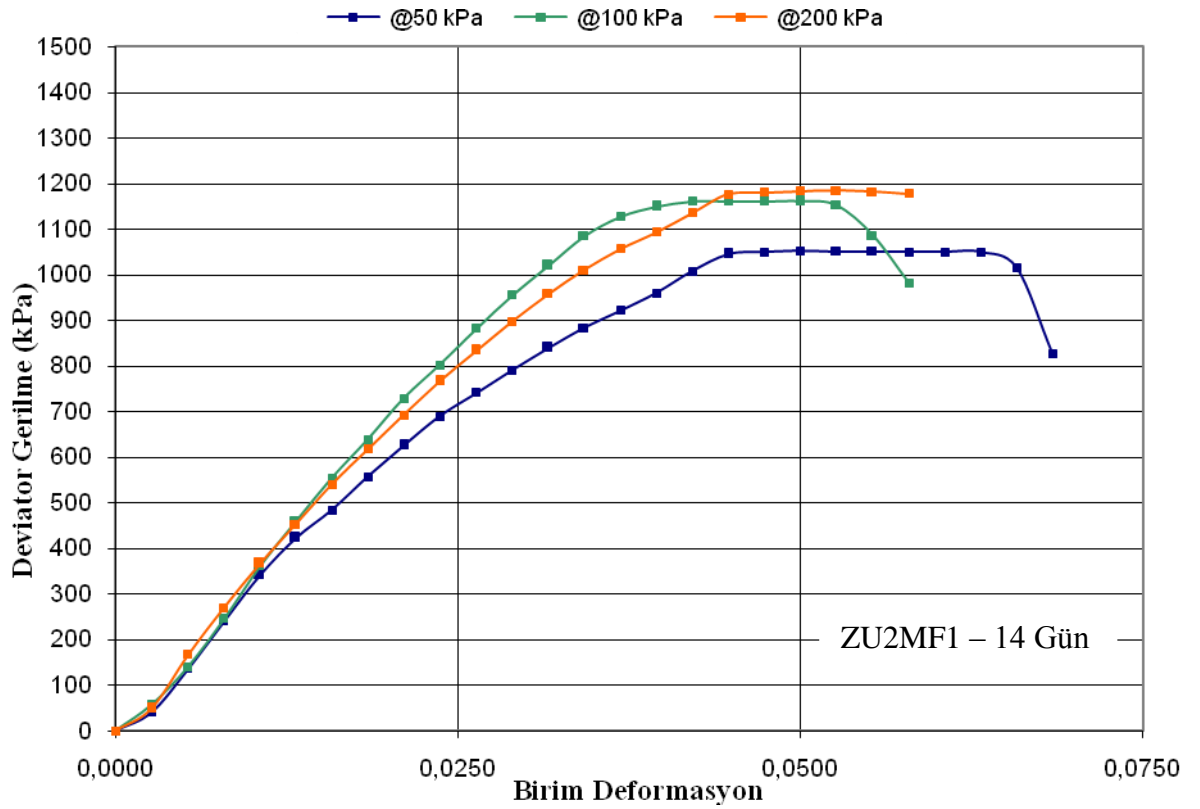
Ek 33. (Devamı) Deviator gerilme - birim deformasyon ilişkisi



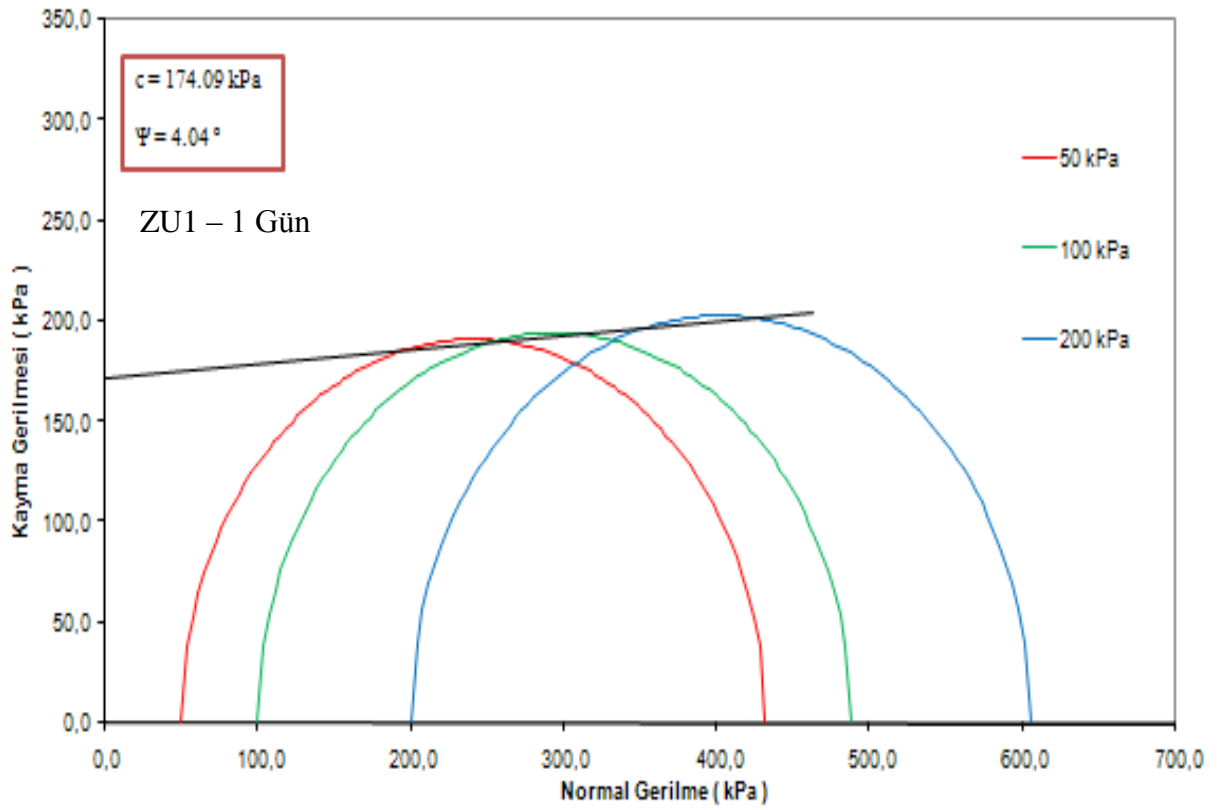
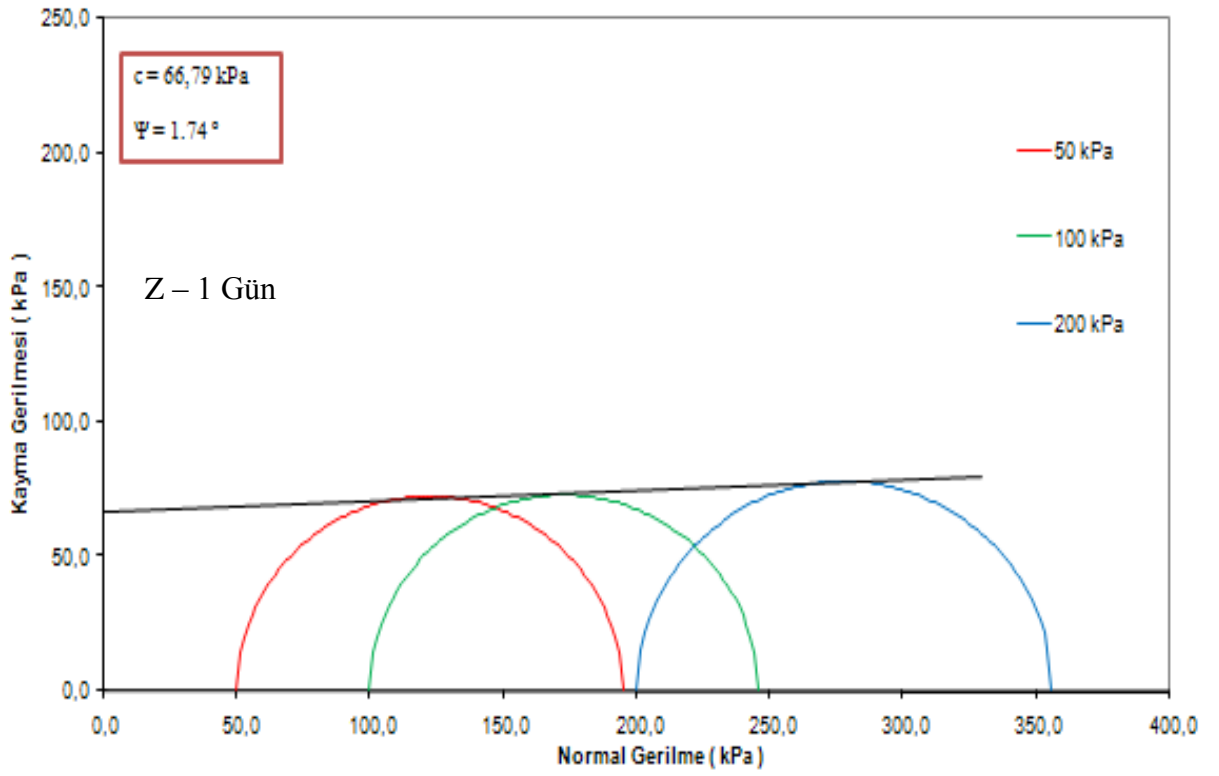
Ek 33. (Devamı) Deviator gerilme - birim deformasyon ilişkisi



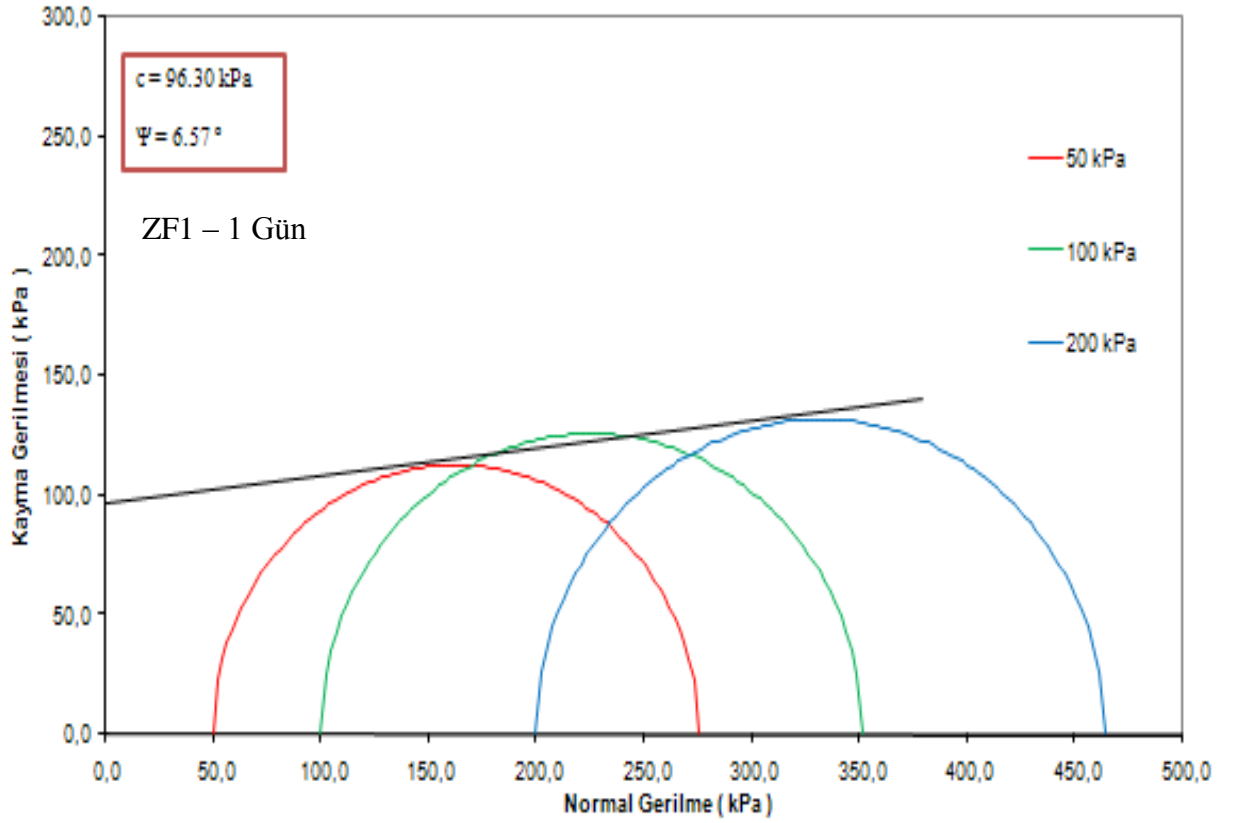
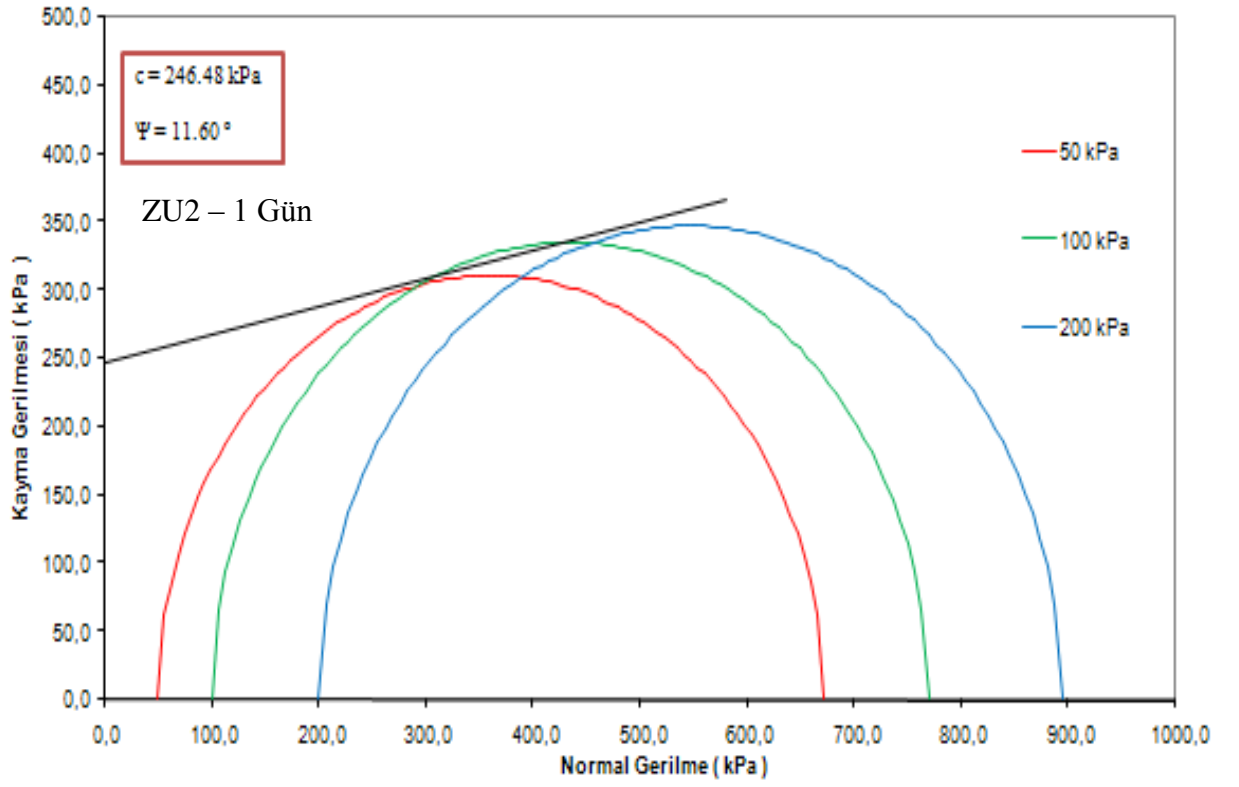
Ek 33. (Devamı) Deviator gerilme - birim deformasyon ilişkisi



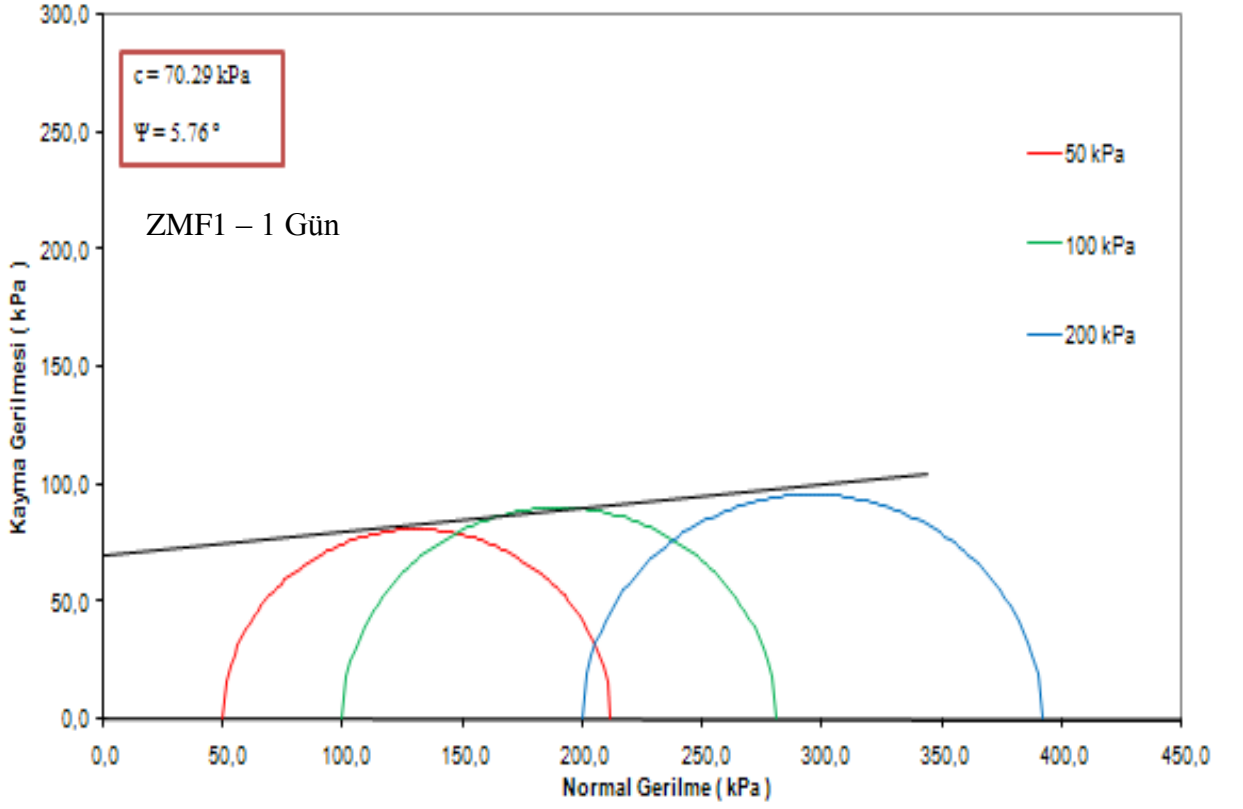
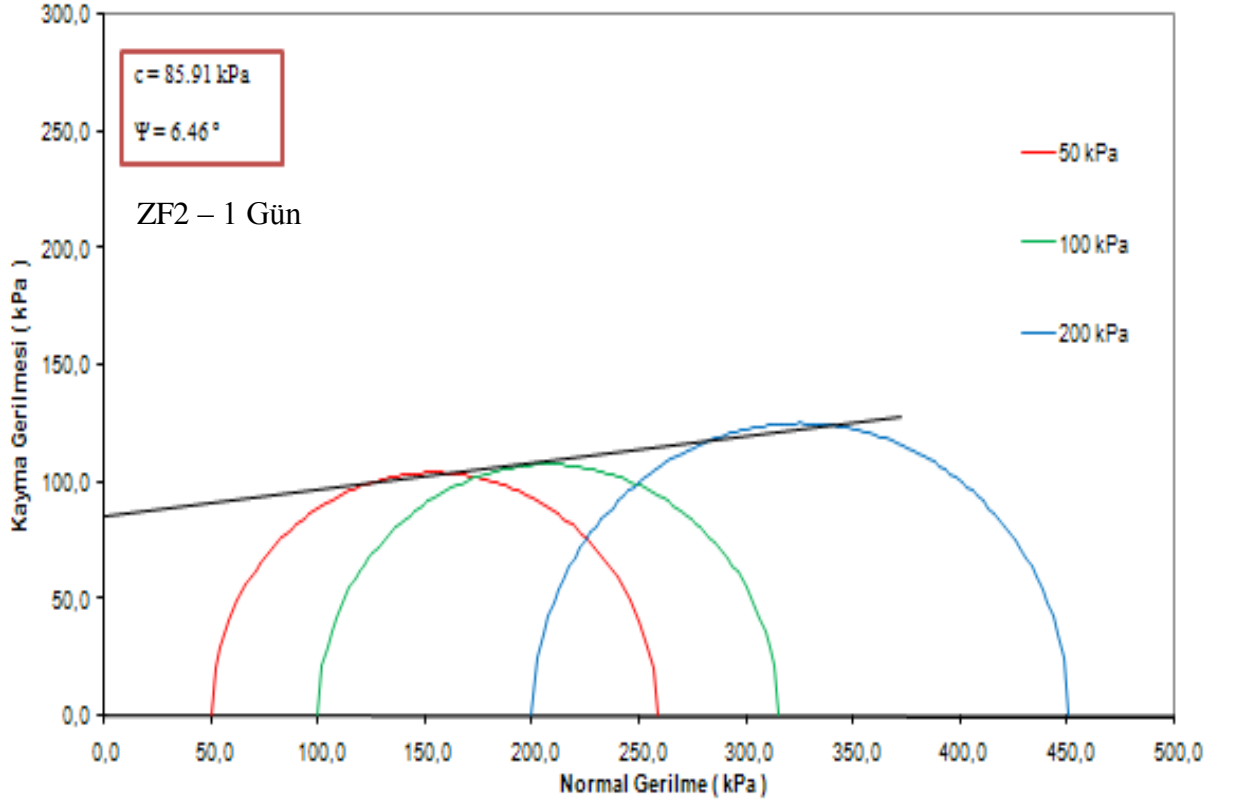
Ek 33. (Devamı) Deviator gerilme - birim deformasyon ilişkisi



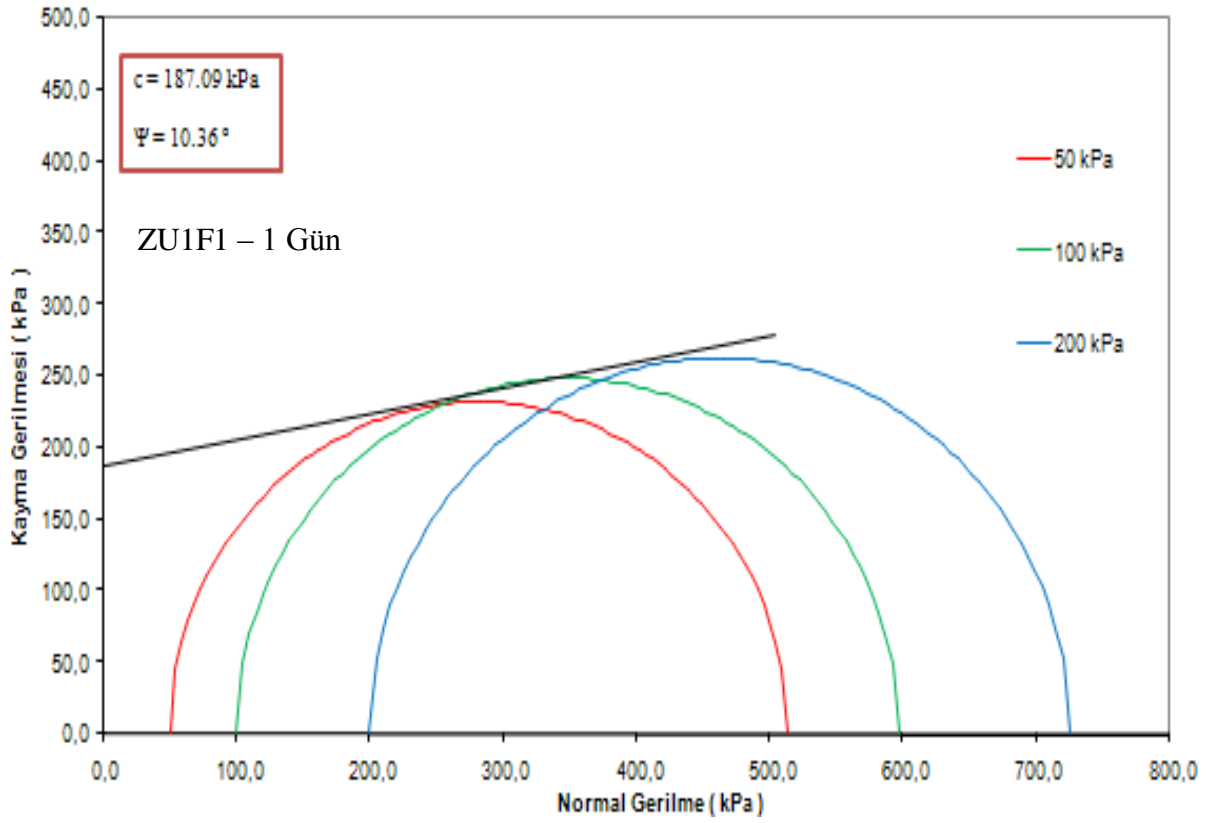
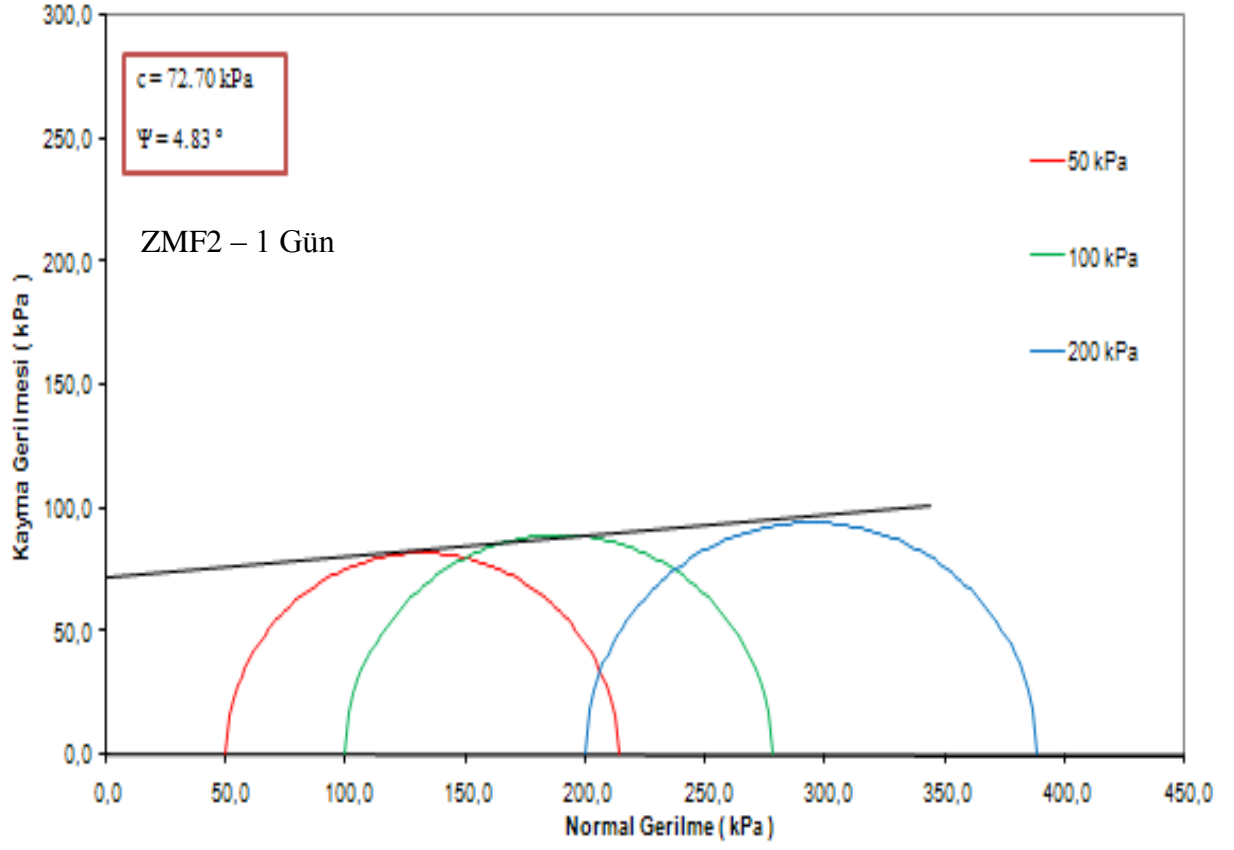
Ek 34. Karışım serileri kırılma zarfları



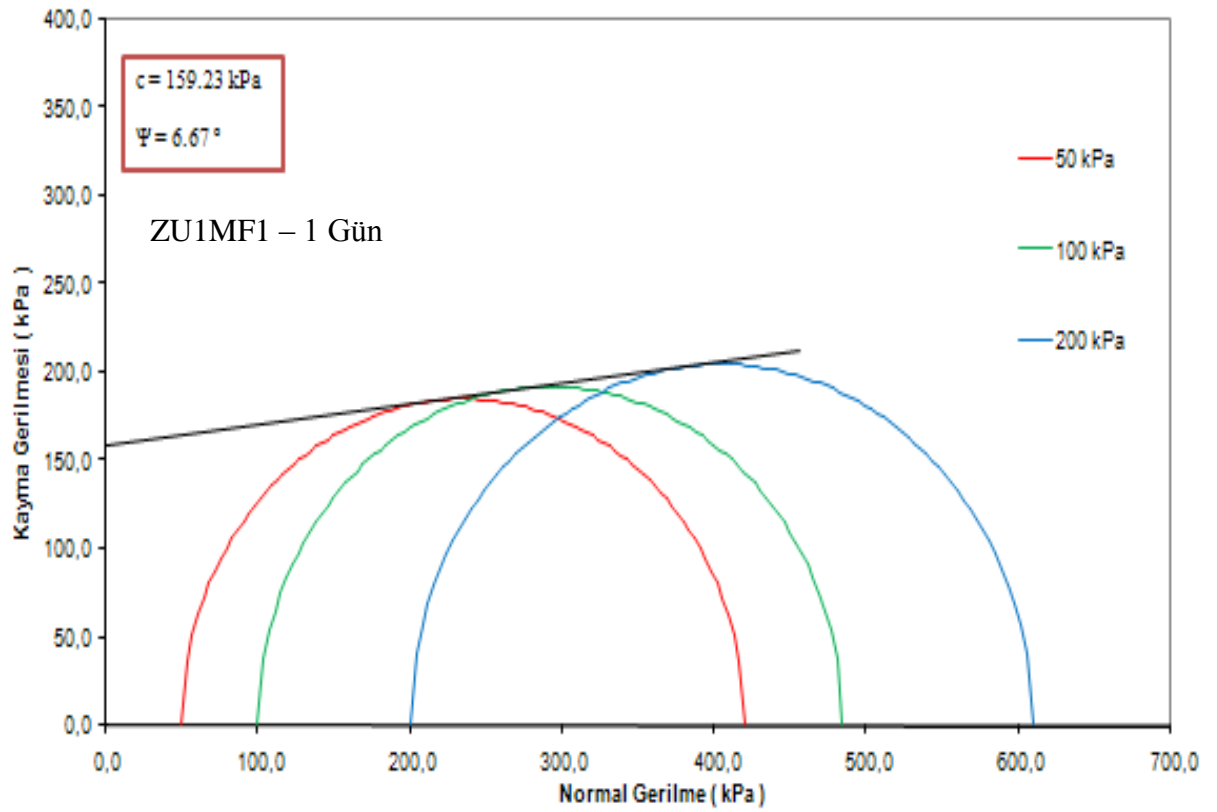
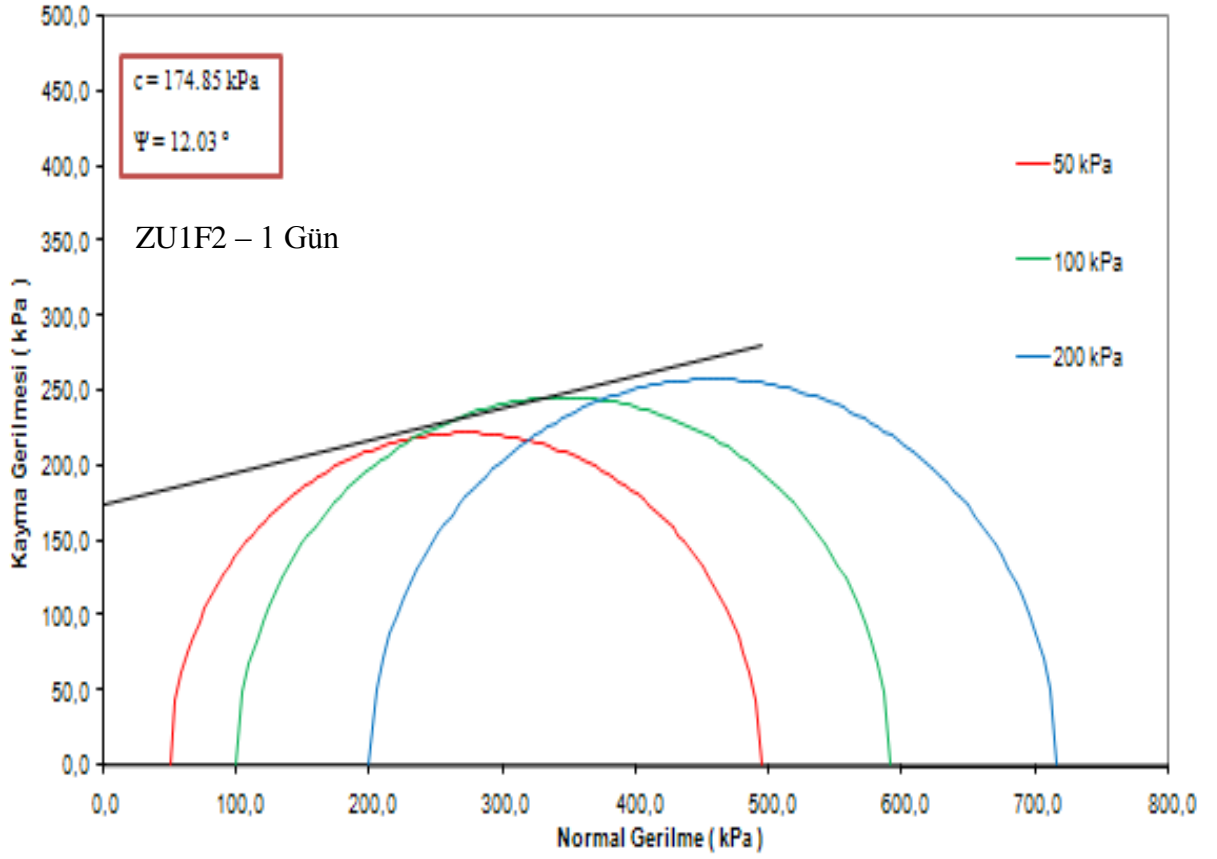
Ek 34.(Devamı) Karışım serileri kırılma zarfları



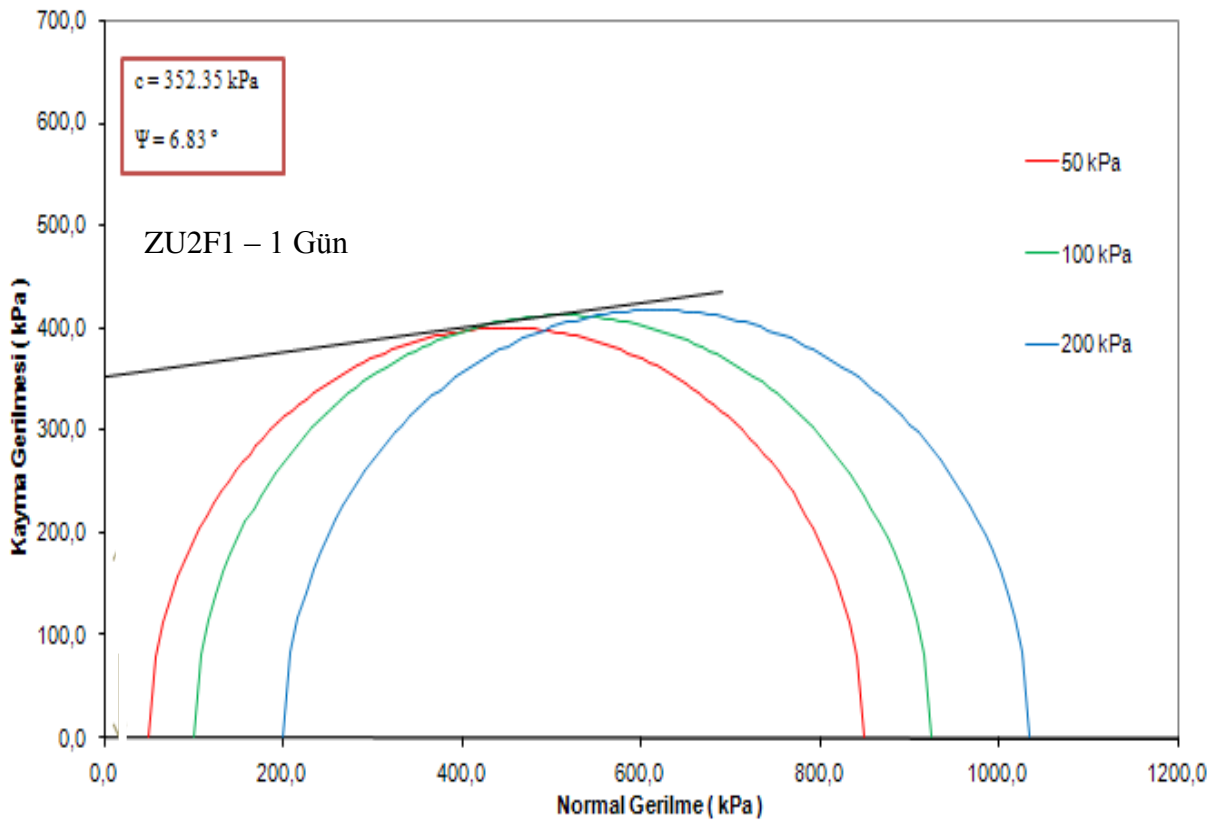
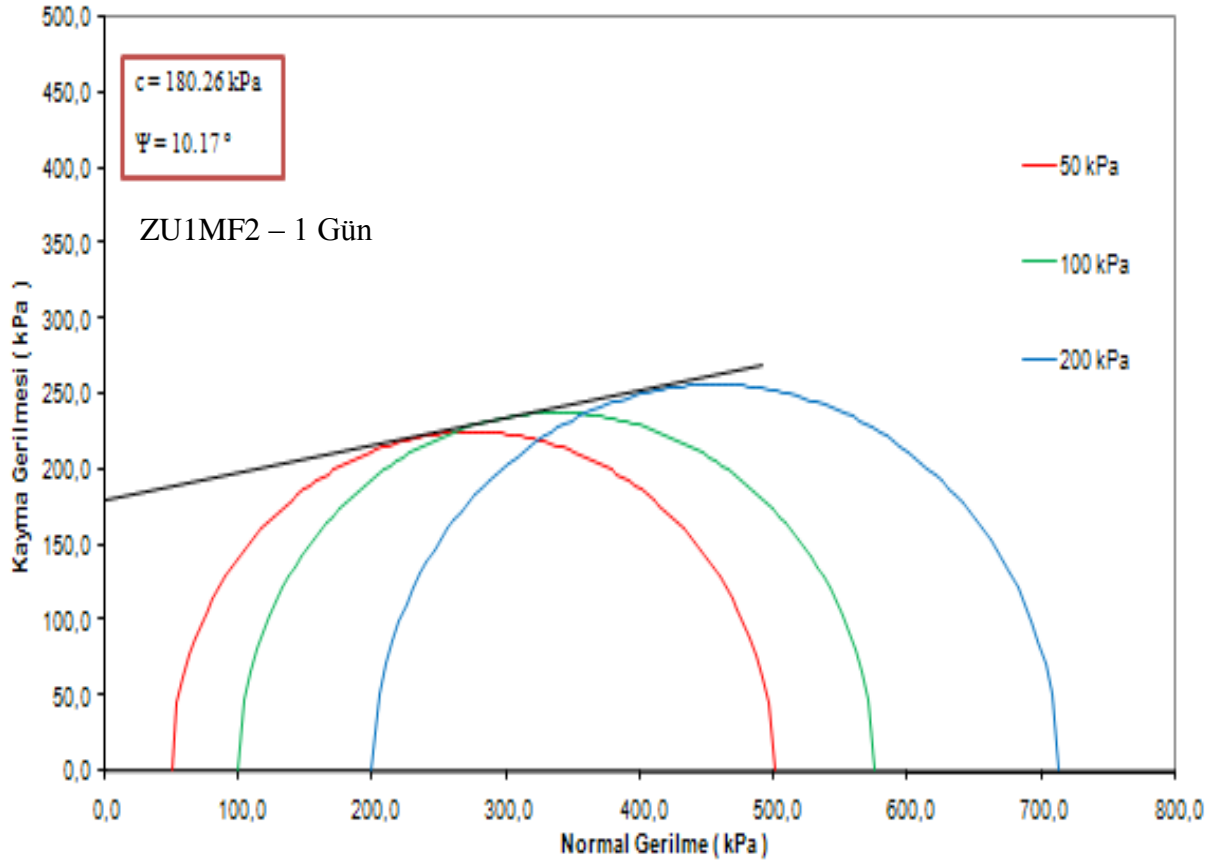
Ek 34.(Devamı) Karışım serileri kırılma zarfları



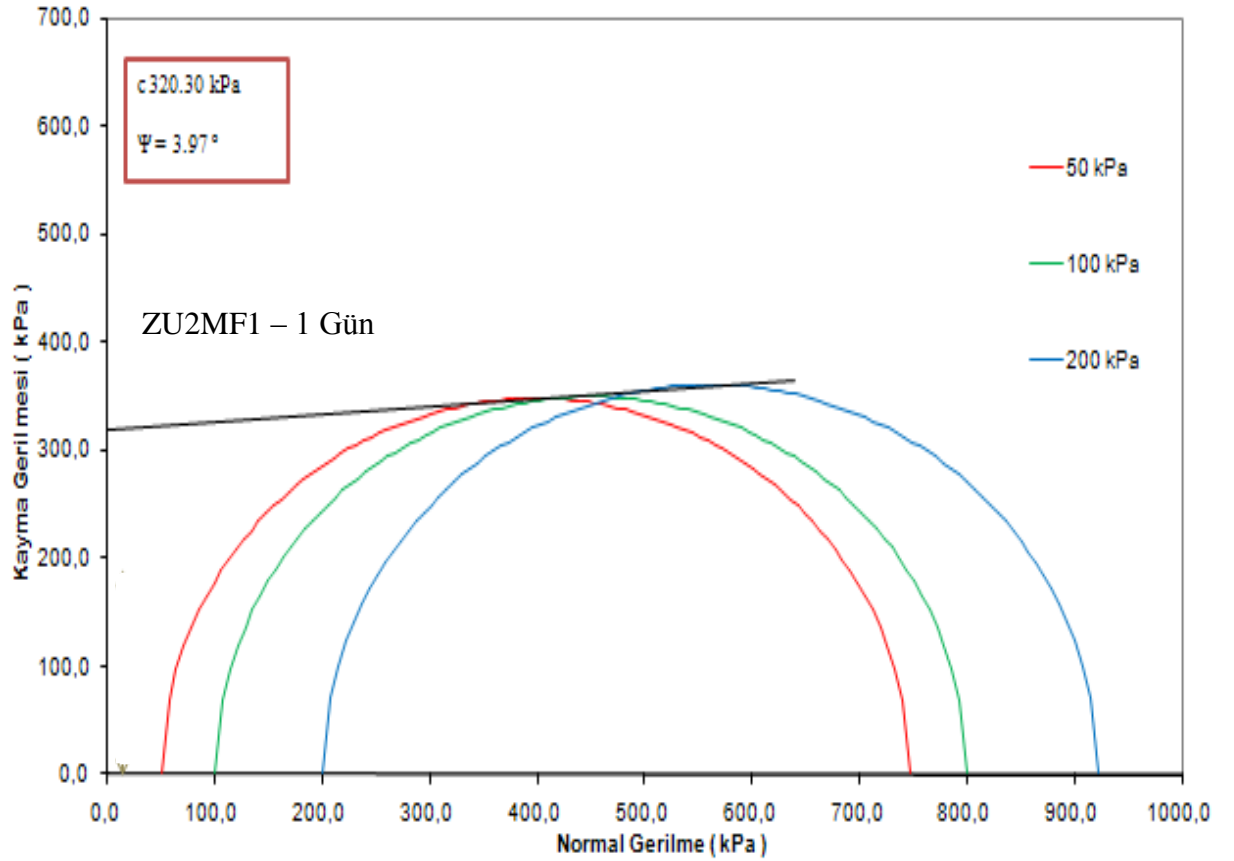
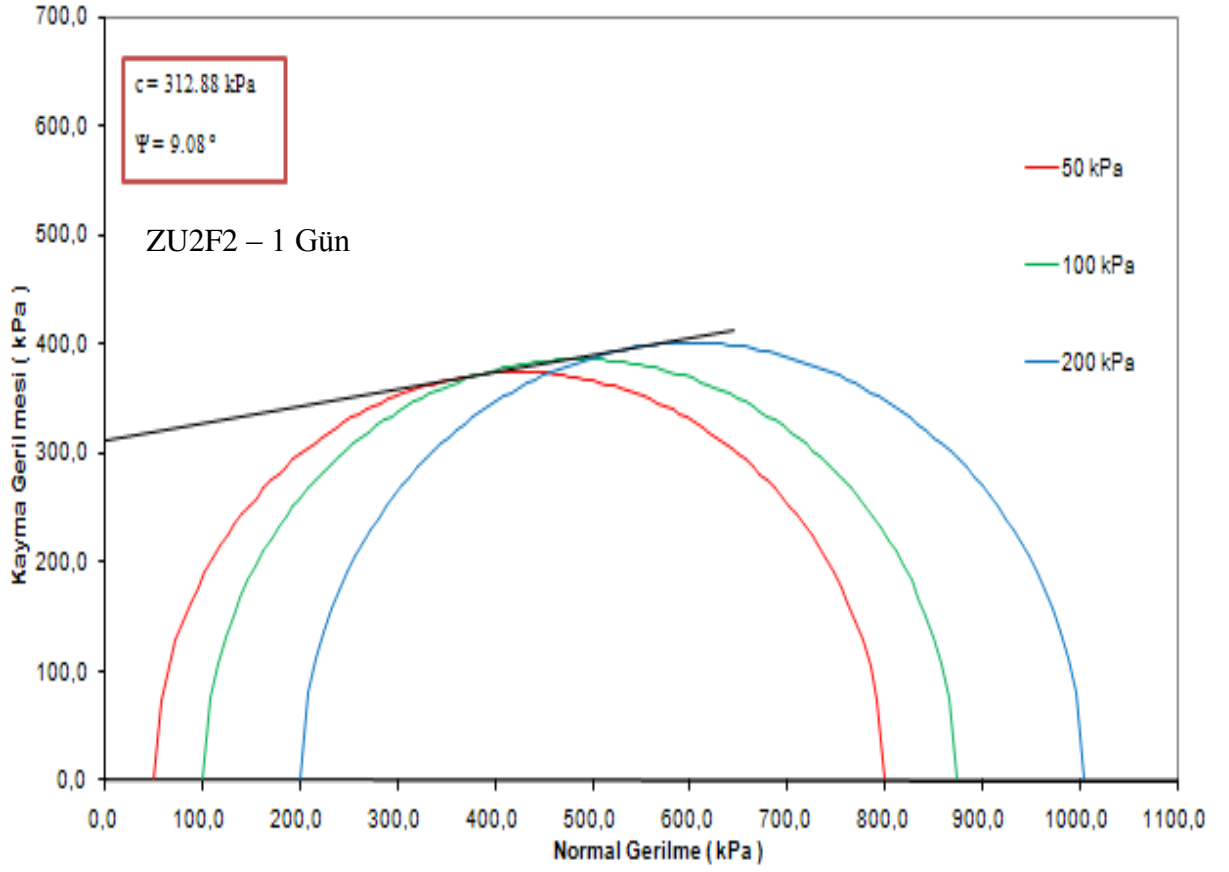
Ek 34.(Devamı) Karışım serileri kırılma zarfları



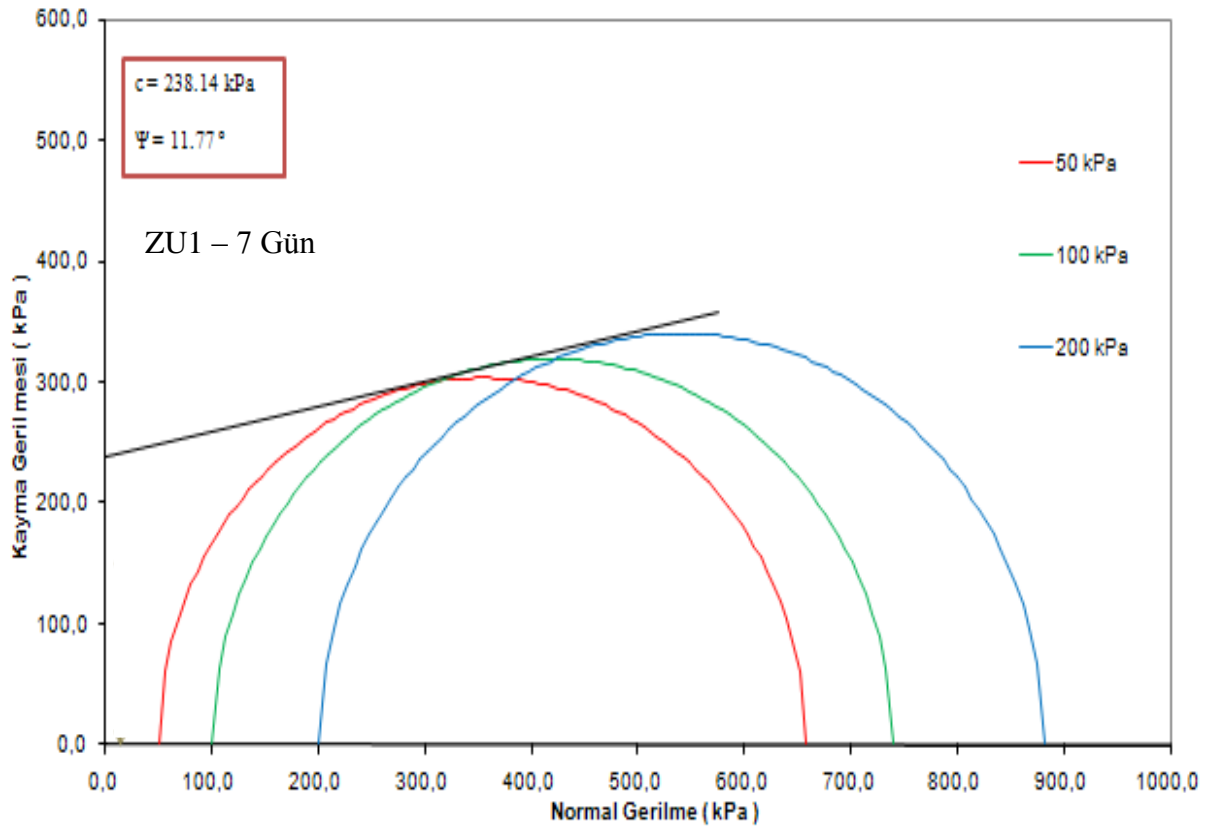
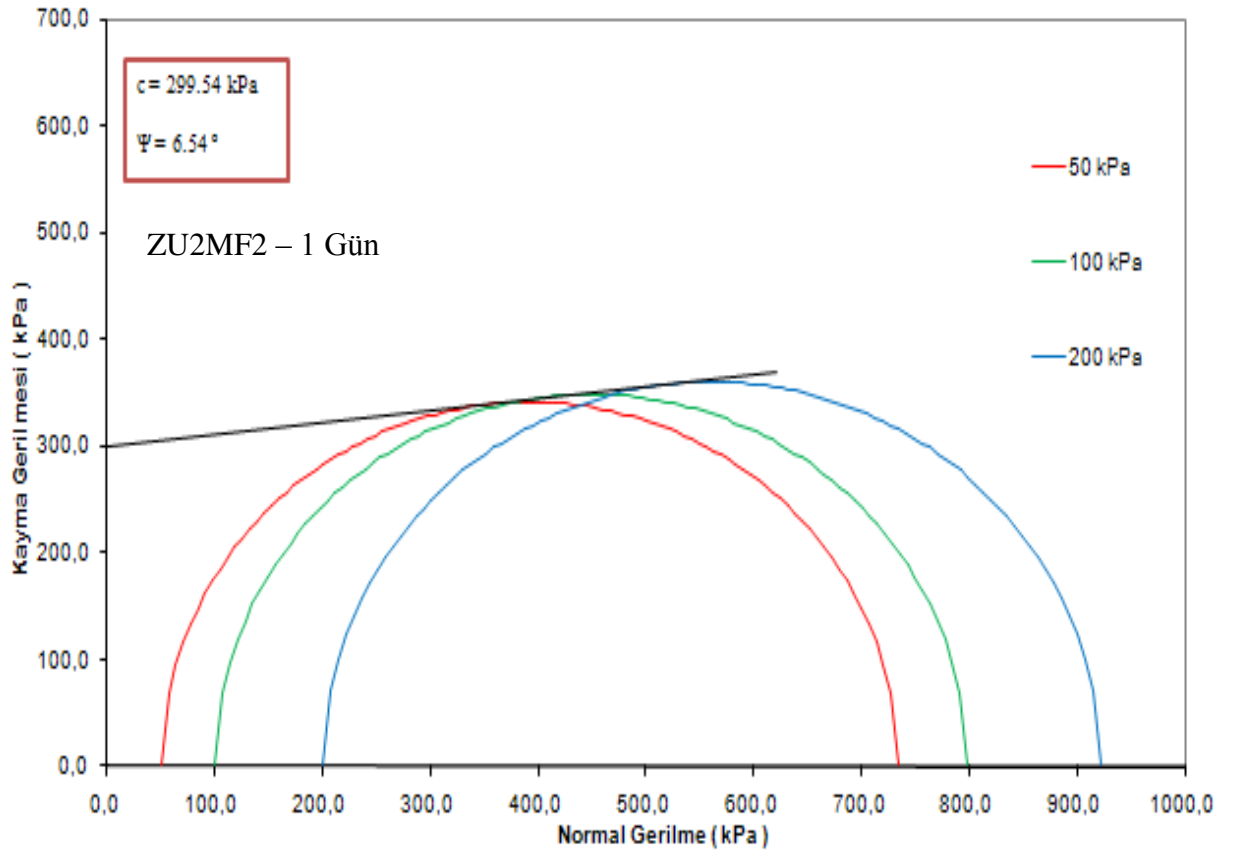
Ek 34.(Devamı) Karışım serileri kırılma zarfları



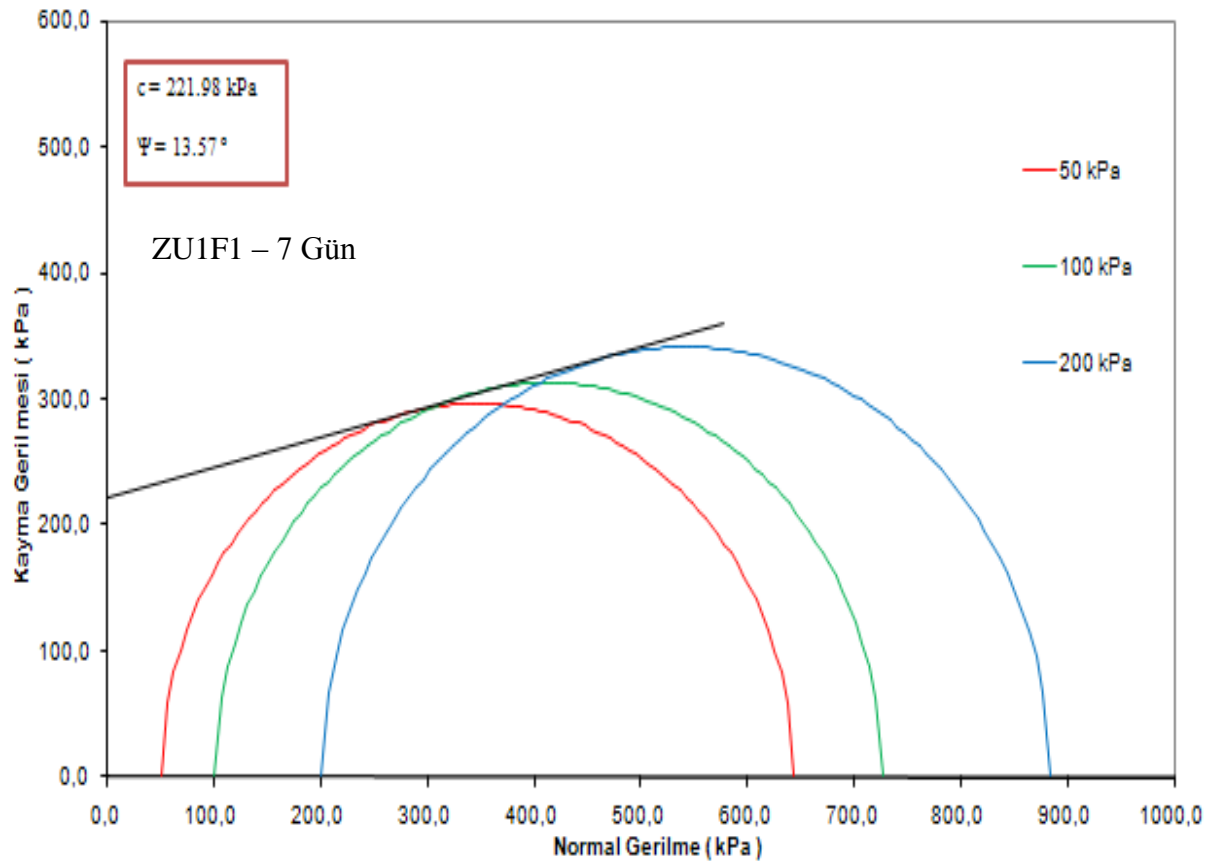
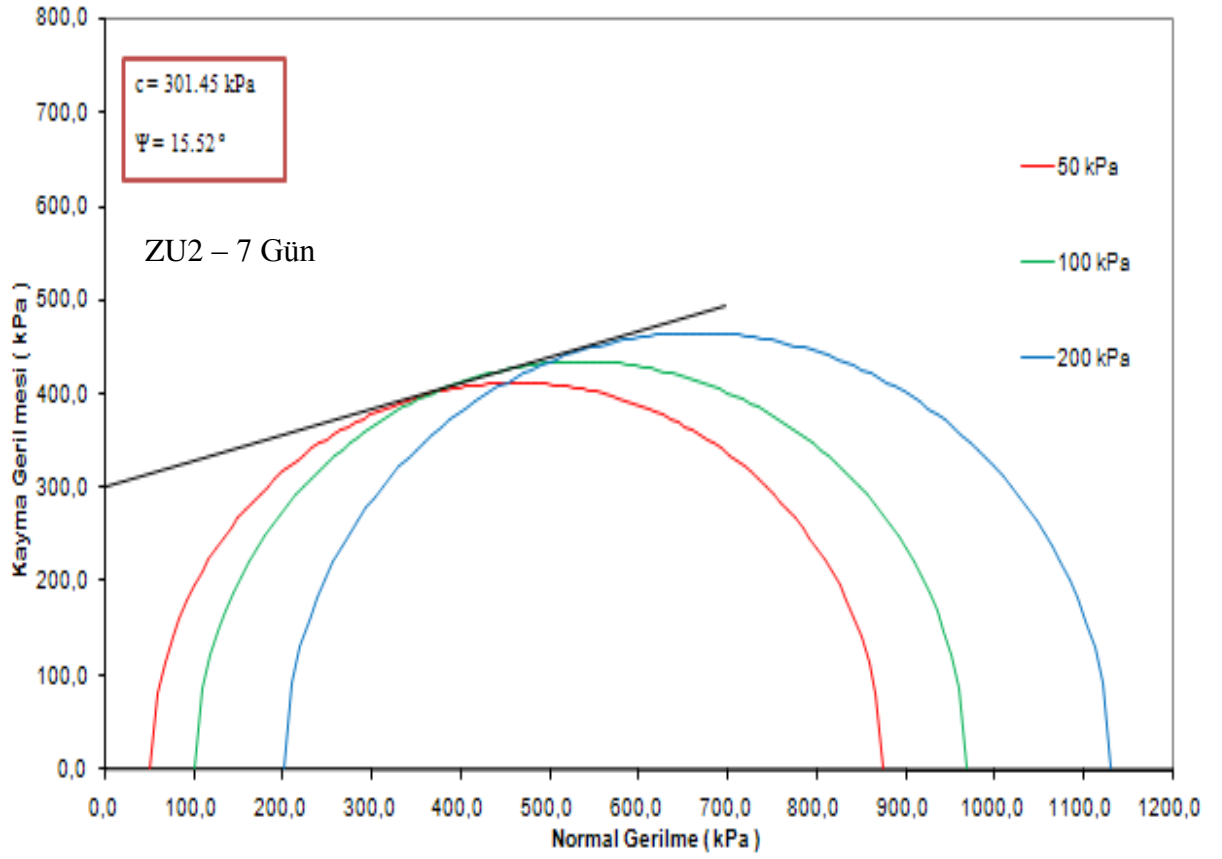
Ek 34.(Devamı) Karışım serileri kırılma zarfları



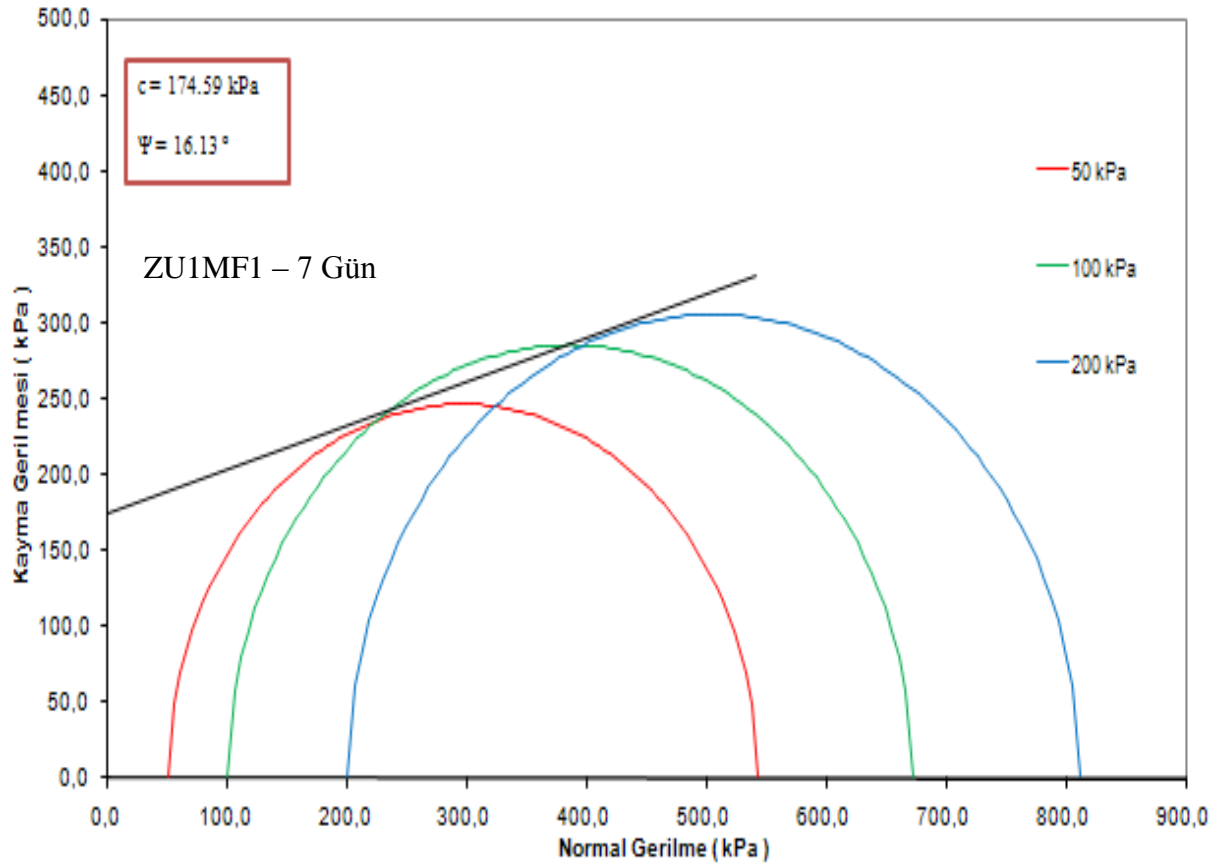
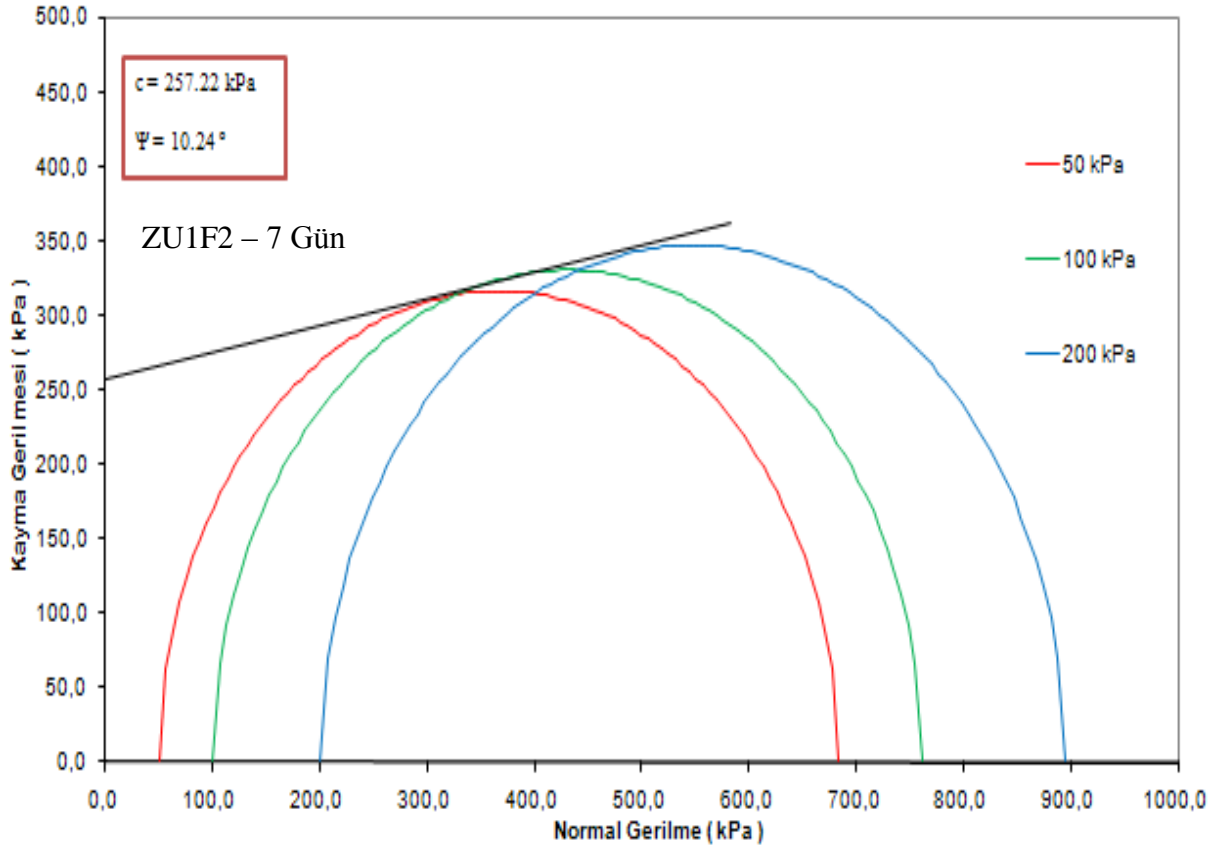
Ek 34.(Devamı) Karışım serileri kırılma zarfları



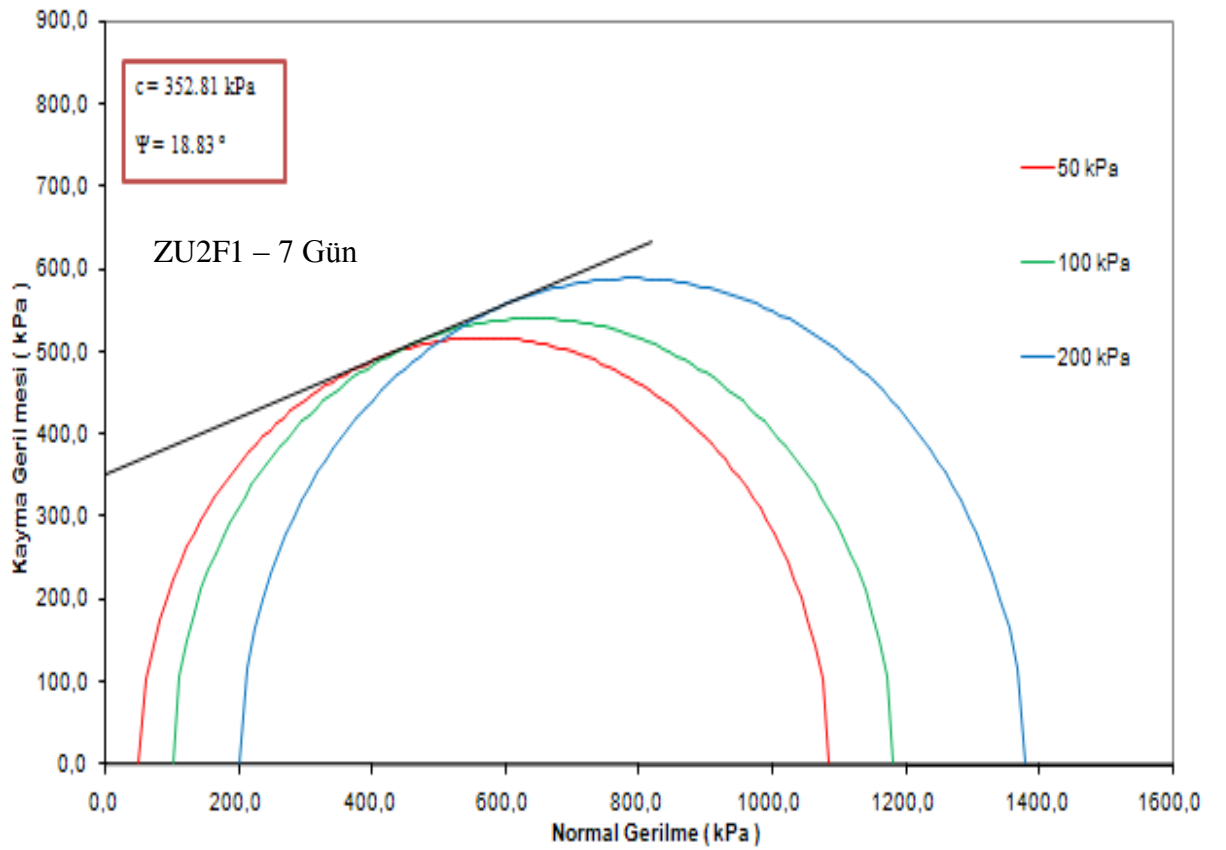
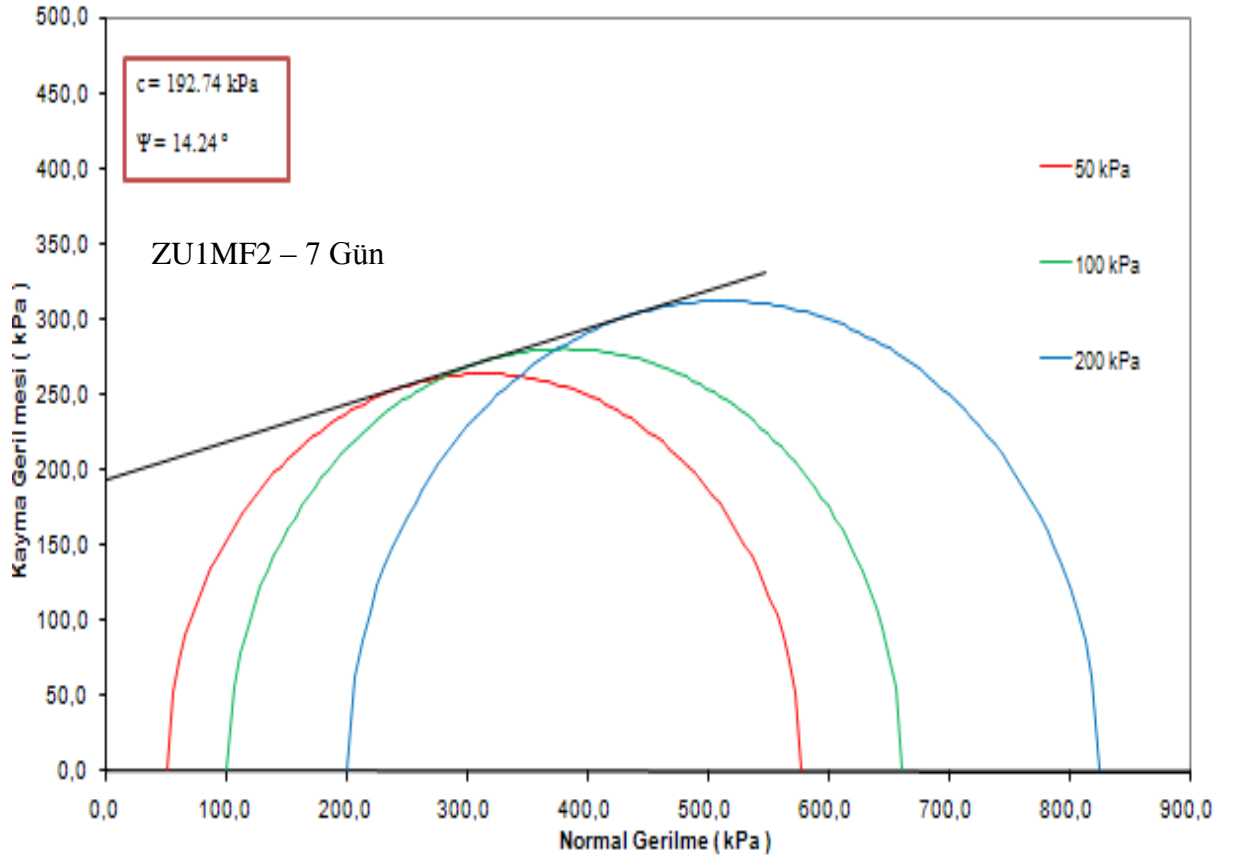
Ek 34.(Devamı) Karışım serileri kırılma zarfları



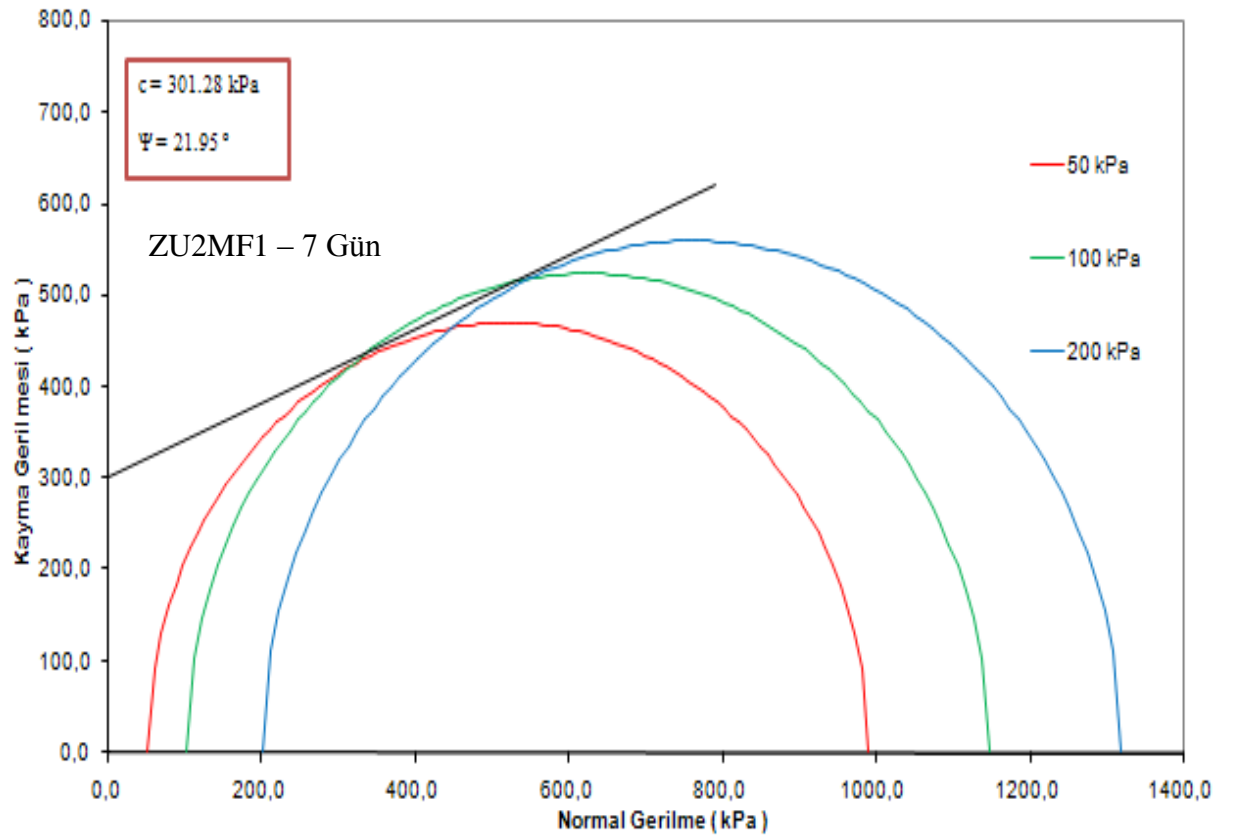
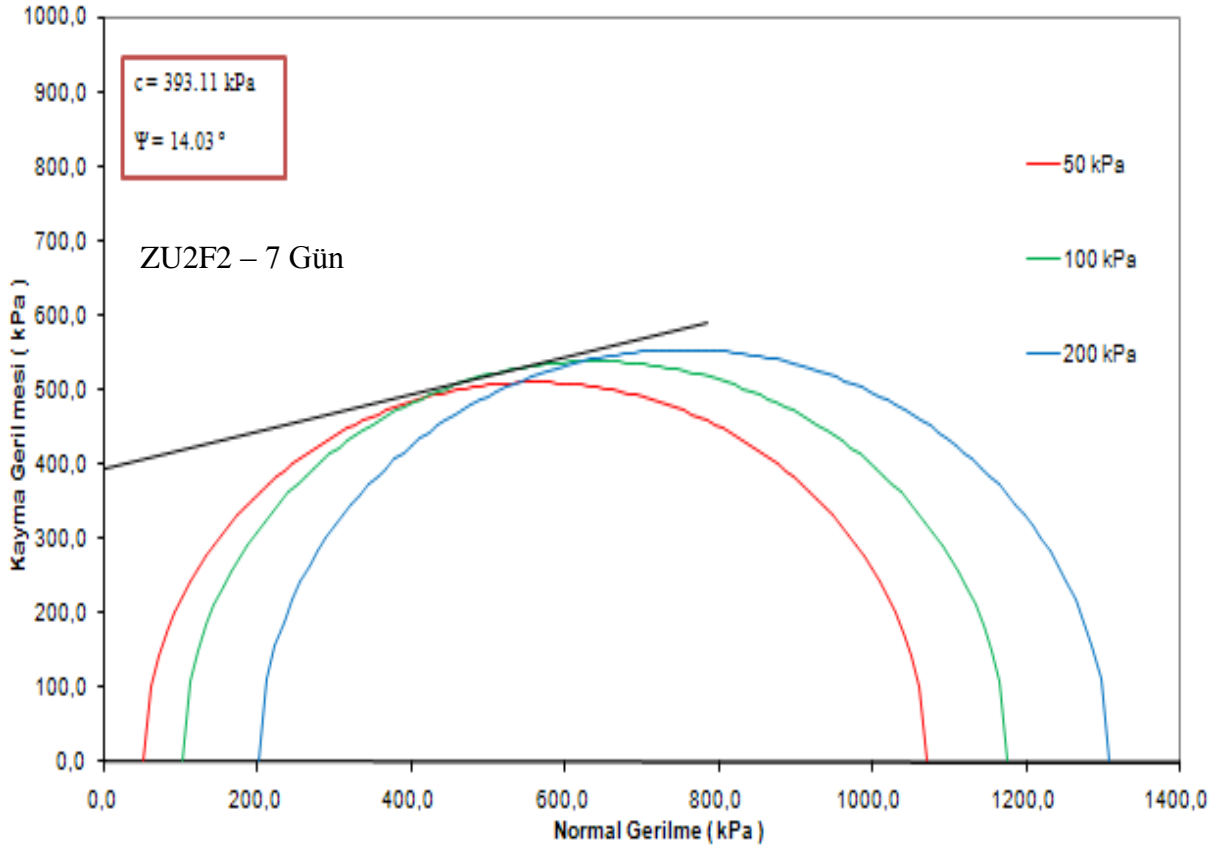
Ek 34.(Devamı) Karışım serileri kırılma zarfları



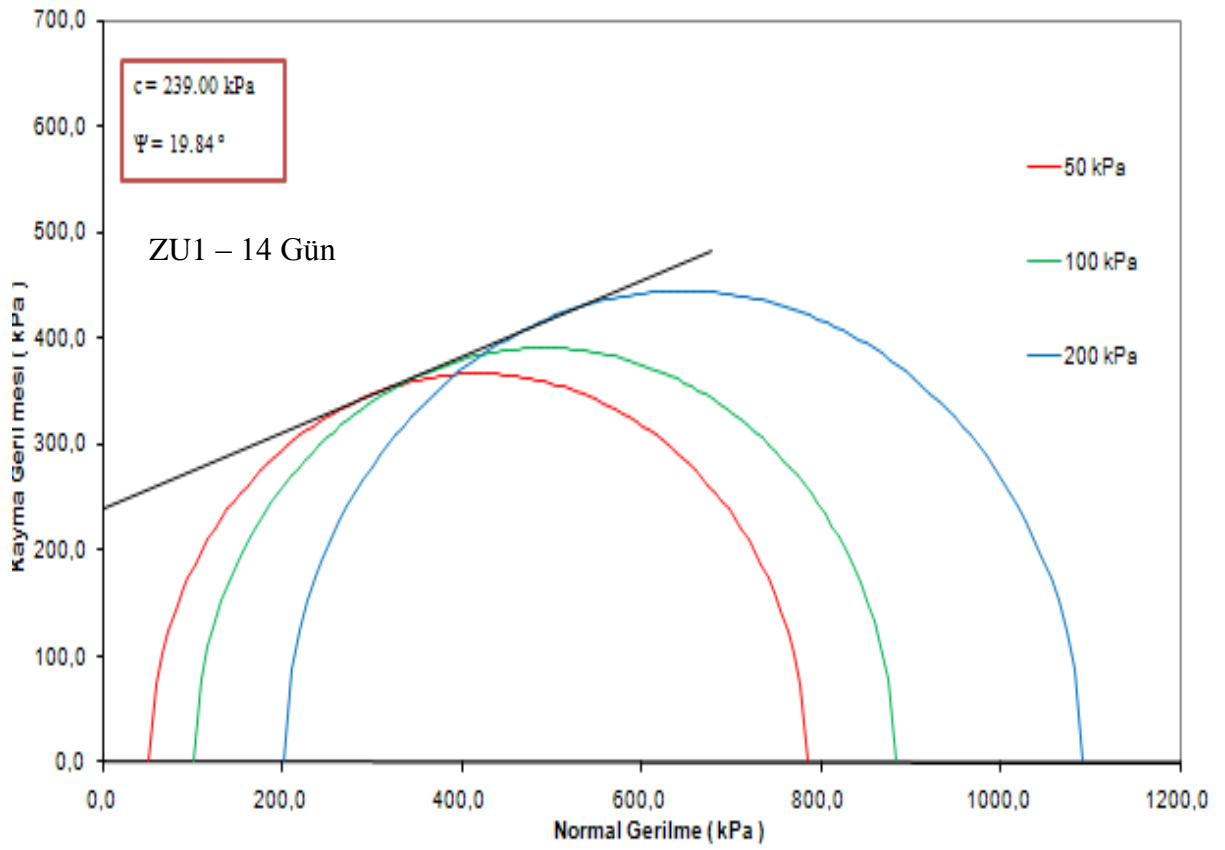
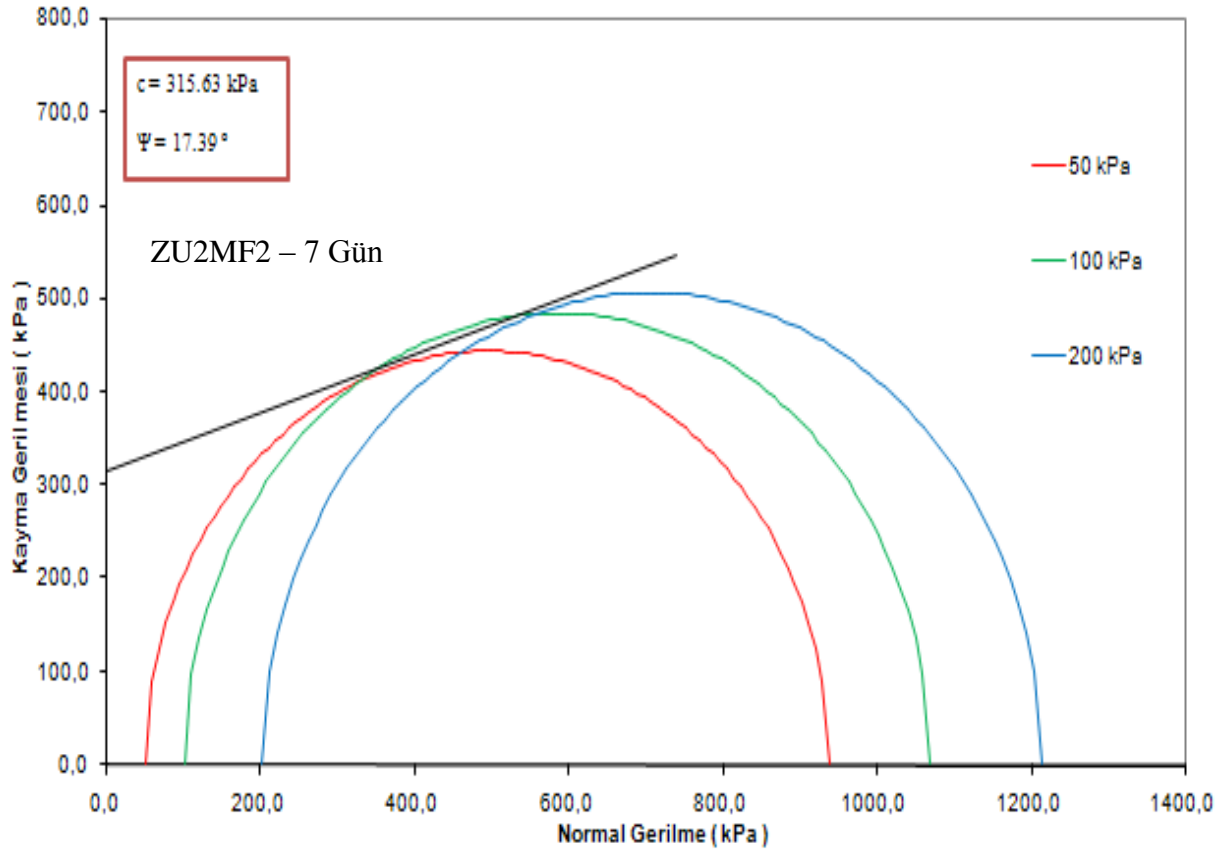
Ek 34.(Devamı) Karışım serileri kırılma zarfları



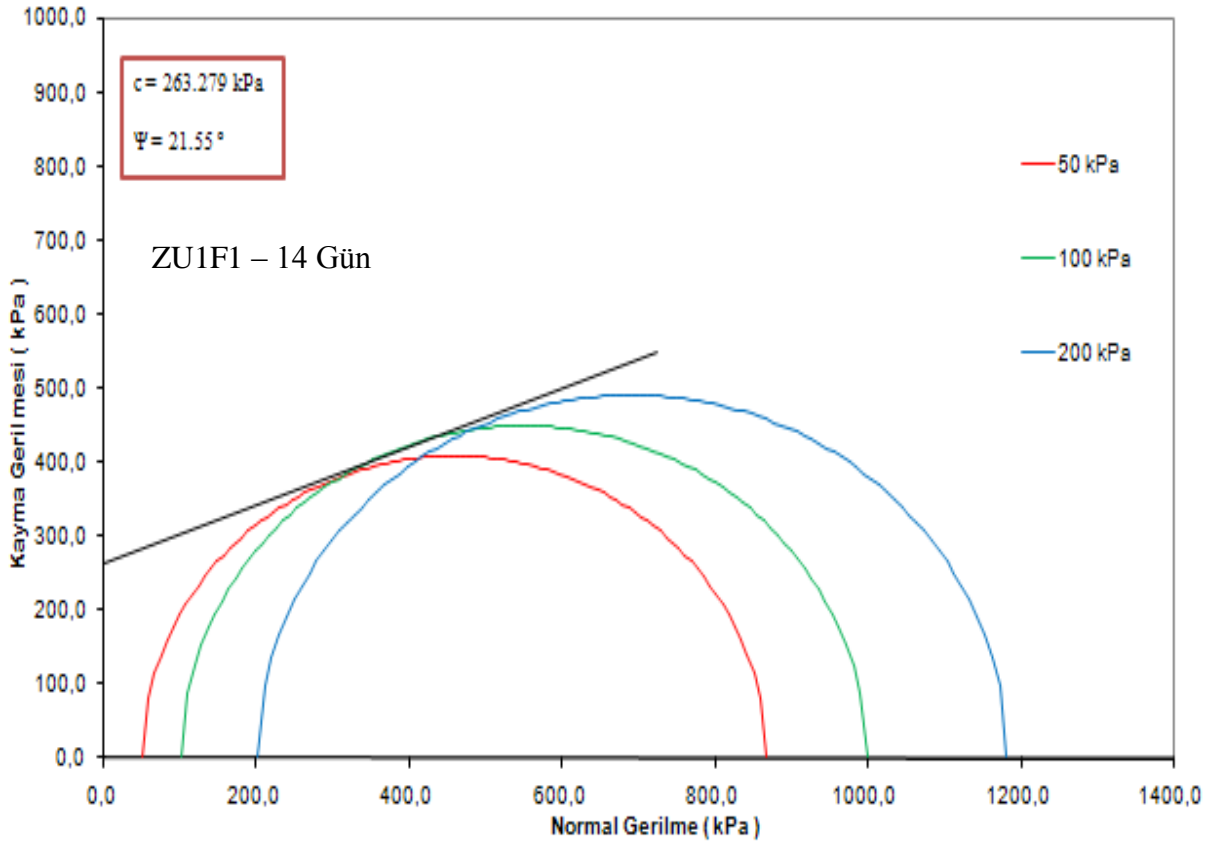
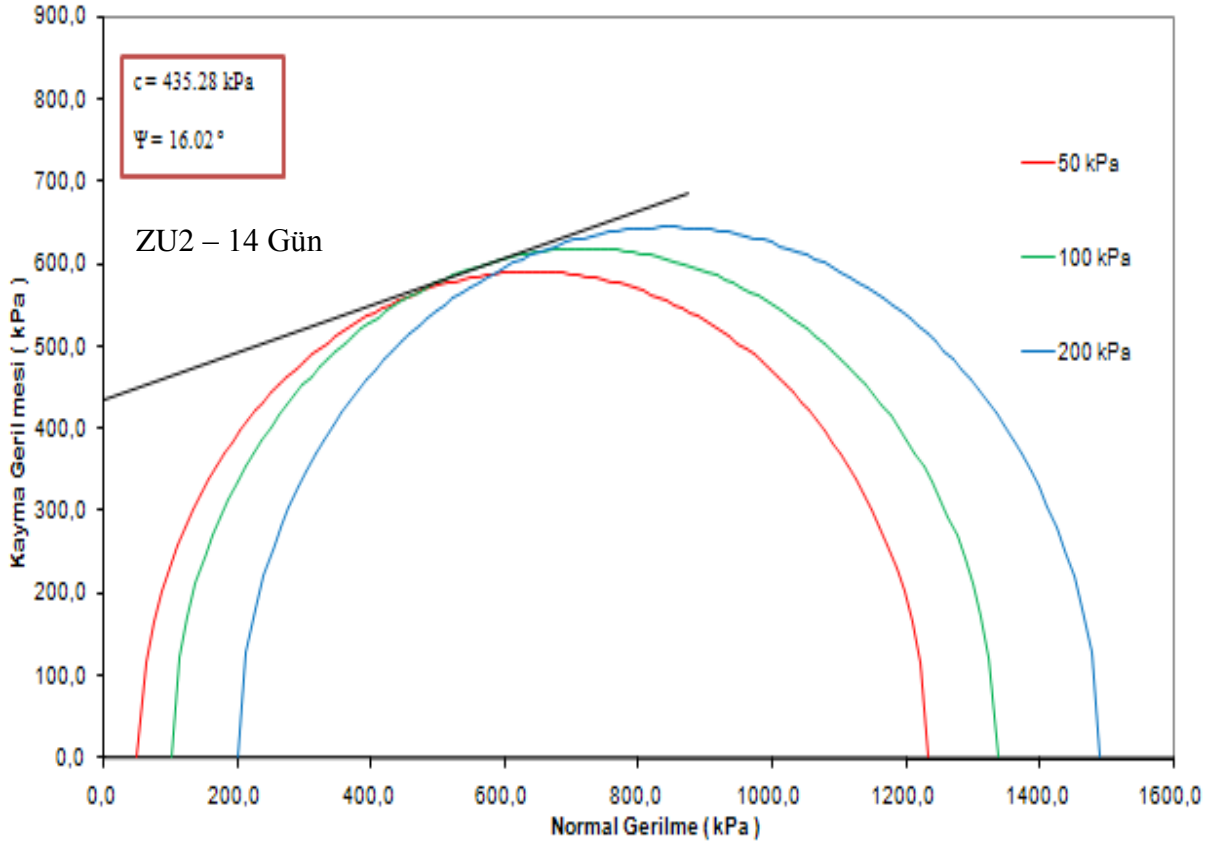
Ek 34.(Devamı) Karışım serileri kırılma zarfları



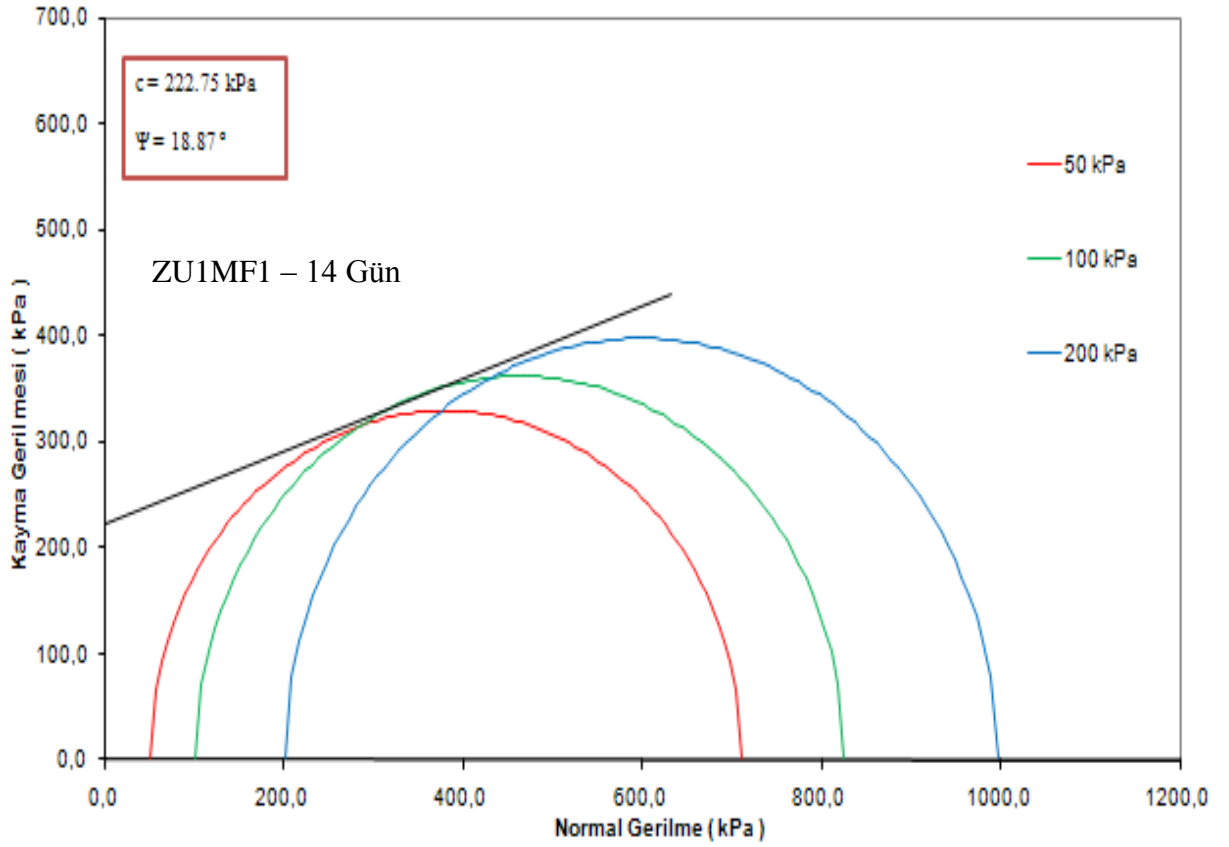
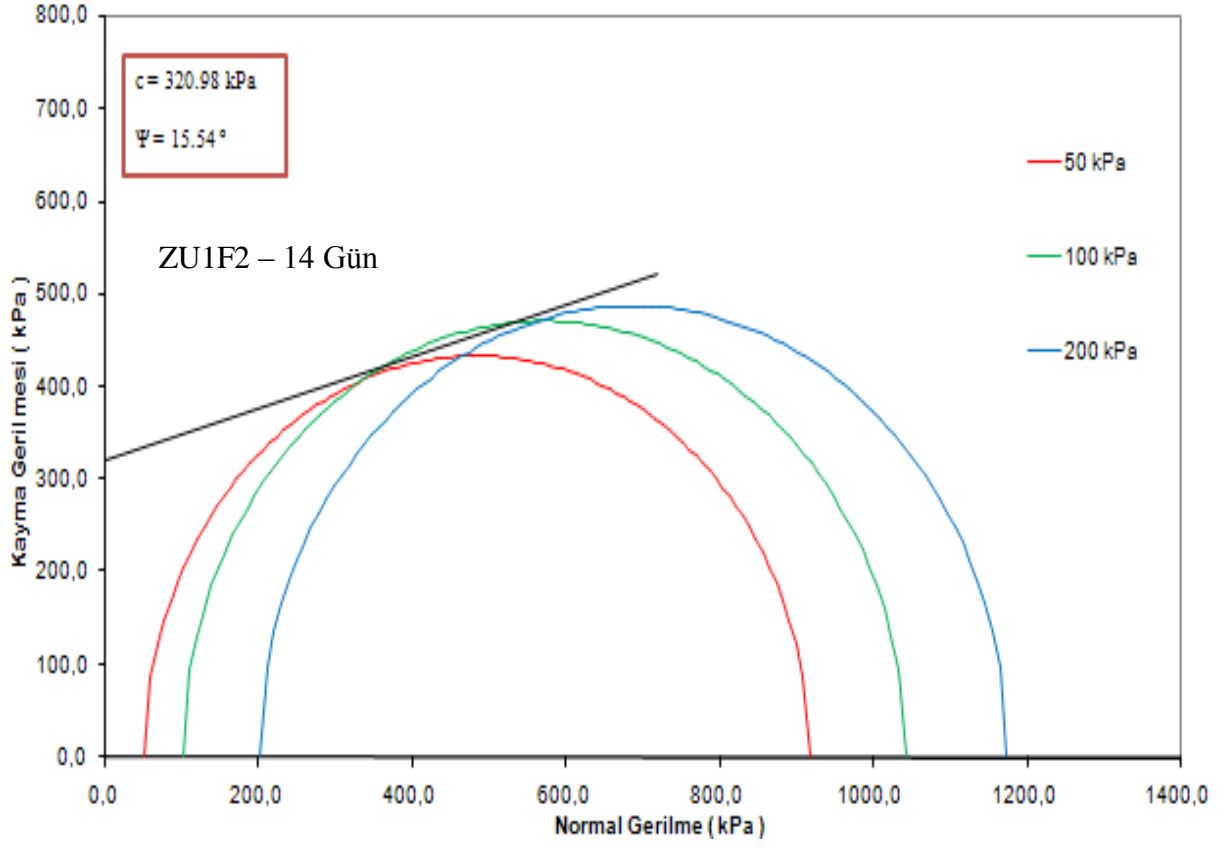
Ek 34.(Devamı) Karışım serileri kırılma zarfları



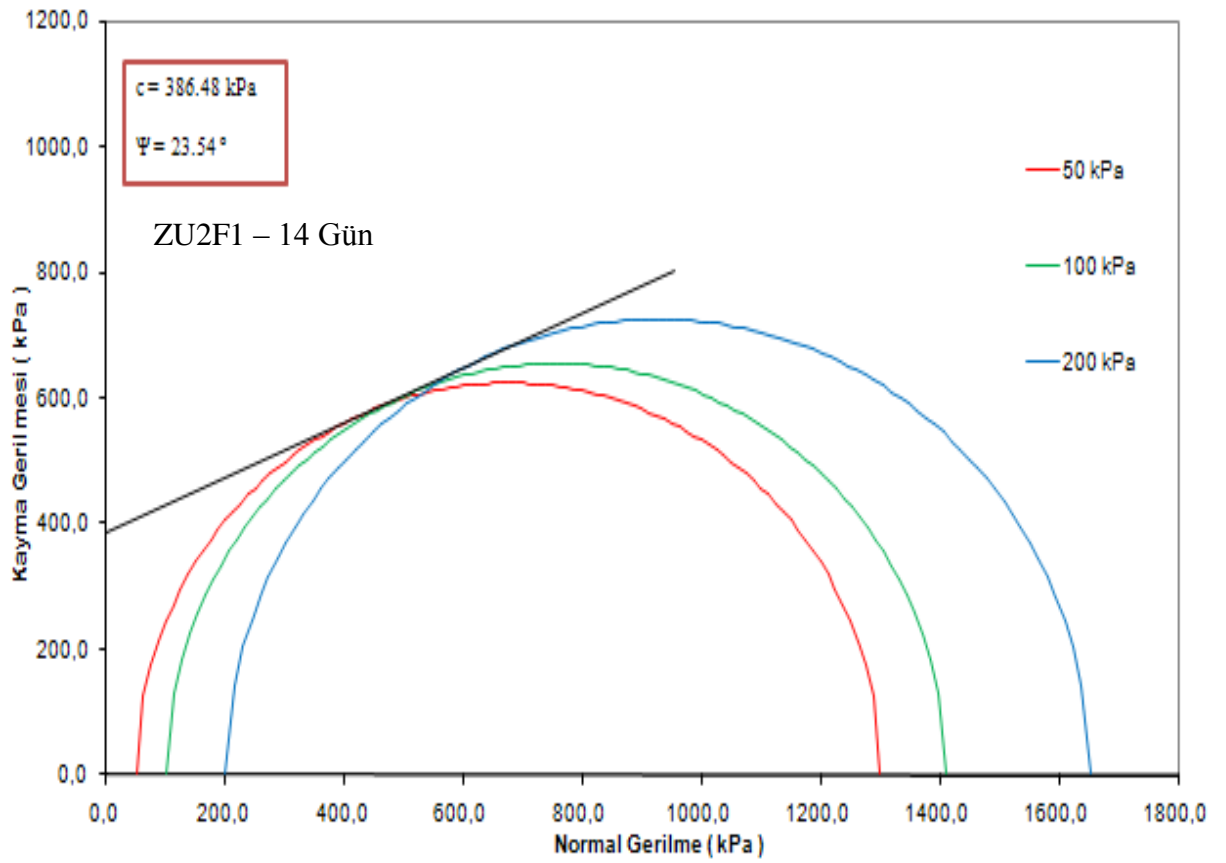
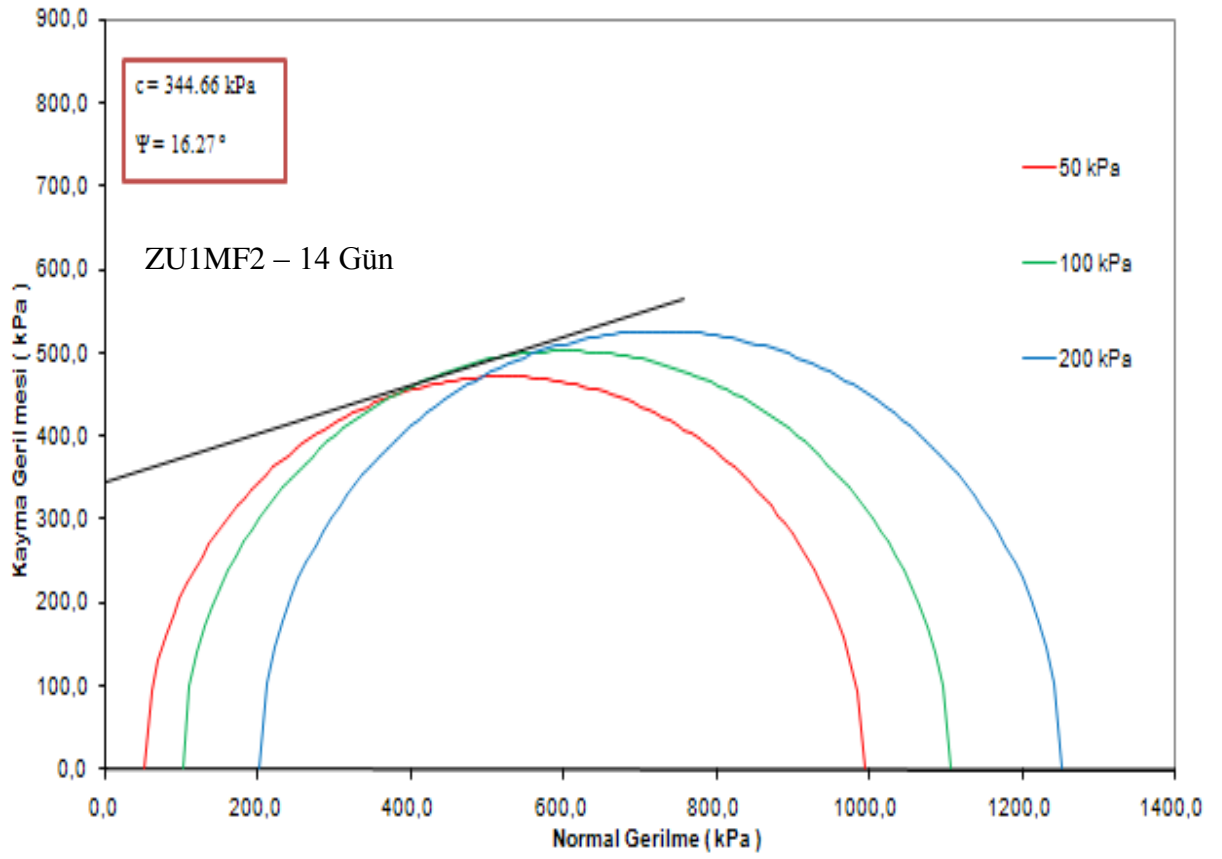
Ek 34.(Devamı) Karışım serileri kırılma zarfları



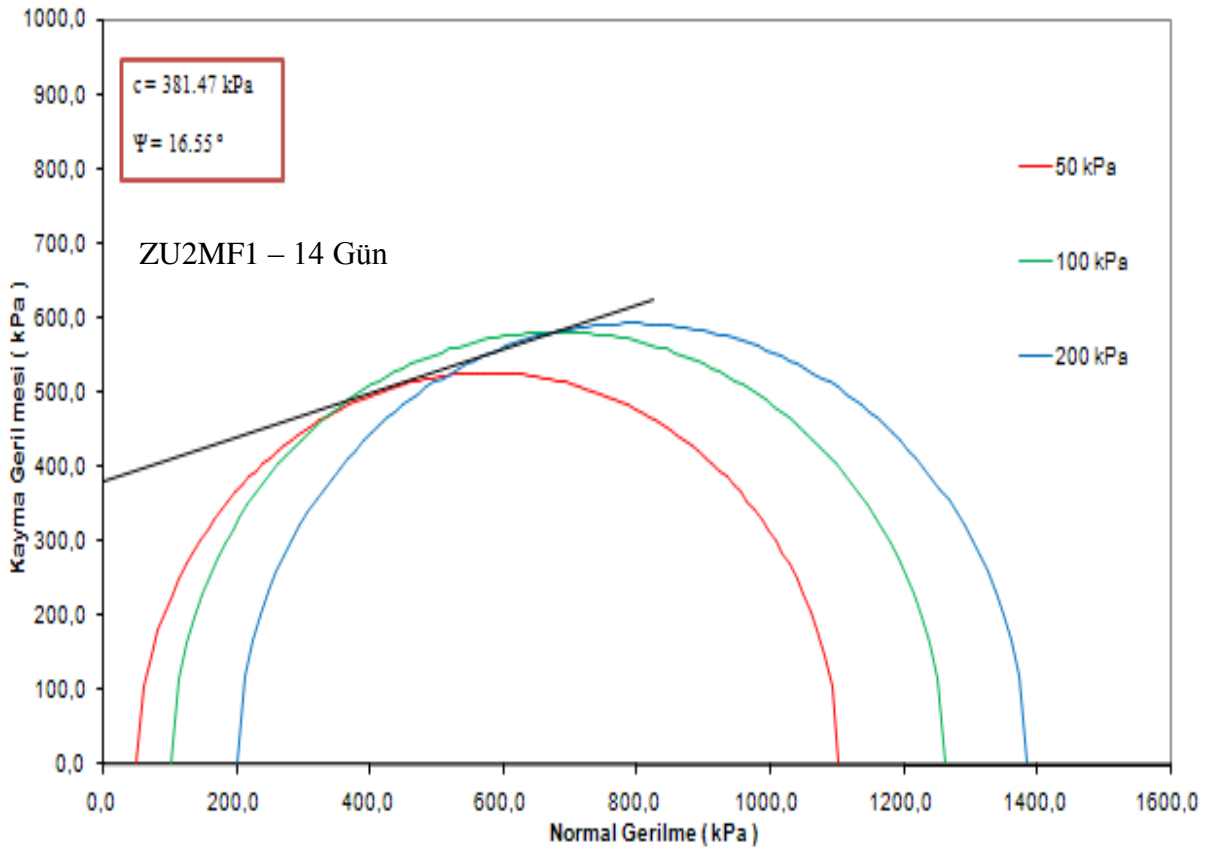
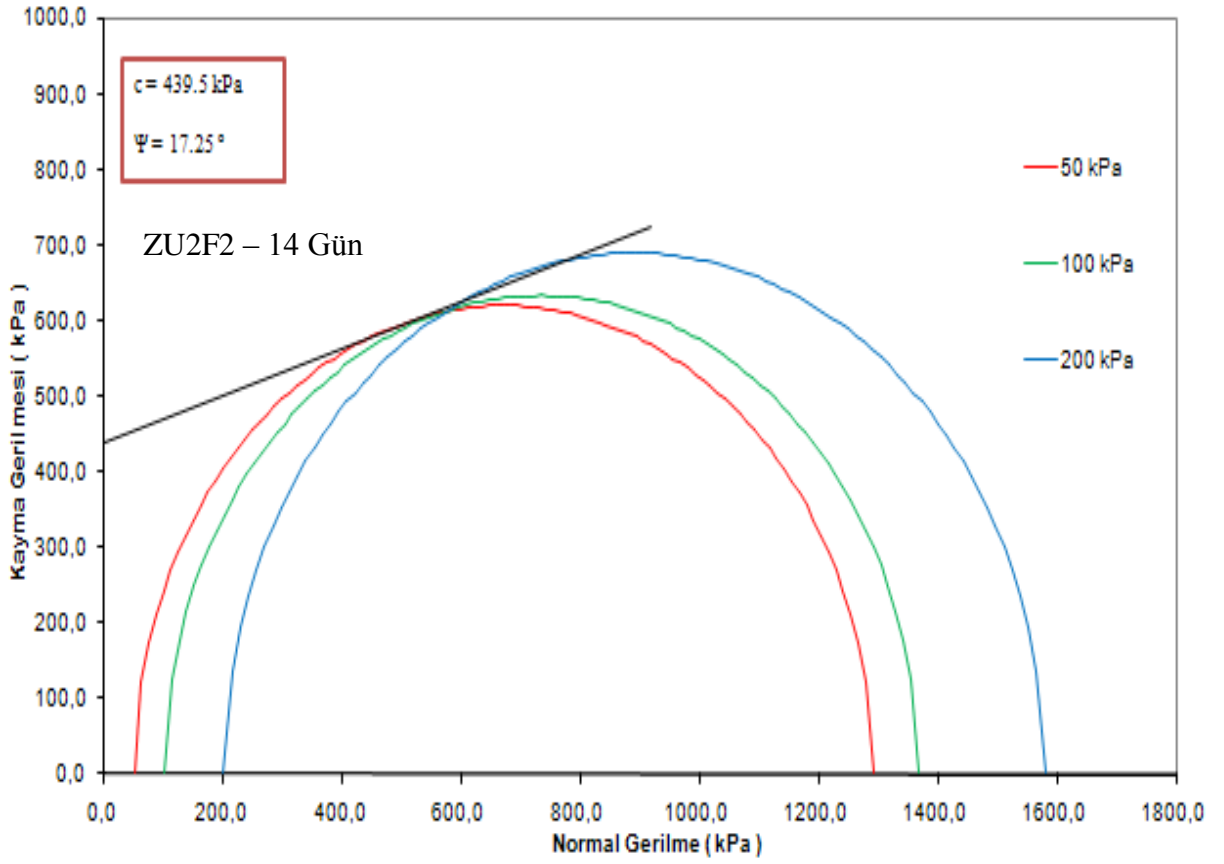
Ek 34.(Devamı) Karışım serileri kırılma zarfları



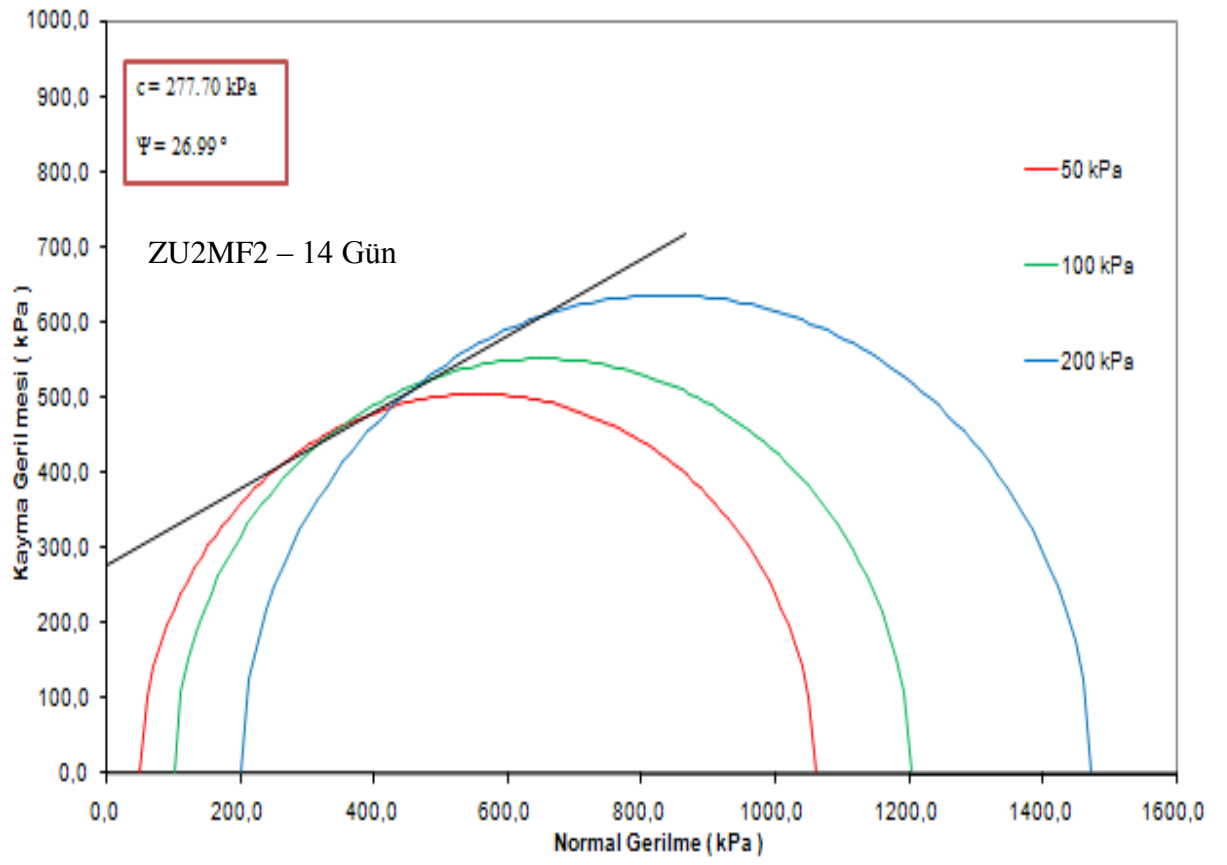
Ek 34.(Devamı) Karışım serileri kırılma zarfları



Ek 34.(Devamı) Karışım serileri kırılma zarfları



Ek 34.(Devamı) Karışım serileri kırılma zarfları



Ek 34.(Devamı) Karışım serileri kırılma zarfları