

İYİ DERECELENMİŞ ZEMİNLERİN  
SİLİS DUMANI VE FOSFOJİPS İLE  
STABİLİZASYONU

MURAT GÜNAYDIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
2011

CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İYİ DERECELENMİŞ ZEMİNLERİN SİLİS DUMANI VE  
FOSFOJİPS İLE STABİLİZASYONU

MURAT GÜNAYDIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI  
YRD.DOÇ.DR. AHMET ŞENOL

SİVAS

2011

## FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE

Bu çalışma Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmış ve jürimiz tarafından, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç.Dr. Sahavat HANALİ

Üye : Yrd.Doç.Dr. Ahmet ŞENOL

Üye : Ydr.Doç.Dr. Salih YÜKSEK

### ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

..../..../2011

Prof.Dr. Mustafa DEĞİRMENCİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosunun 24.09.2008 tarih ve 009 sayılı toplantısında kabul edilen Fen/Sağlık Bilimleri Enstitülerine ait Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu adlı yönergeye göre hazırlanmıştır.

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	i
<b>ÖZET</b> .....	ii
<b>ABSTRACT</b> .....	iii
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	iv
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	v
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	vi
<b>SİMGELER DİZİNİ</b> .....	vii
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI</b> .....	2
<b>2.1. SİLİS DUMANI</b> .....	2
2.1.1 Silis Dumanının Yapı Sektöründe Kullanımı.....	4
2.1.2. Silis Dumanı Kullanımı ile Betonda Sağlanan Avantajlar.....	5
2.1.3. Silis Dumanının Diğer Kullanım Alanları.....	6
<b>2.2. FOSFOJİPS</b> .....	6
<b>2.3. SİLİS DUMANI VE FOSFOJİPS HAKKINDA YAPILAN ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR</b> .....	9
<b>3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR</b> .....	12
3.1. Giriş.....	12
3.2. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Malzemeler.....	14
3.2.1. Silis Dumanı.....	14
3.2.2. Fosfojips.....	15
3.2.3. Zemin Örneği.....	15
3.3. Numunelerin Hazırlanması.....	15
3.4. Yapılan Deneysel Çalışmalar.....	16
3.4.1. Elek Analizi Deneyi.....	16
3.4.2. Modifiye Proktor Deneyi.....	19
3.4.3. CBR (Kaliforniya Taşıma Oranı) Deneyi.....	22
3.4.4. Serbest Basınç Deneyi.....	28
<b>4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER</b> .....	32
<b>KAYNAKLAR</b> .....	35
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	39
<b>EKLER</b> .....	40

## ÖZET

### İYİ DERECELENMİŞ ZEMİNLERİN SİLİS DUMANI VE FOSFOJİPS İLE STABİLİZASYONU

Murat GÜNAYDIN

Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd.Doç.Dr.Ahmet ŞENOL

2011 ,

Bu çalışmada, Antalya Ferrokrom Tesisi Silis Dumanı ile Fosfojipsin iyi derecelenmiş granüler malzemelerin iyileştirilmesine yönelik etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla Ordu-Mesudiye Dere yolu Çatalkaya mevkiinde bulunan bazalt taş ocağından konkasör tesisinde üretilmiş 0-25 mm ocak taşından kırılmış ve elenmiş yol temel malzemesine değişik oranlarda silis dumanı ve fosfojips karıştırılarak numuneler hazırlanmıştır. Hazırlanan bu numuneler CBR, tek eksenli basınç ve kompaksiyon testlerine tabii tutularak fiziko mekanik özellikleri araştırılmıştır. Silis dumanı ve fosfojips eklenerek hazırlanan bu yapay örneklerin tümünün cbr, serbest basınç dayanımı, optimum su muhtevaları ve maksimum kuru birim hacim ağırlıklarındaki değişimler hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: İyi derecelenmiş zemin, Silis Dumanı, Fosfojips, CBR, Tek Eksenli Basınç Deneyi, Stabilizasyon

## ABSTRACT

### THE STABILIZATION OFF WELL-GRADED SOIL WITH SILICA FUME AND PHOSPHOGYPSUM

Murat GÜNAYDIN

Master of Science Thesis, Department of Civil Engineering

Supervisor : Assist. Prof. Dr. A. ŞENOL

2011 ,

In this study, well-graded granular material of Antalya Ferro-Chrome Plant Silica Fume and Phosfogyps were investigated for the improvement. For this purpose, samples were produced from 0-25 mm quarry stone broken and sieved road basic material that were prepared by mixing various amounts of silica fume and phosfogyps which was fabricated in the crusher plant on the road of Ordu-Mesudiye River found in the area Çatalkaya basalt quarry. The physico mechanical properties of the prepared samples were investigated by the CBR, uniaxial pressure and compaction tests. The CBR, unconfined compressive strength, optimum water ingredients and maximum dry unit volume weight changes were calculated of all of these artificial samples which were prepared by adding silica fume and phosfogyps.

Keywords: Well-graded soil, Silica Fume, Phosfogyps, CBR, Uniaxial Pressure Test, Stabilization

## TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans çalışmam sırasında gerek konu seçimim gerek laboratuvar ve büro çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen, çalışmam boyunca bilgi ve tecrübeleriyle yüksek lisansımın tamamlanmasında en büyük pay sahibi olan danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Ahmet ŞENOL'a

KGM VII. Bölge Müdürlüğü Araştırma Başmühendisliğı Toprak Laboratuvarı çalışanlarına,

Ordu İl Özel İdaresinde görev yapan mesai arkadaşlarıma,

Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü personellerine,

Ayrıca Yüksek Lisans tezimin hazırlanması süresince desteğini esirgemeyen eşim Nevin GÜNAYDIN'a ve aileme teşekkürlerimi sunarım.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa No</b>
Şekil 3.1. Silis dumanı.....	14
Şekil 3.2. Fosfojips.....	15
Şekil 3.3. Etüvde kalsinasyon.....	15
Şekil 3.4. Karışımların hazırlanması ve kompaksiyon.....	16
Şekil 3.5. Silis dumanı ve fosfojipsin priz alması.....	17
Şekil 3.6. Zemin-Silis Dumanı-Fosfojips ( 3'lü karışım ) karışımları genel OSM-MKBA değerleri.....	21
Şekil 3.7. Zemin-Silis Dumanı-Fosfojips ( 2'li karışım ) karışımları genel OSM-MKBA değerleri.....	22
Şekil 3.8. Kür havuzunda bekletme.....	23
Şekil 3.9. Yük-penetrasyon ilişkisi.....	23
Şekil 3.10. Karışım serileri ortalama şişme yüzdeleri.....	26
Şekil 3.11. Karışım serileri CBR artış oranları.....	27
Şekil 3.12. Serbest basınç deneyi numuneleri.....	28
Şekil 3.13. Z-ZSD1-ZSD2-ZSD3 Serileri gerilme-deformasyon ilişkisi.....	29
Şekil 3.14. Z-ZF1-ZF2-ZF3-ZF4 Serileri gerilme-deformasyon ilişkisi.....	29
Şekil 3.15. Z-ZSD1F1-ZSD1F2-ZSD1F3-ZSD1F4 Serileri gerilme-deformasyon İlişkisi.....	30
Şekil 3.16. Z-ZSD2F1-ZSD2F2-ZSD2F3-ZSD2F4 Serileri gerilme-deformasyon İlişkisi.....	30
Şekil 3.17. Z-ZSD3F1-ZSD3F2-ZSD3F3-ZSD3F4 Serileri gerilme-deformasyon İlişkisi.....	31

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa No</b>
Çizelge 2.1. Dünyadaki yıllık silis dumanı üretimi.....	3
Çizelge 2.2. Baca tozu kimyasal analizleri.....	4
Çizelge 2.3. Fosfojipse ait fiziksel ve kimyasal özellikler.....	9
Çizelge 3.1. Deneysel çalışmalarda kullanılan karışım oranları.....	13
Çizelge 3.2. Silis dumanının genel teknik özellikleri.....	14
Çizelge 3.3. Elek analizi deney formu.....	18
Çizelge 3.4. Elek analizi grafiği.....	19
Çizelge 3.5. Karışım serileri ve OSM-MKBA değerleri.....	20
Çizelge 3.6. Karışım serileri ortalama CBR değerleri.....	24
Çizelge 3.7. Karışım serileri ortalama CBR şişme yüzdeleri.....	25
Çizelge 3.8. Serbest basınç deneyi sonuçları.....	32

## SİMGELER VE KISALTMALAR

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
$W_{opt}$	Optimum Su Muhtevası
$\gamma_{kmax}$	Maksimum Kuru Birim Hacim Ağırlık
$d$	Elek Çapı
$c$	Kohezyon
$\Psi$	İçsel Sürtünme Açısı
$\sigma$	Normal Gerilme
$\tau$	Kayma Gerilmesi
$\sigma_d$	Deviatör Gerilme
$\rho$	Ağırlıkça Donatı Oranı
$W_{donatı}$	Zemine Katılan Donatı Ağırlığı
$W_{karışım}$	Deney Kabına Yerleştirilen Toplam Karışım Ağırlığı

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
<b>SD</b>	Silis Dumanı
<b>F</b>	Fosfojips
<b>Z</b>	% 100 Zemin
<b>ZSD1</b>	% 95 Zemin + % 5 Silis Dumanı
<b>ZSD2</b>	% 90 Zemin + % 10 Silis Dumanı
<b>ZSD3</b>	% 85 Zemin + % 15 Silis Dumanı
<b>ZF1</b>	% 95 Zemin + % 5 Fosfojips
<b>ZF2</b>	% 90 Zemin + % 10 Fosfojips
<b>ZF3</b>	% 85 Zemin + % 15 Fosfojips
<b>ZF4</b>	% 80 Zemin + % 20 Fosfojips
<b>ZSD1F1</b>	% 90 Zemin + % 5 Silis Dumanı + % 5 Fosfojips
<b>ZSD1F2</b>	% 85 Zemin + % 5 Silis Dumanı + % 10 Fosfojips
<b>ZSD1F3</b>	% 80 Zemin + % 5 Silis Dumanı + % 15 Fosfojips

<b>ZSD1F4</b>	% 75 Zemin + % 5 Silis Dumanı + % 20 Fosfojips
<b>ZSD2F1</b>	% 85 Zemin + % 10 Silis Dumanı + % 5 Fosfojips
<b>ZSD2F2</b>	% 80 Zemin + % 10 Silis Dumanı + % 10 Fosfojips
<b>ZSD2F3</b>	% 75 Zemin + % 10 Silis Dumanı + % 15 Fosfojips
<b>ZSD2F4</b>	% 70 Zemin + % 10 Silis Dumanı + % 20 Fosfojips
<b>ZSD3F1</b>	% 80 Zemin + % 15 Silis Dumanı + % 5 Fosfojips
<b>ZSD3F2</b>	% 75 Zemin + % 15 Silis Dumanı + % 10 Fosfojips
<b>ZSD3F3</b>	% 70 Zemin + % 15 Silis Dumanı + % 15 Fosfojips
<b>ZSD3F4</b>	% 65 Zemin + % 15 Silis Dumanı + % 20 Fosfojips
<b>MKBA</b>	Maksimum Kuru Birim Hacim Ağırlık
<b>OSM</b>	Optimum Su Muhtevası
<b>CBR</b>	Kaliforniya Taşıma Oranı
<b>SBD</b>	Serbest Basınç Dayanımı

## 1. GİRİŞ

Ekolojik dengenin korunması ve kirliliğin önüne geçilebilmesi için günümüzde, çeşitli ürünlerin üretimi sırasında elde edilen yan ürün veya artıkların değerlendirilmesi üzerinde yoğun olarak çalışılmaktadır. Bu çalışmaların başında da stabilizasyon gelmektedir.

Karayolları üst yapısında trafik yükündeki artış ve yol standartlarının yükselmesi nedeniyle daha sağlam tabakalar üretilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Mevcut malzemeler ile istenilen mukavemet ve geoteknik özellikler sağlanamadığı durumlarda katkı malzemeleri ile stabilizasyona başvurulmaktadır. Ayrıca her bölgede istenilen özelliklerde malzeme üretilmemesi nedeniyle katkı maddeleri ile stabilizasyon sonucunda üretilen malzemelerin şartname sınırları içerisine getirilmesi sağlanmaktadır. Stabilizasyon günümüzün üzerinde yoğun olarak çalışılan mühendislik olaylarından biridir. Stabilizasyon konusunda son yıllarda yeni yöntemler önerilmiş ve uygulanmıştır. Bunun nedeni daha sağlam mühendislik yapıları elde etmektir. Endüstrinin gelişmesine paralel olarak atık madde üretiminin artması ve yeni malzemeler üretilmesi sonucu stabilizasyonun önemi daha da artmaktadır.

Bu çalışmada, katkı malzemeleri ile iyi derecelenmiş yol temel malzemesinin stabilizasyonu üzerine deneysel çalışmalar yapılmıştır. Bu kapsamda öncelikle deneysel çalışmalarda kullanılan ocak taşından konkasörde kırılmış ve elenmiş 0-25 mm temel malzemesinin geoteknik özellikleri belirlenmiştir. Temel malzemesine silis dumanı–fosfojips belirli oranlarda ve Maksimum Kuru Birim Ağırlık–Optimum Su Muhtevası (MKBA-OSM) dengesinde karıştırılarak Kaliforniya Taşıma Oranı (CBR) ve Serbest Basınç Deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneyler neticesinde ortaya çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

### 2.1. SİLİS DUMANI

Elektrometalurji sanayiinde silisyum ferrosilisyum alaşımlarının üretiminde bir yan ürün olarak elde edilen silis dumanı, çok küçük küresel taneli olup yaklaşık %90 oranında amorf silis içermesinden dolayı puzolanik değeri yüksek bir maddedir. Silis dumanı açık elektrik ark fırınında kuvarsın 2000 °C de indirgenmesi ile ortaya çıkmaktadır. Yüksek sıcaklıkta gaz haline geçen SiO<sub>2</sub> soğutma sırasında yükseltgenerek SiO<sub>2</sub> halinde birikmektedir. Ani soğutma nedeniyle kristalleşmeyen SiO<sub>2</sub> amorf yapıda çok küçük taneler halinde oluşmaktadır. Oluşan amorf SiO<sub>2</sub> taneleri çok küçük küresel şekildedirler.

Silis dumanı ile ilgili çalışmalar 1952 yılında Norveç'te başlamış, çalışma sonuçları 1970'lerin başında açıklanmış ve 1970'lerin sonlarında beton sektöründe pratik olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Yüksek oranda ( % 85-90 ) amorf SiO<sub>2</sub> içeren silis dumanı gri renkli bir tozudur. Silis dumanı 0,1 mikron ortalama partikül çapı ile çimento taneciklerinden 100 kat daha ince bir malzemedir. Özgül yüzeyi 20.000 m<sup>2</sup>/kg civarındadır. Yığın birim hacim ağırlığı 150-250 kg/m<sup>3</sup> dür. ( Yeğınobalı, 1993 )

Dünyadaki toplam silis dumanı üretimi yaklaşık 1 milyon tondur. Bunun 130.000 tonu ABD'de , 120.000 tonu Norveç'te ve geriye kalanı diğer ülkelerde üretilmektedir. Kuzey Amerika'da 13 adet silikon, silis dumanı ve ferrosilikon üreten santral vardır. 11 tanesi ABD'de, 2 tanesi ise Kanada'dadır. Dünyadaki silis dumanı üretim miktarları Çizelge 2.1.'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Dünyadaki Yıllık Silis Dumanı Üretimi (1999)

Ülke	Ferrosilis Fırınlarından ( Ton )	Silis Fırınlarından ( Ton )
Kuzey Amerika	110.000	
Batı Avrupa	188.000	
Latin Amerika	35.000	
Uzak Doğu	159.000	
A.B.D.		100.000
Norveç		45.000
Fransa		30.000
İtalya		20.000
Güney Afrika		15.000
Portekiz		15.000
Yugoslavya		15.000
İsveç		10.000
İsviçre		5.000
İspanya		5.000
Batı Almanya		3.000
Türkiye *	1.800	1.200

\*"Etibank Antalya Ferrokrom İşletmesi Ürünleri ve Kapasiteleri" Etibank Genel Müdürlüğü, Ankara kaynağından alınmıştır.

Ülkemizde silis dumanı Etibank elektrometalurji sanayi işletmesinin Antalya'daki tesislerinde elde edilmektedir. Antalya ETİ E.A.Ş'nin üç farklı elektrik-ark fırınından üç çeşit baca tozu toplanmaktadır. Bunlar, ferrosilisyum baca tozu, silikoferrokrom baca tozu ve ferrokrom baca tozudur. Baca tozlarının özellikleri Çizelge 2.2.'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Baca Tozu Kimyasal Analizleri

Kimyasal bileşim (%)	Ferrosilisyum fırını	Silikoferrokrom fırını
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	1 – 4
SiO <sub>2</sub>	85 – 95	70 – 85
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.5 - 1.0	1 - 2.5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1 – 3	2 – 5
CaO	0.8 - 1.2	1 – 2
MgO	1 – 2	4 – 8
S	0.1 - 0.3	1 - 3.5
C	0.5 - 1.0	1 - 1.5
Kızdırma Kaybı	0.5 - 1.0	0.5 - 1.3
Yığma Yoğunluk(gr/cm <sup>3</sup> )	0.3 - 0.5	0.15 - 0.25

Yukarıdaki çizelgeden de görüldüğü gibi ferrosilisyum ve silikoferrokrom baca tozlarının, içerdikleri SiO<sub>2</sub> miktarı nedeniyle “Silis Dumanı” olarak nitelendirilmesi mümkündür ( Yılmaz, 2002 ). Tesislerdeki fırınlardan özel filtreli toz tutucularla ortalama olarak yılda 1800 ton FeSi(ferrosilisyum), 1200 ton SiFeCr (silikoferrokrom) baca tozu elde edilmektedir. Ancak 1999 yılından bu yana ferrosilisyum tesisi çalışmamaktadır.

Yığın halindeki birim hacim ağırlığı ve tane boyutu çok düşük olduğundan depolanmasında ve taşınmasında sorun çıkmaktadır. Bu nedenle siloda hava üflenmesi ile yoğunlaştırılmakta veya şerbet haline getirilmektedir. Yoğunlaştırma sonucu yığın birim hacim ağırlığı 700 kg/m<sup>3</sup>’e kadar çıkabilmektedir.

### 2.1.1. Silis Dumanının Yapı Sektöründe Kullanımı

Normal portland çimentosu üretimi enerji tüketimi pahalı bir yöntemdir. Bu sebepten dolayı bu konuda yapılmakta olan araştırmaların çoğu çimento üretimindeki enerji üretimini azaltmak yada cüruf, silis dumanı, uçucu kül ve doğal puzolanlar gibi mineral katkıların kullanımı ile beton üretimi maliyetini düşürmek için yapılmaktadır. Bu bileşenler sertleşmiş haldeki hamurun faz bileşimini ve mikro yapısını ve netice itibariyle betonun özelliklerini etkiler.

Silis dumanı iki şekilde beton imalatında kullanılır. Çimento yapımında portlant çimentosu ve alçıtaşı ile birlikte öğütülerek veya beton karışımlarında kısmen çimento yerine, silis dumanı eklenerek kullanılır

Bugün betonun bozulmasına en büyük sebeplerden birisi deniz tuzlarının ve anti-buz tuzlarının sebep olduğu korozyondur. Düşük su muhtevalı silis dumanlı beton klor iyonlarının nüfuzuna karşı yüksek dayanım gösterir.

Birkaç yıl öncesine kadar 40 Mpa dayanımlı beton yüksek dayanımlı beton olarak kabul edilirken, bugün 100 Mpa basınç dayanımına sahip beton kolayca üretilmektedir. Özellikle yüksek yapılar için silis dumanlı beton kullanmak, düşey yüklerin taşınmasında çok ekonomik bir yöntemdir.

Diğer puzolanlara benzer olarak silis dumanı çimentonun hidratasyonu sırasında açığa çıkan  $\text{Ca(OH)}_2$  ile hızla reaksiyona girerek kalsiyum silikat hidrateler oluşturur. Bunun sonucu suda çözülebilen serbest kireç  $\text{Ca(OH)}_2$  stabilize edilmektedir. Reaksiyona girmeyen taneler ise çimento ve agrega arasında kılcal çatlakları ve boşlukları doldurarak daha geçirimsiz bir yapının oluşmasına neden olmaktadır.

### **2.1.2. Silis Dumanı Kullanımı İle Betonda Sağlanan Avantajlar**

Beton özelliklerine olan etkileri uçucu külün etkileri ile benzerdir. Ancak çok ince olması nedeni ile bazı farklılıklar gösterir.

**Dayanım Artışı:** Puzolanik reaksiyonların çok hızlı olması nedeni ile erken yaşlardaki dayanımlar da yüksektir. Kısa sürede oldukça yüksek dayanımlar sağlar. Süper bir puzolan olması nedeni ile 28 günlük basınç dayanımı 100 Mpa ve üzerinde betonlar elde edilmesinde çok olumlu sonuçlar alınmaktadır. ( Türker, 1997 ) Çimentonun %10-15 oranında kullanılması ile basınç dayanımında %20 ye varan bir artış olduğu izlenmiştir.

**İşlenebilirlik:** Silis dumanının çok ince olması su ihtiyacını artırır. Bu nedenle çimento yerine kullanım oranı sınırlıdır ve optimum kullanım oranı çimento ağırlığının %8-10'u kadardır. %5'in üzerinde kullanılması halinde yeterli işlenebilirlik sağlamak için mutlaka bir akışkanlaştırıcı madde kullanmak gerekir. Taze betonun ayrışmaya karşı direncini ve pompalanabilme yeteneğini önemli ölçüde artırır. ( Türker,1997 )

**Geçirgenlik:** Silis dumanı katılarak üretilen betonlarda geçirgenliğin normal betonlara göre oldukça azaldığı gözlenmiştir. Oksijen, sülfatlar, klor, su, gazlar ve muhtelif akıcı maddelerin beton içerisine nüfuz etmesi zorlaşmaktadır.

Alkali-Silika Reaksiyonu: Silis dumanı beton döküldükten sonra serbest kalan alkalileri nötrale eder. Ayrıca geçirimsizliği ile dışarıdan alkali nüfuzunu önler. Karışımda çimento miktarı azalacağı için toplam alkali muhtevası düşer. Silis dumanı kullanımı klor-iyon nüfuzunu ve donatının korozyonunu azaltmaktadır.

### 2.1.3. Silis Dumanının Diğer Kullanım Alanları

- ❖ Çimento ve Beton Uygulamalarında;
  - Araç Park Yerlerinde
  - Köprü Döşemelerinde
  - Tünellerde
  - Liman Yapılarında
  - Yol Şeritlerinde
  - Yüksek Katlı Yapılarda
- ❖ Refraktör Olarak
- ❖ Suni Gübre Olarak
- ❖ Filler Olarak
- ❖ Petrol Endüstrisinde, Petrol Kuyularının Dolgusu ve Çimentolanmasında
- ❖ Zemin stabilizasyonunda kullanılmaktadır.

## 2.2. FOSFOJİPS

Yaş yöntemle fosforik asit üretimi, fosfat kayasının sülfürik asitle reaksiyona sokulması esasına dayanır. Reaksiyonda oluşan fosforik asit ve yan ürün fosfojips süzülerek birbirinden ayrılır. Elde edilen yan ürün  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  fosfojips olarak bilinir. Kimyasal bileşimi doğal alçı ile aynı olmasına rağmen içerdiği bazı safsızlar doğal alçı yerine kullanılmasını kısıtlamaktadır. Fosfojips F,  $\text{P}_2\text{O}_5$  ve organik madde gibi safsızlar içermektedir. Fosfojipste bu safsızların miktarı üretim yöntemine ve hammadde olarak kullanılan fosfat kayasına bağlıdır. Fosfojipsin yapısında bulunan safsızlar endüstride değerlendirilmesini ciddi şekilde sınırladığından, fosfojipsin kullanılmadan önce bir ön işlemle geçirilip safsızların uzaklaştırılması veya etkilerinin en aza indirilmesi gerekmektedir. Bu ön işlemlerden biride fosfojipsin kalsine edilmesidir. Bu çalışmada fosfojips etüvde  $150^\circ\text{C}$ 'de 24 saat kalsine edilerek kullanılmıştır.

Dünya nüfusunun artmasına bağlı olarak, hayati önem taşıyan beslenme sorunu ortaya çıkmış; ekilebilir tarım alanlarının sınırlı olusundan dolayı, gittikçe artan dünya

nüfusunun beslenmesi için bu alanlardan daha fazla ürün elde etme yoluna gidilmiştir. Bu nedenle tarımın modernleşmesi gerekmiştir. Modern tarımda kimyasal gübrelere, özellikle fosfatlı gübrelere önemi çok büyüktür. Bundan dolayı canlıların gelişmesinde etkin bir besin maddesi olan fosfata, dünyadaki açlığın ortadan kaldırılmasında önemli stratejik bir hammadde olarak bakılmaktadır. Bu amaca yönelik yapılan araştırmalar sonucu dünyada elverişli fosfat yatakları bulunmuş ve geliştirilmiştir. Nüfus artışına bağlı olarak gıda temini gerektiğinden gelecekte fosfatlı gübrelere olan ihtiyaç daha da artacaktır. Fosfat kayasının %85'i gübre olarak değerlendirilmektedir. %15'lik bölümü ise yem, gıda, deterjan, alaşım metalürjisi, kâğıt, kibrit, su tasfiyesi, harp sanayi ve kimya sanayinde kullanılmaktadır. Yıllara göre fosfat kayası üretimi karşılaştırıldığında üretim azalmaktadır. Ana fosfat üreticisi ülkelerin üretimi ya sabit kalmış veya düşmüştür. 2005 yılında dünya fosfat tüketiminin %4 oranında azaldığı tahmin edilmektedir. Üretimdeki bu düşüşün nedeni Batı Avrupa'nın fosfata olan talebinin azalmış olması ve son yıllarda ziraatta daha az gübre kullanılarak istenen verimin elde edilme yöntemlerinin geliştirilmesidir. Ayrıca artan gübre üretimi sonucunda her yıl elde edilen atık miktarı da artmakta ve bu atıkların depolanması veya elden çıkarılması sorun olmaktadır. Bu atıklar genellikle tarım arazileri üzerinde depolanmakta veya deniz ve nehirlere dökülmekte bu da çevre kirliliğine yol açmaktadır. Ayrıca sedimanter fosfatlarda bulunan kadmiyum da yüksek oranlarda olduğu zaman çevre sorunu yaratmaktadır. Bu nedenle özellikle Batı Avrupa'da magmatik fosfatlar tercih edilmektedir.

Bir tarım ülkesi olma niteliğini koruyan ülkemizin fosfat kayasına ilgisi 1960'lı yıllarda başlamıştır. Türkiye Ticaret ve Sanayi Odaları Birliği'ne bağlı olarak 1961 yılında kurulan Maden Yardım Komisyonu 1962 yılında Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Mardin-Mazıdağı yöresinde ilk fosfatlı seviyeleri tespit etmiştir. Bu bölgenin fosfat oluşumu yönünden ilk planda ele alınmasının gerektiği kanaatine varılmıştır. Aynı yıllarda bu bölgede bir taraftan M.T. A. diğer taraftan Etibank işbirliği halinde yoğun bir arama faaliyetine girilmiştir. M.T. A Enstitüsü'nün araştırmaları sonucunda, Maden Yardım Komisyonu'nca ruhsatı alınmış olan, fosfat sahaları dışında, %8 -%15 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> içeren, fosfat yatakları ortaya çıkarılmıştır. Düşük tenörlü taşıt fosfat yataklarının, cevher hazırlama ve ekonomik değerlendirme etütleri sonucunda; üretilen fosfat kayası maliyetinin yurtdışı fiyatlarından fazla olduğu görülerek, fosfat arama çalışmaları 1966 yılında sona erdirilmiştir. Fosfat aramalarında da büyük ölçüde duraklama olmuştur. Ülkemizdeki Gübre Sanayi'nin çözümü gittikçe güçleşen

hammadde sorununa bir çözüm bulabilmek için M.T. A. Enstitüsü 1968 yılında Maden Yardım Komisyonu adına ruhsatlı sahalarda, özellikle Batı Kasrık Bölgesi'nde arama çalışmalarını yeniden yoğun bir şekilde başlatmıştır. Çalışmalar sonucunda kayda değer kalite ve rezervde fosfat potansiyelinin varlığı saptanmıştır. 1974 yılı içinde, dünya fosfat kayası fiyatlarındaki ani artışın döviz harcamaları bakımından, ülkemize yüklediği külfetin fazlalığı öne sürülerek, fosfat kayası ihtiyacımızın en kısa zamanda yurtiçi kaynaklarından karşılanması görevi Etibank'a verilmiştir. Ülkemizde, 1961 yılından itibaren hızlanan fosfat arama çalışmaları ile önemli sayılabilecek fosfat potansiyeli bulunmuştur. Ülkemizin bilinen fosfat potansiyelinin çoğu Güneydoğu Anadolu Bölgesinde bulunmakta olup bu bölge 400 milyon ton fosfat potansiyeli sahiptir. Bu potansiyel ülkemizin fosfat hammaddesi ihtiyacının önemli bir bölümünü karşılayabilecek düzeydedir. Hatay-Yayladağı, Kilis ve Adıyaman yöresinde oluşan fosfatlar, doğrudan gübre olarak kullanılabilen; günümüz teknolojisinde, zenginleştirilemeyen yataklardan oluşmaktadır ( DPT, 2001 ) . Ülkemizde fosfat üretim kapasite kullanım oranları %53 civarında olmasına rağmen üretim miktarı 2004 verilerine göre 1.016.802,00 ton/yıl'dır. Fosfat kayasının değerlendirilmesi ve fosforik asit üretimi sonrası fosfojips atık ürün olarak ortaya çıkmakta olup; örneğin Samsun TÜGSAŞ Gübre fabrikasında günde 3150 ton, Bandırma Bağfaş Gübre fabrikasında 3500 ton gibi büyük miktarlarda ele geçmekte ve önemli depolama problemleri yanında çevre kirliliğine de sebep olmaktadır. Bu nedenle son yıllarda Batı Avrupa'nın fosfat kayası talebi önemli miktarda azalmıştır. Batı Avrupa'daki fosforik asit kapasitesi de azalmaya devam etmektedir. Çünkü atık ürün fosfojips ile ilgili önemli çevresel baskı mevcuttur. Bunun sonucu bazı fabrikalar kapanmaktadır. Bu nedenle Batı Avrupa'daki gelişmiş ülkeler giderek ham cevher olan fosfat kayası yerine mamul gübre veya fosforik asit kullanma yoluna gitmektedirler ( Gregory vd., 1994 )

Kimyasal analizler atık malzemenin yaklaşık %93'ünün jips, geriye kalan %7'sinin de safsızlar olarak adlandırılan fosfat, florit ve organik maddeler olduğunu göstermektedir. Fosfojipsin kimyasal bileşimi üretim tarzına ve depolanma koşullarına bağlıdır. Türkiye'de Samsun, Bandırma, İskenderun ve Mersin'de fosforik asit fabrikaları bulunmakta ve yılda yaklaşık 3 milyon ton civarında atık olarak fosfojips elde edilmektedir. Üretilen bu fosfojips atık malzeme olarak genellikle açık arazide depolanmakta ve çevre kirliliği sorunlarına neden olmaktadır.

Fosfojipsler inşaat sektöründe; çimento üretiminde priz geciktirici ve klinker hammaddesi olarak, çimento ve kireç ile birlikte ikincil bağlayıcı olarak, yapay agrega üretiminde ve yol stabilizasyonun da kullanılmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan fosfojips Bandırma Bagfaş Gübre Fabrikasından temin edilmiştir. Yaş yöntemi fosforik asit üretiminde oluşan fosfojipsin kimyasal formuna göre dihidrat, hemihidrat-dihidrat, hemihidrat ve anhidrit yöntemi olmak üzere dört ayrı üretim yöntemi vardır. Bandırma Bagfaş Gübre Fabrikası hemihidrat-dihidrat metoduna göre üretim yapmaktadır. Bu üretim tarzında daha az safsızlıklar bulunmakta ve fosforik asit üretimi daha fazla olmaktadır. Çalışmalarda kullanılan fosfojipse ait kimyasal ve fiziksel özellikleri Çizelge 2.3.'de verilmiştir.

Çizelge 2.3. Fosfojipse ait fiziksel ve kimyasal özellikler

Kimyasal Özellikler		Fiziksel Özellikler	
Bileşim	%		
CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	95,74	10 nolu elekte kalan	0,00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,50	40 nolu elekte kalan	9,00
F	1,30	60 nolu elekte kalan	16,00
		200 nolu elekte kalan	49,04
		Özgül Ağırlık ( g/cm <sup>3</sup> )	2,39

### 2.3. SİLİS DUMANI VE FOSFOJİPS HAKKINDA YAPILAN ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kıvrak ( 2007 ) , klasik yöntemlerle üretilen kerpiçlerin, silis dumanı katkısı ile fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın sonunda silis dumanı oranının karışımda artmasıyla birlikte, kerpiçlerin basınç dayanımının arttığı görülmüştür. Özellikle % 10 oranında silis dumanı ilave edilmiş numunelerde basınç dayanımının en yüksek seviyeye geldiği gözlemlenmiştir. Silis dumanı ilaveli numunelerin suya dayanıklılığının arttığı görülmüştür. Üretilen kerpiçlerin birim hacim kütlelerinin, ilave edilen silis dumanı oranları ile orantılı olarak düştüğü görülmüştür

Demir ( 2005 ) , ülkemizde elde edilen silis dumanının betonunun basınç dayanımı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Yapılan çalışmalar sonunda, silis dumanının taze ve katı

betonun birim ağırlıklarını azalttığını, katkı oranına göre basınç dayanımını % 20 ila % 50 arasında artırdığını ve karma suyu ihtiyacını artırdığı görülmüştür.

Yılmaz A.( 2008 ), Antalya Ferrokrom Fabrikası atıklarının (FeCr cürufu, SiFeCr cürufu, silis dumanı) yol üstyapısındaki kullanım potansiyeli araştırılmıştır.Sonuç olarak, FeCr ve SiFeCr cürufunun fiziksel ve mekanik özellikleri bakımından yol üst yapısının granüler tabakalarında doğal agregaya alternatif olarak kullanılabilceği belirlenmiştir. Ayrıca “FeCr cürufu + % 6 ve daha fazla silis dumanı” karışımları basınç dayanımları açısından standartlara uygun değerleri yakalamıştır. Serbest basınç dayanımı deneylerinde silis dumanı da çimento gibi bağlayıcı özellik göstermiştir. Ancak silis dumanı yüksek oranda kullanıldığı takdirde (> %10) işlenebilirlik azalmakta ve karışımın su ihtiyacı artmaktadır.

El-Shourbagy ve arkadaşları (2001), silis dumanı ve kirecin killi zeminlerin mühendislik özellikleri üzerine etkileri incelemiştir. Kirecin % 5–9 ve silis dumanının % 10 oranında eklenmesi ile hazırlanan numunelerde mühendislik özelliklerini artırdığı gözlemlenmiştir. Fiziksel özelliklerde ( kıvam limitleri, kabarma potansiyeli ) gelişmeler gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Atiş ve diğerleri ( 2003 ), silis dumanı kullanımının beton basınç dayanımı üzerine çalışma yapmışlardır. Çalışma sonucunda silis dumanı kullanımının betonda işlenebilirliği düşürdüğü, 28 günde basınç dayanımını belirgin bir şekilde artırdığı gözlemlenmiştir.

Yılmaz (2002), cüruf ve baca tozlarının esnek yol kaplamalarında taş tozu gibi doğal filler malzemeler yerine alternatif kullanım imkânının olup olmadığını araştırmıştır. Marshall stabilite tasarımı yöntemine göre hazırlanan numuneler üzerinde stabilite ve akma deneyleri yapmıştır. Deneyler sonucunda da cüruf ve baca tozlarının yol üstyapısında yapay agrega olarak değerlendirilebileceği sonucuna varılmıştır.

Tan ve arkadaşları (2002) yaptıkları çalışmada 0.06-0.5 mm tane çapı aralığına sahip kum, değişik oranlardaki bentonit, kil, uçucu kül ve silis dumanı ile stabilize edilerek kayma direnci ve kompaksiyon parametrelerinin değişimleri incelenmiştir. Bentonit, kil, silis dumanı ve uçucu kül parametre ve her parametre de üç seviyeli olarak seçilmiştir. Kompaksiyon deneyleri sonucunda karışımların maksimum kuru birim hacim ağırlıkları ve optimum su muhtevaları belirlenmiştir. Optimum su muhtevalarında kesme kutusu deneyleri yapıp kayma direnci parametreleri ve değişimleri incelenerek optimum karışım oranları belirlenmiştir. Parametrelerin kohezyon ve içsel sürtünme açısı üzerindeki etkilerini belirlemek için varyans analizleri yapılmıştır. Genel olarak,

bentonitin kohezyon ve içsel sürtünme açısı üzerinde en etkili malzeme olduğu belirlenmiştir.

Zaimoğlu ve Tan ( 2006 ) ,çimento enjeksiyonlarının basınç mukavemeti ve akma süresine uçucu kül bentonit ve silis dumanının etkileri üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çimento esaslı enjeksiyonlar zemin veya kaya ortamının çeşitli özelliklerini iyileştirmek için yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Bentonit, uçucu kül ve silis dumanının çimento karışımlarının 28 günlük serbest basınç mukavemeti ve akma süresine etkileri üzerindeki araştırma sonuçları sunulmuştur. Deneysel çalışmalar için Taguchi Yöntemi uygulanmış ve 3 parametrelili 4 seviyeli standart L16 deney tasarımı seçilmiştir. Enjeksiyon karışımlarının hazırlanmasında, katı ağırlığın % 0-0.5-1-3 ü oranlarında bentonit, %10-20-30-40 oranlarında uçucu kül ve % 0-5-10-20 oranlarında silis dumanı kullanılmıştır. Çalışma sonuçları basınç mukavemeti ve akma süresi üzerinde en etkili parametrelerin sırası ile uçucu kül ve silis dumanı olduğunu göstermiştir. Uçucu kül oranı arttıkça basınç mukavemeti ve akma süresi azalmıştır. Bentonit oranındaki artış ile basınç mukavemeti bir miktar azalırken, akma süresi artmıştır. Silis dumanı oranı arttıkça, basınç mukavemeti ve akma süresi artırdığı görülmüştür.

Alawaji (1990), kum bentonit karışımlarının şişme ve sıkışma karakteristiklerini incelemiştir. Seçilen parametreler ve karışım oranlarına göre yapılan laboratuvar deney sonuçları kullanılarak Taguchi yöntemi ile yapılan değerlendirmeler sonucunda; Deneylerde içsel sürtünme açısı üzerinde; bentonitin % 26.6, silis dumanının % 13.8 ve uçucu külün % 14.6 oranlarında etkili olduğu, kilin önemli bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir. İçsel sürtünme açısı üzerinde etkili olan üç faktörün yer aldığı ve % 10 bentonit, % 10 silis dumanı % 20 uçucu kül ve % 60 kum kullanıldığı bir karışımda içsel sürtünme açısının malzemeler arasında iç etkileşim olmaması durumunda  $\phi_{max} = 34.3$  olması beklenilmektedir. Karışımlarda % 5-10 arasında bentonit, % 0-10 arasında silis dumanı kullanılması ile içsel sürtünme açısı artmakta, daha yüksek oranlarda ise düşmektedir. % 0-10 arasında olan kil içsel sürtünme açısını arttırmaktadır.

Yıldız ve arkadaşları ( 2006 ) , silis dumanı katkılı yapı alçılarında basınç dayanımında meydana gelen değişimi araştırmışlardır. Yapı alçısı olarak kullanılan kartonpiyer alçısının silis dumanı ile hacimce %5, 10, 15, 20 ve 25 oranlarında yer değiştirmesi neticesinde elde edilen numuneler, birim ağırlık, hacimce su emme oranı ve basınç dayanımı açısından kontrol numuneleri ile mukayese edilmiştir. Deneysel çalışmaların neticesinde, silis dumanı ilavesi ile birlikte kartonpiyer alçısının birim ağırlığı ve boşluk

miktarında azalmalar meydana geldiği belirlenmiştir. Ayrıca, kartonpiyer alçısının silis dumanı ile %10 oranına kadar yer değiştirmesi neticesinde, elde edilen numunelerin basınç dayanımlarında olumsuz olarak nitelenemeyecek miktarlarda azalmanın meydana geldiği tespit edilmiştir. Yapılan çalışma ile, basınç dayanımı değerleri göz önünde bulundurularak kartonpiyer alçısının silis dumanı ile %10 oranına kadar yer değiştirilerek kullanılabileceği sonucu elde edilmiştir.

Kalkan ( 2008 ), silis dumanının ince taneli zeminlerin donma ve çözülmesi üzerine etkisi üzerine bir çalışma yapmıştır. Bu çalışma sonucunda silis dumanı ile stabilize edilmiş ince taneli zeminlerin serbest basınç mukavemeti ve geçirimsizlik üzerine donma ve çözülme döngülerinin etkilerini azalttığı gözlemlenmiştir.

Zaimoğlu ve Tan ( 2008 ), borojips ve fosfojips ile stabilize edilmiş granüler zeminde donma çözülme etkisi üzerine bir çalışma yapmıştır. Yapılan çalışma neticesinde fosfojips oranındaki artış ile serbest basınç dayanımının genel olarak arttığı sonucuna varılmıştır.

Değirmenci (2006), fosfojips kalsinasyonunun fosfojips-uçucukül karışımlarının basınç dayanımları üzerine etkisi konusunda bir çalışma yapmıştır. Harç karışımlarının 3 saat süre ile 150<sup>0</sup>C'de kalsine edilmiş fosfojips kullanıldığında maksimum değerine ulaştığı gözlemlenmiştir. Kalsine edilmeden kullanılan fosfojipsle hazırlanan harç karışımlarında basınç dayanımı 2,36 MPa olurken kalsine edilmiş fosfojips ile hazırlanan harçta bu değer 13,33 MPa olarak elde edildiği sonucuna varılmıştır.

Turabi ve arkadaşları (2002), fosforik asit gübre fabrikası atığı fosfoalçının, yol ve stabilizasyonunda kullanımını araştırmışlardır. İki farklı zemin örneğinde, % 0, 5, 10, 15 fosfoalçı katkı oranlarında, proctor değerlerinin ve plastisite indislerinin değişimini incelemişlerdir. Deney sonuçlarına göre, fosfoalçı katkısıyla zemin örneklerinin kuru birim ağırlıklarında artış, optimum su içeriklerinde ve plastisite indislerinde azalma görülmüştür.

### **3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR**

#### **3.1. Giriş**

Ordu-Mesudiye Dere yolu Çatalkaya mevkiinde bulunan bazalt taş ocağından konkasör tesisinde üretilmiş 0-25 mm ocak taşından konkasörde kırılmış ve elenmiş temel malzemesi kullanılmıştır. Öncelikle doğal malzemeye elek analizi yapılarak dane dağılımı, optimum su muhtevası (OSM) , maksimum kuru birim hacim ağırlığı

(MKBA) , CBR değeri, tek eksenli basınç deneyi sonucu gerilme ve deformasyon özellikleri belirlenmiştir. Doğal zemin numunesine % 5-10-15 oranında silis dumanı ve % 5-10-15-20 oranında fosfojips karıştırılarak geoteknik parametrelerin belirlenmesi için gerekli testler yapılmıştır. Deneysel çalışmalarda kullanılan karışım oranları Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Karışım Oranları

S.NO	KISALTIMA	KARIŞIM ORANLARI
1	Z	% 100 Zemin
2	ZSD1	% 95 Zemin + % 5 Silis Dumanı
3	ZSD2	% 90 Zemin + % 10 Silis Dumanı
4	ZSD3	% 85 Zemin + % 15 Silis Dumanı
5	ZF1	% 95 Zemin + % 5 Fosfojips
6	ZF2	% 90 Zemin + % 10 Fosfojips
7	ZF3	% 85 Zemin + % 15 Fosfojips
8	ZF4	% 80 Zemin + % 20 Fosfojips
9	ZSD1F1	% 90 Zemin + % 5 Silis Dumanı + % 5 Fosfojips
10	ZSD1F2	% 85 Zemin + % 5 Silis Dumanı + % 10 Fosfojips
11	ZSD1F3	% 80 Zemin + % 5 Silis Dumanı + % 15 Fosfojips
12	ZSD1F4	% 75 Zemin + % 5 Silis Dumanı + % 20 Fosfojips
13	ZSD2F1	% 85 Zemin + % 10 Silis Dumanı + % 5 Fosfojips
14	ZSD2F2	% 80 Zemin + % 10 Silis Dumanı + % 10 Fosfojips
15	ZSD2F3	% 75 Zemin + % 10 Silis Dumanı + % 15 Fosfojips
16	ZSD2F4	% 70 Zemin + % 10 Silis Dumanı + % 20 Fosfojips
17	ZSD3F1	% 80 Zemin + % 15 Silis Dumanı + % 5 Fosfojips
18	ZSD3F2	% 75 Zemin + % 15 Silis Dumanı + % 10 Fosfojips
19	ZSD3F3	% 70 Zemin + % 15 Silis Dumanı + % 15 Fosfojips
20	ZSD3F4	% 65 Zemin + % 15 Silis Dumanı + % 20 Fosfojips

## 3.2. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Malzemeler

### 3.2.1. Silis Dumanı

Deneysel çalışmalarda kullanılan silis dumanı Antalya Ferrokrom tesisinden temin edilmiştir. Silis dumanı beton katkı maddesi ve zemin iyileştirilmesinde donatı çeşidi olarak birçok alanda karşımıza çıkan bir üründür. Kullanılan silis dumanı gri renkli bir görünümü vardır. (Şekil 3.1). Kullanılan silis dumanına ait genel özellikler Çizelge 3.2.'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Silis Dumanı

Çizelge 3.2. Silis Dumanının genel teknik özellikleri

Kimyasal bileşim	Silis Dumanı %
SiO <sub>2</sub>	91
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,24
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,58
CaO	0,71
MgO	1 – 2
S	0,2
C	0,6
Kızdırma Kaybı	0,96
Yığılma Yoğunluk(gr/cm <sup>3</sup> )	0.3 – 0.5

### 3.2.2. Fosfojips

Yapılan deneysel çalışmalarda kullanılan fosfojips Bandırma Bağfaş gübre fabrikasından temin edilmiştir. Fosfojips son yıllarda zemin iyileştirilmesinde yoğun olarak kullanılmaktadır. Fosfojips beyaz renklidir. ( Şekil 3.2 ) . Yapılan çalışmada kullanılan fosfojips 150 °C ‘ de 24 saat süre ile kalsine edilerek kullanılmıştır. ( Şekil 3.3. )



Şekil 3.2. Fosfojips



Şekil 3.3. Etüvde kalsinasyon

### 3.2.3. Zemin Örneği

Yapılan deneysel çalışmalarda kullanılan zemin örneği, Ordu-Mesudiye Dere Yolu Çatalkaya mevkiinde bulunan konkasör tesisinden alınmıştır. Alınan zemin örneği bazalt ocak taşından konkasörde kırılmış ve elenmiş 0–25 mm temel malzemesi özelliğindedir.

### 3.3. Numunelerin Hazırlanması

Laboratuvara getirilen zemin numunesi 110 °C lik fırında 12 saat kurutuldu. Kurutulan malzemeye elek analizi yapıldı. Doğal zemin numunesi içerisine Çizelge 3.1.’de gösterilen oranlarda silis dumanı ve fosfojips karıştırılarak numune modifiye proktor kalıbına 5 tabaka halinde serilerek sıkıştırıldı (Şekil 3.4.). Karışımlar tepsi içerisinde hazırlanırken verilen suyun karışımın her noktasına aynı oranda nüfuz etmesi ve katkı maddelerinin homojen dağılımının sağlanabilmesi için numuneler iyice karıştırıldı. Her katkı yüzdesi için yinelenen modifiye proktor deneyi ile zemin-silis dumanı-fosfojips karışımlarının maksimum kuru birim hacim ağırlığı ve optimum su muhtevası belirlendi.

Kaliforniya Taşıma Oranı ( CBR ) deneyinde kullanılan numuneler  $\gamma_{kmax}-\omega_{opt}$  içeriğinde kompaksiyon kalıbında sıkıştırılarak hazırlanmıştır. Tek eksenli basınç deneyi numuneleri titreşimli tokmak ile 15 X 30 cm boyutlarındaki numune kalıbında hazırlandı.



Şekil 3.4. Karışımların hazırlanması ve kompaksiyon

### 3.4. Yapılan Deneysel Çalışmalar

#### 3.4.1. Elek Analizi Deneyi

Deney AASHTO T-11, T-27 standardına 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 içerisinden temsili olarak en az 500 gr numune alınarak elek analizinde kullanılmak üzere tartılır. Bu numune bir kaba konular

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. 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. Deneysel çalışmalarda kullanılan zemine ait elek analizi Çizelge 3.3. ve granülometri eğrisi Çizelge 3.4 ' te verilmiştir.

Zemin örneğine silis dumanı ve fosfojips su ile beraber karıştırıldığında katkı maddeleri su ve zemin ile reaksiyona girerek priz almakta olduğundan kıvam limitleri deneyi yapılamamıştır. ( Şekil 3.5 )



Şekil 3.5. Silis dumanı ve fosfojipsin priz alması

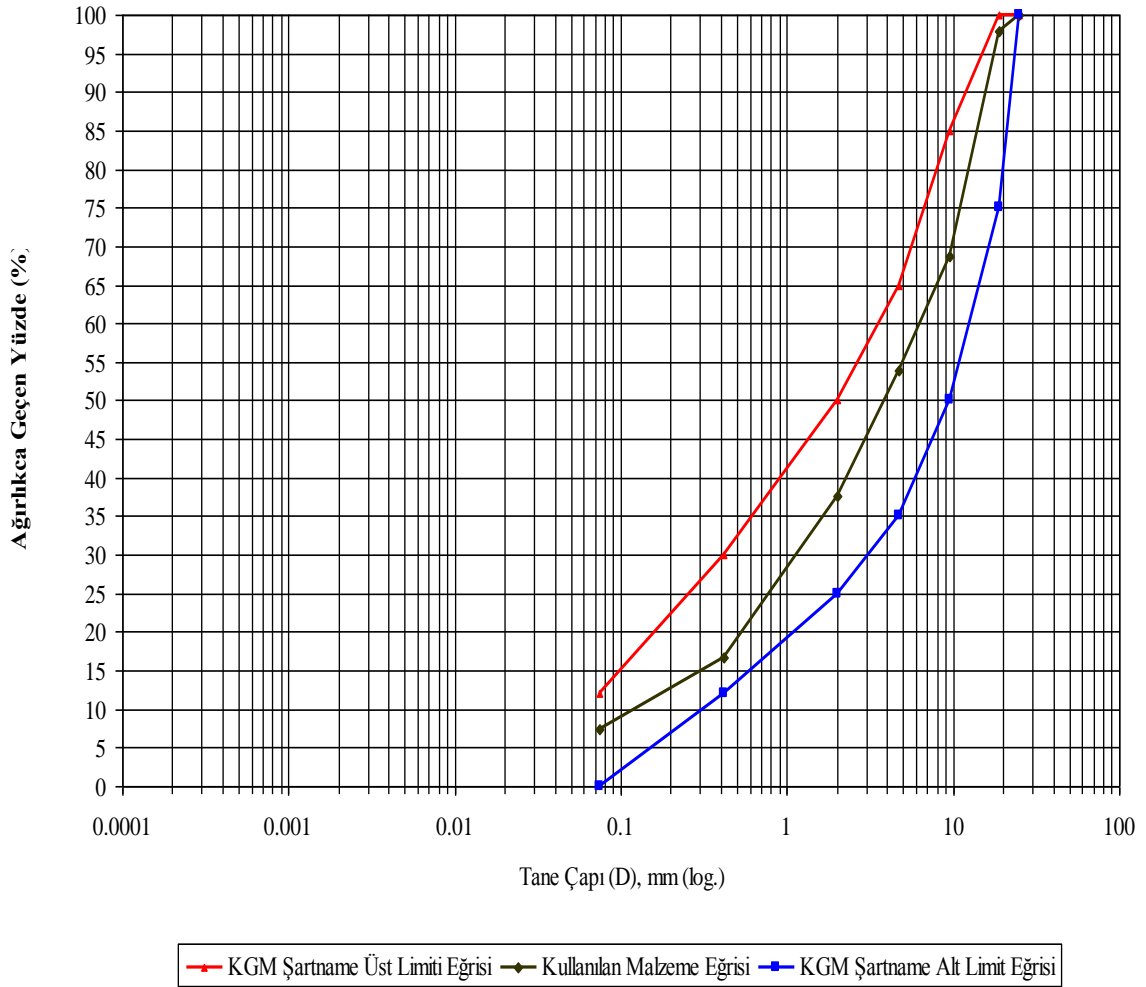
Çizelge 3.3. Elek Analizi Deney Formu

**ELEK ANALİZİ DENEYLERİ**

PROJE ADI	GRANÜLER TEMEL MALZEMESİ İYİLEŞTİRİLMESİ				LABORATUVAR NO	
ARAZİ NO	km:	Derinlik :		MALZEME CİNSİ	0-25 mm TEMEL MALZEMESİ	
I. TARTILAR		II.SU İÇERİĞİ TAYİNİ			III. NO.4.DEN GEÇEN BÖLÜNÜŞ NUMUNE	
a) Numune + Kap	a) Kap+Yaş Num.		538	a) Numune + Kap	412	
b) Kap	b) Kap+Kuru Num.		536	b) Kap	111	
c) Numune (a-b)	c) Su ağırlığı (a-b)		2	c) Numune(a-b)	301	
d) Kaba kısım	13915	Kap No .....	22	d) Kuru Numune = ( c * 100 / 100 + w )	299.7	
e) İnce kısım	16278	Kuru Num.(b-d)				466.6
f) Düzeltilmiş İnce Kısım = ( e * 100 / 100 + w )	16209	w) %Su içeriği = ( c * 100 / e )		0.4	e)Top.Kuru Num.Ağırlığı L= ( l d + l f )	30124
ELEK AÇIKLIĞI		ELEKTE KALAN g	( A ) TOPLAM ELEKTE KALAN ( g )	( B ) TOPLAM ELEKTE KALAN % ( A X 100 / L )	( C ) TOPLAM ELEKTEN GEÇEN%(100-B)	
İnç	mm				( D )	( E )
3	75	0	0	0.0		0.0
2	50	0	0	0.0		0.0
1 1/2	37.5	0	0	0.0		100.0
1	25	0	0	0.0		100.0
3/4	19	632	632	2.1		97.9
3/8	9.5	8808	9440	31.3		68.7
no.4	4.75	4475	13915	46.2		53.8
No. 10	2	91	91	30.4	16.3	37.5
No. 40	0.42	116	207	69.1	37.2	16.6
No. 200	0.075	51	258	86.1	46.3	7.5

Çizelge 3.4. Elek analizi grafiği

TANE BÜYÜKLÜĞÜ (ÇAPI) DAĞILIM EĞRİSİ (GRANÜLOMETRİ EĞRİSİ)



### 3.4.2. Modifiye Proktor Deneyi

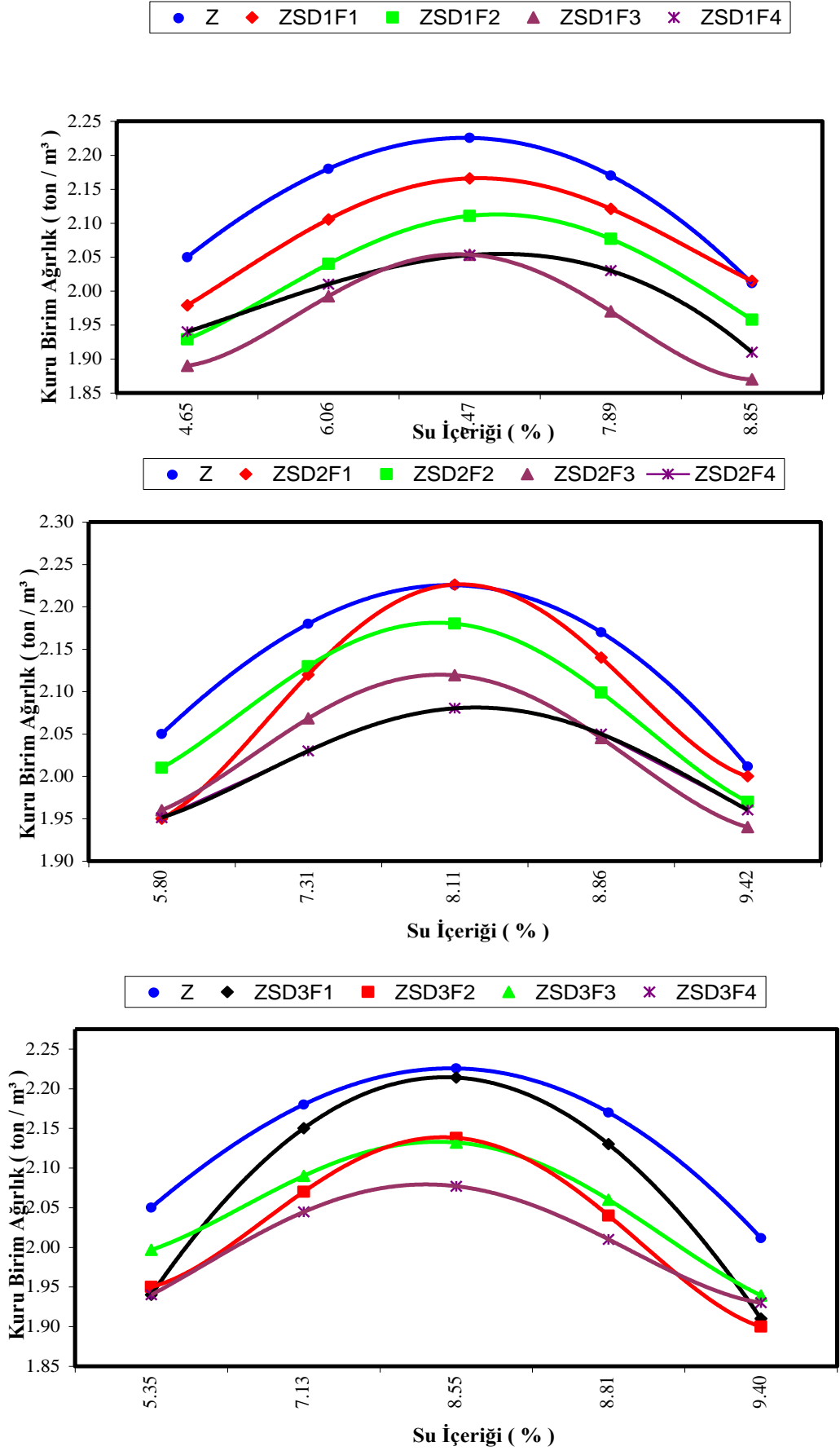
Deney AASHTO T – 99 metoduna göre yapılmıştır. Deney yapılacak numune öncelikle tüm numuneler için aynı su içeriğini yakalayabilmek amacı ile etüvde 110 °C’de 12 saat kurutulmuştur. Kurutulan malzeme elek analizi deneyinde kullanılan eleklerden elenerek her bir elek üzerinde kalan numuneler ayrı kaplara konuldu. Daha sonra bu numunelerden toplam karışım ağırlığı 6.000 gr olacak şekilde hazırlanan karışımlar belirli yüzdelerde su katılarak tepsi içerisinde mala ile karıştırılmış ve iç çapı 15.24 cm , yüksekliği 11.64 cm ve hacmi 2124 cm<sup>3</sup> olan proktor kalıbının içerisine beş tabaka halinde serilerek ve her tabakaya 4,54 kg.’lık mekanik tokmakla 56 darbe uygulanarak sıkıştırılmıştır. Daha sonra kalıbın üst yakası çıkartılarak kalıp yüzeyi çelik cetvelle tesviye edildi. Bu esnada kalıp üzerinde boşalan, kelleşen kesimler olursa kalıp üzerine

ince malzeme elenerek çelik cetvelle tekrar tesviyesi yapıldı. Kalıp ve içindeki sıkışmış yaş numune tartılarak ağırlığı kaydedildi. Daha sonra kalıp içerisindeki sıkışmış numune tepsi üzerine çıkarıldı ve bu çıkarılan numuneden, numunenin tümünü temsil edecek şekilde rutubet numunesi alındı.

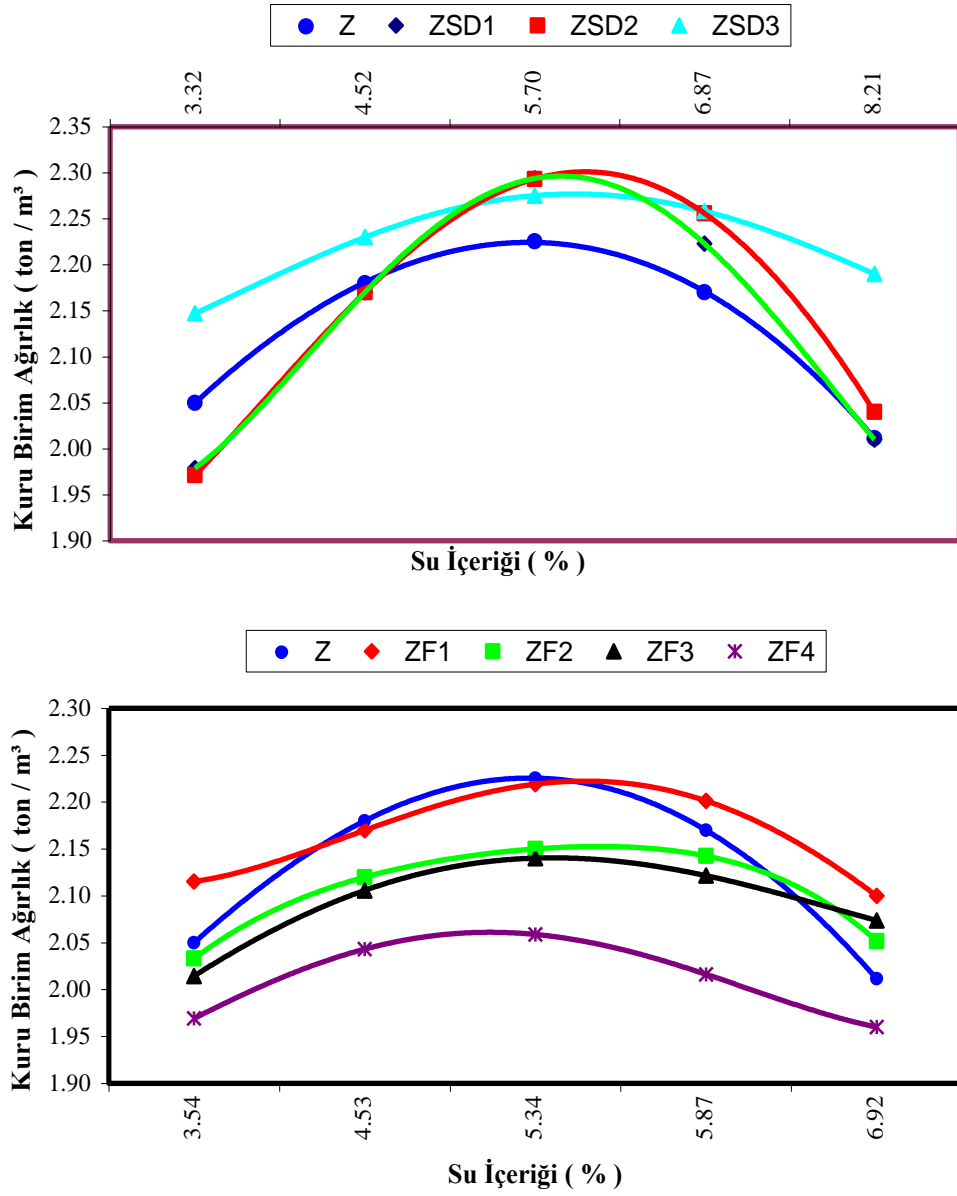
Rutubet numuneleri 110 °C'de etüvde en az 12 saat kurutulduktan sonra soğutulularak tartıldı ve ağırlığı kaydedildi. Tüm bu veriler form üzerine işlendikten sonra, MKBA–OSM değerlerini gösteren parabolik grafik çizildi. Grafikte yükseliş–düşüş–zirve değerleri gösterilmiştir. Deneylerde kullanılan tüm karışım serileri ve bu seriler için hesaplanan MKBA ve OSM değerleri Çizelge 3.5.'te verilmiştir. Ayrıca Şekil 3.6. ve 3.7.'de her bir seri için MKBA-OSM grafikleri gösterilmiştir.

**Çizelge 3.5.** Karışım serileri ve OSM – MKBA değerleri

Seri	Zemin (%)	Silis Dumanı (%)	Fosfojips (%)	MKBA (kg/m <sup>3</sup> )	OSM (%)
Z	100	0	0	2225.00	4.3
ZSD1	95	5	0	2295.00	4.8
ZSD2	90	10	0	2293.00	5.2
ZSD3	85	15	0	2275.00	5.7
ZF1	95	0	5	2220.00	5.3
ZF2	90	0	10	2151.00	5.5
ZF3	85	0	15	2140.00	7.0
ZF4	80	0	20	2059.00	7.64
ZSD1F1	90	5	5	2166.00	6.05
ZSD1F2	85	5	10	2110.00	6.5
ZSD1F3	80	5	15	2052.00	7.0
ZSD1F4	75	5	20	2047.00	7.5
ZSD2F1	85	10	5	2226.00	6.3
ZSD2F2	80	10	10	2180.00	6.83
ZSD2F3	75	10	15	2119.00	7.5
ZSD2F4	70	10	20	2080.00	8.1
ZSD3F1	80	15	5	2215.00	6.7
ZSD3F2	75	15	10	2138.00	7.1
ZSD3F3	70	15	15	2132.00	7.9
ZSD3F4	65	15	20	2076.00	8.6



Şekil 3.6. Zemin-Silis Dumanı-Fosfojips (3'lü karışım) Karışımları Genel OSM-MKBA Değerleri



Şekil 3.7. Zemin-Silis Dumanı-Fosfojips (2'li karışım ) Karışımları Genel OSM-MKBA Değerleri

### 3.4.3. CBR (Kaliforniya Taşıma Oranı) Deneyi

Bu deney herhangi bir zeminin kayma direncinin, standart kırma taşın 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 3.1.'e göre hazırlanan karışımlar, modifiye proktor deneyi ile bulunan MKBA-OSM değerlerine göre CBR kalıplarında 5 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 3.8.). 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 kaydedildikten sonra grafiğe aktarılır (Şekil 3.9.). Tüm CBR değerleri Çizelge 3.6. ve şişme değerleri Çizelge 3.7.'de verilmiştir.



Şekil 3.8. Kür havuzunda bekletme



Şekil 3.9. Yük-penetrasyon ilişkisi

Çizelge 3.6. Karışım serileri ortalama CBR değerleri

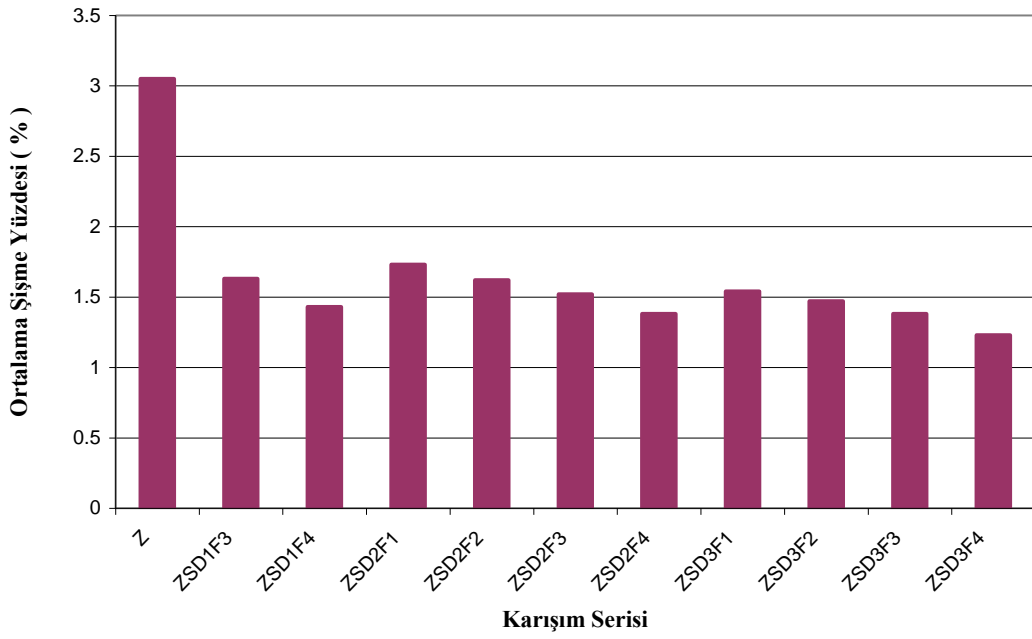
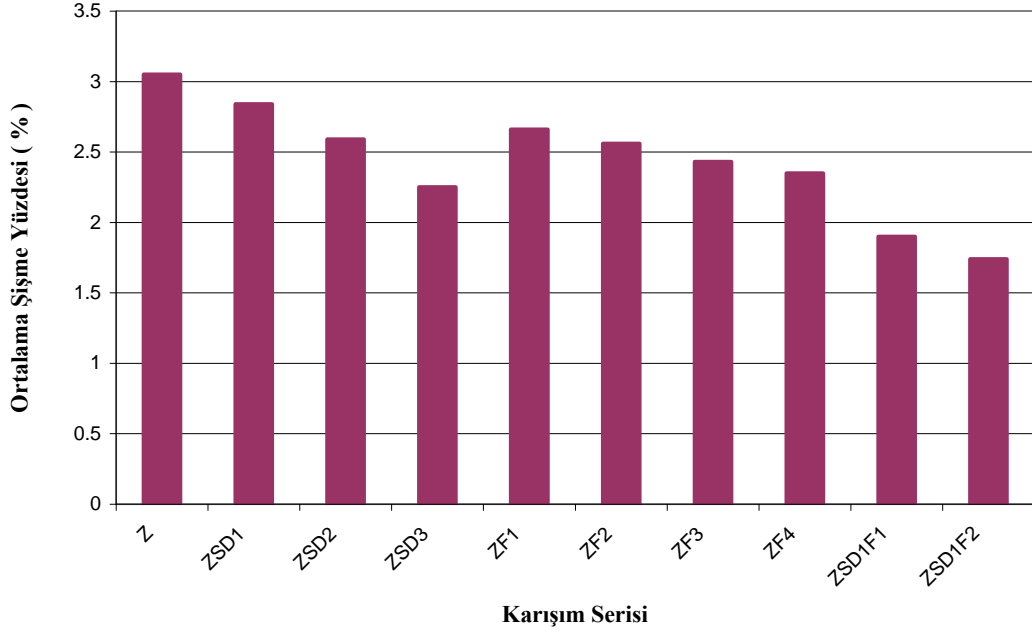
Karışım Serisi	CBR-1 <sub>2.5</sub> %	CBR-2 <sub>2.5</sub> %	Ortalama CBR <sub>2.5</sub> %	CBR Artış Oranı* %
Z	180.56	188.49	184.53	100.00
ZSD1	194.74	198.32	196.53	106.50
ZSD2	212.61	217.97	215.29	116.67
ZSD3	244.77	250.13	247.45	134.10
ZF1	211.72	206.36	209.04	113.28
ZF2	221.54	216.18	218.86	118.60
ZF3	232.26	226.90	229.58	124.41
ZF4	241.2	237.62	239.41	129.74
ZSD1F1	293.01	298.37	295.69	160.24
ZSD1F2	321.59	324.27	322.93	175.00
ZSD1F3	346.61	339.46	343.03	185.89
ZSD1F4	393.95	384.13	389.04	210.83
ZSD2F1	320.70	327.85	324.27	175.73
ZSD2F2	342.14	350.18	346.16	187.59
ZSD2F3	373.41	365.37	369.39	200.18
ZSD2F4	403.78	410.03	406.91	220.51
ZSD3F1	367.15	357.33	362.24	196.30
ZSD3F2	385.02	376.09	380.55	206.23
ZSD3F3	409.14	399.31	404.23	219.06
ZSD3F4	452.91	457.38	455.15	246.65

\* CBR Artış Oranı % = Ortalama CBR / Donatısız Zemin CBR Değeri \* 100

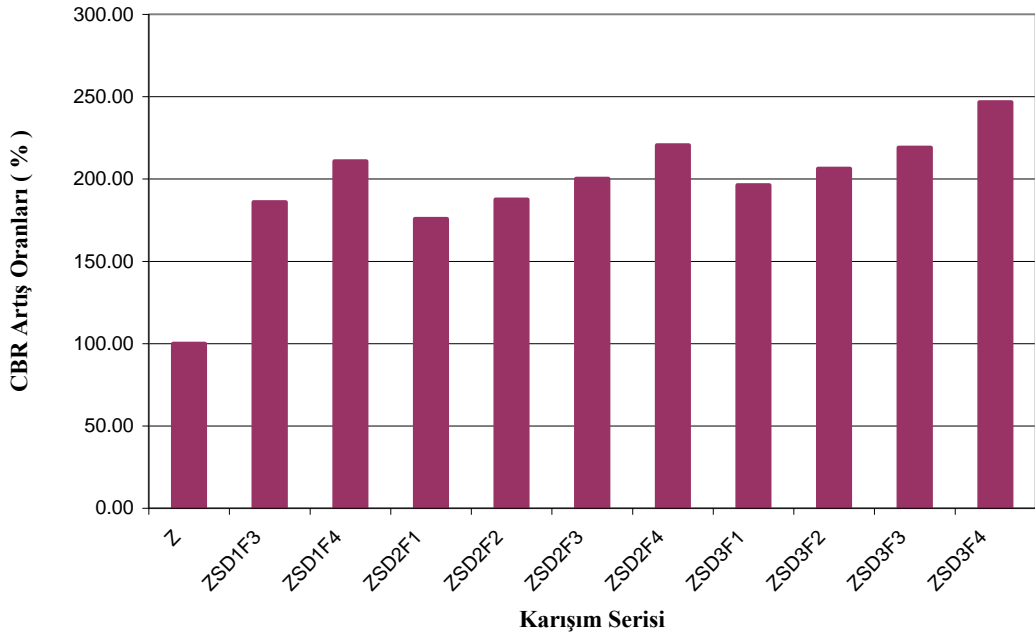
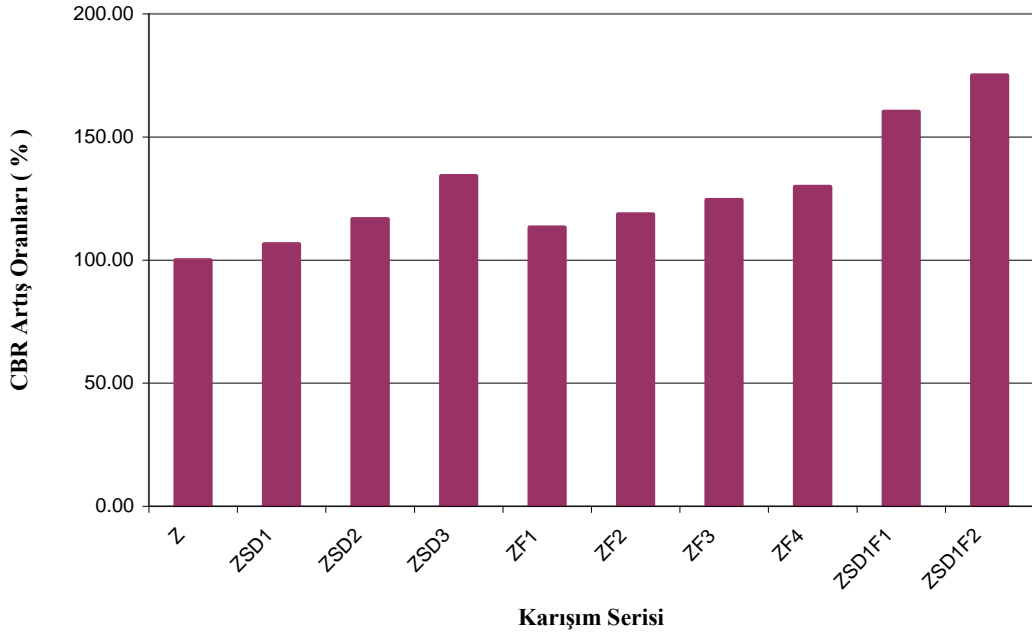
Çizelge 3.7. Karışım serileri ortalama CBR şişme yüzdeleri\*

Karışım Serisi	Göstergede Okunan Değer ( 1 )	Şişme Yüzdesi ( 1 )	Göstergede Okunan Değer ( 2 )	Şişme Yüzdesi ( 2 )	Ortalama Şişme Yüzdesi
Z	357	3.07	353	3.03	3,05
ZSD1	333	2.86	329	2.83	2.84
ZSD2	305	2.62	299	2.57	2.59
ZSD3	258	2.22	267	2.29	2.25
ZF1	308	2.65	312	2.68	2.66
ZF2	301	2.59	293	2.52	2.56
ZF3	289	2.48	276	2.37	2.43
ZF4	277	2.38	270	2.32	2.35
ZSD1F1	226	1.94	217	1.86	1.9
ZSD1F2	208	1.79	197	1.69	1.74
ZSD1F3	186	1.6	193	1.66	1.63
ZSD1F4	164	1.41	168	1.44	1.43
ZSD2F1	204	1.75	198	1.7	1.73
ZSD2F2	191	1.64	187	1.61	1.62
ZSD2F3	173	1.49	180	1.55	1.52
ZSD2F4	163	1.4	158	1.36	1.38
ZSD3F1	177	1.52	182	1.56	1.54
ZSD3F2	169	1.45	173	1.49	1.47
ZSD3F3	158	1.36	163	1.4	1.38
ZSD3F4	146	1.25	141	1.21	1.23

\* Şişme ölçümü yapılırken, CBR kalıplarının üzerine arazideki alt temel 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.



Şekil 3.10. Karışım Serileri Ortalama Şişme Yüzdeleri



Şekil 3.11. Karışım Serileri CBR Artış Oranları

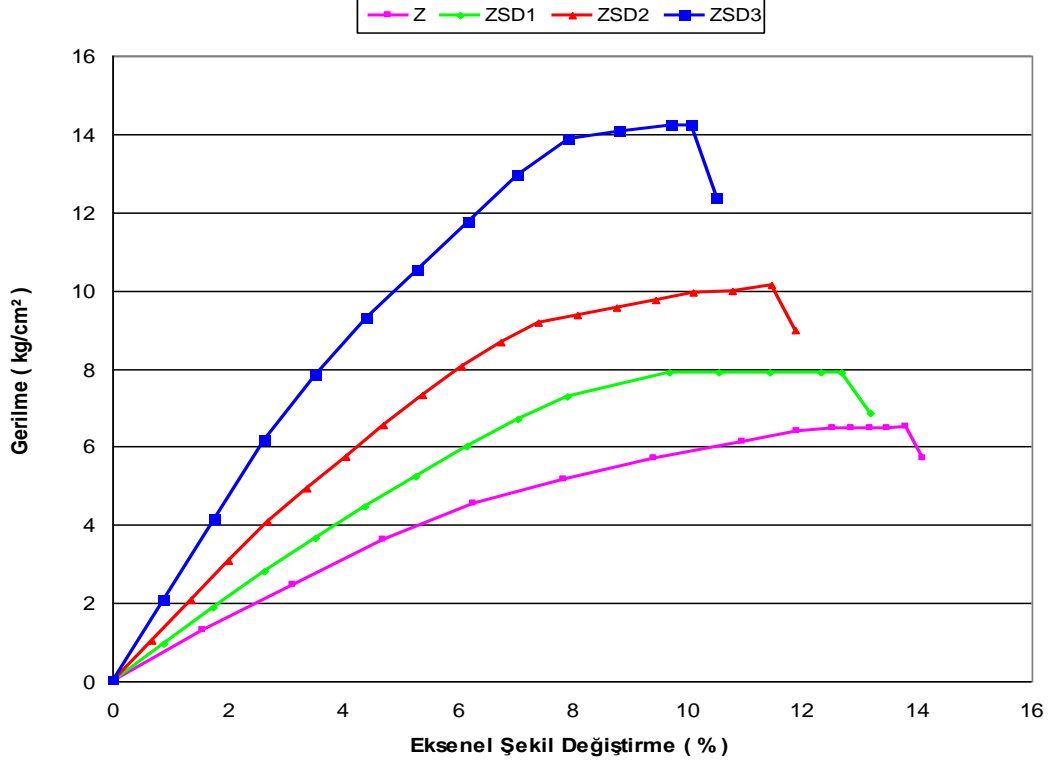
CBR deneyi verileri ve bu verilere göre çizilen grafikler Ek.2 - Ek.41 arasında verilmiştir.

#### 3.4.4. Serbest Basınç Deneyi

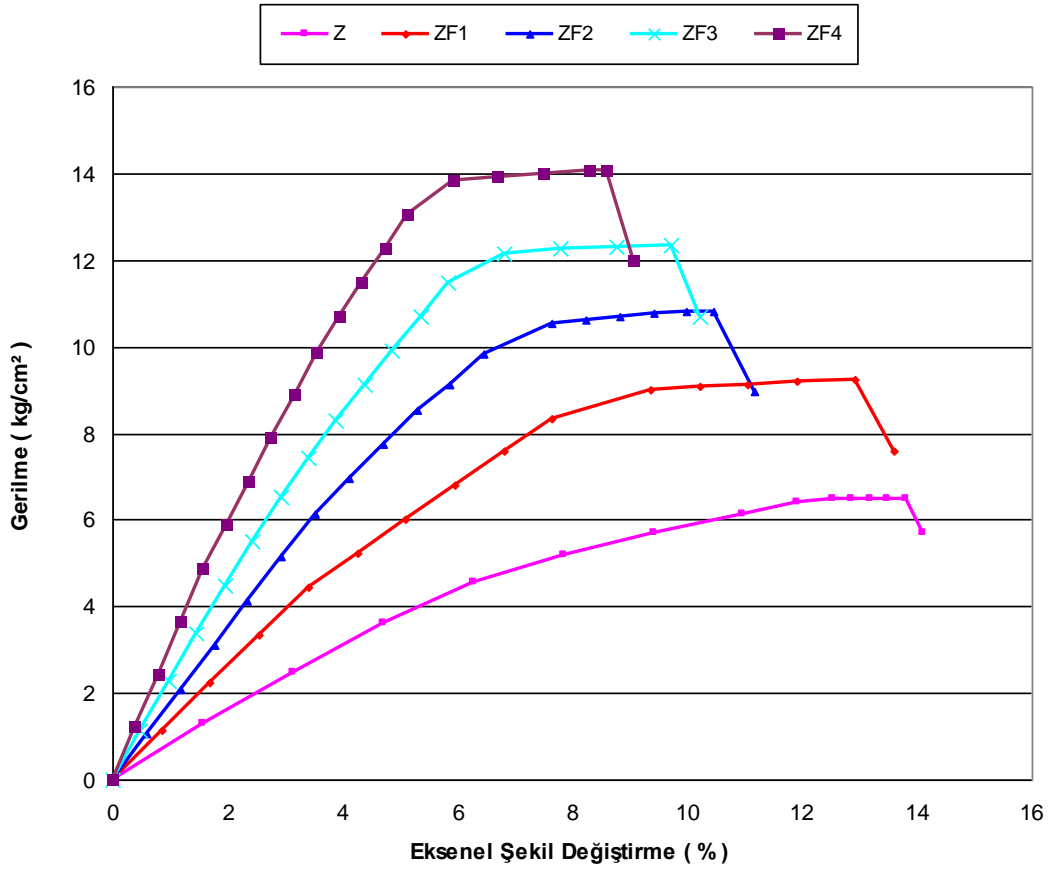
Bu deney, ASTM-D2166 deney standardına göre gerçekleştirilmiştir. Serbest basınç deneyinde kullanılan numuneler modifiye proktor deneyi ile bulunan MKBA-OSM değerlerine göre silindirik numune kalıplarında ( R:15 cm, H:30 cm olan ) hazırlanmıştır. Zemin numunesi ve katkı maddeleri ile hazırlanan karışım silindir şeklindeki ayrılabilir gövdeli çelik kalıplara ( 15cm/30cm ) yerleştirilir ve 5 tabaka halinde titreşimli sehpa üzerinde 2,5 kg sürşarj yükü altında sıkıştırılır. Karışım prizini alması için 24 saat kalıpta bekletildikten sonra kalıp vidaları açıldı ve numuneler kalıplardan çıkarıldı. Numuneler kür odasında ( min % 90 nemli ) su seviyesinin 10 cm üzerinde küre bırakıldı. Kür süresi sonunda ( 7 gün ) numuneler kür odasından çıkarıldı ve ağırlığı, boyu, çapı ölçülerek serbest basınç deneyine geçildi. Elde edilen numunelerin başları düzgün olmadığı için grafit ve kükürt ile numunelere başlık yapıldı ( Şekil 3.12. ) Yükleme hızı 0,5 mm/dk. olarak yapılmıştır. Elde edilen veriler formlara işlenmiştir. Bu verilere göre çizilen gerilme-deformasyon grafikleri Şekil 3.13.-3.17. arasına gösterilmiştir. Doğal zemin+silis dumanı+fosfojips ile hazırlanan numunelerin 7 günlük serbest basınç deneyi sonuçları Çizelge 3.8.de görülmektedir.



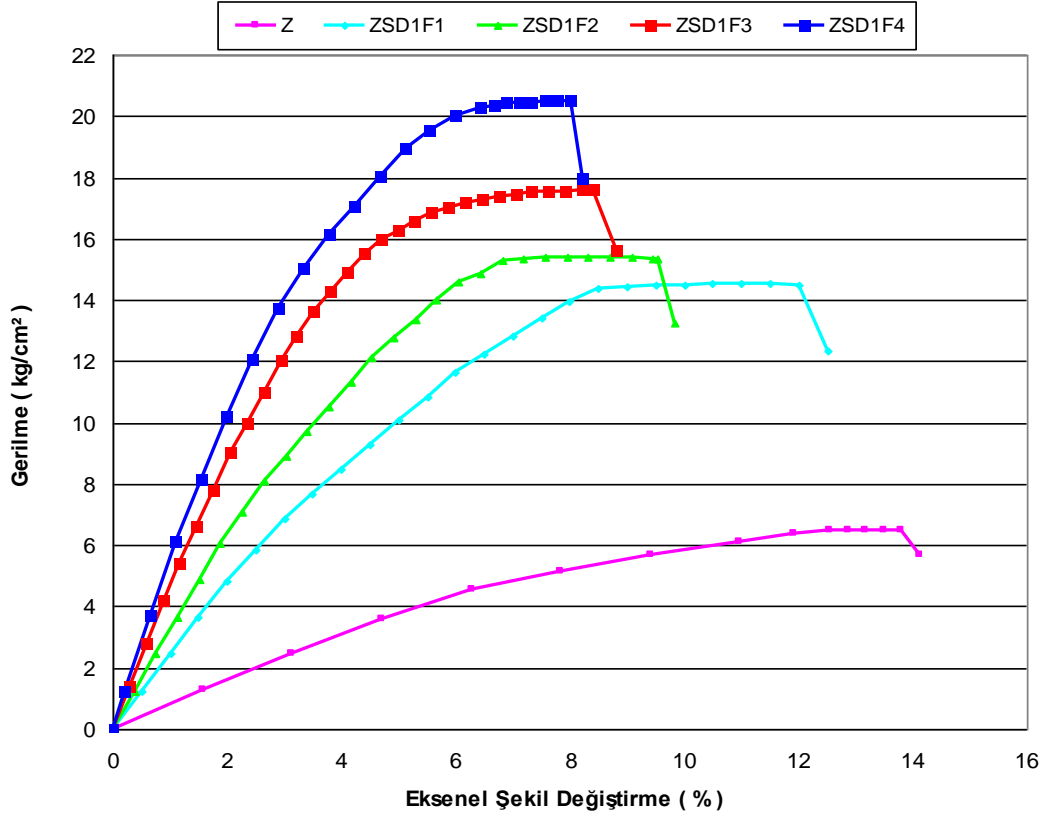
Şekil 5.12. Serbest Basınç Deneyi Numuneleri



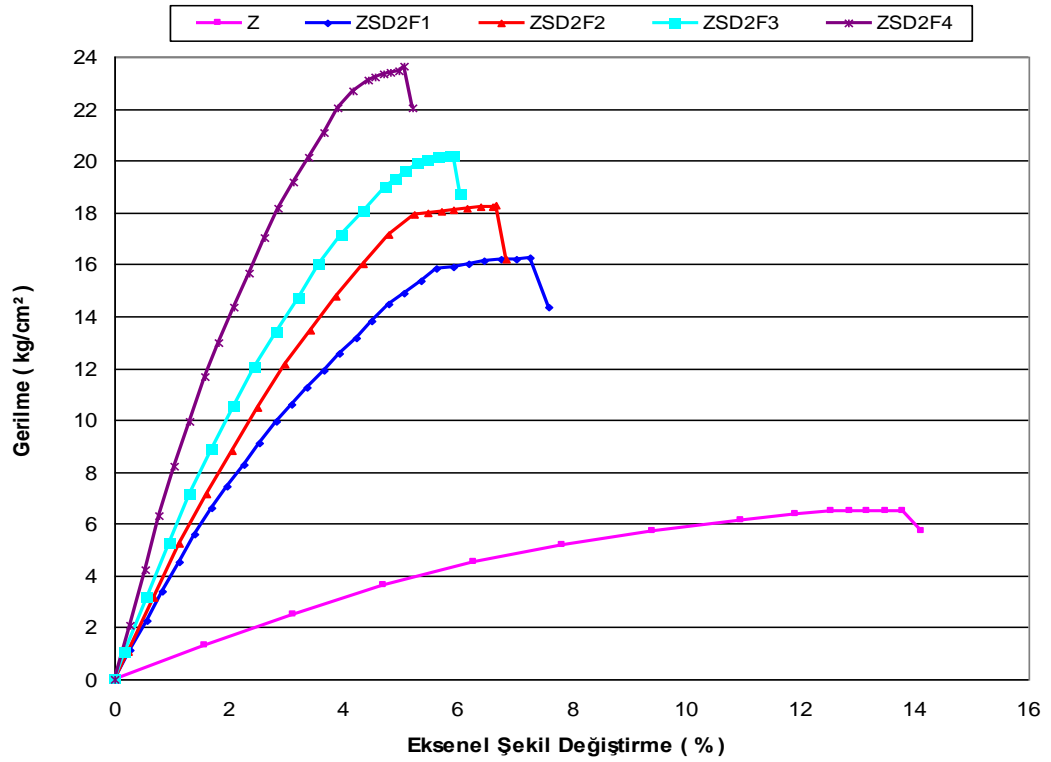
Şekil 3.13. Z-ZSD1-ZSD2-ZSD3 Serileri Gerilme-Deformasyon İlişkisi



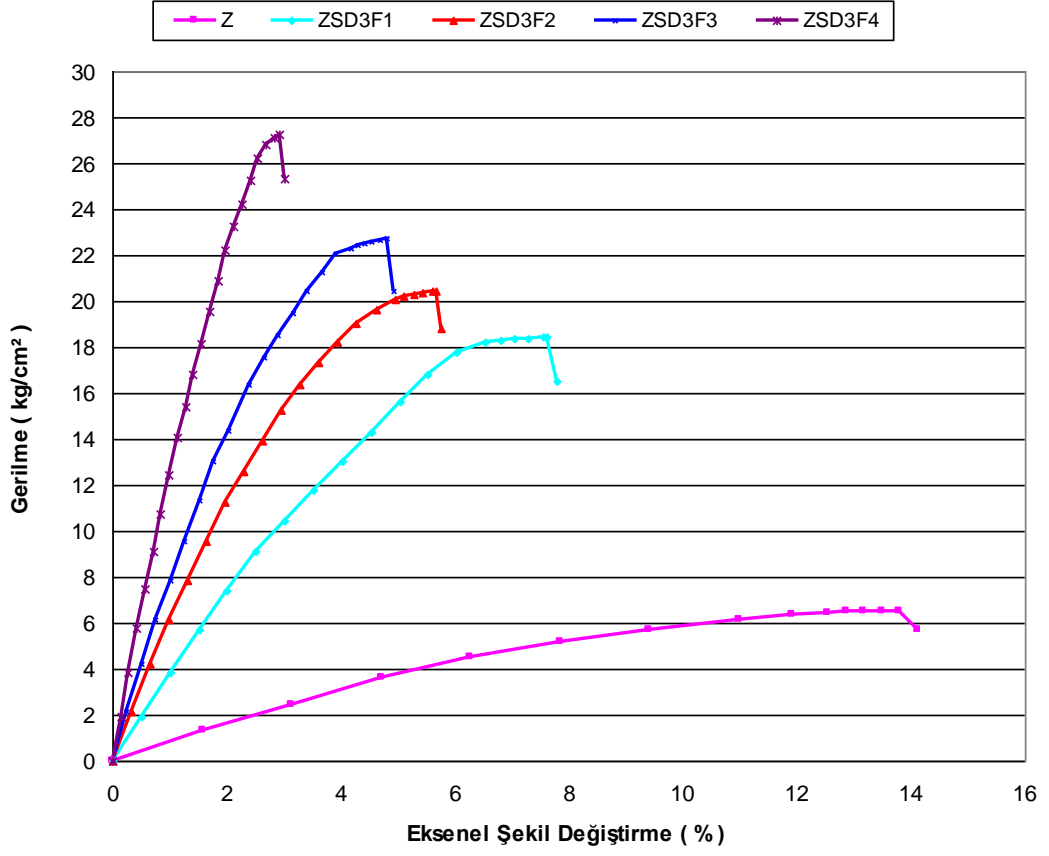
Şekil 3.14. Z-ZF1-ZF2-ZF3-ZF4 Serileri Gerilme-Deformasyon İlişkisi



Şekil 3.15.Z-ZSD1F1-ZSD1F2-ZSD1F3-ZSD1F4 Serileri Gerilme-Deformasyon İlişkisi



Şekil 3.16. Z-ZSD2F1-ZSD2F2-ZSD2F3-ZSD2F4 Serileri Gerilme-Deformasyon İlişkisi



Şekil 3.17. Z-ZSD3F1-ZSD3F2-ZSD3F3-ZSD3F4 Serileri Gerilme-Deformasyon İlişkisi

**Çizelge 3.8.** Serbest Basınç Deneyi Sonuçları

Seri	Zemin (%)	Silis Dumanı (%)	Fosfojips (%)	Max. Gerilme (kg/cm <sup>2</sup> )	Eksenel Şekil Değişirme (%)
Z	100	0	0	6,50	13,800
ZSD1	95	5	0	7,91	12,667
ZSD2	90	10	0	10,15	11,467
ZSD3	85	15	0	14,23	10,067
ZF1	95	0	5	9,24	12,933
ZF2	90	0	10	10,82	10,467
ZF3	85	0	15	12,35	9,733
ZF4	80	0	20	14,07	8,600
ZSD1F1	90	5	5	14,54	12,000
ZSD1F2	85	5	10	15,37	9,533
ZSD1F3	80	5	15	17,60	8,400
ZSD1F4	75	5	20	20,50	8,000
ZSD2F1	85	10	5	16,25	7,267
ZSD2F2	80	10	10	18,26	6,667
ZSD2F3	75	10	15	20,21	5,933
ZSD2F4	70	10	20	23,65	5,067
ZSD3F1	80	15	5	18,44	7,600
ZSD3F2	75	15	10	20,44	5,667
ZSD3F3	70	15	15	22,71	4,800
ZSD3F4	65	15	20	27,26	2,933

#### 4.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Silis dumanı ve fosfojipsin iyi derecelenmiş zeminlerin stabilizasyonunda kullanıldığı bu çalışmada silis dumanı ve fosfojipsin zeminlerin fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkileri, zemin iyileştirme malzemesi olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Gübre fabrikalarının artığı olan fosfojips ve ferrokrom tesislerinin artığı olan silis dumanı üretimi her geçen gün artmakta olup artık olarak nitelendirilen bu malzemelerin zemin iyileştirilmesinde kullanılabilirliğinin araştırıldığı bu çalışmanın önemi büyüktür. Silis dumanı ve fosfojipsin zemin iyileştirme malzemesi olarak kullanılmasına olanak sağlamak atık silis dumanı ve fosfojipsin çevreye vereceği zararların azaltılmasına ve zeminlerin ekonomik bir şekilde iyileştirilmesi olanak sağlamaktadır. Zemin-Silis

dumanı-Fosfojipsin belirli oranlarda karıştırılması sonucu yapılan deneylerde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Yapılan modifiye proktor deneyi ile silis dumanı karışımlarının zemin numunesine göre MKBA değerini artırdığı, fosfojips ve silis dumanı-fosfojips karışımlarının zemin numunelerinin MKBA düşürdüğü gözlemlenmiştir. Yine silis dumanı ve fosfojips karışımlarının zeminin OSM değerini artırdığı gözlemlenmiştir. Silis dumanının zemin içerisindeki boşlukları doldurduğu bu nedenle MKBA arttığı düşünülmektedir. Fosfojips zemine göre daha hafif bir malzeme olduğundan fosfojips karışımlarında MKBA düştüğü düşünülmektedir.

OSM artışa silis dumanı ve fosfojipsin puzolanik özellikleri ve zemine göre daha ince yapıda olmalarının neden olduğu düşünülmektedir.

MKBA – OSM değerinde hazırlanan numuneler üzerinde gerçekleştirilen CBR deneyi ile bütün karışım serileri için doğal duruma göre CBR değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Özellikle silis dumanı-fosfojips oranının arttığı karışımlarda artış daha fazla olmuştur. En yüksek CBR değeri % 455,15 ile ZSD3F4 karışım serisinde elde edilmiştir. Bu da donatısız zemin CBR değerinin 2,46 katına tekabül etmektedir. Silis dumanı ve fosfojips 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 silis dumanı ve fosfojipsin suyla reaksiyona girmesi, priz alması ve sertleşmesi nedeni ile olduğu düşünülmüştür. CBR deneyi sırasında karışım serilerinin şişme yüzdeleri hesaplanmış olup silis dumanı ve fosfojipsin tek başına ve beraber olarak karıştırıldığı zemin numunelerinin şişme yüzdelerinin azaldığı gözlemlenmektedir. Bunun sebebinin silis dumanı ve fosfojipsin suyla reaksiyona girerek priz alması olduğu düşünülmektedir.

Yine MKBA–OSM değerlerinde hazırlanan numuneler üzerinde yapılan serbest basınç deneyi neticesinde tüm karışım serilerinde donatısız zemin numunesine göre artışlar gözlemlenmiştir. Silis dumanı ve fosfojipsin tek başına kullanıldığı karışımlarda artış daha düşükken silis dumanı ve fosfojipsin beraber kullanıldığı, katkı oranın yüksek olduğu karışımlarda artışın daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan serbest basınç dayanımı deneylerinde en yüksek gerilme 27,26 kg/cm<sup>2</sup> ile ZSD3F4 karışım serisinde gözlemlenmiştir. Bu da donatısız zemin numunesinin serbest basınç dayanımının 4,19 katına tekabül etmektedir.

CBR ve Serbest Basınç Deneyi sonuçlarından da görüldüğü üzere silis dumanı ve fosfojips kullanılarak elde edilen zeminlerde dayanım büyük oranda artmaktadır. Buda özellikle karayolu çalışmalarında daha yüksek dayanımlı yol tabakalarının elde edilmesi imkân verecek ve projelendirmede istenilen dayanım daha ince yol tabakalarıyla sağlanabilecektir. Bu sayede daha az malzeme kullanılarak istenilen mukavemeti sağlayan yollar, ekonomik olarak daha ucuza inşa edilecektir.

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda artık malzemeler olan silis dumanı ve fosfojipsin zeminlerin stabilizasyon çalışmalarında kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

Günümüzde en büyük sorunlardan biri olan çevre sorununun çözümüne katkıda bulunabilmek için silis dumanı ve fosfojips gibi sanayi artıklarının değişik sektörlerde kullanılmasına yönelik çalışmalara devam edilmelidir. Bu sayede artık malzemelerin ekonomiye katılması sağlanarak çevre felaketlerinin önüne geçilecektir.

## KAYNAKLAR

Ahmed, I., 1993, Use of Waste Materials in Highway Construction, Noyes Data Corporation, Park Ridge USA.

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 Produktion", IV. Canmet / ACI Int.Conf. Fly Ash, İstanbul.

Al-Rawas A.A, Hago, A.W., Al-Sarmi, H, 2005, Effect of lime, cement and Sarooj (artificial pozzolan) on the swelling potential of an expansive soil from Oman, Building and Environment 40 , pp. 681-687.

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

Atiş, C.D, Özcan, F., Karahan, O., Bilim, C., Sevim, U.K., Demir, A., (2003) "Silis Dumanı Kullanımının Beton Basınç Dayanımı Üzerindeki Etkisi", TMH-Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 426-2003/4, ss. 121-124.

Building Industry, Waste Management 24, pp: 371-379.

Değirmenci. N, (2006), "Fosfojips Kalsinasyonun Fosfojips-Uçucu Kül Karışımlarının Basınç Dayanımına Etkisi" , Balıkesir.

Devlet Planlama Teşkilatı, Madencilik Özel İhtisas Komisyon Raporu, Fosfat çalışma grubu, Ankara, 2001.

El-Shourbagy, M., Abd El-Aziz, A., Abo-Hashema A., (2001), "The Effect Of Lime-Silica Fume Stabilizer on Engineering Properties of Clayey Subgrade", Mısır

Erdoğan, T. Y., 2003. Beton, Metu Press, Ankara.

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.

Gregory, C.A., Saylak, D, Led beter, W.B, 1994 , "The use of by-product phosphogypsum for road bases and subbasses". Transportation Research Record , 47-52s

Günal, 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.

Hilary Inyang and Kenneth Bergeson, 1992, American Society of Civil Engineers, NY.

Hooton, R.D., 1993. Influence of Silica Fume Replacement of Cement on Physical Properties and Resistance to Sulfate Attack, Freezing and Thawing and Alkali- Silica Reactivity, *ACI Materials Journal*. 90, 2, 143-151.

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

Işıldak, Ö., 1993, "Fosfojips içeren portland çimentosunun hidrasyonu üzerine bazı priz hızlandırıcı kimyasal katkıların etkileri", M.Sc. Tezi, Ondokuz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.

Jahren, P., 1993. Use of Silica Fume in Concrete, *ACISP-79*. 1, 625-642.

Joshi, R.C. , Nagaraj, T.S., 1987, "Fly Ash Utilization for Soil Stabilization", *Environmental Geotechnics and Problematic Soils and Rocks*, Balusubromanium et al., Balkema, Rotterdam,77-93.

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

Kalkan,E., 2009. Influence of silica fume on the desiccation cracks of compacted clayey soils, *Applied Clay Science* 43, 296-302.

Karayolları Genel Müdürlüğü 14. Bölge Müdürlüğü Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı Raporu,(1996).

Kaufmann, J., Winnefeld, F., Hesselbarth, D., 2004, Effect of the addition of ultrafine cement and short fiber reinforcement on shrinkage, rheological and mechanical properties of Portland cement pastes, *Cement and Concrete Composites* 26 , pp. 541-549. |

Khayat, K.H., Aitcin, P. C., 1992. Silica Fume in Concrete-An Overview, *ACI SP-132*. 2, 835-872.

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

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

Li, G.X., Chen, L., Zheng, J.Q.,Jie, Y.X., 1995, Experimental study on fibre-reinforced cohesive soil, *Shuili Xuebao/Journal of Hydraulic Engineering* 6 , pp. 31-36 (in Chinese).

Lind, B.B., Fallman, A.M., Larsson, L.B., 2001, Environmental Impact of Ferrochrome Slag in Road Construction, *Waste Management* 21, 255-264.

Martin, J., Collins, R., Browning, J. and Biehl F.J., 1990, "Properties and Use of Fly Ashes for Embankments", *JJournal of Energy Engineering*, Vol.116, No.2, 71-86.

- Nalbantoğlu,Z.,Guçbilmez, E., 2001 , Improvement of calcareous expansive soils in semi-arid environments, Journal of Arid Environments 47, pp. 453-463.
- Narasimha Rao, S., Rajasekaran,G., 1996 , Reaction products formed in lime-stabilized marine clays, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE 122 , pp. 329-336.
- Ölmez, H., 1988, "Endüstriyel ve Tarımsal Atıkların Çimento Üretiminde Değerlendirilmesi", Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen - Edebiyat Fakültesi Yüksek Lisans Tezi, Samsun.
- Özturan, T., 1993, "Atık Malzemelerin İnşaat Endüstrisinde Kullanımı", Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması Sempozyumu, Ankara.
- PFA Utilization, 1972, Central Electricity Generation Board, England.
- Pioro, L.S., Pioro, I.L., 2004, Reprocessing of Metallurgical Slag into Materials for the
- Proctor, D.M., Et al., 2000, Physical and Chemical Characteristics of Blast Furnace Basic Oxygen Furnace and Electric Arc Furnace Steel Industry Slags, Environment Science and Technology 34 (8): pp: 1576-1582.
- Ramaswamy, S. D. ,Aziz, M. A., 1992, Some Waste Materials in Road Construction, Utilization of Waste Materials in Civil Engineering Construction, pp. 153-165,
- Savran, K.Z., 1988, "Stabilization of Cohesive Soils with Fly Ash", ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 62.
- Schroeder, R.L., 1994 The Use of Recycled Materials in Highway Construction. Public Roads, 58(2): 32-41.
- Su, Nan, Chen, J. S., 2002, Engineering properties of asphalt concrete made with recycled glass, Department of Construction Engineering, National Yunlin University of Science and Technology, Taiwan, 259.
- Tunç, A., 2001, "Yol malzemeleri ve uygulamaları", Atlas Yayın, İstanbul.
- Turabi, A., Okucu, A., Değirmenci, N., 2002, "Fosforik asit üretim atığı fosfojipsin stabilizasyon malzemesi olarak kullanım olanaklarının araştırılması", 4. Mühendislik Mimarlık Sempozyumu, Balıkesir, 93.
- Tülek, M., 2007, "Kimyasal Atık Alçıların Zemin Stabilizasyonunda Kallanılabirliğinin Araştırılması", Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir.
- Türk standartları, "İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuar Deneyleri, TS 1900" Türk Standartları Enstitüsü, (1987).
- Türker, F., Aköz, F., Koral, S., Yüzer, N., 1997, Effects of magnesium sulfate concentration on the sulfate resistance of mortars with and without silica fume, Cement and Concrete Research, 205-214,

Umar, F.,Ağar, E., 1985,Yol üstyapısı, İ.T.Ü İnşaat Fakültesi, İstanbul.

Varlıorpak, Ç., Tanyel, S. ve Eren, A., 1995, "Yol Üst Yapımında Cüruf Kullanımı, Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması Sempozyumu", Bildiriler Kitabı, 129-139 s, Ankara.

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 Characteristiscs of Class C Fly Ash", Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 57.

Yeğınobalı, A., 1993, "Silis Dumanının Beton Katkı Maddesi Olarak Değerlendirilmesi, Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması Sempozyumu", 149-167 s, Ankara.

Yıldız. S, Yalınbaş. M, Keleştemur. O, (2006), "Silis Dumanı Katkılı Yapı Alçılarında Basınç Dayanımının Araştırılması", Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 11, Sayı 2, ss. 15-21.

Yılmaz, A., 2002, "Bir elektrometalurji tesisinin atıklarının yol üstyapısında kullanılabilirliğinin araştırılması", 4. Mühendislik Mimarlık Sempozyumu, Balıkesir,201.

Yollar Fenni Şartnamesi (Yol Alt Yapısı, Sanat Yapıları, Köprü, Tünel ve Üst Yapı İşleri). 1994 Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü Yayını: 170/2, 435 ss, Ankara.

Yollar Fenni Şartnamesi, 2000, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı KGM, Yayın No:170/2, Ankara.

Zaimoğlu, A.Ş. (2003), Bentonit, Uçucu Kül Ve Silis Dumanı Katkılı Çimento Enjeksiyonu Karışımlarında Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerin Taguchi Yöntemi İle İncelenmesi, Doktora Tezi, Atatürk üniv. Fen Bil. Enst.

Zaimoğlu, A.Ş., Tan, Ö., (2006)" Çimento Enjeksiyonlarının Basınç Mukavemeti ve Akma Süresine Uçucu Kül Bentonit ve Silis Dumanının Etkisi", DSİ Teknik Bülteni, Sayı 1001, ss. 61-68.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel bilgiler

Adı Soyadı	Murat GÜNAYDIN
Doğum Yeri ve Tarihi	Ordu, 16/10/1981
Medeni Hali	Evli
Yabancı Dil	İngilizce
İletişim Adresi	Ordu İl Özel İdaresi, Ordu
E-posta Adresi	Muratgunaydin1981@hotmail.com

### Eğitim ve Akademik Durumu

Lise	Samsun Vet.Sağ.Mes.Lisesi, 1998
Lisans	Karadeniz Teknik Üniversitesi, 2002

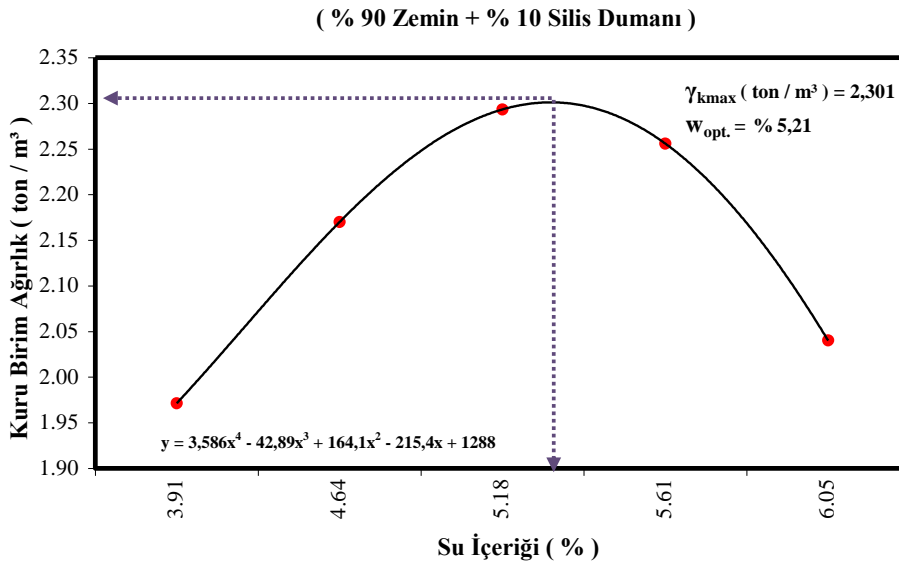
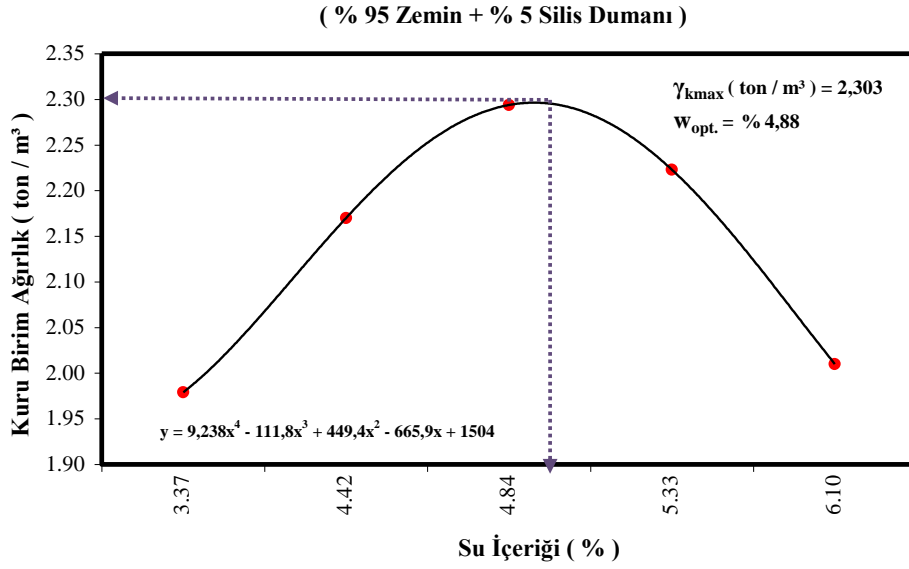
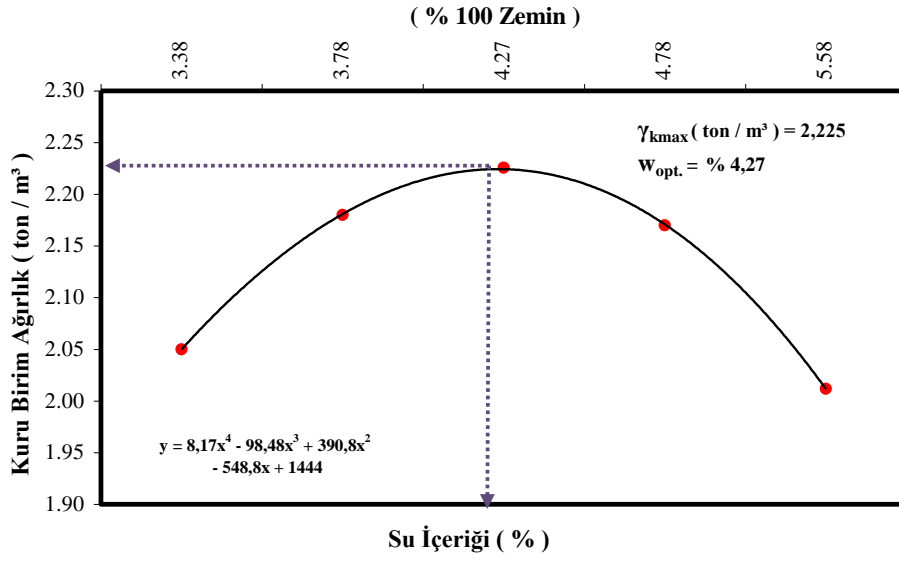
### İş Tecrübesi

Gümüşhane Köy Hiz.	İnşaat mühendisi, 2004-2005
Gümüşhane İl Öz.İdaresi	İnşaat mühendisi, 2005-2007
Ordu İl Öz.İdaresi	İnşaat mühendisi, 2007-

### Ödüller, Teşvikler ve Üyelikler

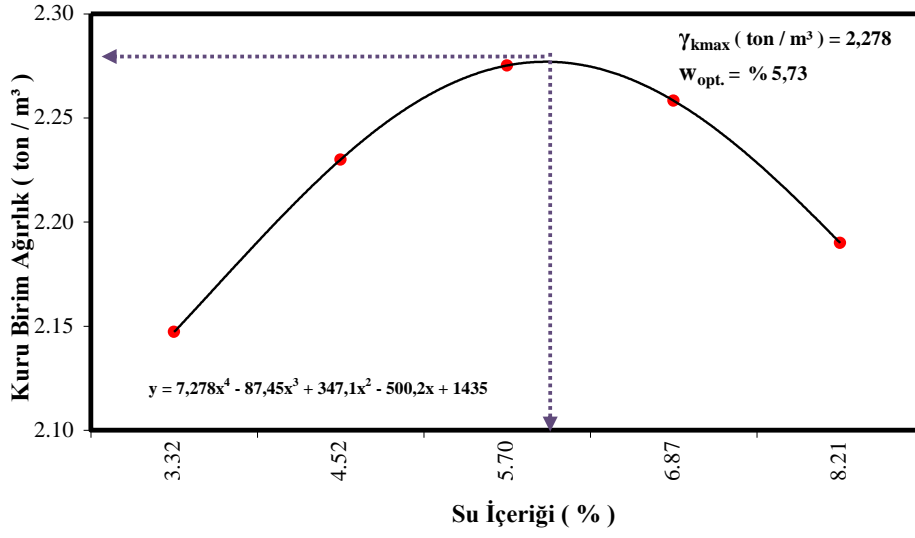
KTÜ	2002 Yılı İnşaat Mühendisli Bölüm Birinciliği
KTÜ	2002 Müh.-Mimarlık Fakültesi İkinciliği
TMMOB/MMO	Asil Üye, 2008-

# EKLER

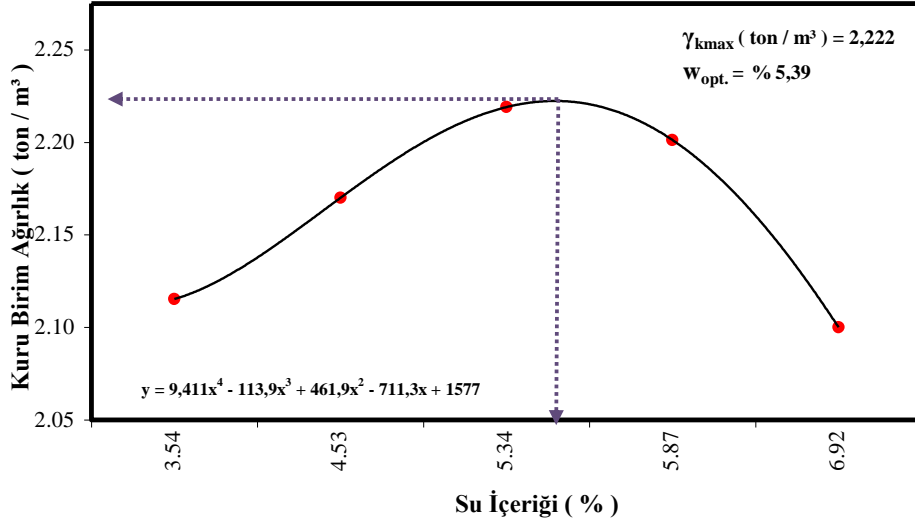


Ek.1. Modifiye Proktor Deneyi Sonuçları

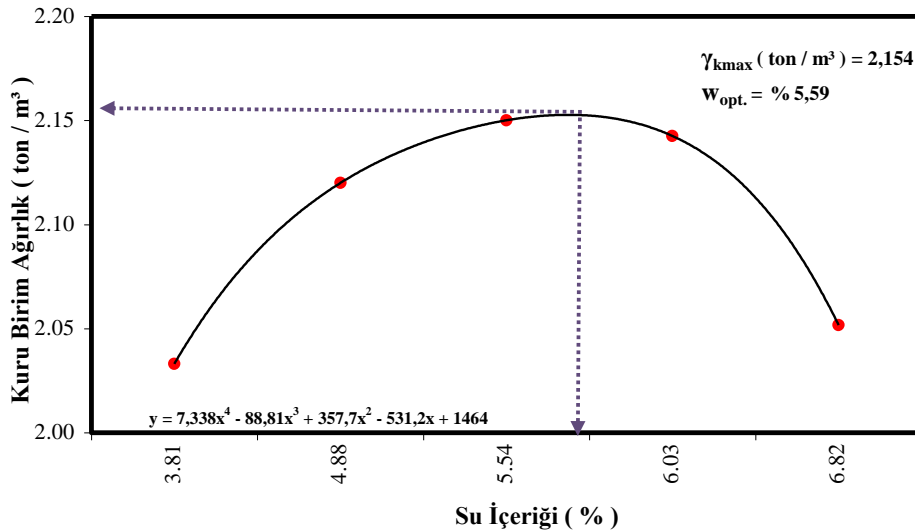
( % 85 Zemin + % 15 Silis Dumanı )



( % 95 Zemin + % 5 Fosfojips )

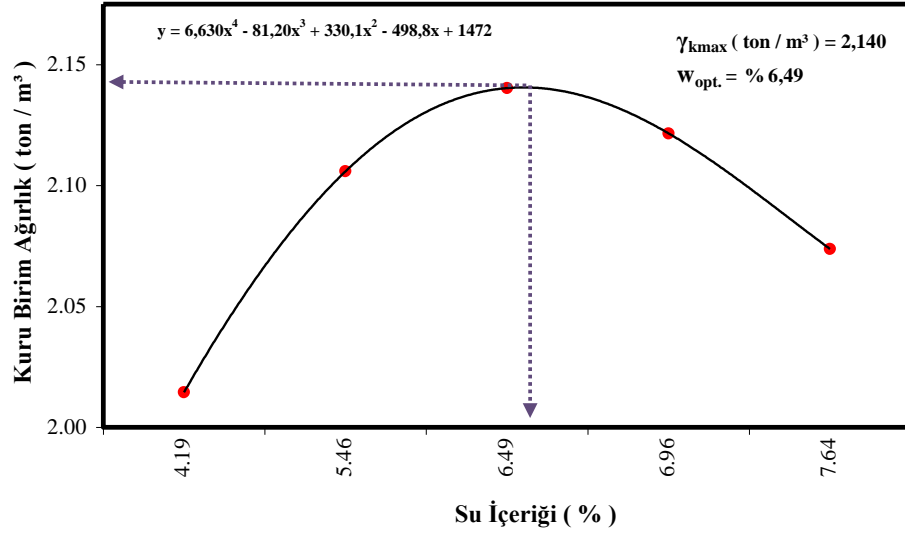


( % 90 Zemin + % 10 Fosfojips )

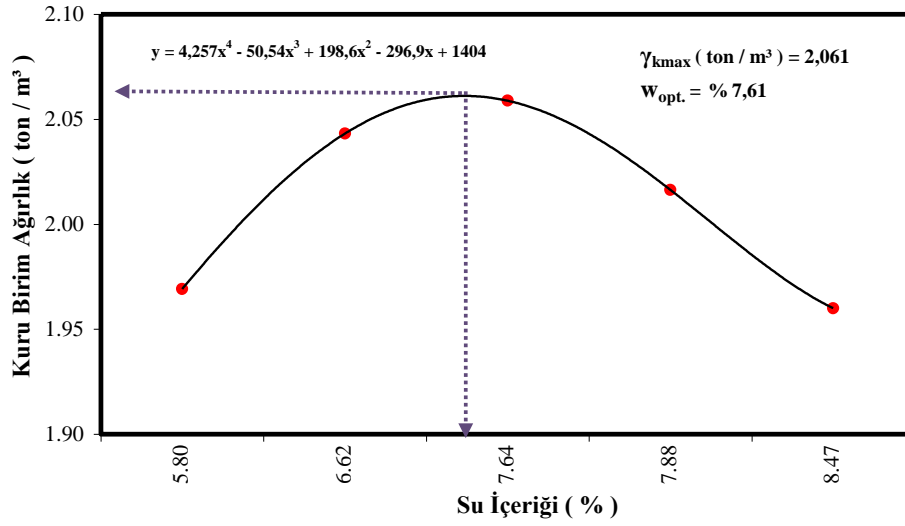


Ek.1. (Devam) Modifiye Proktor Deneyi Sonuçları

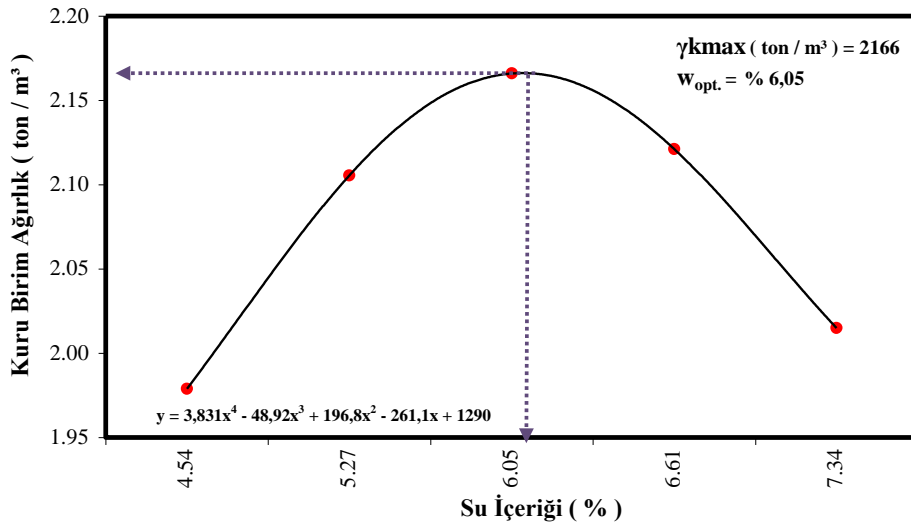
( % 85 Zemin + % 15 Fosfojips )



( % 80 Zemin + % 20 Fosfojips )

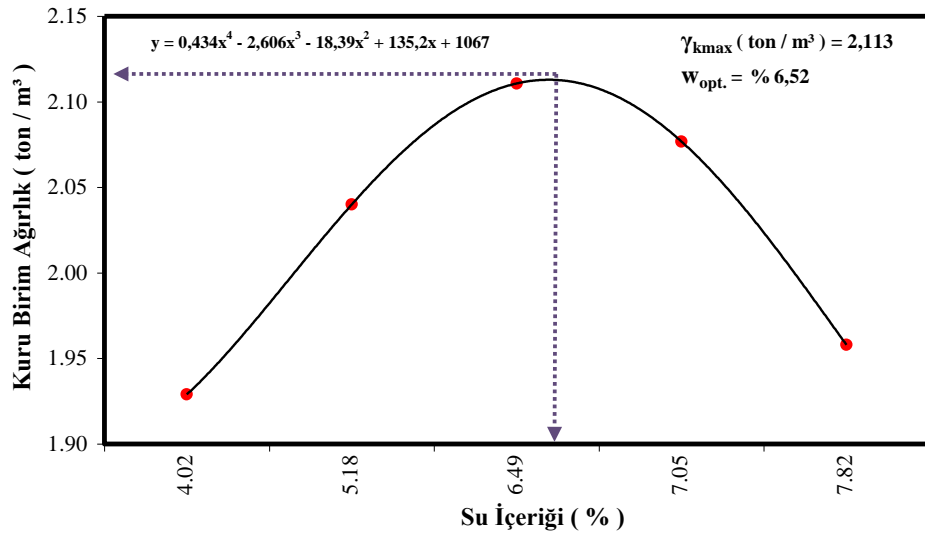


( % 90 Zemin + % 5 Silis Dumanı + % 5 Fosfojips )

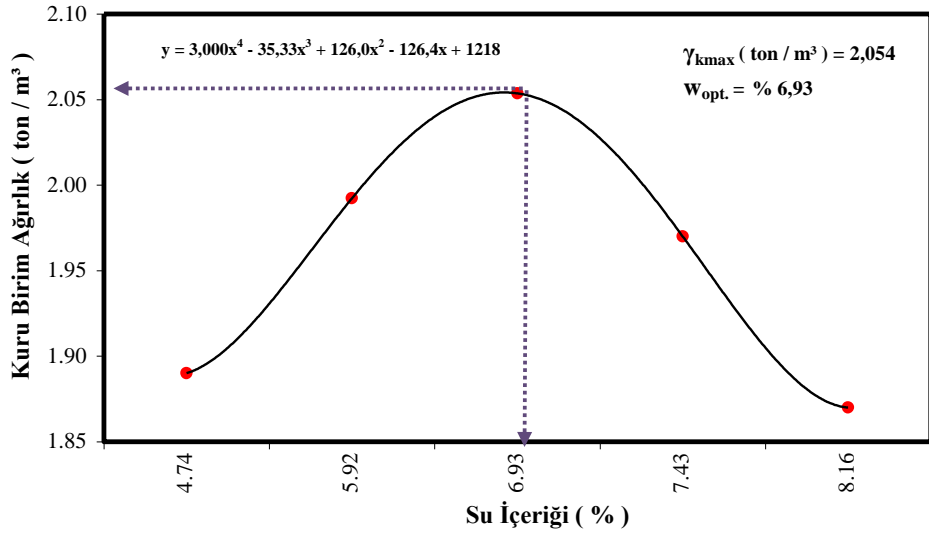


Ek.1. (Devam) Modifiye Proktor Deneyi Sonuçları

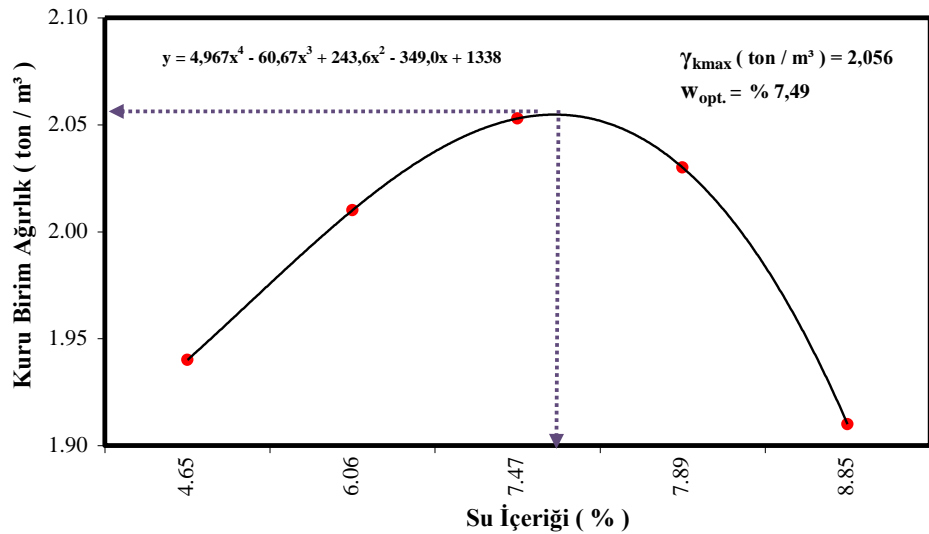
( % 85 Zemin + % 5 Silis Dumanı + % 10 Fosfojips )



( % 80 Zemin + % 5 Silis Dumanı + % 15 Fosfojips )

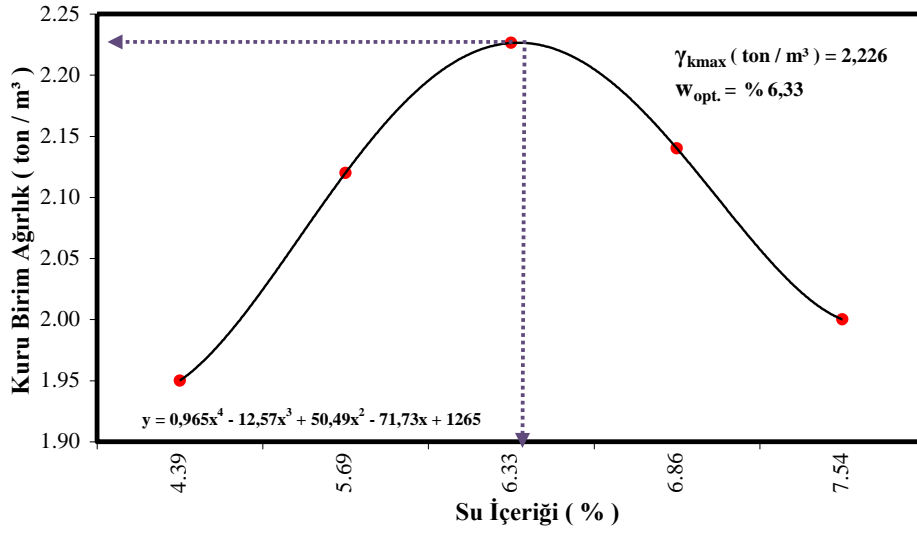


( % 75 Zemin + % 5 Silis Dumanı + % 20 Fosfojips )

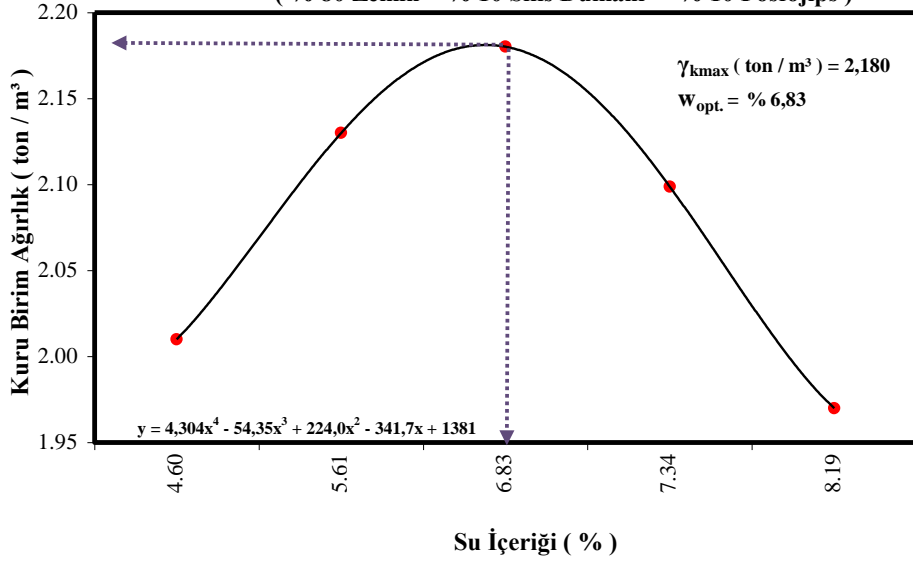


Ek.1. (Devam) Modifiye Proktor Deneyi Sonuçları

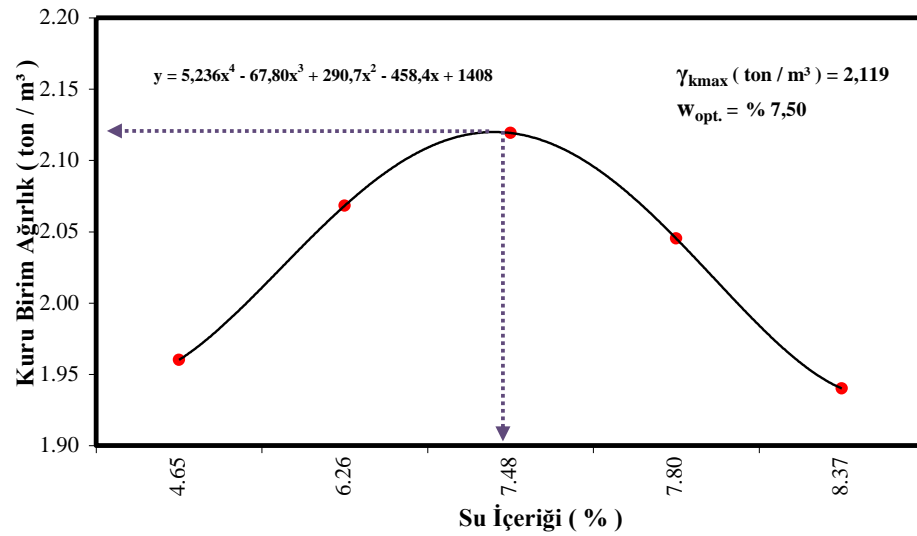
( % 85 Zemin + % 10 Silis Dumanı + % 5 Fosfojips )



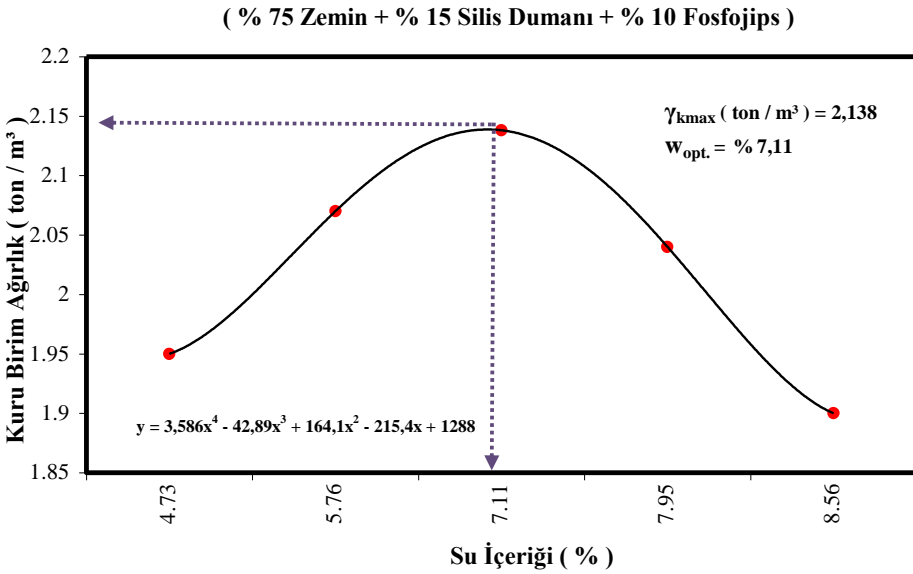
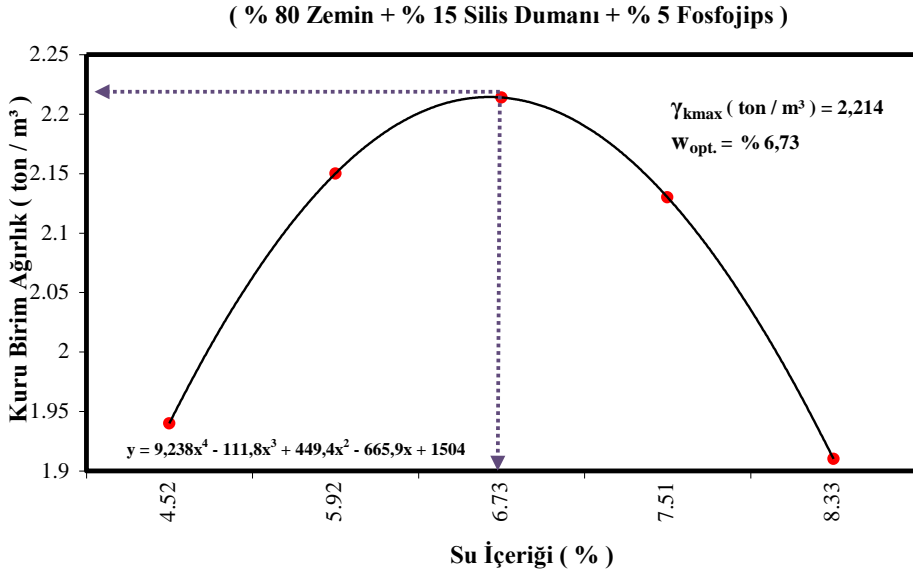
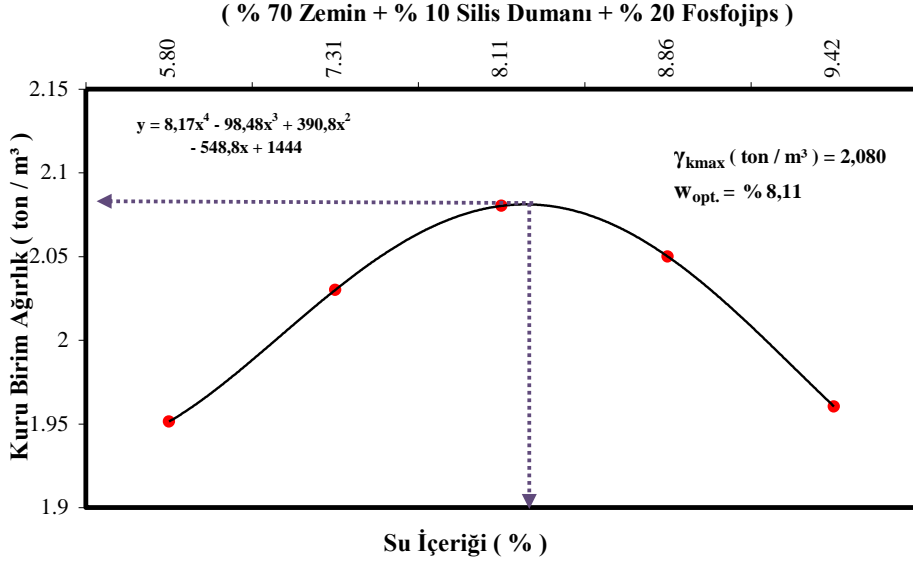
( % 80 Zemin + % 10 Silis Dumanı + % 10 Fosfojips )



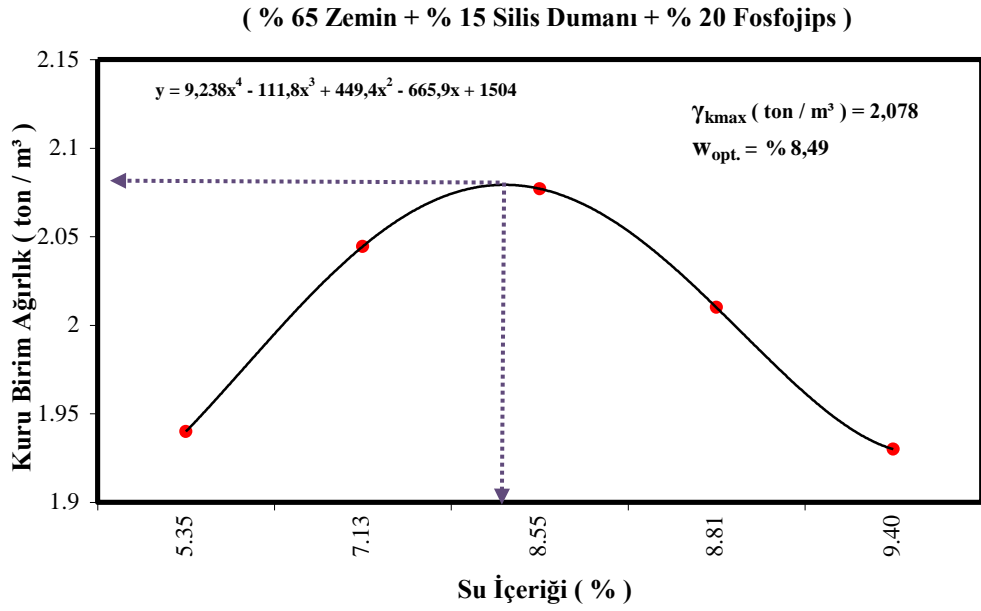
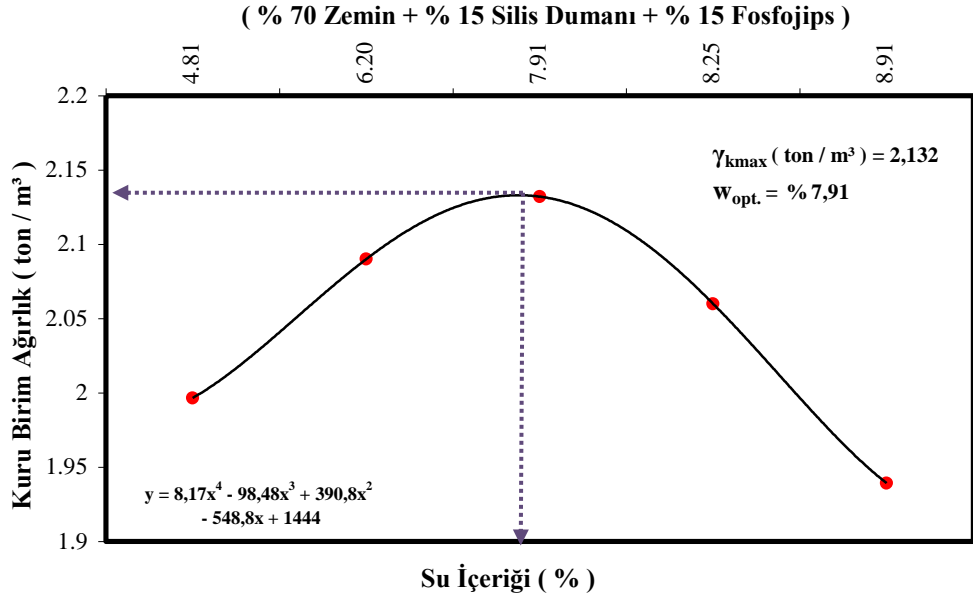
( % 75 Zemin + % 10 Silis Dumanı + % 15 Fosfojips )



Ek.1. (Devam) Modifiye Proktor Deneyi Sonuçları



Ek.1. (Devam) Modifiye Proktor Deneyi Sonuçları



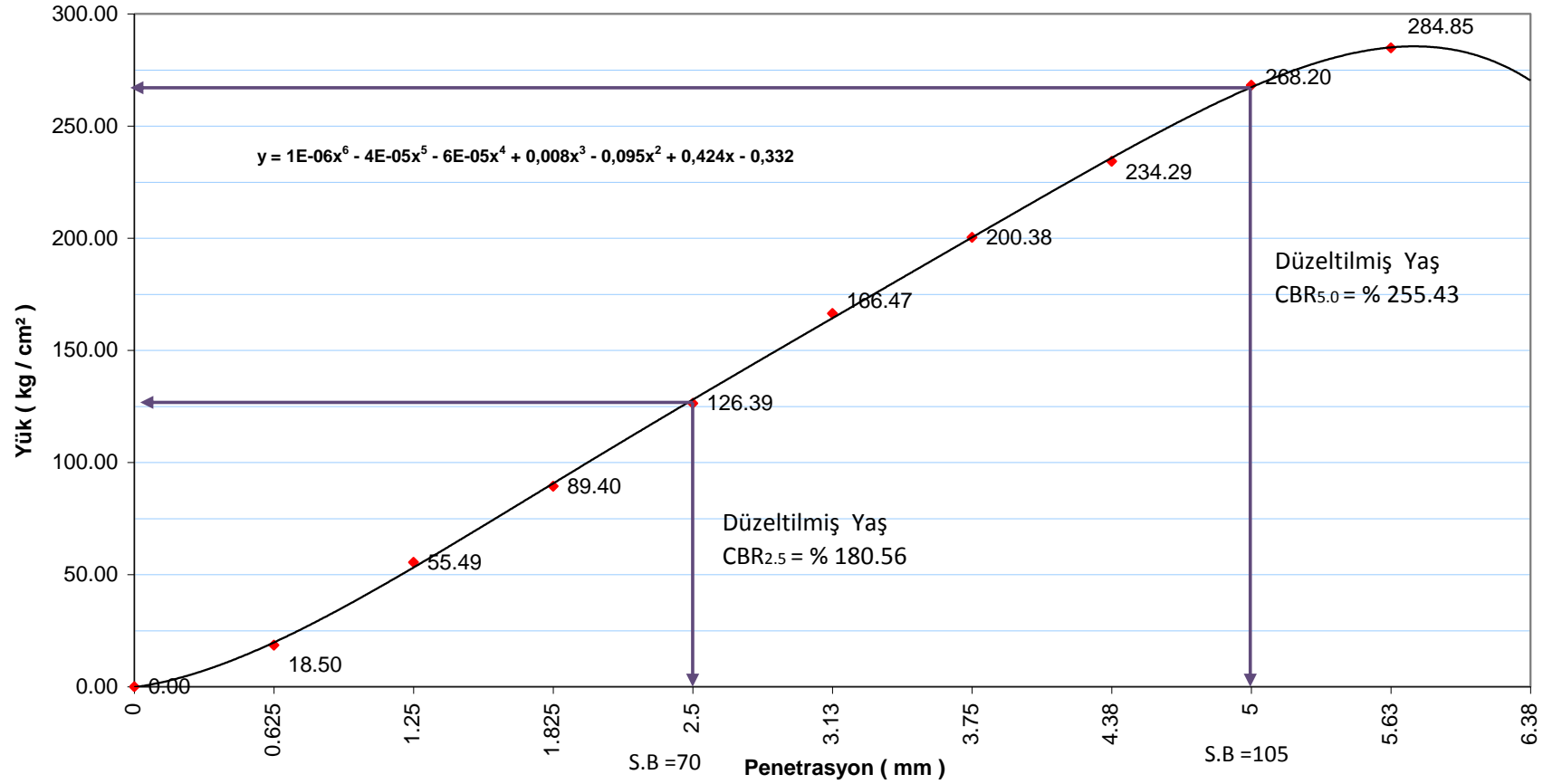
Ek.1. (Devam) Modifiye Proktor Deneyi Sonuçları

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI												
Proje Adı	GRANÜLER TEMEL MALZEMESİ İYİLEŞTİRİLMESİ				Lab No		ALINDIĞI YER		ÇATALKAYA TAŞ OCAĞI			
					Arazi No:							
C.B.R		YAŞ	X	SIKIŞTIRMA YÖNTEMİ	STATİK	TOKMAK (kg)	TABAKA	VURUŞ				
		KURU				4,5	5	56				
					Dinamik	Yük						
KURU BİRİM AĞIRLIĞININ SAPTANMASI												
NUMUNENİN DURUMU					Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra	Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra				
Kalıp No					2	2	5	5				
Kalıp Ağırlığı ( g )					5327	5327	5272	5272				
Kalıp Hacmi ( cm <sup>3</sup> )					2124	2124	2124	2124				
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )					10256	10324	10207	10292				
Yaş Numune Ağırlığı ( g )					4929	4997	4935	5020				
Yaş Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )					2.321	2.353	2.323	2.363				
Kuru Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )					2.226	2.210	2.224	2.216				
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI												
Kap No					52	69	1	2				
Kap Ağırlığı ( g )					105	110	100	111				
Kap+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )					593	622	638	722				
Kap+ Kuru Numune Ağırlığı ( g )					573	591	615	684				
Su ağırlığı ( g )					20	31	23	38				
Kuru Numune Ağırlığı ( g )					468	481	515	573				
Su içeriği ( % )					4.3	6.4	4.5	6.6				
ŞİŞME SONUÇLARI												
Tarih		Saat		Kalıp No	2		Kalıp No	5		Ortalama Şişme % si		
				Göstergede Okunan t	Şişme %	Göstergede Okunan t	Şişme %	3.05				
				357.00	3.07	353.00	3.03	184.53		ORT.CBR % Sİ		
PENETRASYON SONUÇLARI												
Penetrasyon		Standart Basınç	2					5				
			Okunan Yük			Düzel.CBR:		Okunan Yük			Düzel.CBR:	
İnç	mm		Dial Okuma	Yük (Kg)	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR	Dial Okuma	Yük	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR
0.025	0.625		30	363.00	18.5			33	399.3	20.6		
0.050	1.250		90	1089.00	55.5			97	1173.7	60.7		
0.075	1.825		145	1754.50	89.4			152	1839.2	95.0		
0.100	2.500	70	205	2480.50	126.4		180.56	211	2553.1	131.9		188.49
0.125	3.130		270	3267.00	166.5			281	3400.1	175.7		
0.150	3.750		325	3932.50	200.4			342	4138.2	213.9		
0.175	4.380		380	4598.00	234.3			394	4767.4	246.4		
0.200	5.000	105	435	5263.50	268.2		255.43	444	5372.4	277.6		264.42
0.225	5.630		462	5590.2	284.9			469	5674.9	289.2		
0.250	6.250											
0.275	6.880											
0.300	7.500											

Ek.2. CBR Sonuç Formları – Z

### CBR Test Sonuçları ( % 100 Zemin - 1)

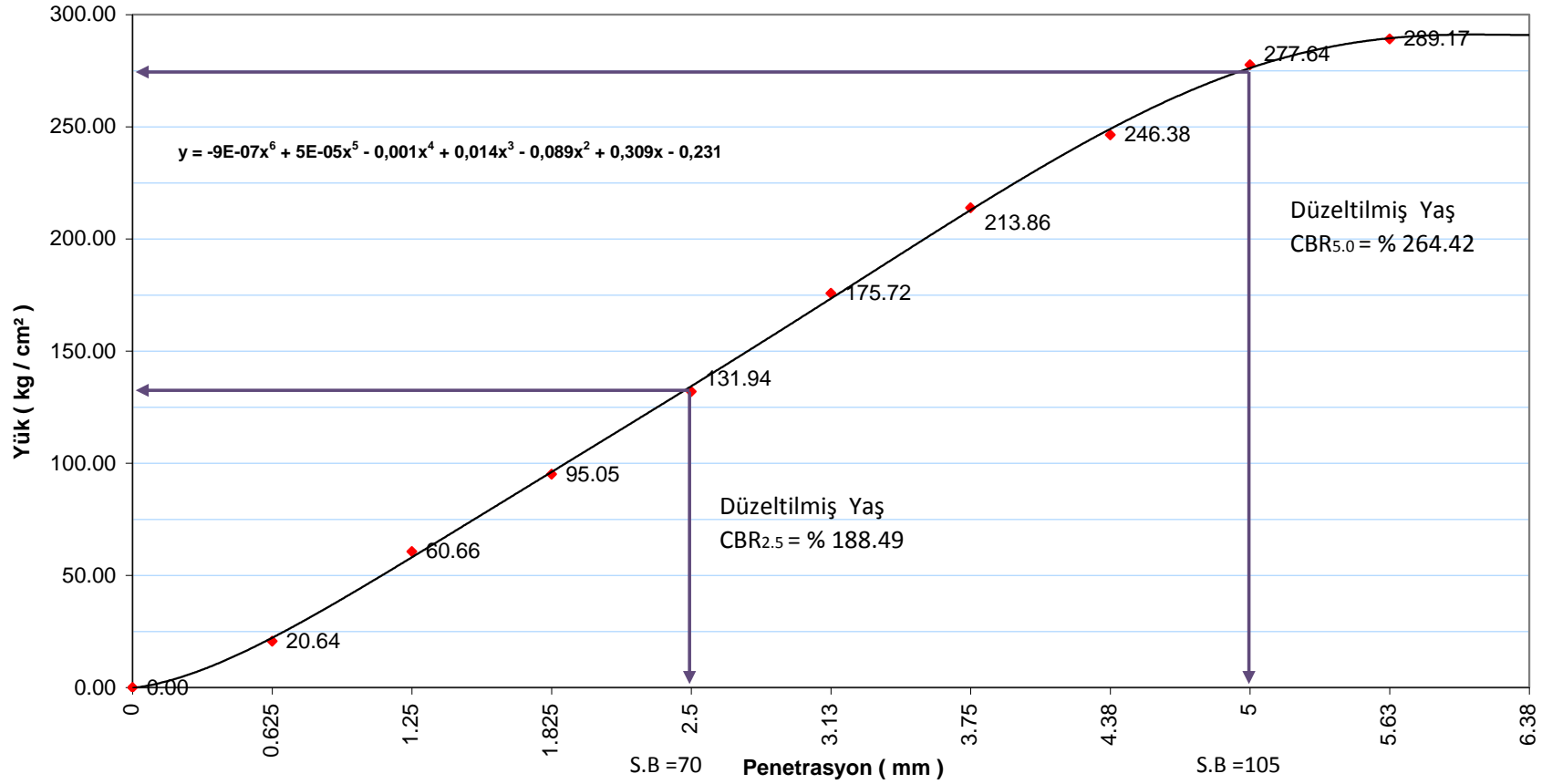
◆ %100 Zemin-1



Ek.3. Yük – Penetrasyon İlişkisi – Z ( Numune – 1 )

### CBR Test Sonuçları ( % 100 Zemin - 2)

◆ % 100 Zemin - 2



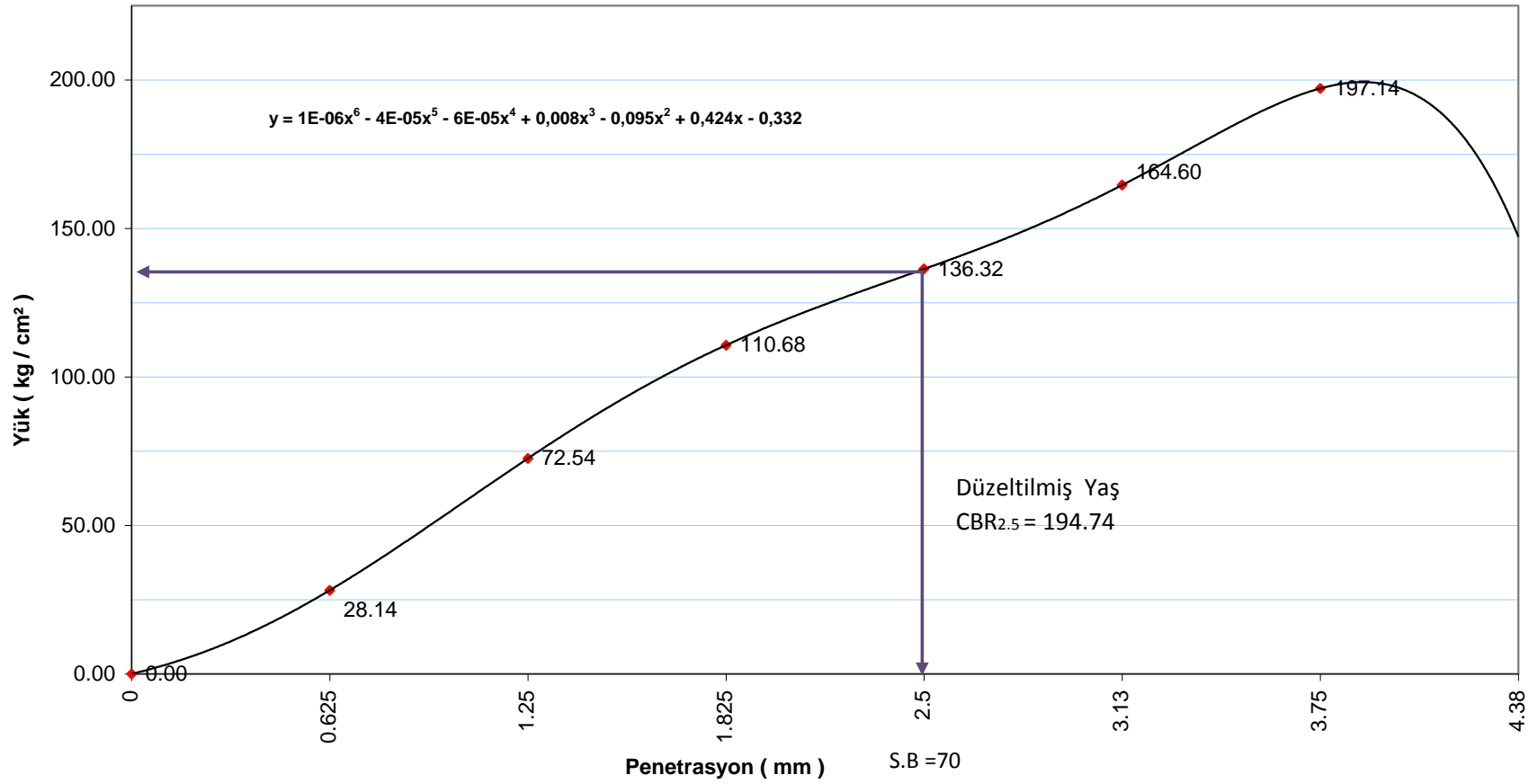
Ek.3. ( Devam ) Yük – Penetrasyon İlişkisi – Z ( Numune – 2 )

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI												
Proje Adı	GRANÜLER TEMEL MALZEMESİ İYİLEŞTİRİLMESİ				Lab No		ALINDIĞI YER		ÇATALKAYA TAŞ OCAĞI			
					Arazi No:							
C.B.R	YAŞ	X	SIKIŞTIRMA YÖNTEMİ	STATİK	TOKMAK (kg)	TABAKA	VURUŞ					
	KURU			Dinamik	4,5	5	56					
KURU BİRİM AĞIRLIĞININ SAPTANMASI												
NUMUNENİN DURUMU				Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra	Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra					
Kalıp No				4	4	1	1					
Kalıp Ağırlığı ( g )				5346	5346	5336	5336					
Kalıp Hacmi ( cm <sup>3</sup> )				2124	2124	2124	2124					
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )				10454	10508	10388	10456					
Yaş Numune Ağırlığı ( g )				5108	5162	5052	5120					
Yaş Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )				2.405	2.430	2.379	2.411					
Kuru Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )				2.294	2.284	2.273	2.269					
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI												
Kap No				58	52	10	69					
Kap Ağırlığı ( g )				113	105.0	109.0	110.0					
Kap+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )				546	586.0	603.0	536.0					
Kap+ Kuru Numune Ağırlığı ( g )				526	557.0	581.0	511.0					
Su ağırlığı ( g )				20	29.0	22.0	25.0					
Kuru Numune Ağırlığı ( g )				413	452.0	472.0	401.0					
Su içeriği ( % )				4.8	6.4	4.7	6.2					
ŞİŞME SONUÇLARI												
Tarih		Saat		Kalıp No	4		Kalıp No	1		Ortalama Şişme % si		
				Göstergede Okunan t	Şişme %		Göstergede Okunan t	Şişme %		2.84		
				333.00	2.86		329.00	2.83		ORT.CBR % Sİ		
										196.53		
Penetrasyon		Standart Basınç	4					1				
			Okunan Yük			Düzel.CBR:		Okunan Yük			Düzel.CBR:	
İnç	mm		Dial Okuma	Yük (Kg)	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR	Dial Okuma	Yük	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR
0.025	0.625		45	544.50	28.1			51	617.1	31.9		
0.050	1.250		116	1403.60	72.5			119	1439.9	74.4		
0.075	1.825		177	2141.70	110.7			174	2105.4	108.8		
0.100	2.500	70	218	2637.80	136.3		194.74	222	2686.2	138.8		198.32
0.125	3.130		263	3184.93	164.6			271	3279.1	169.5		
0.150	3.750		315	3814.65	197.1			318	3847.8	198.9		
0.175	4.380											
0.200	5.000	105				0.00	0.00				0.00	0.00
0.225	5.630											
0.250	6.250											
0.275	6.880											
0.300	7.500											

Ek.4. CBR Sonuç Formları – ZSD1

### CBR Test Sonuçları ( % 95 Zemin + % 5 Silis Dumanı - 1)

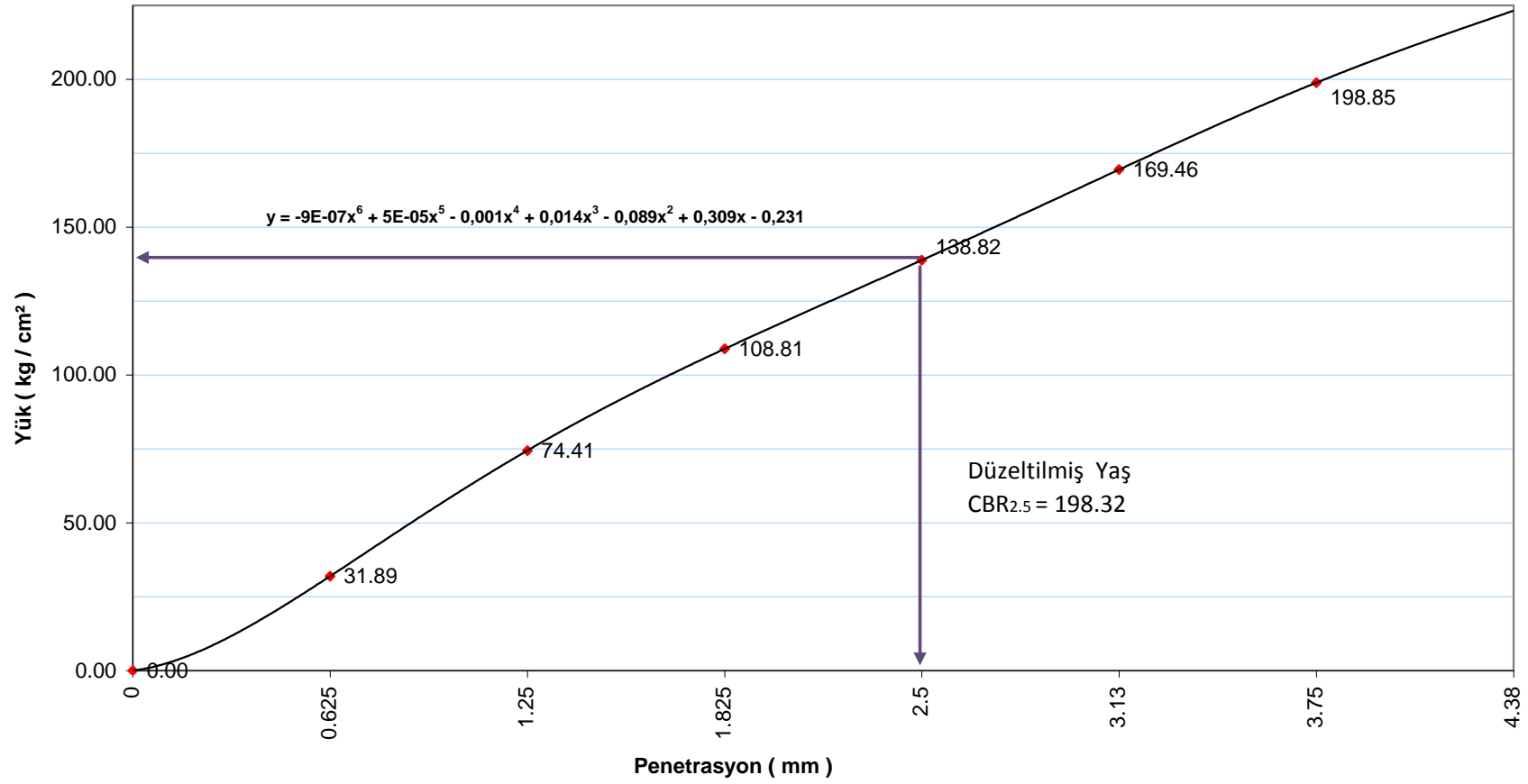
◆ %95 Zemin + %5 Silis Dumanı -1



Ek.5. Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZSD1 ( Numune – 1 )

### CBR Test Sonuçları ( % 95 Zemin + % 5 Silis Dumanı - 2)

◆ % 95 Zemin + % 5 Silis Dumanı - 2



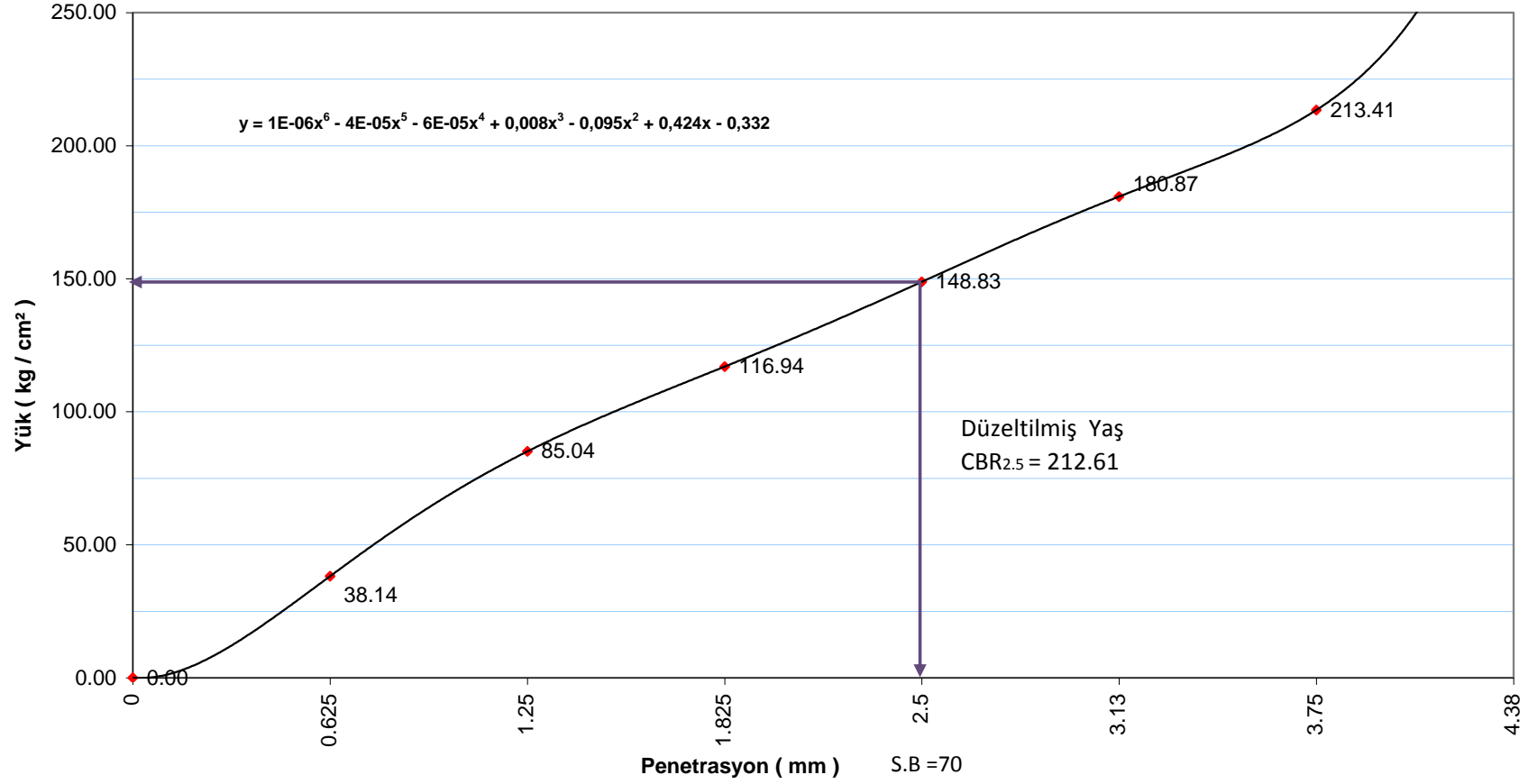
Ek.5. ( Devam ) Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZSD1 ( Numune – 2 )

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI												
Proje Adı	GRANÜLER TEMEL MALZEMESİ İYİLEŞTİRİLMESİ				Lab No		ALINDIĞI YER		ÇATALKAYA TAŞ OCAĞI			
					Arazi No:							
C.B.R		YAŞ	X	SIKIŞTIRMA YÖNTEMİ	STATİK	TOKMAK (kg)	TABAKA	VURUŞ				
		KURU			Dinamik	4,5	5	56				
KURU BİRİM AĞIRLIĞININ SAPTANMASI												
NUMUNENİN DURUMU				Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra	Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra					
Kalıp No				3	3	7	7					
Kalıp Ağırlığı ( g )				5356	5356	5331	5331					
Kalıp Hacmi ( cm <sup>3</sup> )				2124	2124	2124	2124					
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )				10479	10558	10442	10536					
Yaş Numune Ağırlığı ( g )				5123	5202	5111	5205					
Yaş Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )				2.412	2.449	2.406	2.451					
Kuru Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )				2.293	2.284	2.292	2.286					
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI												
Kap No				69	23	1	52					
Kap Ağırlığı ( g )				110	107	100	105					
Kap+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )				618	595	626	684					
Kap+ Kuru Numune Ağırlığı ( g )				593	562	601	645					
Su ağırlığı ( g )				25	33	25	39					
Kuru Numune Ağırlığı ( g )				483	455	501	540					
Su içeriği ( % )				5.2	7.3	5.0	7.2					
ŞİŞME SONUÇLARI												
Tarih		Saat		Kalıp No	3	Kalıp No	7	Ortalama Şişme % si				
				Göstergede Okunan t	Şişme %	Göstergede Okunan t	Şişme %	2.59				
				305.00	2.62	299.00	2.57	ORT.CBR % SI				
								215.29				
PENETRASYON SONUÇLARI												
Penetrasyon		Standart Basınç	3					7				
			Okunan Yük			Düzel.CBR:		Okunan Yük			Düzel.CBR:	
İnç	mm		Dial Okuma	Yük (Kg)	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR	Dial Okuma	Yük	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR
0.025	0.625		61	738.10	38.1			69	834.9	43.1		
0.050	1.250		136	1645.60	85.0			142	1718.2	88.8		
0.075	1.825		187	2262.70	116.9			196	2371.6	122.6		
0.100	2.500	70	238	2879.80	148.8		212.61	244	2952.4	152.6		217.97
0.125	3.130		289	3499.79	180.9			295	3569.5	184.5		
0.150	3.750		341	4129.51	213.4			354	4283.4	221.4		
0.175	4.380											
0.200	5.000	105				0.00	0.00				0.00	0.00
0.225	5.630											
0.250	6.250											
0.275	6.880											
0.300	7.500											

Ek.6. CBR Sonuç Formları – ZSD2

### CBR Test Sonuçları ( % 90 Zemin + % 10 Silis Dumanı - 1)

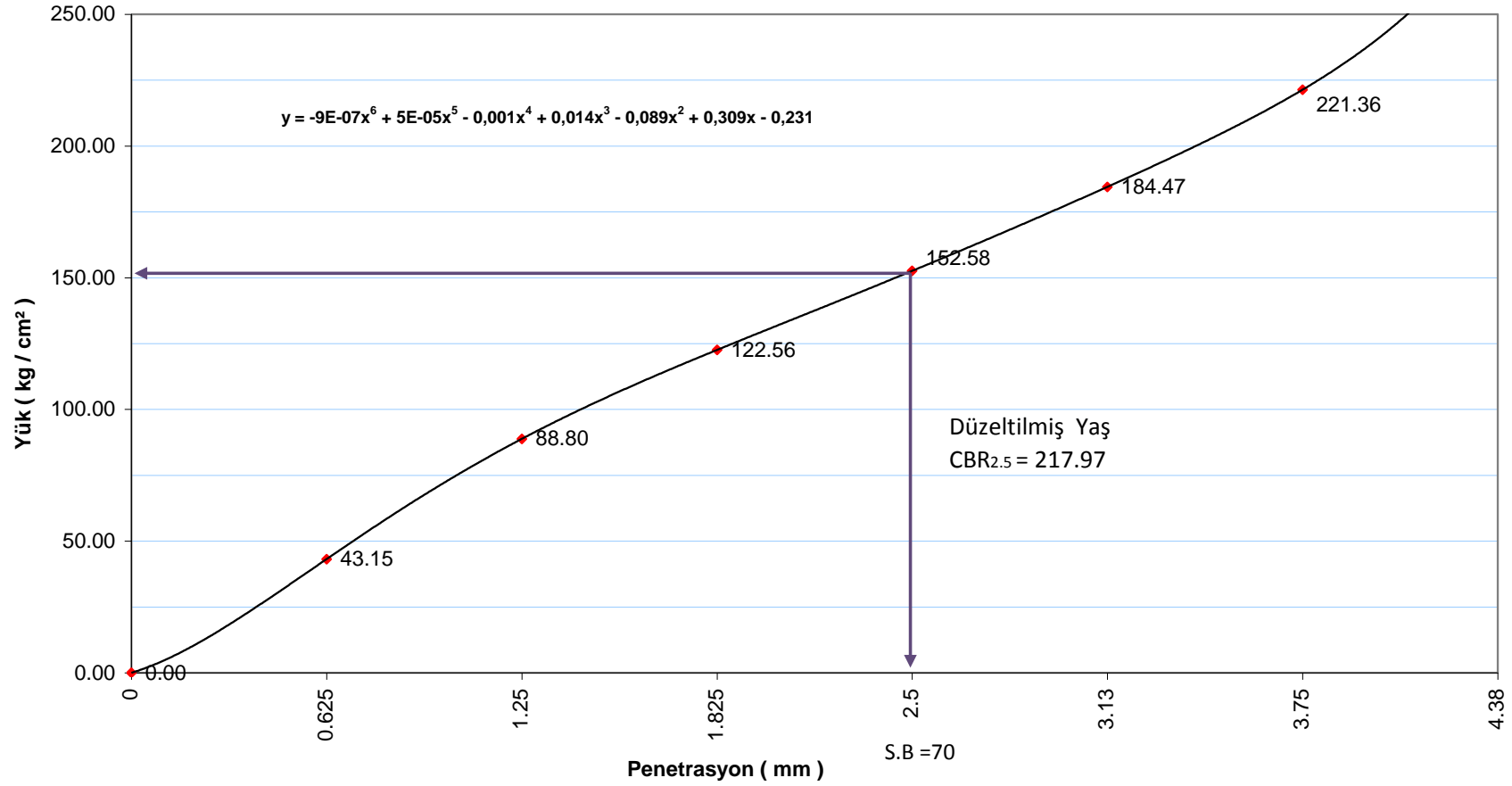
◆ % 90 Zemin + % 10 Silis Dumanı -1



Ek.7. Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZSD2 ( Numune – 1 )

### CBR Test Sonuçları ( % 90 Zemin + % 10 Silis Dumanı - 2)

◆ % 90 Zemin + % 10 Silis Dumanı - 2



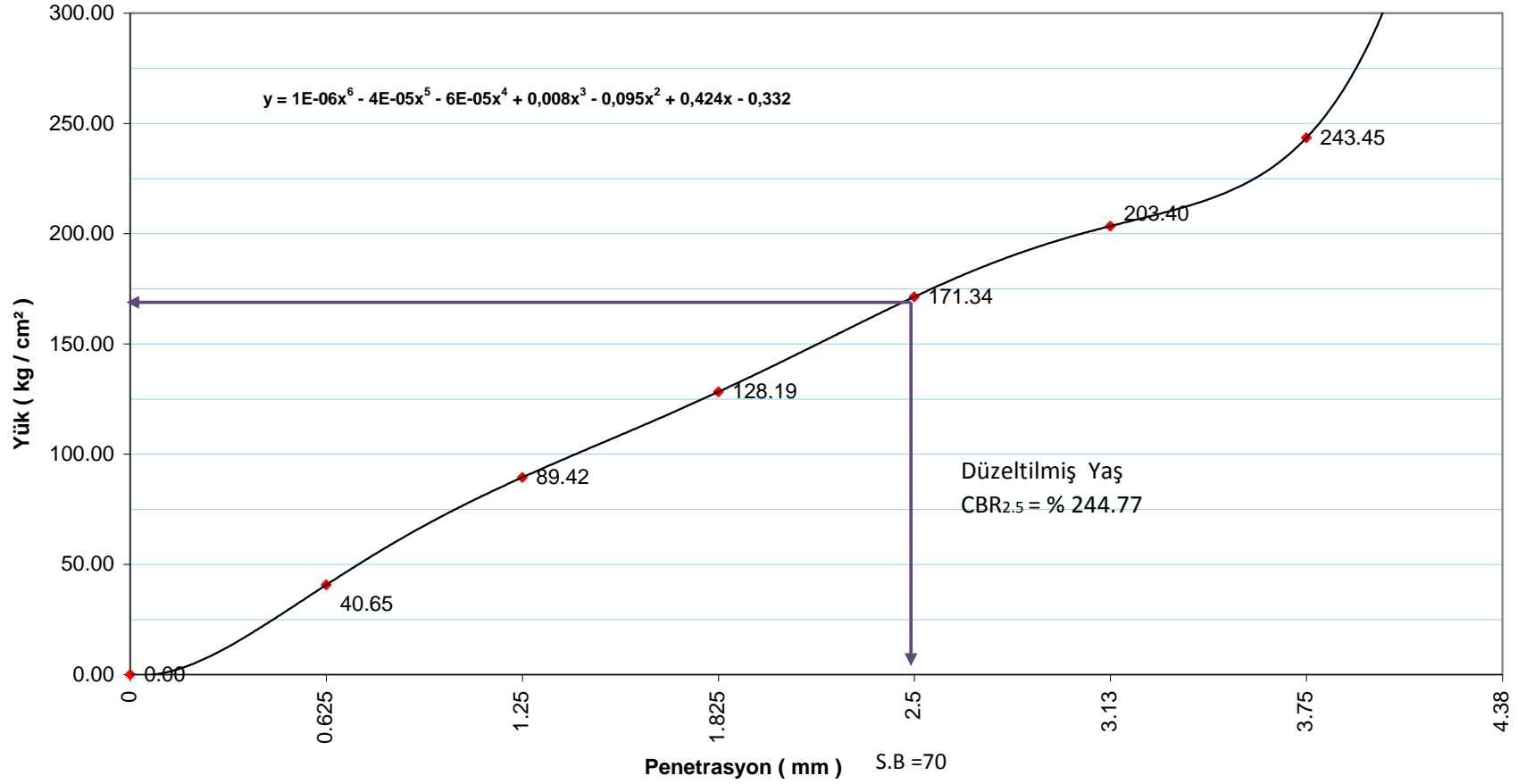
Ek.7. ( Devam ) Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZSD2 ( Numune – 2 )

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI												
Proje Adı	GRANÜLER TEMEL MALZEMESİ İYİLEŞTİRİLMESİ				Lab No		ALINDIĞI YER		ÇATALKAYA TAŞ OCAĞI			
					Arazi No:							
C.B.R	YAŞ	X	SIKIŞTIRMA YÖNTEMİ	STATİK	TOKMAK (kg)	TABAKA	VURUŞ					
	KURU			Dinamik	4,5	5	56					
KURU BİRİM AĞIRLIĞININ SAPTANMASI												
NUMUNENİN DURUMU				Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra	Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra					
Kalıp No				8	8	5	5					
Kalıp Ağırlığı ( g )				5339	5339	5272	5272					
Kalıp Hacmi ( cm <sup>3</sup> )				2124	2124	2124	2124					
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )				10447	10525	10398	10475					
Yaş Numune Ağırlığı ( g )				5108	5186	5126	5203					
Yaş Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )				2.405	2.442	2.413	2.450					
Kuru Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )				2.275	2.270	2.279	2.271					
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI												
Kap No				1	17	43	38					
Kap Ağırlığı ( g )				100	111.0	108.0	110.0					
Kap+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )				545	596.0	682.0	686.0					
Kap+ Kuru Numune Ağırlığı ( g )				521	562.0	650.0	644.0					
Su ağırlığı ( g )				24	34.0	32.0	42.0					
Kuru Numune Ağırlığı ( g )				421	451.0	542.0	534.0					
Su içeriği ( % )				5.7	7.5	5.9	7.9					
ŞİŞME SONUÇLARI												
Tarih	Saat	Kalıp No	8		Kalıp No	5		Ortalama Şişme % si				
		Göstergede Okunan t	Şişme %	Göstergede Okunan t	Şişme %	2.25						
		258.00	2.22	266.00	2.29	ORT.CBR % Sİ						
						247.45						
Penetrasyon	Standart Basınç	8						5				
		Okunan Yük			Düzel.CBR:			Okunan Yük			Düzel.CBR:	
İnç	mm	Dial Okuma	Yük (Kg)	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR	Dial Okuma	Yük	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR	
0.025	0.625	65	786.50	40.6			68	822.8	42.5			
0.050	1.250	143	1730.30	89.4			139	1681.9	86.9			
0.075	1.825	205	2480.50	128.2			201	2432.1	125.7			
0.100	2.500	70	274	3315.40	171.3	171.34	244.77	280	3388.0	175.1	175.09	250.13
0.125	3.130		325	3935.75	203.4			341	4126.1	213.2		
0.150	3.750		389	4710.79	243.5			396	4791.6	247.6		
0.175	4.380											
0.200	5.000	105				0.00	0.00				0.00	0.00
0.225	5.630											
0.250	6.250											
0.275	6.880											
0.300	7.500											

Ek.8. CBR Sonuç Formları – ZSD3

### CBR Test Sonuçları ( % 85 Zemin + % 15 Silis Dumanı - 1)

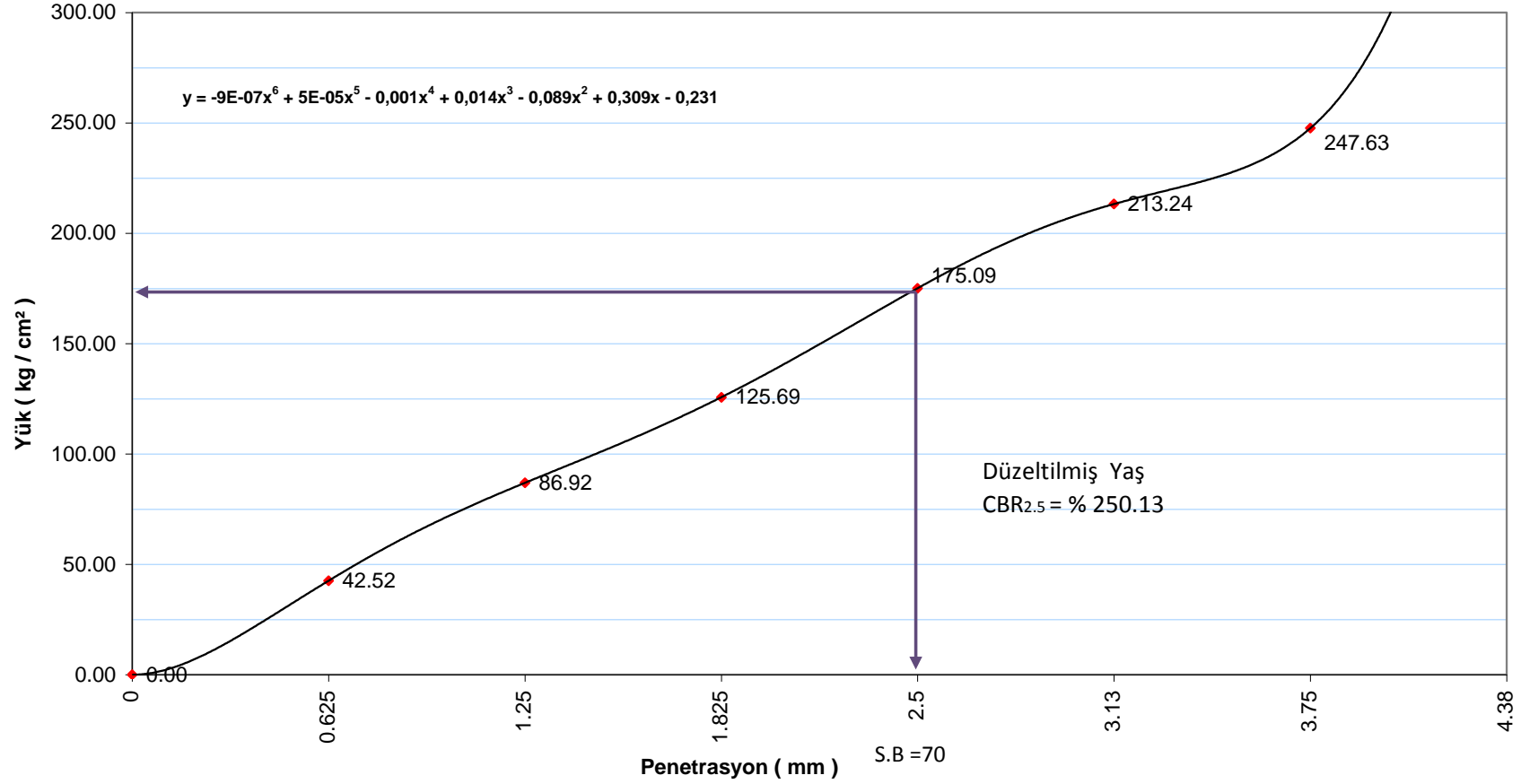
◆ % 85 Zemin + % 15 Silis Dumanı-1



Ek.9. Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZSD3 ( Numune – 1 )

### CBR Test Sonuçları ( % 85 Zemin + % 15 Silis Dumanı - 2)

◆ % 85 Zemin + % 15 Silis Dumanı - 2



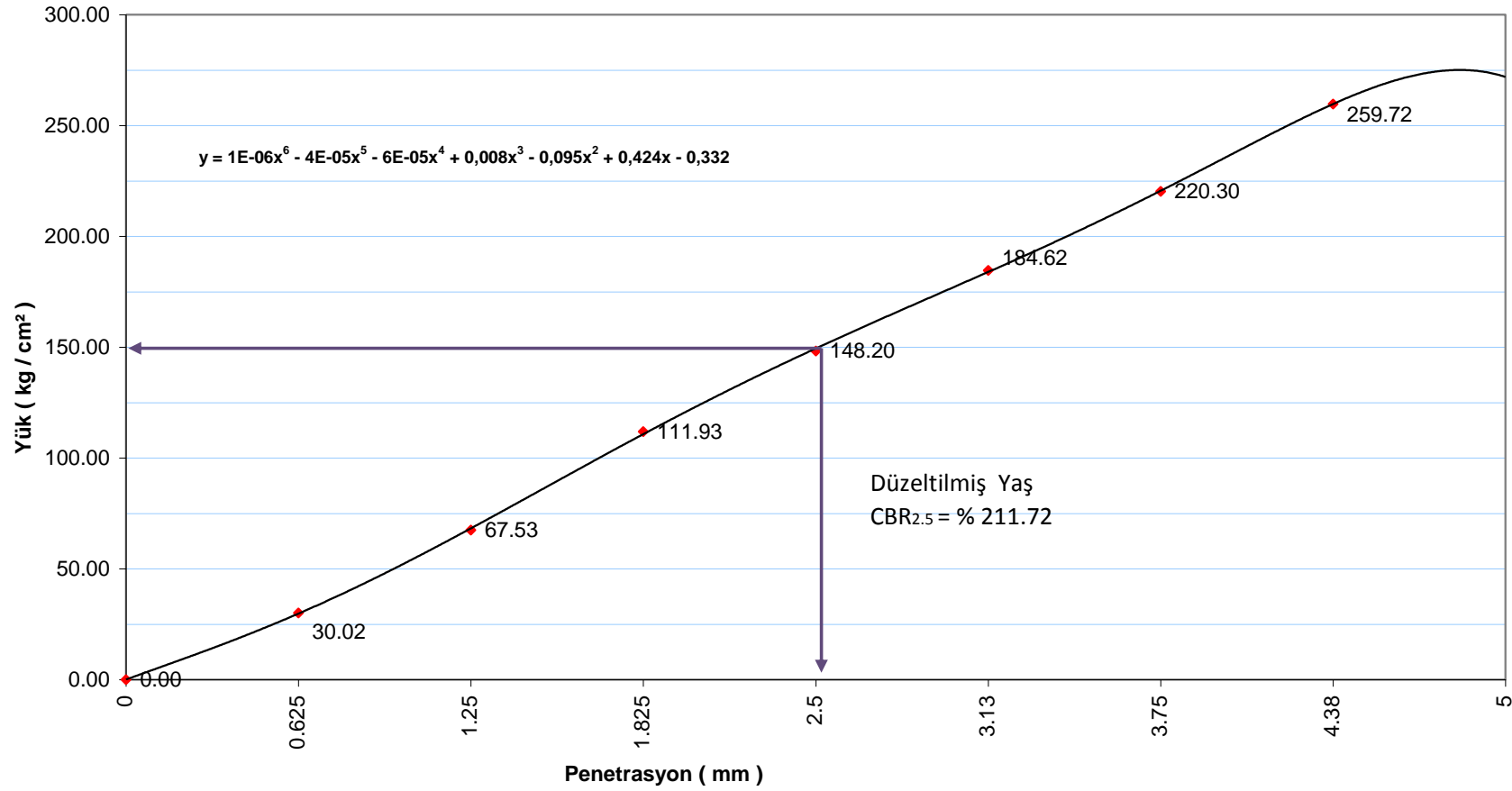
Ek.9. ( Devam ) Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZSD3 ( Numune – 2 )

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI												
Proje Adı	GRANÜLER TEMEL MALZEMESİ İYİLEŞTİRİLMESİ						Lab No		ALINDIĞI YER		ÇATALKAYA TAŞ OCAĞI	
							Arazi No:					
								CİNSİ		0-25 mm Temel Malzemesi		
C.B.R	YAŞ	X	SIKIŞTIRMA YÖNTEMİ	STATİK	TOKMAK (kg)	TABAKA	VURUŞ					
	KURU			Dinamik	4,5	5	56					
KURU BİRİM AĞIRLIĞININ SAPTANMASI												
NUMUNENİN DURUMU				Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra	Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra					
Kalıp No				3	3	4	4					
Kalıp Ağırlığı ( g )				5356	5356	5346	5346					
Kalıp Hacmi ( cm <sup>3</sup> )				2124	2124	2124	2124					
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )				10321.0	10391	10301	10378					
Yaş Numune Ağırlığı ( g )				4965.0	5035	4955	5032					
Yaş Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )				2.338	2.371	2.333	2.369					
Kuru Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )				2.219	2.225	2.217	2.230					
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI												
Kap No				2	23	69	10					
Kap Ağırlığı ( g )				111.0	107.0	110.0	109.0					
Kap+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )				683.0	628.0	652.0	604.0					
Kap+ Kuru Numune Ağırlığı ( g )				654.0	596.0	625.0	575.0					
Su ağırlığı ( g )				29.0	32.0	27.0	29.0					
Kuru Numune Ağırlığı ( g )				543.0	489.0	515.0	466.0					
Su içeriği ( % )				5.3	6.5	5.2	6.2					
ŞİŞME SONUÇLARI												
Tarih		Saat		Kalıp No	3		Kalıp No	4		Ortalama Şişme % si		
				Göstergede Okunan t	Şişme %		Göstergede Okunan t	Şişme %		2.66		
				308.00	2.65		312.00	2.68		ORT.CBR % Sİ		
										209.04		
PENETRASYON SONUÇLARI												
Penetrasyon		Standart Basınç	3					4				
			Okunan Yük			Düzel.CBR:		Okunan Yük			Düzel.CBR:	
İnç	mm		Dial Okuma	Yük (Kg)	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR	Dial Okuma	Yük	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR
0.025	0.625		48	580.80	30.0			44	532.4	27.5		
0.050	1.250		108	1306.80	67.5			102	1234.2	63.8		
0.075	1.825		179	2165.90	111.9			181	2190.1	113.2		
0.100	2.500	70	237	2867.70	148.2	148.20	211.72	231	2795.1	144.4	144.45	206.36
0.125	3.130		295	3572.45	184.6			289	3496.9	180.7		
0.150	3.750		352	4262.72	220.3			345	4174.5	215.7		
0.175	4.380		415	5025.65	259.7			403	4876.3	252.0		
0.200	5.000	105				0.00	0.00				0.00	0.00
0.225	5.630											
0.250	6.250											
0.275	6.880											
0.300	7.500											

Ek.10. CBR Sonuç Formları – ZF1

### CBR Test Sonuçları ( % 95 Zemin + % 5 Fosfojips - 1)

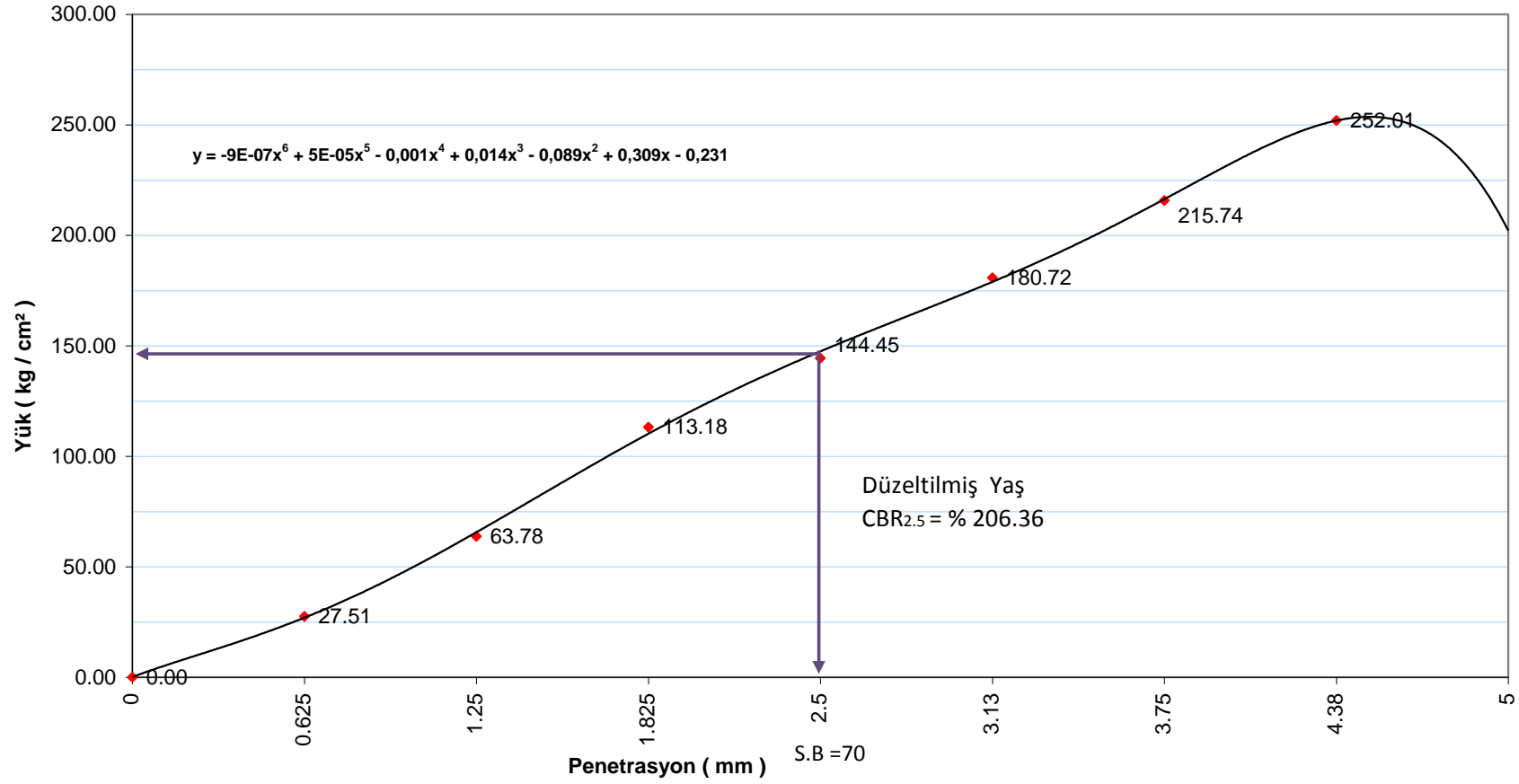
◆ % 95 Zemin + % 5 Fosfojips -1



Ek.11. Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZF1 ( Numune – 1 )

### CBR Test Sonuçları ( % 95 Zemin + % 5 Fosfojips - 2)

◆ % 95 Zemin + % 5 Fosfojips - 2



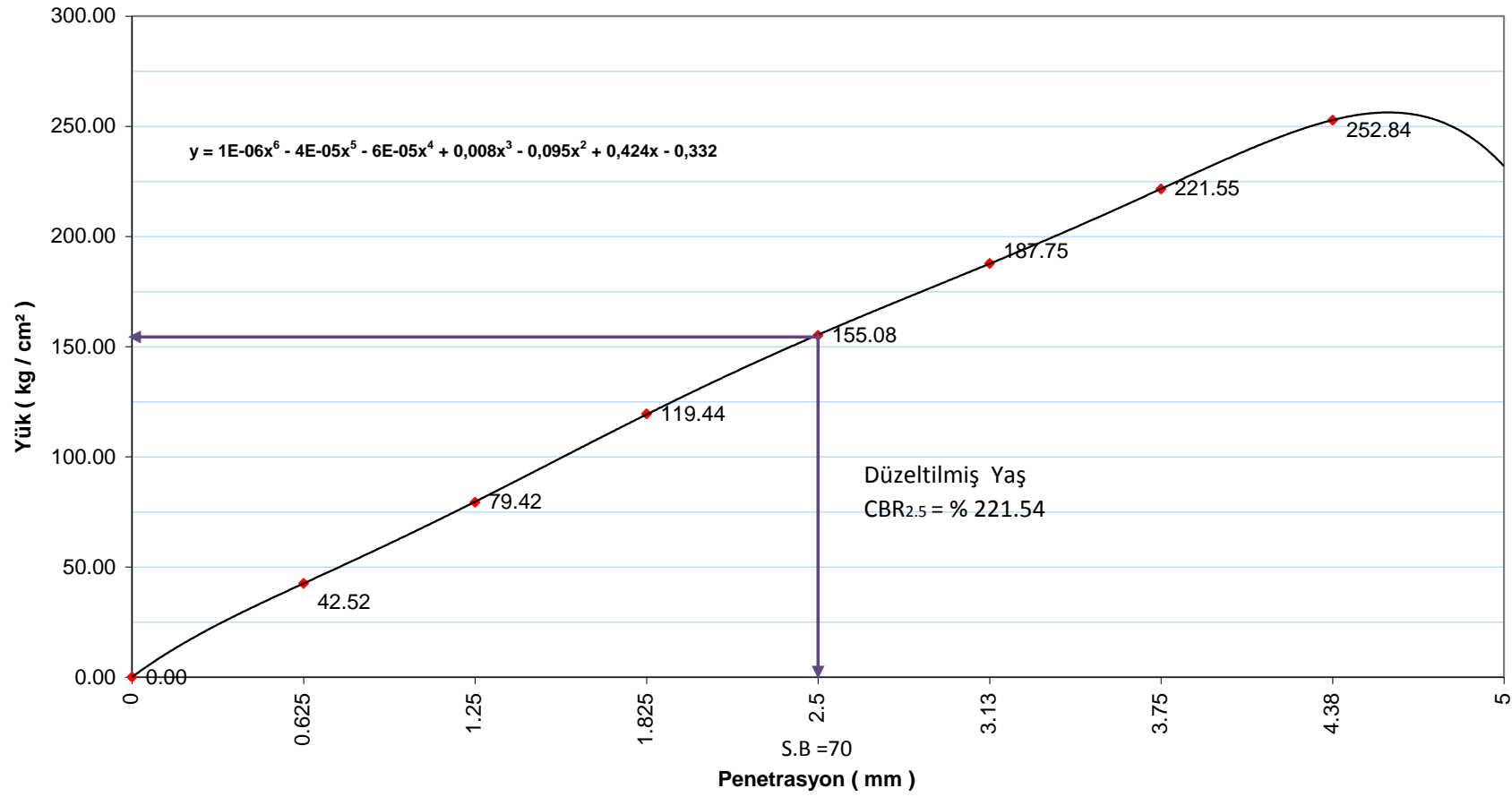
Ek.11. ( Devam ) Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZF1 ( Numune – 2 )

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI												
Proje Adı	GRANÜLER TEMEL MALZEMESİ İYİLEŞTİRİLMESİ						Lab No		ALINDIĞI YER		ÇATALKAYA TAŞ OCAĞI	
							Arazi No:					
C.B.R		YAŞ	X	SIKIŞTIRMA YÖNTEMİ	STATİK	TOKMAK (kg)	TABAKA	VURUŞ				
		KURU			Dinamik	4,5	5	56				
					Yük							
KURU BİRİM AĞIRLIĞININ SAPTANMASI												
NUMUNENİN DURUMU					Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra	Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra				
Kalıp No					2	2	3	3				
Kalıp Ağırlığı ( g )					5327	5327	5356	5356				
Kalıp Hacmi ( cm <sup>3</sup> )					2124	2124	2124	2124				
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )					10147.0	10224	10168	10239				
Yaş Numune Ağırlığı ( g )					4820.0	4897	4812	4883				
Yaş Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )					2.269	2.306	2.266	2.299				
Kuru Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )					2.150	2.148	2.146	2.141				
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI												
Kap No					69	10	2	58				
Kap Ağırlığı ( g )					110.0	109.0	111.0	113.0				
Kap+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )					643.0	708.0	678.0	622.0				
Kap+ Kuru Numune Ağırlığı ( g )					615.0	667.0	648.0	587.0				
Su ağırlığı ( g )					28.0	41.0	30.0	35.0				
Kuru Numune Ağırlığı ( g )					505.0	558.0	537.0	474.0				
Su içeriği ( % )					5.5	7.3	5.6	7.4				
ŞİŞME SONUÇLARI												
Tarih		Saat		Kalıp No	2		Kalıp No	3		Ortalama Şişme % si		
				Göstergede Okunan t	Şişme %		Göstergede Okunan t	Şişme %		2.56		
				302.00	2.59		293.00	2.52		ORT.CBR % Sİ		
										218.86		
PENETRASYON SONUÇLARI												
Penetrasyon		Standart Basınç	2					3				
			Okunan Yük			Düzel.CBR:		Okunan Yük			Düzel.CBR:	
İnç	mm		Dial Okuma	Yük (Kg)	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR	Dial Okuma	Yük	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR
0.025	0.625		68	822.80	42.5			61	738.1	38.1		
0.050	1.250		127	1536.70	79.4			123	1488.3	76.9		
0.075	1.825		191	2311.10	119.4			189	2286.9	118.2		
0.100	2.500	70	248	3000.80	155.1	155.08	221.54	242	2928.2	151.3	151.33	216.18
0.125	3.130		300	3633.00	187.8			295	3569.5	184.5		
0.150	3.750		354	4286.94	221.5			341	4126.1	213.2		
0.175	4.380		404	4892.44	252.8			396	4791.6	247.6		
0.200	5.000	105				0.00	0.00				0.00	0.00
0.225	5.630											
0.250	6.250											
0.275	6.880											
0.300	7.500											

Ek.12. CBR Sonuç Formları – ZF2

### CBR Test Sonuçları ( % 90 Zemin + % 10 Fosfojips - 1)

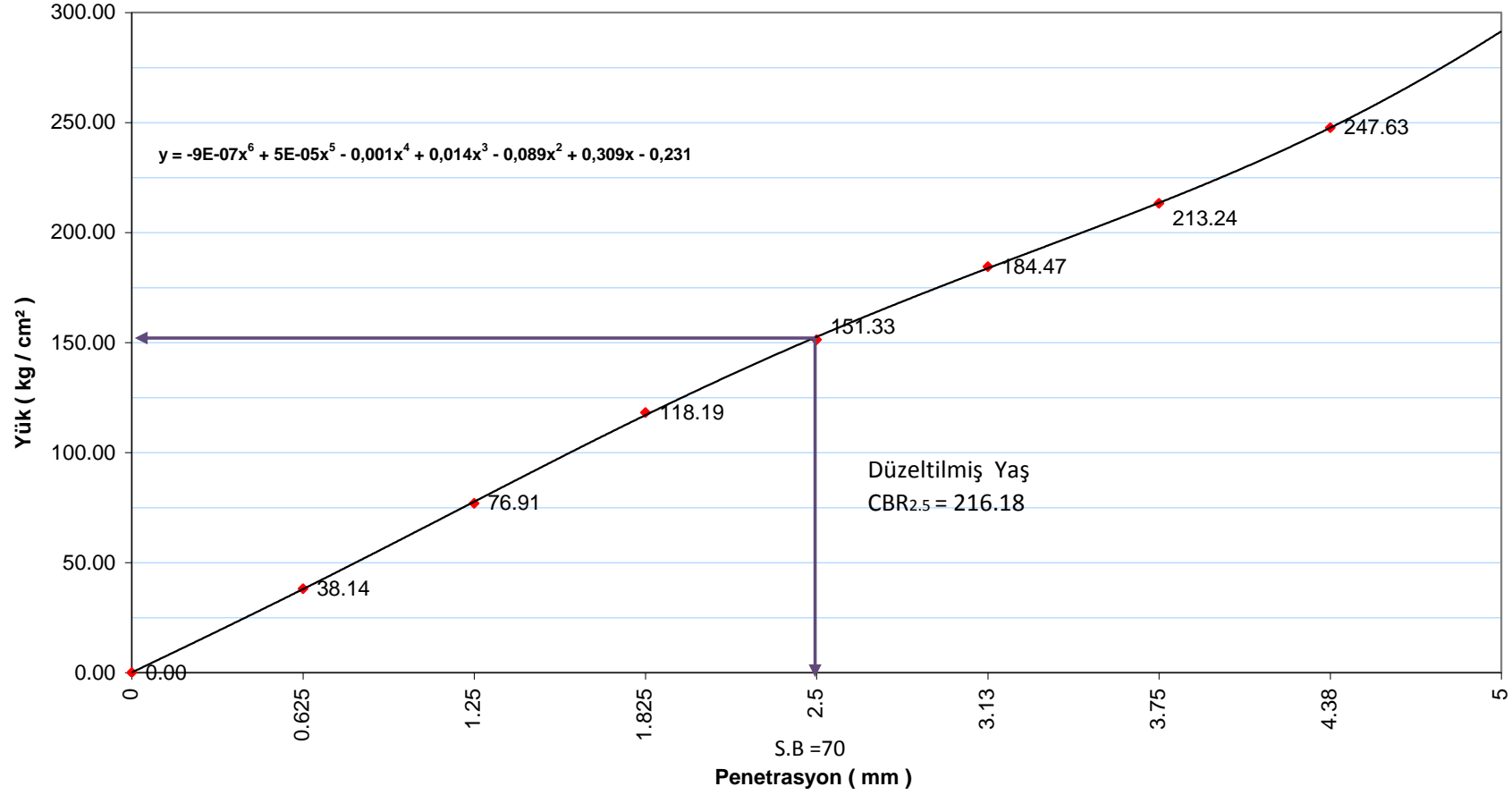
◆ % 90 Zemin + % 10 Fosfojips -1



Ek.13. Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZF2 ( Numune – 1 )

### CBR Test Sonuçları ( % 90 Zemin + % 10 Fosfojips - 2)

◆ % 90 Zemin + % 10 Fosfojips - 2



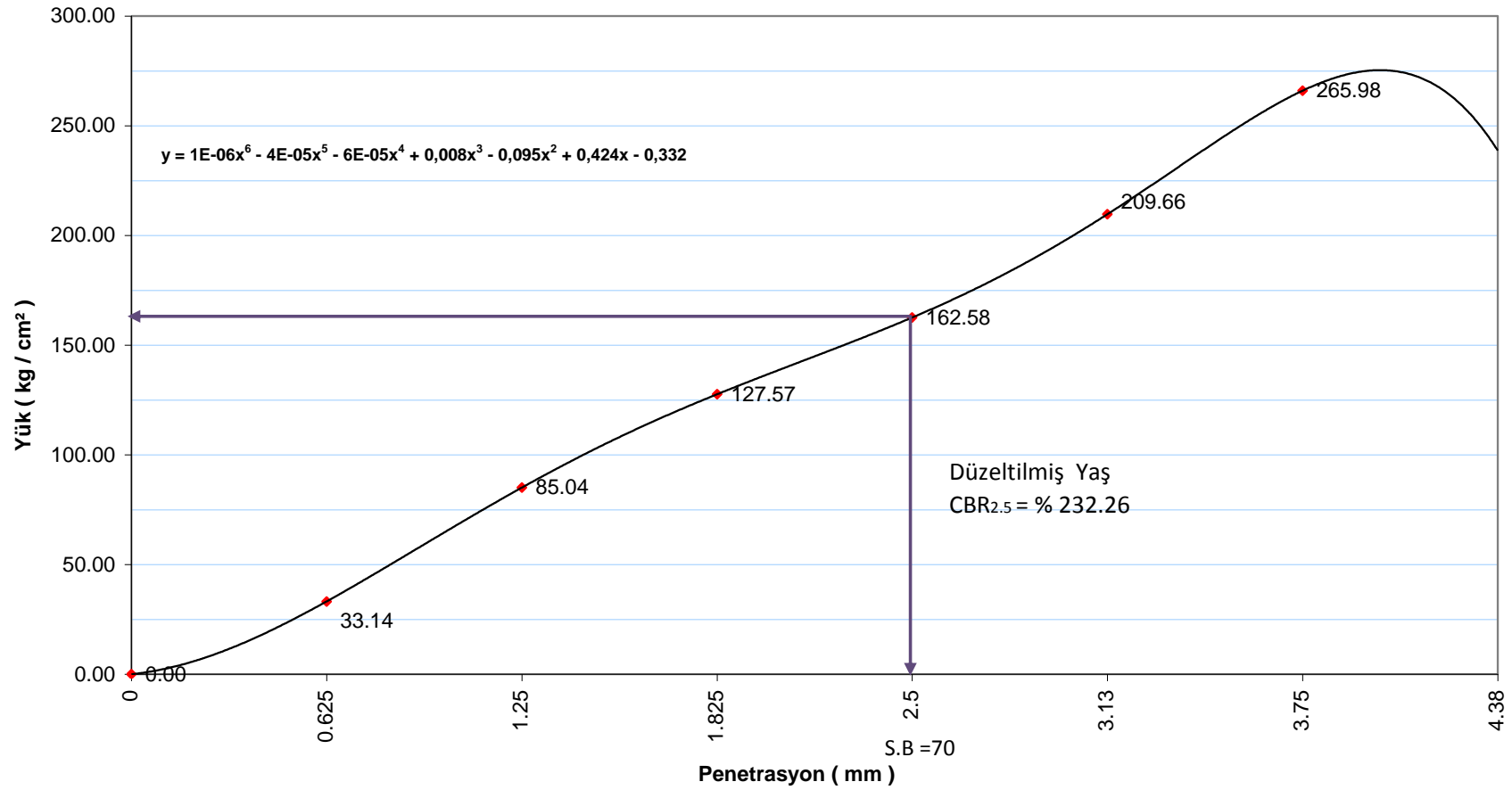
Ek.13. ( Devam ) Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZF2 ( Numune – 2 )

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI												
Proje Adı	GRANÜLER TEMEL MALZEMESİ İYİLEŞTİRİLMESİ				Lab No		ALINDIĞI YER		ÇATALKAYA TAŞ OCAĞI			
					Arazi No:		CİNSİ		0-25 mm Temel Malzemesi			
C.B.R	YAŞ	X	SİKİŞTİRME YÖNTEMİ	STATİK	TOKMAK (kg)	TABAKA	VURUŞ					
	KURU			Dinamik	4,5	5	56					
KURU BİRİM AĞIRLIĞININ SAPTANMASI												
NUMUNENİN DURUMU				Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra	Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra					
Kalıp No				1	1	8	8					
Kalıp Ağırlığı ( g )				5331	5331	5339	5339					
Kalıp Hacmi ( cm <sup>3</sup> )				2124	2124	2124	2124					
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )				10177	10247	10183	10249					
Yaş Numune Ağırlığı ( g )				4846	4916	4844	4910					
Yaş Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )				2.282	2.315	2.281	2.312					
Kuru Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )				2.142	2.136	2.140	2.137					
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI												
Kap No				58	2	23	17					
Kap Ağırlığı ( g )				113	111.0	107.0	111.0					
Kap+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )				720	668.0	659.0	694.0					
Kap+ Kuru Numune Ağırlığı ( g )				683	625.0	625.0	650.0					
Su ağırlığı ( g )				37	43.0	34.0	44.0					
Kuru Numune Ağırlığı ( g )				570	514.0	518.0	539.0					
Su içeriği ( % )				6.5	8.4	6.6	8.2					
ŞİŞME SONUÇLARI												
Tarih		Saat		Kalıp No	1	Kalıp No	8	Ortalama Şişme % si				
				Göstergede Okunan t	Şişme %	Göstergede Okunan t	Şişme %	2.43				
				289.00	2.48	276.00	2.37	ORT.CBR % Sİ				
								229.58				
Penetrasyon		Standart Basınç	1					8				
			Okunan Yük			Düzel.CBR:		Okunan Yük			Düzel.CBR:	
İnç	mm		Dial Okuma	Yük (Kg)	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR	Dial Okuma	Yük	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR
0.025	0.625		53	641.30	33.1			49	592.9	30.6		
0.050	1.250		136	1645.60	85.0			135	1633.5	84.4		
0.075	1.825		204	2468.40	127.6			206	2492.6	128.8		
0.100	2.500	70	260	3146.00	162.6	162.58	232.26	254	3073.4	158.8	158.83	226.90
0.125	3.130		335	4056.85	209.7			326	3944.6	203.9		
0.150	3.750		425	5146.75	266.0			417	5045.7	260.8		
0.175	4.380											
0.200	5.000	105				0.00	0.00				0.00	0.00
0.225	5.630											
0.250	6.250											
0.275	6.880											
0.300	7.500											

Ek.14. CBR Sonuç Formları – ZF3

### CBR Test Sonuçları ( % 85 Zemin + % 15 Fosfojips - 1)

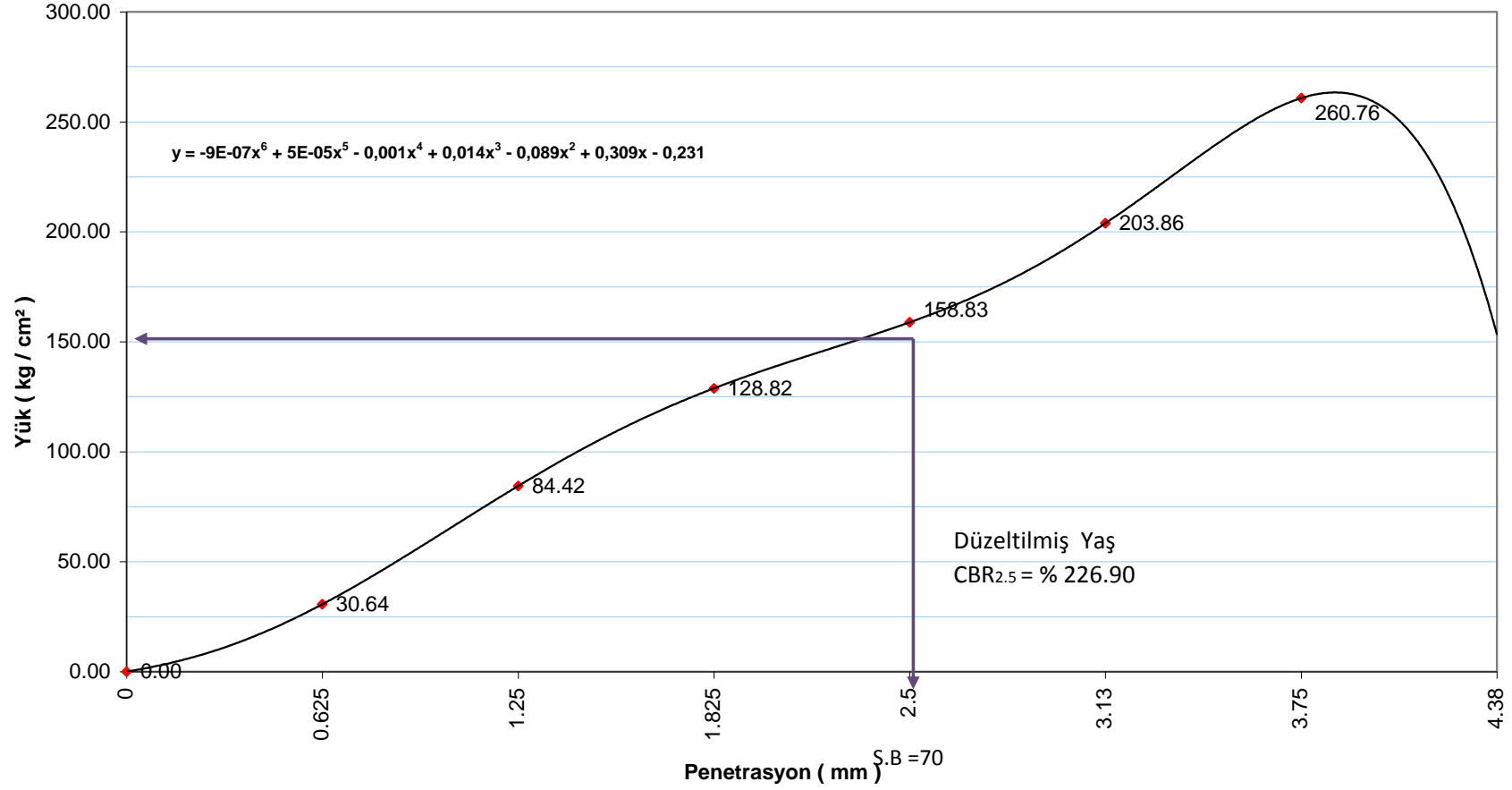
◆ % 85 Zemin + % 15 Fosfojips-1



Ek.15. Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZF3 ( Numune – 1 )

### CBR Test Sonuçları ( % 85 Zemin + % 15 Fosfojips - 2)

◆ % 85 Zemin + % 15 Fosfojips - 2



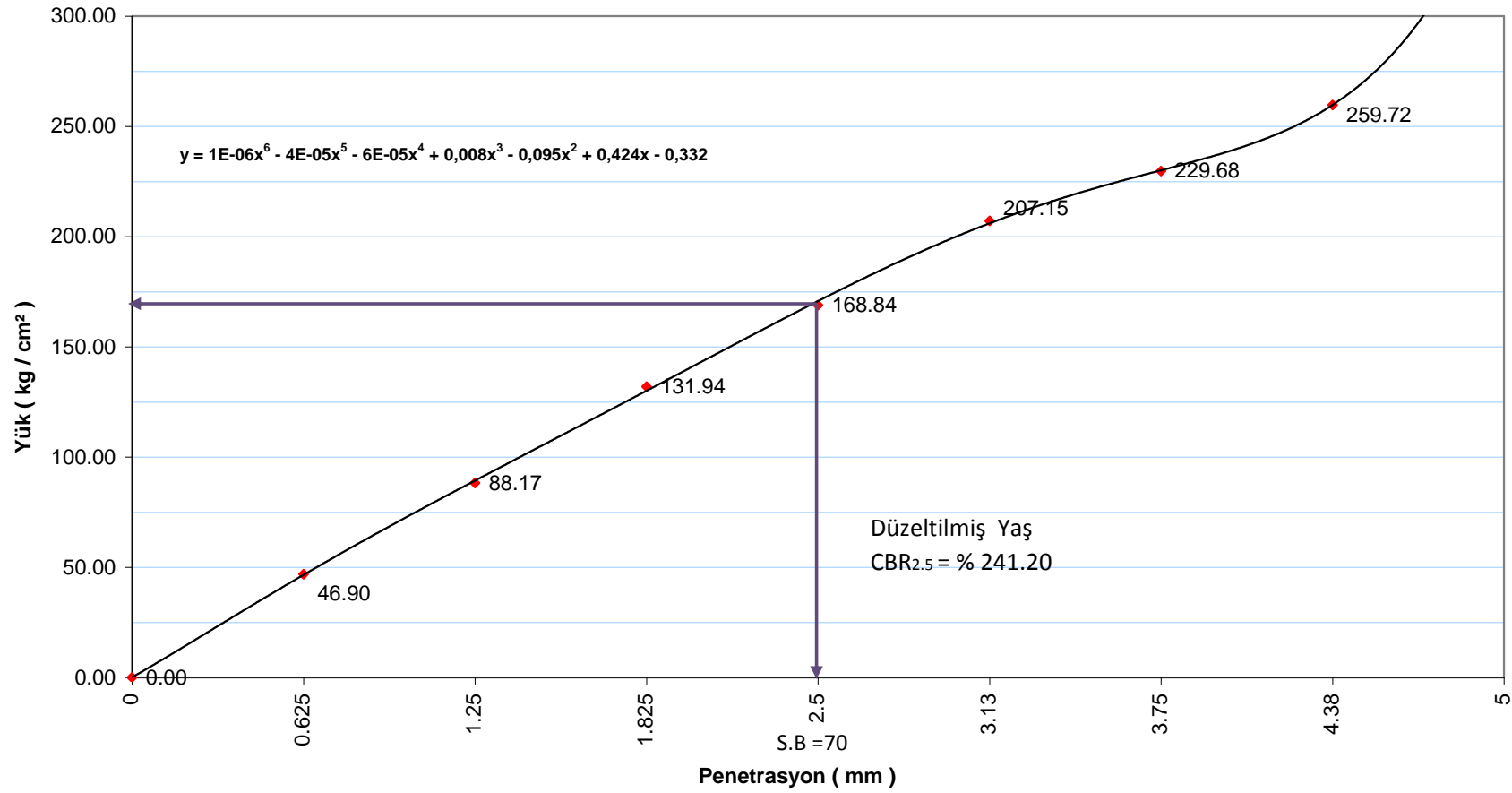
Ek.15. ( Devam ) Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZF3 ( Numune – 2 )

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI												
Proje Adı	GRANÜLER TEMEL MALZEMESİ İYİLEŞTİRİLMESİ						Lab No		ALINDIĞI YER		ÇATALKAYA TAŞ OCAĞI	
							Arazi No:					
C.B.R		YAŞ	X	SIKIŞTIRMA YÖNTEMİ		STATİK	TOKMAK (kg)	TABAKA	VURUŞ			
		KURU				Dinamik	4,5	5	56			
							Yük					
KURU BİRİM AĞIRLIĞININ SAPTANMASI												
NUMUNENİN DURUMU						Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra	Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra			
Kalıp No						8	8	3	3			
Kalıp Ağırlığı ( g )						5339	5339	5356	5356			
Kalıp Hacmi ( cm <sup>3</sup> )						2124	2124	2124	2124			
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )						10046	10121	9976	10059			
Yaş Numune Ağırlığı ( g )						4707	4782	4620	4703			
Yaş Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )						2.216	2.251	2.175	2.214			
Kuru Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )						2.059	2.056	2.016	2.015			
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI												
Kap No						52	58	2	69			
Kap Ağırlığı ( g )						105	113.0	111.0	110.0			
Kap+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )						584	725.0	604.0	721.0			
Kap+ Kuru Numune Ağırlığı ( g )						550	672.0	568.0	666.0			
Su ağırlığı ( g )						34	53.0	36.0	55.0			
Kuru Numune Ağırlığı ( g )						445	559.0	457.0	556.0			
Su içeriği ( % )						7.6	9.5	7.9	9.9			
ŞİŞME SONUÇLARI												
Tarih		Saat		Kalıp No	8		Kalıp No	3		Ortalama Şişme % si		
				Göstergede Okunan t	Şişme %		Göstergede Okunan t	Şişme %		2.35		
				277.00	2.38		270.00	2.32		ORT.CBR % Sİ		
										239.41		
PENETRASYON SONUÇLARI												
Penetrasyon		Standart Basınç	8					3				
			Okunan Yük			Düzel.CBR:		Okunan Yük			Düzel.CBR:	
İnç	mm		Dial Okuma	Yük (Kg )	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR	Dial Okuma	Yük	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR
0.025	0.625		75	907.50	46.9			72	871.2	45.0		
0.050	1.250		141	1706.10	88.2			138	1669.8	86.3		
0.075	1.825		211	2553.10	131.9			205	2480.5	128.2		
0.100	2.500	70	270	3267.00	168.8	168.84	241.20	266	3218.6	166.3	166.34	237.62
0.125	3.130		331	4008.41	207.2			319	3859.9	199.5		
0.150	3.750		367	4444.37	229.7			357	4319.7	223.2		
0.175	4.380		415	5025.65	259.7			403	4876.3	252.0		
0.200	5.000	105				0.00	0.00				0.00	0.00
0.225	5.630											
0.250	6.250											
0.275	6.880											
0.300	7.500											

Ek.16. CBR Sonuç Formları – ZF4

### CBR Test Sonuçları ( % 80 Zemin + % 20 Fosfojips - 1)

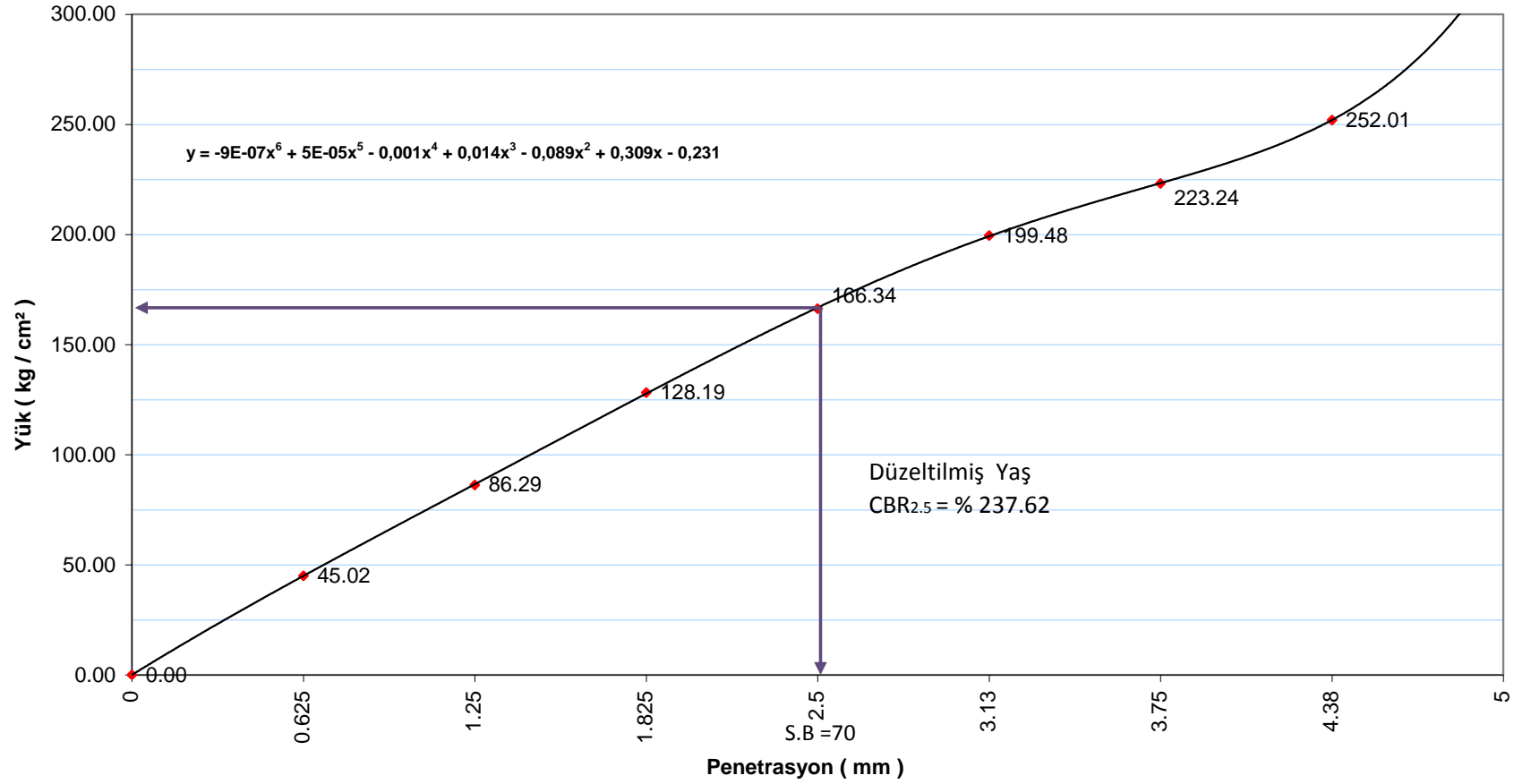
◆ % 80 Zemin + % 20 Fosfojips-1



Ek.17. Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZF4 ( Numune – 1 )

### CBR Test Sonuçları ( % 80 Zemin + % 20 Fosfojips - 2)

◆ % 80 Zemin + % 20 Fosfojips - 2



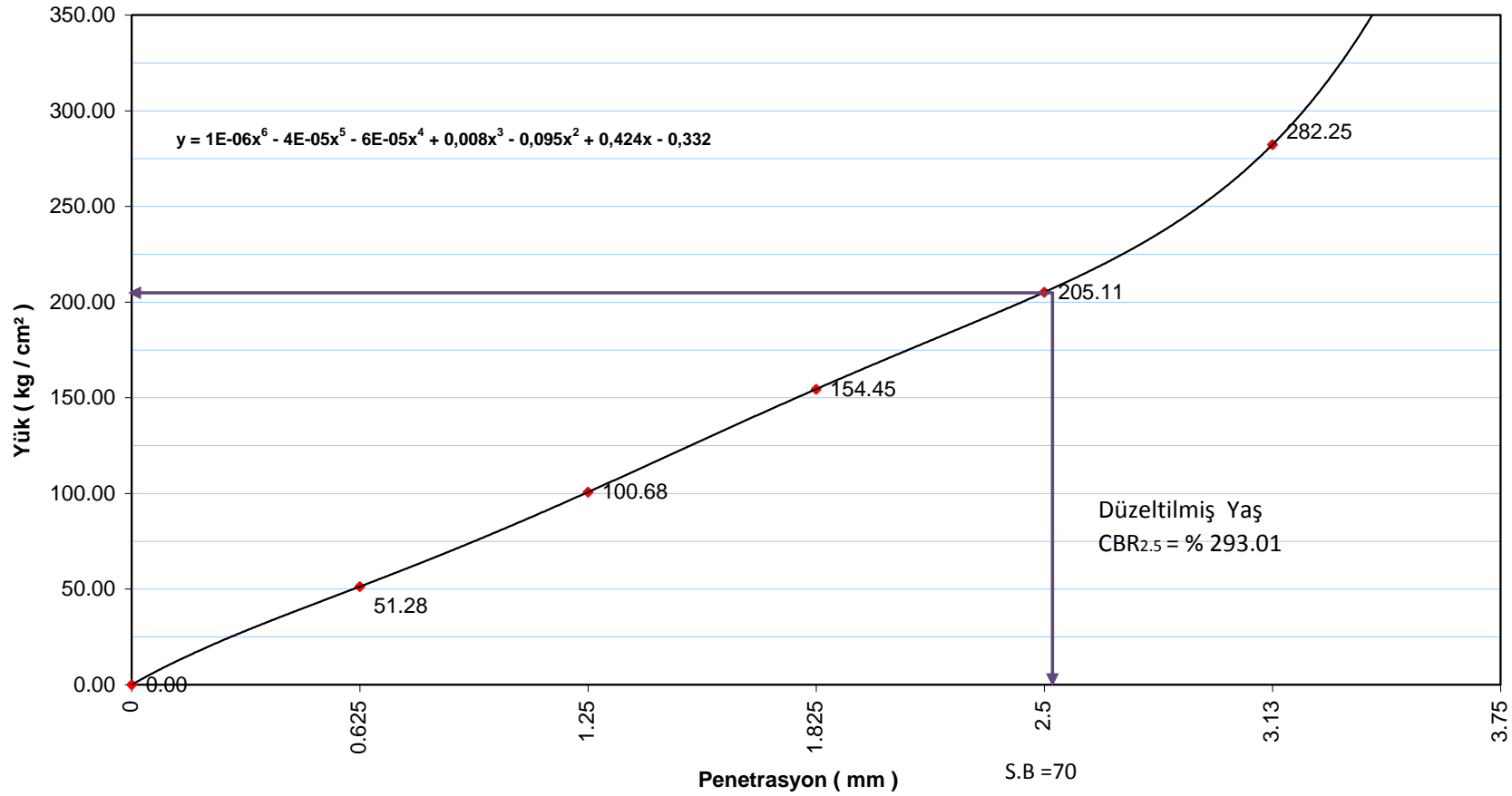
Ek.17. ( Devam ) Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZF4 ( Numune – 2 )

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI												
Proje Adı	GRANÜLER TEMEL MALZEMESİ İYİLEŞTİRİLMESİ				Lab No		ALINDIĞI YER		ÇATALKAYA TAŞ OCAĞI			
					Arazi No:							
C.B.R	YAŞ	X	SIKIŞTIRMA YÖNTEMİ	STATİK	TOKMAK (kg)	TABAKA	VURUŞ		0-25 mm Temel Malzemesi			
	KURU				4,5	5					56	
					Dinamik	Yük						
KURU BİRİM AĞIRLIĞININ SAPTANMASI												
NUMUNENİN DURUMU				Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra	Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra					
Kalıp No				3	3	8	8					
Kalıp Ağırlığı ( g )				5356	5356	5339	5339					
Kalıp Hacmi ( cm <sup>3</sup> )				2124	2124	2124	2124					
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )				10235.0	10304	10198	10269					
Yaş Numune Ağırlığı ( g )				4879.0	4948	4859	4930					
Yaş Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )				2.297	2.330	2.288	2.321					
Kuru Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )				2.166	2.159	2.151	2.148					
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI												
Kap No				69	52	10	17					
Kap Ağırlığı ( g )				110.0	105.0	109.0	111.0					
Kap+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )				583.0	624.0	593.0	689.0					
Kap+ Kuru Numune Ağırlığı ( g )				556.0	586.0	564.0	646.0					
Su ağırlığı ( g )				27.0	38.0	29.0	43.0					
Kuru Numune Ağırlığı ( g )				446.0	481.0	455.0	535.0					
Su içeriği ( % )				6.1	7.9	6.4	8.0					
ŞİŞME SONUÇLARI												
Tarih		Saat		Kalıp No	3		Kalıp No	8		Ortalama Şişme % si		
				Göstergede Okunan t	Şişme %		Göstergede Okunan t	Şişme %		1.90		
				226.00	1.94		217.00	1.86		ORT.CBR % Sİ		
										295.69		
PENETRASYON SONUÇLARI												
Penetrasyon		Standart Basınç	3					8				
			Okunan Yük			Düzel.CBR:		Okunan Yük			Düzel.CBR:	
İnç	mm		Dial Okuma	Yük (Kg)	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR	Dial Okuma	Yük	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR
0.025	0.625		82	992.20	51.3			77	931.7	48.1		
0.050	1.250		161	1948.10	100.7			168	2032.8	105.1		
0.075	1.825		247	2988.70	154.5			254	3073.4	158.8		
0.100	2.500	70	328	3968.80	205.1	205.11	293.01	334	4041.4	208.9	208.86	298.37
0.125	3.130		451	5461.61	282.3			468	5662.8	292.7		
0.150	3.750											
0.175	4.380											
0.200	5.000	105				0.00	0.00				0.00	0.00
0.225	5.630											
0.250	6.250											
0.275	6.880											
0.300	7.500											

Ek.18. CBR Sonuç Formları – ZSD1F1

### CBR Test Sonuçları ( % 90 Zemin + % 5 Silis Dumanı + % 5 Fosfojips - 1)

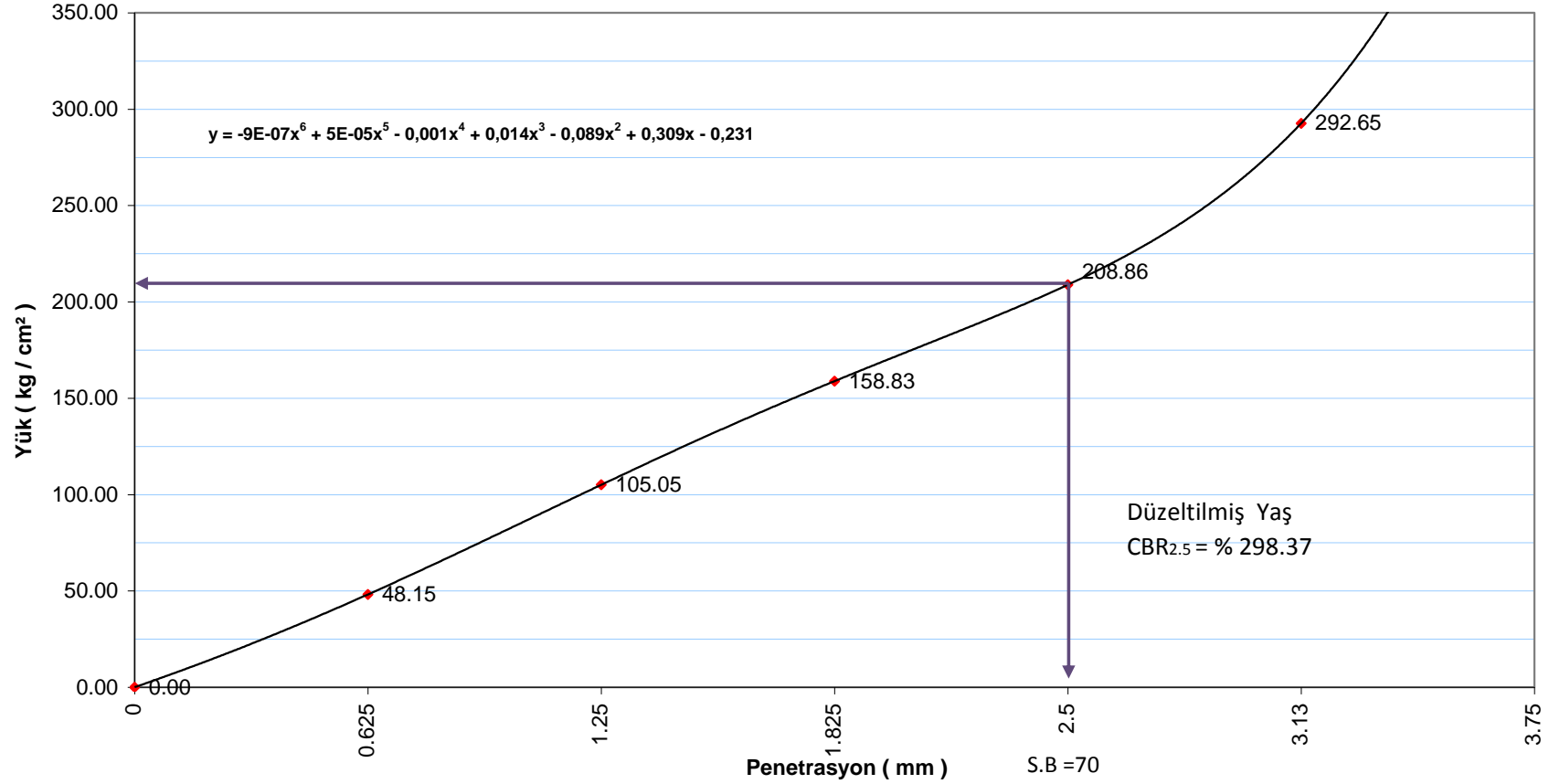
◆ %90 Zemin + % 5 Silis Dumanı + % 5 Fosfojips-1



Ek.19. Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZSD1F1 ( Numune – 1 )

### CBR Test Sonuçları ( % 90 Zemin + % 5 Silis Dumanı + % 5 Fosfojips - 2)

◆ % 90 Zemin + % 5 Silis Dumanı + % 5 Fosfojips - 2



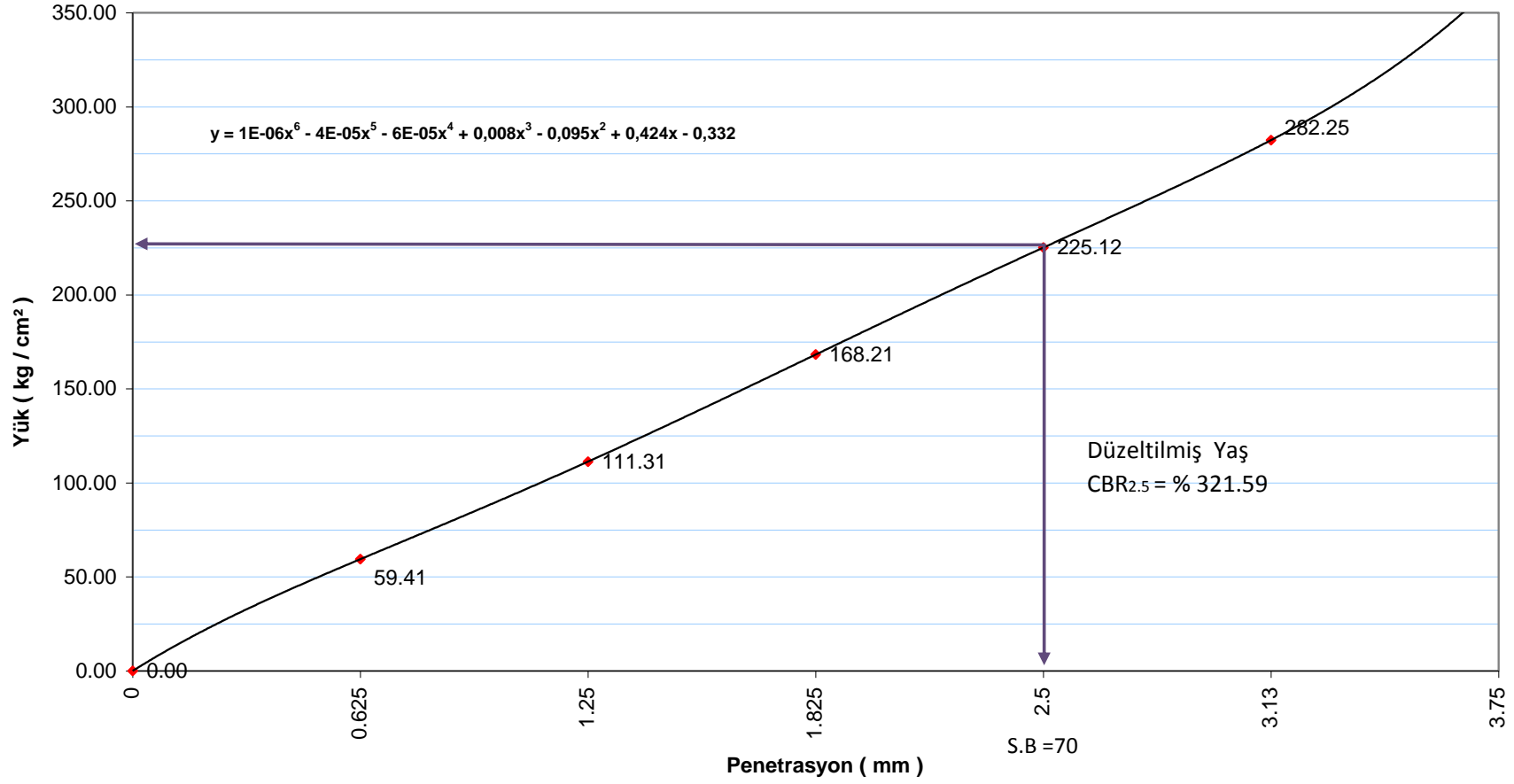
Ek.19. ( Devam ) Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZSD1F1 ( Numune – 2 )

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI											
Proje Adı	GRANÜLER TEMEL MALZEMESİ İYİLEŞTİRİLMESİ				Lab No		ALINDIĞI YER		ÇATALKAYA TAŞ OCAĞI		
					Arazi No:						
C.B.R	YAŞ	X	SIKIŞTIRMA YÖNTEMİ	STATİK	TOKMAK (kg)	TABAKA	VURUŞ		0-25 mm Temel Malzemesi		
	KURU				4,5	5					56
					Dinamik	Yük					
KURU BİRİM AĞIRLIĞININ SAPTANMASI											
NUMUNENİN DURUMU				Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra	Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra				
Kalıp No				8	8	7	7				
Kalıp Ağırlığı ( g )				5339	5339	5331	5331				
Kalıp Hacmi ( cm <sup>3</sup> )				2124	2124	2124	2124				
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )				10113	10214	10053	10148				
Yaş Numune Ağırlığı ( g )				4774	4875	4722	4817				
Yaş Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )				2.248	2.295	2.223	2.268				
Kuru Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )				2.111	2.102	2.094	2.081				
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI											
Kap No				58	23	17	10				
Kap Ağırlığı ( g )				113	107.0	111.0	109.0				
Kap+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )				589	582.0	541.0	752.0				
Kap+ Kuru Numune Ağırlığı ( g )				560	542.0	516.0	699.0				
Su ağırlığı ( g )				29	40.0	25.0	53.0				
Kuru Numune Ağırlığı ( g )				447	435.0	405.0	590.0				
Su içeriği ( % )				6.5	9.2	6.2	9.0				
ŞİŞME SONUÇLARI											
Tarih	Saat	Kalıp No	8		Kalıp No	7		Ortalama Şişme % si			
		Göstergede Okunan t	Şişme %	Göstergede Okunan t	Şişme %	1.74					
		208.00	1.79	197.00	1.69	ORT.CBR % Sİ			322.93		
PENETRASYON SONUÇLARI											
Penetrasyon		Standart Basınç	8					7			
İnç	mm		Okunan Yük			Düzel.CBR:		Okunan Yük		Düzel.CBR:	
		Dial Okuma	Yük (Kg)	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR	Dial Okuma	Yük	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR
0.025	0.625	95	1149.50	59.4			89	1076.9	55.7		
0.050	1.250	178	2153.80	111.3			182	2202.2	113.8		
0.075	1.825	269	3254.90	168.2			274	3315.4	171.3		
0.100	2.500	70	4356.00	225.1	225.12	321.59	363	4392.3	227.0	226.99	324.27
0.125	3.130		451	5461.61	282.3		459	5553.9	287.0		
0.150	3.750										
0.175	4.380										
0.200	5.000	105				0.00	0.00			0.00	0.00
0.225	5.630										
0.250	6.250										
0.275	6.880										
0.300	7.500										

Ek.20. CBR Sonuç Formları – ZSD1F2

### CBR Test Sonuçları ( % 85 Zemin + % 5 Silis Dumanı + % 10 Fosfojips - 1)

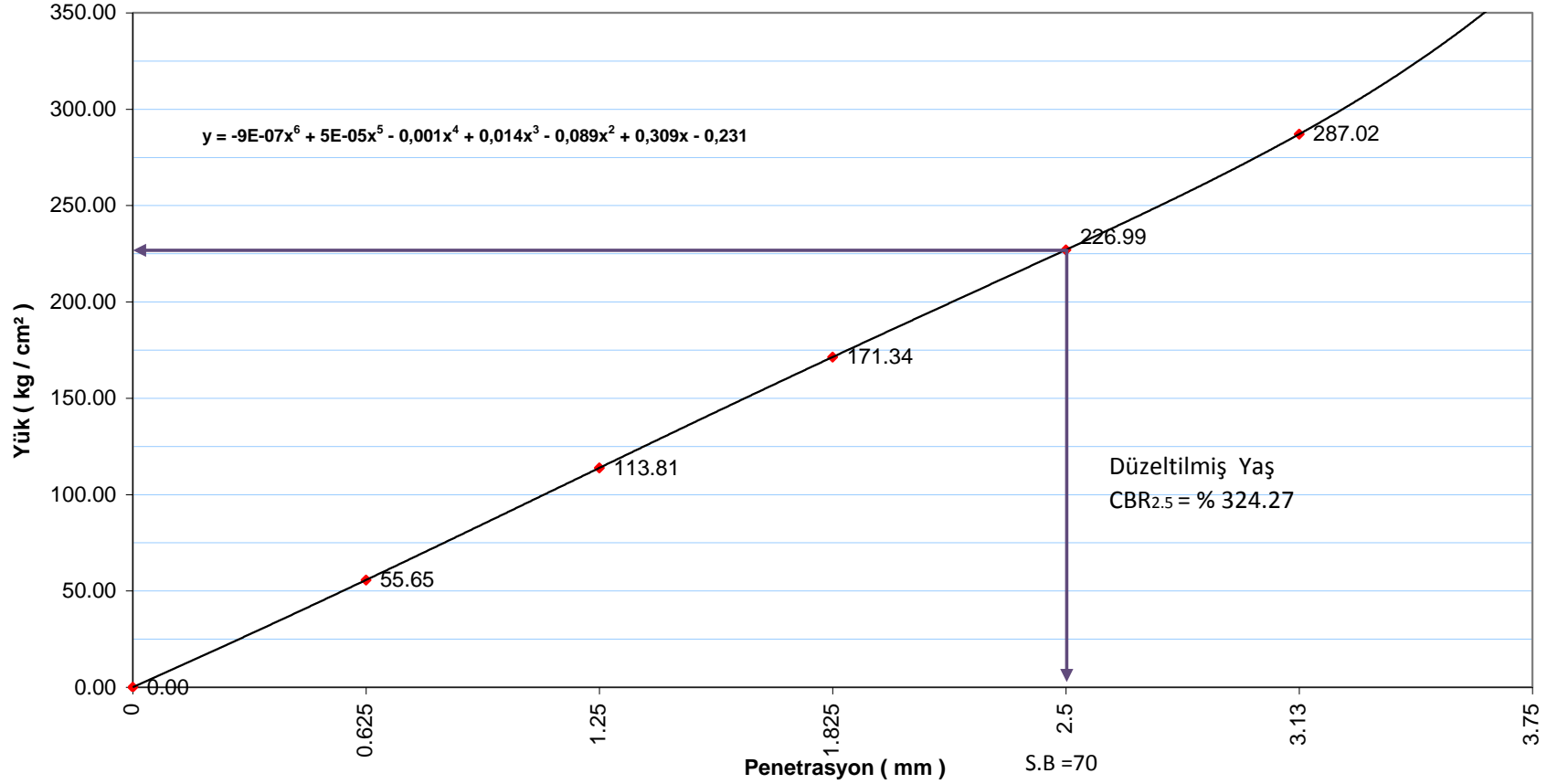
◆ %85 Zemin + % 5 Silis Dumanı + % 10 Fosfojips-1



Ek.21. Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZSD1F2 ( Numune – 1 )

### CBR Test Sonuçları ( % 85 Zemin + % 5 Silis Dumanı + % 10 Fosfojips - 2)

◆ % 85 Zemin + % 5 Silis Dumanı + % 10 Fosfojips - 2



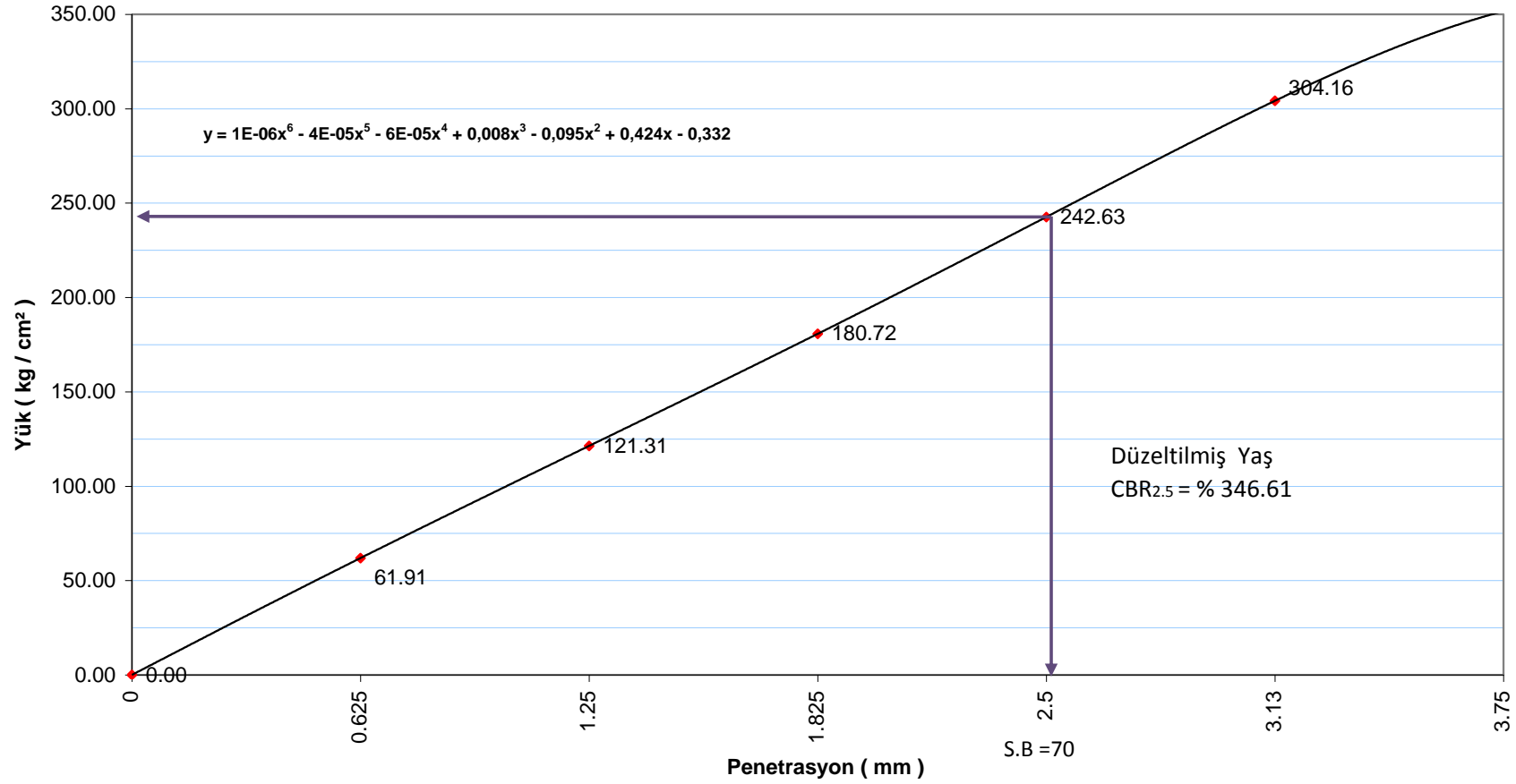
Ek.21. ( Devam ) Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZSD1F2 ( Numune – 2 )

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI												
Proje Adı	GRANÜLER TEMEL MALZEMESİ İYİLEŞTİRİLMESİ				Lab No		ALINDIĞI YER		ÇATALKAYA TAŞ OCAĞI			
					Arazi No:							
C.B.R	YAŞ	X	SIKIŞTIRMA YÖNTEMİ	STATİK	TOKMAK (kg)	TABAKA	VURUŞ					
	KURU			Dinamik	4,5	5			56			
KURU BİRİM AĞIRLIĞININ SAPTANMASI												
NUMUNENİN DURUMU				Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra	Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra					
Kalıp No				2	2	5	5					
Kalıp Ağırlığı ( g )				5327	5327	5272	5272					
Kalıp Hacmi ( cm <sup>3</sup> )				2124	2124	2124	2124					
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )				9991	10087	9876	9967					
Yaş Numune Ağırlığı ( g )				4664	4760	4604	4695					
Yaş Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )				2.196	2.241	2.168	2.210					
Kuru Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )				2.054	2.048	2.034	2.028					
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI												
Kap No				2	58	1	23					
Kap Ağırlığı ( g )				111	113.0	100.0	107.0					
Kap+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )				713	682.0	718.0	748.0					
Kap+ Kuru Numune Ağırlığı ( g )				674	633.0	680.0	695.0					
Su ağırlığı ( g )				39	49.0	38.0	53.0					
Kuru Numune Ağırlığı ( g )				563	520.0	580.0	588.0					
Su içeriği ( % )				6.9	9.4	6.6	9.0					
ŞİŞME SONUÇLARI												
Tarih	Saat	Kalıp No	2		Kalıp No	5		Ortalama Şişme % si				
		Göstergede Okunan t	Şişme %		Göstergede Okunan t	Şişme %		1.63				
		186.00	1.60		193.00	1.66		ORT.CBR % Sİ				
								343.03				
Penetrasyon		Standart Basınç	2				5					
			Okunan Yük			Düzel.CBR:		Okunan Yük			Düzel.CBR:	
İnç	mm		Dial Okuma	Yük (Kg )	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR	Dial Okuma	Yük	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR
0.025	0.625		99	1197.90	61.9			95	1149.5	59.4		
0.050	1.250		194	2347.40	121.3			187	2262.7	116.9		
0.075	1.825		289	3496.90	180.7			286	3460.6	178.8		
0.100	2.500	70	388	4694.80	242.6	242.63	346.61	380	4598.0	237.6	237.62	339.46
0.125	3.130		486	5885.46	304.2			469	5674.9	293.3		
0.150	3.750											
0.175	4.380											
0.200	5.000	105				0.00	0.00				0.00	0.00
0.225	5.630											
0.250	6.250											
0.275	6.880											
0.300	7.500											

Ek.22. CBR Sonuç Formları – ZSD1F3

### CBR Test Sonuçları ( % 80 Zemin + % 5 Silis Dumanı + % 15 Fosfojips - 1 )

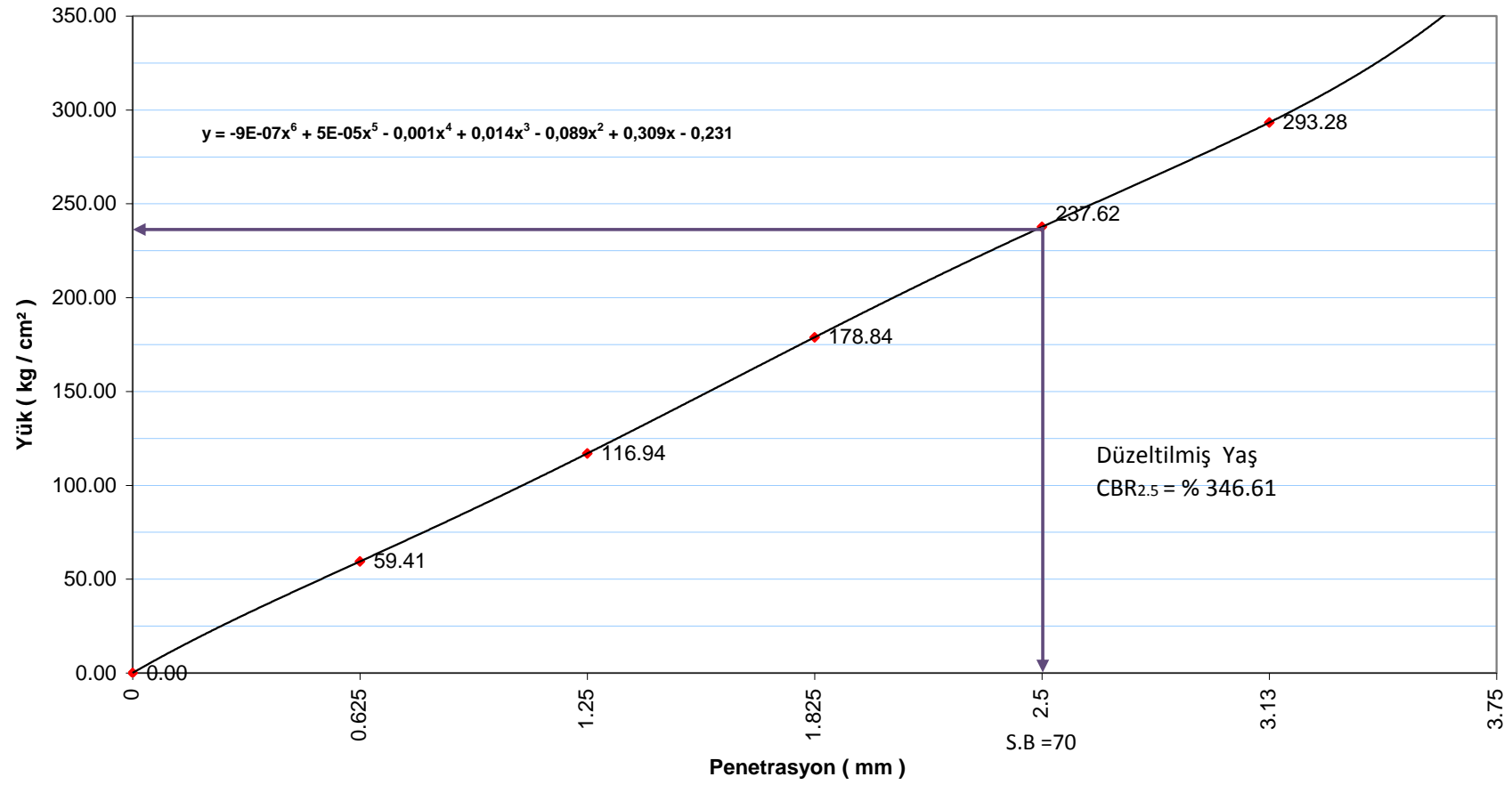
◆ %80 Zemin + % 5 Silis Dumanı + % 15 Fosfojips-1



Ek.23. Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZSD1F3 ( Numune – 1 )

### CBR Test Sonuçları ( % 80 Zemin + % 5 Silis Dumanı + % 15 Fosfojips - 2)

◆ % 80 Zemin + % 5 Silis Dumanı + % 15 Fosfojips - 2



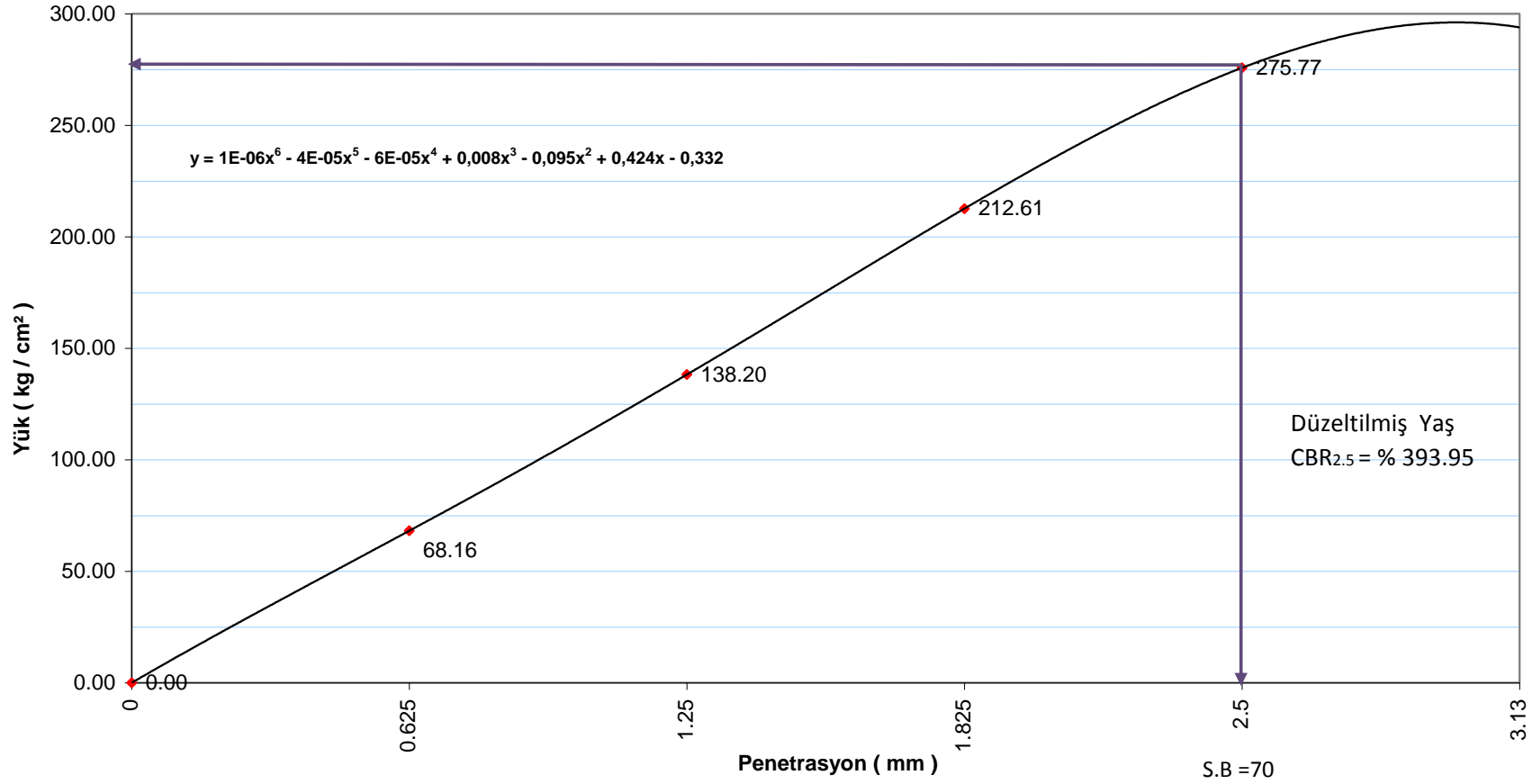
Ek.23. ( Devam ) Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZSD1F3 ( Numune – 2 )

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI												
Proje Adı	GRANÜLER TEMEL MALZEMESİ İYİLEŞTİRİLMESİ				Lab No		ALINDIĞI YER		ÇATALKAYA TAŞ OCAĞI			
					Arazi No:						CİNSİ	
C.B.R	YAŞ	X	SIKIŞTIRMA YÖNTEMİ	STATİK	TOKMAK (kg)	TABAKA	VURUŞ					
	KURU			Dinamik	4,5	5	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 ( g )				5336	5336	5327	5327					
Kalıp Hacmi ( cm <sup>3</sup> )				2124	2124	2124	2124					
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )				10022	10126	9991	10096					
Yaş Numune Ağırlığı ( g )				4686	4790	4664	4769					
Yaş Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )				2.206	2.255	2.196	2.245					
Kuru Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )				2.053	2.047	2.039	2.037					
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI												
Kap No				52	10	1	17					
Kap Ağırlığı ( g )				105	109.0	100.0	111.0					
Kap+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )				839	782.0	688.0	759.0					
Kap+ Kuru Numune Ağırlığı ( g )				788	720.0	646.0	699.0					
Su ağırlığı ( g )				51	62.0	42.0	60.0					
Kuru Numune Ağırlığı ( g )				683	611.0	546.0	588.0					
Su içeriği ( % )				7.5	10.1	7.7	10.2					
ŞİŞME SONUÇLARI												
Tarih	Saat	Kalıp No	1		Kalıp No	2		Ortalama Şişme % si				
		Göstergede Okunan t	Şişme %		Göstergede Okunan t	Şişme %		1.43				
		164.00	1.41		168.00	1.44		ORT.CBR % Sİ				
								389.04				
Penetrasyon	Standart Basınç	1					2					
		Okunan Yük			Düzel.CBR:		Okunan Yük			Düzel.CBR:		
İnç	mm	Dial Okuma	Yük (Kg)	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR	Dial Okuma	Yük	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR	
0.025	0.625	109	1318.90	68.2			104	1258.4	65.0			
0.050	1.250	221	2674.10	138.2			218	2637.8	136.3			
0.075	1.825	340	4114.00	212.6			352	4259.2	220.1			
0.100	2.500	70	441	5336.10	275.8	275.77	393.95	430	5203.0	268.9	268.89	384.13
0.125	3.130											
0.150	3.750											
0.175	4.380											
0.200	5.000	105				0.00	0.00			0.00	0.00	
0.225	5.630											
0.250	6.250											
0.275	6.880											
0.300	7.500											

Ek.24. CBR Sonuç Formları – ZSD1F4

### CBR Test Sonuçları ( % 75 Zemin + % 5 Silis Dumanı + % 20 Fosfojips - 1 )

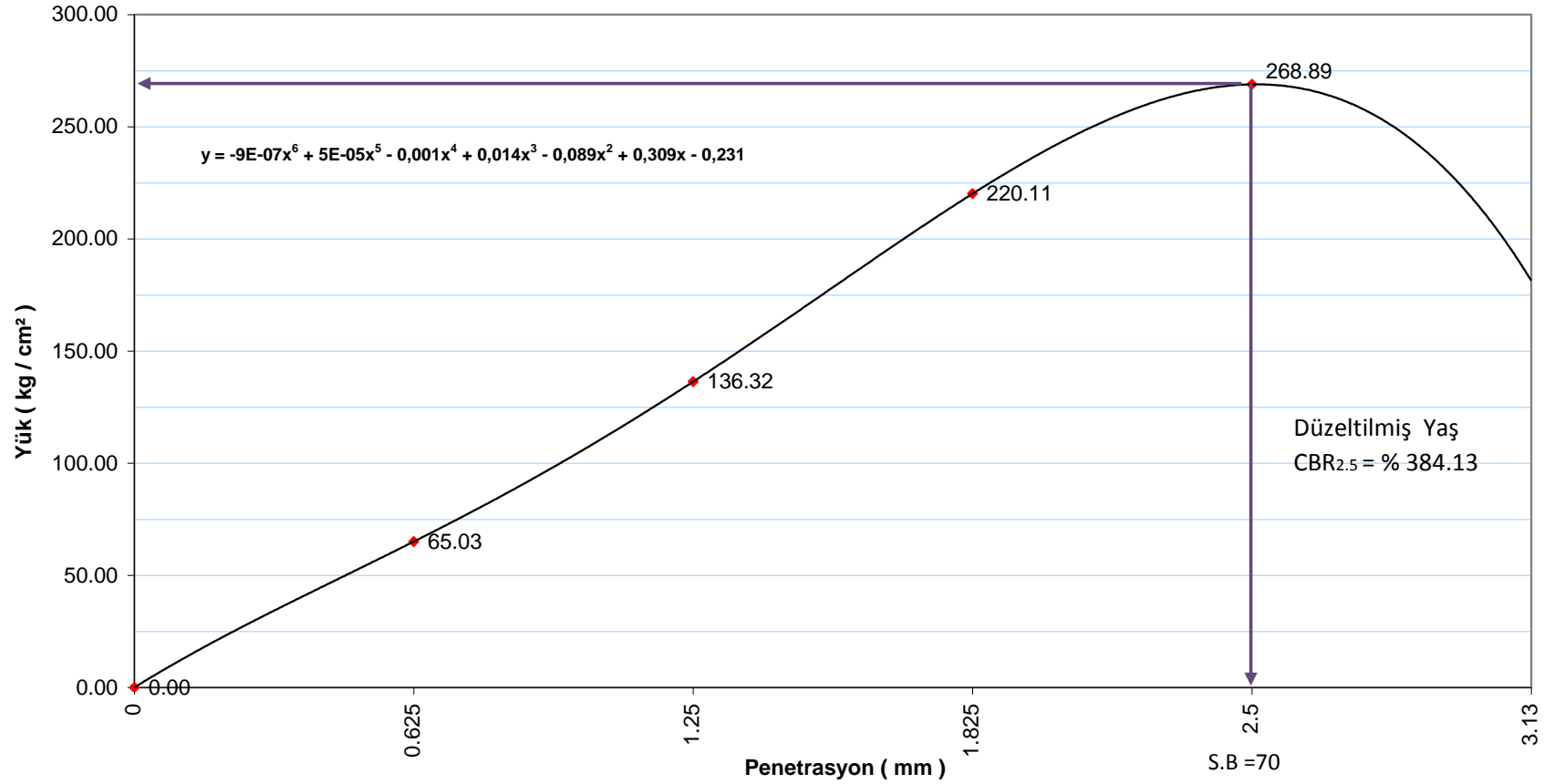
◆ %75 Zemin + % 5 Silis Dumanı + % 20 Fosfojips-1



Ek.25. Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZSD1F4 ( Numune – 1 )

### CBR Test Sonuçları ( % 75 Zemin + %5 Silis Dumanı + % 20 Fosfojips - 2)

◆ % 75 Zemin + % 5 Silis Dumanı + % 20 Fosfojips - 2



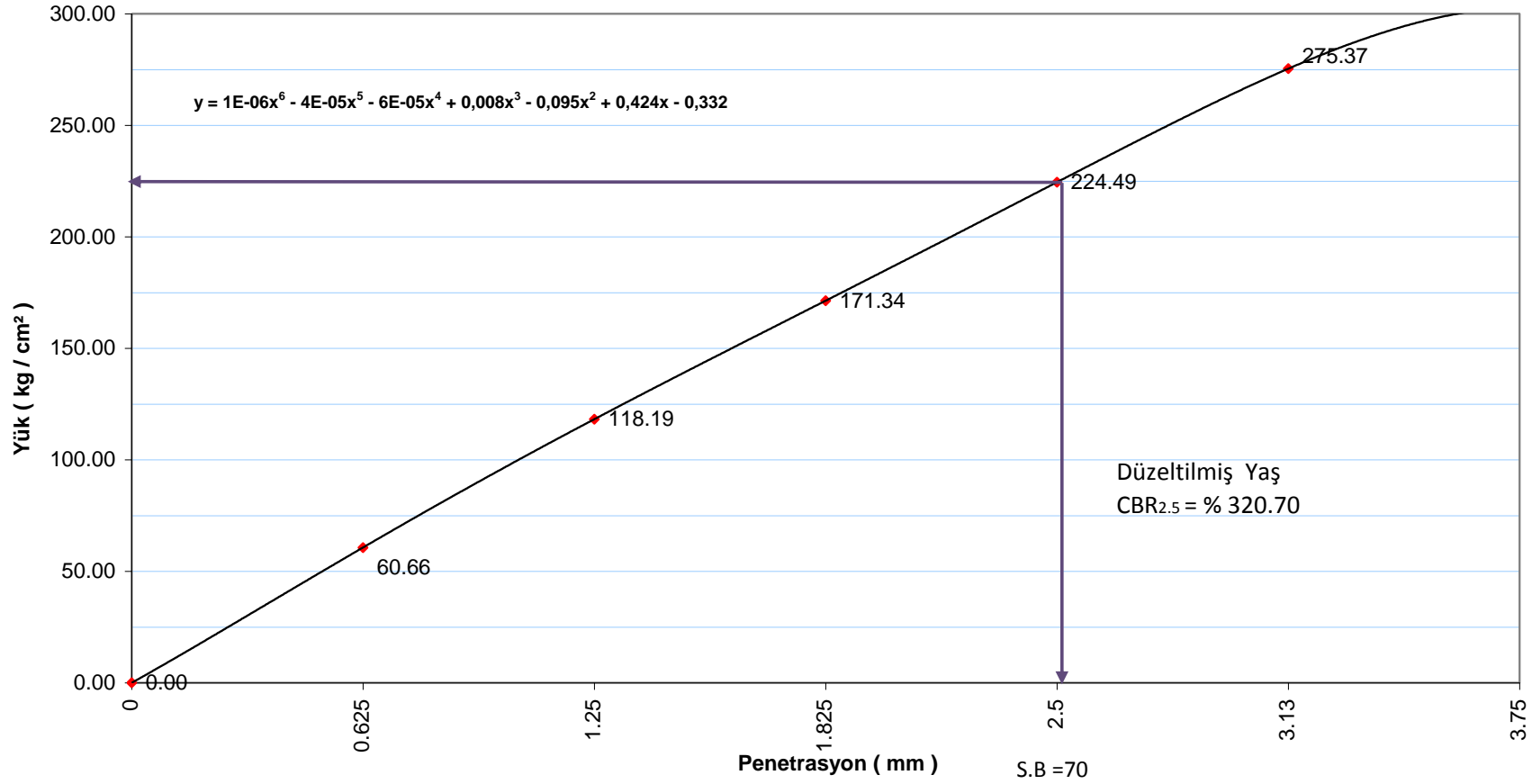
Ek.25. ( Devam ) Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZSD1F4 ( Numune – 2 )

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI												
Proje Adı	GRANÜLER TEMEL MALZEMESİ İYİLEŞTİRİLMESİ						Lab No		ALINDIĞI YER		ÇATALKAYA TAŞ OCAĞI	
							Arazi No:					
C.B.R	YAŞ	X	SIKIŞTIRMA YÖNTEMİ	STATİK	TOKMAK (kg)	TABAKA	VURUŞ					
	KURU			Dinamik	4,5	5	56					
KURU BİRİM AĞIRLIĞININ SAPTANMASI												
NUMUNENİN DURUMU				Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra	Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra					
Kalıp No				8	8	7	7					
Kalıp Ağırlığı ( g )				5339	5339	5331	5331					
Kalıp Hacmi ( cm <sup>3</sup> )				2124	2124	2124	2124					
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )				10179	10248	10359	10431					
Yaş Numune Ağırlığı ( g )				4840	4909	5028	5100					
Yaş Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )				2.279	2.311	2.367	2.401					
Kuru Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )				2.147	2.133	2.226	2.220					
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI												
Kalıp No				69	17	10	58					
Kalıp Ağırlığı ( g )				110	111.0	109.0	113.0					
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )				698	722.0	596.0	643.0					
Kalıp+ Kuru Numune Ağırlığı ( g )				664	675.0	567.0	603.0					
Su ağırlığı ( g )				34	47.0	29.0	40.0					
Kuru Numune Ağırlığı ( g )				554	564.0	458.0	490.0					
Su içeriği ( % )				6.1	8.3	6.3	8.2					
ŞİŞME SONUÇLARI												
Tarih	Saat	Kalıp No	8			Kalıp No	7			Ortalama Şişme % si		
		Göstergede Okunan t	Şişme %		Göstergede Okunan t	Şişme %		1.73				
		204.00	1.75		198.00	1.70		ORT.CBR % Sİ				
								324.27				
PENETRASYON SONUÇLARI												
Penetrasyon		Standart Basınç	8					7				
			Okunan Yük			Düzel.CBR:		Okunan Yük			Düzel.CBR:	
İnç	mm		Dial Okuma	Yük (Kg)	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR	Dial Okuma	Yük	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR
0.025	0.625		97	1173.70	60.7			94	1137.4	58.8		
0.050	1.250		189	2286.90	118.2			192	2323.2	120.1		
0.075	1.825		274	3315.40	171.3			281	3400.1	175.7		
0.100	2.500	70	359	4343.90	224.5	224.49	320.70	367	4440.7	229.5	229.49	327.85
0.125	3.130		440	5328.40	275.4			452	5469.2	282.6		
0.150	3.750											
0.175	4.380											
0.200	5.000	105				0.00	0.00				0.00	0.00
0.225	5.630											
0.250	6.250											
0.275	6.880											
0.300	7.500											

Ek.26. CBR Sonuç Formları – ZSD2F1

### CBR Test Sonuçları ( % 85 Zemin + % 10 Silis Dumanı + % 5 Fosfojips - 1)

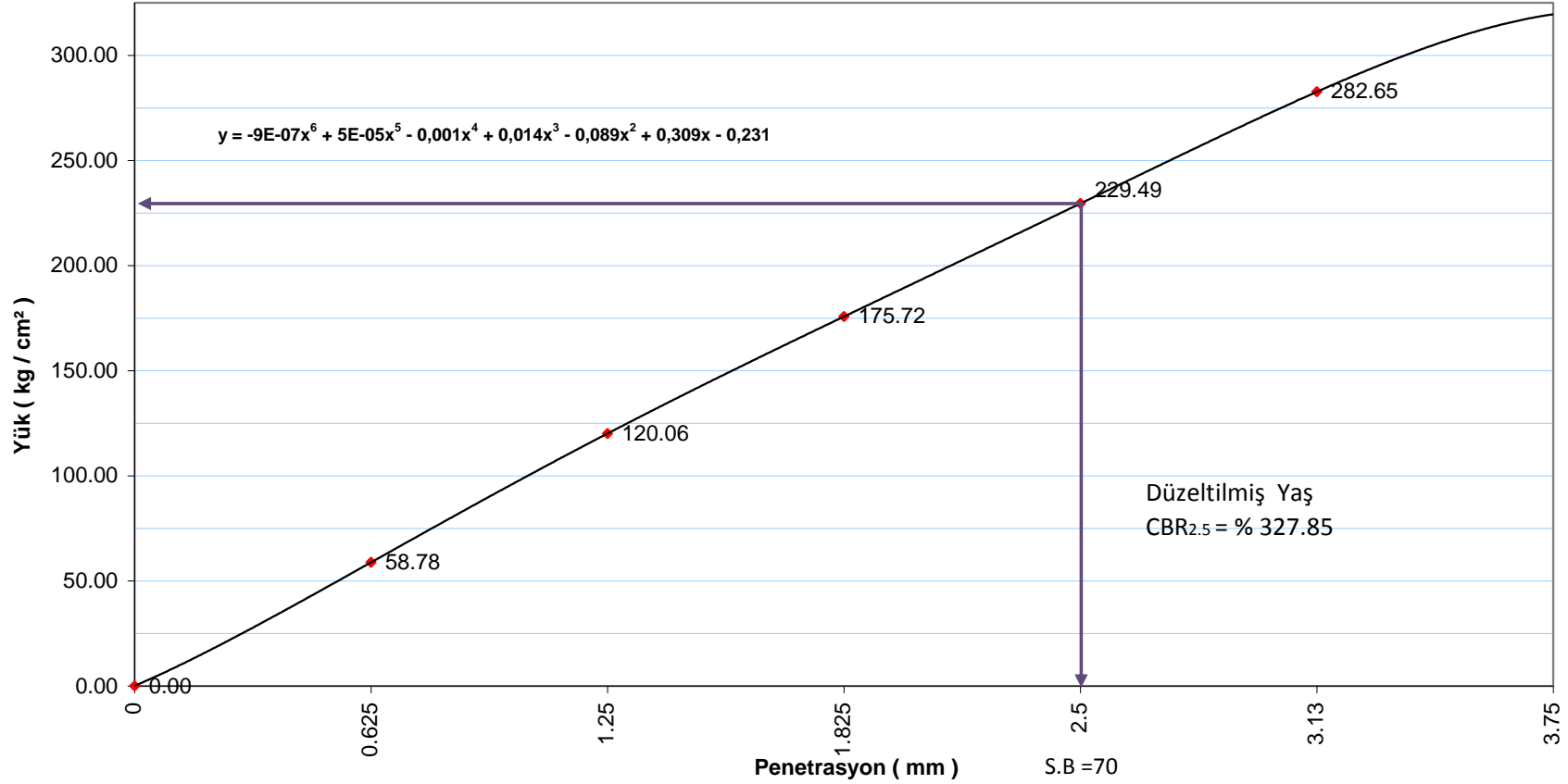
◆ %85 Zemin + % 10 Silis Dumanı + % 5 Fosfojips-1



Ek.27. Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZSD2F1 ( Numune – 1 )

### CBR Test Sonuçları ( % 85 Zemin + % 10 Silis Dumanı + % 5 Fosfojips - 2)

◆ % 85 Zemin + % 10 Silis Dumanı + % 5 Fosfojips - 2



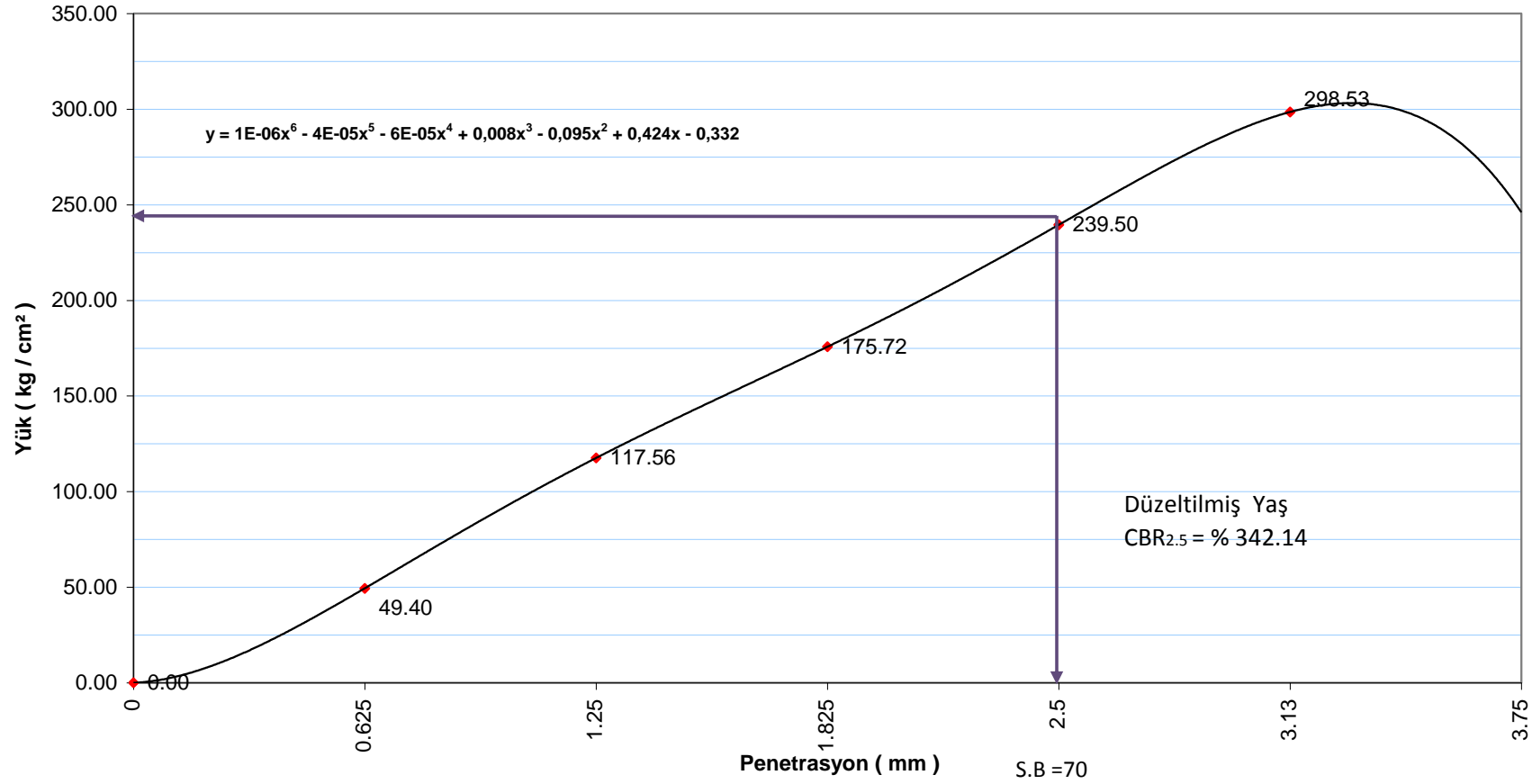
Ek.27. ( Devam ) Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZSD2F1 ( Numune – 2 )

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI												
Proje Adı	GRANÜLER TEMEL MALZEMESİ İYİLEŞTİRİLMESİ				Lab No		ALINDIĞI YER		ÇATALKAYA TAŞ OCAĞI			
					Arazi No:							
C.B.R	YAŞ	X	SİKİŞTİRME YÖNTEMİ	STATİK	TOKMAK (kg)	TABAKA	VURUŞ		0-25 mm Temel Malzemesi			
	KURU				4,5	5					56	
					Dinamik	Yük						
KURU BİRİM AĞIRLIĞININ SAPTANMASI												
NUMUNENİN DURUMU				Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra	Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra					
Kalıp No				7	7	4	4					
Kalıp Ağırlığı ( g )				5331	5331	5346	5346					
Kalıp Hacmi ( cm <sup>3</sup> )				2124	2124	2124	2124					
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )				10218	10269	10293	10344					
Yaş Numune Ağırlığı ( g )				4887	4938	4947	4998					
Yaş Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )				2.301	2.325	2.329	2.353					
Kuru Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )				2.158	2.152	2.180	2.174					
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI												
Kap No				17	69	1	58					
Kap Ağırlığı ( g )				111	110.0	100.0	113.0					
Kap+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )				705	594.0	663.0	732.0					
Kap+ Kuru Numune Ağırlığı ( g )				668	558.0	627.0	685.0					
Su ağırlığı ( g )				37	36.0	36.0	47.0					
Kuru Numune Ağırlığı ( g )				557	448.0	527.0	572.0					
Su içeriği ( % )				6.6	8.0	6.8	8.2					
ŞİŞME SONUÇLARI												
Tarih		Saat		Kalıp No	7		Kalıp No	4		Ortalama Şişme % si		
				Göstergede Okunan t	Şişme %		Göstergede Okunan t	Şişme %		1.62		
				191.00	1.64		187.00	1.61		ORT.CBR % Sİ		
										346.16		
PENETRASYON SONUÇLARI												
Penetrasyon		Standart Basınç	7					4				
			Okunan Yük			Düzel.CBR:		Okunan Yük			Düzel.CBR:	
İnç	mm		Dial Okuma	Yük (Kg)	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR	Dial Okuma	Yük	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR
0.025	0.625		79	955.90	49.4			86	1040.6	53.8		
0.050	1.250		188	2274.80	117.6			195	2359.5	121.9		
0.075	1.825		281	3400.10	175.7			293	3545.3	183.2		
0.100	2.500	70	383	4634.30	239.5	239.50	342.14	392	4743.2	245.1	245.13	350.18
0.125	3.130		477	5776.47	298.5			486	5880.6	303.9		
0.150	3.750											
0.175	4.380											
0.200	5.000	105				0.00	0.00				0.00	0.00
0.225	5.630											
0.250	6.250											
0.275	6.880											
0.300	7.500											

Ek.28. CBR Sonuç Formları – ZSD2F2

### CBR Test Sonuçları ( % 80 Zemin + % 10 Silis Dumanı + % 10 Fosfojips - 1 )

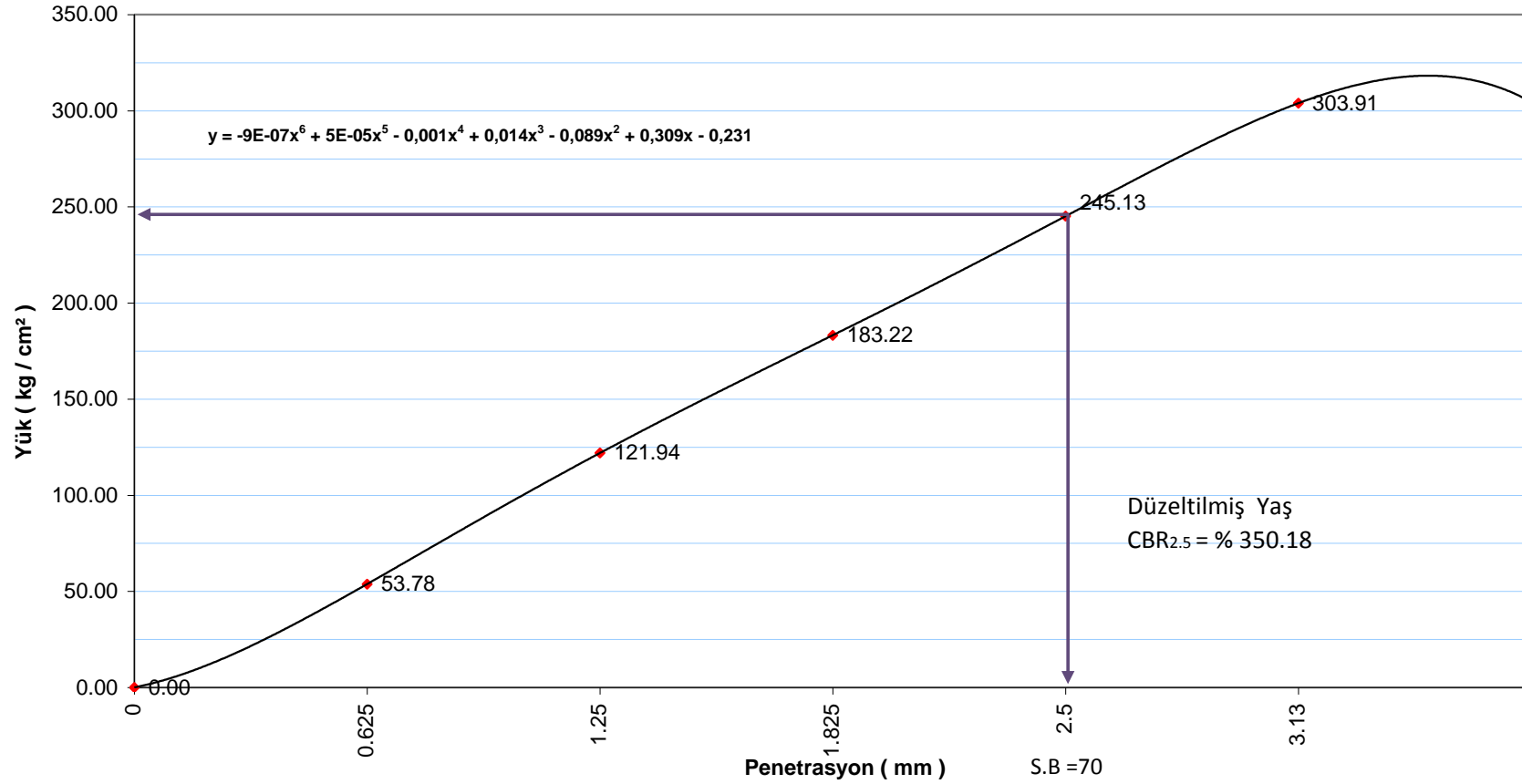
◆ % 80 Zemin + % 10 Silis Dumanı + % 10 Fosfojips-1



Ek.29. Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZSD2F2 ( Numune – 1 )

### CBR Test Sonuçları ( % 80 Zemin + % 10 Silis Dumanı + % 10 Fosfojips - 2)

◆ % 80 Zemin + % 10 Silis Dumanı + % Fosfojips - 2



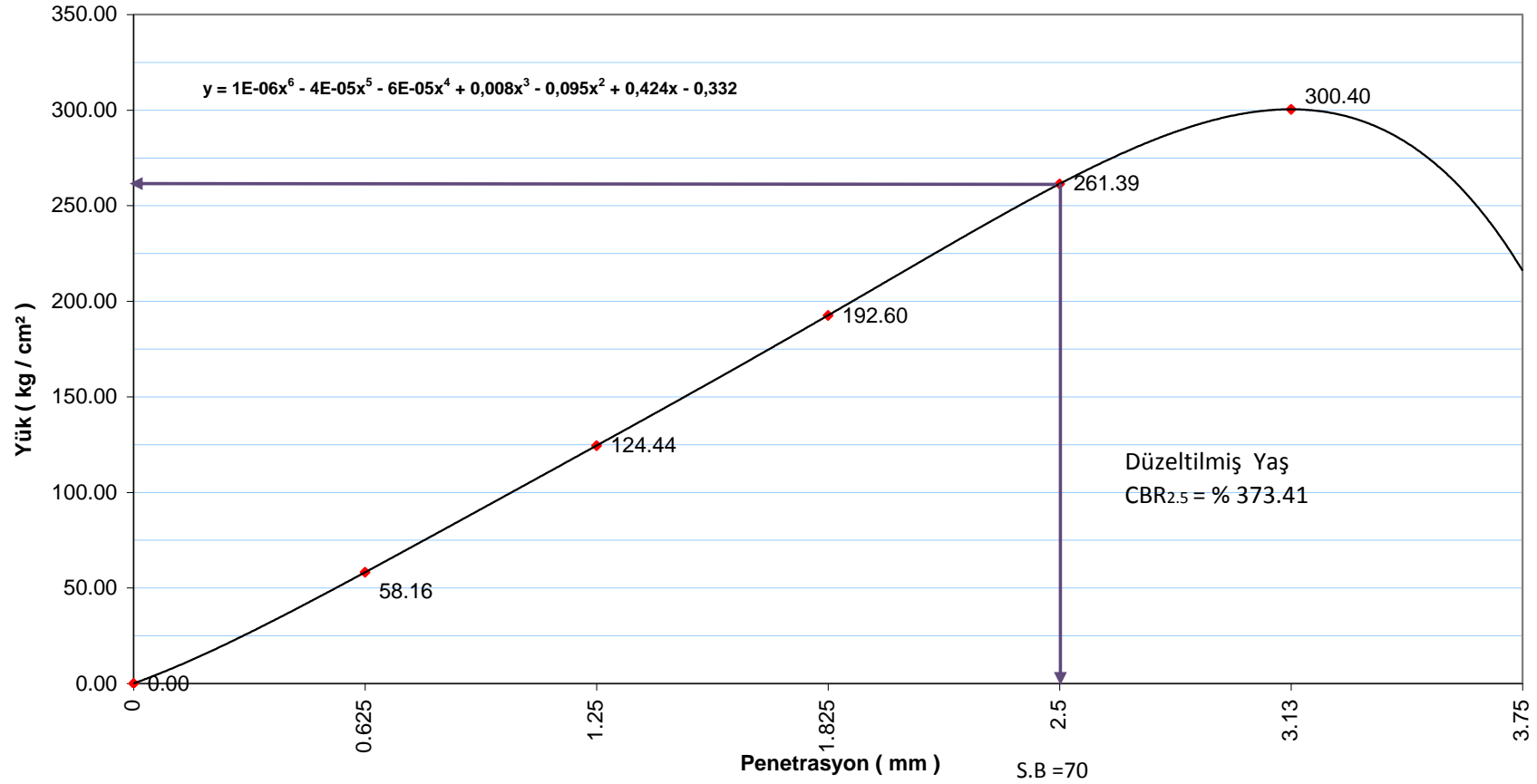
Ek.29. ( Devam ) Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZSD2F2 ( Numune – 2 )

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI												
Proje Adı	GRANÜLER TEMEL MALZEMESİ İYİLEŞTİRİLMESİ				Lab No		ALINDIĞI YER		ÇATALKAYA TAŞ OCAĞI			
					Arazi No:							
C.B.R	YAŞ	X	SIKIŞTIRMA YÖNTEMİ	STATİK	TOKMAK (kg)	TABAKA	VURUŞ					
	KURU			Dinamik	4,5	5	56					
KURU BİRİM AĞIRLIĞININ SAPTANMASI												
NUMUNENİN DURUMU				Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra	Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra					
Kalıp No				5	5	8	8					
Kalıp Ağırlığı ( g )				5272	5272	5339	5339					
Kalıp Hacmi ( cm <sup>3</sup> )				2124	2124	2124	2124					
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )				10110	10194	10138	10204					
Yaş Numune Ağırlığı ( g )				4838	4922	4799	4865					
Yaş Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )				2.278	2.317	2.259	2.290					
Kuru Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )				2.119	2.115	2.097	2.088					
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI												
Kap No				17	52	10	69					
Kap Ağırlığı ( g )				111	105.0	109.0	110.0					
Kap+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )				743	597.0	667.0	722.0					
Kap+ Kuru Numune Ağırlığı ( g )				699	554.0	627.0	668.0					
Su ağırlığı ( g )				44	43.0	40.0	54.0					
Kuru Numune Ağırlığı ( g )				588	449.0	518.0	558.0					
Su içeriği ( % )				7.5	9.6	7.7	9.7					
ŞİŞME SONUÇLARI												
Tarih	Saat	Kalıp No	5		Kalıp No	8		Ortalama Şişme % si				
		Göstergede Okunan t	Şişme %	Göstergede Okunan t	Şişme %	1.52						
		174.00	1.49	180.00	1.55	ORT.CBR % Sİ						
						369.39						
PENETRASYON SONUÇLARI												
Penetrasyon		Standart Basınç	5					8				
İnç	mm		Okunan Yük			Düzel.CBR:		Okunan Yük			Düzel.CBR:	
		Dial Okuma	Yük (Kg)	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR	Dial Okuma	Yük	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR	
0.025	0.625	93	1125.30	58.2			97	1173.7	60.7			
0.050	1.250	199	2407.90	124.4			194	2347.4	121.3			
0.075	1.825	308	3726.80	192.6			311	3763.1	194.5			
0.100	2.500	70	418	5057.80	261.4	261.39	373.41	409	4948.9	255.8	255.76	365.37
0.125	3.130		480	5812.80	300.4			455	5505.5	284.5		
0.150	3.750											
0.175	4.380											
0.200	5.000	105				0.00	0.00			0.00	0.00	
0.225	5.630											
0.250	6.250											
0.275	6.880											
0.300	7.500											

Ek.30. CBR Sonuç Formları – ZSD2F3

### CBR Test Sonuçları ( % 75 Zemin + % 10 Silis Dumanı + % 15 Fosfojips - 1 )

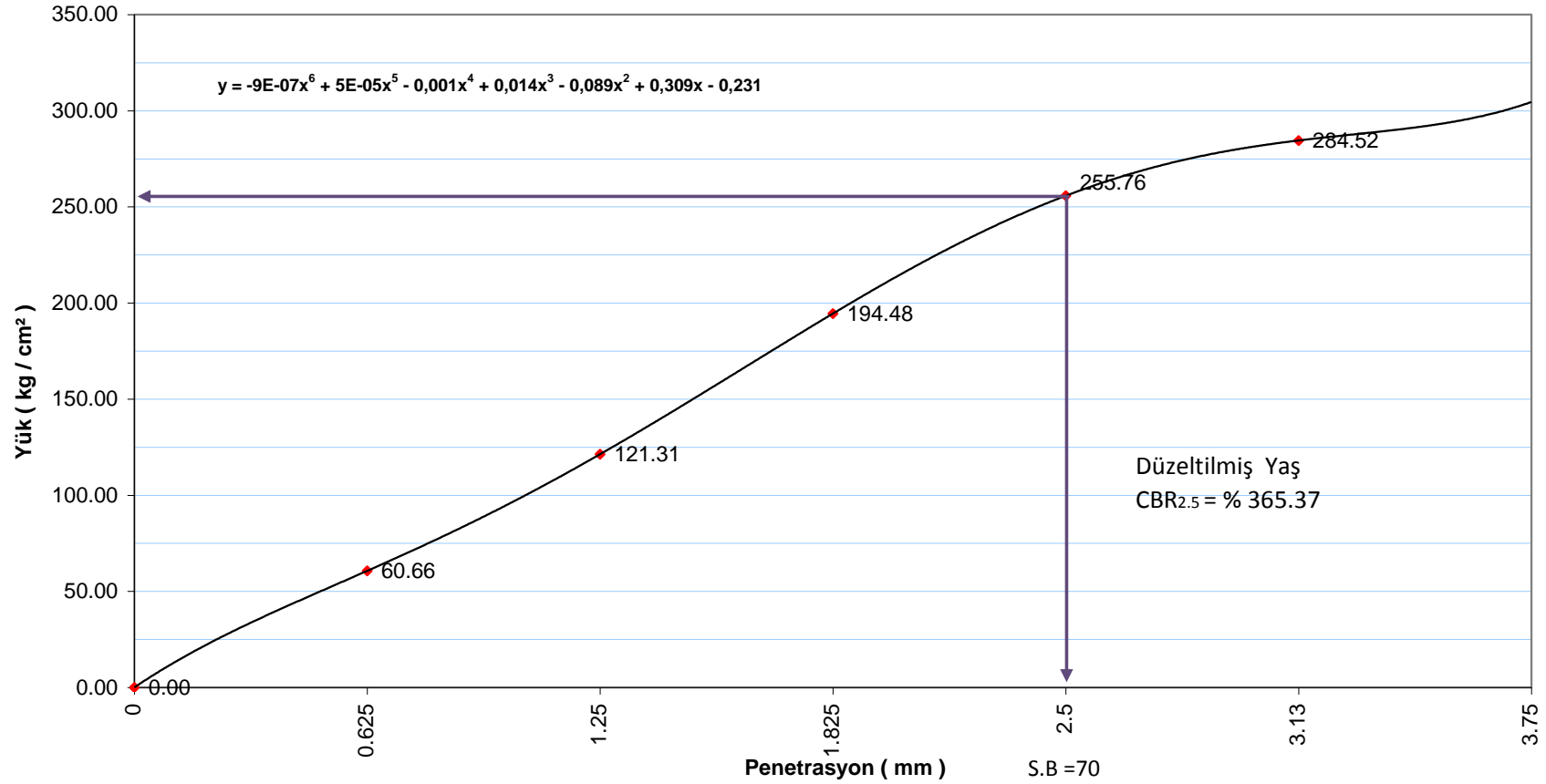
◆ % 75 Zemin + % 10 Silis Dumanı + % 15 Fosfojips -1



Ek.31. Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZSD2F3 ( Numune – 1 )

### CBR Test Sonuçları ( % 75 Zemin + % 10 Silis Dumanı + % 15 Fosfojips - 2)

◆ % 75 Zemin + % 10 Silis Dumanı + % 15 Fosfojips - 2



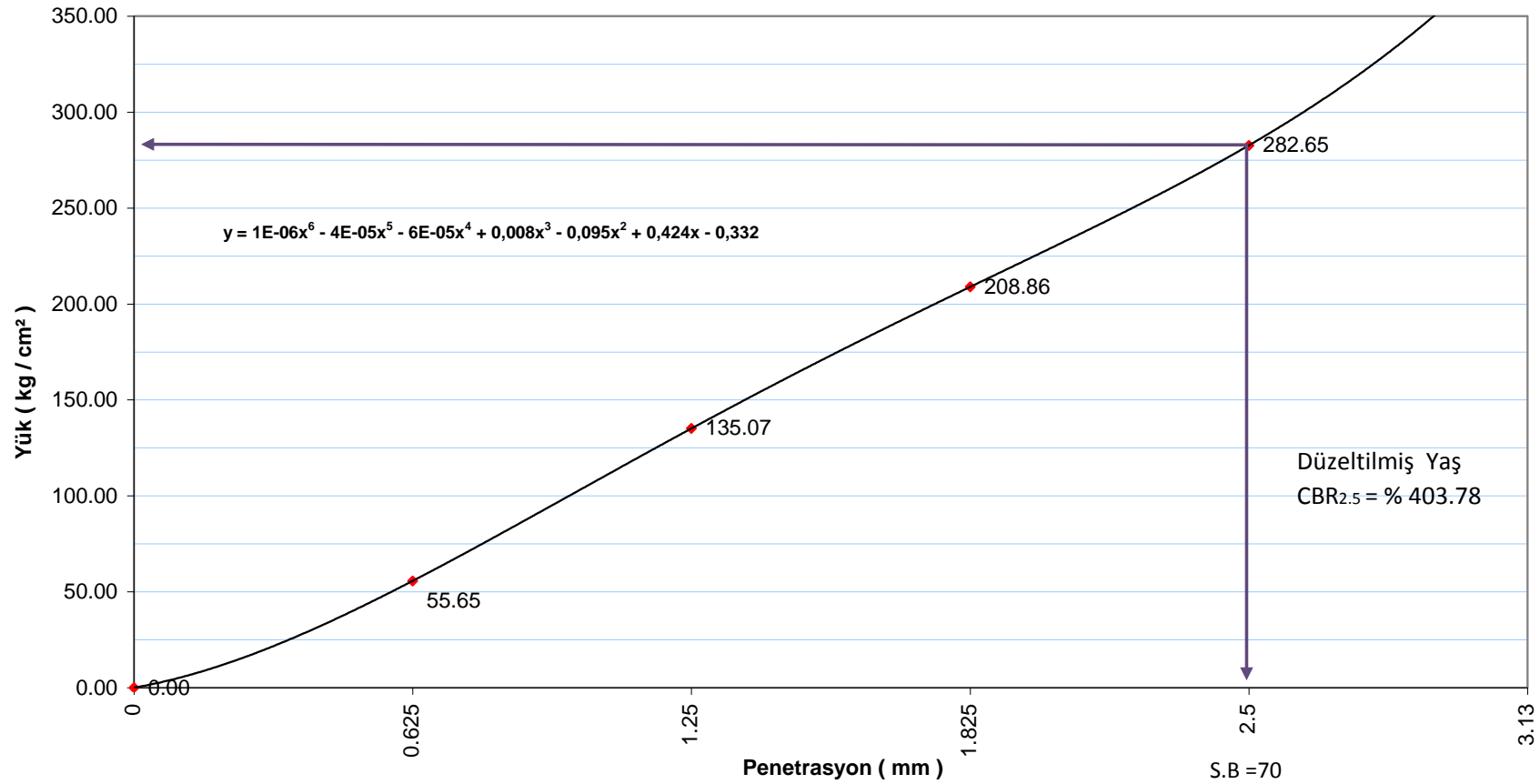
Ek.31. ( Devam ) Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZSD2F3 ( Numune – 2 )

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI												
Proje Adı	GRANÜLER TEMEL MALZEMESİ İYİLEŞTİRİLMESİ						Lab No		ALINDIĞI YER		ÇATALKAYA TAŞ OCAĞI	
							Arazi No:					
C.B.R	YAŞ	X	SİKİŞTİRMA YÖNTEMİ	STATİK	TOKMAK (kg)	TABAKA	VURUŞ					
	KURU			Dinamik	4,5	5	56					
					Yük							
KURU BİRİM AĞIRLIĞININ SAPTANMASI												
NUMUNENİN DURUMU				Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra	Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra					
Kalıp No				8	8	6	6					
Kalıp Ağırlığı ( g )				5339	5339	5304	5304					
Kalıp Hacmi ( cm <sup>3</sup> )				2124	2124	2124	2124					
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )				10057	10141	10081	10165					
Yaş Numune Ağırlığı ( g )				4718	4802	4777	4861					
Yaş Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )				2.221	2.261	2.249	2.289					
Kuru Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )				2.054	2.051	2.080	2.075					
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI												
Kap No				58	10	23	52					
Kap Ağırlığı ( g )				113	109.0	107.0	105.0					
Kap+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )				670	648.0	560.0	704.0					
Kap+ Kuru Numune Ağırlığı ( g )				628	598.0	526.0	648.0					
Su ağırlığı ( g )				42	50.0	34.0	56.0					
Kuru Numune Ağırlığı ( g )				515	489.0	419.0	543.0					
Su içeriği ( % )				8.2	10.2	8.1	10.3					
ŞİŞME SONUÇLARI												
Tarih	Saat	Kalıp No	8		Kalıp No	6		Ortalama Şişme % si				
		Göstergede Okunan t	Şişme %	Göstergede Okunan t	Şişme %	1.38						
		163.00	1.40	158.00	1.36	ORT.CBR % Sİ		406.91				
PENETRASYON SONUÇLARI												
Penetrasyon		Standart Basınç	8					6				
İnç	mm		Okunan Yük			Düzel.CBR:		Okunan Yük			Düzel.CBR:	
		Dial Okuma	Yük (Kg)	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR	Dial Okuma	Yük	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR	
0.025	0.625	89	1076.90	55.7			74	895.4	46.3			
0.050	1.250	216	2613.60	135.1			201	2432.1	125.7			
0.075	1.825	334	4041.40	208.9			328	3968.8	205.1			
0.100	2.500	70	5469.20	282.6	282.65	403.78	459	5553.9	287.0	287.02	410.03	
0.125	3.130											
0.150	3.750											
0.175	4.380											
0.200	5.000	105			0.00	0.00				0.00	0.00	
0.225	5.630											
0.250	6.250											
0.275	6.880											
0.300	7.500											

Ek.32. CBR Sonuç Formları – ZSD2F4

### CBR Test Sonuçları ( % 70 Zemin + % 10 Silis Dumanı + % 20 Fosfojips - 1)

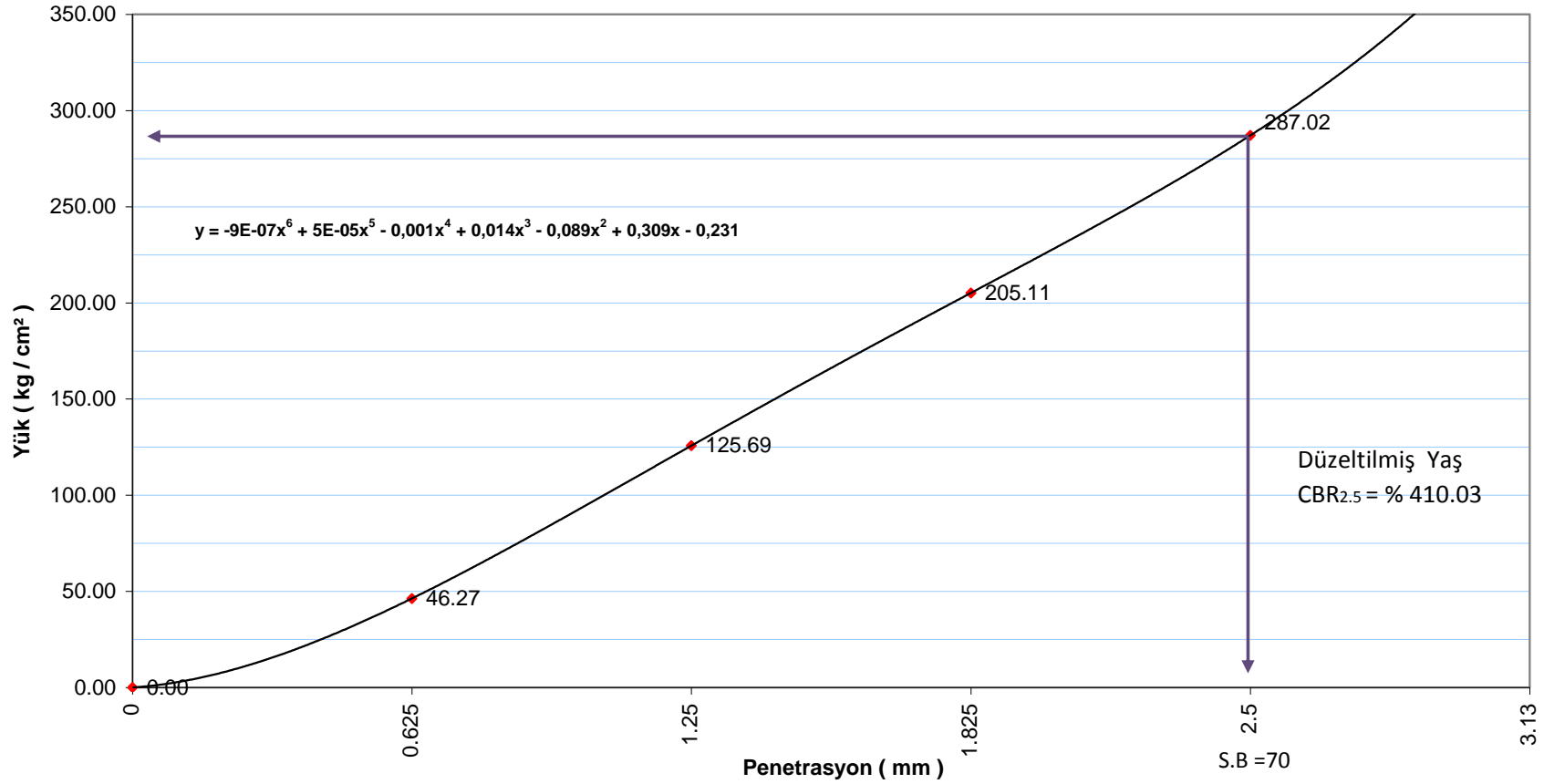
◆ %70 Zemin + % 10 Silis Dumanı + % 20 Fosfojips-1



Ek.33. Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZSD2F4 ( Numune – 1 )

### CBR Test Sonuçları ( % 70 Zemin + % 10 Silis Dumanı + % 20 Fosfojips - 2)

◆ % 70 Zemin + % 10 Silis Dumanı + % 20 Fosfojips - 2



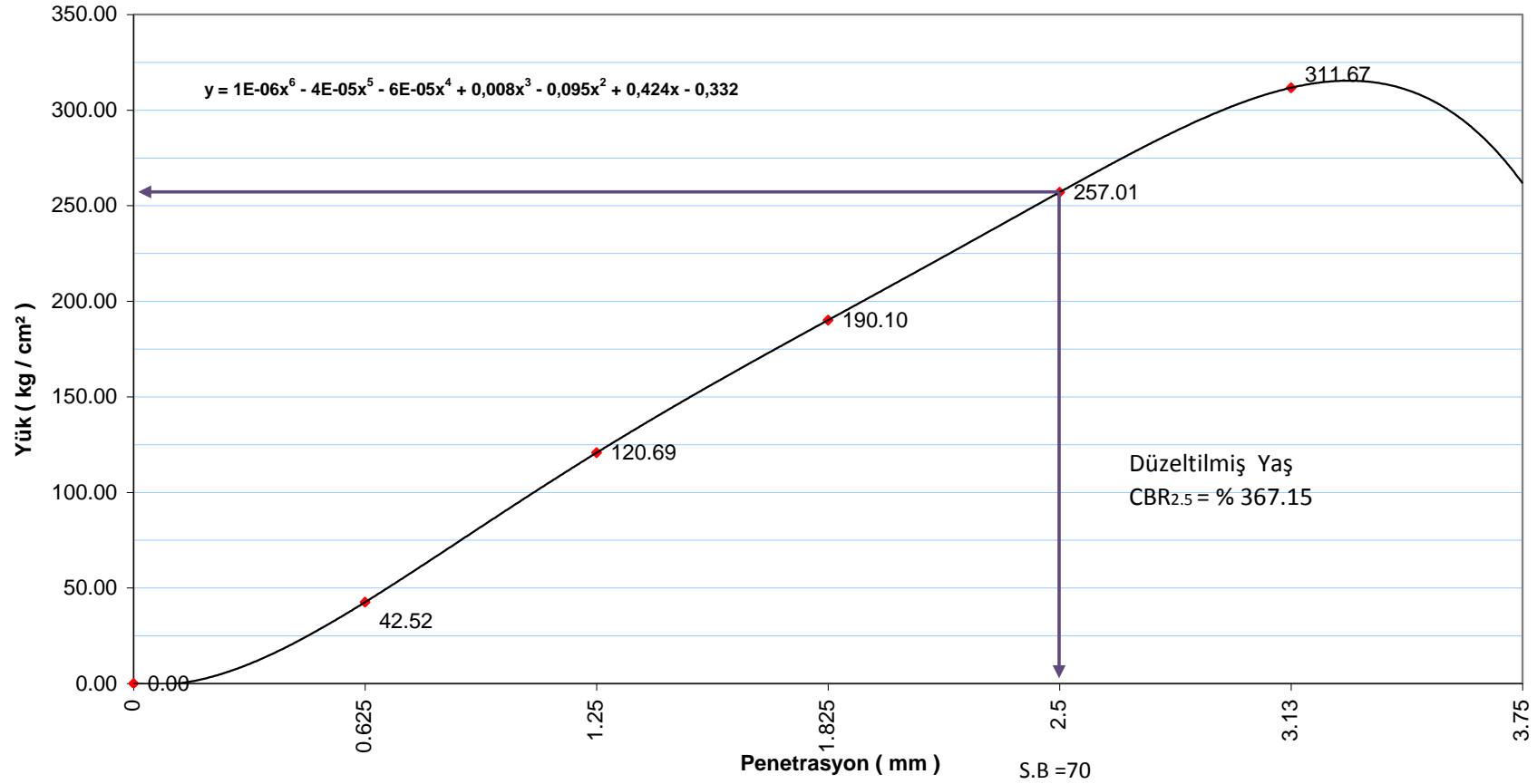
Ek.33. ( Devam ) Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZSD2F4 ( Numune – 2 )

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI											
Proje Adı	GRANÜLER TEMEL MALZEMESİ İYİLEŞTİRİLMESİ				Lab No		ALINDIĞI YER		ÇATALKAYA TAŞ OCAĞI		
					Arazi No:						
C.B.R	YAŞ	X	SIKIŞTIRMA YÖNTEMİ	STATİK	TOKMAK (kg)	TABAKA	0-25 mm Temel Malzemesi				
	KURU			Dinamik	4,5	5	VURUŞ				
KURU BİRİM AĞIRLIĞININ SAPTANMASI											
NUMUNENİN DURUMU				Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra	Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra				
Kalıp No				8	8	3	3				
Kalıp Ağırlığı ( g )				5339	5339	5356	5356				
Kalıp Hacmi ( cm <sup>3</sup> )				2124	2124	2124	2124				
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )				10358	10420	10321	10403				
Yaş Numune Ağırlığı ( g )				5019	5081	4965	5047				
Yaş Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )				2.363	2.392	2.338	2.376				
Kuru Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )				2.214	2.196	2.189	2.178				
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI											
Kap No				23	58	17	69				
Kap Ağırlığı ( g )				107	113.0	111.0	110.0				
Kap+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )				535	675.0	598.0	697.0				
Kap+ Kuru Numune Ağırlığı ( g )				508	629.0	567.0	648.0				
Su ağırlığı ( g )				27	46.0	31.0	49.0				
Kuru Numune Ağırlığı ( g )				401	516.0	456.0	538.0				
Su içeriği ( % )				6.7	8.9	6.8	9.1				
ŞİŞME SONUÇLARI											
Tarih	Saat	Kalıp No	8			Kalıp No	3			Ortalama Şişme % si	
		Göstergede Okunan t	Şişme %		Göstergede Okunan t	Şişme %		1.54			
		177.00	1.52		182.00	1.56		362.24			
Penetrasyon	Standart Basınç	8						3			
		Okunan Yük			Düzel.CBR:			Okunan Yük		Düzel.CBR:	
İnç	mm	Dial Okuma	Yük (Kg)	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR	Dial Okuma	Yük	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR
0.025	0.625	68	822.80	42.5			63	762.3	39.4		
0.050	1.250	193	2335.30	120.7			191	2311.1	119.4		
0.075	1.825	304	3678.40	190.1			295	3569.5	184.5		
0.100	2.500	70	4973.10	257.0	257.01	367.15	400	4840.0	250.1	250.13	357.33
0.125	3.130		498	6030.78	311.7		489	5916.9	305.8		
0.150	3.750										
0.175	4.380										
0.200	5.000	105				0.00	0.00			0.00	0.00
0.225	5.630										
0.250	6.250										
0.275	6.880										
0.300	7.500										

Ek.34. CBR Sonuç Formları – ZSD3F1

### CBR Test Sonuçları ( % 80 Zemin + % 15 Silis Dumanı + % 5 Fosfojips - 1)

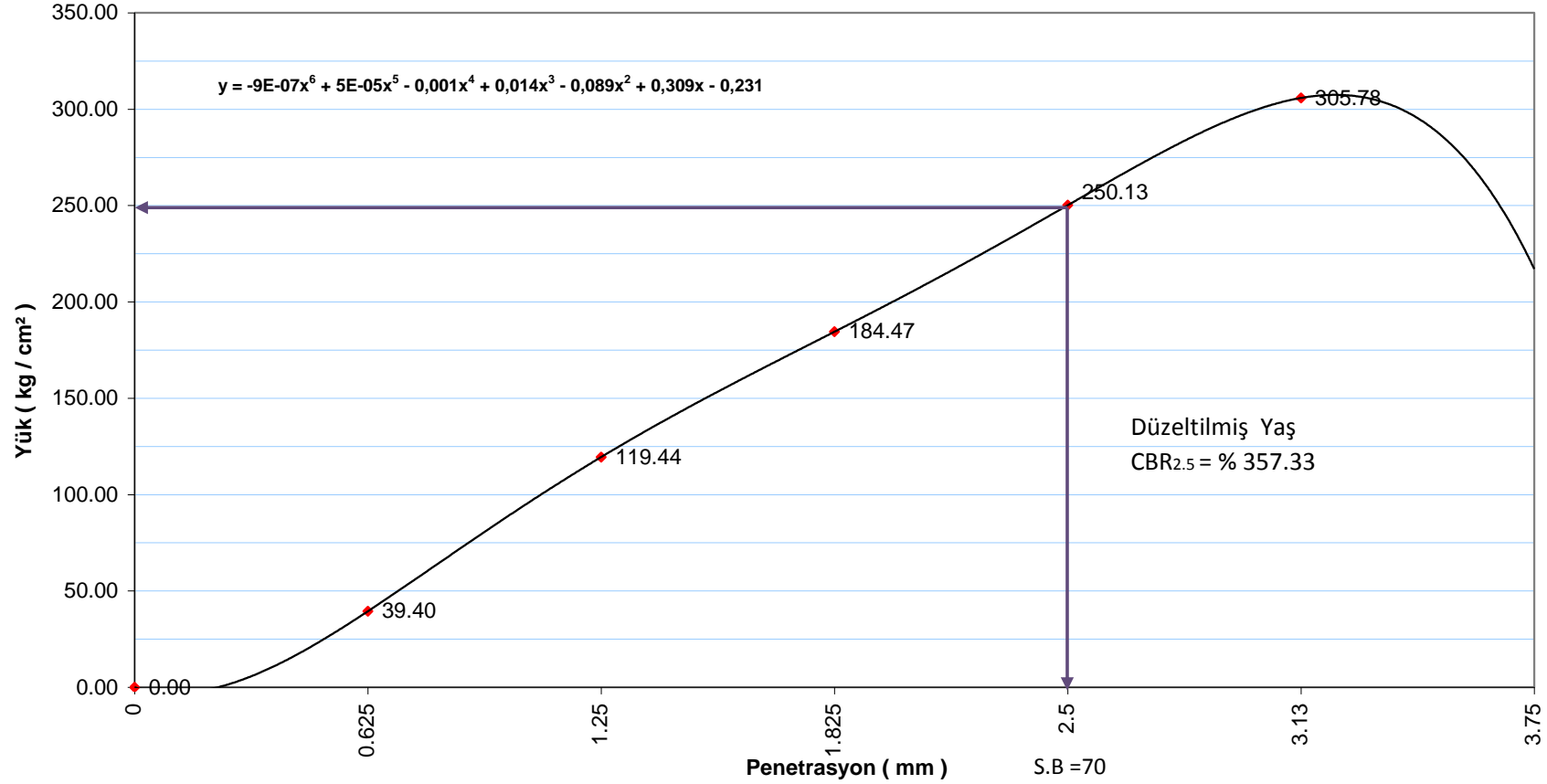
◆ % 80 Zemin + % 15 Silis Dumanı + % 5 Fosfojips -1



Ek.35. Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZSD3F1 ( Numune – 1 )

### CBR Test Sonuçları ( % 80 Zemin + % 15 Silis Dumanı + % 5 Fosfojips - 2)

◆ % 80 Zemin + % 15 Silis Dumanı + % 5 Fosfojips - 2



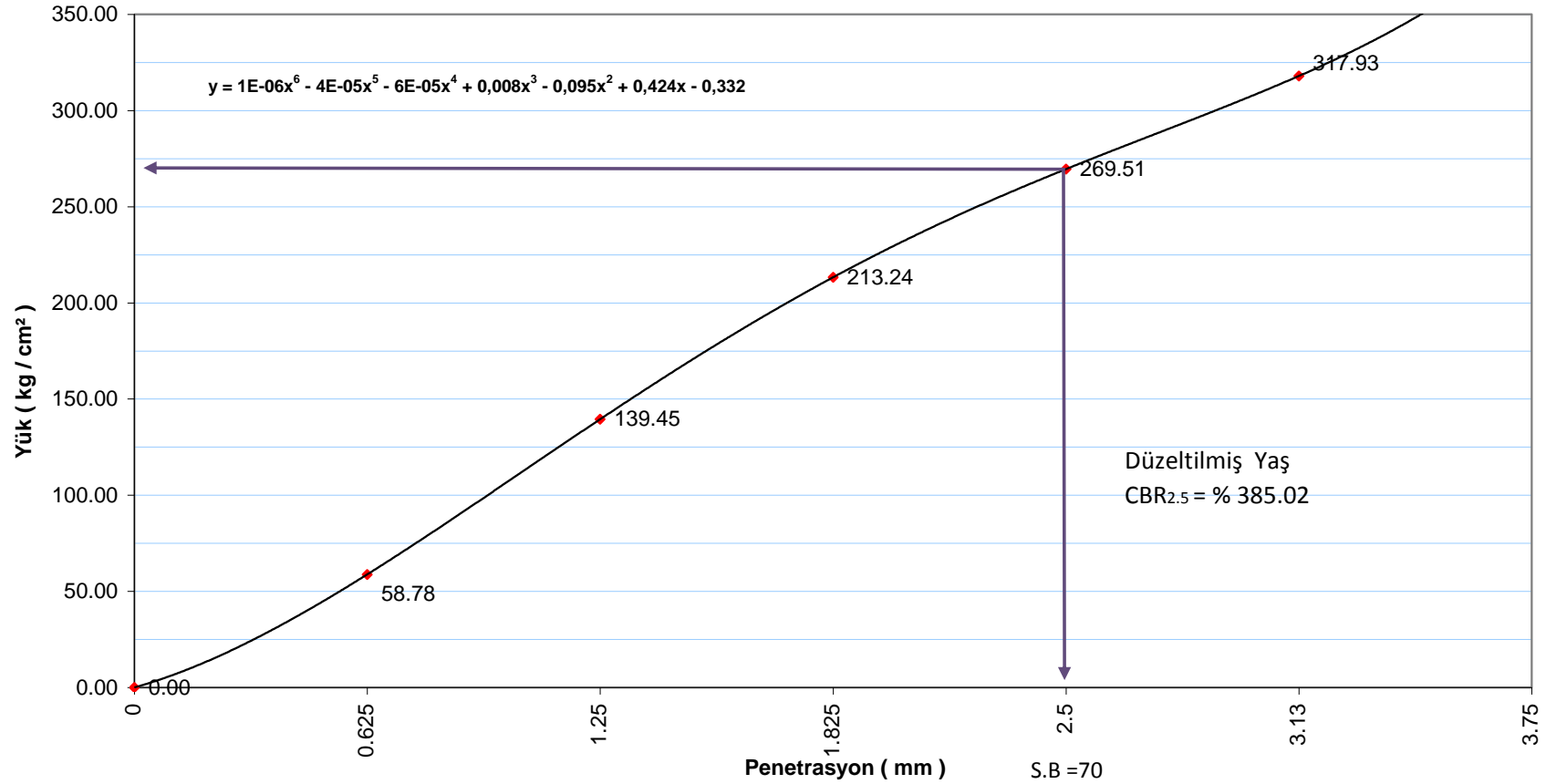
Ek.35. ( Devam ) Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZSD3F1 ( Numune – 2 )

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI												
Proje Adı	GRANÜLER TEMEL MALZEMESİ İYİLEŞTİRİLMESİ				Lab No		ALINDIĞI YER		ÇATALKAYA TAŞ OCAĞI			
					Arazi No:							
C.B.R		YAŞ	X	SIKIŞTIRMA YÖNTEMİ	STATİK	TOKMAK (kg)	TABAKA	VURUŞ				
		KURU			Dinamik	Yük			56			
KURU BİRİM AĞIRLIĞININ SAPTANMASI												
NUMUNENİN DURUMU				Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra	Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra					
Kalıp No				2	2	4	4					
Kalıp Ağırlığı ( g )				5327	5327	5346	5346					
Kalıp Hacmi ( cm <sup>3</sup> )				2124	2124	2124	2124					
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )				10191	10298	10164	10272					
Yaş Numune Ağırlığı ( g )				4864	4971	4818	4926					
Yaş Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )				2.290	2.340	2.268	2.319					
Kuru Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )				2.138	2.134	2.124	2.118					
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI												
Kalıp No				10	17	52	58					
Kalıp Ağırlığı ( g )				109	111.0	105.0	113.0					
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )				531	598.0	608.0	621.0					
Kalıp+ Kuru Numune Ağırlığı ( g )				503	555.0	576.0	577.0					
Su ağırlığı ( g )				28	43.0	32.0	44.0					
Kuru Numune Ağırlığı ( g )				394	444.0	471.0	464.0					
Su içeriği ( % )				7.1	9.7	6.8	9.5					
ŞİŞME SONUÇLARI												
Tarih		Saat		Kalıp No	2		Kalıp No	4		Ortalama Şişme % si		
				Göstergede Okunan t	Şişme %		Göstergede Okunan t	Şişme %		1.47		
				169.00	1.45		173.00	1.49		ORT.CBR % Sİ		
										380.55		
PENETRASYON SONUÇLARI												
Penetrasyon		Standart Basınç	2					4				
			Okunan Yük			Düzel.CBR:		Okunan Yük			Düzel.CBR:	
İnç	mm		Dial Okuma	Yük (Kg)	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR	Dial Okuma	Yük	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR
0.025	0.625		94	1137.40	58.8			89	1076.9	55.7		
0.050	1.250		223	2698.30	139.4			216	2613.6	135.1		
0.075	1.825		341	4126.10	213.2			335	4053.5	209.5		
0.100	2.500	70	431	5215.10	269.5	269.51	385.02	421	5094.1	263.3	263.26	376.09
0.125	3.130		508	6151.88	317.9			493	5965.3	308.3		
0.150	3.750											
0.175	4.380											
0.200	5.000	105				0.00	0.00				0.00	0.00
0.225	5.630											
0.250	6.250											
0.275	6.880											
0.300	7.500											

Ek.36. CBR Sonuç Formları – ZSD3F2

### CBR Test Sonuçları ( % 75 Zemin + % 15 Silis Dumanı + % 10 Fosfojips - 1)

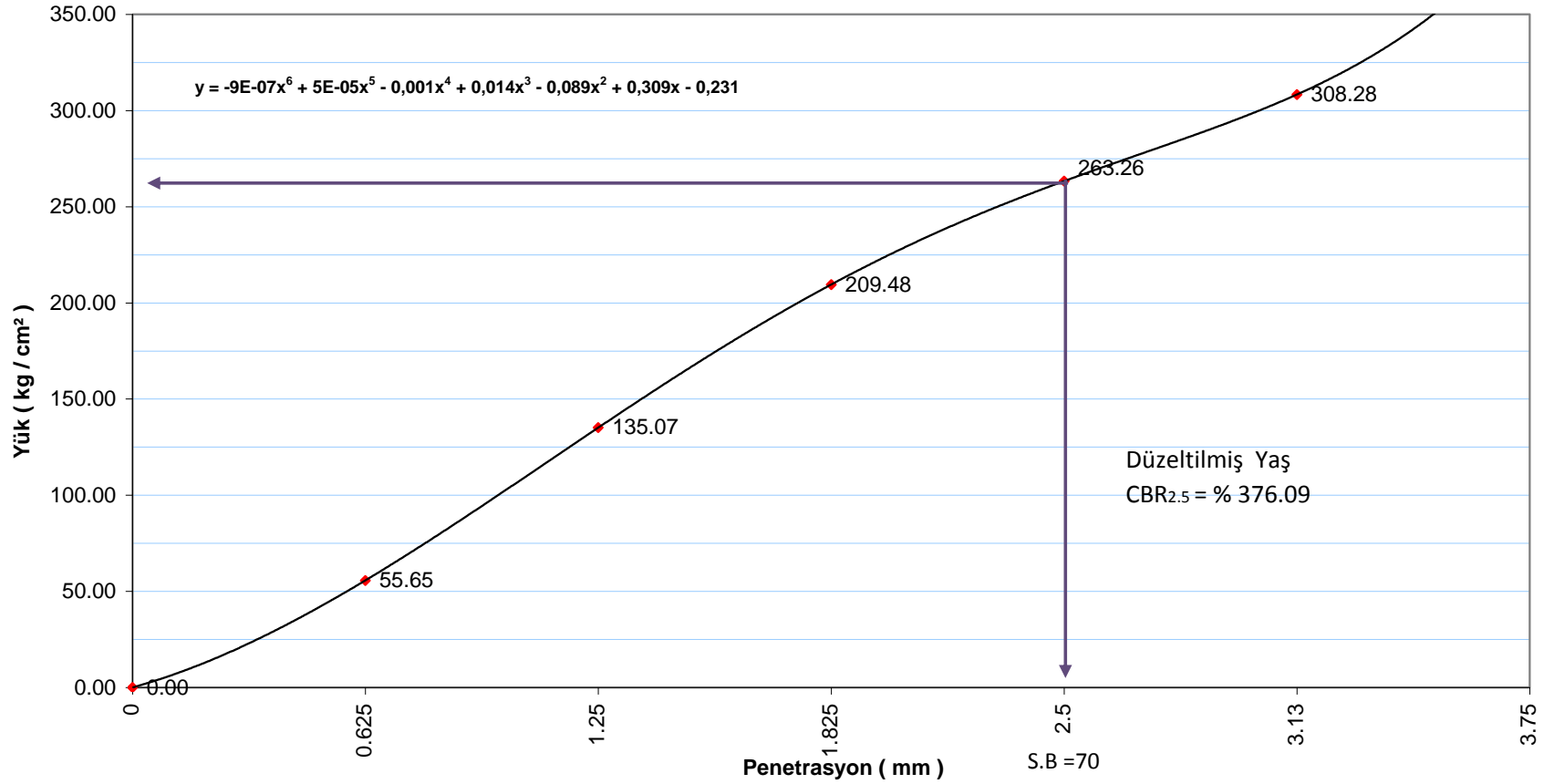
◆ %75 Zemin + % 15 Silis Dumanı + % 10 Fosfojips -1



Ek.37. Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZSD3F2 ( Numune – 1 )

### CBR Test Sonuçları ( % 75 Zemin + % 15 Silis Dumanı + % 10 Fosfojips - 2 )

◆ % 75 Zemin + % 15 Silis Dumanı + % 10 Fosfojips - 2



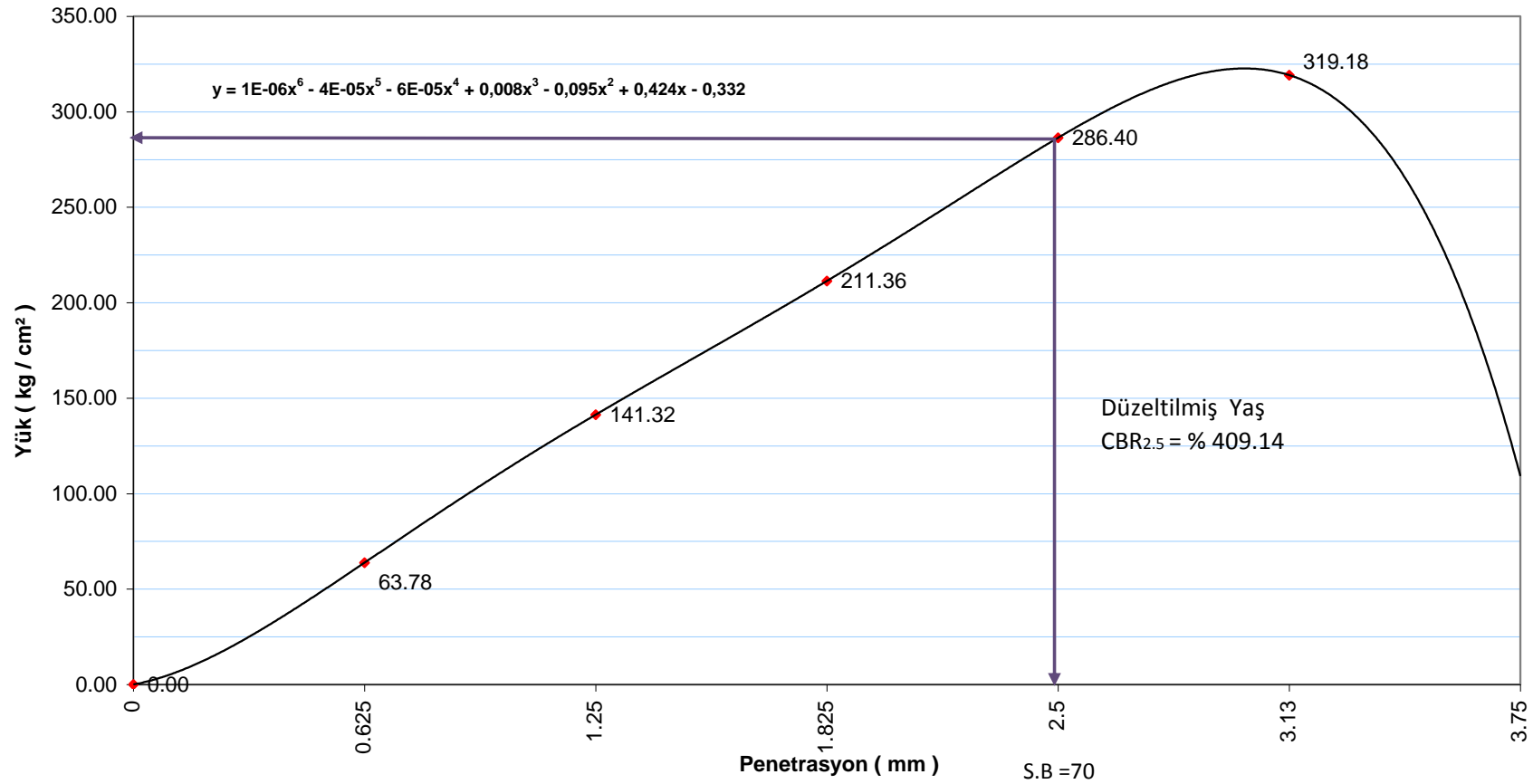
Ek.37. ( Devam ) Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZSD3F2 ( Numune – 2 )

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI													
Proje Adı	GRANÜLER TEMEL MALZEMESİ İYİLEŞTİRİLMESİ				Lab No		ALINDIĞI YER		ÇATALKAYA TAŞ OCAĞI				
					Arazi No:								
C.B.R		YAŞ	X	SİKİŞTİRMA YÖNTEMİ	STATİK	TOKMAK (kg)	TABAKA	VURUŞ					
		KURU			Dinamik	4,5	5	56					
KURU BİRİM AĞIRLIĞININ SAPTANMASI													
NUMUNENİN DURUMU					Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra	Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra					
Kalıp No					3	3	5	5					
Kalıp Ağırlığı ( g )					5356	5356	5272	5272					
Kalıp Hacmi ( cm <sup>3</sup> )					2124	2124	2124	2124					
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )					10184	10261	10159	10249					
Yaş Numune Ağırlığı ( g )					4828	4905	4887	4977					
Yaş Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )					2.273	2.309	2.301	2.343					
Kuru Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )					2.110	2.099	2.132	2.126					
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI													
Kalıp No					69	10	1	52					
Kalıp Ağırlığı ( g )					110	109.0	100.0	105.0					
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )					541	691.0	550.0	602.0					
Kalıp+ Kuru Numune Ağırlığı ( g )					510	638.0	517.0	556.0					
Su ağırlığı ( g )					31	53.0	33.0	46.0					
Kuru Numune Ağırlığı ( g )					400	529.0	417.0	451.0					
Su içeriği ( % )					7.8	10.0	7.9	10.2					
ŞİŞME SONUÇLARI													
Tarih		Saat		Kalıp No	3		Kalıp No	5		Ortalama Şişme % si			
				Göstergede Okunan t	Şişme %		Göstergede Okunan t	Şişme %		1.38			
				158.00	1.36		163.00	1.40		ORT.CBR % Sİ			
										404.23			
Penetrasyon			Standart Basınç	3				5					
				Okunan Yük			Düzel.CBR:		Okunan Yük			Düzel.CBR:	
İnç	mm		Dial Okuma	Yük (Kg)	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR	Dial Okuma	Yük	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR	
0.025	0.625		102	1234.20	63.8			94	1137.4	58.8			
0.050	1.250		226	2734.60	141.3			209	2528.9	130.7			
0.075	1.825		338	4089.80	211.4			319	3859.9	199.5			
0.100	2.500	70	458	5541.80	286.4	286.40	409.14	447	5408.7	279.5	279.52	399.31	
0.125	3.130		510	6176.10	319.2			518	6267.8	323.9			
0.150	3.750												
0.175	4.380												
0.200	5.000	105				0.00	0.00				0.00	0.00	
0.225	5.630												
0.250	6.250												
0.275	6.880												
0.300	7.500												

Ek.38. CBR Sonuç Formları – ZSD3F3

### CBR Test Sonuçları ( % 70 Zemin + % 15 Silis Dumanı + % 15 Fosfojips - 1 )

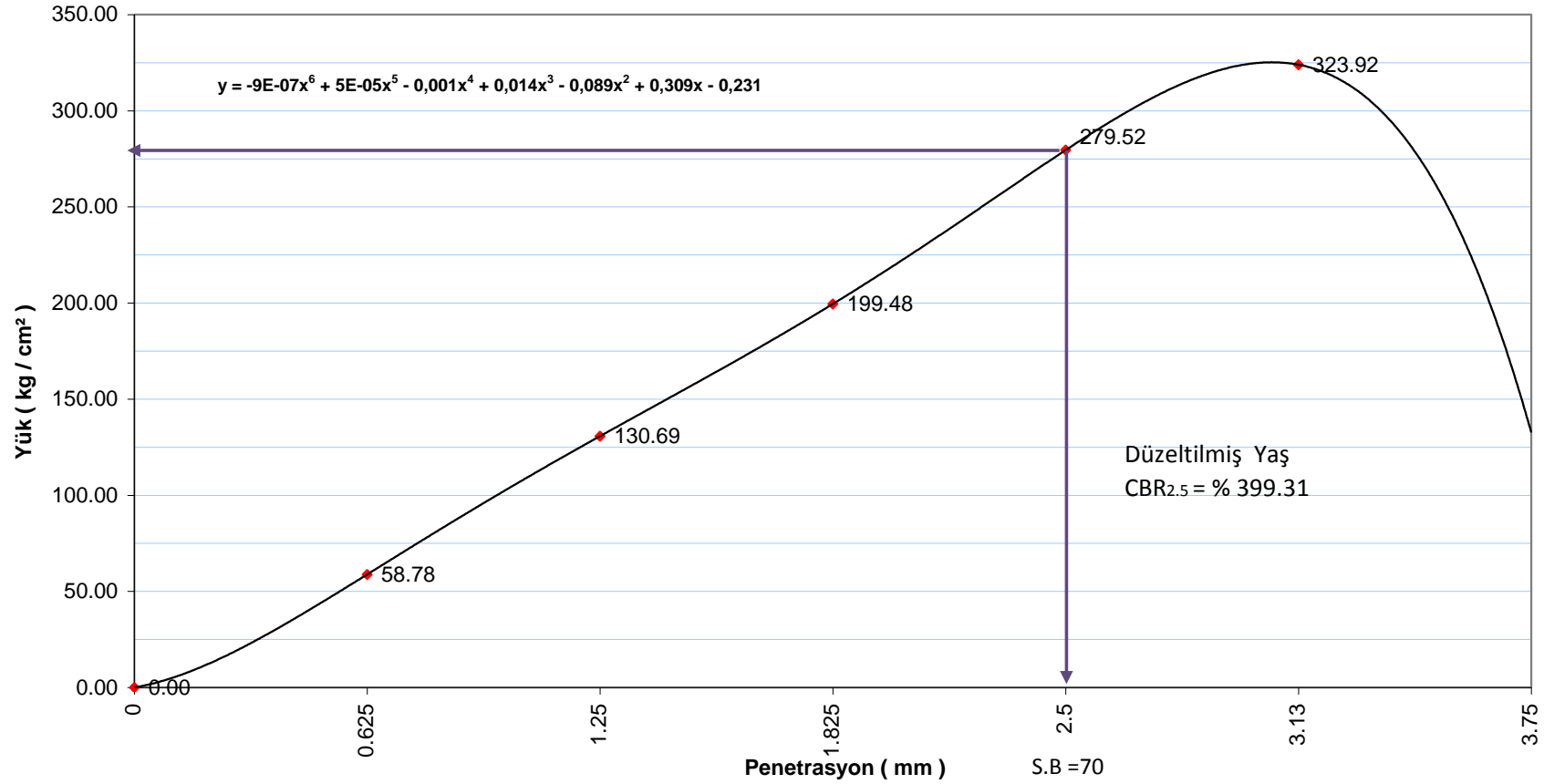
◆ % 70 Zemin + % 15 Silis Dumanı + % 15 Fosfojips-1



Ek.39. Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZSD3F3 ( Numune – 1 )

### CBR Test Sonuçları ( % 70 Zemin + % 15 Silis Dumanı + % 15 Fosfojips - 2)

◆ % 70 Zemin + % 15 Silis Dumanı + % 15 Fosfojips - 2



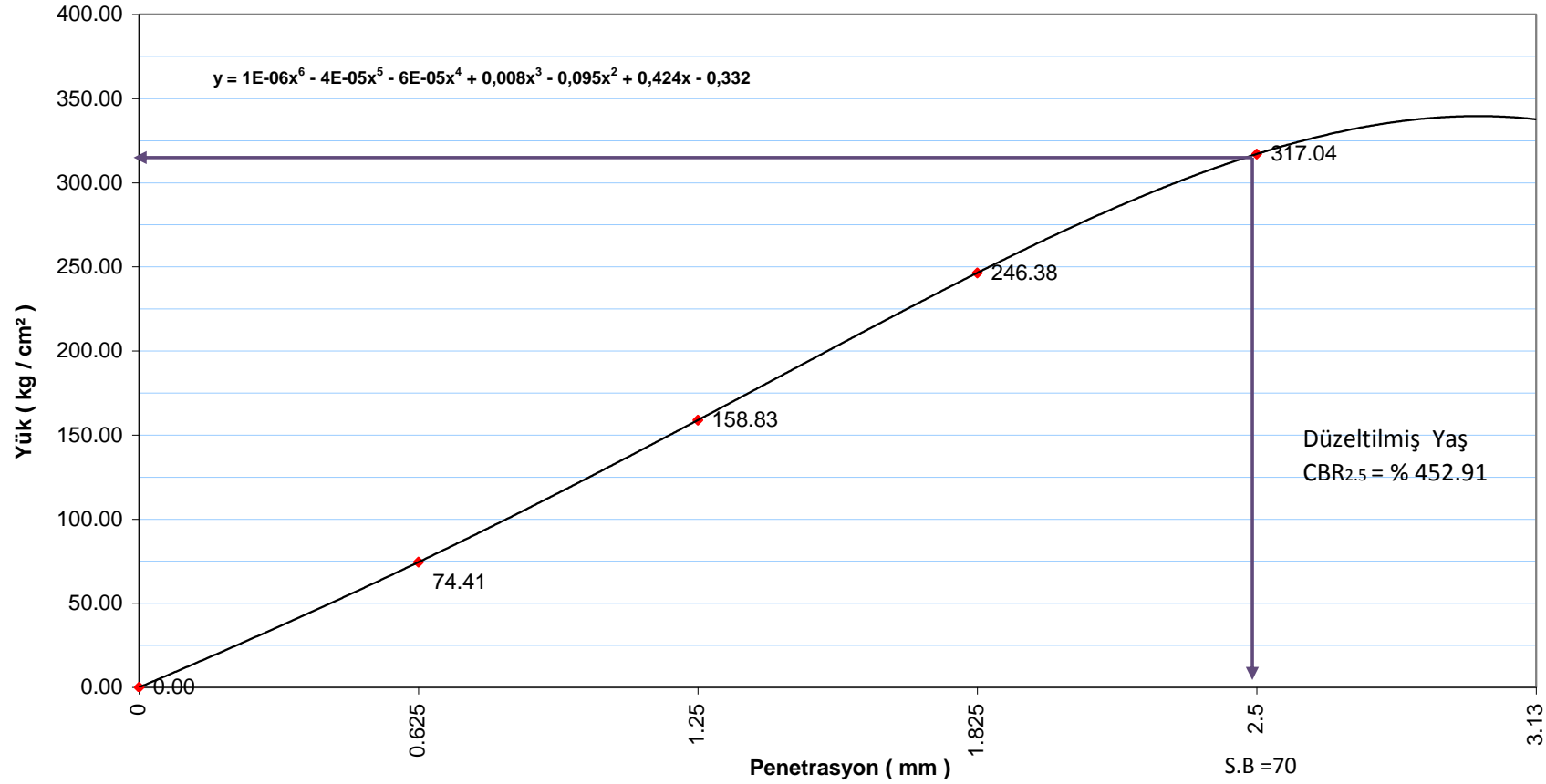
Ek.39. Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZSD3F3 ( Numune – 2 )

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI													
Proje Adı	GRANÜLER TEMEL MALZEMESİ İYİLEŞTİRİLMESİ					Lab No		ALINDIĞI YER		ÇATALKAYA TAŞ OCAĞI			
						Arazi No:							
C.B.R	YAŞ	X	SIKIŞTIRMA YÖNTEMİ	STATİK	TOKMAK (kg)	TABAKA	CİNSİ		0-25 mm Temel Malzemesi				
					4,5	5	VURUŞ		56				
	KURU			Dinamik	Yük								
KURU BİRİM AĞIRLIĞININ SAPTANMASI													
NUMUNENİN DURUMU					Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra	Suya Batırmadan Önce	Suya Batırdıktan Sonra					
Kalıp No					4	4	3	3					
Kalıp Ağırlığı ( g )					5346	5346	5356	5356					
Kalıp Hacmi ( cm <sup>3</sup> )					2124	2124	2124	2124					
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )					10135	10227	10099	10193					
Yaş Numune Ağırlığı ( g )					4789	4881	4743	4837					
Yaş Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )					2.255	2.298	2.233	2.277					
Kuru Birim Ağırlık ( t / m <sup>3</sup> )					2.077	2.068	2.050	2.041					
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI													
Kap No					17	23	2	58					
Kap Ağırlığı ( g )					111	107.0	111.0	113.0					
Kap+ Yaş Numune Ağırlığı ( g )					644	726.0	563.0	605.0					
Kap+ Kuru Numune Ağırlığı ( g )					602	664.0	526.0	554.0					
Su ağırlığı ( g )					42	62.0	37.0	51.0					
Kuru Numune Ağırlığı ( g )					491	557.0	415.0	441.0					
Su içeriği ( % )					8.6	11.1	8.9	11.6					
ŞİŞME SONUÇLARI													
Tarih		Saat		Kalıp No	4		Kalıp No	3		Ortalama Şişme % si			
				Göstergede Okunan t	Şişme %		Göstergede Okunan t	Şişme %		1.23			
				145.00	1.25		141.00	1.21		ORT.CBR % Sİ			
										455.15			
PENETRASYON SONUÇLARI													
Penetrasyon		Standart Basınç		4				3					
				Okunan Yük		Düzel.CBR:		Okunan Yük		Düzel.CBR:			
İnç	mm			Dial Okuma	Yük (Kg)	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR	Dial Okuma	Yük	Kg/cm2	Kg/cm2	%'de CBR
0.025	0.625			119	1439.90	74.4			109	1318.9	68.2		
0.050	1.250			254	3073.40	158.8			261	3158.1	163.2		
0.075	1.825			394	4767.40	246.4			406	4912.6	253.9		
0.100	2.500	70		507	6134.70	317.0	317.04	452.91	512	6195.2	320.2	320.17	457.38
0.125	3.130												
0.150	3.750												
0.175	4.380												
0.200	5.000	105					0.00	0.00				0.00	0.00
0.225	5.630												
0.250	6.250												
0.275	6.880												
0.300	7.500												

Ek.40. CBR Sonuç Formları – ZSD3F4

### CBR Test Sonuçları ( % 65 Zemin + % 15 Silis Dumanı + % 20 Fosfojips - 1)

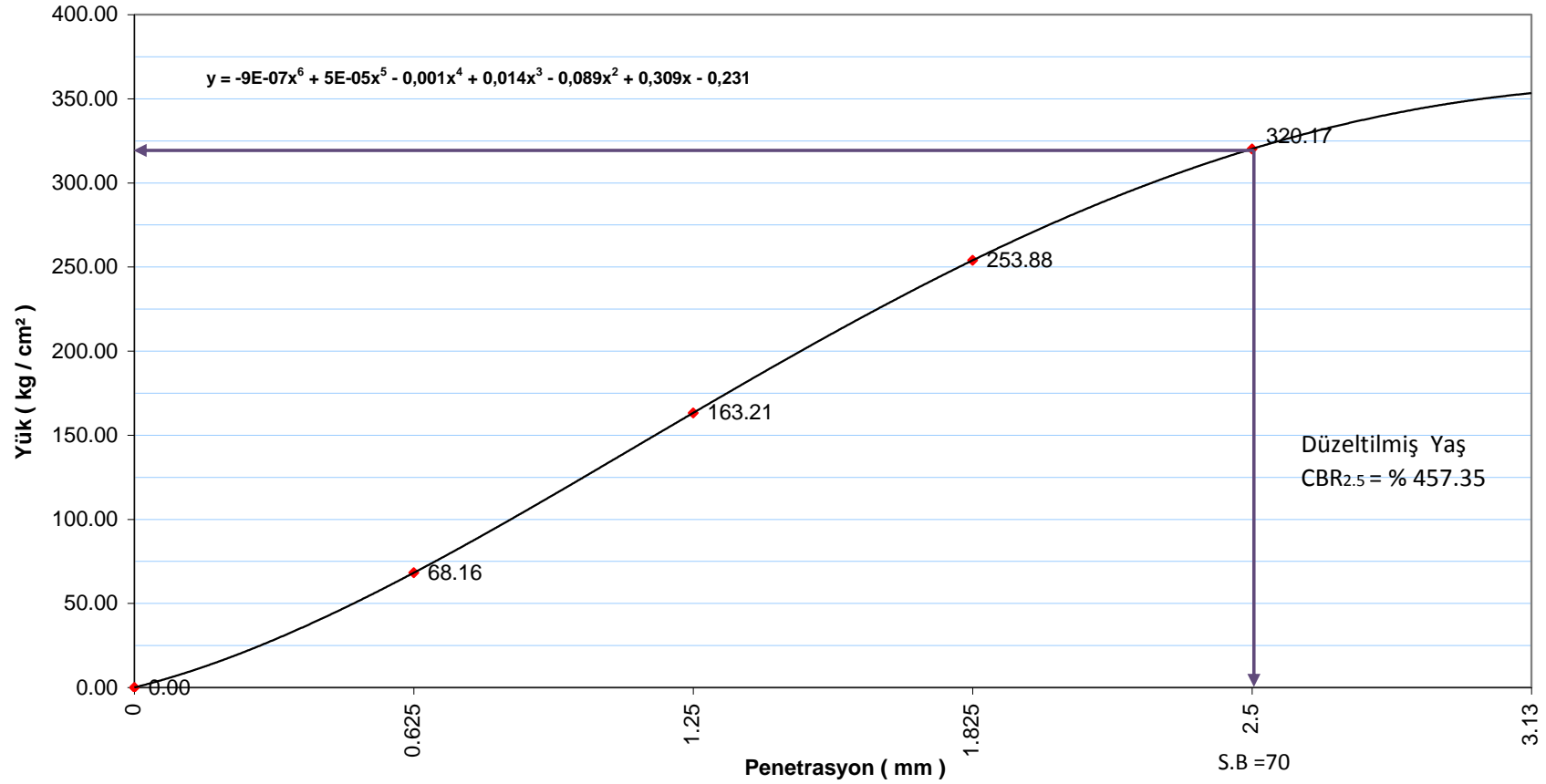
◆ % 65 Zemin + % 15 Silis Dumanı + % 20 Fosfojips-1



Ek.41. Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZSD3F4 ( Numune – 1 )

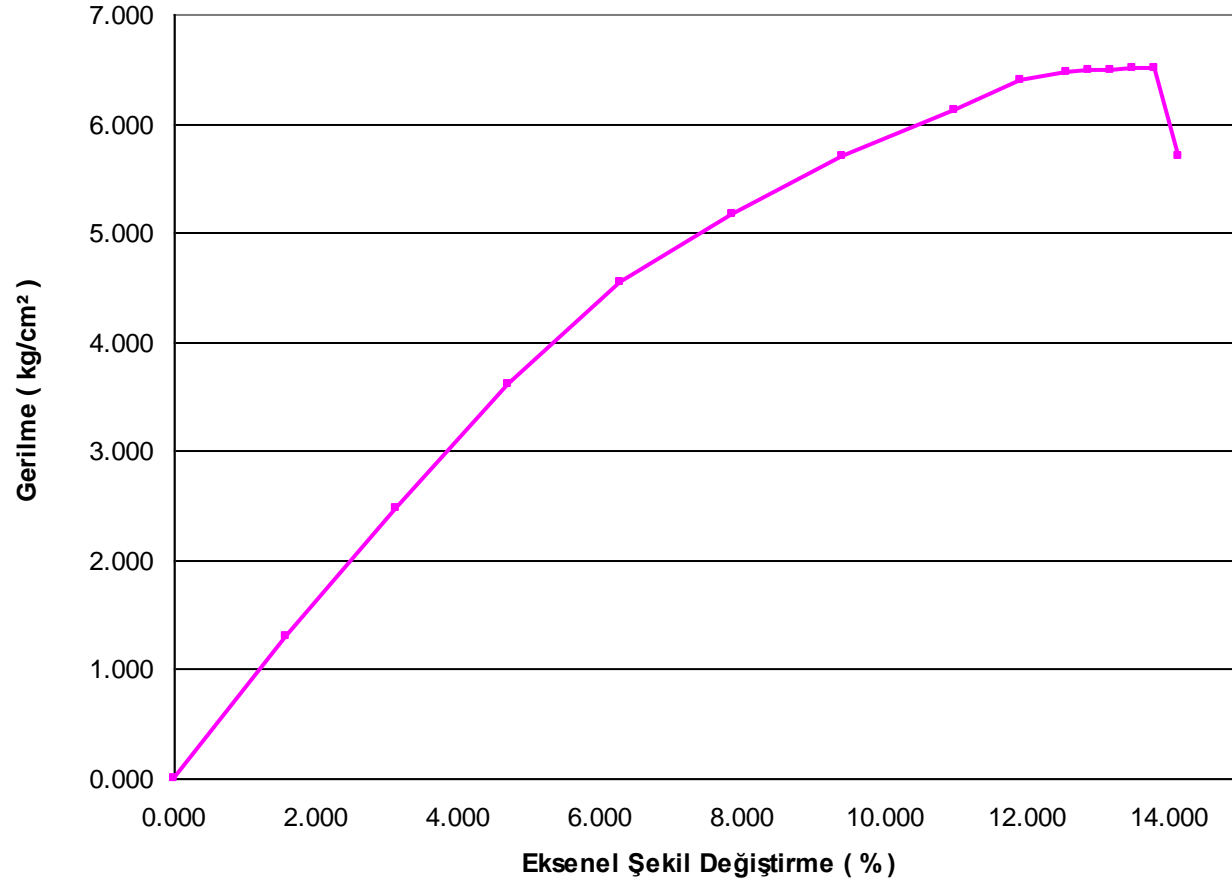
### CBR Test Sonuçları ( % 65 Zemin + % 15 Silis Dumanı + % 20 Fosfojips - 2 )

◆ % 65 Zemin + % 15 Silis Dumanı + % 20 Fosfojips - 2



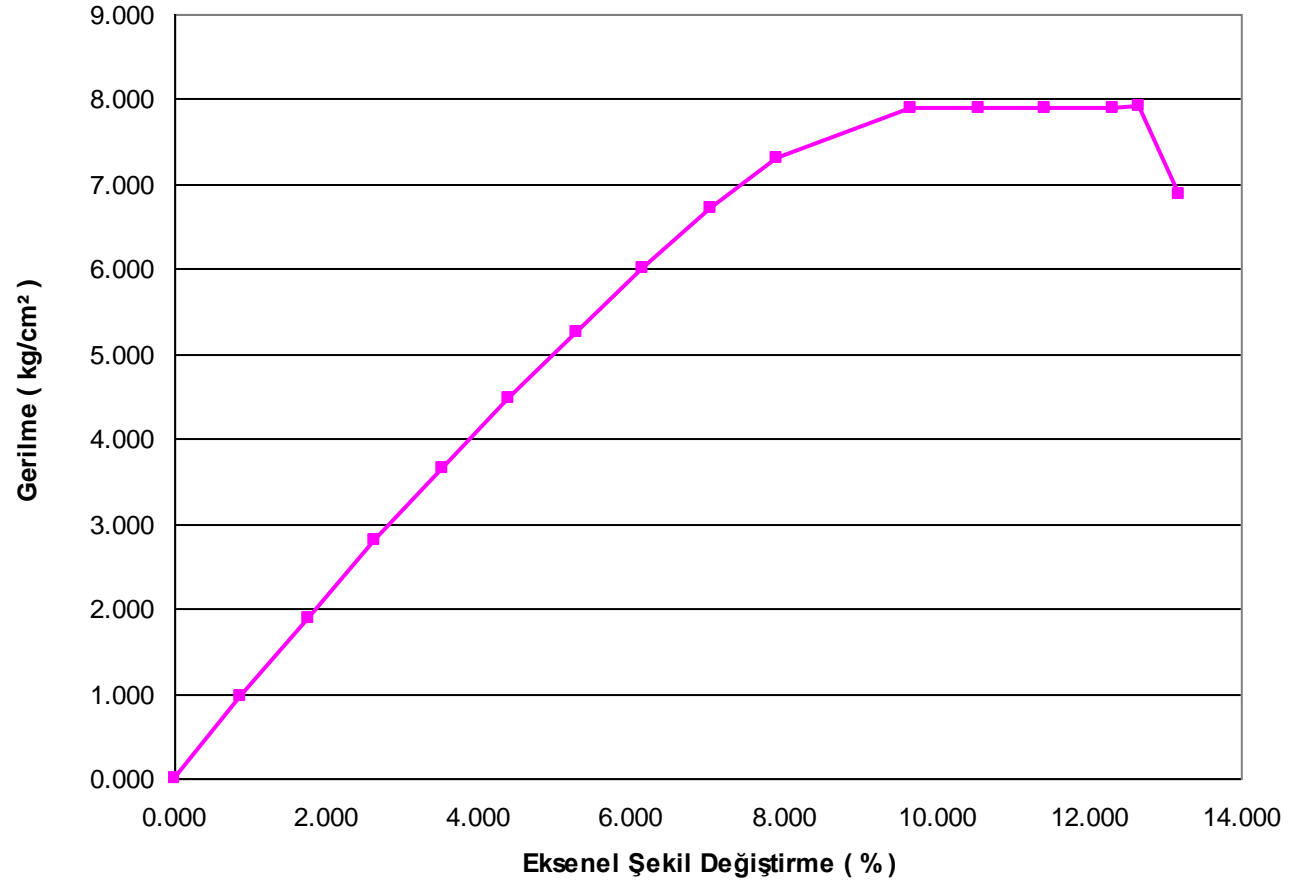
Ek.41. ( Devam ) Yük – Penetrasyon İlişkisi – ZSD3F4 ( Numune – 2 )

**Serbest Basınç Deneyi**  
**% 100 Zemin**



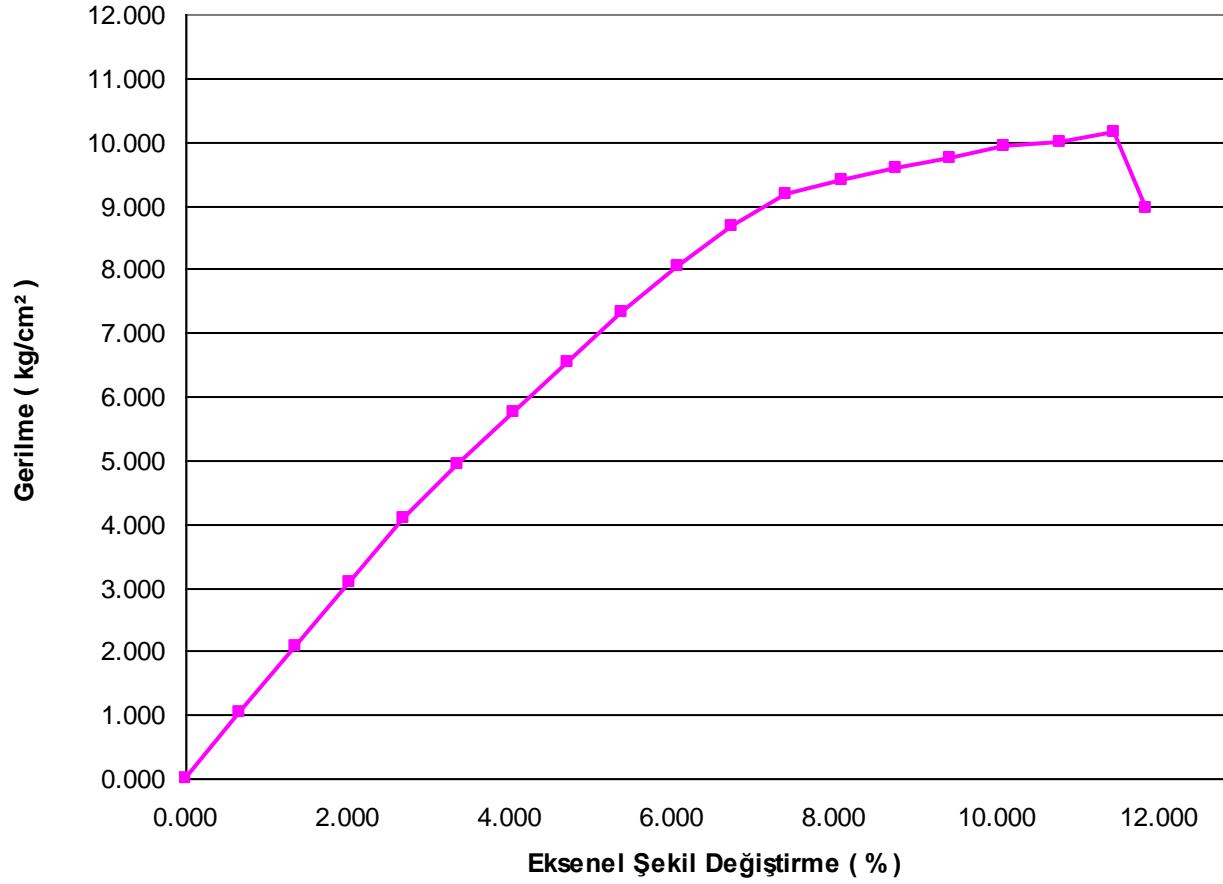
Ek.42. Serbest Basınç Deneyi Yük-Eksenel Şekil Değişirme İlişkisi – Z

**Serbest Basınç Deneyi**  
**% 95 Zemin + % 5 Silis Dumanı**



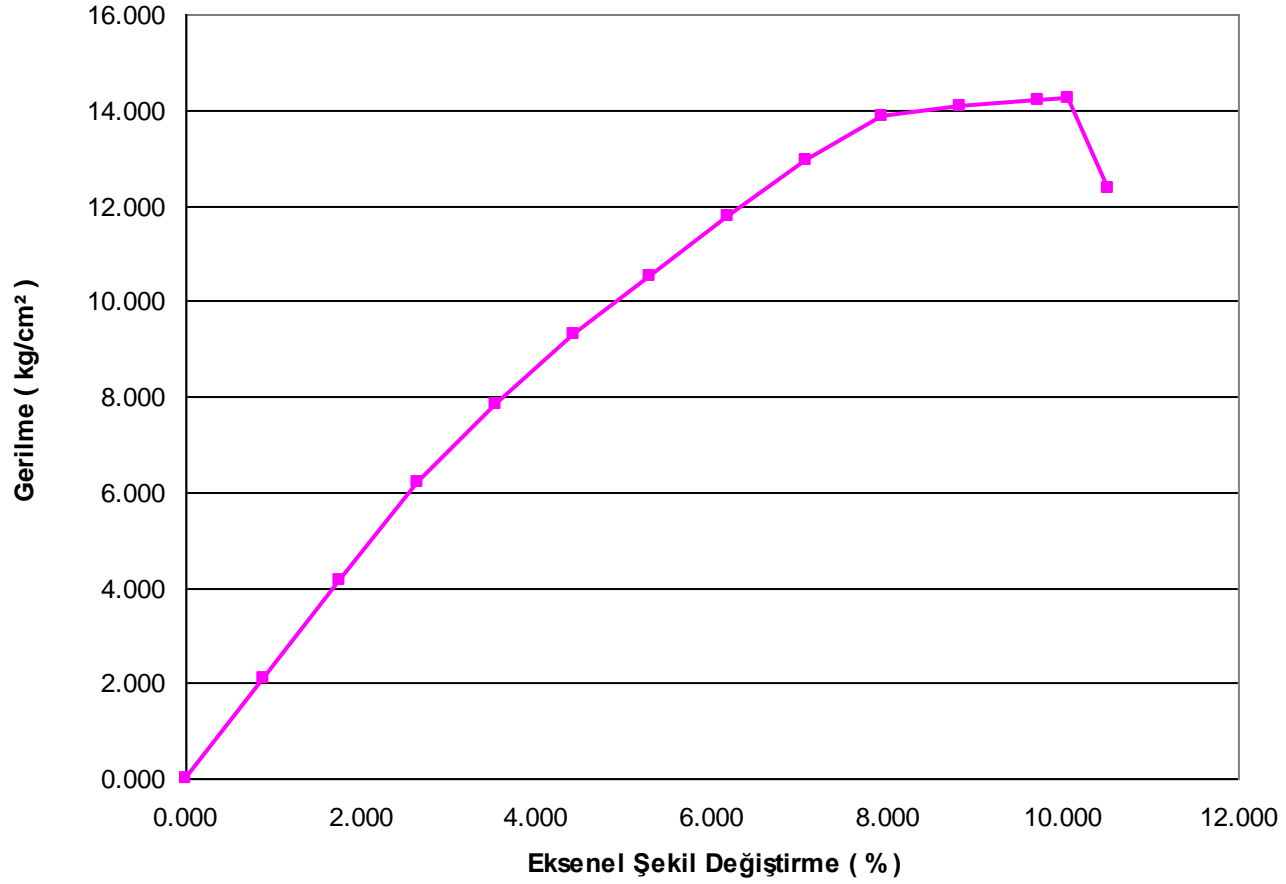
Ek.43. Serbest Basınç Deneyi Yük-Eksenel Şekil Değişirme İlişkisi – ZSD1

**Serbest Basınç Deneyi**  
**% 90 Zemin + % 10 Silis Dumanı**



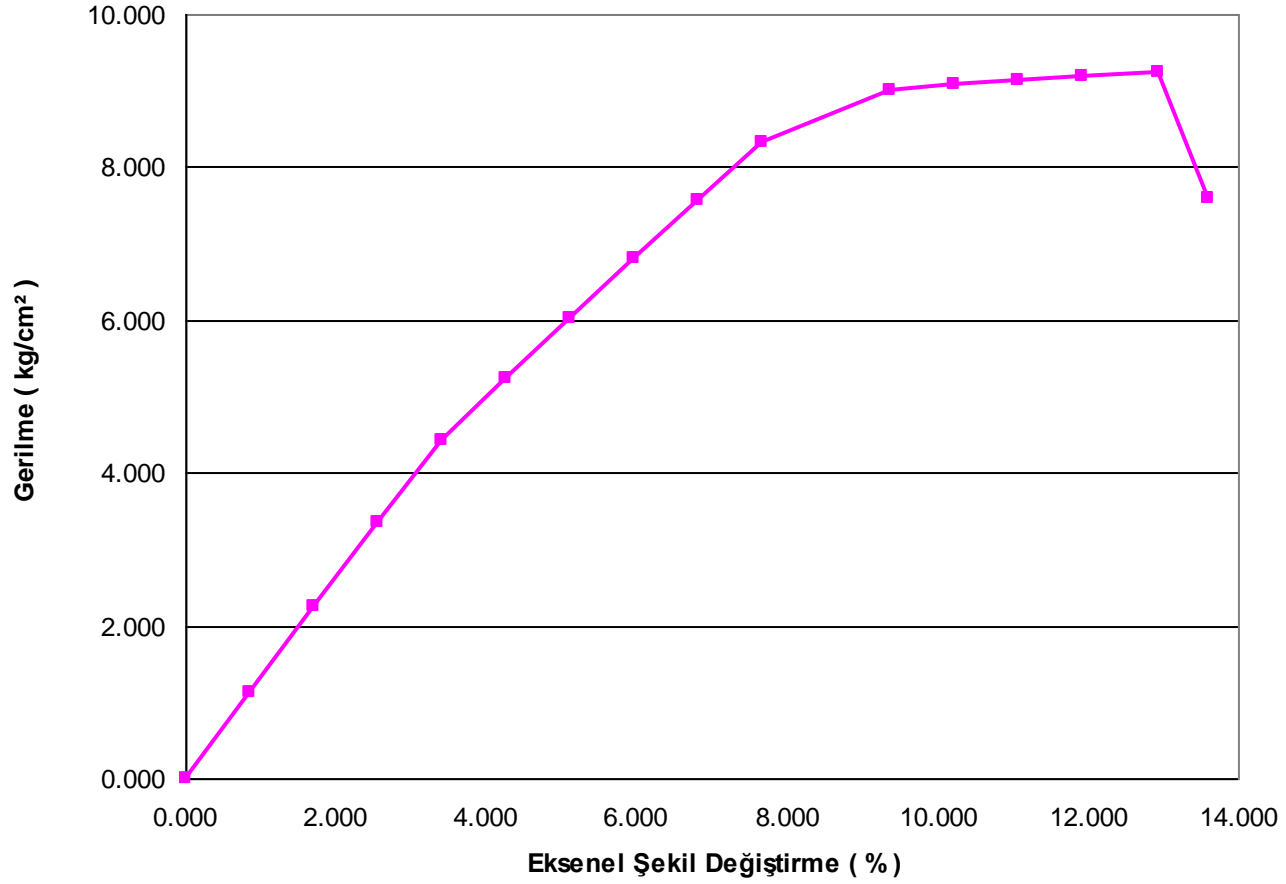
Ek.44. Serbest Basınç Deneyi Yük-Eksenel Şekil Değişirme İlişkisi – ZSD2

**Serbest Basınç Deneyi**  
**% 85 Zemin + % 15 Silis Dumanı**



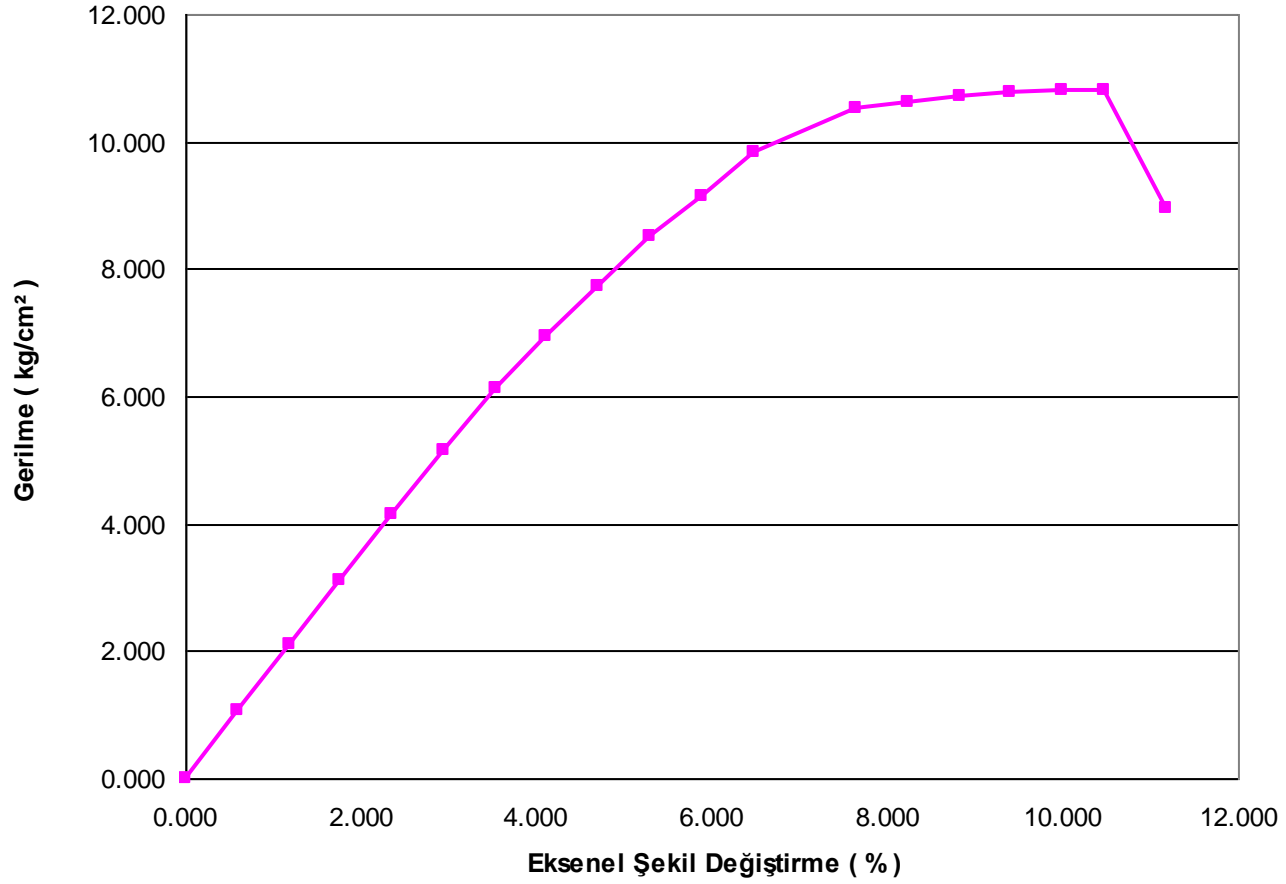
Ek.45. Serbest Basınç Deneyi Yük-Eksenel Şekil Değişirme İlişkisi – ZSD3

**Serbest Basınç Deneyi**  
**% 95 Zemin + % 5 Fosfojips**



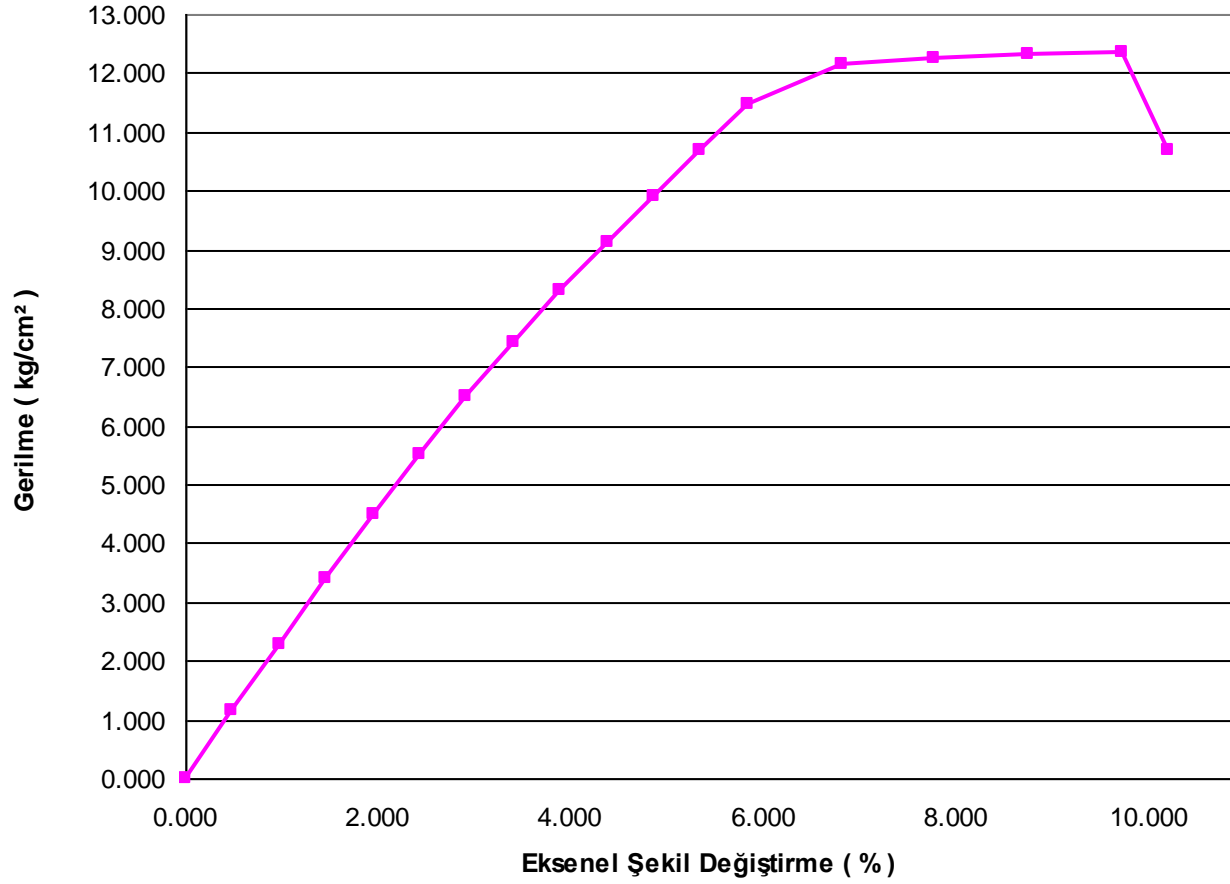
Ek.46. Serbest Basınç Deneyi Yük-Eksenel Şekil Değişirme İlişkisi – ZF1

**Serbest Basınç Deneyi**  
**% 90 Zemin + % 10 Fosfojips**



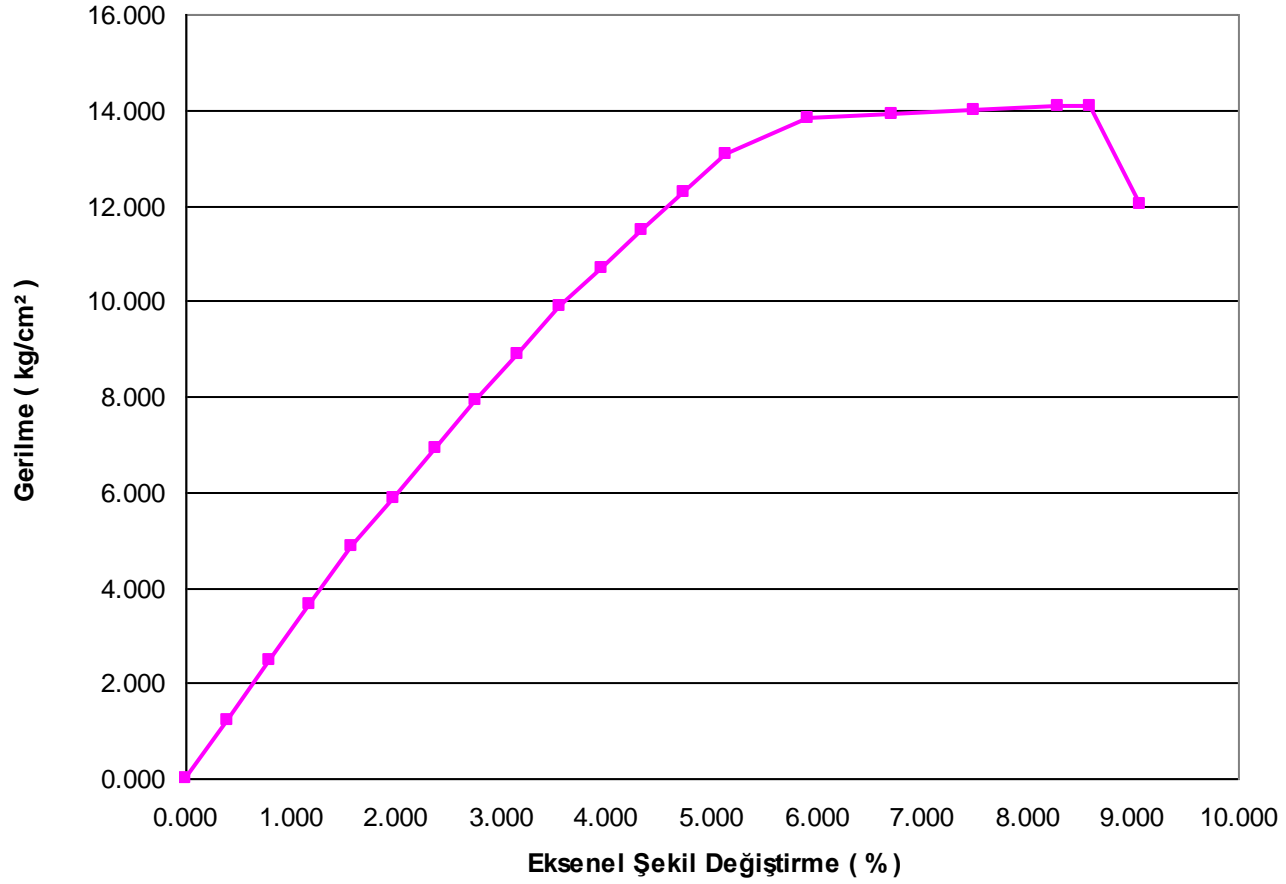
Ek.47. Serbest Basınç Deneyi Yük-Eksenel Şekil Değişirme İlişkisi – ZF2

**Serbest Basınç Deneyi**  
**% 85 Zemin + % 15 Fosfojips**



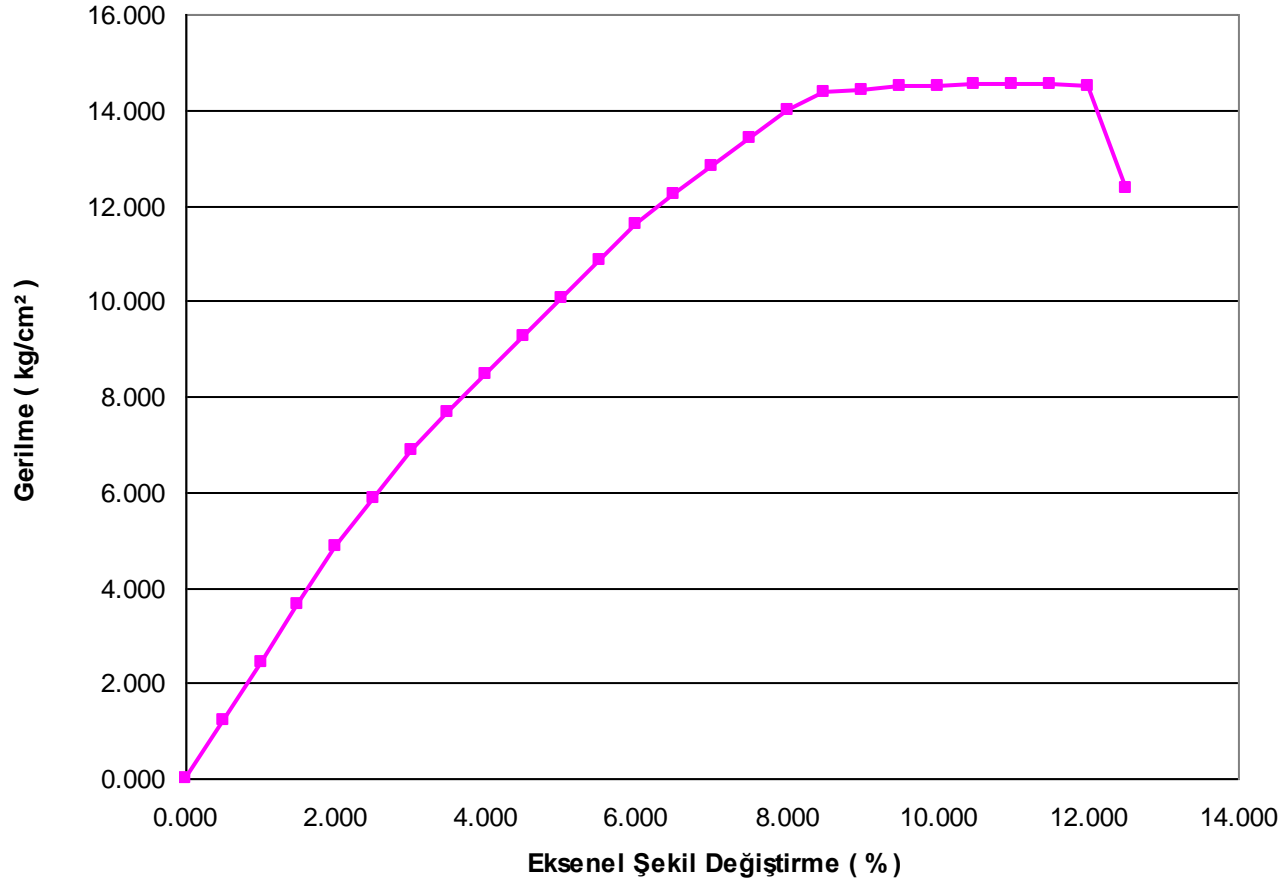
Ek.48. Serbest Basınç Deneyi Yük-Eksenel Şekil Değişirme İlişkisi – ZF3

**Serbest Basınç Deneyi**  
**% 80 Zemin + % 20 Fosfojips**

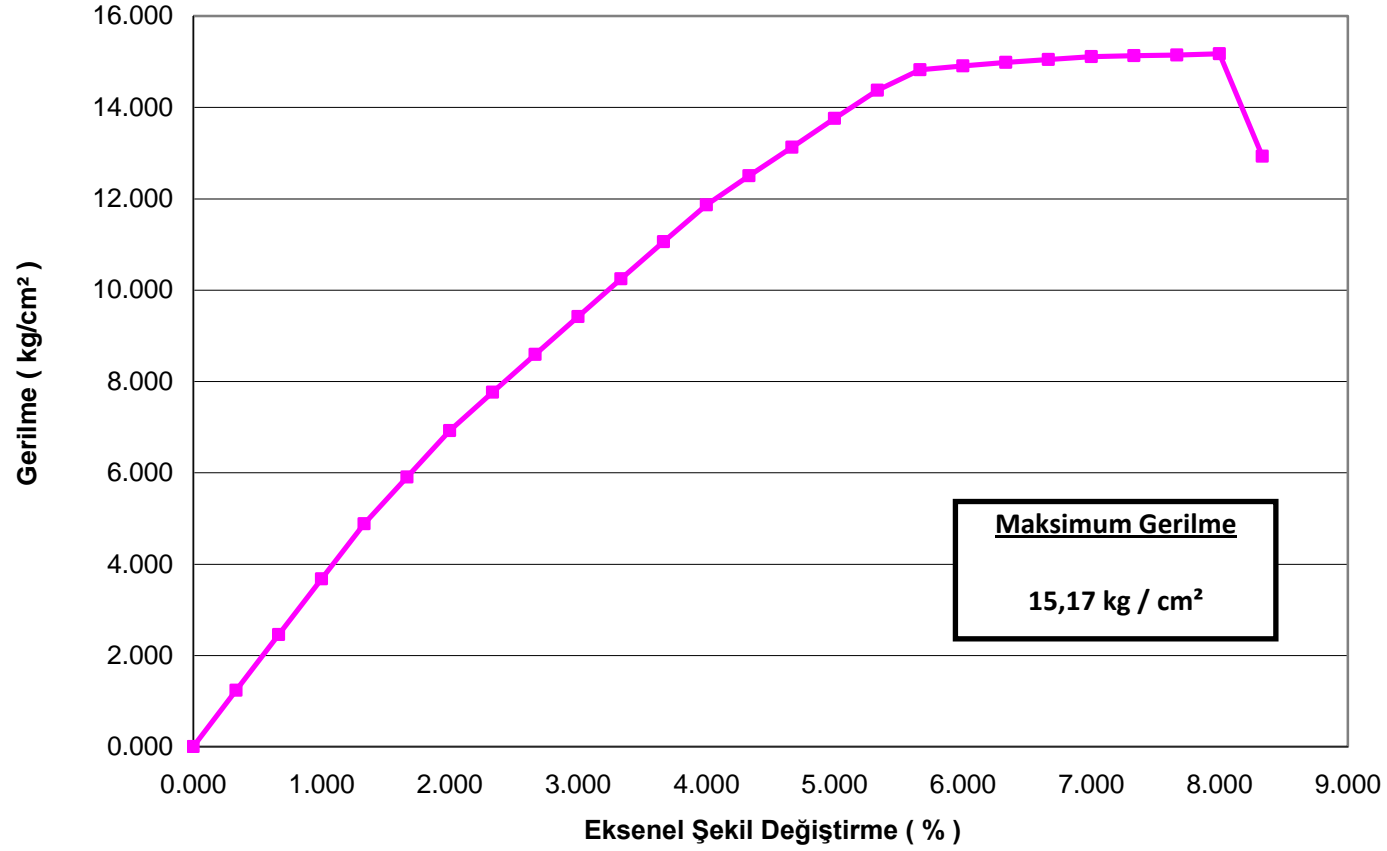


Ek.49. Serbest Basınç Deneyi Yük-Eksenel Şekil Değişirme İlişkisi – ZF4

**Serbest Basınç Deneyi**  
**% 90 Zemin + % 5 Silis Dumanı + % 5 Fosfojips**

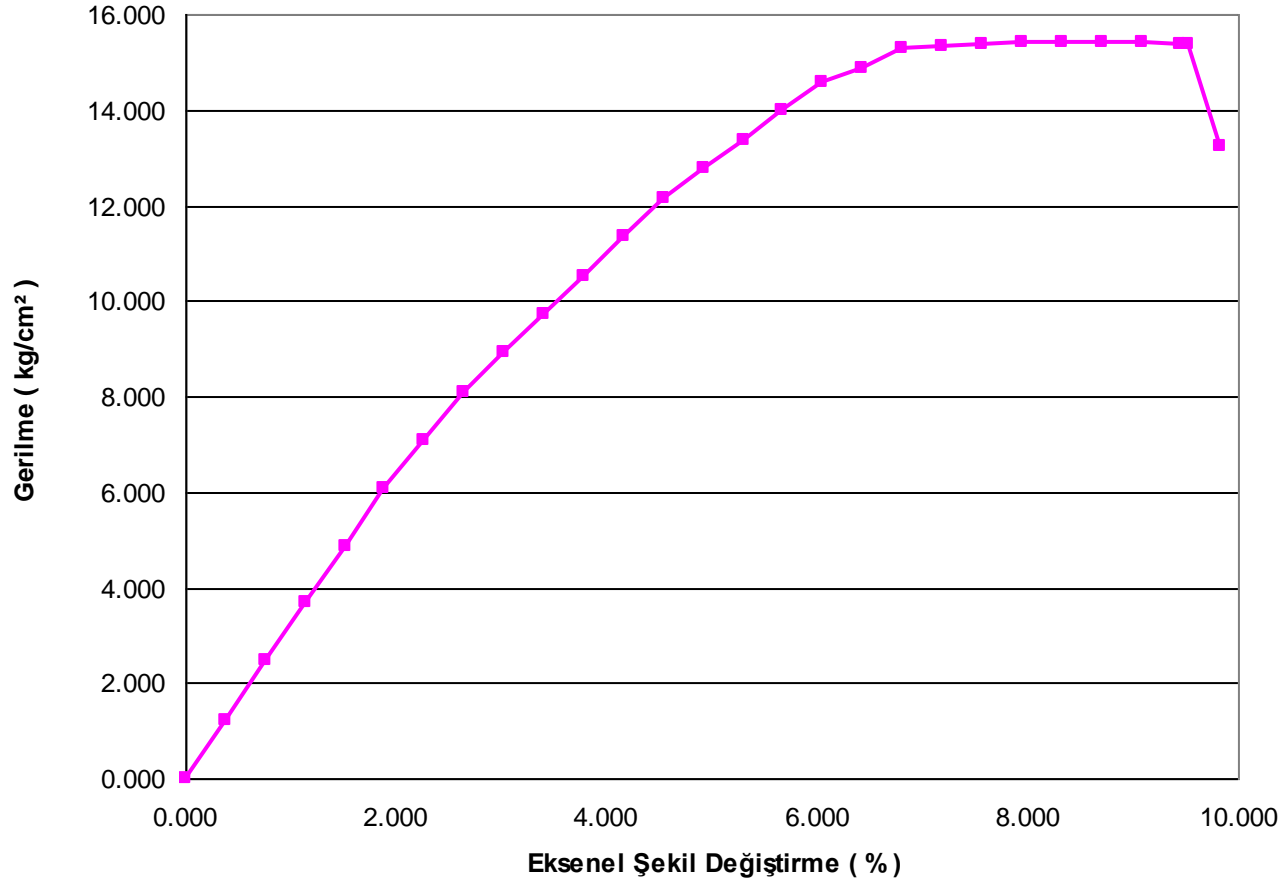


**Serbest Basınç Deneyi**  
**% 90 Zemin + % 5 Silis Dumanı + % 5 Fosfojips**



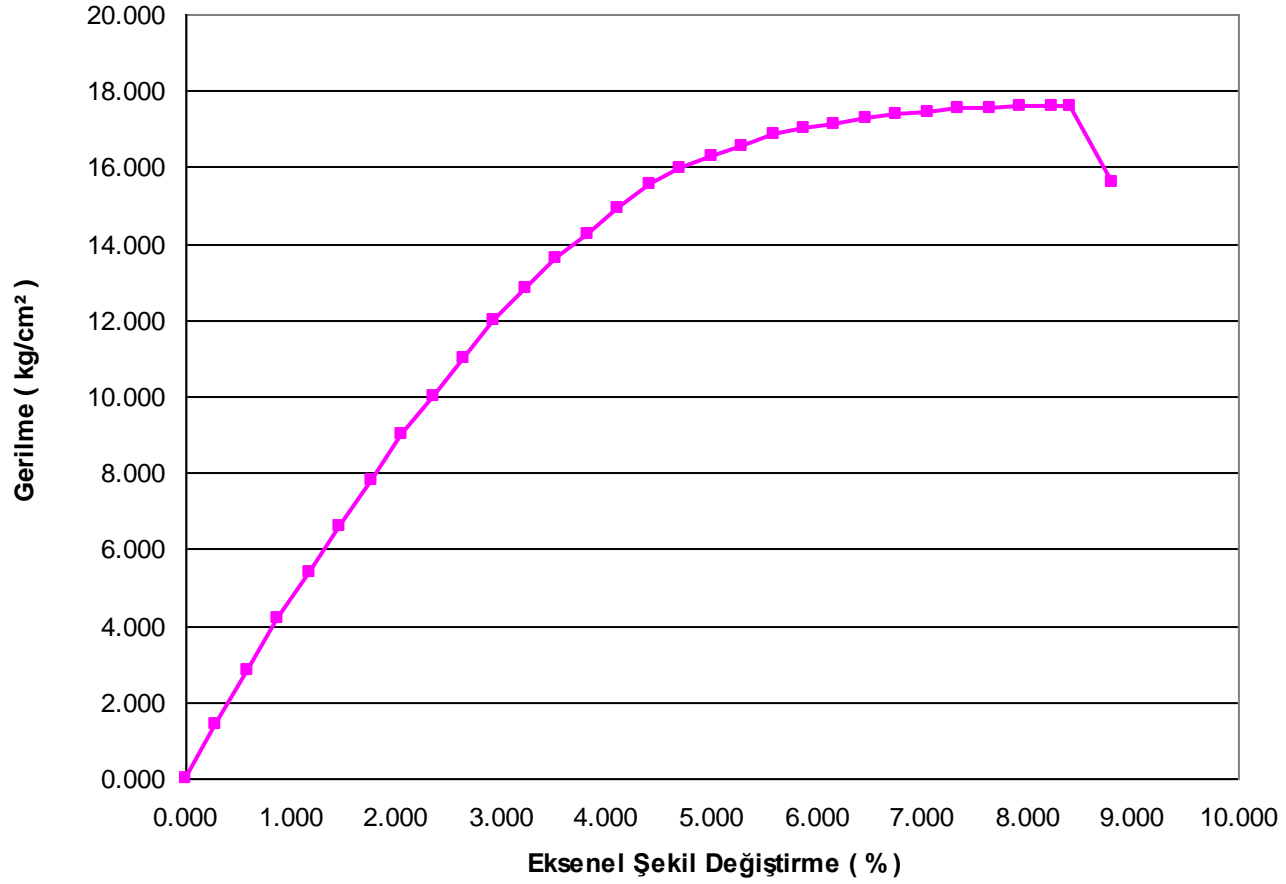
Ek.50. Serbest Basınç Deneyi Yük-Eksenel Şekil Değişirme İlişkisi – ZSD1F1

**Serbest Basınç Deneyi**  
**% 85 Zemin + % 5 Silis Dumanı + % 10 Fosfojips**

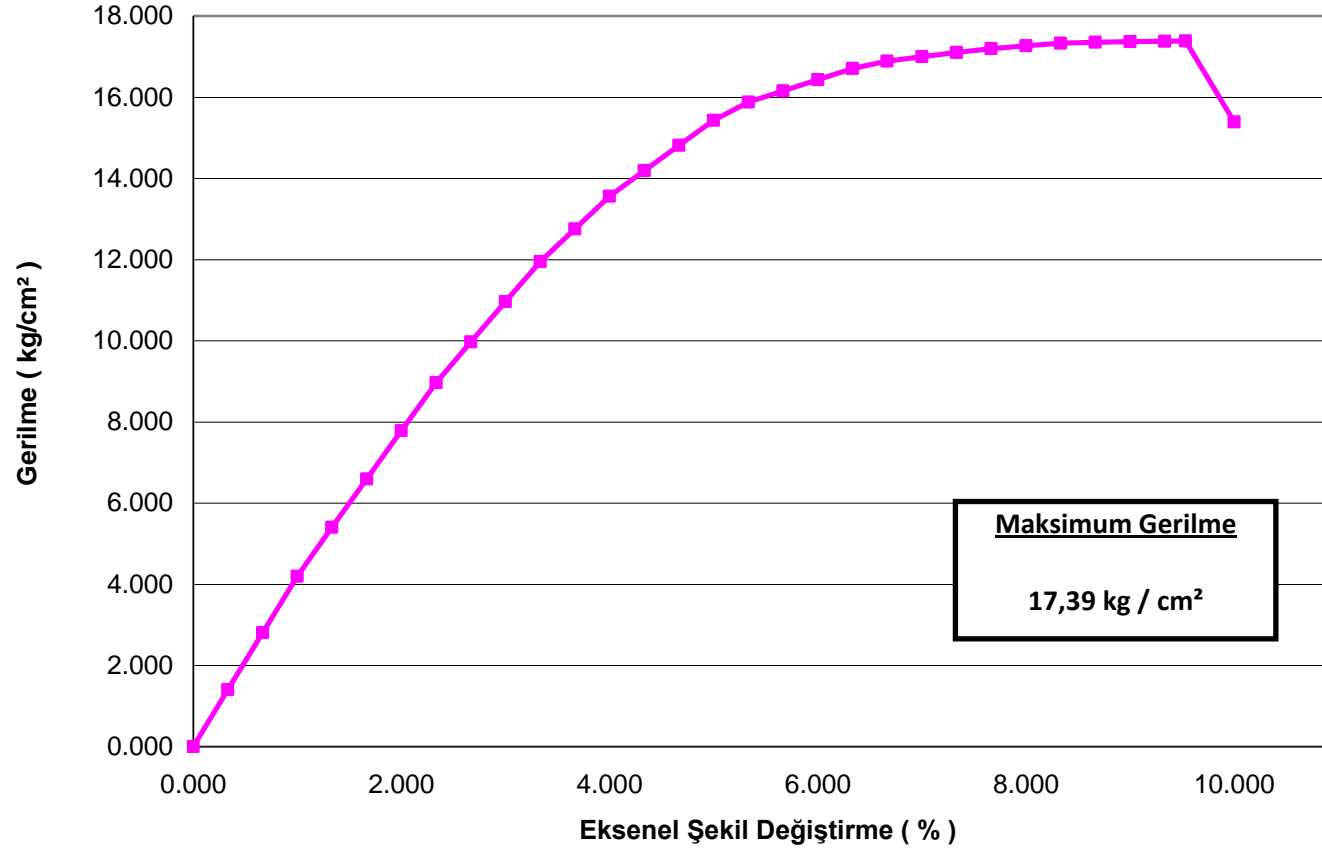


Ek.51. Serbest Basınç Deneyi Yük-Eksenel Şekil Değişirme İlişkisi – ZSD1F2

**Serbest Basınç Deneyi**  
**% 80 Zemin + % 5 Silis Dumanı + % 15 Fosfojips**

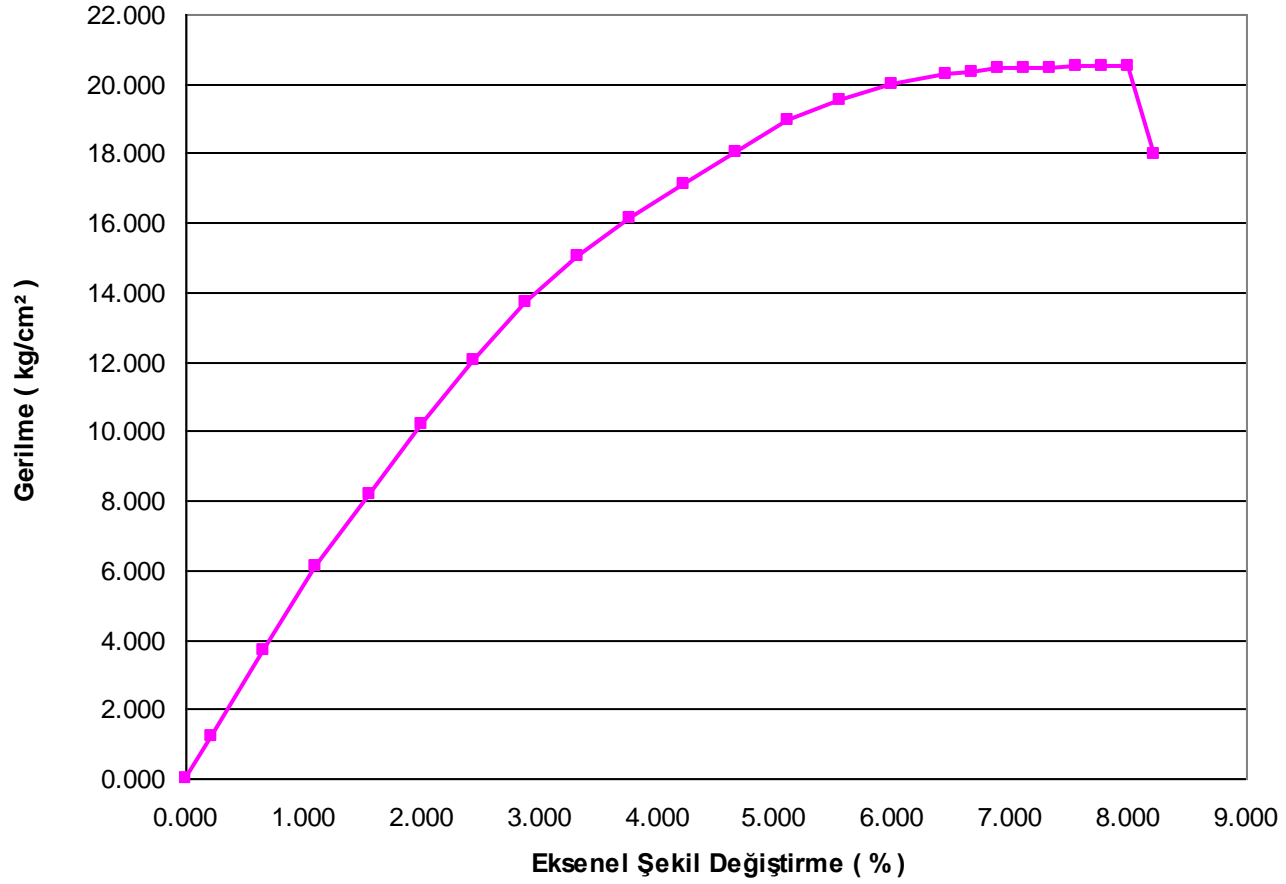


**Serbest Basınç Deneyi**  
**% 80 Zemin + % 5 Silis Dumanı + % 15 Fosfojips**



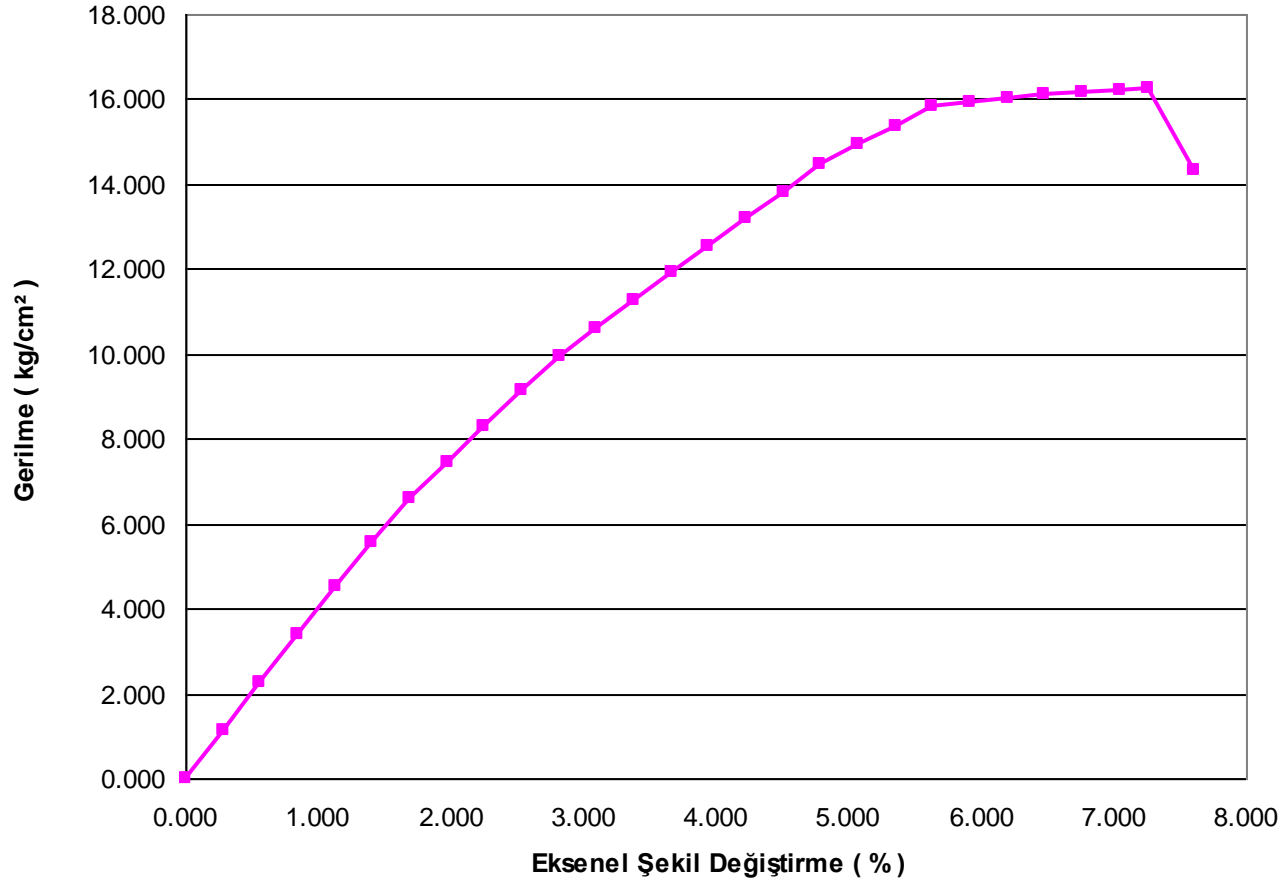
Ek.52. Serbest Basınç Deneyi Yük-Eksenel Şekil Değişirme İlişkisi – ZSD1F3

**Serbest Basınç Deneyi**  
**% 75 Zemin + % 5 Silis Dumanı + % 20 Fosfojips**



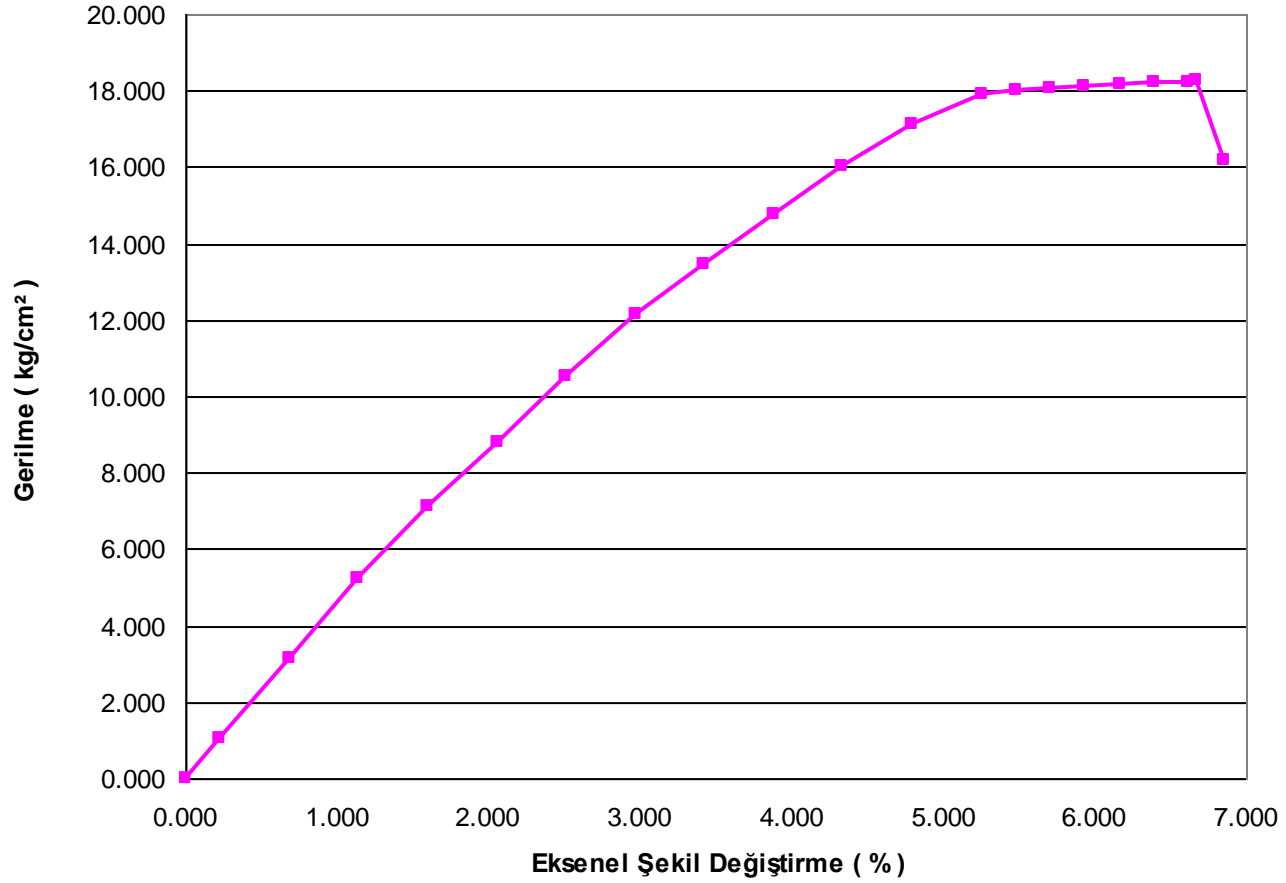
Ek.53. Serbest Basınç Deneyi Yük-Eksenel Şekil Değişirme İlişkisi – ZSD1F4

**Serbest Basınç Deneyi**  
**% 85 Zemin + % 10 Silis Dumanı + % 5 Fosfojips**



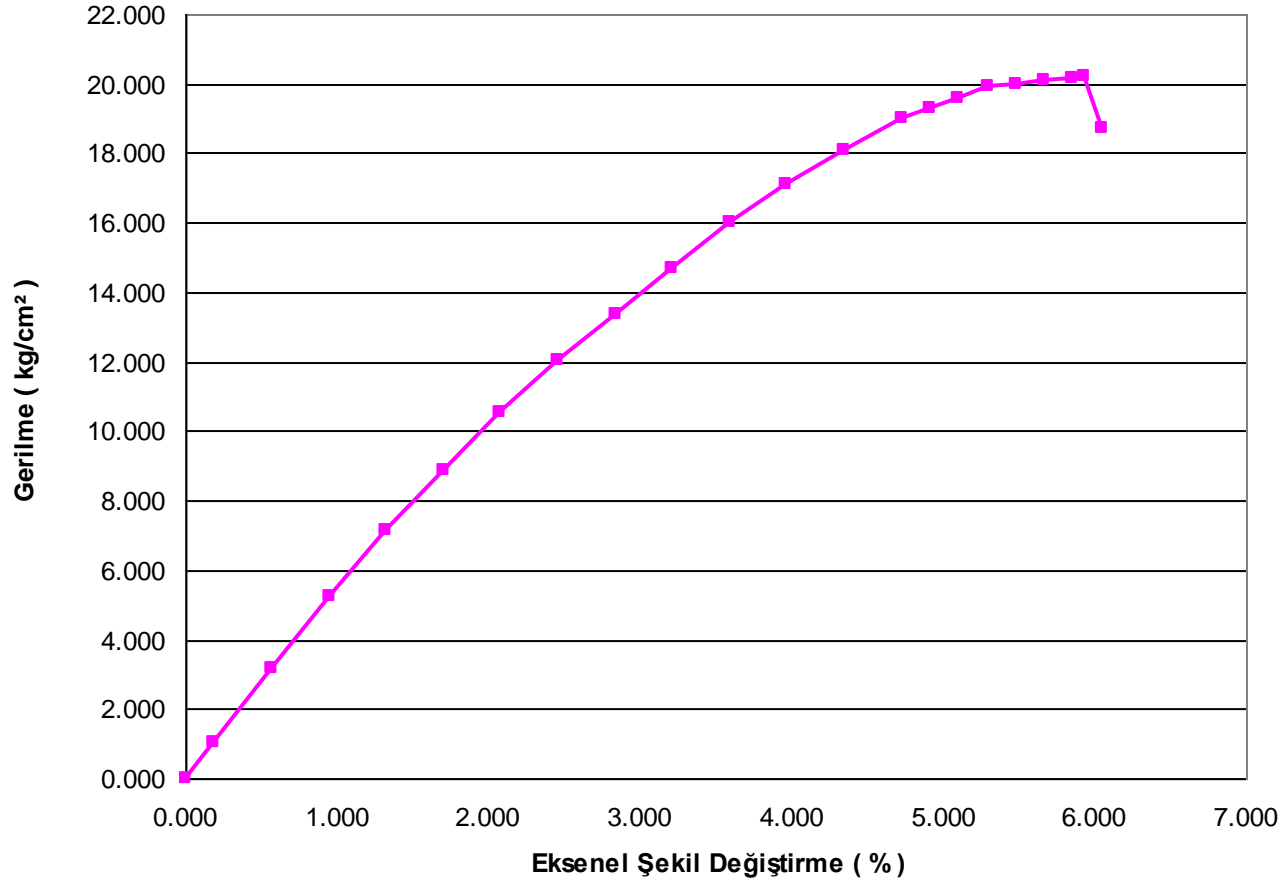
Ek.54. Serbest Basınç Deneyi Yük-Eksenel Şekil Değişirme İlişkisi – ZSD2F1

**Serbest Basınç Deneyi**  
**% 80 Zemin + % 10 Silis Dumanı + % 10 Fosfojips**



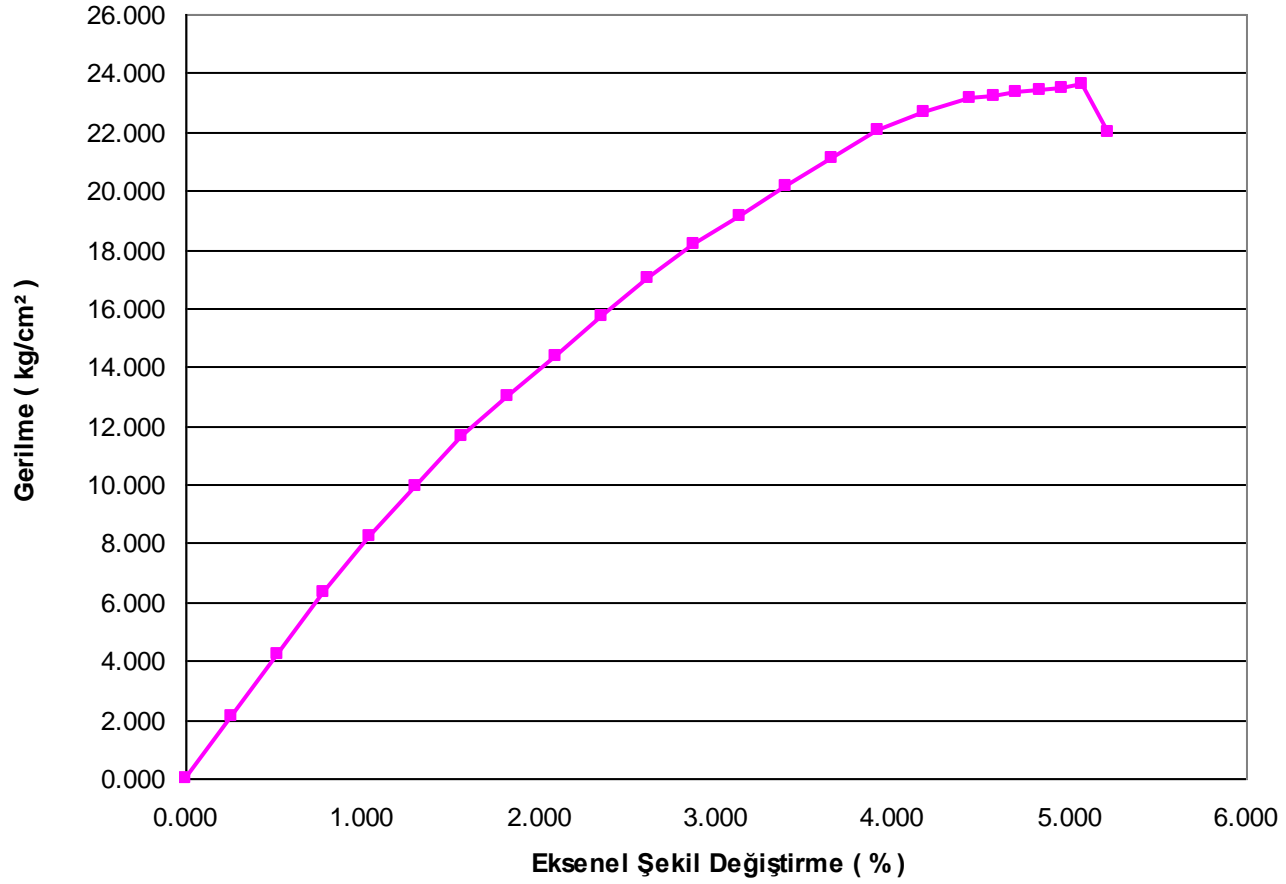
Ek.55. Serbest Basınç Deneyi Yük-Eksenel Şekil Değişirme İlişkisi – ZSD2F2

**Serbest Basınç Deneyi**  
**% 75 Zemin + % 10 Silis Dumanı + % 15 Fosfojips**



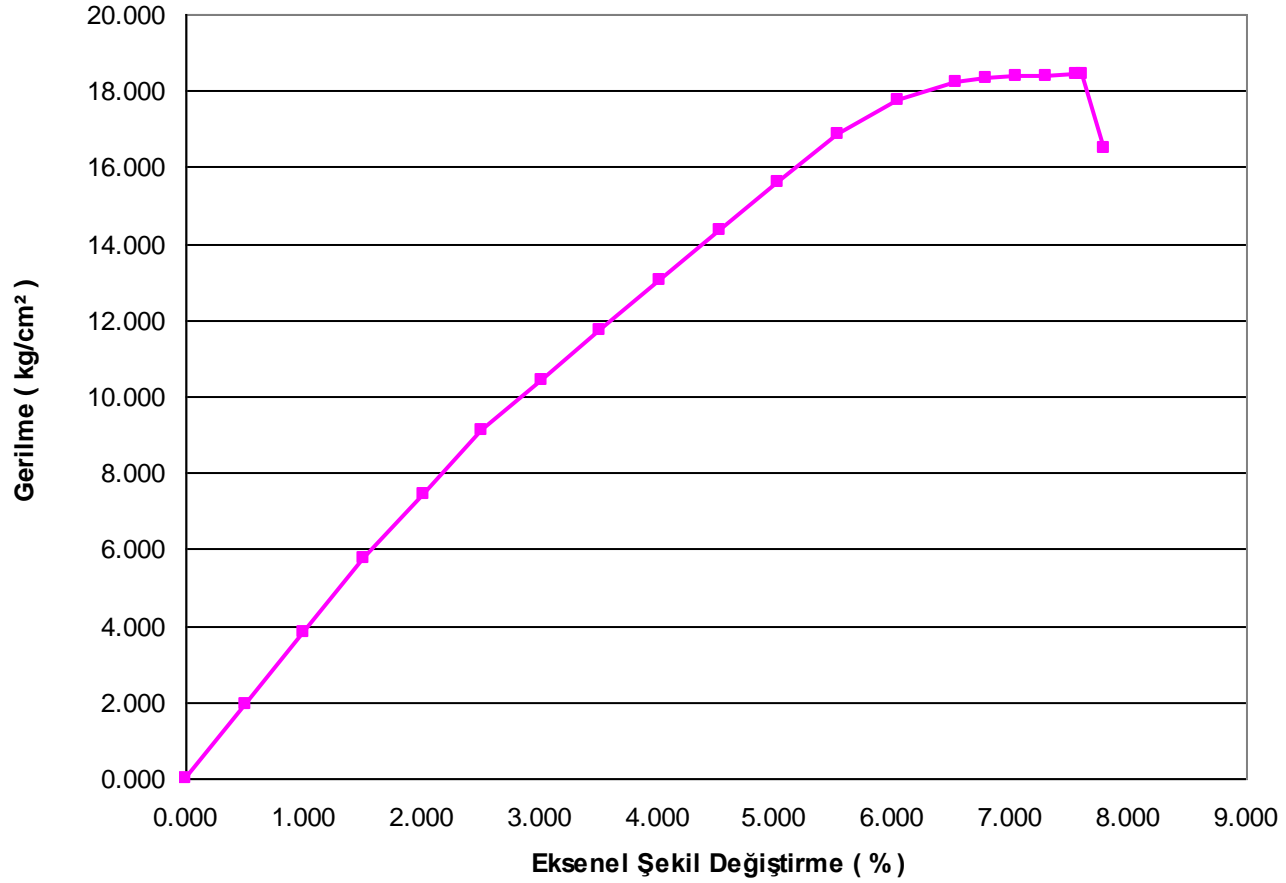
Ek.56. Serbest Basınç Deneyi Yük-Eksenel Şekil Değişirme İlişkisi – ZSD2F3

**Serbest Basınç Deneyi**  
**% 70 Zemin + % 10 Silis Dumanı + % 20 Fosfojips**



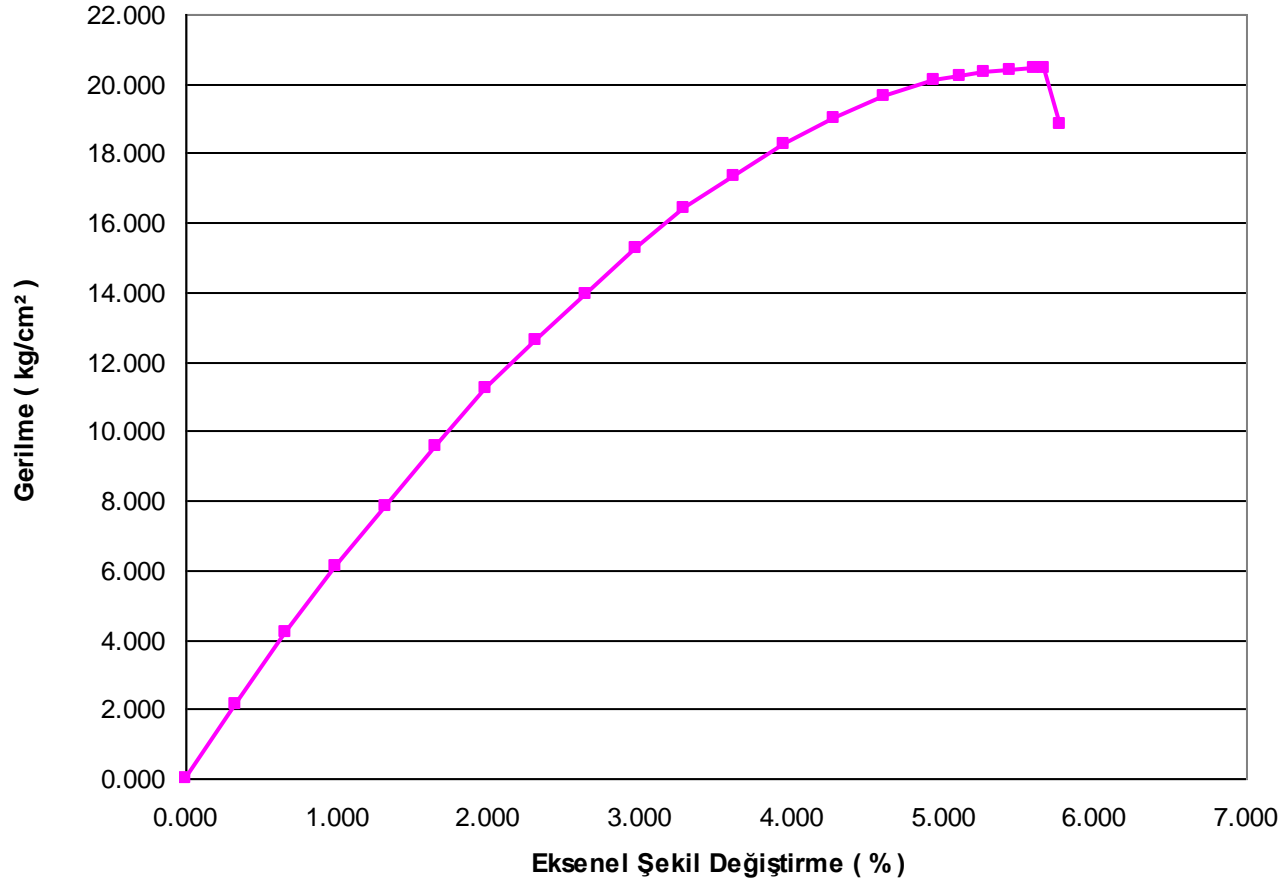
Ek.57. Serbest Basınç Deneyi Yük-Eksenel Şekil Değişirme İlişkisi – ZSD2F4

**Serbest Basınç Deneyi**  
**% 80 Zemin + % 15 Silis Dumanı + % 5 Fosfojips**



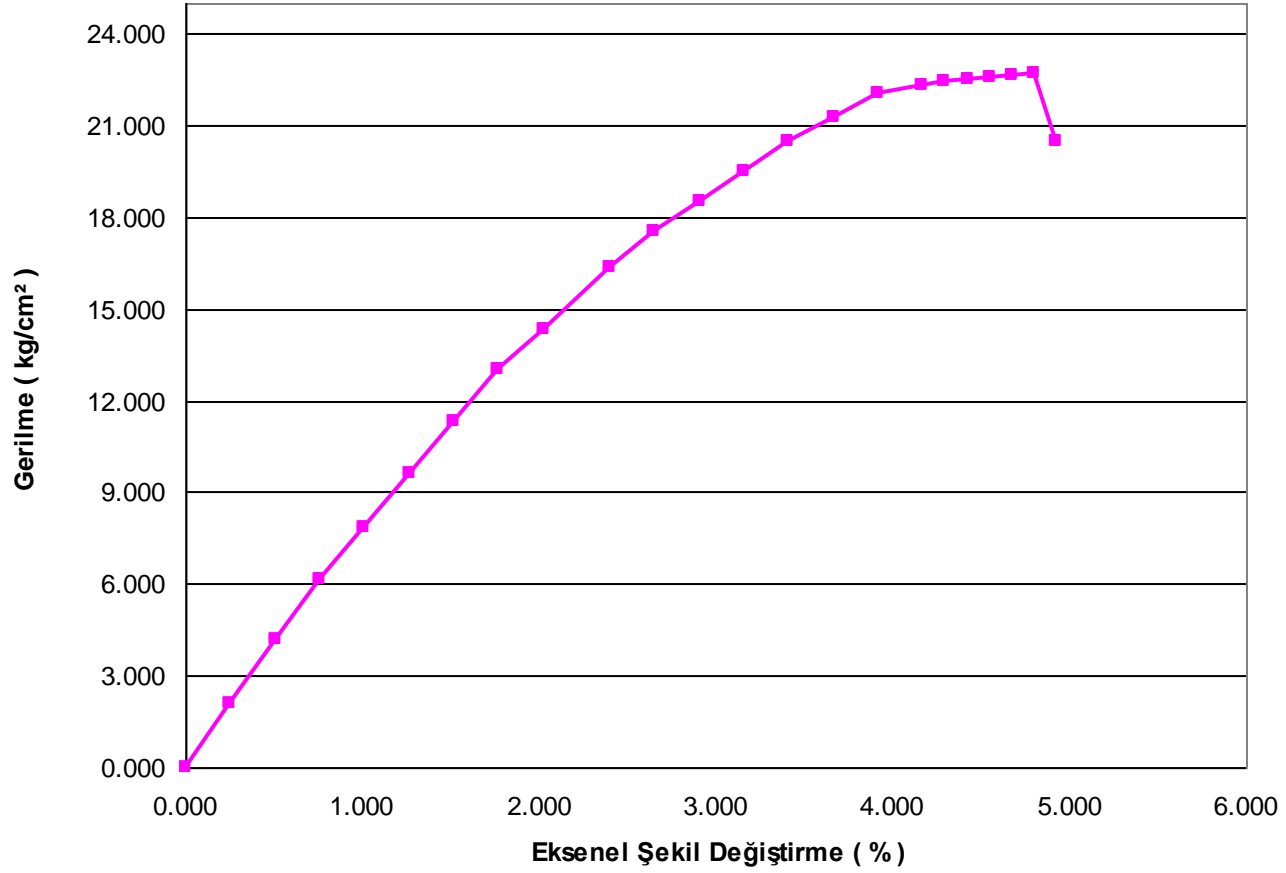
Ek.58. Serbest Basınç Deneyi Yük-Eksenel Şekil Değişirme İlişkisi – ZSD3F1

**Serbest Basınç Deneyi**  
**% 75 Zemin + % 15 Silis Dumanı + % 10 Fosfojips**

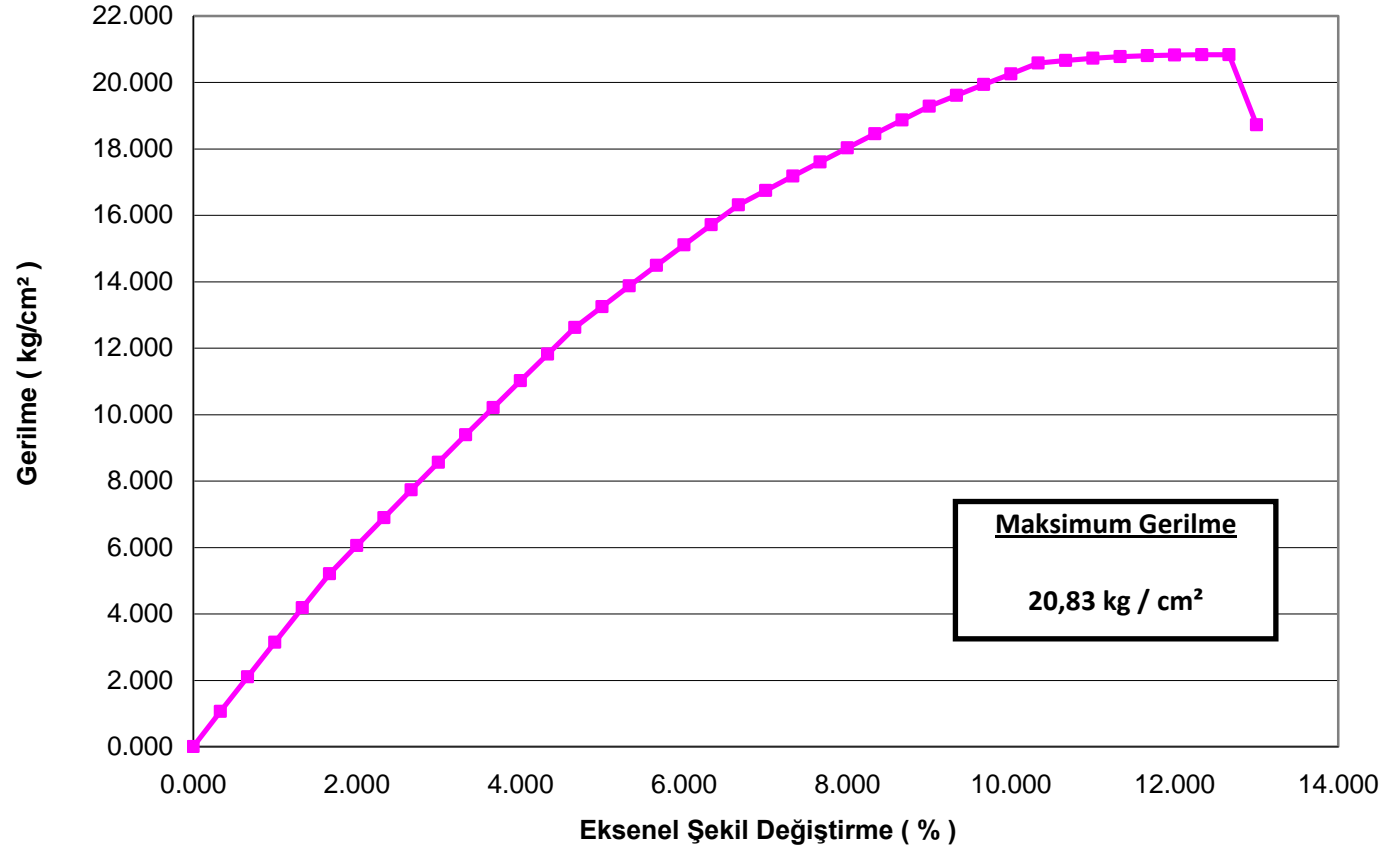


Ek.59. Serbest Basınç Deneyi Yük-Eksenel Şekil Değişirme İlişkisi – ZSD3F2

**Serbest Basınç Deneyi**  
**% 70 Zemin + % 15 Silis Dumanı + % 15 Fosfojips**

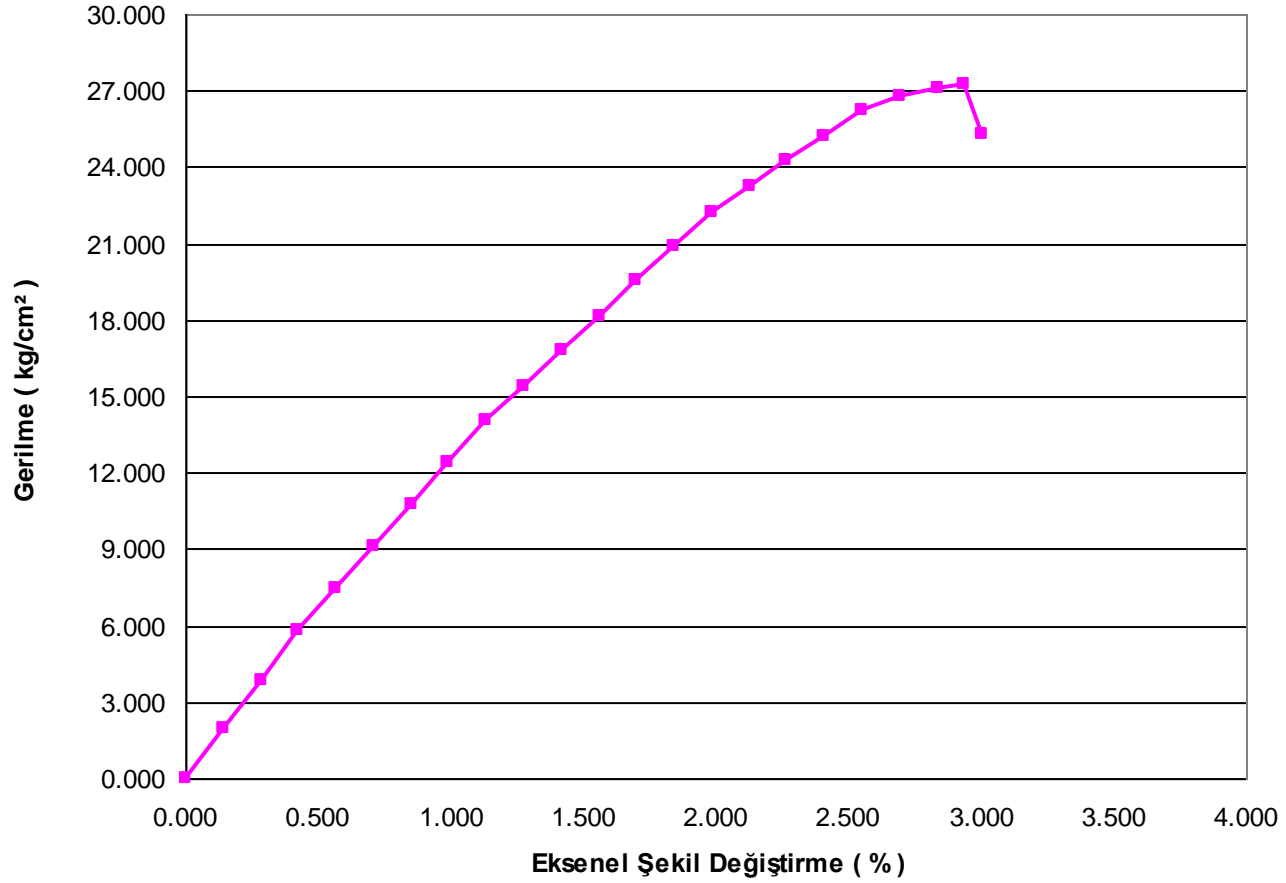


**Serbest Basınç Deneyi**  
**% 70 Zemin + % 15 Silis Dumanı + % 15 Fosfojips**



Ek.60. Serbest Basınç Deneyi Yük-Eksenel Şekil Değişirme İlişkisi – ZSD3F3

**Serbest Basınç Deneyi**  
**% 65 Zemin + % 15 Silis Dumanı + % 20 Fosfojips**



Ek.61. Serbest Basınç Deneyi Yük-Eksenel Şekil Değişirme İlişkisi – ZSD3F4