

BAZI AÇIK İŞLETMELERDEKİ DEĞİŞİK KAYA
BİRİMLERİNİN TAŞIMA KAPASİTELERİNİN
ARAŞTIRILMASI VE KAYAÇ ÖZELLİKLERİ
İLE İLİŞKİLENDİRİLMESİ

Yavuz GÜL

DOKTORA TEZİ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2006

**BAZI AÇIK İŞLETMELERDEKİ DEĞİŞİK KAYA BİRİMLERİNİN
TAŞIMA KAPASİTELERİNİN ARAŞTIRILMASI VE
KAYAÇ ÖZELLİKLERİ İLE İLİŞKİLENDİRİLMESİ**

Yavuz GÜL

DOKTORA TEZİ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2006


Danışman: Prof. Dr. Atilla CEYLANOĞLU, C.Ü. Maden Mühendisliği Bölümü


Bu tez Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon Başkanlığı tarafından M-216 nolu Doktora Tez Projesi ile desteklenmiştir.


FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE


Bu çalışma, jürimiz tarafından, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Ahmet DEMİRCİ 

Üye : Prof. Dr. Atilla CEYLANOĞLU 

Üye : Doç. Dr. Bülent ERDEM 

Üye : Doç. Dr. Işık YILMAZ 

Üye : Yrd. Doç. Dr. İhsan ÖZKAN 

ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

...../...../2006

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Prof. Dr. Halil GÜRSOY

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosunun 05.01.1984 tarihli toplantısında kabul edilen ve daha sonra 30.12.1993 tarihinde C.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'nce hazırlanan ve yayınlanan “Yüksek Lisans ve Doktora Tez Yazım Klavuzu” adlı yönergeye göre hazırlanmıştır.

ÖZET

Doktora Tezi

Bazı Açık İşletmelerdeki Değişik Kaya Birimlerinin Taşıma Kapasitelerinin
Araştırılması ve Kayaç Özellikleri ile İlişkilendirilmesi

Yavuz GÜL

Cumhuriyet Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Atilla CEYLANOĞLU

Bu çalışma kapsamında, öncelikle taşıma kapasitesi ile ilgili güncel ve ayrıntılı literatür araştırması yapılmıştır. Elde edilen bilgiler ışığında, değişik kaya birimlerinin taşıma kapasitelerinin farklı koşullarda belirlenmesine yönelik kontrollü bir plaka yükleme deney düzeneği oluşturulmuştur. Daha sonra, üç değişik açık işletmede (Sivas-Ulaş Sölestit Açık İşletmesi, Divriği Demir Açık İşletmesi ve Kangal Kömür Açık İşletmesi) değişik kaya birimlerinin taşıma kapasitelerinin ve bazı kaya kütle özelliklerinin belirlenmesine yönelik kapsamlı bir arazi çalışması sürdürülmüştür.

Bu açık işletmelerde, değişik koşullarda 96 adet plaka yükleme deneyi gerçekleştirilmiştir. Plaka yükleme deney sonuçları değerlendirilmiş ve 8 farklı lokasyonda zemin taşıma kapasitesi belirlenmiştir. Diğer yandan, aynı lokasyonlarda sismik hız (P-dalga) ve yer sarsıntısı ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca, arazi ve laboratuvar deneyleri sonucunda çalışılan kaya birimlerinin bazı kütle ve malzeme özellikleri belirlenmiştir.

Taşıma kapasitesi ile arazi ve laboratuvar deney sonuçları arasında oldukça yüksek korelasyonlu, taşıma kapasitesi tahmininde kullanılabilir çeşitli ilişkiler elde edilmiştir. Ayrıca, arazi gözlem ve ölçümleri dikkate alınarak kaya birimleri için taşıma kapasitesi sınıfları önerilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Taşıma kapasitesi, plaka yükleme deneyi, kaya kütle ve malzeme özellikleri, sismik hız (P-dalga) ve yer sarsıntısı ölçümleri.

ABSTRACT
Ph.D. Thesis

Investigation of the Bearing Capacities for Different Rock Units at Some
Open-Pit Mines and Relations with Rock Properties

Yavuz GÜL
Cumhuriyet University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mining Engineering

Supervisor : Prof.Dr. Atilla CEYLANOĞLU

Within the scope of this study, initially a comprehensive and up to date literature survey is conducted on the ground bearing capacity. In the light of literature study, a controlled plate loading test system is developed for the monitoring of ground bearing capacities of various rock units under different conditions. Then an extensive field study is carried out at three open-pit mines (Sivas-Ulaş Open-Pit Celestite Mine, Divriği Open-Pit Iron Mine and Kangal Open-Pit Coal Mine) to determine ground bearing capacities of different rock units and to investigate some rock mass properties.

In these open-pit mines, 96 plate loading experiments are performed under different conditions. The results of plate loading tests were evaluated and ground bearing capacities of 8 different locations were determined. Meanwhile the seismic velocity (P-wave) and ground vibration measurements were conducted on the same locations. Besides, some mass and material properties of studied rock units were also determined by field and laboratory experiments.

Various relationships with fairly high correlation coefficients have been obtained between bearing capacity and the results of field and laboratory experiments, which can be used for the estimation of bearing capacity. In addition, classes for bearing capacity of rock units have been suggested considering the field observations and measurements.

Keywords: Bearing capacity, plate loading test, rock mass and material properties, seismic (P-wave) and ground vibration measurements.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın ilk adımından başlayarak her aşamasında yaptığı yardım ve katkılarından dolayı Danışmanım Sayın Prof. Dr. Atilla CEYLANOĞLU'na sonsuz teşekkür ederim.

Tez süresince öneri ve katkılarıyla destek olan tez izleme komitesi ve jüri üyeleri Sayın Prof. Dr. Ahmet DEMİRCİ'ye ve Sayın Doç. Dr. Işık YILMAZ'a teşekkür ederim.

Bu çalışmayı değerlendirerek çeşitli önerilerle katkıda bulunan diğer jüri üyeleri Sayın Doç. Dr. Bülent ERDEM'e ve Sayın Yrd. Doç. Dr. İhsan ÖZKAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmaları sırasındaki ilgi ve destekleri nedeniyle, Erdemir A.Ş. Divriği Demir Açık İşletmesi, Demir Export A.Ş. Kangal Kömür Açık İşletmesi ve Barit Maden Türk A.Ş. Sivas-Ulaş Sölestit Açık İşletmesi Yetkililerine teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmanın değişik aşamalarında yaptıkları yardımlardan dolayı, Arş. Gör. H. Sinan İNAL, Arş. Gör. Tuğba CAMUZCU'ya, Gökmen GÜLTEKİN'e, Yasin SEVER'e, Tolga ASİL'e, Nurullah ŞENTÜRK'e ve Aker GÖĞDERE'ye teşekkür ederim.

Ayrıca, çalışmalarım sırasında ilgi ve desteğini hiçbir zaman eksik etmeyen eşim Didem GÜL'e teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
TABLolar DİZİNİ	xi
EKLER DİZİNİ.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Genel	1
1.2. Araştırmanın Amacı	3
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	5
2.1. Genel	5
2.2. Taşıma Kapasitesi Belirleme Yöntemleri	6
2.2.1. Analitik Yöntemler.....	7
2.2.1.1. Terzaghi'nin Formülü	7
2.2.1.2. Vesic'in Formülü	10
2.2.1.3. Skempton'un Formülü	13
2.2.1.4. Kaya Kütlelerinin Taşıma Kapasitesinin Belirlenmesi	13
2.2.1.4.1. Taşıma Kapasitesinin Tek Eksenli Basınç Dayanımı ve Süreksizlik Aralığına Bağlı Olarak Belirlenmesi.....	14
2.2.1.4.2. Taşıma Kapasitesinin Deformasyon Modülü ve Süreksizlik Aralığına Bağlı Olarak Belirlenmesi.....	15
2.2.1.4.3. Hoek - Brown Yenilme Ölçütü ile Kaya Kütlelerinin Taşıma Kapasitesinin Belirlenmesi.....	18
2.2.1.4.3.1. İleri derecede eklemlili kaya kütlelerindeki uygulama	18
2.2.1.4.3.2. Az kırıklı zayıf kayaçlardaki uygulama	21
2.2.1.5. Diğer Analitik Yöntemler	21
2.2.2. Deneysel Yöntemler.....	23
2.2.2.1. Standart Penetrasyon Deneyi	23
2.2.2.2. Koni Penetrasyon Deneyi (CPT).....	26

2.2.2.3. Kanatlı Kesici (Vane Shear) Deneyi	27
2.2.2.4. Pressiometre Deneyi (PMT).....	28
2.2.2.5. Plaka Yükleme Deneyi.....	30
2.2.2.6. Sismik Hız	34
3. ÇALIŞILAN İŞLETMELERİN TANITIMI.....	35
3.1. Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi	35
3.1.1. Makina-ekipman durumu	37
3.2. Divriği Demir Açık İşletmesi.....	37
3.2.1. Makina-ekipman durumu	39
3.3. Kangal Kömür Açık İşletmesi.....	40
3.3.1. Makina-ekipman durumu	42
4. PLAKA YÜKLEME DENEY DÜZENEĞİNİN OLUŞTURULMASI	43
4.1. Deney Düzeneginde Kullanılan Alet ve Cihazlar	43
4.1.1. Hidrolik pompa ve hidrolik silindir.....	43
4.1.2. Basınç çevirici.....	43
4.1.3. Deplasman ölçerler.....	45
4.1.4. Deplasman ölçerleri bağlama ünitesi	46
4.1.5. Veri toplama ünitesi	48
4.1.6. Güç çevirici ve akü.....	48
4.1.7. Zemin plakaları	48
4.1.8. Metal diskler.....	48
4.1.9. Çekiç, spatula ve su düzeci	48
4.2. Arazide Deney Düzeneginin Kurulması ve Deneyin Yapılışı	49
5. ARAZİ VE LABORATUVAR ÇALIŞMALARI.....	51
6. ÖLÇÜM SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ.....	60
6.1. Genel	60
6.2. Arazi ve Laboratuvar Ölçüm Sonuçları	60
6.2.1. Jeoteknik Çalışma Sonuçları	60
6.2.2. Sismik Hız Ölçüm Sonuçları.....	77
6.2.3. Yer Sarsıntısı Ölçüm Sonuçları.....	90
6.2.4. Plaka Yükleme Deney Sonuçları	96
6.2.5. Kaya Mekaniği Laboratuvar Deney Sonuçları.....	124

6.3. Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	127
6.3.1. Taşıma Kapasitesi ile Arazi ve Laboratuvar Deney Sonuçları Arasında İlişkiler Araştırılması	127
6.3.2. Taşıma Kapasitesi ve Yer Sarsıntısı Ölçüm Sonuçları Arasında İlişkiler Araştırılması	131
6.3.2.1. Yer Sarsıntısı Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	131
6.3.2.2. Taşıma Kapasitesi ve Yer Sarsıntısı Ölçümlerinin Değerlendirme Sonuçları Arasında İlişkiler Araştırılması.....	139
6.3.3. Kaya Birimlerinin Taşıma Kapasitesine Göre Sınıflandırılması	146
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	149
KAYNAKLAR	155
EKLER	159
ÖZGEÇMİŞ	209

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Yük taşıma kapasitesi aşılmış zeminlerin davranışı (Özüdoğru vd., 1988)	7
Şekil 2.2. İleri derecede eklemli kaya kütleleri için taşıma gücünün analizi (Wyllie, 1992 : Ulusay ve Sönmez, 2002)	19
Şekil 2.3. Standart penetrasyon aletinin ucu (Aytekin, 2004'den)	23
Şekil 2.4. Standart penetrasyon deneyinde kullanılan düzenek (Aytekin, 2004'den)	24
Şekil 2.5. Standart penetrasyon deneyi sonuçlarından kum üzerine oturan temellerin zemin emniyet gerilmelerinin saptanması (Terzaghi & Peck, 1948 : Aytekin, 2004)	26
Şekil 2.6. Kanatlı kesici aleti (Şekercioğlu, 2002'den).....	27
Şekil 2.7. PMT silindirik tüp ve kısımları (Aytekin, 2004'den)	29
Şekil 2.8. Pressiometre deney grafiği (Şekercioğlu, 2002'den).....	29
Şekil 2.9. Kaya kütlelerinde ve toprakta plaka yükleme deneyinde yük plakası altında gelişen yenilme zonları ve yenilme davranışları (Goodman, 1980 : Gökay, 2001).....	31
Şekil 2.10. Zemin yüzeyinde plaka yükleme deneyi (Tunç, 2002'den).....	31
Şekil 2.11. Deney çukuru içerisinde plaka yükleme deneyi (Aytekin, 2004'den)	32
Şekil 2.12. Tipik oturma-basınç eğrileri (Aytekin, 2004'den).....	33
Şekil 2.13. Sınır taşıma gerilmesinin elde edilişi (Anonim, 1988a)	33
Şekil 3.1. Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi yer bulduru haritası.....	36
Şekil 3.2. Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi'nin karakteristik kesiti	37
Şekil 3.3. Divriği Demir Açık İşletmesi yer bulduru haritası	38
Şekil 3.4. Divriği Demir Açık İşletmesi'nin karakteristik kesiti	39
Şekil 3.5. Kangal Kömür Açık İşletmesi yer bulduru haritası	41
Şekil 3.6. Kangal Kömür Açık İşletmesi'nin karakteristik kesiti	41
Şekil 4.1. Plaka yükleme deney düzeneği	44
Şekil 4.2. Basınç çeviricinin kalibrasyon eğrisi	45

Şekil 4.3. Deplasman ölçerin (CDP-50) kalibrasyon eğrisi	46
Şekil 4.4. Deplasman ölçerin (SDP-100C) kalibrasyon eğrisi.....	46
Şekil 4.5. Deplasman ölçer bağlantı ünitesi görünüşleri.....	50
Şekil 4.6. Plaka yükleme deneyi	42
Şekil 6.1. Toprak (Yol) birimi (Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi).....	68
Şekil 6.2. Jips kaya birimi (Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi).....	68
Şekil 6.3. Manyetit kaya birimi (Divriği Demir Açık İşletmesi).....	69
Şekil 6.4. Siyenit kaya birimi (Divriği Demir Açık İşletmesi)	69
Şekil 6.5. Serpantin kaya birimi (Divriği Demir Açık İşletmesi)	70
Şekil 6.6. Kireçtaşı kaya birimi (Kangal Kömür Açık İşletmesi)	70
Şekil 6.7. Killi Kireçtaşı kaya birimi (Kangal Kömür Açık İşletmesi).....	71
Şekil 6.8. Döküm Sahası (Kangal Kömür Açık İşletmesi)	71
Şekil 6.9. Sismik hız (Toprak (Yol), Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi)	83
Şekil 6.10. Sismik hız (Jips, Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi)	83
Şekil 6.11. Sismik hız (Manyetit, Divriği Demir Açık İşletmesi)	84
Şekil 6.12. Sismik hız (Siyenit, Divriği Demir Açık İşletmesi).....	84
Şekil 6.13. Sismik hız (Serpantin, Divriği Demir Açık İşletmesi)	84
Şekil 6.14. Sismik hız (Kireçtaşı, Kangal Kömür Açık İşletmesi)	85
Şekil 6.15. Sismik hız (Killi Kireçtaşı, Kangal Kömür Açık İşletmesi)	85
Şekil 6.16. Sismik hız (Döküm Sahası, Kangal Kömür Açık İşletmesi)	85
Şekil 6.17. Değişik plaka çaplarında gerilme – deplasman ilişkileri (Toprak (Yol), Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi).....	114
Şekil 6.18. Değişik plaka çaplarında gerilme – deplasman ilişkileri (Jips, Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi).....	115
Şekil 6.19. Değişik plaka çaplarında gerilme – deplasman ilişkileri (Manyetit, Divriği Demir Açık İşletmesi).....	116
Şekil 6.20. Değişik plaka çaplarında gerilme – deplasman ilişkileri (Siyenit, Divriği Demir Açık İşletmesi).....	117
Şekil 6.21. Değişik plaka çaplarında gerilme – deplasman ilişkileri (Serpantin, Divriği Demir Açık İşletmesi).....	118
Şekil 6.22. Değişik plaka çaplarında gerilme – deplasman ilişkileri (Kireçtaşı, Kangal Kömür Açık İşletmesi).....	119

Şekil 6.23. Değişik plaka çaplarında gerilme – deplasman ilişkileri (Killi Kireçtaşı, Kangal Kömür Açık İşletmesi)	120
Şekil 6.24. Değişik plaka çaplarında gerilme – deplasman ilişkileri (Döküm Sahası, Kangal Kömür Açık İşletmesi).....	121
Şekil 6.25. Taşıma kapasitesi ve nem oranı arasındaki ilişki.....	128
Şekil 6.26. Taşıma kapasitesi ve toplam porozite arasındaki ilişki	129
Şekil 6.27. Taşıma kapasitesi ve Shore sertliği arasındaki ilişki	129
Şekil 6.28. Taşıma kapasitesi ve sismik hız arasındaki ilişki	129
Şekil 6.29. Ortalama parçacık hızı bileşenleri ve mesafe arasındaki ilişkiler.....	138
Şekil 6.30. Kaya birimlerinin değişik mesafelerde elde edilen maksimum parçacık hızı değerleri	141
Şekil 6.31. Değişik mesafelerde taşıma kapasitesi ve maksimum parçacık hızı arasındaki ilişkiler	144
Şekil 6.32. Taşıma kapasitesi ve maksimum parçacık hızı arasındaki ilişkiler (Tüm mesafeler).....	145

TABLULAR DİZİNİ**Sayfa No**

Tablo 2.1. Temel Şekline Bağlı Olarak K_1 ve K_2 Katsayıları (Şekercioğlu, 2002'den).....	8
Tablo 2.2. Kaya Kütlelerinin Taşıma Gücü Değerleri (Şekercioğlu, 2002'den) ..	15
Tablo 2.3. K_s Değerleri (Şekercioğlu, 2002'den)	15
Tablo 2.4. Şekil Faktörü I Değerleri (Şekercioğlu, 2002'den)	16
Tablo 2.5. Kaya Kalitesi Belirteci (RQD) ve Kütle Faktörü Arasındaki İlişki (Şekercioğlu, 2002'den).....	17
Tablo 2.6. Kütle Faktörü ve Süreksizlik Aralığı Arasındaki İlişki (Şekercioğlu, 2002'den).....	17
Tablo 2.7. Temel Şekline Bağlı Düzeltme Faktörleri (L: Uzunluk, B: Genişlik) (Sowers, 1970 : Ulusay ve Sönmez, 2002)	20
Tablo 3.1. Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi'nin Makina-Ekipman Durumu ..	37
Tablo 3.2. Divriği Demir Açık İşletmesi'nin Makina-Ekipman Durumu.....	39
Tablo 3.3. Kangal Kömür Açık İşletmesi'nin Makina - Ekipman Durumu.....	42
Tablo 5.1. Arazi Veri Formu.....	54
Tablo 5.2. Çalışılan Kaya Birimleri	51
Tablo 5.3. Sismografin (Geometrics SmartSeis SE) Bazı Teknik Özellikleri (Geometrics, 2000).....	58
Tablo 5.4. Titreşim Ölçer (Blastmate) DS-677'nin Bazı Teknik Özellikleri (Instantel, 1993)	59
Tablo 6.1. Jeoteknik Çalışma Sonuçları (Jips, Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi).....	62
Tablo 6.2. Jeoteknik Çalışma Sonuçları (Manyetit, Divriği Demir Açık İşletmesi).....	63
Tablo 6.3. Jeoteknik Çalışma Sonuçları (Siyenit, Divriği Demir Açık İşletmesi).....	64
Tablo 6.4. Jeoteknik Çalışma Sonuçları (Serpantin, Divriği Demir Açık İşletmesi).....	65
Tablo 6.5. Jeoteknik Çalışma Sonuçları (Kireçtaşı, Kangal Kömür Açık İşletmesi).....	66

Tablo 6.6. Jeoteknik Çalışma Sonuçları (Killi Kireçtaşı, Kangal Kömür Açık İşletmesi)	67
Tablo 6.7. Jeoteknik Tanım ve Yerinde Deneysel Sonuçları	72
Tablo 6.8. Sismik Hız Ölçüm Profilleri (Toprak (Yol), Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi).....	74
Tablo 6.9. Sismik Hız Ölçüm Profilleri (Jips, Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi).....	75
Tablo 6.10. Sismik Hız Ölçüm Profilleri (Manyetit, Divriği Demir Açık İşletmesi).....	76
Tablo 6.11. Sismik Hız Ölçüm Profilleri (Siyenit, Divriği Demir Açık İşletmesi).....	77
Tablo 6.12. Sismik Hız Ölçüm Profilleri (Serpantin, Divriği Demir Açık İşletmesi).....	78
Tablo 6.13. Sismik Hız Ölçüm Profilleri (Kireçtaşı, Kangal Kömür Açık İşletmesi).....	79
Tablo 6.14. Sismik Hız Ölçüm Profilleri (Killi Kireçtaşı, Kangal Kömür Açık İşletmesi)	80
Tablo 6.15. Sismik Hız Ölçüm Profilleri (Döküm Sahası, Kangal Kömür Açık İşletmesi).....	81
Tablo 6.16. Sismik Hız Ölçüm Sonuçları	82
Tablo 6.17. Kaya Birimlerinin Sismik Hızları	86
Tablo 6.18. Yer Sarsıntısı Ölçüm Sonuçları (Toprak, Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi)	88
Tablo 6.19. Yer Sarsıntısı Ölçüm Sonuçları (Jips, Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi).....	89
Tablo 6.20. Yer Sarsıntısı Ölçüm Sonuçları (Manyetit, Divriği Demir Açık İşletmesi).....	90
Tablo 6.21. Yer Sarsıntısı Ölçüm Sonuçları (Siyenit, Divriği Demir Açık İşletmesi).....	91
Tablo 6.22. Yer Sarsıntısı Ölçüm Sonuçları (Serpantin, Divriği Demir Açık İşletmesi).....	92

Tablo 6.23. Yer Sarsıntısı Ölçüm Sonuçları (Kireçtaşı, Kangal Kömür Açık İşletmesi).....	93
Tablo 6.24. Yer Sarsıntısı Ölçüm Sonuçları (Killi Kireçtaşı, Kangal Kömür Açık İşletmesi)	94
Tablo 6.25. Yer Sarsıntısı Ölçüm Sonuçları (Döküm Sahası, Kangal Kömür Açık İşletmesi).....	95
Tablo 6.26. Plaka Yükleme Deney Sonuçları (Toprak (Yol), Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi).....	98
Tablo 6.27. Plaka Yükleme Deney Sonuçları (Jips, Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi).....	100
Tablo 6.28. Plaka Yükleme Deney Sonuçları (Manyetit, Divriği Demir Açık İşletmesi).....	102
Tablo 6.29. Plaka Yükleme Deney Sonuçları (Siyenit, Divriği Demir Açık İşletmesi).....	104
Tablo 6.30. Plaka Yükleme Deney Sonuçları (Serpantin, Divriği Demir Açık İşletmesi).....	106
Tablo 6.31. Plaka Yükleme Deney Sonuçları (Kireçtaşı, Kangal Kömür Açık İşletmesi).....	108
Tablo 6.32. Plaka Yükleme Deney Sonuçları (Killi Kireçtaşı, Kangal Kömür Açık İşletmesi)	110
Tablo 6.33. Plaka Yükleme Deney Sonuçları (Döküm Sahası, Kangal Kömür Açık İşletmesi).....	112
Tablo 6.34. Plaka Yükleme Deney Sonuçları (Tüm Birimler)	122
Tablo 6.35. Kaya Mekaniği Laboratuvar Deney Sonuçları	125
Tablo 6.36. Kaya Birimlerinin RMR'ye Göre Değerlendirilmesi	126
Tablo 6.37. Taşıma Kapasitesi ile Bazı Kütle ve Malzeme Özellikleri Arasındaki İlişkiler.....	128
Tablo 6.38. Taşıma Kapasitesi ile Arazi ve Laboratuvar Deney Sonuçları Arasındaki Çoklu Regresyon Analizi Sonuçları	130
Tablo 6.39. Parçacık Hızı Bileşenleri ve Mesafe Arasındaki Regresyon Analizi Sonuçları.....	132

Tablo 6.40. Taşıma Kapasitesi ve Değişik Mesafeler için Belirlenen Maksimum Parçacık Hızı (PPV) Değerleri.....	140
Tablo 6.41. Değişik Mesafelerde Taşıma Kapasitesi ve Maksimum Parçacık Hızı Arasındaki İlişkiler	142
Tablo 6.42. Taşıma Kapasitesi ile Parçacık Hızı ve Tüm Deney Sonuçları Arasındaki Çoklu Regresyon Analizi Sonuçları	145
Tablo 6.43. Kaya Birimlerinin Taşıma Kapasitelerinin Tanımlanması	147
Tablo 6.44. Önerilen Taşıma Kapasitesi Sınıflandırması	148
Tablo 6.45. Kaya Birimlerinin Taşıma Kapasitelerinin Önerilen Sınıflamaya Göre Değerlendirilmesi.....	148

EKLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Ek-1. Plaka Yükleme Deney Verileri.....	159
Ek-2. Parçacık Hızı Bileşenleri ve Mesafe Arasındaki İlişkiler	192

1. GİRİŞ

1.1. Genel

Maden hammaddelerinin yenilenemeyen kaynaklar olduğu ve ülke ekonomisi üzerindeki önemli etkileri bilinmektedir. Bu nedenle, maden işletmelerinde en az maliyetle en çok kazanımı sağlamak için çeşitli projeler ve değişik alternatifler geliştirilmektedir. Bu kapsamda, maden işletmelerindeki kazı-yükleme ve taşıma işlemleri için kazı ve nakliye araçlarının özelliklerini de dikkate alan uygun kazı-yükleme alanları ve taşıma yolları tasarlanmakta ve yapılmaktadır.

Gelişen teknolojiye paralel olarak madencilik sektörü de gelişim göstermektedir. Özellikle yüksek yatırımların gerektiği nakliye araçlarında büyük ilerleme (kapasite, güç vs.) görülmektedir. Diğer yandan, nakliye araçlarının verimli çalışabilmesi için gerekli olan koşullar hazırlanmaya çalışılmaktadır. Yolların tasarlanması, taşıma kapasitelerinin belirlenmesi ve gerekli bakımın yapılması, taşıma işleminin daha verimli ve daha düşük maliyetle gerçekleştirilebilmesi için vazgeçilmez unsurlardır.

Son 45 yılı aşkın bir süredir açık ocaklarda cevher ve dekapaj kamyonları 20 ton kapasiteden 400 ton kapasiteye kadar büyük bir gelişme göstermiştir. Bir açık işletmenin verimliliğini, yüksek kapasiteli taşıma araçlarının istenilen hız ve sıklıktaki hareketi de etkilemektedir. Dolayısıyla, taşıma yollarının bakımlı ve arızasız olması gerekmektedir. 45 yıl önce maksimum kapasitesi 20 ton olan kamyonlar kullanılmaktaydı ve o zamanın teknolojisine uygun olarak projelendirilen ve inşa edilen taşıma yollarının bugün ihtiyaç duyulan 400 ton mertebesindeki yükleri aynı başarıyla taşıyabilmesi mümkün olmamaktadır. Bu düşüncenin aksine bir düşünceyle hareket eden işletmelerde, gerek meydana gelen iş kazaları (yetersiz geometrik standartlara sahip taşıma yolları nedeniyle) gerekse elverişsiz yol-satıh şartları (yetersiz kaplama) nedeniyle taşıma taşıtlarında

meydana gelen ve sirkülasyonu kötü yönde etkileyerek verimliliği düşüren uzun süreli arızalar işletmelerin performansını önemli ölçüde düşürmektedir.

Açık işletmelerde üretim sürecinin temel işlemlerinden biri olan taşımanın üretim maliyeti içerisindeki payı %50'lere kadar çıkabilmekte, ancak uygun yol tasarımlarının planlanması ve uygulanması sonucunda bu pay %20'lerin altına indirilebilmektedir. Ekonomik ve emniyetli bir taşıma ancak uygun yol tasarımı ve ekipman seçimi sonucunda mümkün olabilmektedir. Bu nedenle, kazı-yükleme makinalarının ve nakliye araçlarının gerek ekonomiklik gerekse emniyetlilik açısından değerlendirilmesinde kazı-yükleme makinalarının çalışma sahalarının ve nakliye araçlarının taşıma yollarının zemin taşıma kapasitelerinin belirlenmesi ve tahmin edilmesi büyük önem taşımaktadır.

Taşıma kapasitesi, temel yapısının göçme olmadan temel zeminine aktarabileceği maksimum taban basıncı olarak tanımlanmaktadır. Güvenlikle taşınabilecek yükün belirlenebilmesi için öncelikle zeminin göçme anından önce taşıyabileceği maksimum yük belirlenmekte ve böylece zemin üzerine yapılan yapılardan veya taşınan yüklerden dolayı oluşan gerilmenin zemin kütlelerinin taşıyabileceği gerilmeden daha düşük olması sağlanabilmektedir.

Taşıma kapasitesinin belirlenmesi ile işletmelere alınacak yada mevcut kazı-yükleme makinalarının zemine batma sorunlarının olup olmayacağı ve yine alınacak yada mevcut nakliye araçlarının yapılacak ve/veya yapılmış yollarda çalışıp çalışamayacağı ortaya konulabilmektedir.

1.2. Araştırmanın Amacı

Bilindiği gibi, maden işletmelerinde çalışma sahalarının ve ocak içi ve dışı yollarının tasarımında dikkate alınan önemli parametrelerden birisi de zemin taşıma kapasitesidir. İşletmelerde öncelikle, alınacak yada mevcut kazı-yükleme makinalarının zemine batma sorunlarının olup olmayacağı ve yine alınacak yada mevcut nakliye araçlarının yapılacak ve/veya yapılmış yollarda çalışıp çalışmayacağı belirlenmesi gerekmektedir.

Bu araştırma kapsamında, öncelikle zeminlerin taşıma kapasitelerinin belirlenmesine yönelik kontrollü bir plaka yükleme deney düzeneğinin oluşturulması amaçlanmıştır. Daha sonra, bu deney düzeneği kullanılarak değişik kaya birimlerinde plaka yükleme deneylerinin tasarlanması ve uygulanması hedeflenmiştir. Ayrıca çalışılacak kaya birimlerinin kütle ve malzeme özellikleri belirlenecek ve taşıma kapasiteleri ile ilişkilendirilmeye çalışılacaktır.

Bu kapsamda, aşağıda ana hatları ile belirtilen çalışmaların gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.

- i. Literatür araştırması (Taşıma kapasitesi ile ilgili bugüne kadar yapılmış çeşitli teorik ve deneysel çalışmaların incelenmesi).
- ii. Kontrollü bir plaka yükleme deney düzeneğinin oluşturulması.
- iii. Değişik kaya birimlerinde plaka yükleme deneylerinin tasarlanması ve uygulanması.
- iv. Kaya birimlerinin kütle ve malzeme özelliklerinin belirlenmesi.
 - Çalışılacak açık işletmelerde jeoteknik çalışmaların (Kaya birimlerinin kütle özelliklerinin belirlenmesi) yapılması.
 - Yerinde deneylerin (Schmidt çekici testi ve nokta yükleme deneyi) gerçekleştirilmesi.

- Sismik hız ölçümü.
 - Yer sarsıntısı ölçümü.
 - Çalışılan sahada yeralan kaya birimlerine ait temsili blokların alınması ve kaya birimlerinin bazı mekanik ve fiziksel özelliklerinin (Birim ağırlık, nem içeriği, tek eksenli basınç dayanımı vb.) kaya mekaniği laboratuvar deneyleri ile belirlenmesi.
- v. Yer sarsıntısı ve sismik hız ölçüm sonuçlarının, kaya kütle ve malzeme özellikleri de dikkate alınarak plaka yükleme deney sonuçları ile ilişkilendirilmesi.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Genel

Herhangi bir cismin yüzeyine yük uygulandığında cisimde önce elastik sonra da kalıcı deformasyonların olduğu bilinmektedir. Zeminler de üzerlerine yük geldiğinde özelliklerine ve uygulanan yüke bağlı olarak bir miktar sıkışarak konsolide olmaktadır. Toprak zeminlerde veya kaya birimlerinde kayma gerilmeleri oluşmadıkça bu ortamlar yenilmeye geçmeyecekleri için elastik olarak davranabilmektedirler. Ancak belirli bir gerilme düzeyinden sonra, toprak zeminlerde ve kaya birimlerinde geri gelmeyen şekil değiştirmeleri (deformasyonlar) oluşmaktadır.

Zeminlerin göçmeye karşı yeterli güvenliğe sahip olmasını ifade eden taşıma kapasitesi kavramı oldukça önem taşımaktadır. Temel zeminlerinin göçmesi üst yapının da yıkılmasına neden olmaktadır. Üst yapının kendisinden beklenen fonksiyonu yerine getirebilmesi için temel zemininde oluşması muhtemel toplam ve farklı oturumların kabul edilebilir değerleri aşmaması gerekmektedir. Taşıma kapasitesi (q_d) temel yapısının göçme olmadan temel zeminine aktarabileceği maksimum taban basıncı (kg/cm^2 veya t/m^2) ile ifade edilmektedir. Temel basıncı "Zemin emniyet gerilmesi, q_{em} " olup bunun belirlenmesinde taşıma gücünün ve oturumların bilinmesi gerekmektedir. Güvenlikle taşınabilecek yük, zeminin göçme anından hemen önce taşıyabileceği maksimum yük olarak ifade edilmektedir.

Zemin taşıma kapasitesinin herhangi bir yöntemle belirlenmesinden sonra elde edilen taşıma kapasitesi, güvenlik sayısına bölünerek ($q_{em} = q_d / GS$) zemin emniyet gerilmesi elde edilmektedir. Zemin emniyet gerilmesi elde edildikten sonra, temeller projelendirilirken taban gerilmelerinin bu değerden büyük olmaması sağlanmaktadır.

Zemin emniyet gerilmelerinin belirlenmesinde kullanılacak olan güvenlik sayısı belirlenirken aşağıda belirtilen hususlar dikkate alınmaktadır.

- i. Zemin cinsi
- ii. Arazi çalışması ve laboratuvar deneylerinden elde edilen veriler
- iii. Zemindeki değişkenlik
- iv. Üstyapının önemi
- v. Dikkate alınan proje yükleri ve proje ömrü

Geoteknik mühendisliğinde kullanılan tipik güvenlik sayısı değerleri 2.5-3.5 arasında değişmektedir. Bu değer çok seyrek olarak 2.0'ye kadar azalmakta ve 4.0'e kadar çıkabilmektedir (Mylivec, 1978 : Keçeli, 1990).

2.2. Taşıma Kapasitesi Belirleme Yöntemleri

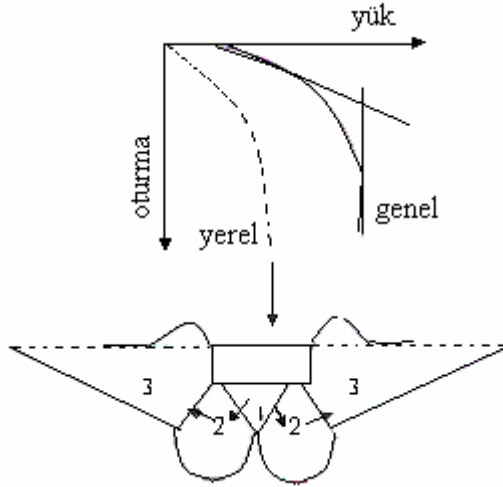
Yeter büyüklükte bir yük altında kalan temel, zeminin içine artan bir hızla batarak göçebilir. Bu tip göçmenin hangi büyüklükteki yük altında meydana geldiğini belirlemek için çok sayıda incelemeler yapılmıştır. Bu etüdlerde, hem zeminin fiziksel özellikleri araştırılmış, hem de yük altında zemin hareketi gözönüne alınmıştır. Bu konuda birçok teori ve yöntem geliştirilmiştir. Ancak bunlardan pek azı deneyim ve bire bir ölçüsünde yapılan deney sonuçları ile uygunluk göstermiştir (Capper ve Cassie, 1984). Taşıma kapasitesi, zeminin birim ağırlığı, kayma direnci ve deformasyon karakteristikleri gibi mekanik özelliklerine, zeminin ilk gerilme durumuna, süreksizlik dağılımına, temelin büyüklük, derinlik, şekil, taban pürüzlülüğü ve taşıdığı yük gibi geometrik ve fiziksel şartlarına ve inşa metoduna dayanmaktadır (Şekercioğlu, 2002).

Taşıma kapasitesi belirleme yöntemlerini analitik ve deneysel yöntemler olmak üzere iki ana başlık altında incelemek mümkündür.

2.2.1. Analitik Yöntemler

Taşıma kapasitesinin analitik yöntemlerle belirlenmesine yönelik bugüne kadar birçok araştırmacı tarafından çeşitli ilişkiler elde edilmiştir.

Analitik çözümlerde zeminin kayma direnci ile ilgili parametrelerin (kohezyon, “c” ve kayma mukavemeti açısı, “ ϕ ”) bilindiği varsayılmaktadır. Bu ilişkilerin çoğunun dayanak noktası Şekil 2.1’de görülen yenilme mekanizmasıdır. Sert veya sıkı taneli zeminde, temelin tam altındaki 1 nolu bölüm, yüklemenin etkisiyle kama şeklini almakla birlikte rijit ve elastik durumda kalarak 2 ve 3 nolu bölümleri dışarı doğru itmektedir. Gevşek veya yumuşak taneli zeminde ise, tüm bölgeler hacim değiştirerek sıkıştıklarından yüzey hareketi izlenmediği gibi yük-oturma diyagramında da kırılma kesin olarak görülememektedir.



Şekil 2.1. Yük taşıma kapasitesi aşılı zeminlerin davranışı (Özudoğru vd., 1988)

2.2.1.1. Terzaghi'nin Formülü

Terzaghi tarafından 1943 yılında geliştirilen taşıma gücü ilişkisi aşağıda verilmektedir.

$$q_d = K_1 \cdot C \cdot N_c + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q + K_2 \cdot N_\gamma \cdot B \cdot \gamma_2 \quad (\text{Terzaghi, 1943 : Şekercioğlu, 2002})$$

Burada;

q_d : Taşıma gücü (kg/cm^2)

K_1 ve K_2 : Temel tabanı şekline bağlı katsayılar (Tablo 2.1)

c : Kohezyon (kg/cm^2)

ϕ : Kayma mukavemeti açısı (İçsel sürtünme açısı)

D_f : Temel derinliği

γ_2 : Temel tabanı üzerindeki zeminin birim hacim ağırlığı

γ_1 : Temel tabanı altındaki zeminin birim hacim ağırlığı

B : Temel genişliği

N_γ, N_c, N_q : Taşıma gücü katsayıları

Tablo 2.1. Temel Şekline Bağlı Olarak K_1 ve K_2 Katsayıları (Şekercioğlu, 2002'den)

Temel Taban Şekli	Şerit ($L = \infty$)	Dikdörtgen ($B < L$)	Kare ($B = L$)	Daire ($L = B = D$)
K_1	1	$1 + 0.2 (B/L)$	1.2	1.2
K_2	0.5	$0.5 - 0.1 (B/L)$	0.4	0.3

Birim hacim ağırlıkları (γ) yeraltı suyu seviyesine göre;

- Yeraltı suyu seviyesi temel tabanı altından ölçülmek üzere B derinliğinde ise γ_1 ve γ_2 tabii birim hacim ağırlığı
- Yeraltı suyu seviyesinin temel tabanında olması halinde γ_1 birim hacim ağırlığı, γ_2 ise su altındaki birim hacim ağırlığı (efektif birim hacim ağırlığı)
- Yeraltı suyu seviyesinin zemin yüzünde veya üstünde olması halinde γ_1 ve γ_2 değerleri su altındaki birim hacim ağırlıkları olarak göz önüne alınmaktadır.
- Gevşek ve yumuşak zeminlerde bölgesel göçmeler meydana gelebileceğinden,

taşıma gücü hesabında; $C_1 = 2/3C$ ve $\text{tg}\phi_i = 2/3\text{tg}\phi$ değerleri kabul edilmektedir. Bu tip hesaplarda pratik olarak, ϕ_i açısına karşıt N_c , N_q , N_γ değerleri ile C_1 değeri kullanılmaktadır.

N_γ , N_c , N_q ; temel tabanı altındaki zeminin kayma mukavemeti açısına bağı taşıma gücü katsayıları olup bunlar aşağıdaki formüllerden elde edilmektedir (Terzaghi, 1943 : Aytekin, 2004).

$$N_q = \frac{(e^{\pi(0.75-\phi/360)\tan\phi})^2}{2\cos^2(45+\phi/2)}$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan\phi$$

$$N_\gamma \cong \frac{2(N_q + 1)\tan\phi}{1 + 0.4\sin(4\phi)}$$

N_γ için verilen bağıntı yaklaşık olup, sonuçlar % 10 hata ile elde edilebilmektedir.

Terzaghi'nin taşıma gücü katsayıları (N_γ , N_c , N_q) birçok araştırmacı tarafından (Meyerhof, 1951 ; Biarez, 1961 ; Hansen, 1970 ; Vesic, 1973) tekrar ele alınarak iyileştirilmeye çalışılmıştır. Bu araştırmacıların çalışma sonuçları aşağıda verilmektedir (Das, 1999).

Meyerhof, 1951

$$N_q = e^{\pi\tan\phi} \left(\frac{1 + \sin\phi}{1 - \sin\phi} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1)\cot\phi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\phi)$$

Biarez, 1961

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \left(\frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \right) \text{ (Meyerhof ile aynı)}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi \text{ (Meyerhof ile aynı)}$$

$$N_\gamma = 1.8(N_q - 1) \tan \phi$$

Hansen, 1970

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \left(\frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \right) \text{ (Meyerhof ile aynı)}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi \text{ (Meyerhof ile aynı)}$$

$$N_\gamma = 1.5 N_c \tan^2 \phi$$

Vesic, 1973

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(45 + \frac{\phi'}{2} \right)$$

$$\phi > 0 \text{ ise } N_c = (N_q - 1) \cot \phi \text{ (Meyerhof ile aynı)}$$

$$\phi = 0 \text{ ise } N_c = 5.14$$

$$N_\gamma \cong 2(N_q + 1) \tan \phi$$

2.2.1.2. Vesic'in Formülü

Vesic (1973) yaptığı teorik ve deneysel çalışmalar sonucunda Terzaghi'nin taşıma gücü formülüne benzer ve ona alternatif olabilecek bir formül geliştirmiştir. Vesic'in taşıma gücü formülü aşağıda verilmektedir (Aytekin, 2004).

$$q_d = c' N_c S_c d_c i_c b_c g_c + \gamma D_f N_q S_q d_q i_q b_q g_q + 0.5 \gamma B N_\gamma S_\gamma d_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma$$

(Vesic, 1973 : Aytekin, 2004)

Terzaghi'nin formülü sadece düşey yükleme ve yatay temel tabanı olması halinde kullanılabilmesine karşın Vesic'in formülü bu sınırlamaları ortadan kaldırmaktadır. Eşitlikteki s ile gösterilen katsayılar şekil faktörleri, d ile gösterilenler derinlik faktörü, i ile gösterilenler yükün düşeyden farklı etkimesini dikkate alan faktörler, b ile gösterilenler temel tabanının yatay olmaması halini dikkate alan faktörler ve g ile gösterilenler ise zeminin eğimli olması halini dikkate alan faktörlerdir. Bu faktörler aşağıdaki bağıntılardan elde edilebilmektedir (Aytekin, 2004).

Şekil Faktörleri :

$$S_c = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \left(\frac{N_q}{N_c}\right)$$

$$S_q = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \tan \phi'$$

$$S_\gamma = 1 + 0.4 (B/L)$$

Derinlik Faktörleri :

$$\frac{D_f}{B} \leq 1.0 \text{ ise } k = \frac{D_f}{B} \text{ ve } \frac{D_f}{B} > 1.0 \text{ ise } k = \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B}\right) \text{ olmak üzere,}$$

$$d_c = 1 + 0.4k$$

$$d_q = 1 + 2k \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2$$

$$d_\gamma = 1$$

Yük Eğim Faktörleri :

Yük temelın kısa kenarı (B , genişliği) doğrultusunda eğimli ise

$$m = \frac{2 + B/L}{1 + B/L} \text{ ve temelın uzun kenarı (} L, \text{ uzunluğu) doğrultusunda eğimli ise}$$

$$m = \frac{2 + L/B}{1 + L/B} \text{ olmak üzere,}$$

$$i_c = 1 - \frac{mV}{Ac'N_c} \geq 0$$

$$i_q = \left[1 - \frac{V}{P + \frac{Ac'}{\tan \phi'}} \right]^m \geq 0$$

$$i_\gamma = \left[1 - \frac{V}{P + \frac{Ac'}{\tan \phi'}} \right]^{m+1} \geq 0$$

Burada;

V : Temele uygulanan kesme kuvveti

P : Normal kuvvet

C' : Efektif kohezyon (su olmayan durumlarda)

ϕ' : Efektif içsel sürtünme açısı (su olmayan durumlarda)

B : Temel genişliği

L : Temel uzunluğu

A : Alan

Temel Tabanı Eğim Faktörleri :

$$b_c = 1 - \frac{\alpha}{147^0}$$

$$b_q = b_\gamma = \left(1 - \frac{\alpha \tan \phi'}{57^0} \right)$$

Zemin Yüzeyi Eğim Faktörleri :

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147^0}$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - \tan \beta)^2$$

Taşıma Gücü Faktörleri :

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(45 + \frac{\phi'}{2} \right)$$

$$\phi' > 0 \text{ ise } N_c = (N_q - 1) / \tan \phi$$

$$\phi' = 0 \text{ ise } N_c = 5.14$$

$$N_\gamma \cong 2(N_q + 1) \tan \phi$$

2.2.1.3. Skempton'un Formülü

Kayma mukavemeti açısı, ϕ 'nin sıfır olması halinde Skempton'un (1951) formülünün gerçeğe daha yakın sonuçlar verdiği kabul edilmektedir (Şekercioğlu, 2002).

Skempton'a göre;

i. Şerit Temel Hali

$$q_d = 5C(1+0.2D_f/B)(1+0.2B/L) + \gamma D_f$$

$$D_f = 0 \text{ olduğunda } q_d = 5C$$

ii. Dikdörtgen Temel Hali ($B < L$)

$$D_f/B < 2.5 \text{ olduğunda } q_d = 5C(1+0.2D_f/B)(1+0.2B/L)$$

$$D_f/B \geq 2.5 \text{ olduğunda ise } q_d = 7.5C(1+0.2B/L)$$

Deneysel çalışmalar, kare ve daire kesitli temellerin taşıma güçlerinin aynı genişlikteki şerit temellere göre %20 ile %30 daha fazla olduğunu göstermektedir. Bu durumda $(1+0.2 B/L) = 1.2$ ve $D_f = 0$ olduğunda taşıma gücü $q_d = 6C$ olmaktadır.

2.2.1.4. Kaya Kütlelerinin Taşıma Kapasitesinin Belirlenmesi

Kaya kütleleri genelde çok iyi temel birimi olarak kabul edilmektedir. Ancak kaya kütlelerinde de aşırı yüklenme durumunda büyük oturmalar veya ani yenilmeler meydana gelebilmektedir. Bu nedenle, kaya kütleleri üzerine inşa edilecek temelin tasarımında da zemin üzerindeki temelin tasarımında olduğu gibi dikkatli ve özenli

çalışmak gerekmektedir. Temel tasarımındaki hesaplamalarda kaya kütleleri genel olarak ayrılmış ve taze olmak üzere iki ana sınıf altında gruplandırılmakta ve kaya kütesinin bazı mekanik özellikleri dikkate alınmaktadır.

2.2.1.4.1. Taşıma Kapasitesinin Tek Eksenli Basınç Dayanımı ve Süreksizlik Aralığına Bağlı Olarak Belirlenmesi

Genel tanımlarda eğer kayaç ayrışma etkisine maruz kalmamış ve tek eksenli basınç dayanımı 900 kN/m^2 (9 kg/cm^2)'yi aşıyor ve süreksizlik aralıkları yaklaşık 1 m'den fazla ise sağlam kayaç olarak tanımlanmaktadır. Tanıma göre çok düşük dayanıma sahip kayaçlar bile, eğer süreksizlik şartı sağlanıyorsa sağlam kayaç sınıfına girebilmektedir. Süreksizliklerin kapalı ve oryantasyonunun uygulanan kuvvete uygun olduğu durumda, kayacın taşıma gücü genellikle tasarımda öngörülen proje yükünü aşmaktadır (Şekercioğlu, 2002). Tablo 2.2'de değişik kaya kütlelerinin tahmini taşıma gücü değerleri verilmektedir.

Kaya birimleri için taşıma gücü aşağıda verilen formül ile tespit edilebilmektedir.

$$q_d = K_s \cdot q_{un}$$

- q_d : Kaya biriminin taşıma gücü
 q_{un} : Tek eksenli basınç dayanımı
 K_s : Ampirik katsayı

Burada q_{un} , tek eksenli basınç dayanımı deneyi ile laboratuvarında tespit edilen dayanım, K_s ise süreksizlik aralığına bağlı görgül bir katsayıdır. K_s katsayısı aşağıda verilen formül ile hesaplanabilmekte veya Tablo 2.3'den seçilebilmektedir.

$$K_s = \frac{3 + C_s / B}{\sqrt[10]{1 + 300\delta / C_s}}$$

- C_s : Süreksizlik aralığı (m)
 δ : Süreksizlik açıklığı (m)
 B : Temel genişliği (m)

Tablo 2.2. Kaya Kütlelerinin Taşıma Gücü Değerleri (Şekercioğlu, 2002'den)

Kayaç Türü	Serbest Basınç Dayanımı, q_{un}	Taşıma Gücü	
		kN/m^2	kg/cm^2
Masif, magmatik ve metamorfik kayalar (granit, diorit, bazalt, gnays) (2)	Yüksek - Çok Yüksek	10000	100
•Yapraklanmalı metamorfik kayalar (kayrak, şist) (1) (2)	Orta - Yüksek	3000	30
•Tortul Kayalar (1) (2)			
- Sert kumtaşı ve sert kireçtaşı	Orta - Yüksek	4000	40
- Sert şeyl, sert çamurtaşı ve yumuşak kumtaşı	Orta - Yüksek	2000	20
- Çok zayıf çimentolu kumtaşı	Orta - Yüksek	1000	10
- Çok zayıf çimentolu kumtaşı	Düşük - Orta	600-1000	6-10
- Yumuşak şeyl ve yumuşak çamurtaşı (4)			
- Sert sağlam tebeşir, yumuşak kireçtaşı	Düşük - Orta	600	6
• Orta derecede yakın aralıklı süreksizliklerle (< 3.0m) parçalanmış bütün kayalar (şeyl gibi killi kayalar hariç)	-	1000	10
• İnce tabakalı kireçtaşı, kumtaşı, şeyl	-	Bkz. Not 3	-
• Aşırı derecede parçalı ve ayrılmış kayalar	-	Bkz. Not 3	-

Notlar:

- (1) Tortul veya metamorfik kayalar için yukarıda verilen değerler, tabakalanma ve yapraklanma yatay veya yataya yakın olduğu durumlar için geçerlidir. Dalımlı tabakalanmanın olduğu durumda, arazide yapılan gözlemlerden kayacın izin verilebilir taşıma basıncı tayin edilir.
- (2) Süreksizlik aralıklarının 1m'den büyük olduğu sağlam kayaç şartları geçerlidir.
- (3) İzin verilebilir taşıma basıncı arazide gözlemler ile, eğer gerekli ise yükleme deneyi ile tayin edilir.
- (4) Bu kayalar şişmeye uygundur. Su ile temasta yumuşar ve şişer.

Tablo 2.3. K_s Değerleri (Şekercioğlu, 2002'den)

Süreksizlik Aralığı (m)	K_s
>3.0	0.40
3.0 - 0.9	0.25
0.9 - 0.3	0.1

2.2.1.4.2. Taşıma Kapasitesinin Deformasyon Modülü ve Süreksizlik Aralığına Bağlı Olarak Belirlenmesi

Kaya birimlerinin taşıma gücünün belirlenmesine yönelik bazı yaklaşımlarda bulunulmuştur. Bunlardan biri modül oranı diğeri ise kütle faktörüdür.

$$M_r = E_1 / q_{un}$$

$$J = E_m / E_1$$

Burada;

E_1 : Kaya malzemesinin deformasyon modülü

E_m : Kaya kütesinin deformasyon modülü

q_u : Tek eksenli basınç dayanımı

M_r : Modül oranı

J : Kütle faktörü

Kaya malzemesinin deformasyon modülü ve tek eksenli basınç dayanımı standartlarda öngörülen koşullara uygun olarak laboratuvarında, kütle deformasyon modülü ise yerinde belirlenmektedir. Bu parametrelere bağlı olarak taşıma gücü aşağıdaki eşitlikten hesaplanabilmektedir.

$$q_d = \frac{S_a E_m}{I(1-\nu^2)B}$$

S_a : İzin verilebilir oturma (10 - 25 mm)

I : Temel şekil faktörü (Tablo 2.4)

B : Temel genişliği

ν : Poisson oranı

E_m : Kaya kütesinin deformasyon modülü

Tablo 2.4. Şekil Faktörü I Değerleri (Şekercioğlu, 2002'den)

Temel Şekli	I, Şekil Faktörü		
	Merkez	Köşe	Ortalama
Daire	1.0	0.64 (kenar)	0.85
Kare	1.12	0.54	0.95
Dikdörtgen (L/B = 2)	1.52	0.76	1.30
Dikdörtgen (L/B = 5)	2.10	1.05	1.83
Dikdörtgen (L/B = 10)	2.54	1.27	2.20

Kare ve dairesel temelerde yaklaşık olarak $1/I (1 - \nu^2) = 1$ olacağından ve $S_a = B / M_r$ alındığında yukarıdaki eşitlik aşağıda verilen hale dönüşmektedir.

$$q_d = \frac{S_a}{B} \cdot \frac{1}{I(1-v^2)} \cdot J \cdot q_{un} \cdot Mr$$

$$q_d = J q_{un} \left(Mr \cdot \frac{S_a}{B} \right)$$

$$q_d \cong J q_{un}$$

Kayacın taşıma gücü kütle faktörü ve tek eksenli basınç dayanımının fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır. Kaya kalitesi RQD 'nin bilinmesi durumunda J değeri yaklaşık olarak tahmin edilebilmektedir (Tablo 2.5). Ayrıca J değeri süreksizlik aralığına bağlı olarak da belirlenebilmektedir (Tablo 2.6).

Tablo 2.5. Kaya Kalitesi Belirteci (RQD) ve Kütle Faktörü Arasındaki İlişki
(Şekercioğlu, 2002'den)

Kaya Kalitesi Tanımı	RQD (%)	Kütle Faktörü, J
Çok Zayıf	0 -25	<0.2
Zayıf	25-50	0.2
Orta	50-75	0.2 - 0.5
İyi	75-90	0.5 - 0.8
Çok İyi	90 -100	0.8 - 1.0

Tablo 2.6. Kütle Faktörü ve Süreksizlik Aralığı Arasındaki İlişki
(Şekercioğlu, 2002'den)

Tanımlama	Süreksizlik Aralığı (m)	Kütle Faktörü, J
Çok kalın tabakalı	>2	0.8-1.0
Kalın tabakalı	0.6 - 2.0	0.5 - 0.8
Orta tabakalı	0.2 - 0.6	0.2 - 0.5
İnce tabakalı	0.06 - 0.02	0.1 - 0.2
Çok ince tabakalı	0.02 - 0.06	0.1
Laminalı	0.006 - 0.02	-
İnce laminalı	< 0.006	-

2.2.1.4.3. Hoek - Brown Yenilme Ölçütü ile Kaya Kütlelerinin Taşıma Kapasitesinin Belirlenmesi

2.2.1.4.3.1. İleri derecede eklemli kaya kütlelerindeki uygulama

Yakın aralıklı süreksizliklerle bölünmüş kaya kütleleri için taşıma gücünün hesaplanması, temelin altındaki kayada gelişen aktif ve pasif kamalarda zemin mekaniğindeki benzer şekilde yapılmaktadır (Şekil 2.2a). Analizlerde eklemli kayacın makaslama dayanımı parametreleri kullanılmaktadır. Şekil 2.2a'da A kaması aktif kama, B kaması ise pasif kamadır. Yatay konumlu kaya yüzeyi üzerindeki bir temel için, kayacın üç eksenli sıkışma deneyine benzer sıkışma koşulları altında olduğu kabul edilmektedir. Temelin hemen altındaki kayacın ağırlığı ihmal edilirse, A bölgesindeki en büyük asal gerilim (σ_{1A}) temelin taşıma gücüne (q_d) eşittir. B bölgesi, en büyük asal gerilimin yatay yönde etkilediği bölgedir. Eğer temel yüzeyde ise, B bölgesindeki en küçük asal gerilim sıfırdır ve temelin kaya yüzeyinin altında olması koşulunda örtü yükü kayacın ağırlığı nedeniyle oluşan ortalama düşey gerilime eşittir (Ulusay ve Sönmez, 2002).

Temelin duraysızlığa maruz kalması (yenilmesi) sırasında, A ve B zonları birlikte makaslama uğrarlar ve A zonuna etkiyen en küçük asal gerilim (σ_{3A}), B zonundaki en büyük asal gerilime (σ_{1B}) eşittir. Taşıma gücü (q_d) A zonundaki en büyük asal gerilime (σ_{1A}) eşittir ve aşağıdaki ilişkiden elde edilir (Wyllie,1992).

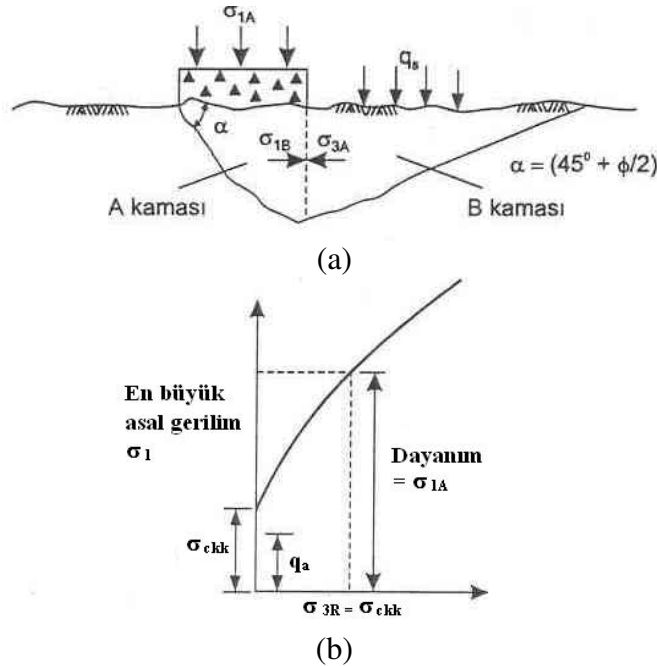
$$\sigma_{1A} = s^{0.5} \sigma_c [1 + (ms^{-0.5} + 1)^{0.5}]$$

Şekil 2.2b dayanım (σ_{1A}) ile çevre kayacının neden olduğu yanal gerilimler (σ_{3A}) arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Şekil 2.2b yanal basınçtaki küçük bir artışın taşıma gücünün önemli miktarda artmasına neden olacağını göstermektedir. Belirli bir güvenlik katsayısı gözetilerek, taşıma gücünün güvenlik katsayısına (GS) bölünmesiyle belirlenen zemin emniyet gerilmesi ($q_{em} = q_d / GS$), kaya kütlelerinin dayanımı ve sabitlerini de içeren aşağıdaki ilişkiden hesaplanır (Wyllie,1992).

$$q_{em} = \frac{C_{f1} s^{0.5} \sigma_c [1 + (ms^{-0.5} + 1)^{0.5}]}{GS}$$

C_{f1} , temelin şekliyle ilgili boyutsuz düzeltme faktörü olup, Tablo 2.7'den belirlenmektedir.

Sağlam kayalar üzerinde gerçekleştirilen yükleme koşullarında ve oturma açısından çok az bir risk beklendiğinde, 2 ile 3 arasında değişen güvenlik katsayıları seçilmektedir. 3 gibi bir güvenlik katsayısı, hareketsiz ve en büyük hareketli yüklerin birlikte dikkate alındığı durumlarda kullanılmaktadır (U.S Department of Navy, 1982 : Ulusay ve Sönmez, 2002). Bunun yanı sıra, zemin emniyet gerilmesinin hesaplanmasında temelin derinliğinin ve boyutlarının dikkate alınmadığı göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 2.2. İleri derecede eklemlili kaya kütleleri için taşıma gücünün analizi

(Wyllie, 1992 : Ulusay ve Sönmez, 2002)

(a) aktif (A) ve pasif (B) kamalar

(b) kaya kütlelerinin yenilme zarfı

(q_d : taşıma gücü; q_{em} : zemin emniyet gerilmesi)

(σ_3 : en küçük asal gerilim; $GS = \sigma_{1A} / q_{em}$, $q_d > q_{em}$)

Tablo 2.7. Temel Şekline Bağlı Düzeltme Faktörleri (L: Uzunluk, B: Genişlik)
(Sowers, 1970 : Ulusay ve Sönmez, 2002)

Temel şekli	C_{f1}	C_{f2}
Şerit (Sürekli, L/B>6)	1.00	1.00
Dikdörtgen (L/B=5)	1.05	0.95
Dikdörtgen (L/B=2)	1.12	0.90
Kare	1.25	0.85
Dairesel	1.20	0.70

Boyutsuz malzeme sabitleri m ve s (Hoek vd., 1995), jeomekanik sınıflama sistemi(RMR), Q sınıflama sistemi veya jeolojik dayanım indeksi(GSI) kullanılarak belirlenmektedir. Bu sabitler, RMR kullanılarak aşağıda verilen eşitliklerden elde edilebilmektedir.

Örselenmiş kaya kütlesi:

$$s = \exp\left(\frac{RMR - 100}{6}\right)$$

$$m = m_i \exp\left(\frac{RMR - 100}{14}\right)$$

Örselenmemiş kaya kütlesi:

$$s = \exp\left(\frac{RMR - 100}{9}\right)$$

$$m = m_i \exp\left(\frac{RMR - 100}{28}\right)$$

Hoek vd. (1995), kaya kütlesinde meydana gelebilecek örselenme durumunu dikkate almadan jeolojik dayanım indeksi (GSI) kullanılarak s ve m sabitlerinin aşağıdaki ilişkilerden bulunabileceğini belirtmişlerdir.

$$s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{9}\right)$$

$$m = m_i \exp\left(\frac{GSI - 100}{28}\right)$$

2.2.1.4.3.2. Az kırıklı zayıf kayaçlardaki uygulama

Az kırıklı zayıf kayaçlar için taşıma gücünün hesaplanmasında aktif kamanın ağırlığının yanı sıra, inşa edilen temeli çevreleyen kayacın neden olduğu yanal sıkışma da dikkate alınmaktadır. Buna göre izin verilebilir taşıma gücü aşağıdaki ilişkiden hesaplanır (Wyllie, 1992).

$$q_{em} = \frac{C_{f1}c'_iN_c + C_{f2} \frac{B\gamma}{2} N_\gamma + \gamma D_f N_q}{GS}$$

Burada ; B temel genişliği, γ kayacın birim hacim ağırlığı, D_f temel derinliği, c'_i kaya kütlelerinin anlık etkin kohezyonu , C_{f1} ve C_{f2} ise boyutsuz düzeltme faktörleri olup Tablo 2.7'den temelin şekline göre seçilmektedir. Taşıma gücü faktörleri N_c , N_γ ve N_q aşağıda verilen ilişkilerden belirlenmektedir.

$$N_c = 2N_\phi^{0.5}(N_\phi + 1)$$

$$N_\gamma = N_\phi^{0.5}(N_\phi^2 - 1)$$

$$N_q = N_\phi^2$$

$$N_\phi = \tan^2(45 + \phi'/2)$$

Temelin altındaki kayaç kamasının ağırlığının ihmal edilmesi ve temelin yüzeyde bulunması ($D_f=0$) halinde, eşitlik basitleşerek aşağıdaki gibi olabilmektedir.

$$q_{em} = \frac{C_{f1}c'_iN_c}{GS}$$

2.2.1.5. Diğer Analitik Yöntemler

Literatür araştırmasında taşıma kapasitesinin belirlenmesine yönelik çeşitli ilişkilere rastlanmıştır. Bugüne kadar, Terzaghi'nin formülüne benzer veya ona alternatif olarak kullanılabilir birçok ilişki geliştirilmiştir. Bu ilişkilerden bazıları aşağıda verilmektedir.

Bishnoi, 1968 (El Naqa, 2004)

$$q_d = 0.85 J_c N_{cr}$$

N_{cr} = Bishnoi taşıma kapasitesi faktörü

J_c = Şekilsel düzeltme faktörü (0.4 – 1.0 arasında)

$$N_{cr} = \frac{2N_\phi^2}{1 + N_\phi} (\cot \phi)(S/B) \left(1 - \frac{1}{N_\phi}\right) - N_\phi (\cot \phi) + 2N_\phi^{0.5}$$

$$N_\phi = \tan^2 (45 + \phi/2)$$

Schultze, 1973 (Özüdoğru vd., 1988)

$$q_d = \left(1 + 0.3 \frac{B}{L}\right) c N_c + \gamma_1 D_f N_q + \left(1 - 0.2 \frac{B}{L}\right) \frac{\gamma_2 B}{2} N_\gamma$$

Brady & Brown, 1985 (Gökay, 2001)

$$q_d = 1/2(B \cdot \gamma \cdot N_\gamma) + C \cdot N_c$$

Bauer vd., 1987 (Harbiyeli, 1992)

$$q_d = 0.5 \gamma B N_{\gamma q}$$

$N_{\gamma q}$: Bauer'e göre taşıma gücü katsayısı

Bowles, 1988 (El Naqa, 2004)

$$q_d = q_r (RQD)^2$$

q_r = Tek eksenli basınç dayanımı

RQD = Kaya kalitesi belirteci

Cherubini, 1990 (Harbiyeli, 1992)

$$q_d = \frac{(40 + 5\phi) D_f + (6\phi) B}{40 - \phi}$$

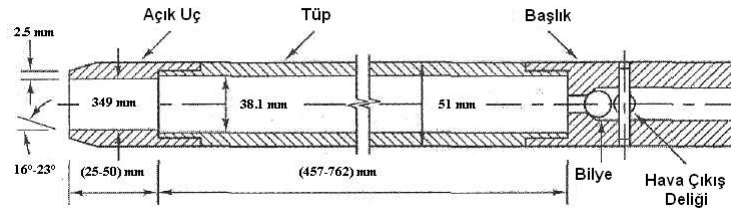
2.2.2. Deneysel Yöntemler

Bilindiği gibi, kaya kütlelerinde bulunan ancak sıkı kaya örneğinde olmayan yapısal unsurlar, yük taşıma kapasitesi sonuçlarını etkilemektedir. Bu nedenle, arazide yerinde yapılan deneylerle temel ortamlarının taşıma kapasiteleri daha doğru bir şekilde tespit edilebilmektedir. Yerinde yapılan bu deneylerle örnek almadaki örselenme minimuma indirilmekte ve zemin, içinde bulunduğu çevre koşullarında (gerilme durumu, boşluk basıncı, doygunluk derecesi) deneye tabi tutulmaktadır. Çok sayıda arazi deneyi bulunmakla birlikte bunların bazıları çok yoğun olarak kullanılırken bir kısmı daha az kullanılmaktadır (Anonim, 1988a).

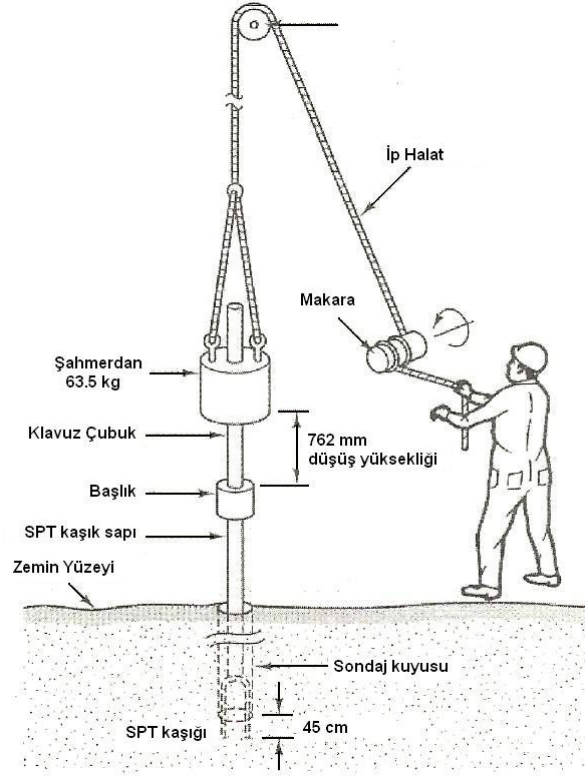
2.2.2.1. Standart Penetrasyon Deneyi

Standart penetrasyon deneyi (SPT) temel zemini araştırmalarında yaygın olarak kullanılan deneylerden biridir. Sondaj deliği içerisinde yapılan bu deneyden elde edilen veriler, zeminin mühendislik özellikleri hakkında bilgi verirken, alınan bozulmuş örnekler üzerinde de laboratuvarında tanımlama deneyleri yapılmaktadır.

Sondaj deliklerinde yapılan bu deneyde, deney yapılması istenen seviyeye geldiğinde delik tabanına ağırlığı 6.8 kg olan bir örnek kaşığı indirilmekte ve 45 cm zemine girinceye kadar çakılmaktadır (Şekil 2.3). Çakma işleminde kullanılan tokmak 63.5 kg ağırlığındadır ve 76 cm düşüş yüksekliğindedir (Şekil 2.4). Deneyde her 15 cm giriş için gerekli darbe sayısı belirlenmekte ve son 30 cm giriş için uygulanan darbe sayısı SPT sayısı (N) olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 2.3. Standart penetrasyon aletinin ucu (Aytakin, 2004'den)



Şekil 2.4. Standart penetrasyon deneyinde kullanılan düzenek (Aytekin, 2004'den)

Standart penetrasyon deneyinin ancak kohezyonsuz zeminlerde sıklığı güvenilir biçimde verebildiği, kohezyonlu zeminlerde ise bu deney sonuçlarına çok güvenilmemesi ve kabaca yapılan değerlendirmelerde kullanılması gerektiği belirtilmektedir (Şekercioğlu, 2002).

Deney derinliğine bağlı olarak N darbe sayısı değerlerinde kuru zeminden ıslak zemine geçildiğinde %15-%20 arasında azalma görülür. Bu durum yeraltı suyu derinliğinin deney sonuçlarını etkilediğini ortaya çıkarmaktadır. Genel olarak yeraltı suyu seviyesi altındaki temellerin taşıma gücü % 50 oranında azalır. SPT'nin yeraltı su seviyesinin altında yapılması halinde ince kum veya siltli kum zeminlerinde boşluk suyu basıncı azalacağından efektif gerilmelerde artış meydana gelecektir

(Whitlow, 2001 : Aytekin, 2004). Bunun için elde edilen SPT (N) değerinde bir düzeltme yapılmaktadır.

$$N_{\text{düz}} = 15 + \frac{1}{2}(N - 15) \quad (\text{Terzaghi ve Peck, 1948 : Aytekin, 2004})$$

veya

$$N_{\text{düz}} = C_N N \quad (\text{Whitlow, 2001 : Aytekin, 2004})$$

Burada N, SPT ile elde edilen SPT(N) değerini C_N ise düzeltme faktörünü göstermekte olup aşağıdaki eşitlikten maksimum değeri 2 olmak kaydı ile hesaplanabilmektedir.

$$C_N = 0.77 \log\left(\frac{2000}{P'_0}\right)$$

P'_0 : Düşey efektif gerilme (kg/cm^2)

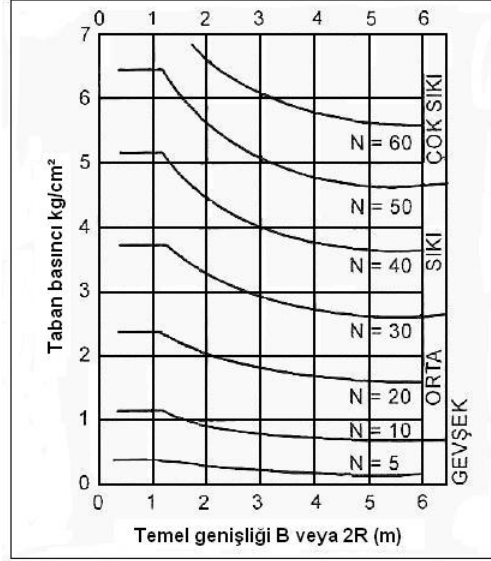
Kumlu zeminlerde taşıma gücü yapının özelliğine bağlı olarak oturma sınırları ile belirlenmektedir. Terzaghi ve Peck kohezyonsuz zeminlerdeki temelerde 2.54 cm oturma oluşturacak taşıma gücü değerleri ile N darbe sayıları arasında bir ilişki belirlemişlerdir (Şekercioğlu, 2002). Buna göre, temel taban genişliğine bağlı olarak zeminin emniyet gerilmesi, düzeltilmiş SPT(N) değeri dikkate alınarak Şekil 2.5'den tayin edilebilmektedir. Genişliği 5 m den fazla olan temel yapılarında ise aşağıdaki ilişkiler kullanılmaktadır.

Yeraltı suyu seviyesi temel seviyesinden en az temel genişliği kadar derinde ise:

$$\text{Taşıma gücü değeri, } q_d = \frac{N - 3}{5}$$

Yeraltı su seviyesi temel seviyesinde ise:

$$\text{Taşıma gücü değeri, } q_d = \frac{N - 3}{10}$$



Şekil 2.5. Standart penetrasyon deneyi sonuçlarından kum üzerine oturan temellerin zemin emniyet gerilmelerinin saptanması (Terzaghi & Peck, 1948 : Aytekin, 2004)

2.2.2.2. Koni Penetrasyon Deneyi (CPT)

Hollanda koni deneyi veya derin penetrasyon deneyi olarak adlandırılan bu deneyde; çelik bir boru ile bunun içinden geçen ve ucunda bir koni bulunan bir çubuk, sıra ile zemine itilerek uç ve sürtünme dirençleri ayrı ayrı belirlenmektedir. Koni 3.6 cm çapında ve alanı 10 cm^2 olup uç açısı 60° 'dir. Boru dış çapı koni tabanı çapı kadardır ve zemine itiş genellikle hidrolik krikolo ile yapılmaktadır. Deney için sondaj deliği açmaya gerek duyulmamaktadır. Deneyde önce boru ve koni birlikte zemine itilmekte, sonra uç tek başına itilerek itme için gerekli basınç ölçülmektedir. Bu batmada aletin 20 mm/sn hızla zemine 80 mm batması sağlanmaktadır. Uygulanan düşey yük konik alana (10 cm^2) bölünerek uç direnci (q_c) elde edilmektedir. Daha sonra, boru itilerek sürtünme direnci ölçülmektedir.

Gevşek, uniform, ince taneli zeminlerde başarıyla kullanılabilen bu deney, sıkı, köşeli, taneli ve çakıllı zeminlerde iyi sonuç vermemektedir (Şekercioğlu, 2002).

Taşıma gücü, temel boyutları dikkate alınmadan ve dikkate alınarak aşağıda verilen ilişkilerden belirlenmektedir.

$$q_d = \frac{q_c}{N_c}$$

$$q_d = \frac{B}{40} \left[1 + \frac{D_f}{B} \right] q_c$$

q_d = Taşıma gücü (kN / m^2)

q_c = Uç direnci (Koni direnci) (kN / m^2)

B = Temel genişliği (m)

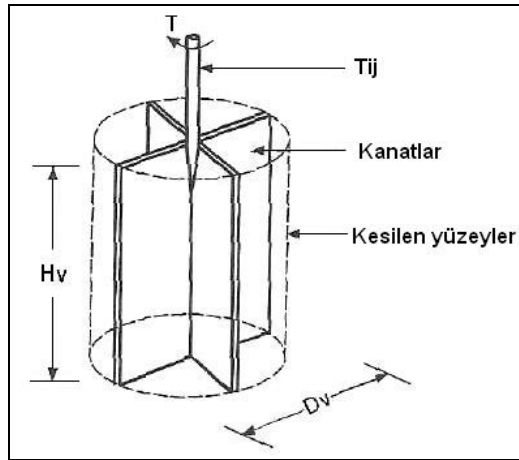
D_f = Temel derinliği (m)

N_c = Taşıma gücü faktörü (Kıatı killer için 10, yumuşak killer için 16)

Ayrıca SPT (N) sayısı ile q_c arasında $q_c = 4N$ ilişkisi verilmektedir (Meyerhof, 1956 : Aytekin, 2004).

2.2.2.3. Kanatlı Kesici (Vane Shear) Deneyi

Kanatlı kesici deneyi, yumuşak ve ince taneli zeminlerin kayma dayanımının yerinde belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bu deney, yumuşak kil ve yumuşak silt gibi düşük kohezyonlu zeminlerin içine sokularak döndürölen kanatlı kesicinin kanatlarına zeminin yaptığı direncin ölçölmesi prensibine dayanmaktadır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Kanatlı kesici aleti (Şekercioğlu, 2002'den)

Kanatlı kesici sondaj deliğine indirilir ve kesicinin bağlı olduğu çelik çubuğa yüzeyden burulma kuvveti uygulanarak dönmesi sağlanır. Sondaj deliği çapının en az üç katı kadar veya 50 cm derinliğe kadar batması sağlanır. Kesicinin burularak döndürülmesine karşı zeminin gösterdiği direnç uygulanan burulma momentinden dolaylı olarak bulunur (Tunç, 2002).

$$q_d = \frac{2T}{\pi D_v^2 H_v \left[1 + \frac{1}{3} \frac{D_v}{H_v} \right]}$$

q_d = Taşıma gücü (kg/cm²)

T = Uygulanan burulma momentini

D_v = Kanat çapı (cm)

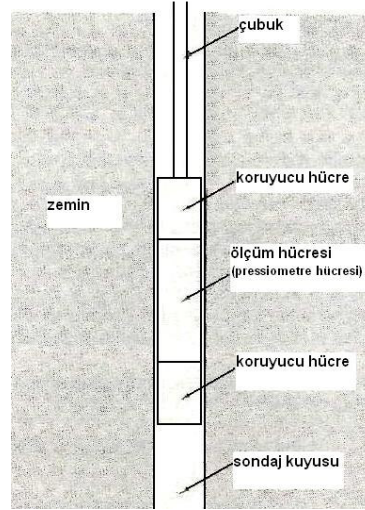
H_v = Kanat yüksekliği (cm)

2.2.2.4. Pressiometre Deneyi (PMT)

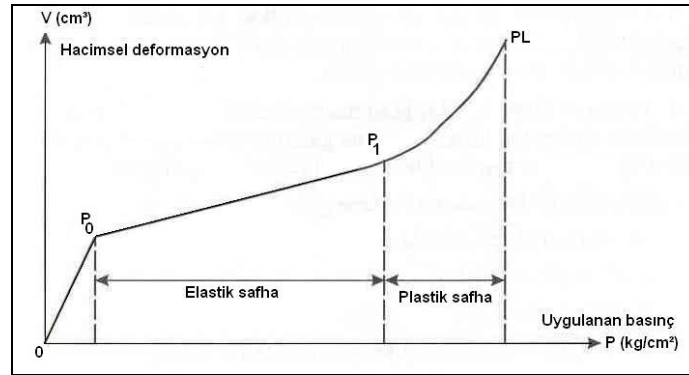
Pressiometre deneyi, çok yumuşak ve yumuşak zeminlerden başlayarak elastisite modülü 20 GPa'a kadar olan kayaların mekanik karakteristiklerinin belirlenmesi ve jeolojik süreksizliklerin etüdü için yapılmaktadır. Deneyin prensibi, sondaj deliği içinde belirli seviyelerde oluşturulan radyal basınçların ve deformasyonların değerlendirilmesine dayanmaktadır. Deneyin esasını, sondaj deliğine indirilen ve üç hücreden oluşan silindirik bir tüpün şişirilmesi ve sondaj kuyusunun radyal olarak yüklenmesi oluşturmaktadır. Silindirik tüp üç kısımdan oluşmaktadır (Şekil 2.7). Alt ve üst kısımda koruyucu hücreler, ortada ise sondaj deliğindeki zemini radyal olarak yüklemekte kullanılan ölçüm hücresi bulunmaktadır.

Sondaj deliğinde, öncelikle istenen seviyeye indirilen silindirik tüpün altındaki ve üstündeki koruyucu hücreler basınçlı hava ile şişirilmektedir. Ölçüm hücresi ise basınçlı su ile şişirilmektedir. Ölçüm hücresinin şişirilmesi sırasında hücreye giren suyun hacmi, hacim ölçer ile ölçülmektedir. Aynı zamanda uygulanan basınç da (en az 10 farklı basınç) kaydedilmektedir. Uygulanan basınç sıfırdan başlayıp

zeminin radyal doğrultuda geçmesine kadar arttırılmaktadır. Deney sonucunda ise basınç (P) ve hacim (V) ilişkisini gösteren bir eğri çizilmektedir. Eğrinin tümsek kısmı, verilen basınç artması ile probun zemine oturmasını ve zeminin içsel basıncını (P_0) göstermektedir. P_0 'dan sonra eğrinin doğrusal bir şekilde artışı elastik safhada görülmektedir ve elastik safhadan sonra eğri yükselmeye başlamaktadır. Bu safhaya plastik safha denilmektedir ve limit basınç (PL) hacim artışlarının teorik olarak sonsuza vardığı noktadır ki, bu teorik olarak zeminin taşıma gücünü göstermektedir (Şekil 2.8). Taşıma gücü (kg/cm^2), $q_d = PL - P_0$ 'dan bulunmaktadır.



Şekil 2.7. PMT silindirik tüp ve kısımları (Aytekin, 2004'den)



Şekil 2.8. Pressiometre deney grafiği (Şekercioğlu, 2002'den)

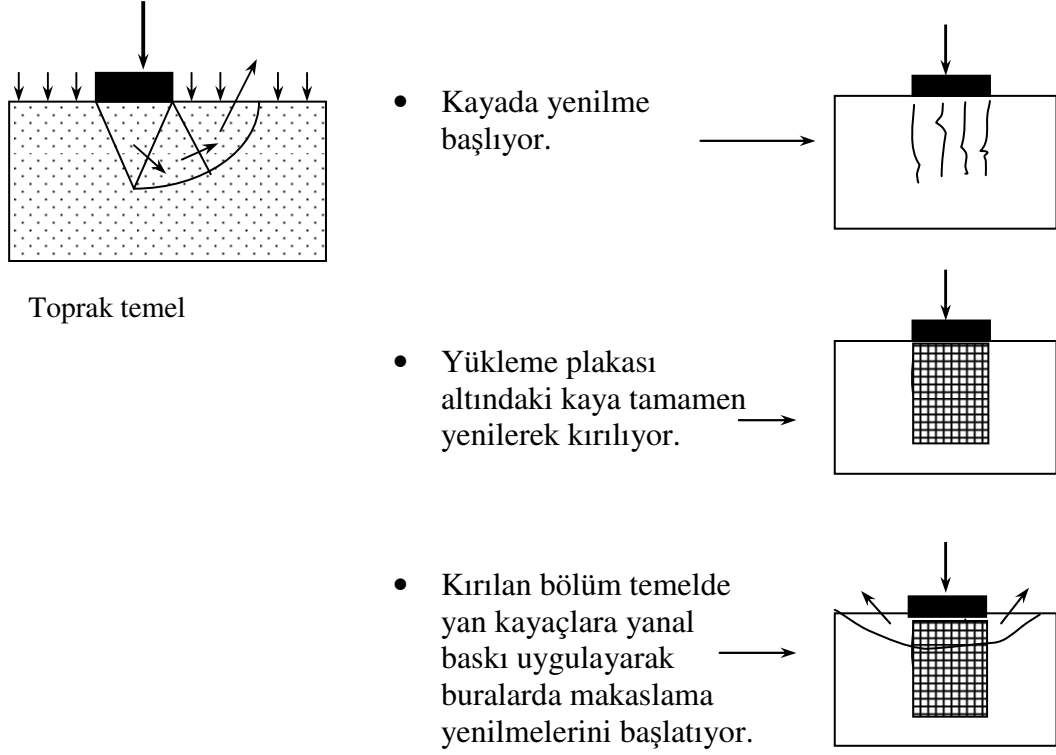
2.2.2.5. Plaka Yükleme Deneyi

Plaka yükleme deneyi ile özellikle ulaşım yapıları (yol ve pist inşaatlarının sığ temelleri gibi) temellerinin veya zemin katmanlarının taşıma güçleri belirlenebilmektedir.

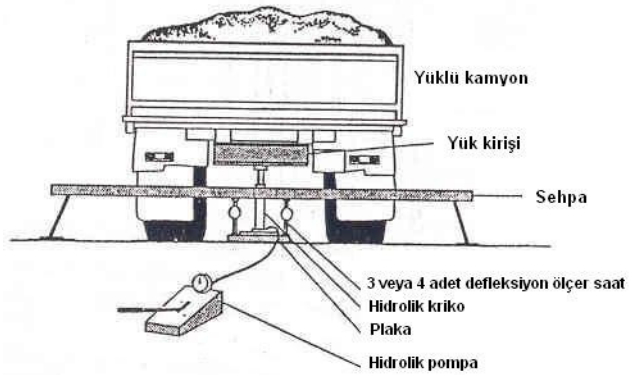
Plaka yükleme deneyinin temelini oluşturan yenilme mekanizması Şekil 2.9'da gösterilmektedir. Şekil 2.9'da homojen ortamlarda yenilmenin nasıl başlayıp devam ettiği belirtilmektedir. Temel ortamının heterojen yapı göstermesi, yenilmeyi hızlandırmakla birlikte yük dağılımını etkileyerek temel altındaki eş yük dağılım eğrilerinin farklılaşmasına neden olmaktadır.

Toprak zeminlerde temel altında oluşan V-şeklindeki kamalaşma pekişerek yan taraftaki bölümlerin itilmesine neden olmaktadır. Böylece yükleme plakası pekişme sırasında düşey yönde hareket ederken itmenin başlamasıyla plaka yanlarındaki zeminde yükselmeler görülmektedir. Kaya kütlelerinde dayanım göreceli olarak toprağa göre daha fazladır ancak bu malzemenin de bir dayanım sınırı bulunmaktadır ve bu değere ulaşıncaya kadar kırılmaktadır. Bu aşamada yük taşıma kapasitesi hızla düşmekte fakat yankayaçların uyguladığı yatay gerilmelerden dolayı üç eksenli basınç dayanımı deneyinde olduğu gibi düşey yüke karşı direnci aniden düşmemekte, zamanla yavaş yavaş azalmaktadır. Kayaçlar, temel plakası altındaki kayacın tamamen kırılarak yenilmesinden sonra toprak zeminler gibi davranmaktadır (Şekil 2.9).

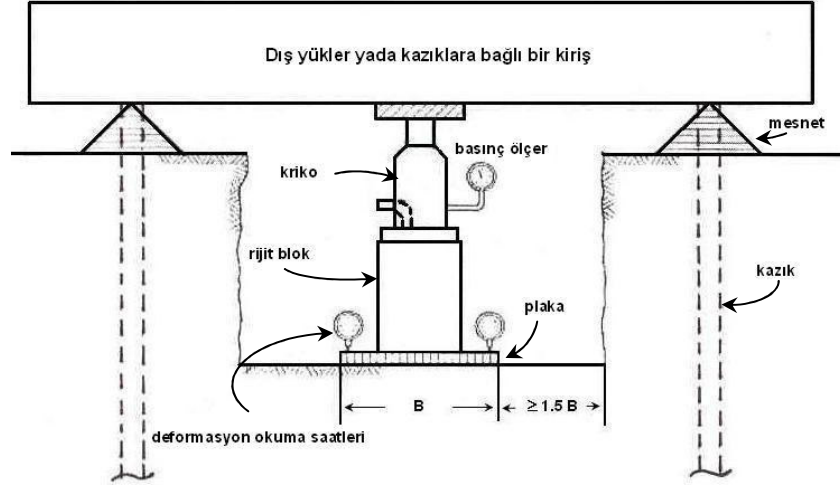
Plaka yükleme deneyi, Şekil 2.10'da görüldüğü gibi zemin yüzeyinde veya deney çukurlarında (Şekil 2.11) yapılabilmektedir.



Şekil 2.9. Kaya kütlelerinde ve toprakta plaka yükleme deneyinde yük plakası altında gelişen yenilme zonları ve yenilme davranışları (Goodman, 1980 : Gökay, 2001).

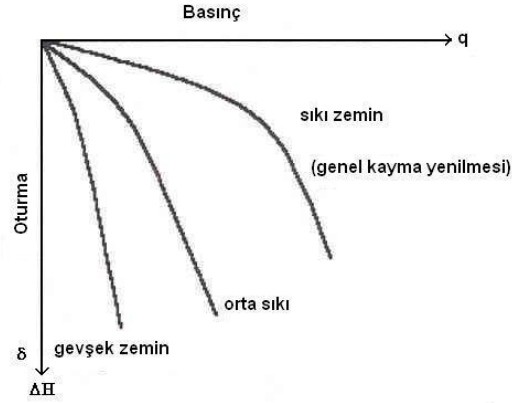


Şekil 2.10. Zemin yüzeyinde plaka yükleme deneyi (Tunç, 2002'den)



Şekil 2.11. Deney çukuru içerisinde plaka yükleme deneyi (Aytekin, 2004'den)

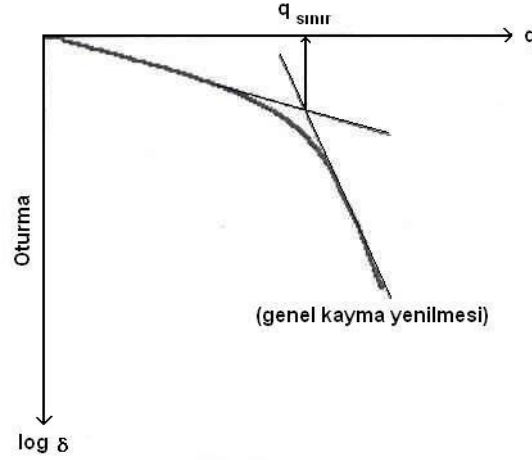
Zeminin taşıma gücü, plaka yükleme deneyi ile zeminde meydana gelen oturmalarından yararlanılarak belirlenmektedir. Şekil 2.11'de görülen plaka yükleme deney düzeninde çapları 10 cm ile 75 cm arasında değişen plakalar kullanılmaktadır. Deneylerde bazen bir kenarı 30 cm olan kare plakalar da kullanılabilir. Deney için kullanılacak plaka zemin üzerine iyi bir temas sağlayacak biçimde yerleştirilmektedir. Daha sonra, bu plaka düşey yönde yüklenmektedir. Sabitleyici olarak yüklü kamyon (Şekil 2.10) veya Şekil 2.11'de görülen dış yükler (çeşitli ağırlıklar; çimento torbaları, taşlar vb.) yada kazıklara bağlanmış bir kiriş kullanılabilir. Yükleme krikonun aracılığı ile kademeli olarak (genellikle tahmin edilen nihai taşıma gücünün 1/10'u kadar) artırılmak suretiyle yapılmakta ve bu yük altındaki çökmenin hassas deformasyon saatleri yardımıyla ölçülmesi ile oturma-basınç eğrisi çizilmektedir. (Şekil 2.12). Bu yükleme sonucunda zeminin sınır taşıma gücü bulunmakta ve buradan da zeminin emniyetle taşıyabileceği yük belirlenmektedir.



Şekil 2.12. Tipik oturma-basınç eğrileri (Aytekin, 2004'den)

Zeminin emniyet gerilmesi, sınır taşıma gerilmesi Şekil 2.13'de gösterildiği gibi belirlendikten sonra bu değer belirli bir güvenlik sayısına (GS) (genellikle 2-4 arasında) bölünerek bulunabilmektedir.

$$q_{em} = \frac{q_{sınır}}{GS}$$



Şekil 2.13. Sınır taşıma gerilmesinin elde edilişi (Anonim, 1988a)

2.2.2.6. Sismik Hız

Sismik yöntem, inşaat zemini jeoteknik etütlerinde son yıllarda artan bir hızla kullanılmaktadır. İlk defa Imai (1976) tarafından taşıma gücü (q_d) ile zeminin enine (V_s) ve boyuna (V_p) sismik dalga hızları arasında aşağıda verilen ilişkiler geliştirilmiştir (Keçeli, 1990).

$$V_s \text{ (km/sn)} = 138.3 q_d^{0.417} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$q_d \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 10 V_p^3 \text{ (km/sn)}$$

Tüzker ve Keçeli (1988) zemin taşıma gücü (q_d) ve zemin emniyet gerilmesi (q_{em}) ile ilgili aşağıdaki ilişkileri geliştirmişlerdir (Keçeli, 1995).

$$q_d \text{ (kg/cm}^2\text{)} = \frac{dV_p}{100}$$

V_p : Boyuna sismik dalga hızı (m/sn)

d : Birim ağırlık (gr/cm³)

Yoğunluk numune alınarak saptanabildiği gibi, Telford (1976) tarafından verilen sismik hız ve yoğunluk arasındaki ilişki kullanılarak da bulunabilmektedir (Keçeli, 2000).

$$d \text{ (gr/cm}^3\text{)} = 0.31 V_p^{0.25} \text{ (m/sn) (Zeminlerde)}$$

$$d \text{ (gr/cm}^3\text{)} = 1.6 + 0.2V_p \text{ (km/sn) (Kaya birimlerinde)}$$

$$q_{em} = q_d / GS$$

Güvenlik sayısı (GS) 2 - 4 arasında bir değer olarak alınabildiği gibi boyuna ve enine sismik dalga hızlarının oranı ($GS = V_p/V_s$) olarak da alınmaktadır (Keçeli, 1990). Böylece zemin emniyet gerilmesi aşağıdaki gibi hesaplanabilmektedir.

$$q_{em} = \frac{dV_s}{100}$$

V_s : Enine sismik dalga hızı (m/sn)

d : Birim ağırlık (gr/cm³)

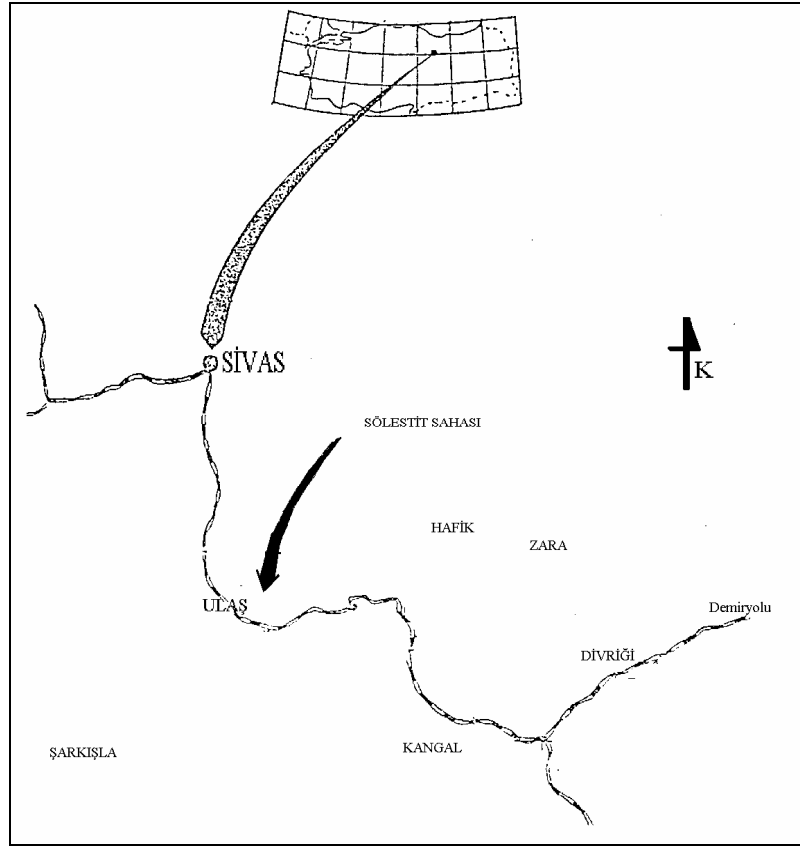
3. ÇALIŞILAN İŞLETMELERİN TANITIMI

Planlanan arazi çalışmaları (Bölüm 5) doğrultusunda çeşitli dönemlerde Barit Maden Türk A.Ş.'ne ait Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi, Erdemir Maden A.Ş.'ye ait Divriği Demir Açık İşletmesi ve Demir-Export A.Ş.'ye ait Kangal Kömür Açık İşletmesi olmak üzere üç farklı açık işletmede üretim çalışmalarını aksatmayacak şekilde, değişik kaya birimlerinin taşıma kapasitelerinin ve kütle özelliklerinin belirlenmesine yönelik kapsamlı bir arazi çalışması yapılmıştır. Bu bölümde arazi çalışmalarının gerçekleştirildiği bu işletmelerle ilgili genel bilgiler verilmiştir.

3.1. Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi

Barit Maden Türk Anonim Şirketi tarafından açık ocak işletmeciliği ile üretim faaliyetleri sürdürülen Sivas-Ulaş Akkaya yöresi sölestit sahası, Sivas-Malatya karayolunun 27. km'sinin 3 km kuzeydoğusunda yer alan Akkaya köyü yakınındadır (Şekil 3.1).

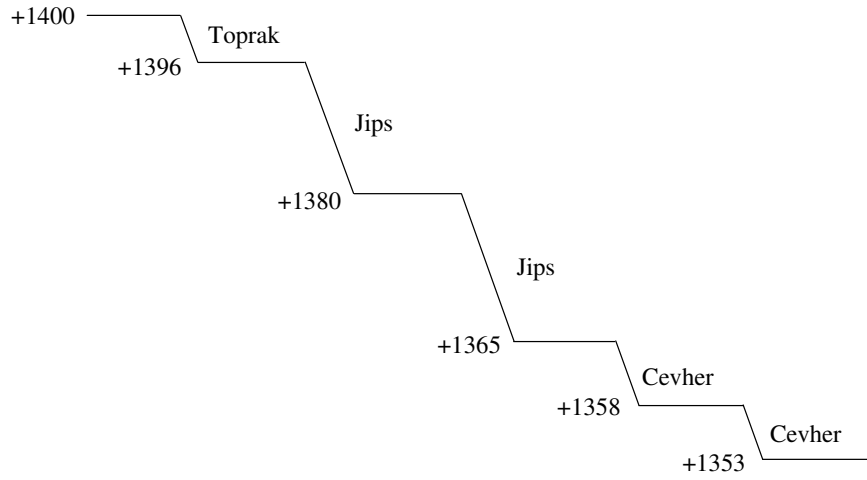
İşletmenin tüvenan cevher üretim kapasitesi ortalama 50000 ton/yıl, örtükazı programı ise 150000 m³/yıl'dır. Örtükazı ve cevher üretimi 2003 yılından itibaren taşeron firma tarafından yapılmaktadır. Gerek cevherde, gerekse örtü tabakasında delme-patlatma uygulanmaktadır. Yıllık ortalama çalışma süresi yaklaşık 5 aydır. Ocakta üretilen cevher (-60 cm), açık ocak sahasında bulunan primer kırıcıdan geçirildikten sonra (-5 cm), ocak sahasına 9 km uzaklıkta, Sivas – Malatya yolunun 21. kilometresindeki Taşlı Dere mevkiinde kurulan cevher zenginleştirme tesisine taşınmaktadır. Burada zenginleştirme işlemine tabii tutulduktan sonra, elde edilen konsantre ihraç edilmek üzere İskenderun'a gönderilmektedir.



Şekil 3.1. Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi yer bulduru haritası

Sölestit sahasındaki örtü tabakası esas itibariyle jips ve anhidrittir. 1999 yılına kadar sahadaki alçıtaşı dekapaj olarak çıkarılmakta iken saha içerisinde 1999 yılında faaliyete geçen alçı fabrikası için alçıtaşı hammadde olarak çıkarılmakta ve fabrikaya beslenmektedir. Primer kırıcıya beslenen cevher boyutu -60 cm'dir. Bu amaçla işletmede bulundurulmuş bir hidrolik çekiç (hidrolik kırıcı), gerektiğinde atımlarda ortaya çıkan büyük blokların küçültülmesinde kullanılmaktadır.

Arazi çalışması, sahada yeralan toprak (yol) ve jips kaya biriminin bazı malzeme ve kütle özellikleri ile taşıma kapasitelerinin belirlenmesi amacıyla 1400 (toprak-yol) ve 1396 (jips) kotundaki basamaklarda gerçekleştirilmiştir. Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi'nde çalışılan basamaklar ve kotları, ocağı karakterize eden Şekil 3.2'deki kesitte verilmektedir.



Şekil 3.2. Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi'nin karakteristik kesiti

3.1.1. Makina-ekipman durumu

İşletmede bulunan ekipman Tablo 3.1'de verilmektedir. 2004 yılında birçok ekipman işletme tarafından farklı bir sahaya nakil edilmeye başlanmıştır.

Tablo 3.1. Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi'nin Makina-Ekipman Durumu

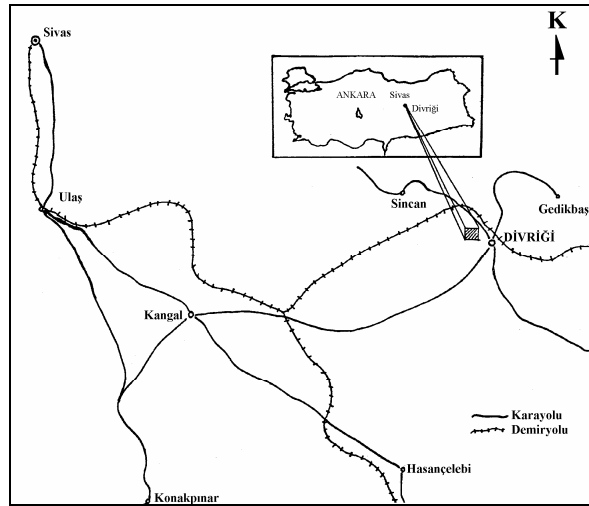
Ad	Model	Kapasite	Miktar (Adet)
Hidrolik ekskavatör	Liebherr (962)	3.5 m ³	1
Hidrolik ekskavatör	Beko	1.6 m ³	1
Kamyon	Caterpillar (769-C)	50 ton	3
Kamyon	DJB (350)	30 ton	2
Kamyon	Terex (3368)	20 ton	2
Kamyon	Terex (R17)	15 ton	4
Delme makinası	Atlas Copco (3 ½")	3 ½"	3
Yükleyici	Caterpillar (973)	2.8 m ³	5
Yükleyici	Caterpillar (930)	1.6 m ³	1
Yükleyici	Caterpillar (920)	1.2 m ³	1
Yükleyici	Kawasaki (70B)	1.9 m ³	2
Buldozer	Caterpillar (D8L)	350 HP	1

3.2. Divriği Demir Açık İşletmesi

A ve B kafa diye adlandırılan ve Türkiye'nin bilinen en büyük demir yataklarından biri olan Divriği demir yatağı, Sivas iline bağlı ve Sivas'ın 184 km

güneydoğusunda bulunan Divriği ilçesi sınırları içerisinde ve ilçe merkezine 15 km uzaklıktaki Sivri Tepe (Rakım: 1650 m)'nin güneyinde yer almaktadır (Şekil 3.3).

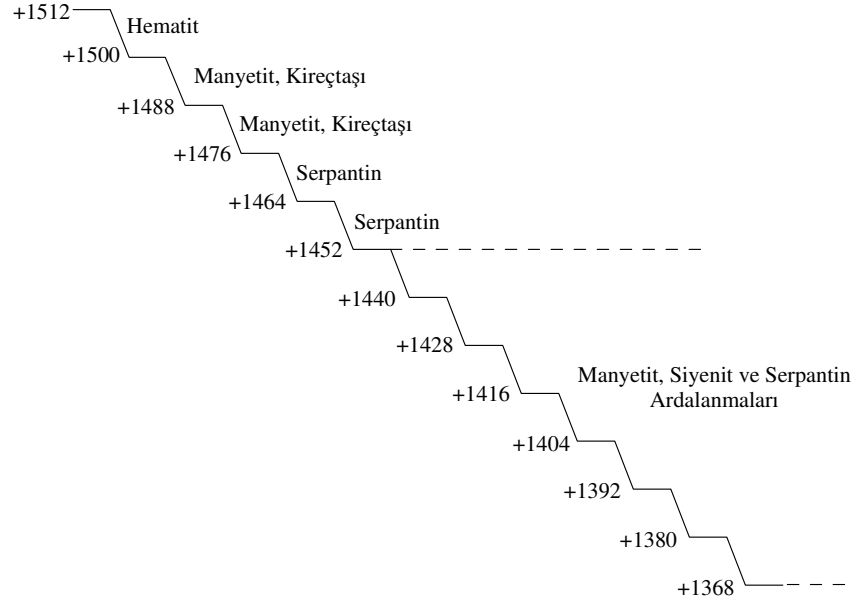
1994 yılına kadar T.D.Ç.İ. Divriği Madenleri Müessesesi Müdürlüğü'ne bağlı olan Divriği Demir Açık İşletmesi, 1994 - 2004 yılları arasında Divhan A.Ş. Genel Müdürlüğü bünyesinde üretim faaliyetlerini sürdürmüş, Mart 2004'ten itibaren özelleştirme ile Erdemir Maden A.Ş. ye devredilmiştir. Açık işletme, Divriği ve Cürek arasında yer almakta ve yaklaşık 50 yıldır A-kafa bölümünden manyetit, B-kafa bölümünden ise manyetit ve az miktarda da hematit üretimi yapılmaktadır. Örtü tabakasını oluşturan kaya birimlerinde (serpantin ve kalker) ve cevherde doğrudan kazı mümkün olmamakta ve basamak patlaması yapılmaktadır. Kazı - yükleme ve taşımada ekskavatör - kamyon yöntemi uygulanmakta ve ayrıca cevher kuyu ve galeri (band konveyör) nakliye sistemi ile pelet konsantrasyon tesisine beslenmektedir. İşletmeye ait iş makinalarının gerek yetersizliği gerekse çok eski olması nedeni ile örtükazı işleminde müteahhitlere de iş verilmektedir.



Şekil 3.3. Divriği Demir Açık İşletmesi yer buldurular haritası

Arazi çalışması, sahada yer alan manyetit, serpantin ve siyenit kaya birimlerinin bazı malzeme ve kütle özellikleri ile taşıma kapasitelerinin belirlenmesi amacıyla 1440 kotundaki basamakta gerçekleştirilmiştir. Divriği

Demir Açık İşletmesi'nde çalışılan basamaklar ve kotları, ocağı karakterize eden Şekil 3.4'deki kesitte verilmektedir.



Şekil 3.4. Divriği Demir Açık İşletmesi'nin karakteristik kesiti

3.2.1. Makina-ekipman durumu

Bu çalışmanın sürdürüldüğü sırada işletmenin makina ve ekipman durumu Tablo 3.2'de verilmektedir.

Tablo 3.2. Divriği Demir Açık İşletmesi'nin Makina-Ekipman Durumu

Ad	Model	Kapasite	Miktar (Adet)
Elektrikli ekskavatör	EKG	4.6 m ³	7
Hidrolik ekskavatör	Caterpillar	3.6 m ³	1
Kamyon	Komatsu (R-32)	30 ton	1
Kamyon	Euclid (R-50)	50 ton	10
Kamyon	Astra (BM 42-D)	35 ton	4
Delme makinası	Ingersoll DM-45	6 ½"	1
Delme makinası	Haus-Her (6 ½")	6 ½"	3
Delme makinası	SKT (6 ½")	6 ½"	1
Buldozer	Komatsu (D 355A-3)	410 HP	3
Buldozer	Komatsu (D 155A-1)	320 HP	2
Yükleyici	Kawasaki (97 ZIV)	5 m ³	2

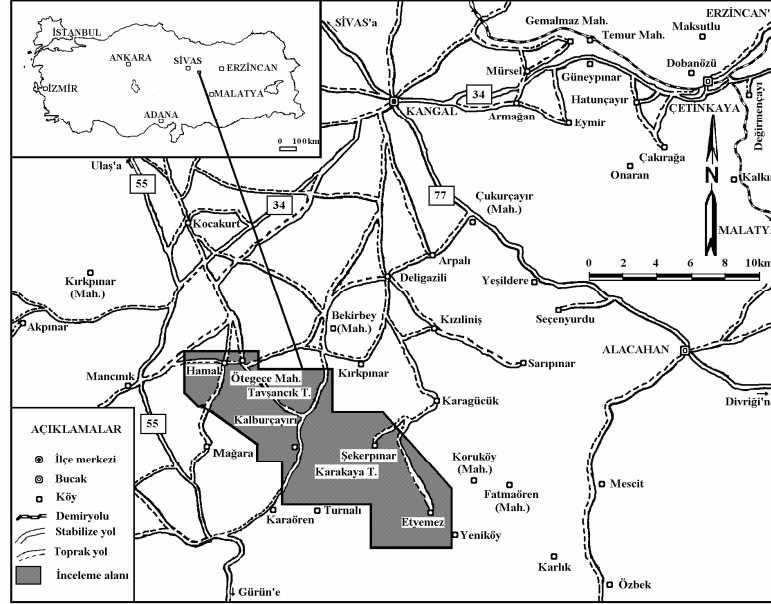
3.3. Kangal Kömür Açık İşletmesi

Sivas-Kangal Termik Santrali'nin ihtiyacı olan kömürün üretildiği Kangal Kömür Açık İşletmesi, Kangal ilçesine 30 km mesafede bulunmaktadır (Şekil 3.5). Ruhsatı Elektrik Üretim A.Ş.'ye ait olan bu sahanın işletmeciliği, 1989 yılından beri, uzun süreli bir anlaşma kapsamında Demir Export A.Ş. tarafından yapılmaktadır.

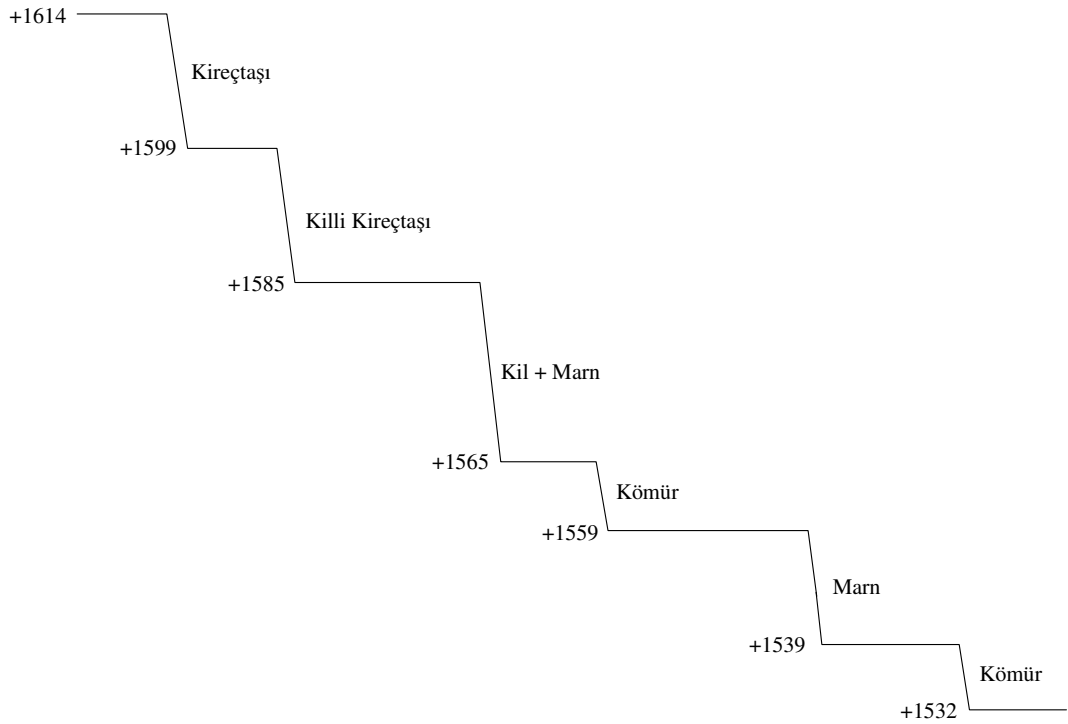
Halen üretimin sürdürüldüğü Kalburçayırı sektöründe kömür, herbiri 7 m kalınlığında iki damar halinde bulunmaktadır. Üst damar üzerindeki örtü kalınlığı 42 m, her iki damarın arasındaki ara örtü kalınlığı ise 20 m'dir. Termik santralin ihtiyacı olan yıllık 6 milyon ton kömür üretiminin yapılması için gereken üst ve ara örtü kazısı miktarı yılda yaklaşık 28 milyon m³'tür. Kangal kömür sahasında uygulanan işletme yönteminde, üst örtü kazısı ile her iki kömür damarının üretiminde, elektrikli ekskavatör-kamyon kombinasyonu; ara örtü kazısında ise, 70 yd³ kepçe kapasiteli dragline kullanılmaktadır.

Etüd alanında 1450-1690 metreleri arasında değişen yükseklikler vardır. İşletme sahası genellikle küçük engebeler içeren yüksek plato görünümünde olup, güney yöreleri kuzeye göre erozyonlar nedeniyle daha engebeli gözükmektedir. Sahayı kuzeyden güneye kateden dere kuzeyde Kazıklı, güneyde Balıkan ismini almaktadır. Yüksekliklerden doğan çok sayıda küçük dereler mevcuttur. Bunlar işletme koşullarını olumsuz yönde etkilemektedir.

Arazi çalışması, sahada yeralan döküm sahası (Şuğul Tepe Bölgesi), killi kireçtaşı ve kireçtaşı kaya birimlerinin bazı malzeme ve kütle özellikleri ile taşıma kapasitelerinin belirlenmesi amacıyla 1599 (killi kireçtaşı), 1614 (kireçtaşı) kotundaki basamaklarda ve 1605 kotunda (döküm sahası) gerçekleştirilmiştir. Kangal Kömür Açık İşletmesi'nde çalışılan basamaklar ve kotları, ocağı karakterize eden Şekil 3.6'daki kesitte verilmektedir.



Şekil 3.5. Kangal Kömür Açık İşletmesi yer bulduru haritası



Şekil 3.6. Kangal Kömür Açık İşletmesi'nin karakteristik kesiti

3.3.1. Makina-ekipman durumu

Bu çalışmanın sürdürüldüğü sırada işletmenin makina ve ekipman durumu Tablo 3.3’de verilmektedir.

Tablo 3.3. Kangal Kömür Açık İşletmesi’nin Makina - Ekipman Durumu

Ad	Model	Kapasite	Miktar (Adet)
Dragline	Marion (8050)	70 yd ³	1
Elektrikli ekskavatör	Marion (201 – II)	25 yd ³	5
Elektrikli ekskavatör	Marion (191)	20 yd ³	1
Elektrikli ekskavatör	P&H (1900 AL)	10 yd ³	3
Kamyon	Komatsu (HD 785-1)	85 ton	42
Kamyon (Dorseli)	Komatsu (HD 785-1)	120 ton	4
Kamyon	Caterpillar (D-9)	177 ton	7
Delme makinası	Ingersollrand (9")	9 9/16"	4
Buldozer	Komatsu (D 155A-1)	320 HP	8
Buldozer (Riperli)	Komatsu (D 155A-1)	320 HP	3
Greyder	Komatsu (GD 705R)	180 HP	2
Yükleyici	Terex (7271)	3.8 m ³	1
Yükleyici	Terex (7251)	1.7 m ³	1

4. PLAKA YÜKLEME DENEY DÜZENEGİNİN OLUŞTURULMASI

Bu bölümde, açık işletmelerde değişik kaya birimlerindeki çalışma alanlarının ve nakliye yollarının taşıma kapasitelerinin belirlenmesine yönelik olarak yapılan literatür çalışması (Anonim, 1987; Anonim, 1988a; Anonim, 1988b; Anonim, 1994; Gökay, 1988; Capper ve Cassie, 1984; Paşamehmetoğlu, vd.,1991) ışığında kontrollü bir plaka yükleme deney düzeneğinin oluşturulması ve arazi uygulaması anlatılmıştır. Deney düzeneğinin kurulması için gerekli alet ve cihazların bir bölümü (Hidrolik silindir, hidrolik pompa, basınç çevirici, güç çevirici, elektronik deplasman ölçerler ve veri toplama ünitesi) Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Kaya Mekaniği Laboratuvarı'ndan sağlanmıştır. Şekil 4.1'de gösterilen deney düzeneğindeki diğer aletler ise (Deplasman ölçer bağlantı ünitesi, metal diskler ve zemin plakaları) tasarlanmış ve Sivas Organize Sanayi Bölgesi'nde yaptırılmıştır.

4.1. Deney Düzeneğinde Kullanılan Alet ve Cihazlar

4.1.1. Hidrolik pompa ve hidrolik silindir

Yağ basıncı 700 bar'lık hidrolik bir el pompası (Enerpac P-80) tarafından sağlanan alüminyum hidrolik silindir, 50 ton kapasiteye ve 150 mm strok boyuna (maksimum piston yükselimi) sahiptir (Şekil 4.1). Enerpac RAC-506 marka bu hidrolik silindir 286 mm boyunda, 130 mm çapında ve 11.1 kg ağırlığındadır. Silindir etkin alanı (yağın etki ettiği yüzey alanı) 70.9 cm^2 'dir.

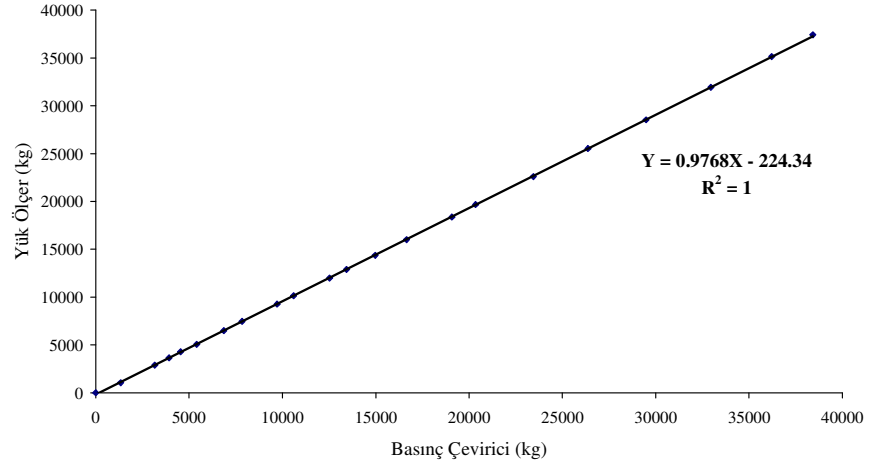
4.1.2. Basınç çevirici

Hidrolik silindir ile uygulanan basıncı sürekli ve sayısal olarak ölçebilmek için 500 kg/cm^2 kapasiteli bir basınç çevirici (PW-500) kullanılmıştır. Basınç çeviricinin kalibrasyon katsayısı 0.1248 kg/cm^2 'dir. Plaka yükleme deneylerinde yük okuması yapabilmek için veri toplama ünitesine, basınç çeviricinin kalibrasyon katsayısı olarak $0.1248 \text{ kg/cm}^2 * 70.9 \text{ cm}^2 = 8.84832 \text{ kg}$ değeri girilmiştir.



Şekil 4.1. Plaka yükleme deney düzeneği

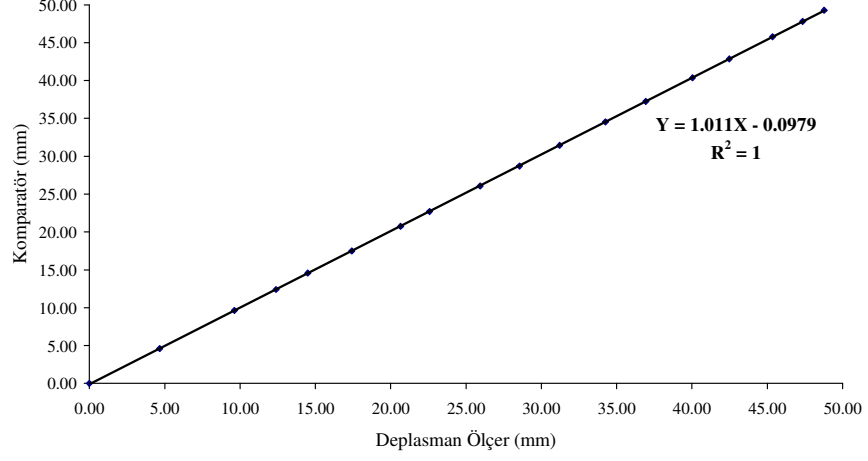
Veri toplama ünitesinden okunacak değerlerin doğruluğunu belirlemek amacıyla, basınç çeviricinin kaya mekaniği laboratuvarında kalibrasyonu yapılmıştır. Kalibrasyon işleminde elektronik yük ölçer (load cell) kullanılmıştır. Veri toplama ünitesinden okunan yük değerlerine (kg) karşılık yük ölçer değerleri (kg) kaydedilmiştir. Basınç çeviricinin kalibrasyon eğrisi Şekil 4.2’de verilmiştir.



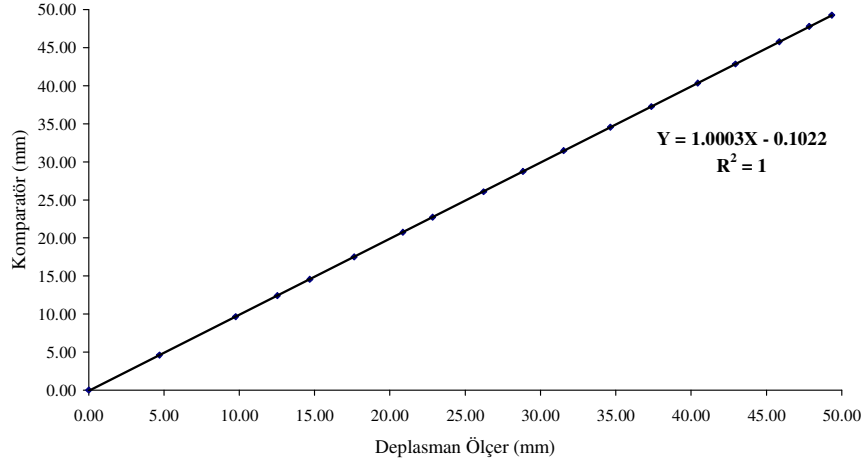
Şekil 4.2. Basınç çeviricinin kalibrasyon eğrisi

4.1.3. Deplasman ölçerler

Plaka batmalarının ölçülebilmesi için iki adet (5 cm ve 10 cm’lik) elektronik deplasman ölçer (CDP-50 ve SDP-100C) kullanılmıştır. Deplasman ölçerlerin kalibrasyonu kaya mekaniği laboratuvarında komparatör ile yapılmıştır. CDP-50 deplasman ölçerinin kalibrasyon eğrisi Şekil 4.3’de, SDP-100C deplasman ölçerinin kalibrasyon eğrisi ise Şekil 4.4’de verilmiştir. Veri toplama ünitesine, CDP-50 deplasman ölçer için 0.01, SDP-100C deplasman ölçer için ise 0.02 kalibrasyon katsayısı değerleri girilmiştir.



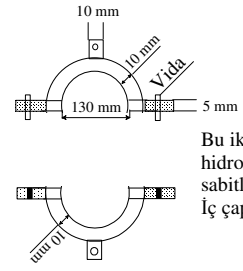
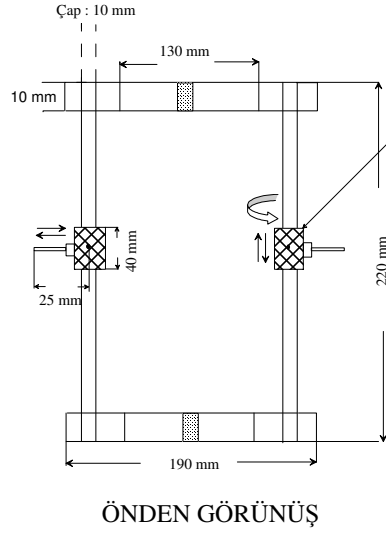
Şekil 4.3. Deplasman ölçer (CDP-50) kalibrasyon eğrisi



Şekil 4.4. Deplasman ölçer (SDP-100C) kalibrasyon eğrisi

4.1.4. Deplasman ölçerleri bağlama ünitesi

Elektronik deplasman ölçerlerin, hidrolik silindire bağlantısını ve zemine dik konumda kalmalarını sağlayan iki parçalı (hidrolik silindir üzerinde birleşen) bir bağlantı ünitesi tasarlanmış ve Sivas Organize Sanayi Bölgesi'nde bulunan bir metal atölyesinde imal ettirilerek deney düzeneğine eklenmiştir. Bağlantı ünitesinin görünüşleri Şekil 4.5'de verilmiştir.



Şekil 4.5. Deplasman ölçer bağlantı ünitesi görüntüleri

4.1.5. Veri toplama ünitesi

Basıç çevirici ve elektronik deplasman ölçerlerden veri toplama işlemi TDS-601 marka veri toplama ünitesi (data logger) kullanılarak sağlanmıştır. 110 veya 220 V ile çalışan veri toplama ünitesi 10 kanallıdır. 10 farklı kanaldan aynı anda değişik parametreler (yük, deplasman, sıcaklık, voltaj, akım, devir) ölçülebilmektedir. Ölçüm değerleri veri toplama ünitesinin yazıcısından alınabildiği gibi 3.5" lik disk sürücüsü kullanılarak diskete de aktarılabilmektedir.

4.1.6. Güç çevirici ve akü

Deney düzeneğinde XPower Inverter 300 marka güç çevirici kullanılmıştır. Güç çevirici 12 V'luk aküden aldığı güç ile 220 V besleme yapabilmektedir. Güç çevirici, sabitleyici olarak kullanılan kamyonun veya ekskavatörün aküsüne de bağlanabilmektedir. Güç çevirici kullanılarak 220 V ile çalışan veri toplama ünitesinin arazide çalıştırılması sağlanmıştır.

4.1.7. Zemin plakaları

Zemin ile hidrolik silindir arasına yerleştirilen 10.95, 14.78, 19.68 ve 28.18 cm çaplarında, 2.5 cm kalınlığında ve yüzeyleri ± 0.002 mm hassasiyetinde paslanmaz çelikten zemin plakaları tasarlanmış ve sanayide imal ettirilmiştir.

4.1.8. Metal diskler

Hidrolik silindir pistonu ile sabitleyici (yükli kamyon) arasındaki mesafeyi azaltmak ve yük aktarımını sağlamak için 1, 2, 5, 10 ve 15 cm kalınlıklarında paslanmaz çelikten metal diskler yaptırılmıştır.

4.1.9. Çekiç, spatula ve su düzeci

Deney yapılacak zeminin düzeltilmesi ve düzlüğünün kontrolü için deney düzeneğine çekiç, spatula ve su düzeci de eklenmiştir.

4.2. Arazide Deney Düzeneğinin Kurulması ve Deneyin Yapılışı

Arazide yapılması gereken çalışmalar aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir. Deney düzeneği Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Deney düzeneğinde bulunan basınç çevirici ve elektronik deplasman ölçerlerin deney öncesinde kalibrasyonu yapılmış olmalıdır.

- i. Deney yapılacak birim belirlendikten sonra zemin çekiç, spatula vb. aletler ile düzeltilir ve su terazisi ile kontrol edilir.
- ii. Sabitleyici (yükli kamyon veya ekskavatör) deney alanı üzerine konumlandırılır ve zemin plakası yerleştirilir.
- iii. Zemin plakası üzerine, deplasman ölçer bağlantı ünitesi takılı olan hidrolik silindir yerleştirilir ve hidrolik silindire hidrolik pompa bağlanır.
- iv. Hidrolik silindir ve sabitleyici arasındaki boşluk uygun boyutlardaki metal disklerle doldurulur.
- v. Elektronik deplasman ölçerler bağlantı ünitesine monte edilir ve ayarlanır.
- vi. Güç çeviricinin 12 V'luk aküye bağlantısı yapılır.
- vii. Elektronik deplasman ölçerler ve basınç çevirici, güç çevirici ile beslenen veri toplama ünitesine bağlanır.
- viii. Hidrolik silindire hidrolik pompa ile yük uygulanmaya başlanır.
- ix. Yük ve deplasman değerleri veri toplama ünitesinde istenilen aşamaya kadar sürekli ve zamana bağlı olarak kaydedilir.



Şekil 4.6. Plaka yükleme deneyi

5. ARAZİ VE LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

Bu çalışmada, Giriş Bölümü'nde verilen araştırmanın amacı doğrultusunda bir program hazırlanmış ve Sivas civarında bulunan bazı açık işletmelerde (Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi, Divriği Demir Açık İşletmesi ve Kangal Kömür Açık İşletmesi) değişik kaya birimlerinin (jips, manyetit, siyenit, serpantin, kireçtaşı, killi kireçtaşı) taşıma kapasiteleri belirlenmiştir. Ayrıca söz konusu kaya birimlerinde sismik ve yer sarsıntısı ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Diğer yandan, kaya birimlerinin bazı kütle ve malzeme özellikleri arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda belirlenmiştir.

Konu ile ilgili literatür çalışmaları değerlendirilerek öncelikle gerek bu araştırmada gerekse sonraki araştırmalarda kullanılmak üzere kaya kütle ve malzeme özellikleri ile taşıma kapasitesinin belirlenmesine yönelik arazi veri formu hazırlanmıştır (Tablo 5.1). Bu veri formu genel bilgiler, kaya birimine ait bilgiler, sismik hız ölçümleri, yer sarsıntısı ölçümleri ve plaka yükleme deneyleri olmak üzere beş ana başlık altında toplanmıştır.

Tablo 5.2'de çalışılan kaya birimleri ve bu birimlerin bulunduğu işletmeler verilmektedir.

Tablo 5.2. Çalışılan Kaya Birimleri

Kaya Birimi	İşletme
Manyetit	Divriği Demir Açık İşletmesi
Siyenit	Divriği Demir Açık İşletmesi
Serpantin	Divriği Demir Açık İşletmesi
Kireçtaşı	Kangal Kömür Açık İşletmesi
Killi Kireçtaşı	Kangal Kömür Açık İşletmesi
Döküm Sahası	Kangal Kömür Açık İşletmesi
Jips	Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi
Toprak (Yol)	Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi

Geliştirilen kontrollü plaka yükleme deney düzeneği (Bölüm 4) kullanılarak söz konusu kaya birimlerinin taşıma kapasiteleri belirlenmiştir. Plaka yükleme deneyleri, sismik ve yer sarsıntısı ölçümlerinin yapıldığı iki farklı profil boyunca 2'şer metre aralıklarla değişik çaplardaki plakalar kullanılarak yapılmıştır.

Kaya birimlerinin kütle ve malzeme özelliklerinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

i. Jeoteknik çalışmalar (Çalışılan kaya birimlerinin bazı kütlese özelliklerinin belirlenmesi).

- Renk
- Ayrışma durumu
- Su durumu
- Tabakalanma kalınlığı
- Süreksizliklerin aralığı, konumu, durumu, açıklığı, sayısı, dolgu maddesi ve yüzey pürüzlülüğü

ii. Yerinde deneyler.

- Schmidt çekici deneyi
- Nokta yükleme dayanımı deneyi

iii. Sismik hız ölçümleri.

Kaya birimlerinin sismik hız (P-dalga) ölçümleri, Cumhuriyet Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'ne ait Geometrics firması tarafından üretilen 12 kanallı SmartSeis sismograf kullanılarak yapılmıştır. Ölçümlerde kullanılan SmartSeis sismografin bazı teknik özellikleri Tablo 5.3'de verilmektedir.

iv. Yer sarsıntısı ölçümleri.

Cumhuriyet Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü'ne ait InstanTEL firmasının ürettiği DS-677 titreşim izleme sistemi (Blastmate) kullanılarak enine (PPVT), düşey (PPVV), boyuna (PPVL), bileşke (PVS) ve maksimum (PPV) parçacık hızı değerleri belirlenmiştir. Yer sarsıntısı ölçümleri, basamak aynasına dik ve paralel iki değişik yöndeki profil üzerinde yapılmıştır. DS-677 titreşim izleme sisteminin bazı teknik özellikleri Tablo 5.4'de verilmektedir.

v. Kaya birimlerine ait temsili blokların alınması ve laboratuvar deneyleri.

Temsili blok numuneler, C.Ü. Maden Mühendisliği Bölümü Kaya Mekaniği Laboratuvarı'nda önce blok kesme makinası kullanılarak karot alma makinasına

uygun bloklar haline getirilmiştir. Daha sonra, düzeltilen bu bloklardan değişik çap ve ebatlarda karot numuneler, karot alma makinası ile alınmıştır. Karot numuneler kesme ve parlatma makinasında düzeltilerek Uluslararası Kaya Mekanik Derneği standartlarının (ISRM, 1981) öngördüğü şekilde deneylere hazır hale getirilmiştir. Hazırlanan numuneler üzerinde aşağıda verilen deneyler ISRM, 1981 standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

- Birim ağırlık belirleme
- Gözeneklilik belirleme
- Nem oranı belirleme
- Dolaylı çekme dayanımı
- Tek eksenli basınç dayanımı
- Shore sertliği belirleme
- Tek eksenli deformabilite

Tablo 5.1. Arazi Veri Formu

I. Genel Bilgiler

Bölge ve Ocağın Adı : _____
 Basamak No veya Kot : _____
 Basamak : En: _____,m Boy: _____,m Yükseklik: _____,m
 Kaya Birimi : _____
 Tarih : _____
 Saat : _____

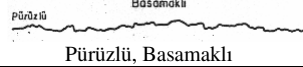

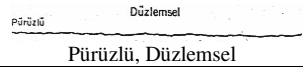
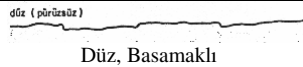
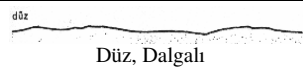
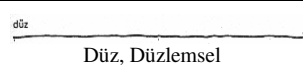
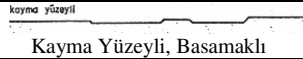
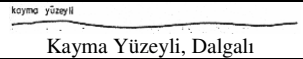
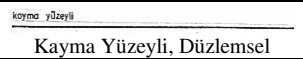
II. Kaya Birimine Ait Bilgiler**Kütle Özellikleri**

Rengi : _____
 (Kaya ve süreksizlik kısımlarında) _____
 Ayrışma Durumu : _____

1. *Taze* : Ayrışma yok. Belki süreksizlik yüzeylerinde hafif renk değişimi olabilir.
2. *Az Derecede Ayrışmış* : Hafif renk değişimi var. Kaya direncini yitirmemiş.
3. *Orta Derecede Ayrışmış* : Kaya kütlesi tümüyle renk değiştirmiş. Önemli ölçüde direncini yitirmiş.
4. *İleri Derecede Ayrışmış* : Kaya kısmen toprağa dönüşmüş, içinde dayanımsız kaya maddesi olabilir.
5. *Tümüyle Ayrışmış* : Kaya tümüyle toprağa dönüşmüş, fakat orijinal yapı ve dokusu bozulmamıştır.
6. *Kalntı* : Kaya tümüyle toprağa dönüşmüş, orijinal yapı ve dokusu bozulmuştur. (ISRM, 1978)

Su Durumu : _____
 1. Kuru 2. Nemli 3. Islak 4. Orta miktarda su basıncı 5. Çok aşırı su problemleri

Tabakalanma kalınlığı, m : _____
 (Ort. ve Max) _____
 Eklemelerin Sayısı, adet : _____
 Aralığı ve Devamlılığı, m : _____ / _____
 Konumu : _____
 Süreksizlik Açıklığı, mm : _____
 Dolgu Maddesi ve Tipi : _____ Var / Yok _____ Yumuşak / Sert
 Yüzey Pürüzlülüğü : _____

1	 Pürüzlü, Basamaklı	4	 Pürüzlü, Dalgalı	7	 Pürüzlü, Düzlemsel
2	 Düz, Basamaklı	5	 Düz, Dalgalı	8	 Düz, Düzlemsel
3	 Kayma Yüzeyli, Basamaklı	6	 Kayma Yüzeyli, Dalgalı	9	 Kayma Yüzeyli, Düzlemsel

(ISRM, 1978)

Malzeme Özellikleri

Sertlik (Schmidt) : _____
 Nokta Yükleme Dayanımı, kg/cm² : _____

Fotoğraf No :

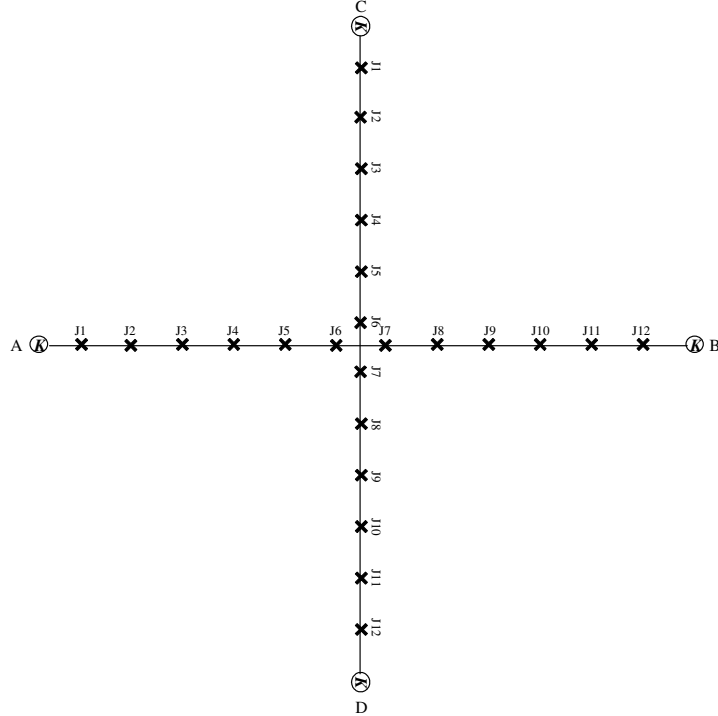
III. Sismik Hız Ölçümleri

Bölge ve Ocağın Adı : _____ Lokasyon : _____
 Sismograf Markası : _____ Tarih : _____
 Basamak No veya Kot : _____ Saat : _____
 Dosya Adı: : İleri (A - B) Geri (B - A)
 : İleri (C - D) Geri (D - C)
 Kullanılan Jeofon Sayısı : _____ Adet _____

Jeofon Aralıkları

Profil A - B	Kaynak - J1 Aralığı (m)		Profil C - D	Kaynak - J1 Aralığı (m)	
	Diğer Jeofon Aralıkları (m)			Diğer Jeofon Aralıkları (m)	
Profil B - A	Kaynak - J12 Aralığı (m)		Profil D - C	Kaynak - J12 Aralığı (m)	
	Diğer Jeofon Aralıkları (m)			Diğer Jeofon Aralıkları (m)	
Profil A-B ve Profil C-D Arasındaki Aç					

Profil A-B ve Profil C-D Konumu (Görünüş Çizimi)



IV. Yer Sarsıntısı Ölçümleri

Blastmate Veri Kaydı

Bölge ve Ocağın Adı : _____ Dosya Adı : _____
 Lokasyon : _____ Tarih : _____
 Basamak No veya Kot : _____ Saat : _____
 Blastmate Markası : _____

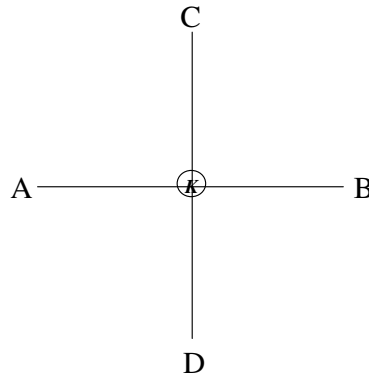
Titreşim Ölçümleri

Konum	Bileşen	Parçacık Hızı (mm/sn)							
		Deney 1	Deney 2	Deney 3	Deney 4	Deney 5	Deney 6	Deney 7	
Profil A - B	K - A Yönü	Mesafe(m)							
		PPVT							
		PPVV							
		PPVL							
		PVS							
	PPV								
	K - B Yönü	Mesafe(m)							
		PPVT							
		PPVV							
		PPVL							
PVS									
Profil C - D	K - C Yönü	Mesafe(m)							
		PPVT							
		PPVV							
		PPVL							
		PVS							
	PPV								
	K - D Yönü	Mesafe(m)							
		PPVT							
		PPVV							
		PPVL							
PVS									
PPV									

PPVT : Enine, PPVV : Düşey, PPVL : Boyuna, PVS : Bileşke, PPV : Maksimum

Profil A ve Profil B Konumu

(Görünüş Çizimi)



Tablo 5.3. Sismografin (Geometrics SmartSeis SE) Bazı Teknik Özellikleri
(Geometrics, 2000)

Kanal sayısı	12
Örnekleme aralığı	31, 64, 125, 250,500 1000 ve 2000 μ s
Kayıt uzunluğu	Kanal başına 16000 örnek
A/D çevirici	20-bit sonuç, 32-bit istifleme
Amplifikatör ayarı	Otomatik
Veri Filtreleme ve Gürültü Önleme	
Yüksek filtreleme	250, 500 ve 1000 Hz.
Düşük filtreleme	25, 35, 50, 70, 100, 140, 200, 280 ve 400 Hz
Saat	Dokümantasyon için gerçek zaman.
Jeofon	Standart: 14 Hz Düşey, Opsiyon : 30, 50 veya 100 Hz
Jeofon test	Otomatik
Vuruş ekleme (stacking)	1x – 12x veya program tarafından kabul edilebilir S/N oranına kadar
Gecikme	0-9999 ms (1 ms aralıklarla)
Ekran	LCD 640x480 Piksel, 11 inch
Arabirimler (Interfaces)	RS232, video, klavye ve yazıcı
Güç kaynağı	12V harici batarya
Sismik enerji	Balyoz, ağırlık düşürme yada patlayıcı
Çalışma sıcaklığı	- 5 + 40 °C
Veri depolama	Disket sürücü ve 40 MByte sabit disk
Veri formatı	SEG-2 standart
Yazıcı özellikleri	11 cm'lik termal yazıcı
Veri sunum özellikleri (Kırınım incelemeleri)	<ul style="list-style-type: none"> ● Yol – zaman eğrisi ● Tabaka tanımlama ● Düşey kesit ● Derinliklerin listesi ve tabaka kalınlıkları ● Hatalı olabilecek verilerin gösterilmesi
Standart sistem parçaları	12 kanallı sismograf, 12 jeofon (14 Hz) ve kabloları, harici batarya, 8 kg'lık balyoz, polyester vuruş plakası (h=5 cm, ϕ =30 cm), bilgisayar ve yazıcı bağlantı kablosu.

Tablo 5.4. Titreşim Ölçer (Blastmate) DS-677'nin Bazı Teknik Özellikleri (InstanTEL, 1993)

Sismik	Ölçüm aralığı	0.005 – 10 inç/sn (0.125 – 254 mm/sn)
	Hassasiyet	0.000625 inç/sn(0.0159 mm/sn)
	Tetik düzeyi	0.001 inç/sn (0.1 mm/sn)
	Tepe ivme	0.01 – 30 g (hesapla)
	Tepe yer değiştirme	0.0001 - 1.5 inç (hesapla)
	Frekans analizi	Tepe değerdeki frekansa ek olarak USBM/OSM ve DIN 4150 arazi frekans analizleri
	Doğruluk	15 Hz'lik ivme ölçer baz alındığında % 1
Hava Şoku Lineer ve "C" Ağırlıklı	Ölçüm aralığı	88 – 142 dB, 0.03625 psi, 250 Pa (tepe)
	Hassasiyet	0.0000725 psi (0.5 Pa)
	Tetik düzeyi	1 dB, 0.0000725 psi, 0.5 Pa
	Frekans analizleri	Hava şoku standartında frekans
"A" Ağırlıklı Ses	Ölçüm aralığı	55-110 dB
	Hassasiyet	0.2 dB
	Tetik düzeyi	0.2 dB
	Frekans tepkisi	0.5 – 8 kHz
Frekans	Örnekleme hızı	1024 örnek/sn
	Frekans tepkisi	Sismik ve lineer hava şokunda 1.5 – 250 Hz
Tam Dalga Formu Kayıtları	Kayıt modları	El ile, Tek atım, Sürekli, Otomatik
	Sabit kayıt süresi	1 – 10 sn
	Otomatik kayıt süresi	1 – 60 sn
Uzun Grafik Kayıtları	Kayıt metodu	Diske ve/veya yazıcıya
	Aralıklar	5 sn, 15 sn, 1 dak, 5 dak
	Analizler	Tepe, tepe frekansı, tepe vektör toplamı
	Maksimum kayıt süresi	Hafızaya 5 dakika aralıklarla 110 gün sürekli

6. ÖLÇÜM SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

6.1. Genel

Araştırmanın amacı doğrultusunda, Bölüm 5’te açıklanan yöntem dikkate alınarak gerek arazide gerekse laboratuvarda gerçekleştirilen çalışmaların sonuçları, bu bölümde verilmiş ve değerlendirilmiştir.

Öncelikle Bölüm 3’te tanıtılan üç farklı işletmede (Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi, Divriği Demir Açık İşletmesi ve Kangal Kömür Açık İşletmesi) yeralan değişik kaya birimlerinin (jips, manyetit, siyenit, serpantin, kireçtaşı, killi kireçtaşı) ve çalışma alanlarının (toprak yol, döküm sahası) bazı malzeme ve kütle özelliklerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen arazi ve laboratuvar deneylerinin sonuçları (jeoteknik çalışmalar, sismik hız ölçümleri, yer sarsıntısı ölçümleri, plaka yükleme deneyleri ve kaya mekaniği laboratuvar deneyleri) verilmiştir. Daha sonra ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi aşamasında, taşıma kapasitesi ile kaya mekaniği laboratuvar ve arazi deney sonuçları arasında ilişkiler araştırılmıştır.

Diğer yandan, yer sarsıntısı ölçüm sonuçları, kaya kütle ve malzeme özellikleri de dikkate alınarak taşıma kapasitesi değerleri ile ilişkilendirilmiştir. Ayrıca yapılan çalışmalar sonucunda kaya birimlerinin taşıma kapasitelerinin belirlenebileceği birçok anlamlı ilişki elde edilmiş ve çalışılan kaya birimleri dikkate alınarak taşıma kapasitesine göre bir sınıflama önerilmiştir.

6.2. Arazi ve Laboratuvar Ölçüm Sonuçları

6.2.1. Jeoteknik Çalışma Sonuçları

Jeoteknik çalışmalar, çalışılan kaya birimlerinin bazı kütsel özelliklerinin belirlenmesine yönelik olarak yapılmıştır. Kaya kütle özellikleri olarak renk, ayrışma durumu, su durumu, tabakalanma kalınlığı, süreksizlik sistemleri (aralığı, konumu,

durumu, açıklığı, sayısı, dolgu maddesi ve yüzey pürüzlülüğü) ve bunların özellikleri arazide yapılan gözlemler sonucunda kaydedilmiştir. Ayrıca Schmidt çekici sertliği belirleme ve nokta yükleme dayanımı deneyleri de yerinde gerçekleştirilmiştir.

Çalışılan değişik kaya birimlerine (jips, manyetit, siyenit, serpantin, kireçtaşı ve killi kireçtaşı) ait jeoteknik çalışma sonuçları sırasıyla Tablo 6.1 - 6.6'da verilmiştir.

Ölçümlerin yapıldığı çalışma alanları ve kaya birimleri (Toprak (yol), jips, manyetit, siyenit, serpantin, kireçtaşı, killi kireçtaşı ve döküm sahası) sırasıyla Şekil 6.1 - 6.8'de görülmektedir. Tablo 6.7'de tüm birimlere ait jeoteknik tanım ve yerinde gerçekleştirilen deneylerin sonuçları toplu halde verilmiştir.

Tablo 6.1. Jeoteknik Çalışma Sonuçları (Jips, Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi)

I. Genel Bilgiler

Bölge ve Ocağın Adı	: Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi
Basamak No veya Kot	: 1380-1396
Basamak	: En: 51 m Boy: 76 m Yükseklik: 16 m
Kaya Birimi	: Jips

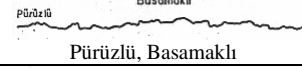

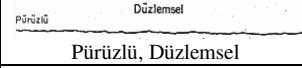
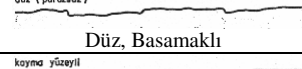
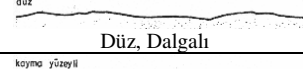
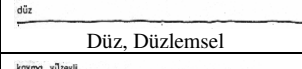
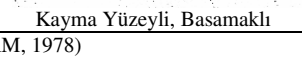
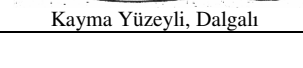
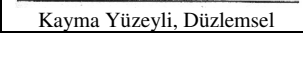
II. Kaya Birimine Ait Bilgiler**Kütle Özellikleri**

Rengi (Kaya ve süreksizlik kısımlarında)	: Açık gri, süreksizlik yüzeylerinde kahverengimsi
Ayrışma Durumu	: 2

- 1. Taze** : Ayrışma yok. Belki süreksizlik yüzeylerinde hafif renk değişimi olabilir.
- 2. Az Derecede Ayrışmış** : Hafif renk değişimi var. Kaya direncini yitirmemiş.
- 3. Orta Derecede Ayrışmış** : Kaya kütlesi tümüyle renk değiştirmiş. Önemli ölçüde direncini yitirmiş.
- 4. İleri Derecede Ayrışmış** : Kaya kısmen toprağa dönüşmüş, içinde dayanımsız kaya maddesi olabilir.
- 5. Tümüyle Ayrışmış** : Kaya tümüyle toprağa dönüşmüş, fakat orijinal yapı ve dokusu bozulmamıştır.
- 6. Kalıntı** : Kaya tümüyle toprağa dönüşmüş, orijinal yapı ve dokusu bozulmuştur.
(ISRM, 1978)

Su Durumu	: 2
1. Kuru 2. Nemli 3. Islak 4. Orta miktarda su basıncı 5. Çok aşırı su problemleri	

Tabakalanma kalınlığı, m (Ort. ve Max)	:
Eklemlerin Sayısı, adet	: 7
Aralığı ve Devamlılığı, m	: 4.0-5.0/-
Konumu	: K 70-90° B K 70-90° D
Süreksizlik Açıklığı, mm	:
Dolgu Maddesi ve Tipi	: Var / Yok Yumuşak / Sert
Yüzey Pürüzlülüğü	: 5

1		4		7	
	Pürüzlü, Basamaklı		Pürüzlü, Dalgalı		Pürüzlü, Düzlemsel
2		5		8	
	Düz, Basamaklı		Düz, Dalgalı		Düz, Düzlemsel
3		6		9	
	Kayma Yüzeyli, Basamaklı		Kayma Yüzeyli, Dalgalı		Kayma Yüzeyli, Düzlemsel

(ISRM, 1978)

Malzeme Özellikleri

Sertlik (Schmidt)	: 33.60±2.07
Nokta Yükleme Dayanımı, kg/cm ²	: 19.67± 6.47

Fotoğraf No : Şekil 6.2

Tablo 6.2. Jeoteknik Çalışma Sonuçları (Manyetit, Divriği Demir Açık İşletmesi)

I. Genel Bilgiler

Bölge ve Ocağın Adı	: Divriği Demir Açık İşletmesi
Basamak No veya Kot	: 1428-1440
Basamak	: En: <u>15 m</u> Boy: <u>22 m</u> Yükseklik: <u>12 m</u>
Kaya Birimi	: Manyetit

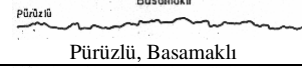

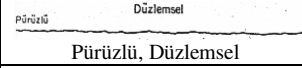
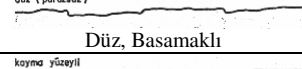
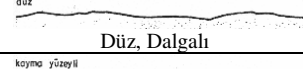
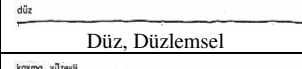
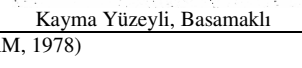
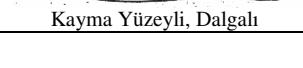
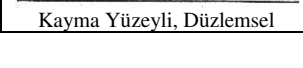
II. Kaya Birimine Ait Bilgiler**Kütle Özellikleri**

Rengi (Kaya ve süreksizlik kısımlarında)	: Siyahımsı gri, süreksizlik yüzeylerinde hafif oksitlenme
Ayrışma Durumu	: <u>Üst kısımlarda 2, alt kısımlarda 1</u>

1. *Taze* : Ayrışma yok. Belki süreksizlik yüzeylerinde hafif renk değişimi olabilir.
2. *Az Derecede Ayrışmış* : Hafif renk değişimi var. Kaya direncini yitirmemiş.
3. *Orta Derecede Ayrışmış* : Kaya kütlesi tümüyle renk değiştirmiş. Önemli ölçüde direncini yitirmiş.
4. *İleri Derecede Ayrışmış* : Kaya kısmen toprağa dönüşmüş, içinde dayanımsız kaya maddesi olabilir.
5. *Tümüyle Ayrışmış* : Kaya tümüyle toprağa dönüşmüş, fakat orijinal yapı ve dokusu bozulmamıştır.
6. *Kalıntı* : Kaya tümüyle toprağa dönüşmüş, orijinal yapı ve dokusu bozulmuştur.
(ISRM, 1978)

Su Durumu	: <u>1</u>
1. Kuru 2. Nemli 3. Islak 4. Orta miktarda su basıncı 5. Çok aşırı su problemleri	

Tabakalanma kalınlığı, m (Ort. ve Max)	:
Eklemlerin Sayısı, adet	: <u>3</u>
Aralığı ve Devamlılığı, m	: <u>2-4/0.6-1</u>
Konumu	: <u>K 25° B K 15° B K 10° B</u>
Süreksizlik Açıklığı, mm	: <u>5-15</u>
Dolgu Maddesi ve Tipi	: <u>Var / Yok</u> <u>Yumuşak / Sert</u>
Yüzey Pürüzlülüğü	: <u>2</u>

1		4		7	
	Pürüzlü, Basamaklı		Pürüzlü, Dalgalı		Pürüzlü, Düzlemsel
2		5		8	
	Düz, Basamaklı		Düz, Dalgalı		Düz, Düzlemsel
3		6		9	
	Kayma Yüzeyli, Basamaklı		Kayma Yüzeyli, Dalgalı		Kayma Yüzeyli, Düzlemsel

(ISRM, 1978)

Malzeme Özellikleri

Sertlik (Schmidt)	: <u>52.50± 2.12</u>
Nokta Yükleme Dayanımı, kg/cm ²	: <u>70.65± 23.42</u>

Fotoğraf No : Şekil 6.3

Tablo 6.3. Jeoteknik Çalışma Sonuçları (Siyenit, Divriği Demir Açık İşletmesi)

I. Genel Bilgiler

Bölge ve Ocağın Adı	: Divriği Demir Açık İşletmesi
Basamak No veya Kot	: 1428-1440
Basamak	: En: <u>30 ,m</u> Boy: <u>60 ,m</u> Yükseklik: <u>12 ,m</u>
Kaya Birimi	: Siyenit

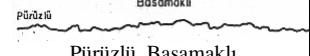

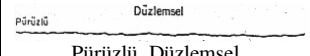
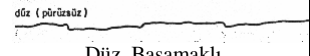
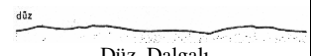
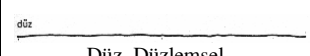
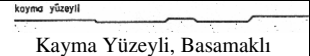
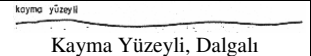
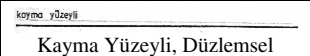
II. Kaya Birimine Ait Bilgiler**Kütle Özellikleri**

Rengi	: Gri siyah benekli, süreksizlik yüzeylerinde sarımsı
(Kaya ve süreksizlik kısımlarında)	
Ayrışma Durumu	: <u>1</u>

1. *Taze* : Ayrışma yok. Belki süreksizlik yüzeylerinde hafif renk değişimi olabilir.
2. *Az Derecede Ayrışmış* : Hafif renk değişimi var. Kaya direncini yitirmemiş.
3. *Orta Derecede Ayrışmış* : Kaya kütlesi tümüyle renk değiştirmiş. Önemli ölçüde direncini yitirmiş.
4. *İleri Derecede Ayrışmış* : Kaya kısmen toprağa dönüşmüş, içinde dayanımsız kaya maddesi olabilir.
5. *Tümüyle Ayrışmış* : Kaya tümüyle toprağa dönüşmüş, fakat orijinal yapı ve dokusu bozulmamıştır.
6. *Kalıntı* : Kaya tümüyle toprağa dönüşmüş, orijinal yapı ve dokusu bozulmuştur. (ISRM, 1978)

Su Durumu	: <u>1</u>
1. Kuru 2. Nemli 3. Islak 4. Orta miktarda su basıncı 5. Çok aşırı su problemleri	

Tabakalanma kalınlığı, m	:				
(Ort. ve Max)					
Eklemlerin Sayısı, adet	: <u>İki adet eklem takımı, Oldukça kırıklı, çatlaklı</u>				
Aralığı ve Devamlılığı, m	: <u>0.3-0.5/0.2-1.0</u>				
Konumu	: <table border="1"> <tr> <td>K 40° B</td> <td>K 20° B</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	K 40° B	K 20° B		
K 40° B	K 20° B				
Süreksizlik Açıklığı, mm	: <u>1-3</u>				
Dolgu Maddesi ve Tipi	: <u>Var / Yok</u> <u>Yumuşak / Sert</u>				
Yüzey Pürüzlülüğü	: <u>8</u>				

1		4		7	
	Pürüzlü, Basamaklı		Pürüzlü, Dalgalı		Pürüzlü, Düzlemsel
2		5		8	
	Düz, Basamaklı		Düz, Dalgalı		Düz, Düzlemsel
3		6		9	
	Kayma Yüzeyle, Basamaklı		Kayma Yüzeyle, Dalgalı		Kayma Yüzeyle, Düzlemsel

(ISRM, 1978)

Malzeme Özellikleri

Sertlik (Schmidt)	: <u>62.10± 3.35</u>
Nokta Yükleme Dayanımı, kg/cm ²	: <u>148.55± 28.83</u>

Fotoğraf No : Şekil 6.4

Tablo 6.4. Jeoteknik Çalışma Sonuçları (Serpantin, Divriği Demir Açık İşletmesi)

I. Genel Bilgiler

Bölge ve Ocağın Adı	: Divriği Demir Açık İşletmesi
Basamak No veya Kot	: 1428-1440
Basamak	: En: <u>10 ,m</u> Boy: <u>33 ,m</u> Yükseklik: <u>12 ,m</u>
Kaya Birimi	: Serpantin

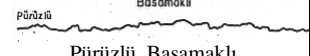

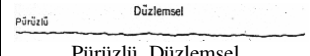
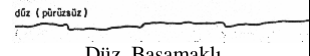
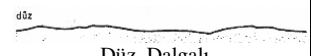
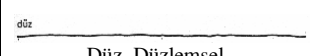
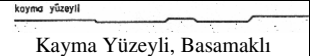
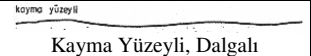
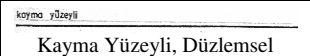
II. Kaya Birimine Ait Bilgiler**Kütle Özellikleri**

Rengi	: Yeşilimsi Gri
(Kaya ve süreksizlik kısımlarında)	
Ayrışma Durumu	: <u>2</u>

1. *Taze* : Ayrışma yok. Belki süreksizlik yüzeylerinde hafif renk değişimi olabilir.
2. *Az Derecede Ayrışmış* : Hafif renk değişimi var. Kaya direncini yitirmemiş.
3. *Orta Derecede Ayrışmış* : Kaya kütlesi tümüyle renk değiştirmiş. Önemli ölçüde direncini yitirmiş.
4. *İleri Derecede Ayrışmış* : Kaya kısmen toprağa dönüşmüş, içinde dayanımsız kaya maddesi olabilir.
5. *Tümüyle Ayrışmış* : Kaya tümüyle toprağa dönüşmüş, fakat orijinal yapı ve dokusu bozulmamıştır.
6. *Kalıntı* : Kaya tümüyle toprağa dönüşmüş, orijinal yapı ve dokusu bozulmuştur. (ISRM, 1978)

Su Durumu	: <u>1</u>
1. Kuru 2. Nemli 3. Islak 4. Orta miktarda su basıncı 5. Çok aşırı su problemleri	

Tabakalanma kalınlığı, m	:
(Ort. ve Max)	
Eklemlerin Sayısı, adet	: <u>4</u>
Aralığı ve Devamlılığı, m	: <u>1.5-2.5/0.5-1.5</u>
Konumu	: <u>D-B</u>
Süreksizlik Açıklığı, mm	: <u>10-25</u>
Dolgu Maddesi ve Tipi	: <u>Var / Yok</u> <u>Yumuşak / Sert</u>
Yüzey Pürüzlülüğü	: <u>2</u>

1	 Pürüzlü, Basamaklı	4	 Pürüzlü, Dalgalı	7	 Pürüzlü, Düzlemsel
2	 Düz, Basamaklı	5	 Düz, Dalgalı	8	 Düz, Düzlemsel
3	 Kayma Yüzeyli, Basamaklı	6	 Kayma Yüzeyli, Dalgalı	9	 Kayma Yüzeyli, Düzlemsel

(ISRM, 1978)

Malzeme Özellikleri

Sertlik (Schmidt)	: <u>49.90± 2.13</u>
Nokta Yükleme Dayanımı, kg/cm ²	: <u>50.80± 15.91</u>

Fotoğraf No : Şekil 6.5

Tablo 6.5. Jeoteknik Çalışma Sonuçları (Kireçtaşı, Kangal Kömür Açık İşletmesi)

I. Genel Bilgiler

Bölge ve Ocağın Adı	: Kangal Kömür Açık İşletmesi
Basamak No veya Kot	: 1599-1614
Basamak	: En: 25 ,m Boy: 50 ,m Yükseklik: 15 ,m
Kaya Birimi	: Kireçtaşı

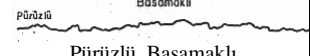

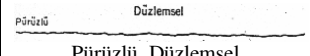
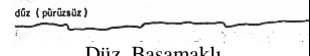
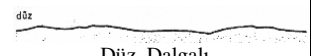
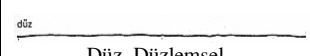
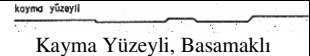
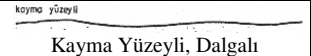
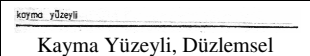
II. Kaya Birimine Ait Bilgiler**Kütle Özellikleri**

Rengi (Kaya ve süreksizlik kısımlarında)	: Beyaz, süreksizlik yüzeylerinde ve yer yer kahverengimsi
Ayrışma Durumu	: 2

1. *Taze* : Ayrışma yok. Belki süreksizlik yüzeylerinde hafif renk değişimi olabilir.
2. *Az Derecede Ayrışmış* : Hafif renk değişimi var. Kaya direncini yitirmemiş.
3. *Orta Derecede Ayrışmış* : Kaya kütlesi tümüyle renk değiştirmiş. Önemli ölçüde direncini yitirmiş.
4. *İleri Derecede Ayrışmış* : Kaya kısmen toprağa dönüşmüş, içinde dayanımsız kaya maddesi olabilir.
5. *Tümüyle Ayrışmış* : Kaya tümüyle toprağa dönüşmüş, fakat orijinal yapı ve dokusu bozulmamıştır.
6. *Kalıntı* : Kaya tümüyle toprağa dönüşmüş, orijinal yapı ve dokusu bozulmuştur.
(ISRM, 1978)

Su Durumu	: 1
1. Kuru 2. Nemli 3. Islak 4. Orta miktarda su basıncı 5. Çok aşırı su problemleri	

Tabakalanma kalınlığı, m (Ort. ve Max)	:
Eklemlerin Sayısı, adet	: Oldukça çatlaklı
Aralığı ve Devamlılığı, m	: 0.5-1.5/1-1.5
Konumu	
Süreksizlik Açıklığı, mm	: 2 - 20
Dolgu Maddesi ve Tipi	: Var / Yok Yumuşak / Sert
Yüzey Pürüzlülüğü	: 4

1		4		7	
	Pürüzlü, Basamaklı		Pürüzlü, Dalgalı		Pürüzlü, Düzlemsel
2		5		8	
	Düz, Basamaklı		Düz, Dalgalı		Düz, Düzlemsel
3		6		9	
	Kayma Yüzeyli, Basamaklı		Kayma Yüzeyli, Dalgalı		Kayma Yüzeyli, Düzlemsel

(ISRM, 1978)

Malzeme Özellikleri

Sertlik (Schmidt)	: 56.30± 2.31
Nokta Yükleme Dayanımı, kg/cm ²	: 46.71± 8.65

Fotoğraf No : Şekil 6.6

Tablo 6.6. Jeoteknik Çalışma Sonuçları (Killi Kireçtaşı, Kangal Kömür Açık İşletmesi)

I. Genel Bilgiler

Bölge ve Ocağın Adı	: Kangal Kömür Açık İşletmesi
Basamak No veya Kot	: 1585-1599
Basamak	: En: 60 ,m Boy: 50 ,m Yükseklik: 14 ,m
Kaya Birimi	: Killi Kireçtaşı

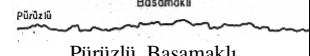

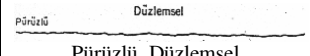
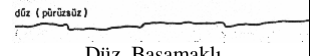
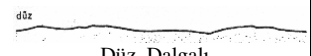
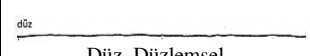
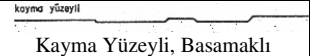
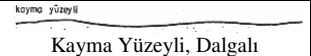
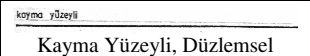
II. Kaya Birimine Ait Bilgiler**Kütle Özellikleri**

Rengi (Kaya ve süreksizlik kısımlarında)	: Yer yer kahverengimsi krem
Ayrışma Durumu	: 3

1. *Taze* : Ayrışma yok. Belki süreksizlik yüzeylerinde hafif renk değişimi olabilir.
2. *Az Derecede Ayrışmış* : Hafif renk değişimi var. Kaya direncini yitirmemiş.
3. *Orta Derecede Ayrışmış* : Kaya kütlesi tümüyle renk değiştirmiş. Önemli ölçüde direncini yitirmiş.
4. *İleri Derecede Ayrışmış* : Kaya kısmen toprağa dönüşmüş, içinde dayanımsız kaya maddesi olabilir.
5. *Tümüyle Ayrışmış* : Kaya tümüyle toprağa dönüşmüş, fakat orijinal yapı ve dokusu bozulmamıştır.
6. *Kahntı* : Kaya tümüyle toprağa dönüşmüş, orijinal yapı ve dokusu bozulmuştur.
(ISRM, 1978)

Su Durumu	: 2
	1. Kuru 2. Nemli 3. Islak 4. Orta miktarda su basıncı 5. Çok aşırı su problemleri

Tabakalanma kalınlığı, m (Ort. ve Max)	:
Eklemlerin Sayısı, adet	: Oldukça çatlaklı
Aralığı ve Devamlılığı, m	: 0.3-1.5/0.3-0.8
Konumu	: K 20° B
Süreksizlik Açıklığı, mm	: 1-2
Dolgu Maddesi ve Tipi	: Var / <i>Yok</i> Yumuşak / Sert
Yüzey Pürüzlülüğü	: 4

1	 Pürüzlü, Basamaklı	4	 Pürüzlü, Dalgalı	7	 Pürüzlü, Düzlemsel
2	 Düz, Basamaklı	5	 Düz, Dalgalı	8	 Düz, Düzlemsel
3	 Kayma Yüzeyle, Basamaklı	6	 Kayma Yüzeyle, Dalgalı	9	 Kayma Yüzeyle, Düzlemsel

(ISRM, 1978)

Malzeme Özellikleri

Sertlik (Schmidt)	: 35.80±3.19
Nokta Yükleme Dayanımı, kg/cm ²	: 27.76± 10.75

Fotoğraf No : Şekil 6.7



Şekil 6.1. Toprak (Yol) birimi (Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi)



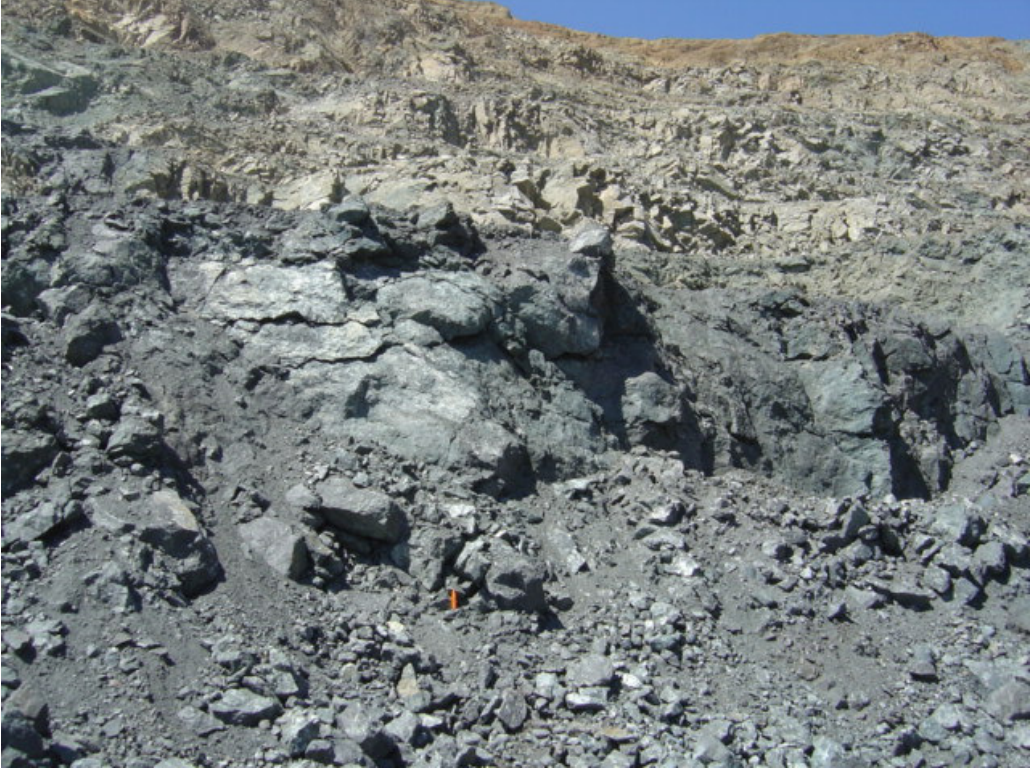
Şekil 6.2. Jips kaya birimi (Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi)



Şekil 6.3. Manyetit kaya birimi (Divriği Demir Açık İşletmesi)



Şekil 6.4. Siyenit kaya birimi (Divriği Demir Açık İşletmesi)



Şekil 6.5. Serpantin kaya birimi (Divriği Demir Açık İşletmesi)



Şekil 6.6. Kireçtaşı kaya birimi (Kangal Kömür Açık İşletmesi)



Şekil 6.7. Killi Kireçtaşı kaya birimi (Kangal Kömür Açık İşletmesi)



Şekil 6.8. Döküm Sahası (Kangal Kömür Açık İşletmesi)

Tablo 6.7. Jeoteknik Tanım ve Yerinde Deney Sonuçları

Kaya Birimi	Jeoteknik Tanım	Schmidt Çekici Sertliği	Nokta Yükleme Dayanımı $I_{s(50)}$ (kg/cm ²)
Toprak (Yol)	Tümüyle ayrılmış toprak.	-	-
Jips	Açık gri, eklem yüzeylerinde kahverengimsi, az derecede ayrılmış, aynaya dik olan 1. eklem seti: 60-70°, yatay olan 2. eklem seti: 15° eğimde, ort. ekl. aralığı: 4.4 m, az pürüzlü.	33.60±2.07	19.67± 6.47
Manyetit	Siyahımsı gri, süreksizlik yüzeylerinde ve üst kısımlarda hafif oksitlenme, üst kısımlar az derecede ayrılmış, alt kısımlar taze, su durumu; kuru, süreksizlik aralığı 2-4 m, devamlılığı 0.6-1 m, 3 eklem seti (K25°B, K15°B, K10°B), düz-basamaklı pürüzlü.	52.50± 2.12	70.65± 23.42
Siyenit	Gri siyah benekli, süreksizlik yüzeylerinde sarımsı, ayrışma durumu; taze, su durumu; kuru, iki adet eklem takımı, K20°B ve K40°B yönünde, oldukça kırıklı ve çatlaklı, süreksizlik aralığı 0.3-0.5 m, devamlılığı 0.2-1 m, süreksizlik açıklığı 1-3 mm, sert dolgu, düz-düzlemsel pürüzlü.	62.10± 3.35	148.55± 28.83
Serpantin	Yeşilimsi gri, az derecede ayrılmış, kuru, süreksizlik aralığı 1.5 - 2.5 m, devamlılığı 0.5-1.5 m, düz-basamaklı pürüzlü.	49.90± 2.13	50.80± 15.91
Kireçtaşı	Açık gri, süreksizlik yüzeylerinde ve yer yer kahverengimsi, az derecede ayrılmış, su durumu; kuru, oldukça kırıklı ve çatlaklı, süreksizlik aralığı 0.5-1.5 m, devamlılığı 1-1.5 m, süreksizlik açıklığı 2-20 mm, dolgu yok, dalgalı pürüzlü.	56.30± 2.31	46.71± 8.65
Killi Kireçtaşı	Krem, yer yer açık kahverengimsi, orta derecede ayrılmış, nemli, süreksizlik aralığı 0.3-1.5 m, devamlılığı 0.3-0.8 m, süreksizlik açıklığı 1-2 mm, dolgu yok, dalgalı pürüzlü.	35.80±3.19	27.76± 10.75
Döküm Sahası	-	-	-

6.2.2. Sismik Hız Ölçüm Sonuçları

Kaya birimleri üzerinde iki farklı profil (Profil A-B ve Profil C-D) boyunca Cumhuriyet Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'ne ait 12 kanallı Geometrics firması tarafından üretilen SmartSeis sismograf (Tablo 5.3) kullanılarak sismik hız (P-dalga) belirleme ölçümleri yapılmıştır. Her bir kaya birimine (Toprak (Yol), jips, manyetit, siyenit, serpantin, kireçtaşı, killi kireçtaşı ve döküm sahası) ait sismik hız ölçüm profilleri sırasıyla Tablo 6.8 - 6.15'de verilmiştir.

Söz konusu profiller (Profil A-B ve Profil C-D) boyunca, kaya biriminin yer aldığı basamak geometrisinin izin verdiği ölçüde 1 - 5 m aralıklarla jeofonlar (12 adet) yerleştirilmiş ve 8 kg balyoz kullanılarak sağlanan sismik dalganın jeofonlara ilk ulaşım süreleri sismografla kaydedilmiştir. Bu şekilde herbir profilin gidiş ve dönüş yönleri için varış süresi ve mesafeden oluşan veri çiftleri elde edilmiş ve tüm birimlerin sonuçları toplu halde Tablo 6.16'da verilmiştir.

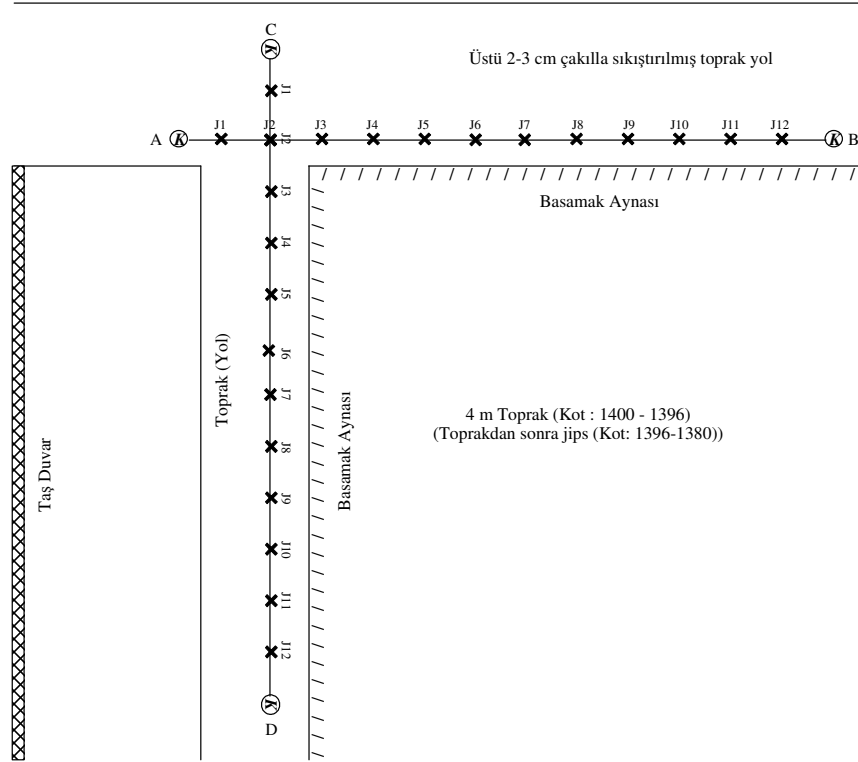
Bu veri çiftleri kullanılarak her bir kaya birimi için ayrı ayrı yol-zaman (x-t) grafikleri çizilerek herbir profilin sismik hızı belirlenmiştir. Çalışılan kaya birimleri (Toprak (Yol), jips, manyetit, siyenit, serpantin, kireçtaşı, killi kireçtaşı ve döküm sahası) için yol-zaman (x-t) grafikleri sırasıyla Şekil 6.9 - 6.16'da görülmektedir. Her bir kaya birimi için, Profil A-B ve Profil C-D'den bulunan sismik hızların ortalaması alınarak ortalama sismik hız değerleri bulunmuş ve toplu halde Tablo 6.17'de verilmiştir.

Tablo 6.8. Sismik Hız Ölçüm Profilleri (Toprak (Yol), Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi)

Bölge ve Ocağın Adı	: Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi		
Lokasyon	: Toprak (Yol)		
Basamak No veya Kot	: 1396-1400		
Sismograf Markası	: Geometrics		
Dosya Adı:	: İleri (A - B) Barit/5.dat	: Geri (B - A) Barit/6.dat	
	: İleri (C - D) Barit/7.dat	: Geri (D - C) Barit/8.dat	
Kullanılan Jeofon Sayısı	: 12 Adet		

Jeofon Aralıkları

Profil A - B	Kaynak - J1 Aralığı (m)	2	Profil C - D	Kaynak - J1 Aralığı (m)	2
	Diğer Jeofon Aralıkları (m)	5		Diğer Jeofon Aralıkları (m)	5
Profil B - A	Kaynak - J12 Aralığı (m)	2	Profil D - C	Kaynak - J12 Aralığı (m)	2
	Diğer Jeofon Aralıkları (m)	5		Diğer Jeofon Aralıkları (m)	5
Profil A-B ve Profil C-D Arasındaki Açrı				90°	

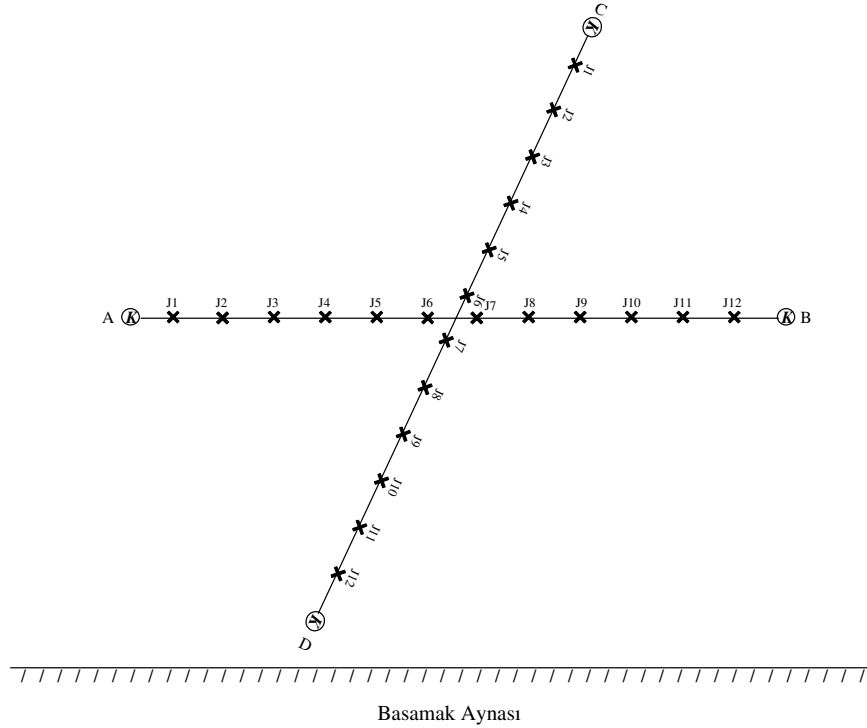
Profil A-B ve Profil C-D Konumu

Tablo 6.9. Sismik Hız Ölçüm Profilleri (Jips, Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi)

Bölge ve Ocağın Adı	: Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi		
Lokasyon	: Jips		
Basamak No veya Kot	: 1380-1396		
Sismograf Markası	: Geometrics		
Dosya Adı:	: İleri (A - B) Barit/1.dat	: Geri (B - A) Barit/2.dat	
	: İleri (C - D) Barit/3.dat	: Geri (D - C) Barit/4.dat	
Kullanılan Jeofon Sayısı	: 12 Adet		

Jeofon Aralıkları

Profil	Kaynak - J1 Aralığı (m)	2	Profil	Kaynak - J1 Aralığı (m)	2
A - B	Diğer Jeofon Aralıkları (m)	5	C - D	Diğer Jeofon Aralıkları (m)	5
Profil	Kaynak - J12 Aralığı (m)	2	Profil	Kaynak - J12 Aralığı (m)	2
B - A	Diğer Jeofon Aralıkları (m)	5	D - C	Diğer Jeofon Aralıkları (m)	5
Profil A-B ve Profil C-D Arasındaki Açrı			65°		

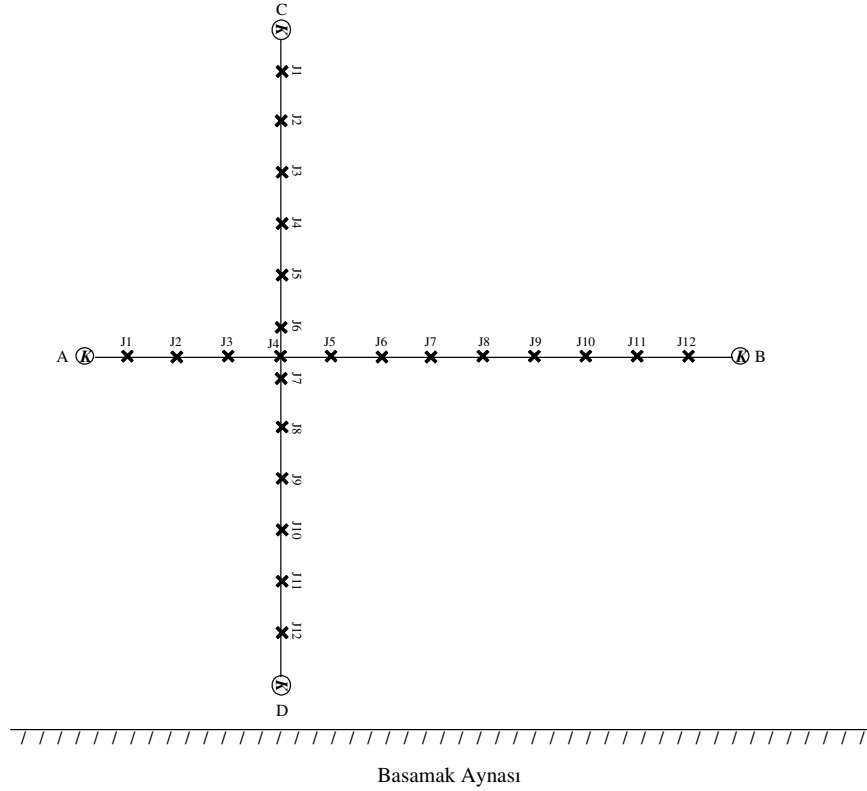
Profil A-B ve Profil C-D Konumu

Tablo 6.10. Sismik Hız Ölçüm Profilleri (Manyetit, Divriği Demir Açık İşletmesi)

Bölge ve Ocağın Adı	: Divriği Demir Açık İşletmesi		
Lokasyon	: Manyetit		
Basamak No veya Kot	: 1428-1440		
Sismograf Markası	: Geometrics		
Dosya Adı:	: İleri (A - B) Divriği /5.dat	: Geri (B - A) Divriği /6.dat	
	: İleri (C - D) Divriği /8.dat	: Geri (D - C) Divriği /7.dat	
Kullanılan Jeofon Sayısı	: 12 Adet		

Jeofon Aralıkları

Profil	Kaynak - J1 Aralığı (m)	2	Profil	Kaynak - J1 Aralığı (m)	1
A - B	Diğer Jeofon Aralıkları (m)	2	C - D	Diğer Jeofon Aralıkları (m)	1
Profil	Kaynak - J12 Aralığı (m)	2	Profil	Kaynak - J12 Aralığı (m)	1
B - A	Diğer Jeofon Aralıkları (m)	2	D - C	Diğer Jeofon Aralıkları (m)	1
Profil A-B ve Profil C-D Arasındaki Açrı				90°	

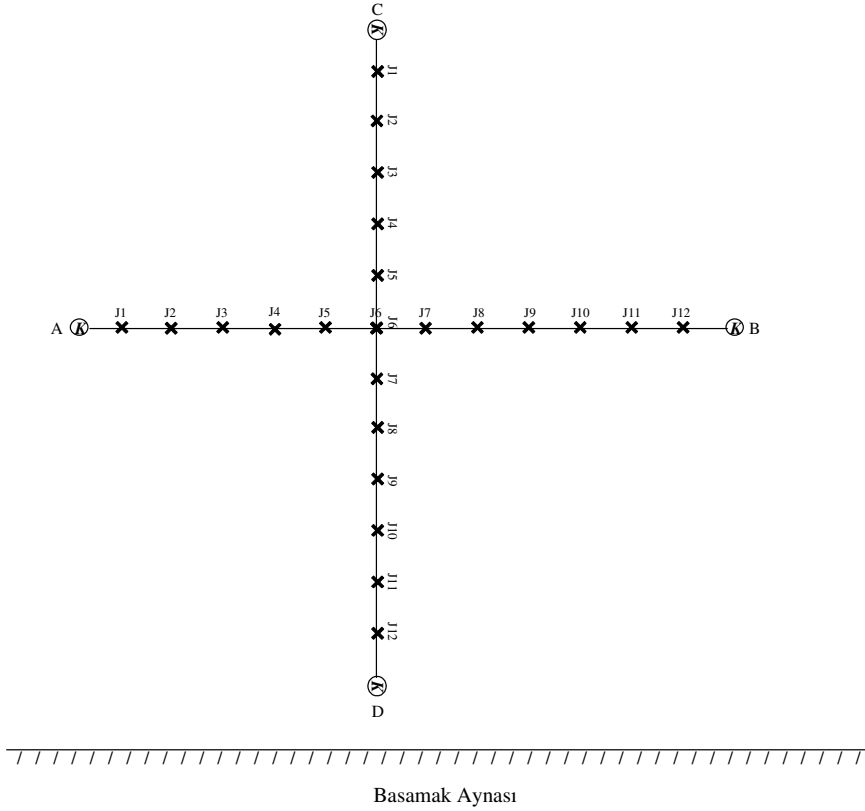
Profil A-B ve Profil C-D Konumu

Tablo 6.11. Sismik Hız Ölçüm Profilleri (Siyenit, Divriği Demir Açık İşletmesi)

Bölge ve Ocağın Adı	: Divriği Demir Açık İşletmesi		
Lokasyon	: Siyenit		
Basamak No veya Kot	: 1428-1440		
Sismograf Markası	: Geometrics		
Dosya Adı:	: İleri (A - B) Divriği /1.dat	: Geri (B - A) Divriği /2.dat	
	: İleri (C - D) Divriği /3.dat	: Geri (D - C) Divriği /4.dat	
Kullanılan Jeofon Sayısı	: 12 Adet		

Jeofon Aralıkları

Profil	Kaynak - J1 Aralığı (m)	2	Profil	Kaynak - J1 Aralığı (m)	2
A - B	Diğer Jeofon Aralıkları (m)	2	C - D	Diğer Jeofon Aralıkları (m)	2
Profil	Kaynak - J12 Aralığı (m)	2	Profil	Kaynak - J12 Aralığı (m)	2
B - A	Diğer Jeofon Aralıkları (m)	2	D - C	Diğer Jeofon Aralıkları (m)	2
Profil A-B ve Profil C-D Arasındaki Açık				90°	

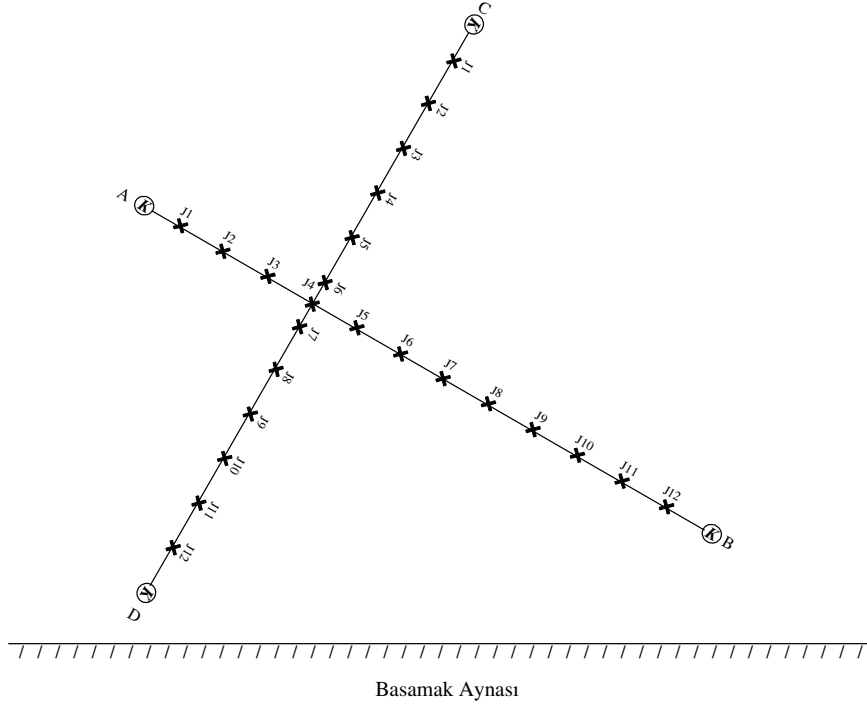
Profil A-B ve Profil C-D Konumu

Tablo 6.12. Sismik Hız Ölçüm Profilleri (Serpantin, Divriği Demir Açık İşletmesi)

Bölge ve Ocağın Adı	: Divriği Demir Açık İşletmesi		
Lokasyon	: Serpantin		
Basamak No veya Kot	: 1428-1440		
Sismograf Markası	: Geometrics		
Dosya Adı:	: İleri (A - B) Divriği /9.dat	: Geri (B - A) Divriği /10.dat	
	: İleri (C - D) Divriği /11.dat	: Geri (D - C) Divriği /12.dat	
Kullanılan Jeofon Sayısı	: 12 Adet		

Jeofon Aralıkları

Profil	Kaynak - J1 Aralığı (m)	1	Profil	Kaynak - J1 Aralığı (m)	1
A - B	Diğer Jeofon Aralıkları (m)	2	C - D	Diğer Jeofon Aralıkları (m)	2
Profil	Kaynak - J12 Aralığı (m)	1	Profil	Kaynak - J12 Aralığı (m)	1
B - A	Diğer Jeofon Aralıkları (m)	2	D - C	Diğer Jeofon Aralıkları (m)	2
Profil A-B ve Profil C-D Arasındaki Açrı			90°		

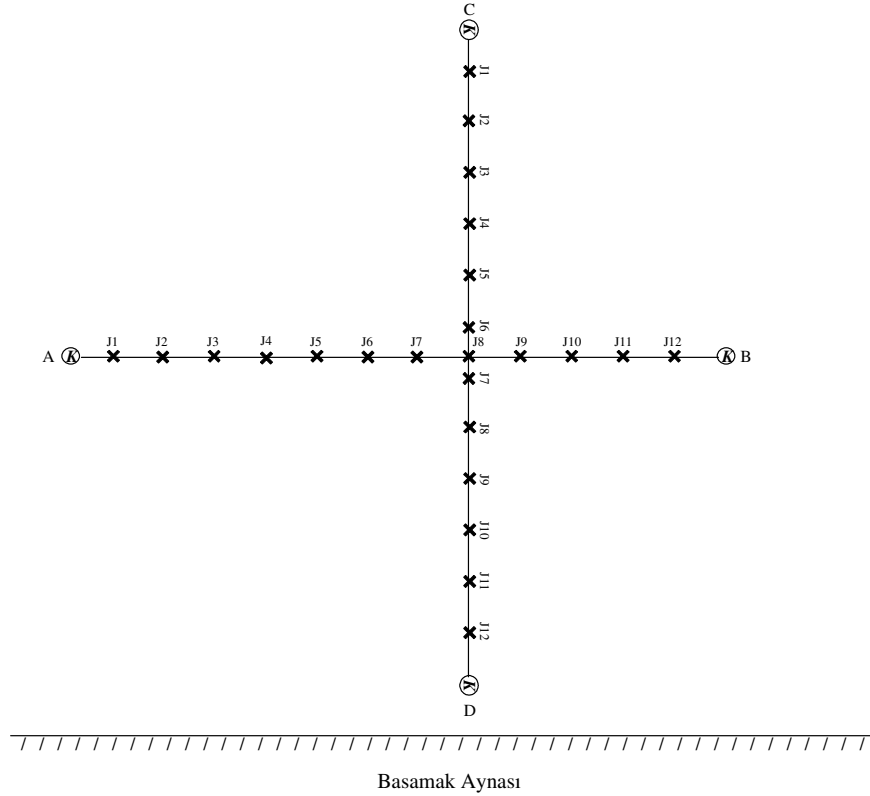
Profil A-B ve Profil C-D Konumu

Tablo 6.13. Sismik Hız Ölçüm Profilleri (Kireçtaşı, Kangal Kömür Açık İşletmesi)

Bölge ve Ocağın Adı	: Kangal Kömür Açık İşletmesi
Lokasyon	: Kireçtaşı
Basamak No veya Kot	: 1599-1614
Sismograf Markası	: Geometrics
Dosya Adı:	: İleri (A - B) <i>Kangal /17.dat</i> Geri (B - A) <i>Kangal /18.dat</i>
	: İleri (C - D) <i>Kangal /19.dat</i> Geri (D - C) <i>Kangal /20.dat</i>
Kullanılan Jeofon Sayısı	: 12 Adet

Jeofon Aralıkları

Profil	Kaynak - J1 Aralığı (m)	3	Profil	Kaynak - J1 Aralığı (m)	1
A - B	Diğer Jeofon Aralıkları (m)	3	C - D	Diğer Jeofon Aralıkları (m)	1
Profil	Kaynak - J12 Aralığı (m)	3	Profil	Kaynak - J12 Aralığı (m)	1
B - A	Diğer Jeofon Aralıkları (m)	3	D - C	Diğer Jeofon Aralıkları (m)	1
Profil A-B ve Profil C-D Arasındaki Açık			90°		

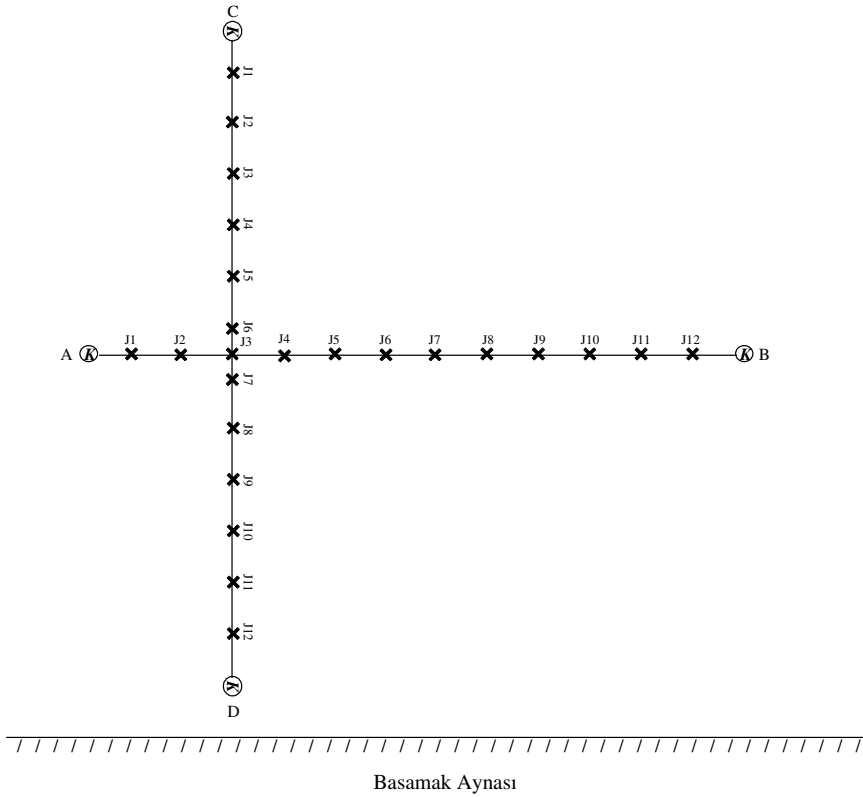
Profil A-B ve Profil C-D Konumu

Tablo 6.14. Sismik Hız Ölçüm Profilleri (Killi Kireçtaşı, Kangal Kömür Açık İşletmesi)

Bölge ve Ocağın Adı	: Kangal Kömür Açık İşletmesi
Lokasyon	: Killi Kireçtaşı
Basamak No veya Kot	: 1585-1599
Sismograf Markası	: Geometrics
Dosya Adı:	: İleri (A - B) <i>Kangal /13.dat</i> Geri (B - A) <i>Kangal /14.dat</i>
	: İleri (C - D) <i>Kangal /15.dat</i> Geri (D - C) <i>Kangal /16.dat</i>
Kullanılan Jeofon Sayısı	: 12 Adet

Jeofon Aralıkları

Profil	Kaynak - J1 Aralığı (m)	3	Profil	Kaynak - J1 Aralığı (m)	3
A - B	Diğer Jeofon Aralıkları (m)	3	C - D	Diğer Jeofon Aralıkları (m)	3
Profil	Kaynak - J12 Aralığı (m)	3	Profil	Kaynak - J12 Aralığı (m)	3
B - A	Diğer Jeofon Aralıkları (m)	3	D - C	Diğer Jeofon Aralıkları (m)	3
Profil A-B ve Profil C-D Arasındaki Açrı				90°	

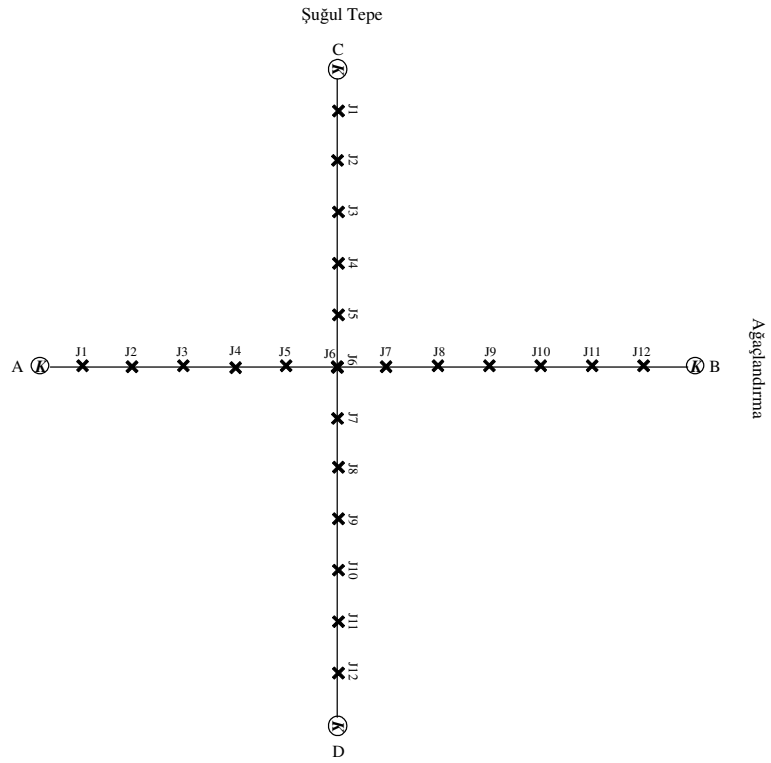
Profil A-B ve Profil C-D Konumu

Tablo 6.15. Sismik Hız Ölçüm Profilleri (Döküm Sahası, Kangal Kömür Açık İşletmesi)

Bölge ve Ocağın Adı	: Kangal Kömür Açık İşletmesi
Lokasyon	: Döküm Sahası
Basamak No veya Kot	: 1605 Şuğul Tepe Bölgesi
Sismograf Markası	: Geometrics
Dosya Adı:	: İleri (A - B) <i>Kangal /21.dat</i> Geri (B - A) <i>Kangal /22.dat</i>
	: İleri (C - D) <i>Kangal /24.dat</i> Geri (D - C) <i>Kangal /23.dat</i>
Kullanılan Jeofon Sayısı	: 12 Adet

Jeofon Aralıkları

Profil	Kaynak - J1 Aralığı (m)	5	Profil	Kaynak - J1 Aralığı (m)	5
A - B	Diğer Jeofon Aralıkları (m)	5	C - D	Diğer Jeofon Aralıkları (m)	5
Profil	Kaynak - J12 Aralığı (m)	5	Profil	Kaynak - J12 Aralığı (m)	5
B - A	Diğer Jeofon Aralıkları (m)	5	D - C	Diğer Jeofon Aralıkları (m)	5
Profil A-B ve Profil C-D Arasındaki Aç			90°		

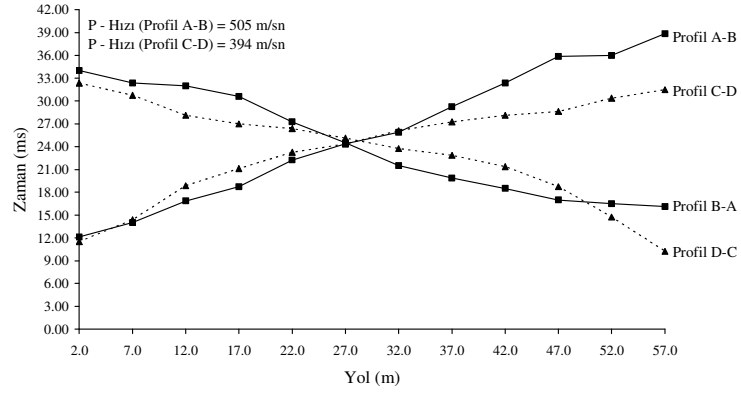
Profil A-B ve Profil C-D Konumu

Tablo 6.16. Sismik Hız Ölçüm Sonuçları

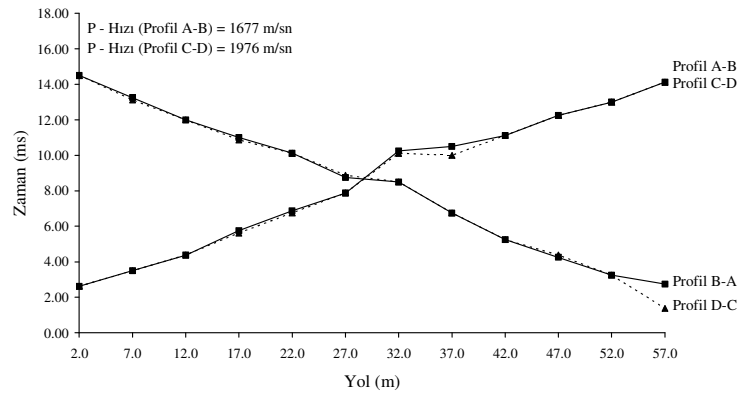
Toprak (Yol)						Jips					
Profil A-B			Profil C-D			Profil A-B			Profil C-D		
Yol (m)	Zaman (ms)		Yol (m)	Zaman (ms)		Yol (m)	Zaman (ms)		Yol (m)	Zaman (ms)	
	Gidiş	Dönüş		Gidiş	Dönüş		Gidiş	Dönüş		Gidiş	Dönüş
2.00	12.12	34.00	2.00	11.50	32.37	2.00	2.63	14.50	2.00	2.63	14.50
7.00	14.00	32.37	7.00	14.37	30.75	7.00	3.50	13.25	7.00	3.50	13.12
12.00	16.87	32.00	12.00	18.87	28.12	12.00	4.38	12.00	12.00	4.38	12.00
17.00	18.75	30.62	17.00	21.12	27.00	17.00	5.75	11.00	17.00	5.63	10.87
22.00	22.25	27.25	22.00	23.25	26.37	22.00	6.88	10.12	22.00	6.75	10.12
27.00	24.37	24.50	27.00	24.37	25.12	27.00	7.88	8.75	27.00	7.88	8.88
32.00	25.87	21.50	32.00	26.12	23.75	32.00	10.25	8.50	32.00	10.12	8.50
37.00	29.25	19.87	37.00	27.25	22.87	37.00	10.50	6.75	37.00	10.00	6.75
42.00	32.37	18.50	42.00	28.12	21.37	42.00	11.12	5.25	42.00	11.12	5.25
47.00	35.87	17.00	47.00	28.62	18.75	47.00	12.25	4.25	47.00	12.25	4.38
52.00	36.00	16.50	52.00	30.37	14.75	52.00	13.00	3.25	52.00	13.00	3.25
57.00	38.87	16.12	57.00	31.50	10.25	57.00	14.12	2.75	57.00	14.12	1.38
Maniyetit						Siyenit					
Profil A-B			Profil C-D			Profil A-B			Profil C-D		
Yol (m)	Zaman (ms)		Yol (m)	Zaman (ms)		Yol (m)	Zaman (ms)		Yol (m)	Zaman (ms)	
	Gidiş	Dönüş		Gidiş	Dönüş		Gidiş	Dönüş		Gidiş	Dönüş
2.00	4.25	45.75	1.00	0.50	14.25	2.00	2.75	16.25	2.00	3.75	15.50
4.00	5.75	45.50	2.00	3.25	12.25	4.00	5.50	15.50	4.00	5.25	14.25
6.00	8.25	43.50	3.00	6.50	11.25	6.00	7.00	15.00	6.00	6.75	14.00
8.00	10.75	37.50	4.00	8.75	9.50	8.00	8.00	14.75	8.00	8.00	13.50
10.00	12.50	30.00	5.00	10.50	8.25	10.00	9.25	13.25	10.00	8.75	12.00
12.00	12.50	24.00	6.00	12.00	6.75	12.00	11.25	13.00	12.00	11.25	11.25
14.00	14.75	21.25	7.00	14.75	5.75	14.00	12.50	12.50	14.00	13.50	13.00
16.00	17.25	17.25	8.00	16.25	4.75	16.00	13.75	12.75	16.00	14.25	11.50
18.00	20.50	14.50	9.00	17.00	4.00	18.00	14.50	10.25	18.00	14.00	10.75
20.00	23.75	10.25	10.00	17.75	2.50	20.00	15.25	8.50	20.00	15.25	9.25
22.00	26.00	8.00	11.00	19.00	1.00	22.00	16.50	7.25	22.00	16.50	7.75
24.00	28.00	4.25	12.00	20.50	0.10	24.00	17.25	3.50	24.00	16.75	5.25
Serpantin						Kireçtaşı					
Profil A-B			Profil C-D			Profil A-B			Profil C-D		
Yol (m)	Zaman (ms)		Yol (m)	Zaman (ms)		Yol (m)	Zaman (ms)		Yol (m)	Zaman (ms)	
	Gidiş	Dönüş		Gidiş	Dönüş		Gidiş	Dönüş		Gidiş	Dönüş
2.00	1.25	17.25	2.00	3.25	20.00	3.00	1.50	31.25	1.00	2.50	13.50
4.00	5.25	15.75	4.00	4.00	18.00	6.00	5.00	30.00	2.00	3.25	12.50
6.00	6.75	14.75	6.00	7.25	18.75	9.00	8.00	28.25	3.00	4.00	11.00
8.00	9.25	14.00	8.00	9.00	18.50	12.00	10.50	26.50	4.00	4.50	10.00
10.00	11.25	12.50	10.00	10.50	17.50	15.00	12.25	22.75	5.00	4.50	8.75
12.00	13.75	11.50	12.00	11.75	16.50	18.00	16.25	20.00	6.00	6.00	7.25
14.00	15.75	11.25	14.00	13.25	15.25	21.00	20.00	15.75	7.00	8.00	6.25
16.00	14.75	11.50	16.00	12.75	12.00	24.00	22.50	12.75	8.00	9.50	5.25
18.00	18.75	8.75	18.00	15.75	10.75	27.00	24.50	10.25	9.00	10.75	4.00
20.00	19.25	6.00	20.00	17.25	9.00	30.00	25.50	8.00	10.00	12.00	3.00
22.00	21.50	3.25	22.00	20.25	7.50	33.00	27.00	5.00	11.00	13.25	2.00
24.00	22.00	1.25	24.00	20.75	6.50	36.00	30.75	3.50	12.00	13.25	1.25

Tablo 6.16. Devamı

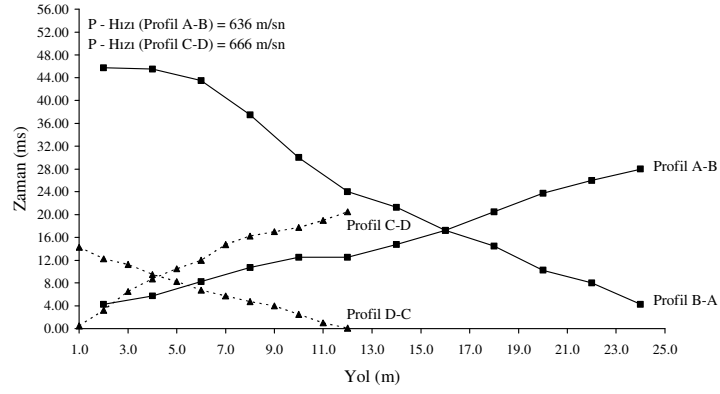
Killi Kireçtaşı						Döküm Sahası					
Profil A-B			Profil C-D			Profil A-B			Profil C-D		
Yol (m)	Zaman (ms)		Yol (m)	Zaman (ms)		Yol (m)	Zaman (ms)		Yol (m)	Zaman (ms)	
	Gidiş	Dönüş		Gidiş	Dönüş		Gidiş	Dönüş		Gidiş	Dönüş
3.00	5.00	44.75	3.00	6.50	53.25	5.00	16.25	79.75	5.00	23.75	74.00
6.00	9.25	41.75	6.00	12.25	45.75	10.00	19.75	76.00	10.00	37.50	71.00
9.00	13.25	40.50	9.00	18.25	42.75	15.00	26.25	72.00	15.00	42.00	65.75
12.00	15.75	38.25	12.00	22.25	39.00	20.00	30.75	68.25	20.00	44.75	62.00
15.00	19.75	35.75	15.00	25.25	36.50	25.00	41.50	62.25	25.00	48.00	56.50
18.00	23.75	33.00	18.00	28.50	31.75	30.00	50.00	56.50	30.00	57.00	53.50
21.00	27.25	29.75	21.00	30.50	28.25	35.00	57.25	50.75	35.00	59.00	48.25
24.00	30.00	26.00	24.00	33.25	25.00	40.00	63.00	43.25	40.00	68.75	41.75
27.00	34.50	21.00	27.00	36.75	19.00	45.00	66.50	34.00	45.00	74.25	33.75
30.00	38.00	16.25	30.00	38.50	13.75	50.00	69.75	25.00	50.00	80.25	26.25
33.00	42.25	12.25	33.00	45.00	9.00	55.00	72.75	19.75	55.00	85.75	18.00
36.00	46.25	7.25	36.00	49.25	5.50	60.00	77.00	15.00	60.00	89.50	11.50



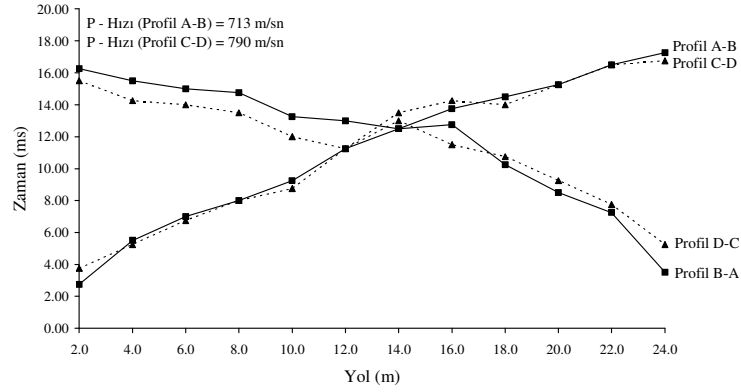
Şekil 6.9. Sismik hız (Toprak (Yol), Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi)



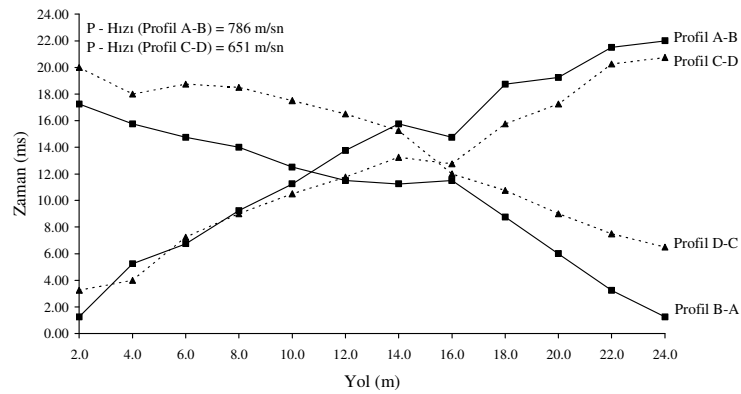
Şekil 6.10. Sismik hız (Jips, Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi)



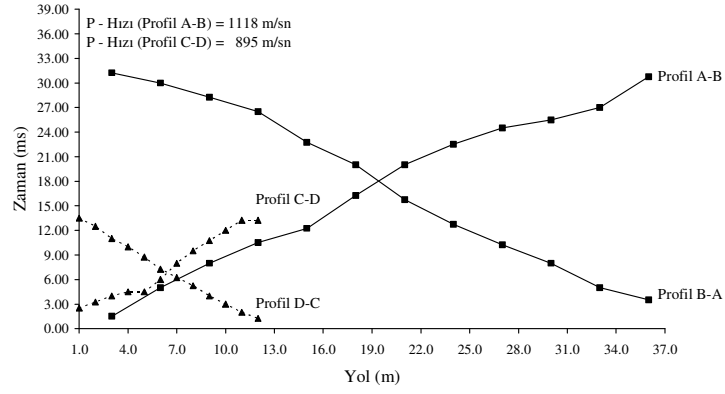
Şekil 6.11. Sismik hız (Manyetit, Divriği Demir Açık İşletmesi)



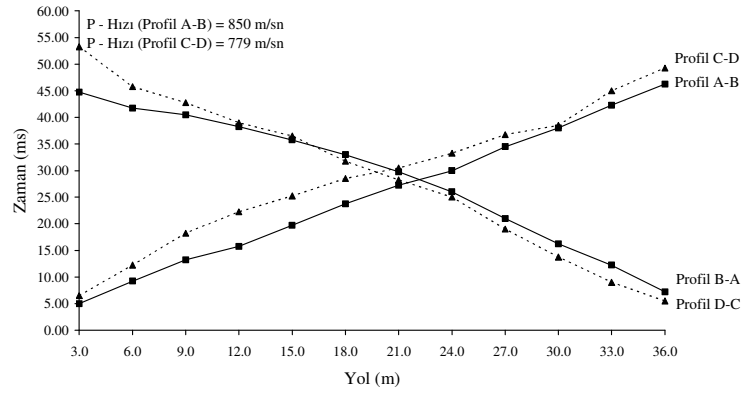
Şekil 6.12. Sismik hız (Siyenit, Divriği Demir Açık İşletmesi)



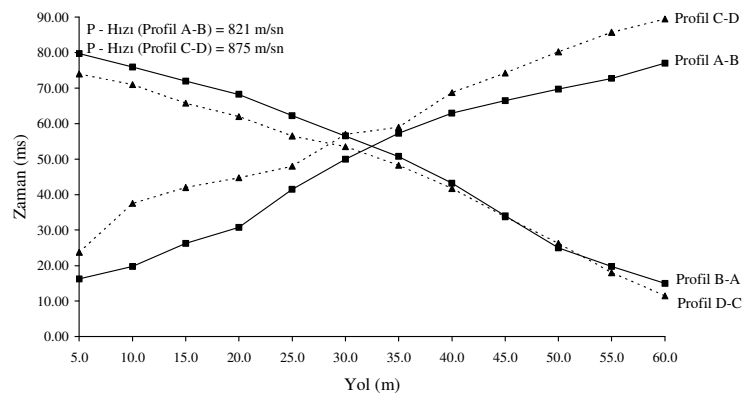
Şekil 6.13. Sismik hız (Serpantin, Divriği Demir Açık İşletmesi)



Şekil 6.14. Sismik hız (Kireçtaşı, Kangal Kömür Açık İşletmesi)



Şekil 6.15. Sismik hız (Killi Kireçtaşı, Kangal Kömür Açık İşletmesi)



Şekil 6.16. Sismik hız (Döküm Sahası, Kangal Kömür Açık İşletmesi)

Tablo 6.17. Kaya Birimlerinin Sismik Hızları

Kaya Birimi	Profil	P - Hızı (m/sn)	Ortalama Sismik Hız (m/sn)
Toprak (Yol)	Profil A-B	505	450
	Profil C-D	394	
Jips	Profil A-B	1677	1826
	Profil C-D	1976	
Manyetit	Profil A-B	636	651
	Profil C-D	666	
Siyenit	Profil A-B	713	752
	Profil C-D	790	
Serpantin	Profil A-B	786	718
	Profil C-D	651	
Kireçtaşı	Profil A-B	1118	1006
	Profil C-D	895	
Killi Kireçtaşı	Profil A-B	850	814
	Profil C-D	779	
Döküm Sahası	Profil A-B	821	848
	Profil C-D	875	

6.2.3. Yer Sarsıntısı Ölçüm Sonuçları

Yer sarsıntısı, kaya ortamında bir noktadan diğer bir noktaya ulaşan enerji transferini temsil etmektedir. İlk başta ortama yeni giren enerji, ortamdaki denge konumunu bozarak yer değiştirmeye neden olmaktadır. Eğer ortam yeni gelen enerjiye elastik davranış göstermezse, enerji sönmekte ve sadece titreşimi azalmış dalgalar yansımaktadır. Elastik özellik gösterdiğinde ise bozulan ortamın sonucu olarak komşu ortamlar denge konumundan ayrılarak yay-ağırlık mekanizmasına benzer bir şekilde salınım meydana getirmektedir. Böylece bozulan ortamın her elementi, salınımın özelliklerini diğer elementlerde geçirerek ortamda dalga hareketi oluşmaktadır. Dalga hareketi sırasında toplu bir hareket söz konusu olmamaktadır. Ortamı oluşturan parçacıklar denge pozisyonlarında salınım ve dönme hareketi yapmakta ve ortam boyunca herhangi bir yer değiştirme olmamaktadır. Bu özellikleri taşıyan olayda iki hız bulunmaktadır. Birincisi bozulan ortamın yoğunluğuna bağlı olarak dalga veya faz hızı, ikincisi ise dalga enerjisini etkileyerek denge durumunun bozulması ile

parçacığın küçük salınımları olarak tanımlanan parçacık hızı olmaktadır. Kaya kütlesi sürekli ve homojen bir ortam olmadığından sismik dalgaların yayılımı sönümlenerek devam etmektedir. Bu sönmenin başlıca iki nedeni bulunmaktadır. Bunlardan biri, kaya yapısının malzeme ve kütle özelliklerine bağlı olarak gösterdiği direnç, diğeri ise dalganın kaynağından uzaklaştıkça geometrik olarak daha geniş bir alana yayılması olmaktadır.

Çalışılan kaya birimlerinde belirli bir enerji kaynağının yarattığı parçacık hızları, Cumhuriyet Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü'ne ait InstanTEL firmasının ürettiği DS-677 titreşim izleme sistemi (Blastmate) (Tablo 5.4) kullanılarak belirlenmiştir. Her bir ölçümde enine (PPVT), düşey (PPVV), boyuna (PPVL), bileşke (PVS) ve maksimum (PPV) parçacık hızı değerleri belirlenmiştir. Bilindiği gibi maksimum parçacık hızı, üç yönde alınan (enine, düşey, boyuna) parçacık hızı değerlerinden en yüksek olan değerdir. Yer sarsıntısı ölçümleri, basamak aynasına dik ve paralel olmak üzere iki değişik yöndeki profil üzerinde yapılmıştır (Profil A-B ve Profil C-D). Profil A-B ve Profil C-D'nin kesişim noktası vuruş noktası olarak belirlenmiştir. Belirli bir güçle 8 kg'lık balyozun zemin üzerine yerleştirilen sert polyester plakaya (Kalınlık = 5 cm, ϕ = 30 cm) vurulması sonucunda oluşan sabit enerjinin yarattığı yer sarsıntıları, dört değişik yönde (KA, KB, KC ve KD) ve her bir hatta en az altı değişik mesafede ölçülmüştür. Çalışılan kaya birimlerinin (Toprak (Yol), jips, manyetit, siyenit, serpantin, kireçtaşı, killi kireçtaşı ve döküm sahası) yer sarsıntısı ölçüm sonuçları sırasıyla Tablo 6.18 - 6.25'de verilmiştir.

Yer sarsıntıları bir noktadan başlayarak küresel olarak yayılmakta ve bu yayılım sırasında geçtikleri ortamın özelliklerine bağlı olarak kırılmaya/yansımayaya uğramakta ve nihayetinde sönümlenmektedir. Ölçüm sonuçları incelendiğinde, 4 değişik yönün aynı mesafelerinde ölçülen değerlerin birbirine yakın olduğu görülmüştür. Bu nedenle, söz konusu kaya birimlerini belirli boyutlarda (mesafelerde) temsil ve karakterize edebileceği düşüncesiyle aynı mesafelerde ölçülen değerlerin ortalaması alınarak tüm parçacık hızı bileşenlerinin ortalama değerleri bulunmuştur (Tablo 6.18 - 6.25).

Tablo 6.18. Yer Sarsıntısı Ölçüm Sonuçları (Toprak, Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi)

Blastmate Veri Kaydı

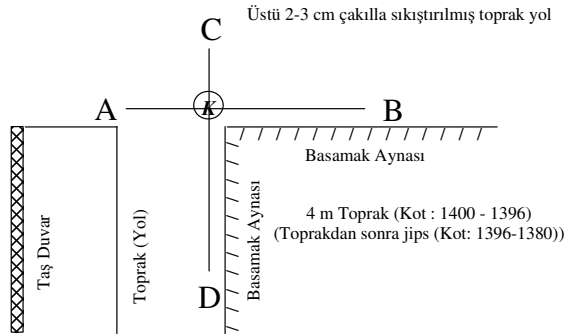
Bölge ve Ocağın Adı	: Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi
Lokasyon	: Toprak (Yol)
Basamak No veya Kot	: 1396-1400
Blastmate Markası	: DS-677 InstanTEL

Titreşim Ölçümleri

Konum	Bileşen	Parçacık Hızı (mm/sn)							
		Deney 1	Deney 2	Deney 3	Deney 4	Deney 5	Deney 6	Deney 7	
Profil A - B	K - A Yönü	Mesafe(m)	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
		PPVT	29.46	23.75	10.80	10.41	9.02	4.19	-
		PPVV	12.19	6.73	3.43	2.03	1.52	1.27	-
		PPVL	13.08	15.62	4.70	3.05	2.03	1.52	-
		PVS	32.10	24.07	10.86	10.84	9.18	4.24	-
	PPV	29.46	23.75	10.80	10.41	9.02	4.19	-	
	K - B Yönü	Mesafe(m)	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
		PPVT	Max	17.15	15.24	14.99	8.64	3.81	-
		PPVV	Max	6.99	3.43	2.03	1.65	1.14	-
		PPVL	Max	5.97	7.87	5.84	2.67	1.65	-
PVS		Max	17.38	15.41	15.95	8.76	3.97	-	
PPV	Max	17.15	15.24	14.99	8.64	3.81	-		
Profil C - D	K - C Yönü	Mesafe(m)	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
		PPVT	27.05	11.68	9.14	5.97	10.03	5.46	4.83
		PPVV	9.78	9.40	4.45	2.03	1.65	1.40	1.02
		PPVL	11.68	4.06	3.68	3.18	3.05	2.29	2.54
		PVS	29.67	14.02	9.57	6.33	10.24	5.56	4.94
	PPV	27.05	11.68	9.14	5.97	10.03	5.46	4.83	
	K - D Yönü	Mesafe(m)	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
		PPVT	36.96	42.42	9.53	4.45	2.92	2.92	3.43
		PPVV	7.75	4.70	3.68	2.03	1.52	1.27	1.14
		PPVL	7.62	8.00	2.67	1.91	2.03	1.27	0.76
PVS		37.37	42.62	9.79	5.02	3.49	3.02	3.54	
PPV	36.96	42.42	9.53	4.45	2.92	2.92	3.43		
Ortalama*	Mesafe(m)	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	
	PPVT	31.16	23.75	11.18	8.96	7.65	4.10	4.13	
	PPVV	9.91	6.96	3.75	2.03	1.59	1.27	1.08	
	PPVL	10.79	8.41	4.73	3.50	2.45	1.68	1.65	
	PVS	33.05	24.52	11.41	9.54	7.92	4.20	4.24	
PPV	31.16	23.75	11.18	8.96	7.65	4.10	4.13		

PPVT : Enine, PPVV : Düşey, PPVL : Boyuna, PVS : Bileşke, PPV : Maksimum

* Aynı mesafede 4 değişik profilde ölçülen değerlerin ortalamasıdır.

Profil A-B ve Profil C-D Konumu

Tablo 6.19. Yer Sarsıntısı Ölçüm Sonuçları (Jips, Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi)

Blastmate Veri Kaydı

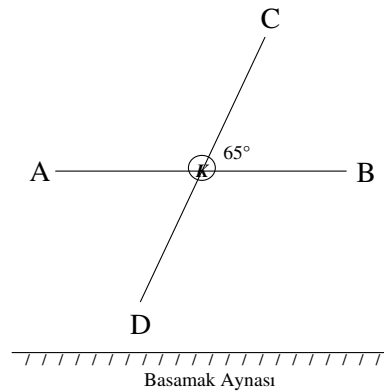
Bölge ve Ocağın Adı	: Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi
Lokasyon	: Jips
Basamak No veya Kot	: 1380-1396
Blastmate Markası	: DS-677 InstanTEL

Titreşim Ölçümleri

Konum	Bileşen	Parçacık Hızı (mm/sn)							
		Deney 1	Deney 2	Deney 3	Deney 4	Deney 5	Deney 6	Deney 7	
Profil A - B	K - A Yönü	Mesafe(m)	2	3	4	5	6	7	8
		PPVT	13.46	6.73	9.40	4.70	2.29	1.02	0.76
		PPVV	1.78	2.03	1.40	0.89	0.25	0.13	0.13
		PPVL	1.91	1.91	2.16	1.78	0.38	0.13	0.13
		PVS	13.62	6.75	9.43	4.76	2.29	1.03	0.76
	PPV	13.46	6.73	9.40	4.70	2.29	1.02	0.76	
	K - B Yönü	Mesafe(m)	2	3	4	5	6	7	8
		PPVT	13.72	7.11	5.59	4.32	5.97	2.54	2.41
		PPVV	1.91	1.40	1.02	0.51	0.89	1.02	0.38
		PPVL	2.41	2.67	2.03	0.38	0.25	0.38	0.51
PVS		13.75	7.60	5.81	4.33	5.97	2.57	2.41	
PPV	13.72	7.11	5.59	4.32	5.97	2.54	2.41		
Profil C - D	K - C Yönü	Mesafe(m)	2	3	4	5	6	7	8
		PPVT	24.64	7.75	5.08	4.83	6.73	4.57	1.91
		PPVV	3.05	0.51	0.51	0.76	0.38	0.25	0.13
		PPVL	2.79	0.64	0.64	0.89	0.89	0.51	0.13
		PVS	24.64	7.75	5.08	4.86	6.76	4.59	1.91
	PPV	24.64	7.75	5.08	4.83	6.73	4.57	1.91	
	K - D Yönü	Mesafe(m)	2	3	4	5	6	7	8
		PPVT	19.43	7.24	4.45	3.94	2.29	4.06	2.16
		PPVV	0.64	0.51	0.64	0.25	0.25	0.51	0.25
		PPVL	1.78	0.76	0.64	0.25	0.38	0.64	0.51
PVS		19.46	7.25	4.45	3.94	2.30	4.10	2.16	
PPV	19.43	7.24	4.45	3.94	2.29	4.06	2.16		
Ortalama*	Mesafe(m)	2	3	4	5	6	7	8	
	PPVT	17.81	7.21	6.13	4.45	4.32	3.05	1.81	
	PPVV	1.85	1.11	0.89	0.60	0.44	0.48	0.22	
	PPVL	2.22	1.50	1.37	0.83	0.48	0.42	0.32	
	PVS	17.87	7.34	6.19	4.47	4.33	3.07	1.81	
PPV	17.81	7.21	6.13	4.45	4.32	3.05	1.81		

PPVT : Enine, PPVV : Düşey, PPVL : Boyuna, PVS : Bileşke, PPV : Maksimum

* Aynı mesafede 4 değişik profilde ölçülen değerlerin ortalamasıdır.

Profil A-B ve Profil C-D Konumu

Tablo 6.20. Yer Sarsıntısı Ölçüm Sonuçları (Manyetit, Divriği Demir Açık İşletmesi)

Blastmate Veri Kaydı

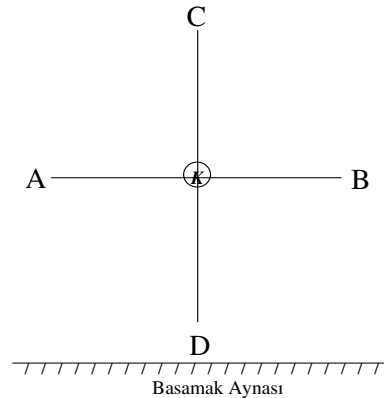
Bölge ve Ocağın Adı : Divriği Demir Açık İşletmesi
 Lokasyon : Manyetit
 Basamak No veya Kot : 1428-1440
 Blastmate Markası : DS-677 InstanTEL

Titreşim Ölçümleri

Konum	Bileşen	Parçacık Hızı (mm/sn)							
		Deney 1	Deney 2	Deney 3	Deney 4	Deney 5	Deney 6	Deney 7	
Profil A - B	K - A Yönü	Mesafe(m)	0.90	1.75	2.60	3.45	4.30	5.15	6
		PPVT	54.61	24.4	11.81	8.13	7.62	5.72	1.91
		PPVV	5.84	3.18	1.52	1.02	0.89	0.38	0.51
		PPVL	5.84	4.83	4.19	2.67	1.14	0.76	0.76
		PVS	54.91	24.69	12.11	8.22	7.70	5.75	1.92
	PPV	54.61	24.4	11.81	8.13	7.62	5.72	1.91	
	K - B Yönü	Mesafe(m)	0.90	1.75	2.60	3.45	4.30	5.15	6
		PPVT	20.83	22.35	9.02	7.87	4.06	4.95	4.57
		PPVV	6.99	1.78	1.02	1.02	0.38	0.64	0.64
		PPVL	2.03	1.52	2.92	1.91	0.76	1.02	0.89
PVS		21.99	22.35	9.11	7.87	4.08	4.97	4.62	
PPV	20.83	22.35	9.02	7.87	4.06	4.95	4.57		
Profil C - D	K - C Yönü	Mesafe(m)	0.90	1.75	2.60	3.45	4.30	5.15	6
		PPVT	9.02	6.48	6.73	4.83	4.45	7.49	-
		PPVV	4.83	1.40	1.14	0.64	0.64	0.76	-
		PPVL	1.65	3.05	1.02	0.51	0.89	0.51	-
		PVS	9.13	6.49	6.78	4.86	4.45	7.49	-
	PPV	9.02	6.48	6.73	4.83	4.45	7.49	-	
	K - D Yönü	Mesafe(m)	0.90	1.75	2.60	3.45	4.30	5.15	6
		PPVT	12.07	10.16	6.73	6.22	3.94	3.05	2.16
		PPVV	5.08	5.46	0.51	0.76	0.51	0.25	0.25
		PPVL	2.67	3.05	1.02	0.51	1.02	0.51	0.38
PVS		13.13	11.64	6.76	6.22	4.05	3.06	2.16	
PPV	12.07	10.16	6.73	6.22	3.94	3.05	2.16		
Ortalama*	Mesafe(m)	0.90	1.75	2.60	3.45	4.30	5.15	6	
	PPVT	24.13	15.85	8.57	6.76	5.02	5.30	2.88	
	PPVV	5.69	2.96	1.05	0.86	0.61	0.51	0.47	
	PPVL	3.05	3.11	2.29	1.40	0.95	0.70	0.68	
	PVS	24.79	16.29	8.69	6.79	5.07	5.32	2.90	
PPV	24.13	15.85	8.57	6.76	5.02	5.30	2.88		

PPVT : Enine, PPVV : Düşey, PPVL : Boyuna, PVS : Bileşke, PPV : Maksimum

* Aynı mesafede 4 değişik profilde ölçülen değerlerin ortalamasıdır.

Profil A-B ve Profil C-D Konumu

Tablo 6.21. Yer Sarsıntısı Ölçüm Sonuçları (Siyenit, Divriği Demir Açık İşletmesi)

Blastmate Veri Kaydı

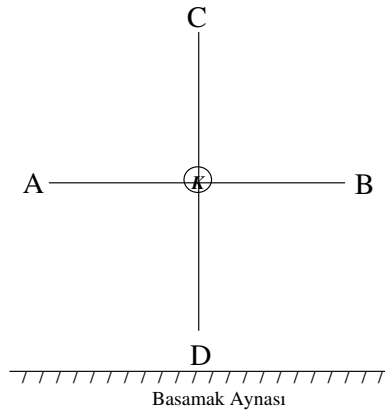
Bölge ve Ocağın Adı : Divriği Demir Açık İşletmesi
 Lokasyon : Siyenit
 Basamak No veya Kot : 1428-1440
 Blastmate Markası : DS-677 InstanTEL

Titreşim Ölçümleri

Konum	Bileşen	Parçacık Hızı (mm/sn)							
		Deney 1	Deney 2	Deney 3	Deney 4	Deney 5	Deney 6	Deney 7	
Profil A - B	K - A Yönü	Mesafe(m)	0.90	1.75	2.60	3.45	4.30	5.15	6
		PPVT	32.51	26.54	15.88	17.91	11.68	11.30	9.40
		PPVV	9.53	2.92	1.52	1.52	1.40	0.89	0.76
		PPVL	9.78	3.81	4.19	2.92	1.52	1.52	1.14
		PVS	33.69	26.64	16.49	18.08	11.75	11.32	9.40
	PPV	32.51	26.54	15.88	17.91	11.68	11.30	9.40	
	K - B Yönü	Mesafe(m)	0.90	1.75	2.60	3.45	4.30	5.15	6
		PPVT	50.04	12.19	14.86	10.67	13.46	5.33	5.72
		PPVV	21.72	2.41	1.02	0.76	1.27	0.51	0.64
		PPVL	6.35	3.18	2.79	2.67	1.14	1.52	1.40
PVS		50.20	12.24	15.02	10.78	13.51	5.43	5.72	
PPV	50.04	12.19	14.86	10.67	13.46	5.33	5.72		
Profil C - D	K - C Yönü	Mesafe(m)	0.90	1.75	2.60	3.45	4.30	5.15	6
		PPVT	28.32	16.89	10.54	7.87	13.21	13.72	5.97
		PPVV	14.61	5.84	3.43	0.89	0.76	1.14	0.51
		PPVL	5.59	5.08	2.03	2.79	3.43	3.05	1.27
		PVS	28.46	17.27	10.64	7.99	13.21	14.05	6.11
	PPV	28.32	16.89	10.54	7.87	13.21	13.72	5.97	
	K - D Yönü	Mesafe(m)	0.90	1.75	2.60	3.45	4.30	5.15	6
		PPVT	27.43	9.53	9.40	10.41	9.53	9.53	6.48
		PPVV	13.46	7.11	0.89	0.51	0.51	1.14	0.51
		PPVL	2.79	1.91	2.54	2.54	2.29	1.02	1.78
PVS		30.67	10.46	9.45	10.43	9.53	9.57	6.59	
PPV	27.43	9.53	9.40	10.41	9.53	9.53	6.48		
Ortalama*	Mesafe(m)	0.90	1.75	2.60	3.45	4.30	5.15	6	
	PPVT	34.58	16.29	12.67	11.72	11.97	9.97	6.89	
	PPVV	14.83	4.57	1.72	0.92	0.99	0.92	0.61	
	PPVL	6.13	3.50	2.89	2.73	2.10	1.78	1.40	
	PVS	35.76	16.65	12.90	11.82	12.00	10.09	6.96	
PPV	34.58	16.29	12.67	11.72	11.97	9.97	6.89		

PPVT : Enine, PPVV : Düşey, PPVL : Boyuna, PVS : Bileşke, PPV : Maksimum

* Aynı mesafede 4 değişik profilde ölçülen değerlerin ortalamasıdır.

Profil A-B ve Profil C-D Konumu

Tablo 6.22. Yer Sarsıntısı Ölçüm Sonuçları (Serpantin, Divriği Demir Açık İşletmesi)

Blastmate Veri Kaydı

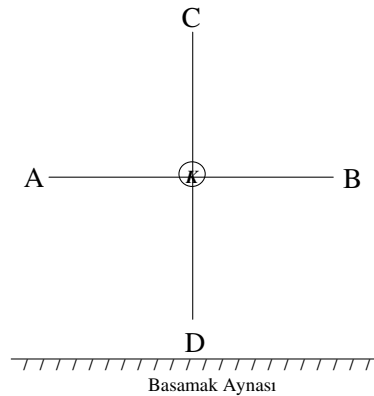
Bölge ve Ocağın Adı : Divriği Demir Açık İşletmesi
 Lokasyon : Serpantin
 Basamak No veya Kot : 1428-1440
 Blastmate Markası : DS-677 InstanTEL

Titreşim Ölçümleri

Konum	Bileşen	Parçacık Hızı (mm/sn)							
		Deney 1	Deney 2	Deney 3	Deney 4	Deney 5	Deney 6	Deney 7	
Profil A - B	K - A Yönü	Mesafe(m)	0.90	1.75	2.60	3.45	4.30	5.15	6
		PPVT	58.29	13.97	18.42	5.97	5.59	5.97	5.97
		PPVV	13.84	2.79	1.65	0.51	0.51	0.38	0.38
		PPVL	20.96	8.26	3.94	1.14	1.40	1.65	0.64
		PVS	61.86	14.21	18.48	5.97	5.68	6.10	6.00
	PPV	58.29	13.97	18.42	5.97	5.59	5.97	5.97	
	K - B Yönü	Mesafe(m)	0.90	1.75	2.60	3.45	4.30	5.15	6
		PPVT	44.07	39.62	12.45	10.16	7.49	3.68	3.94
		PPVV	7.11	1.91	1.02	0.64	0.51	0.76	0.76
		PPVL	13.97	6.99	2.29	1.40	1.14	0.89	1.02
PVS		44.82	39.74	12.49	10.22	7.56	3.76	3.95	
PPV	44.07	39.62	12.45	10.16	7.49	3.68	3.94		
Profil C - D	K - C Yönü	Mesafe(m)	0.90	1.75	2.60	3.45	4.30	5.15	6
		PPVT	25.78	33.02	13.72	6.99	5.97	3.94	-
		PPVV	23.88	3.94	1.91	1.78	0.76	0.51	-
		PPVL	9.65	7.75	2.41	3.18	1.52	0.89	-
		PVS	29.42	33.34	13.80	7.18	6.00	4.03	-
	PPV	25.78	33.02	13.72	6.99	5.97	3.94	-	
	K - D Yönü	Mesafe(m)	0.90	1.75	2.60	3.45	4.30	5.15	6
		PPVT	47.37	14.35	16.89	11.94	17.27	12.32	-
		PPVV	27.31	5.84	2.03	1.65	0.76	0.76	-
		PPVL	11.68	4.70	3.18	2.79	2.79	1.91	-
PVS		52.66	14.37	17.03	11.95	17.34	12.41	-	
PPV	47.37	14.35	16.89	11.94	17.27	12.32	-		
Ortalama*	Mesafe(m)	0.90	1.75	2.60	3.45	4.30	5.15	6	
	PPVT	43.88	25.24	15.37	8.77	9.08	6.48	4.96	
	PPVV	18.04	3.62	1.65	1.15	0.64	0.60	0.57	
	PPVL	14.07	6.93	2.96	2.13	1.71	1.34	0.83	
	PVS	47.19	25.42	15.45	8.83	9.15	6.58	4.98	
PPV	43.88	25.24	15.37	8.77	9.08	6.48	4.96		

PPVT : Enine, PPVV : Düşey, PPVL : Boyuna, PVS : Bileşke, PPV : Maksimum

* Aynı mesafede 4 değişik profilde ölçülen değerlerin ortalamasıdır.

Profil A-B ve Profil C-D Konumu

Tablo 6.23. Yer Sarsıntısı Ölçüm Sonuçları (Kireçtaşı, Kangal Kömür Açık İşletmesi)

Blastmate Veri Kaydı

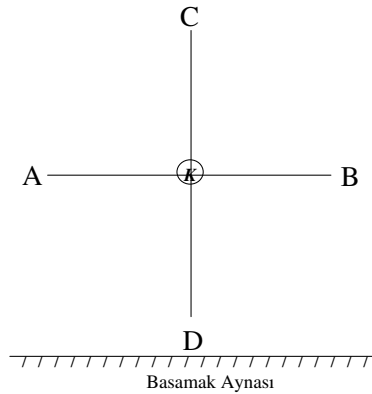
Bölge ve Ocağın Adı	: Kangal Kömür Açık İşletmesi
Lokasyon	: Kireçtaşı
Basamak No veya Kot	: 1599-1614
Blastmate Markası	: DS-677 InstanTEL

Titreşim Ölçümleri

Konum	Bileşen	Parçacık Hızı (mm/sn)							
		Deney 1	Deney 2	Deney 3	Deney 4	Deney 5	Deney 6	Deney 7	
Profil A - B	K - A Yönü	Mesafe(m)	1	2	3	4	5	6	7
		PPVT	Max	36.45	38.99	14.73	12.07	9.02	6.48
		PPVV	20.83	9.78	2.41	2.67	2.03	1.14	1.02
		PPVL	41.66	5.59	3.94	4.19	1.78	1.40	1.27
		PVS	Max	36.85	39.02	15.22	12.26	9.06	6.49
		PPV	Max	36.45	38.99	14.73	12.07	9.02	6.48
	K - B Yönü	Mesafe(m)	1	2	3	4	5	6	7
		PPVT	Max	31.88	53.85	17.15	14.10	12.70	13.34
		PPVV	22.86	5.21	2.54	1.52	1.14	0.76	1.14
		PPVL	38.61	5.08	3.68	3.56	3.43	1.52	2.29
		PVS	Max	31.99	53.90	17.32	14.14	12.72	13.38
		PPV	Max	31.88	53.85	17.15	14.10	12.70	13.34
Profil C - D	K - C Yönü	Mesafe(m)	1	2	3	4	5	6	7
		PPVT	Max	Max	57.15	10.54	7.11	6.73	5.72
		PPVV	17.46	18.86	2.79	1.65	0.64	0.89	0.76
		PPVL	35.18	12.19	8.76	2.29	0.76	0.89	1.02
		PVS	Max	Max	57.40	10.65	7.11	6.73	5.73
		PPV	Max	Max	57.15	10.54	7.11	6.73	5.72
	K - D Yönü	Mesafe(m)	1	2	3	4	5	6	7
		PPVT	Max	Max	48.51	25.65	11.68	6.60	7.37
		PPVV	18.80	14.22	3.30	2.16	0.89	0.89	1.02
		PPVL	20.32	9.14	8.51	7.75	1.91	1.27	1.65
		PVS	Max	Max	48.55	26.67	11.70	6.76	7.43
		PPV	Max	Max	48.51	25.65	11.68	6.60	7.37
Ortalama*	Mesafe(m)	1	2	3	4	5	6	7	
	PPVT	Max	34.17	49.63	17.02	11.24	8.76	8.23	
	PPVV	19.99	12.02	2.76	2.00	1.18	0.92	0.99	
	PPVL	33.94	8.00	6.22	4.45	1.97	1.27	1.56	
	PVS	Max	34.42	49.72	17.47	11.30	8.82	8.26	
	PPV	Max	34.17	49.63	17.02	11.24	8.76	8.23	

PPVT : Enine, PPVV : Düşey, PPVL : Boyuna, PVS : Bileşke, PPV : Maksimum

* Aynı mesafede 4 değişik profilde ölçülen değerlerin ortalamasıdır.

Profil A-B ve Profil C-D Konumu

Tablo 6.24. Yer Sarsıntısı Ölçüm Sonuçları (Killi Kireçtaşı, Kangal Kömür Açık İşletmesi)

Blastmate Veri Kaydı

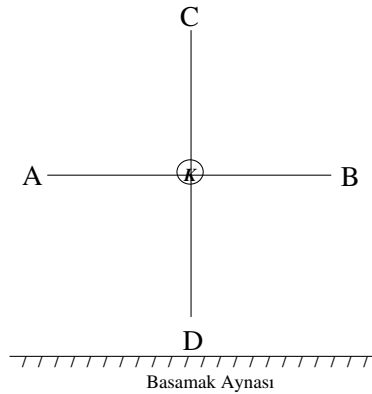
Bölge ve Ocağın Adı : Kangal Kömür Açık İşletmesi
 Lokasyon : Killi Kireçtaşı
 Basamak No veya Kot : 1585-1599
 Blastmate Markası : DS-677 InstanTEL

Titreşim Ölçümleri

Konum	Bileşen	Parçacık Hızı (mm/sn)								
		Deney 1	Deney 2	Deney 3	Deney 4	Deney 5	Deney 6	Deney 7		
Profil A - B	K - A Yönü	Mesafe(m)	1	2	3	4	5	6	7	
		PPVT	42.42	11.56	8.89	9.40	11.18	10.03	14.99	
		PPVV	5.08	6.48	2.29	2.79	2.67	1.02	1.02	
		PPVL	13.34	5.21	5.08	2.16	2.03	4.06	2.54	
		PVS	44.45	12.16	10.03	9.41	11.35	10.03	15.10	
		PPV	42.42	11.56	8.89	9.40	11.18	10.03	14.99	
	K - B Yönü	Mesafe(m)	1	2	3	4	5	6	7	
		PPVT	Max	23.11	27.31	13.46	13.46	9.53	9.40	
		PPVV	15.75	3.05	2.54	2.16	1.65	0.76	1.02	
		PPVL	27.31	8.13	4.19	3.94	3.05	1.40	1.02	
		PVS	Max	23.11	27.38	13.67	13.49	9.57	9.45	
		PPV	Max	23.11	27.31	13.46	13.46	9.53	9.40	
	Profil C - D	K - C Yönü	Mesafe(m)	1	2	3	4	5	6	7
			PPVT	18.92	14.48	12.57	10.16	10.16	12.57	6.48
PPVV			9.40	4.06	1.78	1.52	1.14	1.02	0.76	
PPVL			8.76	7.24	2.79	2.67	2.92	1.78	0.89	
PVS			19.11	15.07	12.84	10.45	10.22	12.57	6.49	
PPV			18.92	14.48	12.57	10.16	10.16	12.57	6.48	
K - D Yönü		Mesafe(m)	1	2	3	4	5	6	7	
		PPVT	40.89	43.31	14.35	14.22	12.19	4.06	3.18	
		PPVV	22.48	5.21	1.40	0.76	0.89	0.51	0.51	
		PPVL	3.81	3.43	3.68	1.40	2.16	1.27	0.89	
		PVS	44.80	43.37	14.35	14.24	12.27	4.08	3.21	
		PPV	40.89	43.31	14.35	14.22	12.19	4.06	3.18	
Ortalama*		Mesafe(m)	1	2	3	4	5	6	7	
		PPVT	34.08	23.12	15.78	11.81	11.75	9.05	8.51	
	PPVV	13.18	4.70	2.00	1.81	1.59	0.83	0.83		
	PPVL	13.31	6.00	3.94	2.54	2.54	2.13	1.34		
	PVS	36.12	23.43	16.15	11.94	11.83	9.06	8.56		
	PPV	34.08	23.12	15.78	11.81	11.75	9.05	8.51		

PPVT : Enine, PPVV : Düşey, PPVL : Boyuna, PVS : Bileşke, PPV : Maksimum

* Aynı mesafede 4 değişik profilde ölçülen değerlerin ortalamasıdır.

Profil A-B ve Profil C-D Konumu

Tablo 6.25. Yer Sarsıntısı Ölçüm Sonuçları (Döküm Sahası, Kangal Kömür Açık İşletmesi)

Blastmate Veri Kaydı

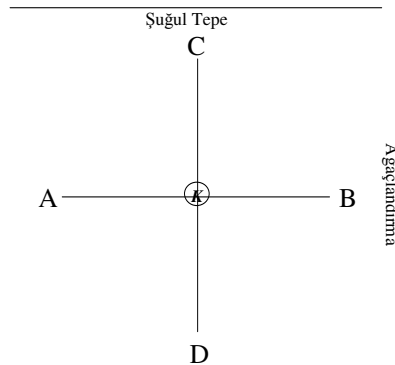
Bölge ve Ocağın Adı	: Kangal Kömür Açık İşletmesi
Lokasyon	: Döküm Sahası
Basamak No veya Kot	: 1605 Şuğul Tepe Bölgesi
Blastmate Markası	: DS-677 InstanTEL

Titreşim Ölçümleri

Konum	Bileşen	Parçacık Hızı (mm/sn)								
		Deney 1	Deney 2	Deney 3	Deney 4	Deney 5	Deney 6	Deney 7		
Profil A - B	K - A Yönü	Mesafe(m)	1	2	3	4	5	6	7	
		PPVT	54.36	14.22	16.26	16.64	15.24	3.43	10.16	
		PPVV	22.10	6.86	1.91	0.89	1.02	0.89	0.64	
		PPVL	9.53	2.67	5.46	3.18	2.03	3.30	2.92	
		PVS	54.50	14.35	16.92	16.65	15.32	3.83	10.21	
		PPV	54.36	14.22	16.26	16.64	15.24	3.43	10.16	
	K - B Yönü	Mesafe(m)	1	2	3	4	5	6	7	
		PPVT	26.16	25.78	17.65	24.51	13.34	5.59	6.22	
		PPVV	18.80	5.97	1.52	1.14	0.76	0.64	0.51	
		PPVL	5.08	5.08	3.43	5.21	2.92	2.16	1.40	
		PVS	26.45	25.83	17.72	24.64	13.53	5.59	6.35	
		PPV	26.16	25.78	17.65	24.51	13.34	5.59	6.22	
	Profil C - D	K - C Yönü	Mesafe(m)	1	2	3	4	5	6	7
			PPVT	43.56	28.19	7.62	8.51	5.84	11.18	9.27
PPVV			12.45	6.10	1.91	1.46	1.78	1.14	1.02	
PPVL			12.07	6.73	4.57	2.79	2.16	2.16	1.78	
PVS			45.42	28.34	7.62	8.52	6.13	11.22	9.30	
PPV			43.56	28.19	7.62	8.51	5.84	11.18	9.27	
K - D Yönü		Mesafe(m)	1	2	3	4	5	6	7	
		PPVT	32.89	25.02	40.39	11.18	13.34	10.92	5.97	
		PPVV	11.05	3.94	1.52	1.40	1.46	1.02	0.51	
		PPVL	10.54	5.72	4.32	2.67	2.54	2.41	1.65	
		PVS	33.08	25.11	40.56	11.29	13.54	10.97	5.97	
		PPV	32.89	25.02	40.39	11.18	13.34	10.92	5.97	
Ortalama*	Mesafe(m)	1	2	3	4	5	6	7		
	PPVT	39.24	23.30	20.48	15.21	11.94	7.78	7.91		
	PPVV	16.10	5.72	1.72	1.22	1.26	0.92	0.67		
	PPVL	9.31	5.05	4.45	3.46	2.41	2.51	1.94		
	PVS	39.86	23.41	20.71	15.28	12.13	7.90	7.96		
	PPV	39.24	23.30	20.48	15.21	11.94	7.78	7.91		

PPVT : Enine, PPVV : Düşey, PPVL : Boyuna, PVS : Bileşke, PPV : Maksimum

* Aynı mesafede 4 değişik profilde ölçülen değerlerin ortalamasıdır.

Profil A-B ve Profil C-D Konumu

6.2.4. Plaka Yükleme Deney Sonuçları

Kaya birimlerinin taşıma kapasitelerini belirlemek amacıyla Bölüm 4’de tanıtılan kontrollü plaka yükleme deney düzeneği kullanılarak Bölüm 5’te önerilen yöntem doğrultusunda plaka yükleme deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Plaka yükleme deneyleri, sismik hız ve yer sarsıntısı ölçümlerinin yapıldığı lokasyonlarda basamak aynasına dik ve paralel iki değişik yönde oluşturulan hat boyunca 2’şer metre aralıklarla ve değişik çaplarda plakalar kullanılarak yapılmıştır. Her bir kaya birimi için dört değişik plaka çapında (10.95 cm, 14.78 cm, 19.68 cm ve 28.18 cm) ve her plaka çapında üç deney olmak üzere toplam 12 adet plaka yükleme deneyi gerçekleştirilmiştir. Her birimde 12 adet olmak üzere tüm birimler bazında toplam 96 adet (8 birim*12) plaka yükleme deneyi yapılmıştır.

Çalışılan kaya birimleri (Toprak (yol), jips, manyetit, siyenit, serpantin, kireçtaşı, killi kireçtaşı ve döküm sahası) üzerinde yapılan plaka yükleme deneylerinden elde edilen veriler sırasıyla Ek 1’de (Tablo 1 - 8) verilmiştir.

Ek 1’de verilen yük değerleri, basınç çevirici (Bölüm 4) kullanılarak kaydedilen değerlerdir. Bu değerler, Şekil 4.2’de verilen kalibrasyon eğrisinden yararlanılarak düzeltilmiştir. Benzer şekilde, deplasman değerleri de Şekil 4.3 ve 4.4’de verilen kalibrasyon eğrilerinden yararlanılarak düzeltilmiştir. Daha sonra, düzeltilen yük değerinin plakanın yüzey alanına bölünmesi ile her bir ortalama deplasman değerine karşılık gelen gerilmeler (kg/cm^2) bulunmuştur (Tablo 6.26 - 6.33).

Plaka yükleme deney sonuçları (Tablo 6.26 - 6.33) kullanılarak, dört değişik plaka çapı için çalışılan tüm birimlerin gerilme-deplasman eğrileri çizilmiştir (şekil 6.17 - 6.24). şekil 6.17'de belirtildiği gibi yükün sabit kaldığı halde deformasyonun devam ettiği (eğrinin eğiminin düşmesi) nihai dayanım değerleri taşıma kapasitesi olarak kabul edilmiştir. Her bir kaya birimi için şekil 6.17'de gösterildiği gibi her plaka çapında üç adet olmak üzere toplam 12 adet taşıma kapasitesi değeri belirlenmiş ve bu değerlerin ortalaması alınarak her bir kaya biriminin ortalama taşıma kapasitesi değeri bulunmuştur (Tablo 6.34).

Plaka çapları dikkate alınarak taşıma kapasitesi değerleri incelendiğinde, beklenildiği ve Tablo 6.34'de de görüldüğü gibi hemen hemen tüm birimlerde en düşük değerler en yüksek plaka çapında (28.18 cm), en yüksek değerler ise en düşük plaka çapında (10.95) elde edilmiştir. Ortalama taşıma kapasitesi değerlerinin standart sapmalarının yüksek olmasının, en küçük ve en büyük plaka boyutu arasındaki farkın (ap farkı=17.23 cm) yüksekliğinden kaynaklandığı söylenebilir.

Tablo 6.26. Plaka Yükleme Deney Sonuçları (Toprak (Yol), Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi)

Plaka Çapı : 10.95 cm									Plaka Çapı : 14.78 cm								
Deney A			Deney B			Deney C			Deney A			Deney B			Deney C		
D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)
35.01	0.37	0.63	6.79	0.07	0.04	3.77	0.04	0.41	95.76	0.56	1.05	156.51	0.91	0.57	136.78	0.80	0.65
396.12	4.21	1.59	483.08	5.13	0.38	532.32	5.65	2.82	476.51	2.78	1.75	790.02	4.60	1.57	512.68	2.99	1.76
699.77	7.43	2.55	934.54	9.92	0.72	799.89	8.49	3.72	734.21	4.28	2.26	1126.55	6.57	2.03	822.91	4.80	2.53
1277.56	13.57	3.77	1397.41	14.84	1.04	1075.67	11.42	4.64	998.48	5.82	3.06	1569.69	9.15	2.46	1165.93	6.80	3.23
1596.00	16.95	4.79	1868.41	19.84	1.34	1374.39	14.59	5.46	1292.35	7.53	3.87	2004.70	11.68	2.81	1464.64	8.54	3.97
1868.41	19.84	5.35	2291.91	24.34	1.66	1659.95	17.63	6.28	1577.91	9.20	4.32	2467.57	14.38	3.14	1811.04	10.56	4.60
1994.84	21.18	6.01	2733.49	29.03	1.97	1930.80	20.50	7.12	1748.65	10.19	4.95	2889.43	16.84	3.46	2140.90	12.48	5.23
2237.74	23.76	6.88	3155.35	33.51	2.27	2180.28	23.15	8.01	2065.45	12.04	5.69	3325.99	19.39	3.75	2475.79	14.43	5.81
2495.43	26.50	7.74	3518.01	37.36	2.61	2462.64	26.15	8.85	2362.52	13.77	6.45	3962.88	23.10	4.16	3122.46	18.20	7.16
2743.36	29.13	8.60	3913.64	41.56	2.96	2769.57	29.41	10.27	2712.12	15.81	7.26	4543.96	26.48	4.47	3603.42	21.00	7.98
3032.21	32.20	10.04	4222.22	44.84	3.42	3066.64	32.56	11.75	2879.56	16.78	8.01	5123.30	29.86	4.89	4058.07	23.65	8.84
3360.52	35.69	11.93	4555.38	48.37	3.87	3245.60	34.46	12.79	3168.41	18.47	8.71	5479.47	31.94	5.17	4537.38	26.45	9.66
3506.59	37.24	13.01	5023.18	53.34	4.65	3629.63	38.54	14.92	3270.17	19.06	9.09	5827.52	33.97	5.48	4813.07	28.05	10.26
3669.10	38.96	14.75	5259.59	55.85	5.36	3636.21	38.61	16.43	3552.54	20.71	9.76	6190.27	36.08	5.77	5376.06	31.33	11.46
3734.69	39.66	16.03	5446.68	57.84	6.21	3751.13	39.83	17.70	3767.57	21.96	10.58	6702.37	39.07	6.29	5655.14	32.96	12.04
3721.62	39.52	17.52	5592.75	59.39	7.23	3933.28	41.77	18.82	3961.24	23.09	11.49	6999.45	40.80	6.70	6159.03	35.90	13.35
3797.08	40.32	18.77	5678.16	60.30	8.39	3980.97	42.27	20.27	4232.09	24.67	12.86	7303.09	42.57	7.10	6682.64	38.95	14.65
3756.06	39.89	20.96	5737.17	60.92	9.71	3997.32	42.45	21.03	4407.66	25.69	13.81	7570.66	44.13	7.56	7137.29	41.60	16.03
3774.15	40.08	23.05	5779.92	61.38	11.08	3992.02	42.39	21.55	4555.38	26.55	14.84	7826.71	45.62	8.02	7573.95	44.15	17.73
3828.23	40.65	24.05	5802.85	61.62	12.59				4676.87	27.26	15.97	8256.79	48.13	8.70	8008.86	46.68	19.21
			5763.48	61.20	14.17				4819.65	28.09	17.01	8243.63	48.05	9.35	8514.48	49.63	21.91
			5758.55	61.15	15.69				4877.11	28.43	18.29	8366.77	48.77	10.37	8708.15	50.76	23.37
			5715.89	60.70	18.13				4944.44	28.82	19.51	8232.12	47.98	12.16	9039.75	52.69	25.40
									5031.40	29.33	20.94	7938.34	46.27	13.78	9149.73	53.33	26.34
									5064.29	29.52	22.31				9172.66	53.46	27.53
									5087.22	29.65	23.67				9285.94	54.12	28.66
									5077.35	29.59	25.14				9410.72	54.85	29.67
															9561.72	55.73	30.85
															9517.42	55.47	31.51

Tablo 6.26. Devamı

Plaka Çapı : 19.68 cm									Plaka Çapı : 28.18 cm								
Deney A			Deney B			Deney C			Deney A			Deney B			Deney C		
D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)
64.52	0.21	1.03	48.17	0.16	0.29	181.08	0.60	0.37	23.50	0.04	0.99	376.39	0.60	0.38	143.35	0.23	0.76
525.74	1.73	2.13	588.14	1.93	0.67	619.38	2.04	1.34	565.21	0.91	4.28	867.21	1.39	0.58	573.34	0.92	2.01
758.87	2.49	3.17	978.84	3.22	1.00	870.50	2.86	2.25	1274.27	2.04	6.02	1052.65	1.69	0.70	914.80	1.47	2.67
1008.35	3.31	4.02	1335.01	4.39	1.17	1160.99	3.82	3.11	1563.12	2.51	6.69	1500.81	2.41	0.89	1310.35	2.10	3.24
1287.42	4.23	4.82	1735.49	5.71	1.38	1747.00	5.74	4.59	1838.90	2.95	7.24	1952.17	3.13	1.05	2073.58	3.32	4.30
1572.98	5.17	5.56	2218.09	7.29	1.64	2035.85	6.69	5.21	2648.08	4.25	8.55	2403.54	3.85	1.20	2456.06	3.94	4.79
1806.11	5.94	6.40	2735.14	8.99	1.81	2653.01	8.72	6.36	3129.04	5.02	9.38	2835.26	4.55	1.34	3222.58	5.17	5.65
2099.89	6.90	7.12	3201.29	10.52	2.02	3152.06	10.36	7.24	3450.77	5.53	10.24	3270.17	5.24	1.47	3980.97	6.38	6.43
2365.81	7.78	7.87	3675.58	12.08	2.20	3491.79	11.48	7.77	3737.98	5.99	10.52	3887.33	6.23	1.65	4360.07	6.99	6.79
2653.01	8.72	8.57	4140.10	13.61	2.37	3811.88	12.53	8.37	4128.68	6.62	11.19	4309.19	6.91	1.77	5093.79	8.17	7.43
2912.35	9.57	9.29	4584.97	15.07	2.54	4187.78	13.77	8.85	4624.35	7.41	11.79	4714.60	7.56	1.89	5438.46	8.72	7.74
3148.77	10.35	10.03	5005.18	16.45	2.72	4863.96	15.99	9.88	5036.33	8.08	12.65	5102.01	8.18	2.00	6147.61	9.86	8.31
3398.25	11.17	10.82	5438.46	17.88	2.90	5162.76	16.97	10.36	5622.34	9.01	13.66	5504.14	8.83	2.11	6928.83	11.11	8.85
3619.86	11.90	11.53	5861.95	19.27	3.08	5459.83	17.95	10.85	6154.09	9.87	14.77	6270.65	10.05	2.34	7227.64	11.59	9.13
3852.89	12.67	12.26	6249.37	20.54	3.25	5760.19	18.94	11.32	6398.73	10.26	15.35	6661.36	10.68	2.44	7726.59	12.39	9.53
4092.51	13.45	13.00	6643.27	21.84	3.45	6318.25	20.77	12.27	6828.71	10.95	16.66	7370.42	11.82	2.68	8048.33	12.90	9.79
4296.03	14.12	13.75	7025.75	23.10	3.64	6782.76	22.30	13.24	7217.77	11.57	18.08	7728.24	12.39	2.78	8389.70	13.45	10.05
4565.24	15.01	15.04	7406.50	24.35	3.84	7022.47	23.09	13.71	7614.96	12.21	19.56	8056.55	12.92	2.89	9033.17	14.48	10.53
4717.89	15.51	15.94	7751.16	25.48	4.03	7457.38	24.52	14.76	7882.53	12.64	21.34	8731.08	14.00	3.09	9359.84	15.01	10.77
4911.55	16.15	16.82	8090.99	26.60	4.27	7861.15	25.84	15.88	8222.26	13.18	23.60	9023.30	14.47	3.20	9893.23	15.86	11.27
5231.64	17.20	18.65	8422.50	27.69	4.50	8049.97	26.46	16.45	8440.58	13.53	25.55	9317.18	14.94	3.31	10461.15	16.77	11.72
5453.26	17.93	20.09	8736.01	28.72	4.74	8404.50	27.63	17.69	8680.19	13.92	29.05	9903.10	15.88	3.55	10722.14	17.19	11.95
5617.41	18.47	21.64	9033.08	29.70	5.00	8722.95	28.68	19.08	8819.78	14.14	29.87	10457.86	16.77	3.78	11250.69	18.04	12.38
5776.63	18.99	23.23	9315.53	30.62	5.29	9108.72	29.94	21.48	8934.69	14.33	30.98	10986.42	17.62	4.02	11756.22	18.85	12.80
5924.35	19.48	24.90	9701.21	31.89	5.56	9266.30	30.46	23.45	9187.46	14.73	33.10	11258.91	18.05	4.16	12227.31	19.60	13.19
6062.19	19.93	26.65	9885.10	32.50	5.97	9333.53	30.68	24.54	9182.53	14.72	35.78	11723.43	18.80	4.45	12685.25	20.34	13.66
6186.98	20.34	28.39	10119.78	33.27	6.38	9400.85	30.90	25.72	9228.48	14.80	37.00	12187.94	19.54	4.78	13103.82	21.01	14.07
6209.91	20.41	29.69	10359.39	34.06	6.85	9415.65	30.95	27.10	9264.65	14.85	38.28	12698.41	20.36	5.16	13491.23	21.63	14.47
6252.66	20.56	30.95	10564.56	34.73	7.26	9413.55	30.95	28.42	9313.89	14.93	39.57	13008.63	20.86	5.54	13876.91	22.25	14.84
6323.18	20.79	32.85	10727.07	35.26	8.10				9351.62	14.99	41.61	13271.26	21.28	6.32	14262.68	22.87	15.33
6398.73	21.04	34.07	10812.49	35.55	9.18				9418.94	15.10	43.51	13499.45	21.64	7.18	14499.01	23.25	15.69
6485.69	21.32	35.93	10201.81	33.54	12.82				9430.36	15.12	44.96	13678.32	21.93	7.91	14602.41	23.41	15.84
6500.49	21.37	37.25										13657.03	21.90	8.38	14671.38	23.52	15.98
6467.61	21.26	38.78										13642.23	21.87	9.13	14728.84	23.62	16.11
6533.29	21.48	40.05													14776.44	23.69	16.24
															14843.76	23.80	16.36
															14843.76	23.80	16.46

*Bu birimdeki deneylerde PW-100 basınç çevirici kullanılmıştır. Düzeltilen yük değerleri (D.Yük) söz konusu basınç çeviricinin kalibrasyon eğrisi

$$[Y (D.Yük) = 0.9135X - 201.31 , R^2=1.0] \text{ kullanılarak elde edilmiştir.}$$

Tablo 6.27. Devamı

Plaka Çapı : 19.68 cm									Plaka Çapı : 28.18 cm								
Deney A			Deney B			Deney C			Deney A			Deney B			Deney C		
D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)
340.30	1.12	1.62	427.27	1.40	1.51	18.57	0.06	2.32	202.46	0.32	2.00	355.10	0.57	0.51	35.01	0.06	1.50
701.41	2.31	2.77	785.09	2.58	2.66	399.41	1.31	5.39	524.10	0.84	3.66	1244.76	2.00	0.96	614.45	0.99	3.51
1049.36	3.45	4.06	1308.71	4.30	3.69	834.32	2.74	9.29	762.16	1.22	4.44	1577.61	2.53	1.31	1047.72	1.68	4.04
1704.34	5.60	5.79	1932.44	6.35	4.38	1152.77	3.79	10.34	1065.81	1.71	5.13	2024.34	3.25	1.66	1469.57	2.36	4.92
2254.18	7.41	6.99	2336.21	7.68	5.17	1717.41	5.65	12.27	1587.78	2.55	6.14	2523.39	4.05	2.13	1856.99	2.98	5.45
2843.48	9.35	8.32	2771.22	9.11	5.67	2049.01	6.74	13.21	2331.28	3.74	7.06	3216.00	5.16	2.65	2341.14	3.75	5.98
3360.52	11.05	9.29	3452.42	11.35	6.54	2543.03	8.36	14.38	3001.06	4.81	7.75	3685.45	5.91	3.00	3032.21	4.86	6.47
3915.29	12.87	10.25	3921.86	12.89	7.01	2999.41	9.86	15.16	3294.84	5.28	8.01	4361.71	6.99	3.57	3376.87	5.41	6.78
4269.82	14.04	10.87	4153.25	13.65	7.56	3673.94	12.08	16.50	3759.35	6.03	8.32	4563.60	7.32	3.78	3583.69	5.75	7.08
5152.90	16.94	12.32	4870.53	16.01	8.14	4443.84	14.61	17.77	4084.38	6.55	8.56	4982.16	7.99	4.13	4233.73	6.79	7.40
5699.44	18.74	13.11	5285.81	17.38	8.62	4845.96	15.93	18.39	4468.41	7.16	8.88	5484.41	8.79	4.33	4588.26	7.36	7.80
6198.49	20.38	13.96	5921.06	19.47	9.31	5541.86	18.22	19.08	4942.79	7.93	9.09	6421.66	10.30	4.86	5006.83	8.03	8.04
6644.92	21.84	14.48	6531.64	21.47	10.02	6031.04	19.83	20.09	5205.42	8.35	9.35	6909.19	11.08	5.08	5576.39	8.94	8.42
7099.56	23.34	15.23	6884.53	22.63	10.54	6607.19	21.72	20.91	5445.03	8.73	9.48	7578.88	12.15	5.48	6003.09	9.63	8.66
7504.98	24.67	16.12	7642.91	25.13	11.68	7051.97	23.18	21.62	6142.67	9.85	9.78	8030.24	12.88	5.74	6443.03	10.33	8.95
7834.93	25.76	17.22	8314.25	27.33	12.81	7898.97	25.97	23.06	6610.48	10.60	10.01	8864.08	14.21	6.17	6902.61	11.07	9.17
8475.02	27.86	18.23	8701.57	28.61	13.30	8461.96	27.82	24.37	6971.58	11.18	10.27	9635.53	15.45	6.62	7421.30	11.90	9.47
8872.30	29.17	19.15	9492.75	31.21	14.52	9166.18	30.13	26.30	7401.57	11.87	10.45	10068.90	16.14	6.79	7815.20	12.53	9.67
9295.80	30.56	20.67	10001.57	32.88	15.63	9349.97	30.74	27.13	7793.92	12.50	10.66	10968.42	17.59	7.29	8345.40	13.38	9.85
9675.00	31.81	21.52	10339.75	33.99	16.47	9812.84	32.26	28.19	8138.58	13.05	10.85	11662.68	18.70	7.67	8796.76	14.10	10.05
10108.27	33.23	22.98	11007.79	36.19	17.21	10516.97	34.57	30.34	8535.77	13.69	11.04	12015.56	19.27	7.83	9029.88	14.48	10.20
10659.84	35.04	23.44	11488.75	37.77	18.46	11027.43	36.25	32.52	8905.10	14.28	11.20	12634.37	20.26	8.17	9519.06	15.26	10.34
11129.20	36.59	24.69	12169.86	40.01	19.23	11168.66	36.72	33.52	9285.94	14.89	11.37	13297.48	21.32	8.61	9776.76	15.68	10.57
11728.36	38.56	27.03	12616.37	41.48	19.92	11670.90	38.37	35.23	9502.62	15.24	11.46	13995.12	22.44	8.89	10124.71	16.23	10.72
11127.64	36.58	27.66	12946.24	42.56	20.65	11961.39	39.32	36.96	9911.32	15.89	11.60	14328.36	22.97	9.13	10441.51	16.74	10.87
11121.71	36.56	29.61	13414.04	44.10	21.19	12670.54	41.65	40.44	10423.43	16.71	11.88	14832.25	23.78	9.36	10776.31	17.28	11.01
			13803.10	45.38	21.89	12969.26	42.64	41.95	10738.58	17.22	12.03	15063.64	24.15	9.61	11094.76	17.79	11.14
			14105.10	46.37	22.33	13528.96	44.48	45.02	11267.13	18.07	12.19	15383.73	24.67	9.83	11695.57	18.75	11.34
			14113.33	46.40	22.75	14065.73	46.24	49.43	11521.54	18.47	12.33	15559.40	24.95	9.90	12118.97	19.43	11.54
			14104.28	46.37	22.73	14343.07	47.15	52.09	12005.79	19.25	12.51	15616.86	25.04	9.95	12509.68	20.06	11.67
						14518.74	47.73	54.27	12619.66	20.23	12.81				12877.36	20.65	11.92
						14764.93	48.54	56.27	13373.03	21.44	13.13				13620.86	21.84	12.25
						14856.82	48.84	58.17	13655.39	21.89	13.25				14041.07	22.51	12.46
						14956.94	49.17	58.63	14298.77	22.93	13.49				14668.09	23.52	12.87
						14935.57	49.10	60.68	14673.03	23.53	13.66				15009.47	24.07	13.12
									14991.47	24.04	13.88				15081.73	24.18	13.31
									15364.00	24.63	14.08				15285.26	24.51	13.60
									15457.63	24.78	14.20						

*Bu birimdeki deneylerde PW-100 basınç çevirici kullanılmıştır. Düzeltilen yük değerleri (D.Yük) söz konusu basınç çevircinin kalibrasyon eğrisi

[Y (D.Yük) = 0.9135X - 201.31 , R²=1.0] kullanılarak elde edilmiştir.

Tablo 6.28. Plaka Yükleme Deney Sonuçları (Manyetit, Divriği Demir Açık İşletmesi)

Plaka Çapı : 10.95 cm									Plaka Çapı : 14.78 cm								
Deney A			Deney B			Deney C			Deney A			Deney B			Deney C		
D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)
648.53	6.89	1.94	709.09	7.53	1.37	769.55	8.17	1.49	933.75	5.44	1.92	406.58	2.37	0.20	406.58	2.37	0.15
1737.56	18.45	4.30	2186.99	23.22	2.65	2221.57	23.59	2.64	2083.35	12.14	2.75	2446.33	14.26	0.96	2040.08	11.89	0.68
3379.76	35.89	9.26	3993.38	42.41	4.07	2990.80	31.76	3.23	3587.23	20.91	3.64	4105.81	23.93	1.42	4261.32	24.84	1.44
3751.43	39.84	12.07	4762.61	50.57	4.74	3760.03	39.93	3.90	5117.00	29.82	4.58	6266.50	36.52	2.01	6067.72	35.37	1.92
4425.62	47.00	17.63	5851.65	62.14	5.42	4486.08	47.64	4.47	5886.23	34.31	5.20	8107.47	47.25	2.66	7424.69	43.28	2.35
4710.75	50.02	19.81	7087.59	75.26	6.63	5998.56	63.70	5.91	6785.08	39.55	5.64	9723.78	56.68	3.09	9058.29	52.80	2.85
4918.22	52.23	22.62	7882.81	83.71	7.48	6906.10	73.34	7.06	7744.49	45.14	6.46	11988.30	69.87	3.93	9671.91	56.37	2.95
5160.27	54.80	25.33	8712.50	92.52	8.96	8150.74	86.55	9.18	9637.34	56.17	7.75	14062.63	81.96	4.58	10847.39	63.22	3.29
5142.98	54.61	26.52	9136.04	97.02	10.21	8963.15	95.18	10.99	10717.77	62.47	8.56	16076.40	93.70	5.22	12904.44	75.21	3.97
5100.59	54.16	27.55	9628.74	102.25	11.48	9170.62	97.38	14.14	12014.18	70.03	9.57	17623.55	102.72	5.81	14503.36	84.53	4.54
			10026.30	106.47	12.56	8980.44	95.36	15.26	13587.22	79.19	11.16	19585.46	114.16	6.62	16136.96	94.06	5.18
			10657.21	113.17	13.67	8816.24	93.62	15.89	15523.24	90.48	13.33	21625.31	126.04	7.49	17995.23	104.89	5.98
			11547.47	122.62	15.55				17476.64	101.86	16.40	23336.56	136.02	8.37	20639.91	120.30	7.27
			11971.01	127.12	16.24				18427.36	107.40	19.32	24771.29	144.38	9.41	22671.07	132.14	8.42
			12221.65	129.78	17.01				18574.27	108.26	21.83	26508.62	154.51	10.67	25151.65	146.60	10.53
			12463.61	132.35	17.84				18496.52	107.81	22.79	29231.16	170.38	14.34	26716.00	155.72	12.83
			12584.63	133.64	18.93				18522.41	107.96	23.85	30475.70	177.63	16.56	28548.38	166.40	16.16
			12714.26	135.01	20.01				18245.87	106.35	25.80	31633.89	184.38	19.88	29464.52	171.74	19.61
			12628.69	134.10	22.28							31858.66	185.69	23.98	30510.28	177.83	22.74
												31573.43	184.03	25.50	30691.77	178.89	23.31
												31279.51	182.31	26.41	30890.65	180.05	23.77
															31080.73	181.16	24.08
															31132.60	181.46	24.49
															31469.69	183.42	25.12
															31651.18	184.48	25.73
															32048.74	186.80	27.40
															31965.81	186.31	27.95

Tablo 6.29. Devamı

Plaka Çapı : 19.68 cm									Plaka Çapı : 28.18 cm								
Deney A			Deney B			Deney C			Deney A			Deney B			Deney C		
D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)
501.62	1.65	0.91	397.88	1.31	0.71	631.24	2.08	1.12	1599.35	2.56	2.64	233.68	0.37	0.81	1149.82	1.84	0.84
2074.66	6.82	1.87	2359.88	7.76	2.58	4399.64	14.46	4.53	2843.89	4.56	3.01	3284.72	5.27	4.25	2040.08	3.27	1.75
3872.46	12.73	2.93	5367.64	17.65	4.87	6370.23	20.94	6.11	5756.61	9.23	3.75	7398.80	11.86	7.35	6344.35	10.17	3.71
7511.13	24.69	4.57	6707.33	22.05	5.66	8729.79	28.70	8.05	7433.38	11.92	4.23	10553.57	16.92	8.94	10225.08	16.39	5.05
9931.25	32.65	5.39	10553.57	34.69	7.97	11780.83	38.73	10.35	9395.28	15.06	4.67	13518.06	21.67	10.74	12463.61	19.98	5.76
11633.91	38.25	6.08	12826.68	42.17	9.38	13293.40	43.70	11.95	11953.72	19.17	5.25	15834.45	25.39	11.70	13293.40	21.31	6.10
13734.13	45.15	6.93	14356.45	47.20	10.49	15402.31	50.63	14.10	14710.83	23.59	5.92	18064.29	28.96	13.20	18254.47	29.27	7.44
16033.23	52.71	7.86	17087.68	56.17	12.30	17156.84	56.40	17.02	17796.35	28.53	6.51	22282.11	35.73	15.66	18928.66	30.35	7.94
17882.80	58.79	8.63	18513.81	60.86	13.55	18747.17	61.63	18.95	20173.20	32.34	7.07	23820.57	38.19	17.17	20605.43	33.04	8.39
19957.13	65.61	9.64	19939.84	65.55	15.32	19758.35	64.95	22.06	21703.06	34.80	7.47	25445.48	40.80	18.95	24408.31	39.14	9.67
23587.21	77.54	11.46	21936.42	72.12	17.35	20104.04	66.09	23.71	24192.24	38.79	7.92	27744.57	44.48	20.60	26819.74	43.00	10.73
25402.30	83.51	12.71	24641.67	81.01	19.91	21106.73	69.39	26.52	27995.22	44.89	8.69	28133.43	45.11	21.85	29706.47	47.63	12.19
27597.56	90.73	14.19	27381.49	90.02	23.48	21314.10	70.07	29.55	30743.64	49.29	9.61	29136.02	46.72	23.38	31279.51	50.15	13.23
30605.42	100.61	16.84	27450.65	90.24	24.30	22005.58	72.34	31.93	33319.27	53.42	10.21	31469.69	50.46	25.31	33526.74	53.76	14.73
31832.67	104.65	18.03	27096.27	89.08	25.17	22394.54	73.62	34.09	35912.18	57.58	11.12	32074.72	51.43	29.27	35151.64	56.36	16.25
33181.05	109.08	19.89				22731.53	74.73	35.40	37225.98	59.69	11.85	33440.29	53.62	31.58	36171.52	58.00	17.16
34053.92	111.95	21.60				22722.94	74.70	36.08	38548.37	61.81	12.56	33829.25	54.24	33.15	37467.93	60.07	18.09
34053.92	111.95	22.27							39948.51	64.05	13.69	33301.98	53.39	33.92	38721.16	62.08	19.42
34166.35	112.32	22.64							40034.96	64.19	14.65	33820.56	54.23	34.41	39040.97	62.60	19.95
34589.79	113.71	23.02							40933.81	65.63	15.07				39257.04	62.94	20.26
33958.87	111.64	23.23							40907.93	65.59	16.08						
									41279.50	66.19	16.53						
									41478.28	66.50	16.91						
									40976.99	65.70	17.11						

Tablo 6.30. Plaka Yükleme Deney Sonuçları (Serpantin, Divriği Demir Açık İşletmesi)

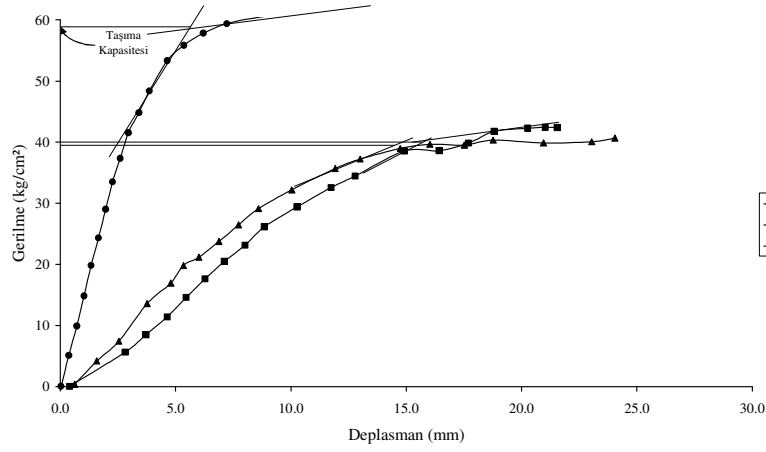
Plaka Çapı : 10.95 cm									Plaka Çapı : 14.78 cm								
Deney A			Deney B			Deney C			Deney A			Deney B			Deney C		
D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)
432.46	4.59	0.69	622.64	6.61	0.23	354.71	3.77	0.54	493.02	2.87	0.23	216.39	1.26	0.12	588.06	3.43	0.51
1469.63	15.61	1.72	1927.75	20.47	1.87	1521.49	16.16	1.87	1858.59	10.83	0.92	1988.21	11.59	0.78	2014.19	11.74	1.94
3068.65	32.59	3.29	2843.89	30.20	2.65	3889.75	41.31	3.97	3362.47	19.60	1.62	3768.72	21.97	1.42	5108.40	29.77	4.66
3829.18	40.66	4.02	3846.47	40.85	3.30	5108.40	54.25	4.92	4805.89	28.01	2.46	5531.84	32.24	2.00	6741.90	39.30	5.96
4840.47	51.40	5.06	4944.20	52.50	3.93	6007.25	63.79	5.91	6370.23	37.13	3.48	7606.18	44.33	2.55	7943.27	46.30	7.23
6724.62	71.41	7.42	5894.92	62.60	4.42	7027.13	74.62	7.21	7839.53	45.69	4.48	10631.33	61.97	3.49	9671.91	56.37	8.78
7658.05	81.32	8.73	6819.66	72.42	4.80	8029.72	85.27	8.41	9663.32	56.32	5.87	12757.53	74.36	4.16	11365.98	66.25	11.06
8280.36	87.93	9.98	7571.60	80.40	5.08	8893.99	94.44	10.03	11590.74	67.56	7.78	13682.26	79.75	4.55	11927.74	69.52	18.17
8686.62	92.24	10.99	8816.24	93.62	5.52	9386.69	99.68	11.20	13561.34	79.04	10.49	15739.31	91.74	5.39	11357.28	66.20	22.17
8963.15	95.18	11.63	9723.78	103.26	5.90	9559.58	101.51	11.88	15350.44	89.47	15.27	17519.82	102.12	6.27	11063.46	64.48	24.64
9041.00	96.01	11.91	10614.04	112.71	6.26	9715.19	103.17	13.09	15938.18	92.90	18.86	18997.81	110.73	7.18			
8966.57	95.22	12.14	12040.17	127.85	6.67	9697.90	102.98	14.38	15964.07	93.05	20.36	19870.68	115.82	7.96			
			12679.68	134.64	7.09	9568.18	101.60	15.16	16067.80	93.65	21.83	20691.78	120.60	8.58			
			14658.97	155.66	8.03				16004.70	93.28	22.29	21521.57	125.44	9.31			
			16119.67	171.17	8.84							22714.25	132.39	10.37			
			17511.22	185.95	9.54							24330.56	141.81	12.51			
			19118.74	203.02	10.41							25099.79	146.30	14.51			
			19049.68	202.29	11.23							25912.19	151.03	16.65			
			19671.90	208.90	11.64							25972.75	151.38	18.16			
			18271.76	194.03	26.89							25713.41	149.87	19.37			
												25566.50	149.02	20.54			

Tablo 6.31. Plaka Yükleme Deney Sonuçları (Kireçtaşı, Kangal Kömür Açık İşletmesi)

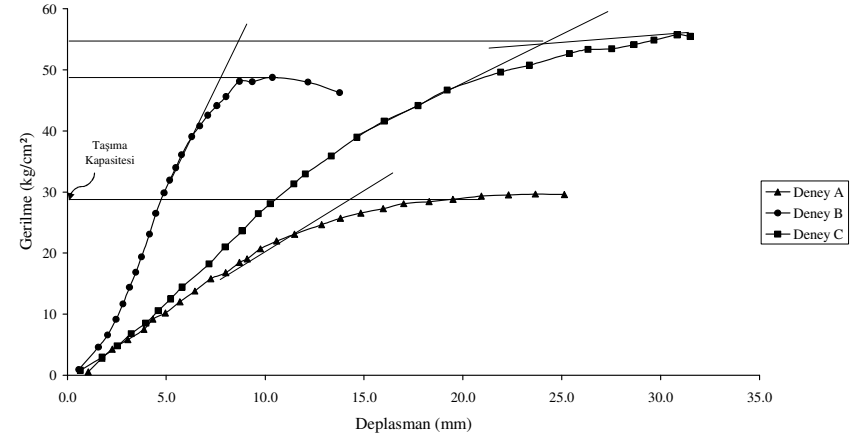
Plaka Çapı : 10.95 cm									Plaka Çapı : 14.78 cm								
Deney A			Deney B			Deney C			Deney A			Deney B			Deney C		
D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)
147.23	1.56	2.45	1106.65	11.75	0.53	1002.91	10.65	0.75	337.42	1.97	0.67	1305.43	7.61	0.27	1106.65	6.45	0.46
1244.96	13.22	4.63	2567.35	27.26	1.70	1988.21	21.11	0.86	1642.52	9.57	0.74	2446.33	14.26	0.52	2999.49	17.48	1.13
1348.60	14.32	5.31	3889.75	41.31	2.13	3042.67	32.31	1.17	3008.09	17.53	1.26	3690.87	21.51	0.79	5272.60	30.73	1.55
1858.59	19.74	5.65	4468.79	47.45	2.62	4270.01	45.34	1.74	3656.39	21.31	1.48	5791.19	33.75	1.18	7225.91	42.12	2.09
2670.99	28.36	7.49	5687.45	60.39	3.59	4935.51	52.41	2.13	4840.47	28.21	1.58	9939.85	57.94	2.06	8893.99	51.84	2.46
3552.65	37.73	7.61	6776.48	71.96	4.53	6646.86	70.58	3.23	6180.15	36.02	1.86	11806.81	68.82	2.19	9741.07	56.78	2.69
4883.64	51.86	8.03	7398.80	78.57	5.36	7632.16	81.05	4.83	6983.96	40.71	1.97	13786.00	80.35	2.70	11841.39	69.02	3.42
5479.98	58.19	8.49	8600.17	91.32	6.11	8902.68	94.54	7.49	9827.52	57.28	2.28	15341.75	89.42	3.17	13863.85	80.81	4.14
6897.51	73.24	9.86	9715.19	103.17	7.47	9274.36	98.48	9.75	10760.95	62.72	2.41	17770.46	103.58	3.63	15281.29	89.07	4.89
7753.19	82.33	10.41	10648.62	113.08	8.27	9715.19	103.17	11.39	13898.43	81.01	2.73	19896.67	115.97	3.72	15929.49	92.85	5.45
8461.85	89.86	11.16	11495.60	122.07	8.98	10173.21	108.03	13.37	14503.36	84.53	2.91	21556.15	125.64	4.50	17416.08	101.51	6.54
8980.44	95.36	11.37	12308.10	130.70	9.91	10493.01	111.42	15.54	15713.42	91.59	3.03	23345.26	136.07	5.03	18626.14	108.56	8.16
10683.19	113.44	14.35	12679.68	134.64	10.10	10907.86	115.83	18.90	17684.02	103.07	3.16	26128.26	152.29	5.77	19784.33	115.31	9.68
11184.49	118.77	15.52	13932.91	147.95	11.49	11054.87	117.39	20.62	19187.90	111.84	3.51	28142.13	164.03	6.53	20544.87	119.75	11.58
11443.73	121.52	16.69	14883.73	158.05	12.49	11184.49	118.77	21.18	21996.88	128.21	3.76	28591.55	166.65	6.52	20994.30	122.37	12.81
11910.45	126.48	17.93	15765.29	167.41	13.31	11227.66	119.23	22.21	23397.13	136.37	4.19	29965.81	174.66	6.84	21417.84	124.84	14.46
11971.01	127.12	19.36	16430.78	174.48	14.28	11296.82	119.96	23.21	24494.76	142.77	4.24	30596.73	178.33	7.03	22161.08	129.17	17.62
12308.10	130.70	20.76	17666.73	187.60	15.72	11244.95	119.41	24.20	25549.21	148.92	4.51	31443.71	183.27	7.29	22783.40	132.79	19.41
12411.74	131.80	22.42	18435.96	195.77	16.69	11235.09	119.30	25.25	26698.71	155.62	4.81	32697.04	190.58	7.68	22973.59	133.90	20.52
12498.19	132.72	24.08	19438.55	206.42	18.07				27900.08	162.62	5.03	34209.52	199.39	8.29	23466.19	136.77	22.51
12429.03	131.98	26.21	20449.83	217.16	19.73				28315.02	165.04	5.03	35661.53	207.86	8.89	23863.84	139.09	24.18
12964.90	137.67	27.11	21262.23	225.78	21.25				29187.89	170.12	5.61	36188.81	210.93	9.22	24053.93	140.20	25.41
12809.40	136.02	28.26	21979.59	233.40	22.63				31677.07	184.63	5.90	36750.57	214.20	9.44	24200.93	141.06	26.67
			22921.72	243.40	23.72				32722.93	190.73	6.11	37753.16	220.05	10.03	24408.31	142.27	28.00
			23621.79	250.84	24.97				33811.96	197.08	6.28	38202.58	222.67	10.26	24598.49	143.37	28.92
			24321.86	258.27	26.09				34754.09	202.57	6.82	38971.81	227.15	10.40	24857.44	144.88	30.38
			24909.60	264.51	27.04				35246.69	205.44	7.02	39378.06	229.52	10.59	24442.89	142.47	32.01
			25730.70	273.23	28.15				36266.56	211.38	7.20	39533.67	230.42	10.86			
			26474.05	281.13	29.38				36733.28	214.10	7.47	40008.98	233.19	10.97			
			27251.87	289.39	31.20				37277.84	217.28	7.57	40605.41	236.67	11.14			
			27588.97	292.97	32.08				37908.76	220.95	7.67	40959.70	238.74	11.31			
			27770.45	294.89	33.53				38634.72	225.18	7.82	41201.75	240.15	11.44			
			28505.11	302.69	34.14				38954.52	227.05	8.08	41608.00	242.51	11.46			
			28548.38	303.15	34.38				39844.78	232.24	8.26	41236.33	240.35	11.80			
			28502.47	302.67	34.75				40199.16	234.30	8.35	41633.88	242.67	11.92			
									40726.34	237.38	8.63	42187.05	245.89	11.96			
									40709.05	237.28	8.59	42342.65	246.80	12.02			
									40864.65	238.18	8.65	42601.89	248.31	12.14			
									41495.57	241.86	8.90	42619.18	248.41	12.16			

Tablo 6.33. Devamı

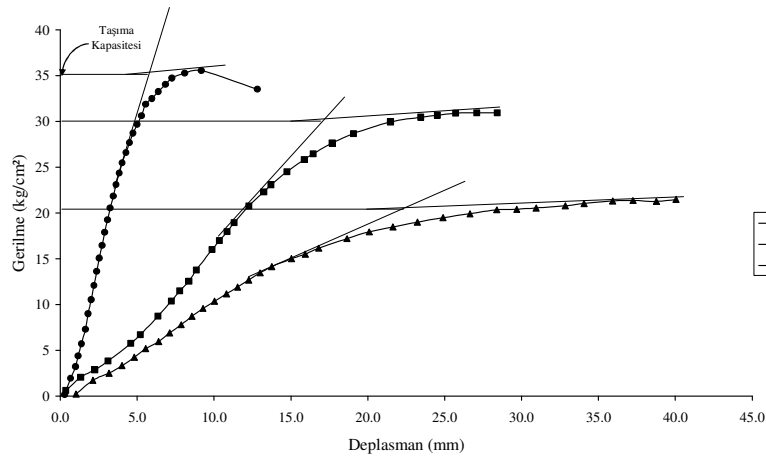
Plaka Çapı : 19.68 cm									Plaka Çapı : 28.18 cm								
Deney A			Deney B			Deney C			Deney A			Deney B			Deney C		
D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D. Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)	D.Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Ort.Dep. (mm)
1167.11	3.84	4.28	1002.91	3.30	4.70	959.74	3.16	3.52	752.26	1.21	1.32	959.74	1.54	1.34	1020.20	1.64	1.13
1789.43	5.88	5.63	1625.23	5.34	6.53	2843.89	9.35	6.05	1884.47	3.02	2.65	1884.47	3.02	2.13	3042.67	4.88	2.35
3915.63	12.87	7.70	3734.14	12.28	9.06	4866.35	16.00	7.82	3820.59	6.13	4.22	4339.17	6.96	3.59	4892.33	7.84	3.24
5920.81	19.46	9.53	5652.87	18.58	10.56	6811.06	22.39	9.03	5868.94	9.41	5.44	5877.63	9.42	4.32	6906.10	11.07	3.99
8064.30	26.51	10.71	7977.85	26.23	11.81	8945.86	29.41	9.99	7856.82	12.60	6.30	8090.18	12.97	5.13	8643.34	13.86	4.54
10225.08	33.61	11.89	9767.05	32.11	12.71	10830.11	35.60	10.87	10017.70	16.06	7.00	10233.77	16.41	5.73	10786.93	17.30	5.09
11703.07	38.47	12.43	11564.76	38.02	13.58	12792.11	42.05	11.62	11633.91	18.65	7.49	11011.60	17.66	5.92	12783.41	20.50	5.56
13716.84	45.09	13.21	13595.91	44.70	14.26	14866.44	48.87	12.37	13544.05	21.72	8.01	12921.73	20.72	6.39	14754.01	23.66	6.02
15289.88	50.26	13.96	15756.60	51.80	14.99	17104.97	56.23	13.14	15618.38	25.04	8.48	15021.95	24.09	6.87	16422.19	26.33	6.36
17381.50	57.14	14.87	17640.84	57.99	15.66	18833.52	61.91	13.84	17511.22	28.08	8.90	16854.32	27.02	7.37	18574.27	29.78	6.83
19403.97	63.79	15.76	19602.75	64.44	16.37	20674.49	67.97	14.40	19663.31	31.53	9.36	19101.45	30.63	7.70	20674.49	33.15	7.22
21461.01	70.55	16.79	21210.36	69.73	16.91	22169.78	72.88	15.08	21556.15	34.56	9.67	20441.13	32.77	7.90	22748.82	36.47	7.61
24028.04	78.99	18.59	23077.32	75.87	17.51	24460.18	80.41	15.78	22990.87	36.86	9.97	22411.83	35.93	8.22	25186.23	40.38	8.00
25782.57	84.76	20.22	24520.64	80.61	17.97	26309.75	86.49	16.63	24313.27	38.98	10.18	24831.85	39.81	8.55	26318.44	42.20	8.26
27295.14	89.73	21.70	25713.41	84.53	18.44	28323.62	93.11	17.43	25877.61	41.49	10.45	26171.53	41.96	8.80	28185.30	45.19	8.60
28816.31	94.73	23.86	26888.89	88.40	19.07	29239.76	96.12	17.82	27070.38	43.40	10.66	28764.45	46.12	9.16	30579.44	49.03	9.02
29283.03	96.27	24.54	27554.39	90.58	19.31	30216.46	99.34	18.19	29032.38	46.55	11.00	30155.90	48.35	9.43	32403.12	51.95	9.36
29628.72	97.40	25.05	29291.63	96.29	19.89	31020.27	101.98	18.54	31028.86	49.75	11.33	32489.57	52.09	9.81	34131.77	54.73	9.72
30320.20	99.68	26.29	30354.77	99.79	20.43	31651.18	104.05	18.90	33440.29	53.62	11.70	34278.68	54.96	10.06	36033.21	57.77	9.99
30847.37	101.41	27.54	30864.66	101.47	20.69	32990.86	108.46	19.41	35272.67	56.55	12.04	36171.52	58.00	10.36	38168.00	61.20	10.34
31564.74	103.77	28.90	32454.99	106.69	21.27	33967.57	111.67	19.82	36897.48	59.16	12.34	38107.54	61.10	10.76	39801.60	63.82	10.60
31988.28	105.16	29.70	33155.06	109.00	21.87	35125.66	115.47	20.44	38773.03	62.17	12.69	39101.53	62.69	10.94	41210.34	66.07	10.86
32100.61	105.53	30.24	33829.25	111.21	22.14	36266.56	119.22	21.03	40726.34	65.30	13.11	39594.13	63.48	11.12	42359.94	67.92	11.03
32411.82	106.55	30.82	34883.71	114.68	22.88	37234.57	122.41	21.61	41772.20	66.98	13.27	40397.94	64.77	11.25	42645.17	68.38	11.17
32409.18	106.54	31.13	35359.02	116.24	23.09	38315.01	125.96	22.22	41400.53	66.38	13.35	41123.99	65.94	11.36	43103.19	69.11	11.23
			35644.24	117.18	22.93	39136.01	128.66	22.56				41945.09	67.25	11.53			
			35756.67	117.55	23.24	39126.24	128.63	22.75				42117.89	67.53	11.62			
			36335.72	119.45	23.54							42645.17	68.38	11.77			
			36393.65	119.64	23.79							42593.30	68.29	11.84			



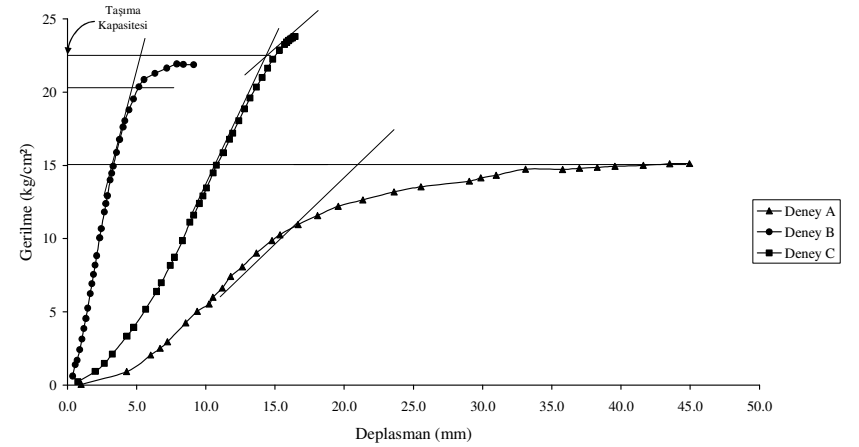
a. Plaka Çapı : 10.95 cm



b. Plaka Çapı : 14.78 cm

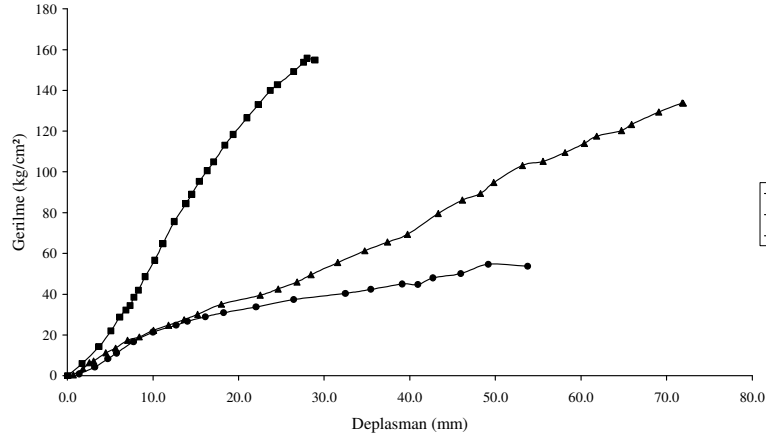


c. Plaka Çapı : 19.68 cm

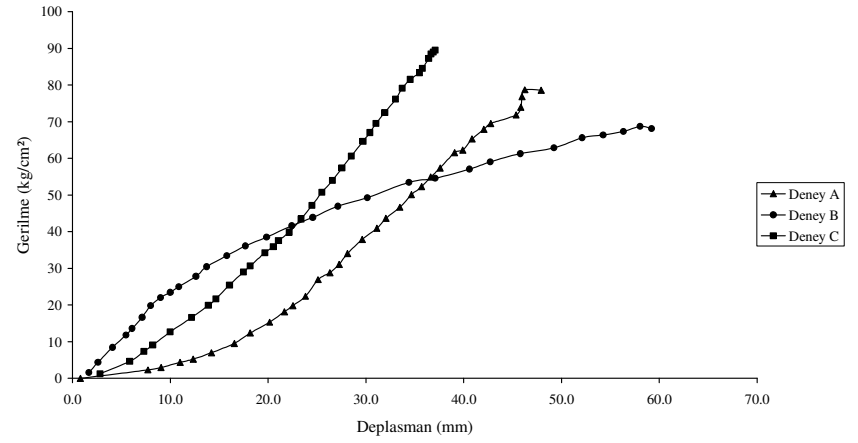


d. Plaka Çapı : 28.18 cm

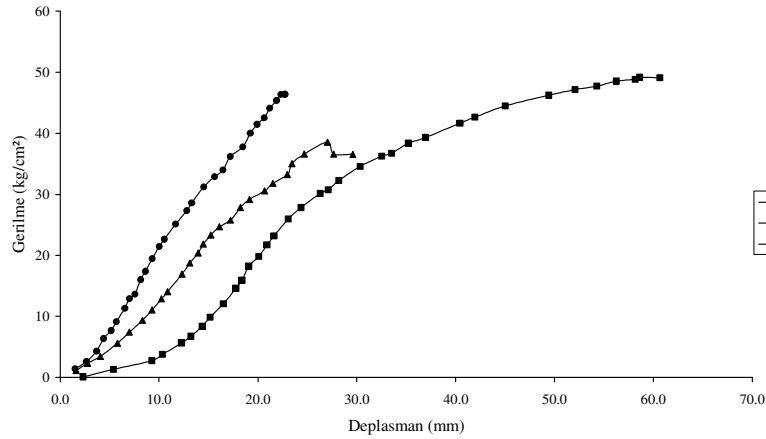
Şekil 6.17. Değişik plaka çaplarında gerilme – deplasman ilişkileri (Toprak (Yol), Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi)



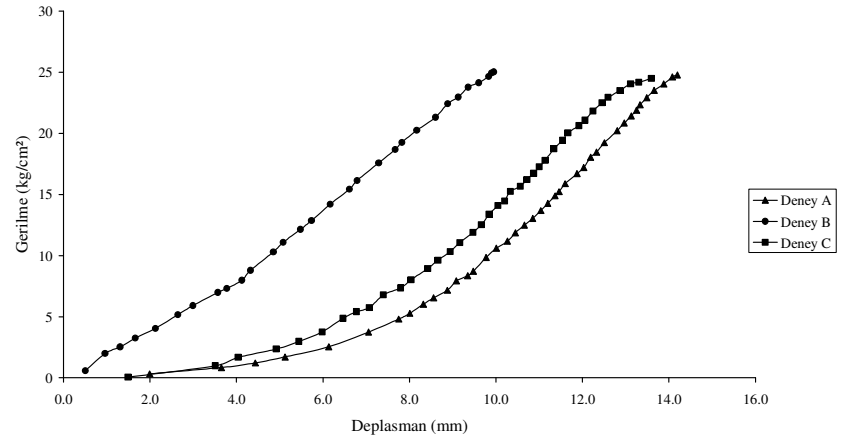
a. Plaka Çapı : 10.95 cm



b. Plaka Çapı : 14.78 cm

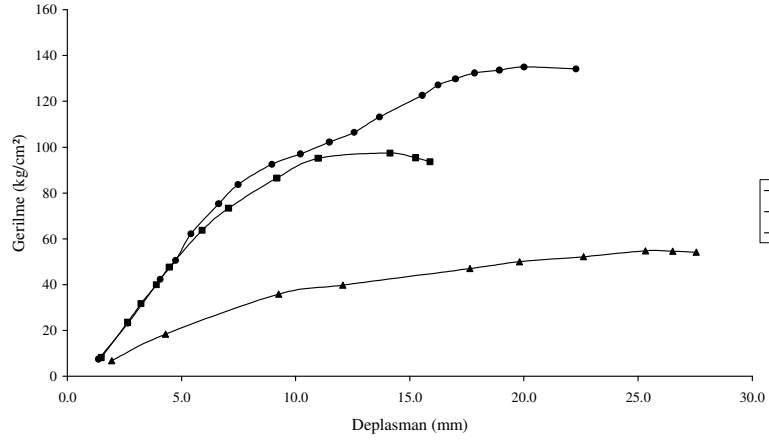


c. Plaka Çapı : 19.68 cm

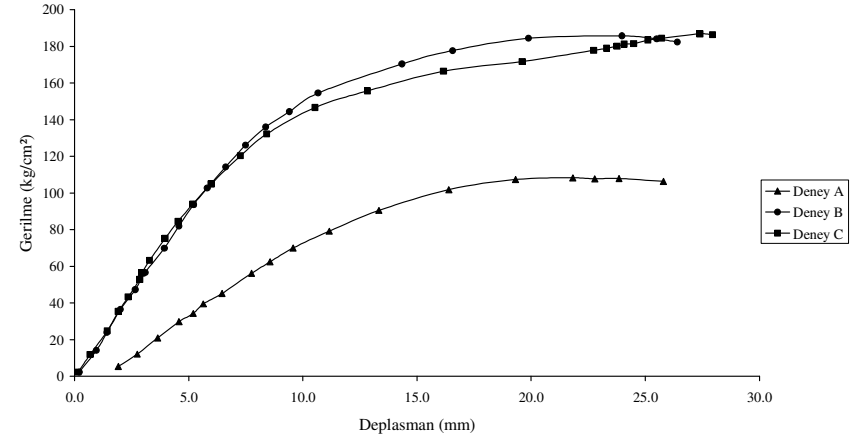


d. Plaka Çapı : 28.18 cm

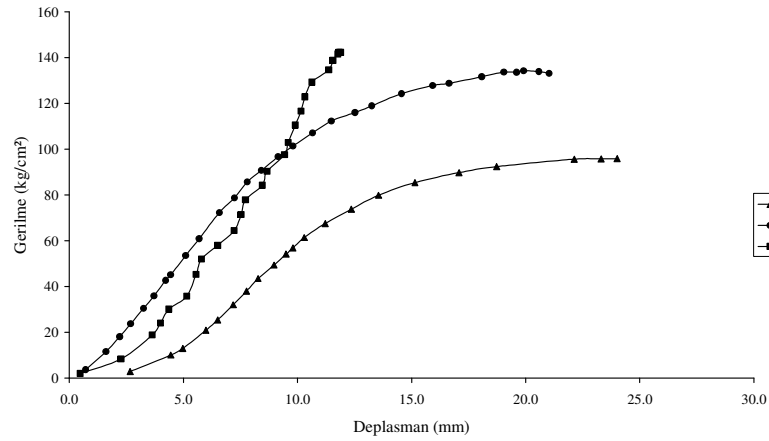
Şekil 6.18. Değişik plaka çaplarında gerilme – deplasman ilişkileri (Jips, Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi)



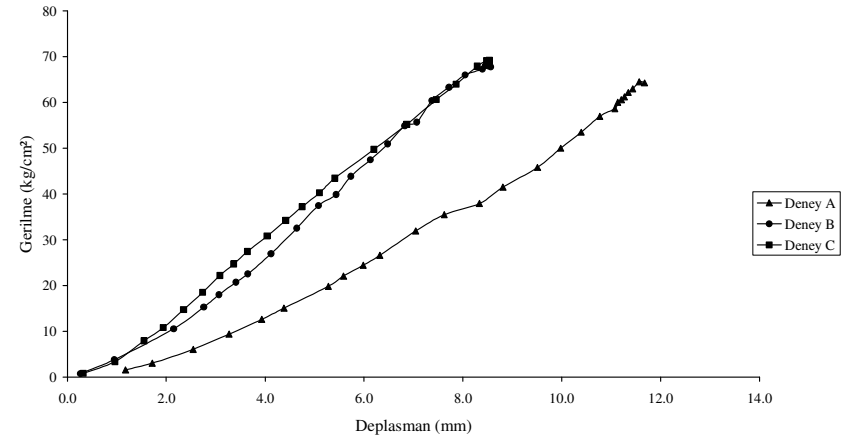
a. Plaka Çapı : 10.95 cm



b. Plaka Çapı : 14.78 cm

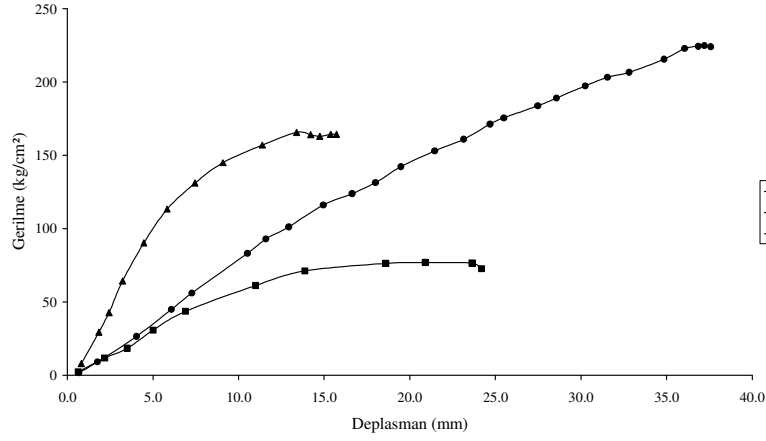


c. Plaka Çapı : 19.68 cm

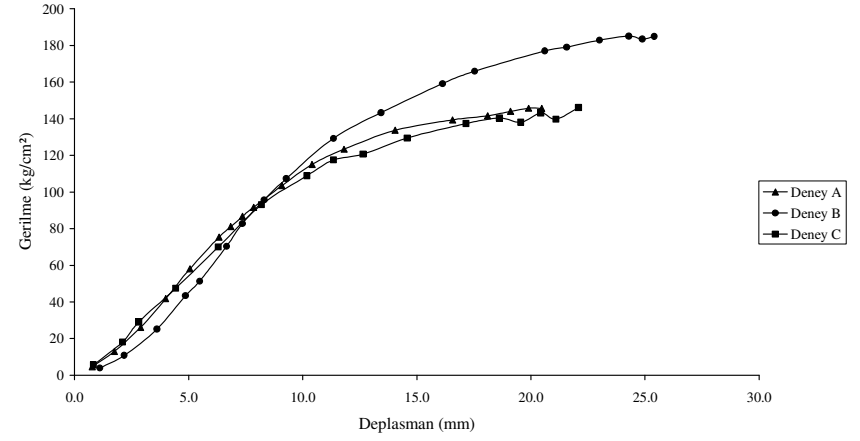


d. Plaka Çapı : 28.18 cm

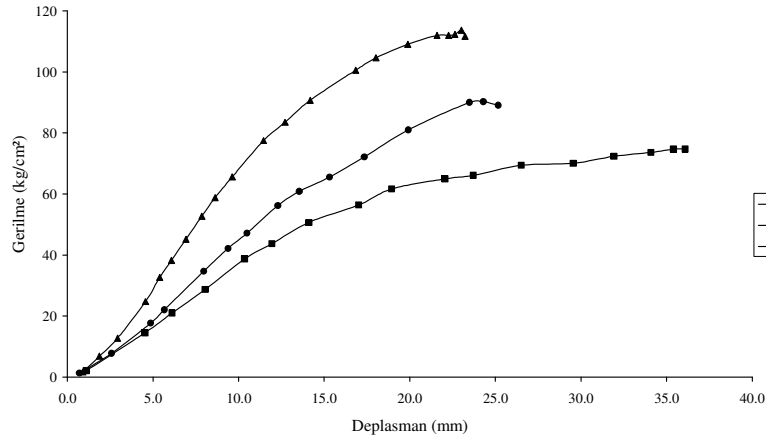
Şekil 6.19. Değişik plaka çaplarında gerilme – deplasman ilişkileri (Manyetit, Divriği Demir Açık İşletmesi)



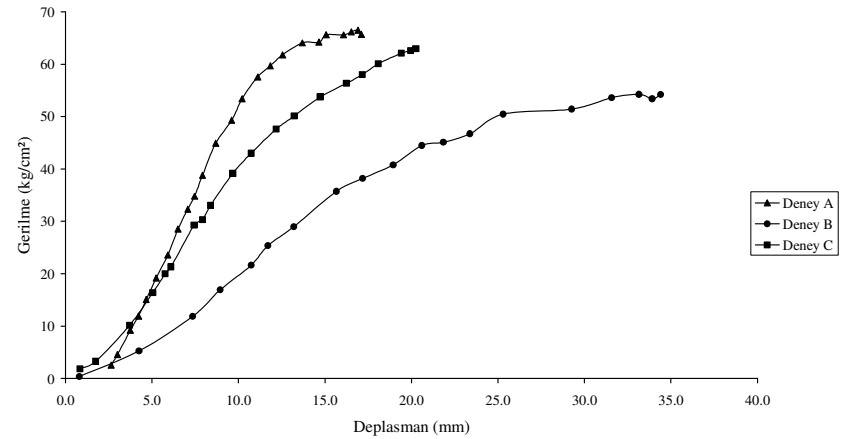
a. Plaka apı : 10.95 cm



b. Plaka apı : 14.78 cm

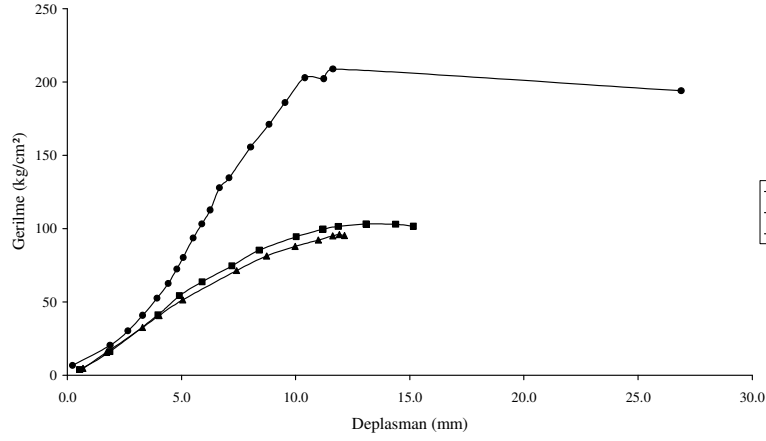


c. Plaka apı : 19.68 cm

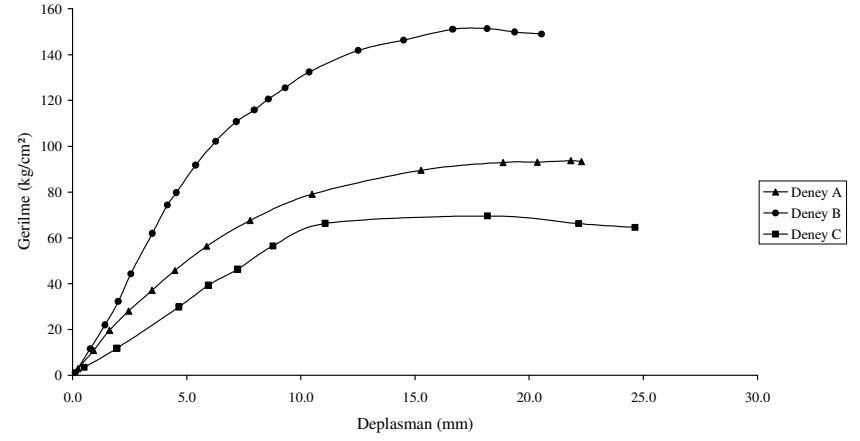


d. Plaka apı : 28.18 cm

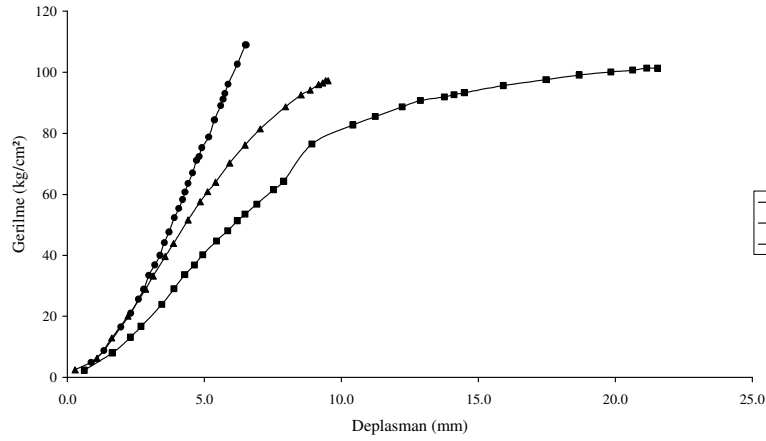
Şekil 6.20. Değişik plaka aplarında gerilme – deplasman ilişkileri (Siyenit, Divriği Demir Aık İşletmesi)



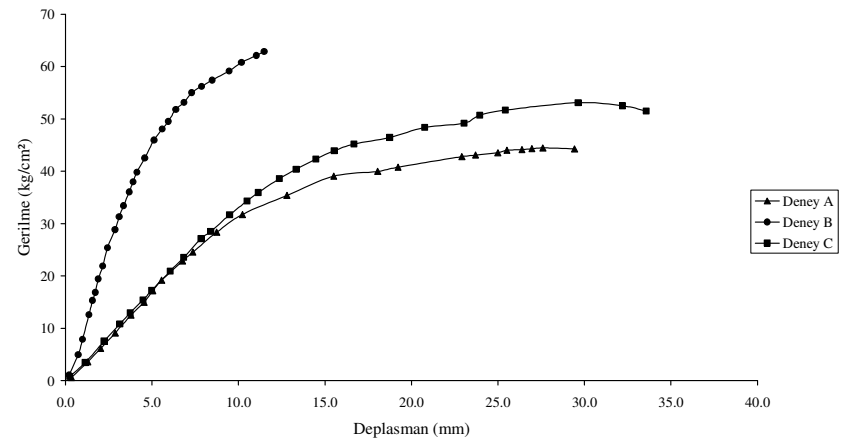
a. Plaka apı : 10.95 cm



b. Plaka apı : 14.78 cm

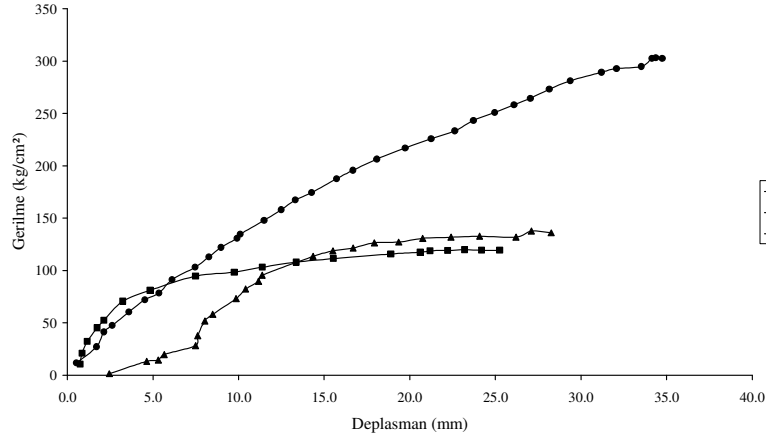


c. Plaka apı : 19.68 cm

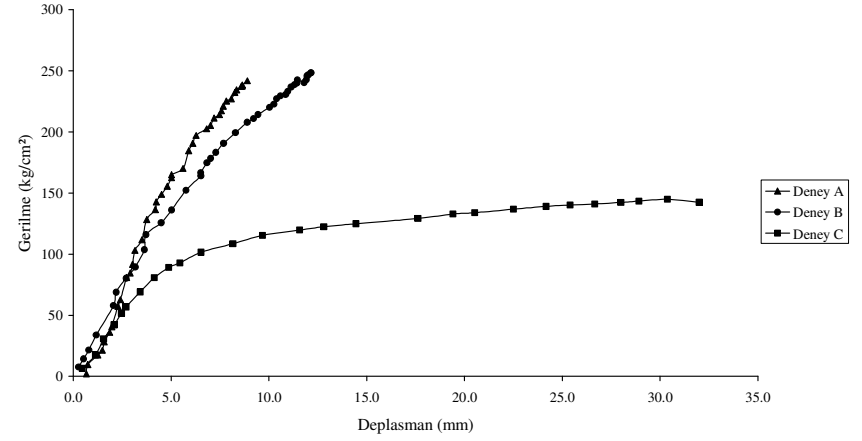


d. Plaka apı : 28.18 cm

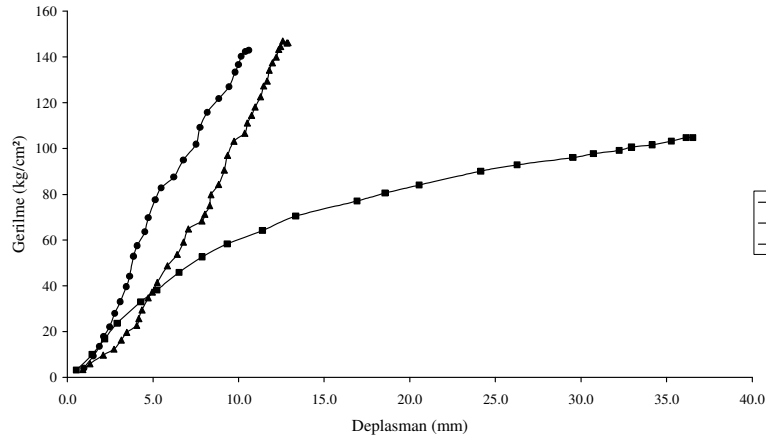
Şekil 6.21. Değişik plaka aplarında gerilme – deplasman ilişkileri (Serpantin, Divriği Demir Aık İşletmesi)



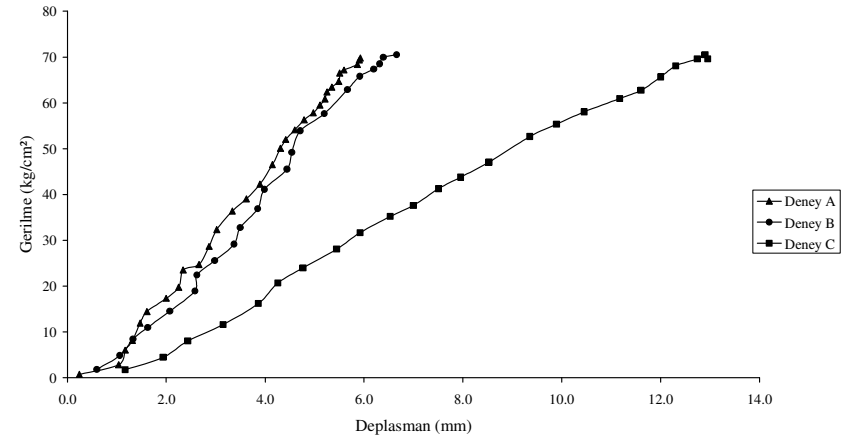
a. Plaka Çapı : 10.95 cm



b. Plaka Çapı : 14.78 cm

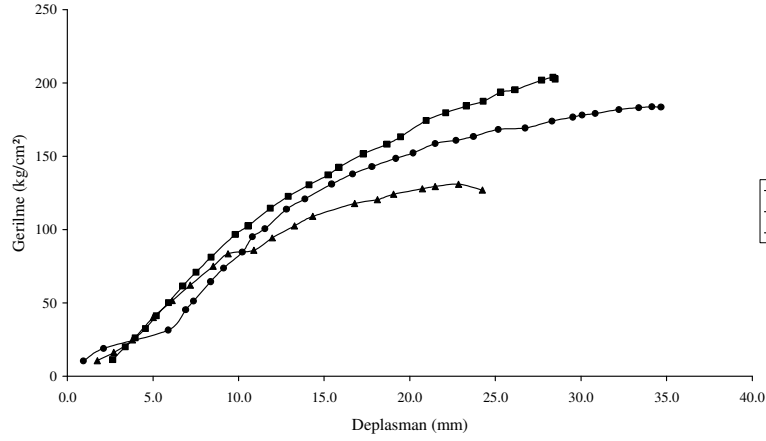


c. Plaka Çapı : 19.68 cm

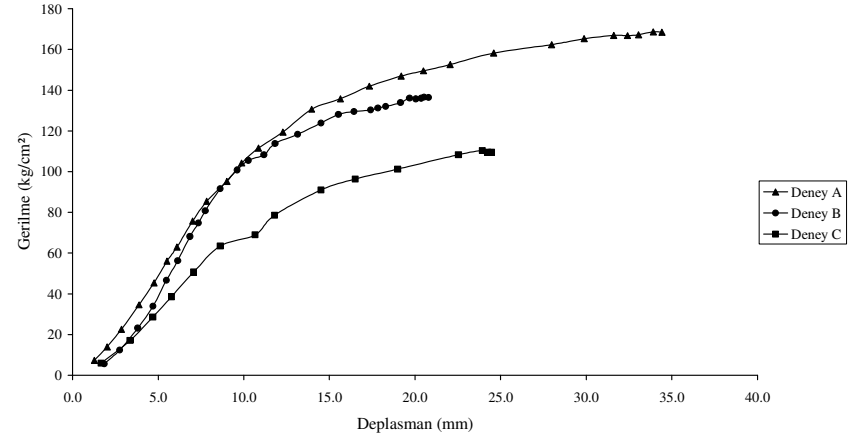


d. Plaka Çapı : 28.18 cm

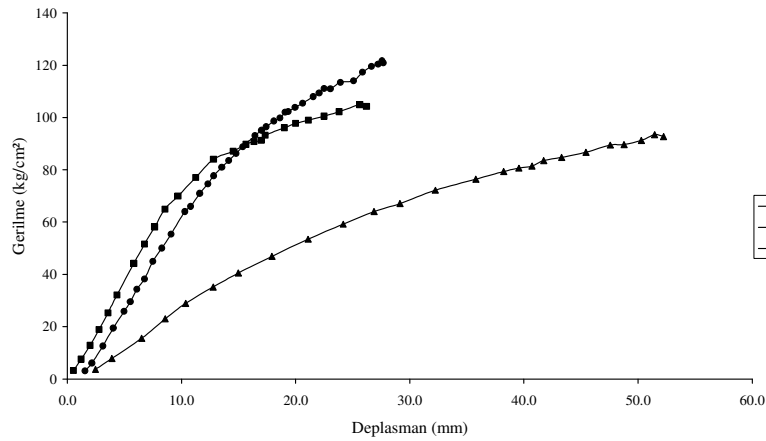
Şekil 6.22. Değişik plaka çaplarında gerilme – deplasman ilişkileri (Kireçtaşı, Kangal Kömür Açık İşletmesi)



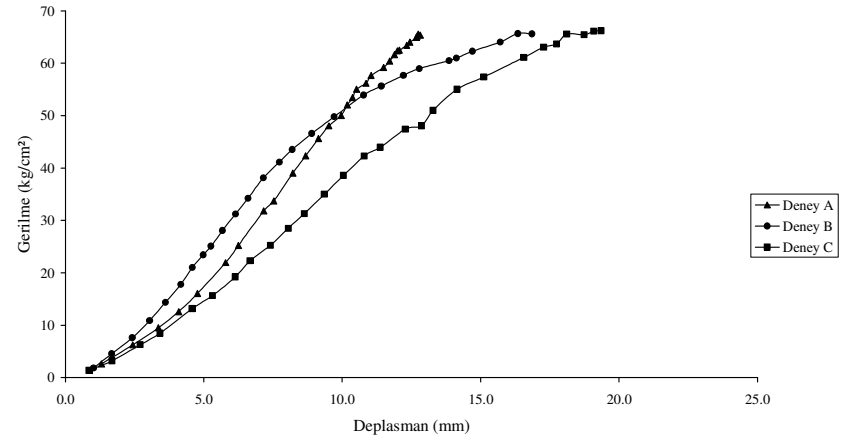
a. Plaka Çapı : 10.95 cm



b. Plaka Çapı : 14.78 cm

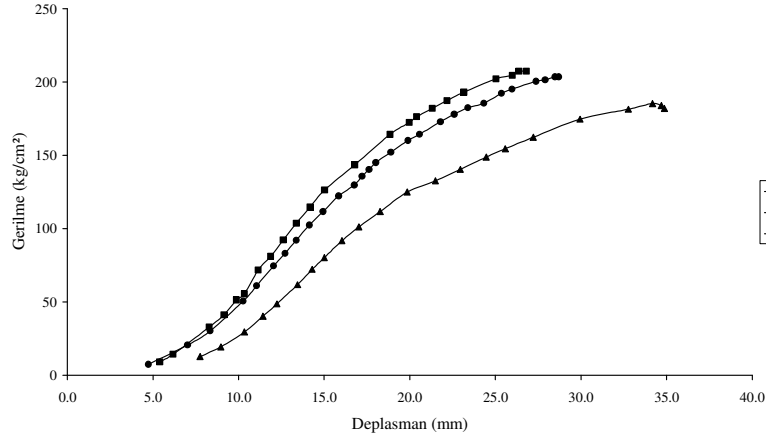


c. Plaka Çapı : 19.68 cm

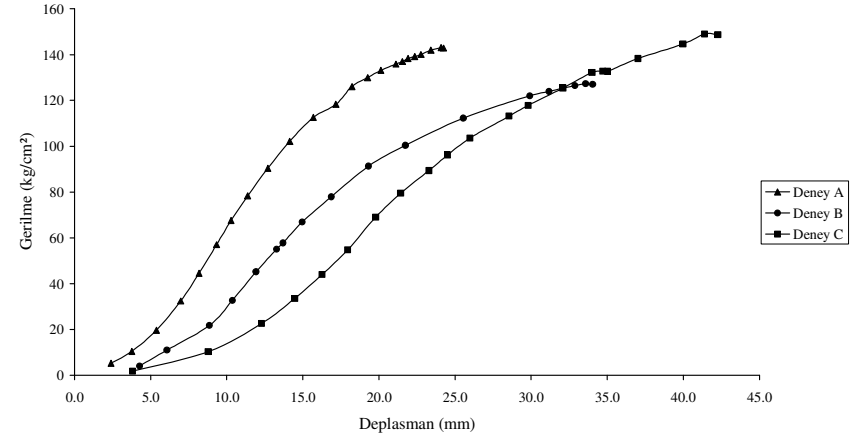


d. Plaka Çapı : 28.18 cm

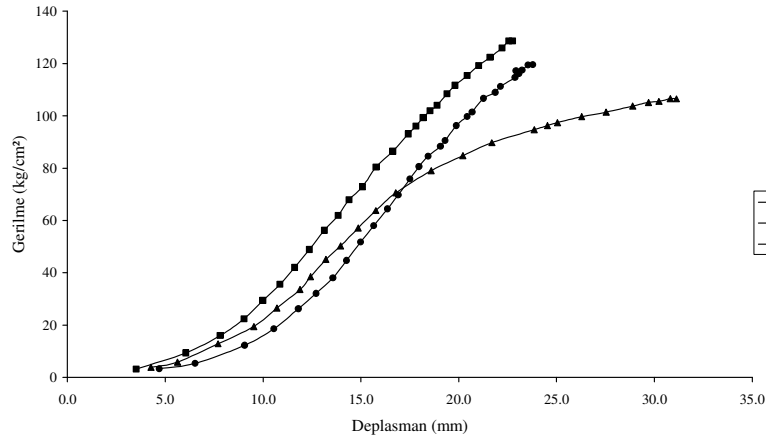
Şekil 6.23. Değişik plaka çaplarında gerilme – deplasman ilişkileri (Killi Kireçtaşı, Kangal Kömür Açık İşletmesi)



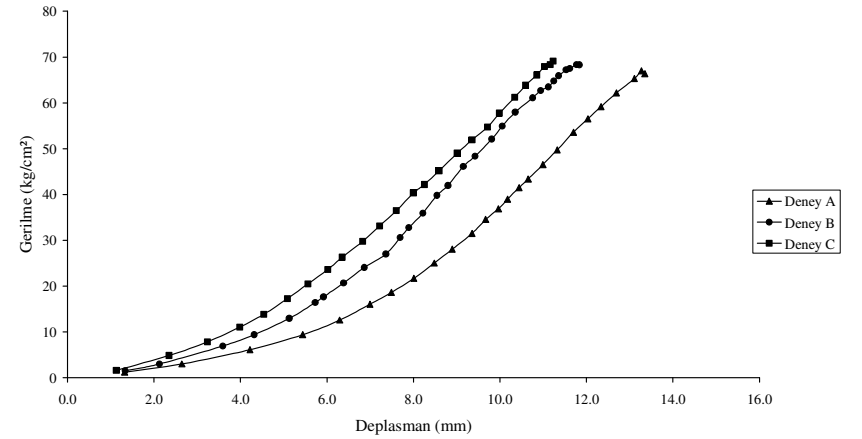
a. Plaka Çapı : 10.95 cm



b. Plaka Çapı : 14.78 cm



c. Plaka Çapı : 19.68 cm



d. Plaka Çapı : 28.18 cm

Şekil 6.24. Değişik plaka çaplarında gerilme – deplasman ilişkileri (Döküm Sahası, Kangal Kömür Açık İşletmesi)

Tablo 6.34. Plaka Yükleme Deneş Sonuçları (Tüm Birimler)

İşletme	Kaya Birimi	Plaka Çapı (cm)	Taşıma Kapasitesi (kg/cm ²)	Taşıma Kapasitesi* (kg/cm ²)	Ortalama Taşıma Kapasitesi (kg/cm ²)
Barit Maden Söleşit Açık İşletmesi	Toprak (Yol)	10.95	39.66	46.60	34.89 ± 12.49 (15.10 – 60.30)
			60.30		
			39.83		
		14.78	29.33	43.83	
			48.05		
			54.12		
		19.68	21.04	28.92	
			35.26		
			30.46		
		28.18	15.10	20.22	
			21.93		
			23.62		
Barit Maden Söleşit Açık İşletmesi	Jips	10.95	123.27	107.51	63.01 ± 36.91 (23.53 – 149.15)
			50.12		
			149.15		
		14.78	76.77	77.11	
			67.32		
			87.23		
		19.68	36.59	43.50	
			45.38		
			48.54		
		28.18	23.53	23.92	
			24.15		
			24.07		
Divriği Demir Açık İşletmesi	Manyetit	10.95	54.16	94.33	110.49 ± 39.61 (54.16 – 184.48)
			133.64		
			95.18		
		14.78	107.4	158.64	
			184.03		
			184.48		
		19.68	95.61	122.94	
			131.64		
			141.56		
		28.18	62.96	66.07	
			67.29		
			67.95		
Divriği Demir Açık İşletmesi	Siyenit	10.95	164.01	154.80	115.92 ± 47.82 (53.62 – 224.13)
			224.13		
			76.27		
		14.78	143.98	156.87	
			183.52		
			143.12		
		19.68	111.95	91.55	
			89.08		
			73.62		
		28.18	65.70	60.44	
			53.62		
			62.00		

* Aynı plaka çapında belirlenen üç değerin ortalamasıdır.

Tablo 6.34. Devamı

İşletme	Kaya Birimi	Plaka Çapı (cm)	Taşıma Kapasitesi (kg/cm ²)	Taşıma Kapasitesi* (kg/cm ²)	Ortalama Taşıma Kapasitesi (kg/cm ²)
Divriği Demir Açık İşletmesi	Serpantin	10.95	95.18	133.48	97.71 ± 33.54 (44.03 – 202.29)
			202.29		
			102.98		
		14.78	93.05	103.06	
			149.87		
			66.25		
		19.68	96.49	101.86	
			108.98		
			100.1		
		28.18	44.03	52.44	
			60.79		
			52.49		
Kangal Kömür Açık İşletmesi	Kireçtaşı	10.95	136.02	185.97	148.46 ± 62.66 (68.36 – 302.67)
			302.67		
			119.23		
		14.78	237.28	209.15	
			246.8		
			143.37		
		19.68	146.1	129.91	
			140.36		
			103.26		
		28.18	68.36	68.82	
			68.51		
			69.59		
Kangal Kömür Açık İşletmesi	Killi Kireçtaşı	10.95	127.03	170.72	119.48 ± 45.27 (64.05 – 201.92)
			183.2		
			201.92		
		14.78	167.25	137.60	
			136.07		
			109.47		
		19.68	91.27	104.65	
			120.45		
			102.23		
		28.18	65.2	64.95	
			64.05		
			65.6		
Kangal Kömür Açık İşletmesi	Döküm Sahası	10.95	183.93	197.60	130.71 ± 49.40 (66.38 – 207.40)
			201.46		
			207.4		
		14.78	142.85	139.33	
			126.45		
			148.7		
		19.68	106.54	118.21	
			119.45		
			128.63		
		28.18	66.38	67.68	
			68.29		
			68.38		

6.2.5. Kaya Mekaniki Laboratuvar Deney Sonuçları

Çalışılan kaya birimlerinin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek amacı ile Uluslararası Kaya Mekaniki Derneği'nin ngrdđđ standartlara (ISRM, 1981) göre aşağıda verilen laboratuvar deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçları Kayalab adlı bilgisayar programı (Ceylanoğlu vd., 1993) kullanılarak değerlendirilmiş ve sonuçlar toplu halde Tablo 6.35'de verilmiştir.

- i. Birim ağırlık belirleme
- ii. Gözeneklilik belirleme
- iii. Nem oranı belirleme
- iv. Dolaylı ekme dayanımı
- v. Tek eksenli basınç dayanımı
- vi. Shore sertliği belirleme
- vii. Tek eksenli deformabilite

Ayrıca çalışılan kaya birimlerine ait arazi gözlem ve ölüm sonuçları (Tablo 6.7) ve laboratuvar deney sonuçları (Tablo 6.35), Bieniawski (1973)'nin jeomekanik kaya kütlesi sınıflama sistemi (RMR) kullanılarak değerlendirilmiştir. Kaya birimlerinin RMR'ye göre yapılan sınıflandırılması Tablo 6.36'da verilmiştir.

Tablo 6.35. Kaya Mekaniği Laboratuvar Deney Sonuçları

Kaya Birimi	Mineral Tane Yoğunluğu (gr/cm ³)	Tabii Birim Ağırlık (gr/cm ³)	Kuru Birim Ağırlık (gr/cm ³)	Toplam Porozite %	Nem Oranı %	Dolaylı Çekme Dayanımı (kg/cm ²)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (kg/cm ²)	Kohezyon (kg/cm ²)	İçsel Sürtünme Açısı (°)	Shore Sertliği	Elastisite Modülü (E _t , GPa)	Poisson Oranı (ν _t)
Jips	2.960 [2]	2.300± 0.052 (2.23-2.36) [12]	2.00 [2]	32.43 [2]	14.26 [2]	24.74± 7.70 (13.30-31.05) [6]	149.33± 72.33 (91.58-229.56) [6]	40.717	32.80	27.50± 2.55 [20]	23.035 [2]	0.179 [2]
Manyetit	4.769 [2]	4.674± 0.106 (4.55-4.82) [8]	4.663 [2]	2.223 [2]	0.136 [2]	68.84± 20.02 (49.19-96.48) [6]	786.19± 71.08 (695.06-887.68) [6]	263.250	22.40	84.80± 4.69 [20]	53.495 [2]	0.382 [2]
Siyenit	2.704 [2]	2.671± 0.011 (2.65-2.69) [5]	2.651 [2]	2.330 [2]	0.173 [2]	93.91± 29.95 (63.89-132.72) [6]	1146.87± 219.03 (929.21-1504.68) [6]	182.019	54.80	105.00± 4.45 [20]	58.715 [2]	0.437 [2]
Serpantin	2.923 [2]	2.867± 0.044 (2.80-2.93) [12]	2.860 [2]	2.155 [2]	0.222 [2]	61.69± 12.44 (52.86-83.13) [6]	530.93± 126.39 (405.55-672.44) [6]	168.528	25.20	50.00± 10.27 [20]	38.283 [2]	0.265 [2]
Kireçtaşı	2.670 [2]	2.421± 0.049 (2.32-2.50) [12]	2.351 [2]	11.948 [2]	1.218 [2]	31.66± 1.84 (29.71-33.79) [6]	347.36± 155.34 (171.70-590.99) [6]	75.204	43.20	66.40± 4.06 [20]	36.002 [2]	0.229 [2]
Killi Kireçtaşı	2.630 [2]	2.382± 0.059 (2.24-2.44) [12]	2.287 [2]	13.042 [2]	3.777 [2]	24.65± 6.87 (15.98-32.39) [6]	176.64± 82.31 (91.48-290.54) [6]	37.495	44.00	46.00± 2.98 [20]	30.195 [2]	0.183 [2]

[] Deney sayıları

Tablo 6.36. Kaya Birimlerinin RMR'ye Göre Değerlendirilmesi

İşletme	Kaya Birimi	Tek Eksenli Basınç Dayanımı, kg/cm ² (Puanı)	RQD (Puanı)	Süreksizlikler Arası Mesafe, m (Puanı)	Süreksizlik Durumu (Puanı)	Yeraltı Suyu Durumu (Puanı)	RMR Puanı (Tanımı, Sınıfı)
Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi	Jips	149.33 (1)	48 (8)	4.4 (20)	Az pürüzlü (20)	Nemli (10)	59 (Vasat Kaya, III)
Divriği Demir Açık İşletmesi	Manyetit	786.19 (7)	93 (20)	0.6 (15)	Düz-basamaklı pürüzlü (20)	Kuru (15)	77 (İyi Kaya, II)
	Siyenit	1146.87 (12)	78 (17)	0.2 (10)	Düz-düzlemsel pürüzlü (10)	Kuru (15)	64 (İyi Kaya, II)
	Serpantin	530.93 (7)	92 (20)	0.5 (10)	Düz-basamaklı pürüzlü (20)	Kuru (15)	72 (İyi Kaya, II)
Kangal Kömür Açık İşletmesi	Kireçtaşı	347.36 (4)	92 (20)	0.5 (15)	Dalgalı pürüzlü (10)	Kuru (15)	64 (İyi Kaya, II)
	Killi Kireçtaşı	176.64 (2)	84 (17)	0.3 (10)	Dalgalı pürüzlü (10)	Nemli (10)	49 (Vasat Kaya, III)

Not: RQD değerleri, ortalama süreksizlik aralığı - RQD ilişkisi (Bieniawski, 1989) kullanılarak bulunmuştur, Jips kaya birimi için RQD değeri ise, bölgede daha önceden yapılan çalışmadan (Ceylanoğlu, 1995) alınmıştır.

6.3. Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi

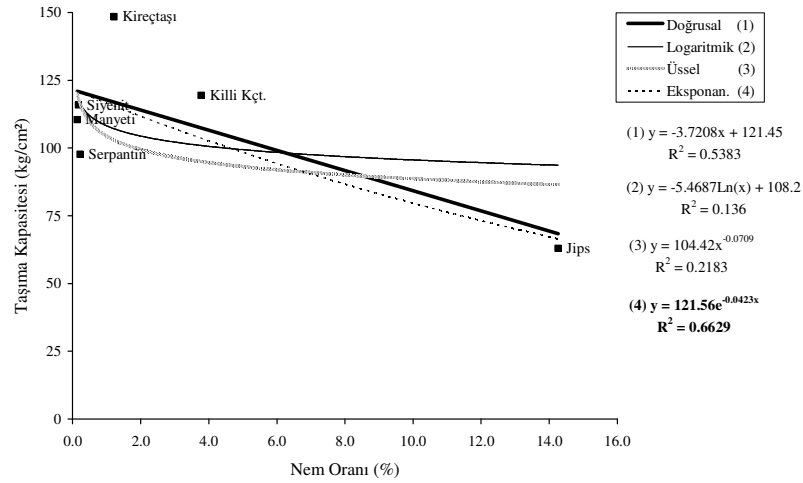
Bu bölümde, arazi ve laboratuvar çalışma sonuçları kullanılarak taşıma kapasitesi ile arazi ölçüm sonuçları ve laboratuvar deney sonuçları arasında ilişkiler araştırılmıştır.

6.3.1. Taşıma Kapasitesi ile Arazi ve Laboratuvar Deney Sonuçları Arasında İlişkiler Araştırılması

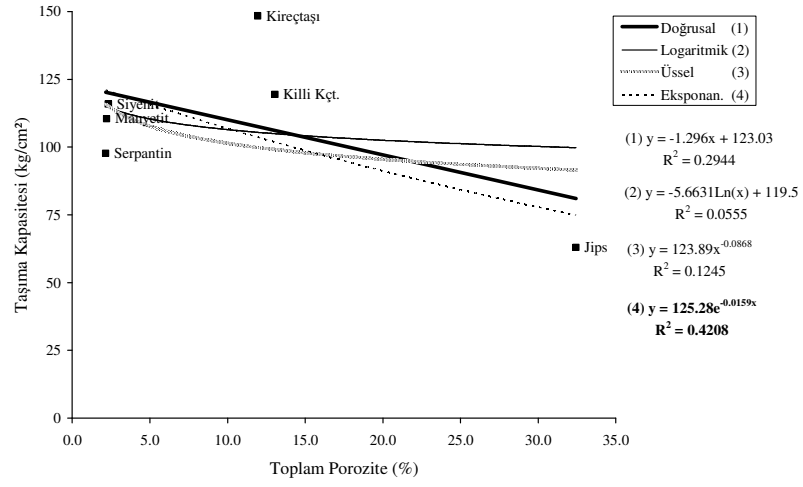
Tablo 6.34’de verilen kaya birimlerinin taşıma kapasitesi değerleri ile Tablo 6.35’de verilen kaya mekaniği laboratuvar deney sonuçları (Birim ağırlık, toplam porozite, nem oranı, dolaylı çekme dayanımı, tek eksenli basınç dayanımı, kohezyon, içsel sürtünme, Shore sertliği, elastisite modülü ve Poisson oranı) ve arazi deney sonuçları (sismik hız, nokta yükleme dayanımı, Schmidt çekici sertliği ve RMR puanı) arasında ilişkiler geliştirmek amacı ile basit ve çoklu regresyon analizleri yapılmıştır. Öncelikle Microsoft Excel programı kullanılarak birebir basit regresyon (doğrusal, üssel, eksponansiyel ve logaritmik fonksiyon yaklaşımları) analizleri yapılmıştır. Bu regresyon analizleri sonucunda, taşıma kapasitesi ile nem oranı, toplam porozite, Shore sertliği ve sismik hız arasında anlamlı ilişkiler elde edilmiştir (Tablo 6.37). Taşıma kapasitesi ile nem oranı, toplam porozite, Shore sertliği ve sismik hız arasında bulunan ilişkiler sırasıyla Şekil 6.25, 6.26, 6.27 ve 6.28’de de verilmiştir. Şekil 6.28’de görüldüğü gibi, Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi’nde yeralan jips kaya biriminin sismik hız değerinin diğerlerine göre çok yüksek olması (Tablo 6.17) ve ilişkiyi olumsuz yönde etkilemesi nedeniyle regresyon analizi dışında bırakılmıştır. Jips kaya biriminin taşıma kapasitesi düşük olduğu halde sismik hızı oldukça yüksektir. Bu durumun jips kaya biriminin ince taneli ve sünek bir yapıya sahip olmasından ve süreksizlik aralığının (Ortalama 4.4 m) diğer birimlere göre daha yüksek ve daha masif olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Tablo 6.37. Taşıma Kapasitesi ile Bazı Kütle ve Malzeme Özellikleri Arasındaki İlişkiler

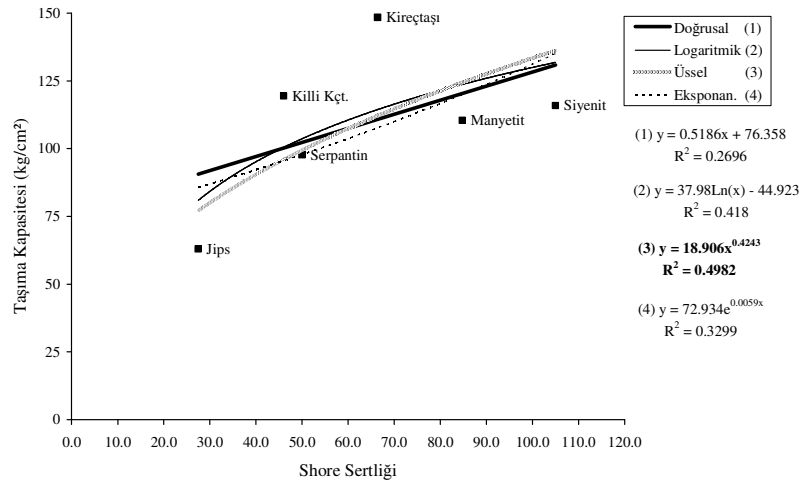
Bağımsız Değişken (X)	Fonksiyon Türü	Eşitlik Y: Taşıma Kapasitesi (kg/cm ²)	Korelasyon Katsayısı (R ²)
Nem Oranı, %	Doğrusal	$Y = -3.7208X + 121.45$	0.5383
	Logaritmik	$Y = -5.4687 \cdot \ln(X) + 108.2$	0.1360
	Üssel	$Y = 104.42X^{-0.0709}$	0.2183
	Eksponansiyel	$Y = 121.56e^{-0.0423X}$	0.6629
Toplam Porozite, %	Doğrusal	$Y = -1.296X + 123.03$	0.2944
	Logaritmik	$Y = -5.6631 \cdot \ln(X) + 119.5$	0.0555
	Üssel	$Y = 123.89X^{-0.0868}$	0.1245
	Eksponansiyel	$Y = 125.28e^{-0.0159X}$	0.4208
Shore Sertliği	Doğrusal	$Y = 0.5186X + 76.358$	0.2696
	Logaritmik	$Y = 37.98 \cdot \ln(X) - 44.923$	0.4180
	Üssel	$Y = 18.906X^{0.4243}$	0.4982
	Eksponansiyel	$Y = 72.934e^{0.0059X}$	0.3299
Sismik Hız, m/sn	Doğrusal	$Y = 0.196X - 38.471$	0.889
	Logaritmik	$Y = 137.52 \cdot \ln(X) - 798.35$	0.938
	Üssel	$Y = 0.0008X^{1.784}$	0.879
	Eksponansiyel	$Y = 15.744e^{0.0025X}$	0.788



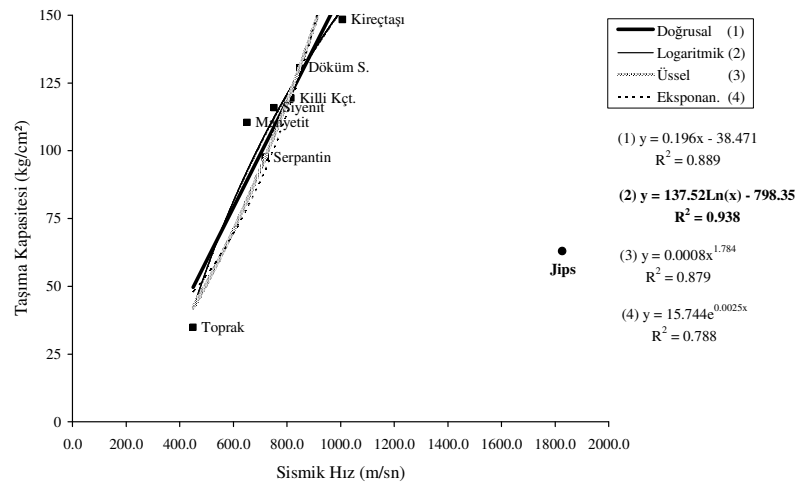
Şekil 6.25. Taşıma kapasitesi ve nem oranı arasındaki ilişki



Şekil 6.26. Taşıma kapasitesi ve toplam porozite arasındaki ilişki



Şekil 6.27. Taşıma kapasitesi ve Shore sertliği arasındaki ilişki



Şekil 6.28. Taşıma kapasitesi ve sismik hız arasındaki ilişki

Daha sonra, SPSS V13.0 (İstatistiksel analiz) paket programı (Anonim, 2004) kullanılarak taşıma kapasitesi değerleri ile kaya mekaniği arazi ve laboratuvar deney sonuçları arasında çoklu regresyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Bağımlı değişken olarak taşıma kapasitesi ile açıklayıcı değişkenler veya bağımsız değişkenler olarak kaya mekaniği arazi ve laboratuvar deney sonuçları arasında aşamalı bir şekilde çoklu regresyon analizleri yapılmıştır. Bir bağımsız değişken analize eklendiğinde korelasyon katsayısı düştüğünde ve beklenen orantıda (doğru orantılı (+) veya ters orantılı (-)) olmadığında analizden çıkartılmış ve başka bir bağımsız değişken analize eklenerek aşamalı çoklu regresyon analizleri yapılmıştır. Başka bir deyişle, korelasyon katsayısını beklenildiği gibi arttıran bağımsız değişkenler (kaya mekaniği arazi ve laboratuvar deney sonuçları) sırasıyla analize eklenerek taşıma kapasitesinin belirlenebileceği birçok anlamlı ve yüksek korelasyonlu ($R^2=0.57-0.96$) ilişkiler elde edilmiştir (Tablo 6.38).

Tablo 6.38. Taşıma Kapasitesi ile Arazi ve Laboratuvar Deney Sonuçları Arasındaki Çoklu Regresyon Analizi Sonuçları

Bağımsız Değişken	Eşitlik Y: Taşıma Kapasitesi (kg/cm ²)	Korelasyon Katsayısı (R ²)
	Y= 9.135+5.538*C+3.106*L-237.086*H	0.566
	Y= 217.912-1.486*B+109.932*C+4.744*K-2500.392*H	0.624
	Y= 102.245-3.483*A+22.8*F	0.629
	Y= 73.411-1.13*B+2.344*L-234.71*H	0.636
Nem Oranı (A)	Y= 68.663-1.088*B+1.202*C+2.406*L-242.53*H	0.637
Toplam Porozite (B)	Y= 172.796-4.99*A+0.935*K-245.108*H	0.687
Birim Ağırlık (C)	Y= 96.904-3.437*A+1.583*L-189.72*H	0.730
Tek Eksenli Basınç Dayanımı (D)	Y= 200.054-4.006*A+79.426*C+3.487*K-1857.257*H	0.774
İçsel Sürtünme (F)	Y= 45.505-1189.333*H+9.904*J	0.814
Shore Sertliği (G)	Y= 3.494+0.132*M+0.169*N	0.832
Poisson Oranı (H)	Y= 11.189+0.054*K+0.131*M	0.841
Elastisite Modülü (J)	Y= 6.918+0.256*L+0.125*M	0.843
Nokta Yükleme Dayanımı (K)	Y= 7.660+0.025*K+0.164*L+0.128*M	0.844
Schmidt Çekici Sertliği (L)	Y= -1.456+0.051*K+0.136*M+0.139*N	0.846
Sismik Hız (M)	Y= -50.771+8.129*C+0.177*M+0.009*D	0.944
RMR Puanı (N)	Y= -54.959+6.916*C+0.175*M+0.338*J	0.953
	Y= -53.738+9.073*C+0.177*M+0.077*K	0.954
	Y= -44.715+6.865*C+0.166*M+0.166*G	0.963

(Nem Oranı : % ; Birim Ağırlık: gr/cm³ ; Toplam Porozite : % ; İçsel Sürtünme : birimsiz ; Tek Eksenli Basınç Dayanımı : kg/cm² ; Shore Sertliği : birimsiz ; Poisson Oranı : birimsiz ; Elastisite Modülü : GPa ; Nokta Yükleme Dayanımı : kg/cm² ; Schmidt Çekici Sertliği : birimsiz ; Sismik Hız : m/sn)

6.3.2. Taşıma Kapasitesi ve Yer Sarsıntısı Ölçüm Sonuçları Arasında İlişkiler Araştırılması

6.3.2.1. Yer Sarsıntısı Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Tablo 6.18 - 6.25’de verilen sabit enerji kaynaklı titreşim unsurlarının mesafeye bağlı değişimlerini belirlemek amacıyla, ölçüm yönü dikkate alınarak parçacık hızı bileşenleri (PPVT, PPVV, PPVL, PVS, PPV) ve mesafe arasında regresyon analizleri yapılmıştır (Tablo 6.39). Dört değişik yönde aynı mesafelerde ölçülen parçacık hızı bileşenlerinin ortalama değerleri (Tablo 6.18 - 6.25) kullanılarak da regresyon analizleri yapılmış ve sonuçları yine Tablo 6.39’da verilmiştir. Regresyon analizlerinin tümünde üssel fonksiyon yaklaşımı en yüksek korelasyon katsayısı ile sonuçlanmıştır. Bu nedenle, diğer yaklaşımlar (doğrusal, logaritmik ve eksponansiyel) kullanılarak elde edilen ilişkiler verilmemiştir. Çalışılan birimlerin (Toprak (Yol), jips, manyetit, siyenit, serpantin, kireçtaşı, killi kireçtaşı ve döküm sahası) parçacık hızı bileşenleri ve mesafe arasında ölçüm yönü dikkate alınarak elde edilen ilişkiler, sırasıyla Ek 2’de (Şekil 1 - 8) gösterilmiştir.

Tablo 6.39’da görülebileceği gibi titreşim unsurları ile mesafe arasında oldukça yüksek korelasyonlu ilişkiler elde edilmiştir. Ancak bazı yönlerde (K-A, K-B, K-C ve K-D) elde edilen korelasyon katsayılarının düşüklüğü parçacık hızlarının ölçüm yönünden de etkilendiklerini göstermiştir (Ek 2). Bu durumun yöne bağlı olarak bazı kaya kütle özelliklerinin (süreksizlik düzlemlerinin konumu ve yapısı) değişiminden kaynaklandığı söylenebilir. Bu nedenle, aynı mesafelerde dört değişik yönde ölçülen değerlerin ortalaması alınarak bulunan ortalama parçacık hızı bileşenlerinin kullanılması sonucunda elde edilen ilişkilerin (Şekil 6.29), çalışılan birimleri daha iyi temsil ve karakterize edebileceği düşünülmüştür. Şekil 6.29’da görüldüğü gibi tüm birimlerde parçacık hızı ve mesafe arasında oldukça yüksek korelasyonlu ($R^2=0.80-0.99$) ilişkiler elde edilmiştir.

Tablo 6.39. Parçacık Hızı Bileşenleri ve Mesafe Arasındaki Regresyon Analizi Sonuçları

Lokasyon	Parçacık Hızı Bileşeni (Y)	Ölçüm Yönü	Eşitlik X: Mesafe, m Y: Parçacık Hızı, mm/sn	Korelasyon Katsayısı (R ²)
Toprak (Yol) (Barit Maden Söleşit Açık İşletmesi)	PPVT	K-A	$Y = 34.08X^{-1.4353}$	0.8955
		K-B	$Y = 41.994X^{-1.585}$	0.7158
		K-C	$Y = 21.945X^{-1.0929}$	0.8292
		K-D	$Y = 48.812X^{-2.2138}$	0.8647
		Ortalama	$Y = 35.958X^{-1.5646}$	0.9590
	PPVV	K-A	$Y = 12.844X^{-1.9036}$	0.9910
		K-B	$Y = 15.381X^{-2.0953}$	0.9887
		K-C	$Y = 13.093X^{-1.8123}$	0.9354
		K-D	$Y = 8.3248X^{-1.4671}$	0.9806
		Ortalama	$Y = 11.35X^{-1.7325}$	0.9782
	PPVL	K-A	$Y = 18.925X^{-1.9545}$	0.8898
		K-B	$Y = 16.832X^{-1.6076}$	0.6795
		K-C	$Y = 8.5288X^{-1.0099}$	0.8423
		K-D	$Y = 10.003X^{-1.6876}$	0.9026
		Ortalama	$Y = 12.722X^{-1.4905}$	0.9712
	PVS	K-A	$Y = 36.201X^{-1.4783}$	0.9030
		K-B	$Y = 42.105X^{-1.5556}$	0.6992
		K-C	$Y = 25.097X^{-1.1796}$	0.8677
		K-D	$Y = 49.486X^{-2.1598}$	0.8794
		Ortalama	$Y = 37.812X^{-1.5808}$	0.9593
PPV	K-A	$Y = 34.08X^{-1.4353}$	0.8955	
	K-B	$Y = 41.994X^{-1.585}$	0.7158	
	K-C	$Y = 21.945X^{-1.0929}$	0.8292	
	K-D	$Y = 48.812X^{-2.2138}$	0.8647	
	Ortalama	$Y = 35.958X^{-1.5646}$	0.9590	
Jips (Barit Maden Söleşit Açık İşletmesi)	PPVT	K-A	$Y = 79.755X^{-2.0542}$	0.8371
		K-B	$Y = 28.517X^{-1.1401}$	0.8605
		K-C	$Y = 47.925X^{-1.3732}$	0.7766
		K-D	$Y = 39.871X^{-1.4135}$	0.8607
		Ortalama	$Y = 43.14X^{-1.4163}$	0.9412
	PPVV	K-A	$Y = 16.521X^{-2.2249}$	0.8035
		K-B	$Y = 3.5141X^{-0.8988}$	0.6324
		K-C	$Y = 7.3805X^{-1.7815}$	0.7941
		K-D	$Y = 1.0052X^{-0.6068}$	0.4383
		Ortalama	$Y = 5.1139X^{-1.3562}$	0.9309
	PPVL	K-A	$Y = 18.725X^{-2.161}$	0.6664
		K-B	$Y = 10.957X^{-1.7146}$	0.6904
		K-C	$Y = 5.8644X^{-1.4329}$	0.6019
		K-D	$Y = 2.2456X^{-0.8751}$	0.4958
		Ortalama	$Y = 7.324X^{-1.4503}$	0.9379
	PVS	K-A	$Y = 80.716X^{-2.0583}$	0.8376
		K-B	$Y = 29.913X^{-1.1602}$	0.8736
		K-C	$Y = 47.843X^{-1.3706}$	0.7746
		K-D	$Y = 39.82X^{-1.411}$	0.8586
		Ortalama	$Y = 43.731X^{-1.4209}$	0.9429
PPV	K-A	$Y = 79.755X^{-2.0542}$	0.8371	
	K-B	$Y = 28.517X^{-1.1401}$	0.8605	
	K-C	$Y = 47.925X^{-1.3732}$	0.7766	
	K-D	$Y = 39.871X^{-1.4135}$	0.8607	
	Ortalama	$Y = 43.14X^{-1.4163}$	0.9412	

Tablo 6.39. Devamı

Lokasyon	Parçacık Hızı Bileşeni (Y)	Ölçüm Yönü	Eşitlik X: Mesafe, m Y: Parçacık Hızı, mm/sn	Korelasyon Katsayısı (R ²)
Manyetit (Divriği Demir Açık İşletmesi)	PPVT	K-A	$Y = 52.931X^{-1.5392}$	0.9233
		K-B	$Y = 24.07X^{-0.9739}$	0.8554
		K-C	$Y = 8.0327X^{-0.2515}$	0.3707
		K-D	$Y = 14.037X^{-0.8878}$	0.8871
		Ortalama	$Y = 24.253X^{-0.798}$	0.9538
	PPVV	K-A	$Y = 5.7962X^{-1.4193}$	0.9526
		K-B	$Y = 4.5778X^{-1.3198}$	0.8675
		K-C	$Y = 3.4003X^{-1.1257}$	0.8925
		K-D	$Y = 5.884X^{-1.7879}$	0.8408
	PPVL	Ortalama	$Y = 5.0688X^{-1.4047}$	0.9740
		K-A	$Y = 7.808X^{-1.2006}$	0.8196
		K-B	$Y = 2.3591X^{-0.4688}$	0.4037
		K-C	$Y = 2.2309X^{-0.8079}$	0.5640
	PVS	K-D	$Y = 3.1426X^{-1.0869}$	0.7819
		Ortalama	$Y = 3.8896X^{-0.9142}$	0.8505
		K-A	$Y = 53.565X^{-1.5404}$	0.9229
		K-B	$Y = 24.889X^{-0.9939}$	0.8683
	PPV	K-C	$Y = 8.1131X^{-0.2572}$	0.3806
		K-D	$Y = 15.513X^{-0.9468}$	0.8941
		Ortalama	$Y = 24.94X^{-1.0716}$	0.9550
K-A		$Y = 52.931X^{-1.5392}$	0.9233	
PPV	K-B	$Y = 24.07X^{-0.9739}$	0.8554	
	K-C	$Y = 8.0327X^{-0.2515}$	0.3707	
	K-D	$Y = 14.037X^{-0.8878}$	0.8871	
	Ortalama	$Y = 24.253X^{-0.798}$	0.9538	
	Siyenit (Divriği Demir Açık İşletmesi)	PPVT	K-A	$Y = 33.272X^{-0.6632}$
K-B			$Y = 35.804X^{-1.0016}$	0.8100
K-C			$Y = 23.725X^{-0.609}$	0.6374
K-D			$Y = 19.45X^{-0.5635}$	0.7119
Ortalama			$Y = 28.508X^{-0.7171}$	0.9197
PPVV		K-A	$Y = 6.8744X^{-1.2452}$	0.9501
		K-B	$Y = 10.088X^{-1.772}$	0.8500
		K-C	$Y = 13.367X^{-1.7783}$	0.9241
		K-D	$Y = 10.11X^{-1.8095}$	0.7927
PPVL		Ortalama	$Y = 10.764X^{-1.6666}$	0.9575
		K-A	$Y = 8.8313X^{-1.0822}$	0.9295
		K-B	$Y = 5.6772X^{-0.8299}$	0.8762
		K-C	$Y = 5.5232X^{-0.5699}$	0.5508
PVS		K-D	$Y = 2.7691X^{-0.2875}$	0.3116
		Ortalama	$Y = 5.6782X^{-0.7135}$	0.9663
		K-A	$Y = 34.323X^{-0.6796}$	0.9364
		K-B	$Y = 35.972X^{-0.9993}$	0.8109
PPV		K-C	$Y = 23.927X^{-0.6038}$	0.6356
		K-D	$Y = 21.496X^{-0.6255}$	0.7583
		Ortalama	$Y = 29.385X^{-0.7312}$	0.9238
	K-A	$Y = 33.272X^{-0.6632}$	0.9263	
PPV	K-B	$Y = 35.804X^{-1.0016}$	0.8100	
	K-C	$Y = 23.725X^{-0.609}$	0.6374	
	K-D	$Y = 19.45X^{-0.5635}$	0.7119	
	Ortalama	$Y = 28.508X^{-0.7171}$	0.9197	

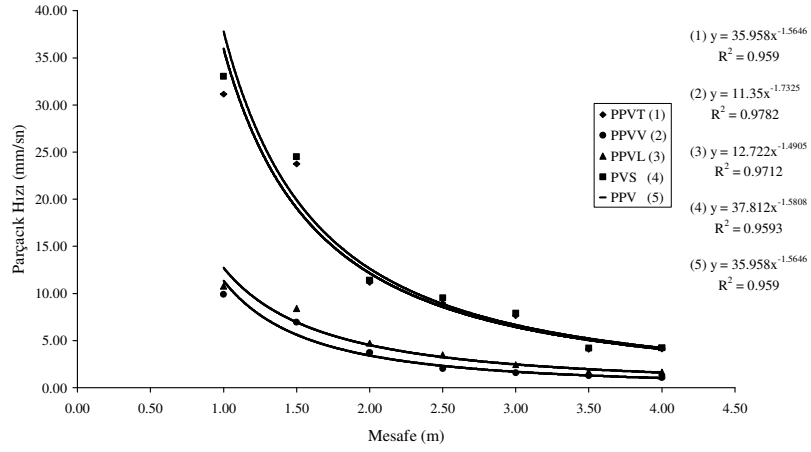
Tablo 6.39. Devamı

Lokasyon	Parçacık Hızı Bileşeni (Y)	Ölçüm Yönü	Eşitlik X: Mesafe, m Y: Parçacık Hızı, mm/sn	Korelasyon Katsayısı (R ²)
Serpantin (Divriği Demir Açık İşletmesi)	PPVT	K-A	$Y = 40.847X^{-1.2301}$	0.8659
		K-B	$Y = 52.781X^{-1.4289}$	0.9139
		K-C	$Y = 26.201X^{-1.1549}$	0.8101
		K-D	$Y = 27.872X^{-0.6256}$	0.6601
		Ortalama	$Y = 36.99X^{-1.1108}$	0.9810
	PPVV	K-A	$Y = 9.5329X^{-1.9782}$	0.9637
		K-B	$Y = 4.3838X^{-1.2452}$	0.8411
		K-C	$Y = 10.082X^{-2.0373}$	0.9740
		K-D	$Y = 11.938X^{-2.0603}$	0.9832
		Ortalama	$Y = 9.3175X^{-1.7818}$	0.9620
	PPVL	K-A	$Y = 18.417X^{-1.7706}$	0.9247
		K-B	$Y = 12.208X^{-1.5568}$	0.9559
		K-C	$Y = 7.8957X^{-1.2941}$	0.8640
		K-D	$Y = 7.3812X^{-0.9308}$	0.9520
		Ortalama	$Y = 11.011X^{-1.4067}$	0.9895
	PVS	K-A	$Y = 42.541X^{-1.2516}$	0.8666
		K-B	$Y = 53.328X^{-1.4302}$	0.9168
		K-C	$Y = 28.241X^{-1.2107}$	0.8485
		K-D	$Y = 29.539X^{-0.6754}$	0.6616
		Ortalama	$Y = 38.63X^{-1.1376}$	0.9842
PPV	K-A	$Y = 40.847X^{-1.2301}$	0.8659	
	K-B	$Y = 52.781X^{-1.4289}$	0.9139	
	K-C	$Y = 26.201X^{-1.1549}$	0.8101	
	K-D	$Y = 27.872X^{-0.6256}$	0.6601	
	Ortalama	$Y = 36.99X^{-1.1108}$	0.9810	
Kireçtaşı (Kangal Kömür Açık İşletmesi)	PPVT	K-A	$Y = 131.72X^{-1.4986}$	0.9011
		K-B	$Y = 130.48X^{-1.4381}$	0.6522
		K-C	$Y = 597X^{-2.5468}$	0.8124
		K-D	$Y = 720.11X^{-2.4806}$	0.9485
		Ortalama	$Y = 85.992X^{-1.0154}$	0.8084
	PPVV	K-A	$Y = 21.795X^{-1.5876}$	0.9522
		K-B	$Y = 18.555X^{-1.6805}$	0.9548
		K-C	$Y = 27.35X^{-1.9559}$	0.8691
		K-D	$Y = 25.683X^{-1.8042}$	0.9155
		Ortalama	$Y = 24.037X^{-1.76}$	0.9492
	PPVL	K-A	$Y = 30.274X^{-1.6968}$	0.9348
		K-B	$Y = 23.846X^{-1.3923}$	0.8480
		K-C	$Y = 45.006X^{-2.1066}$	0.9161
		K-D	$Y = 26.241X^{-1.4159}$	0.8288
		Ortalama	$Y = 32.173X^{-1.6437}$	0.9601
	PVS	K-A	$Y = 133.87X^{-1.5023}$	0.9052
		K-B	$Y = 86.354X^{-1.0159}$	0.6544
		K-C	$Y = 605.82X^{-2.5541}$	0.8145
		K-D	$Y = 727.88X^{-2.4781}$	0.9481
		Ortalama	$Y = 131.87X^{-1.4396}$	0.8109
PPV	K-A	$Y = 131.72X^{-1.4986}$	0.9011	
	K-B	$Y = 130.48X^{-1.4381}$	0.6522	
	K-C	$Y = 597X^{-2.5468}$	0.8124	
	K-D	$Y = 720.11X^{-2.4806}$	0.9485	
	Ortalama	$Y = 85.992X^{-1.0154}$	0.8084	

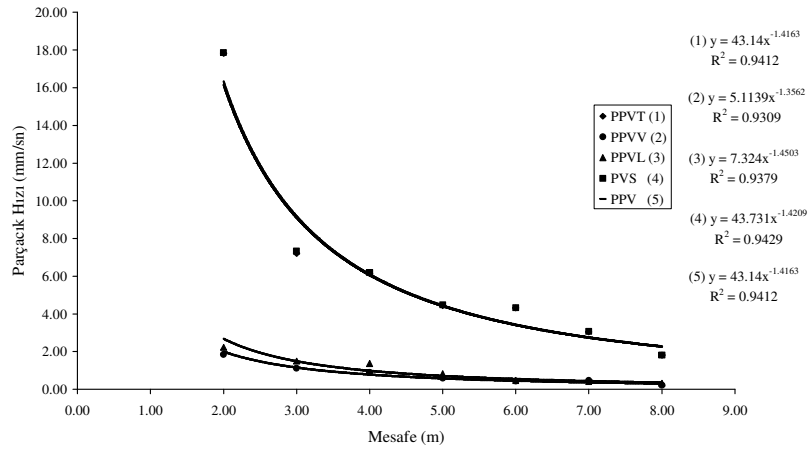
Tablo 6.39. Devamı

Lokasyon	Parçacık Hızı Bileşeni (Y)	Ölçüm Yönü	Eşitlik X: Mesafe, m Y: Parçacık Hızı, mm/sn	Korelasyon Katsayısı (R ²)
Killi Kireçtaşı (Kangal Kömür Açık İşletmesi)	PPVT	K-A	$Y = 25.132X^{-0.5303}$	0.4468
		K-B	$Y = 50.421X^{-0.8657}$	0.8188
		K-C	$Y = 19.346X^{-0.4172}$	0.7249
		K-D	$Y = 64.747X^{-1.3298}$	0.8132
		Ortalama	$Y = 35.458X^{-0.7359}$	0.9850
	PPVV	K-A	$Y = 7.2541X^{-0.8798}$	0.7163
		K-B	$Y = 12.268X^{-1.3757}$	0.9194
		K-C	$Y = 9.0498X^{-1.2792}$	0.9851
		K-D	$Y = 18.773X^{-2.0134}$	0.9580
		Ortalama	$Y = 12.389X^{-1.4219}$	0.9731
	PPVL	K-A	$Y = 10.904X^{-0.8265}$	0.7325
		K-B	$Y = 27.033X^{-1.572}$	0.9606
		K-C	$Y = 10.863X^{-1.0566}$	0.8506
		K-D	$Y = 4.9703X^{-0.7181}$	0.7030
		Ortalama	$Y = 13.125X^{-1.0982}$	0.9785
	PVS	K-A	$Y = 27.006X^{-0.561}$	0.4977
		K-B	$Y = 50.447X^{-0.8626}$	0.8198
		K-C	$Y = 19.879X^{-0.4269}$	0.7366
		K-D	$Y = 68.715X^{-1.3652}$	0.8320
		Ortalama	$Y = 37.198X^{-0.7611}$	0.9876
PPV	K-A	$Y = 25.132X^{-0.5303}$	0.4468	
	K-B	$Y = 50.421X^{-0.8657}$	0.8188	
	K-C	$Y = 19.346X^{-0.4172}$	0.7249	
	K-D	$Y = 64.747X^{-1.3298}$	0.8132	
	Ortalama	$Y = 35.458X^{-0.7359}$	0.9850	
Döküm Sahası (Kangal Kömür Açık İşletmesi)	PPVT	K-A	$Y = 44.535X^{-0.944}$	0.6300
		K-B	$Y = 36.816X^{-0.7646}$	0.6266
		K-C	$Y = 37.464X^{-0.9}$	0.6920
		K-D	$Y = 43.059X^{-0.8421}$	0.6543
		Ortalama	$Y = 44.289X^{-0.8142}$	0.9486
	PPVV	K-A	$Y = 19.941X^{-1.8698}$	0.9503
		K-B	$Y = 17.951X^{-1.9163}$	0.9773
		K-C	$Y = 11.92X^{-1.3214}$	0.9349
		K-D	$Y = 10.233X^{-1.4106}$	0.9407
		Ortalama	$Y = 14.838X^{-1.6272}$	0.9641
	PPVL	K-A	$Y = 7.0668X^{-0.5423}$	0.5159
		K-B	$Y = 6.5383X^{-0.5668}$	0.5979
		K-C	$Y = 12.684X^{-1.0232}$	0.9840
		K-D	$Y = 10.724X^{-0.9091}$	0.9770
		Ortalama	$Y = 9.3575X^{-0.7751}$	0.9738
	PVS	K-A	$Y = 44.546X^{-0.924}$	0.6503
		K-B	$Y = 37.012X^{-0.7623}$	0.6263
		K-C	$Y = 38.521X^{-0.9107}$	0.7005
		K-D	$Y = 44.547X^{-0.814}$	0.6536
		Ortalama	$Y = 43.552X^{-0.8429}$	0.9499
PPV	K-A	$Y = 44.535X^{-0.944}$	0.6300	
	K-B	$Y = 36.816X^{-0.7646}$	0.6266	
	K-C	$Y = 37.464X^{-0.9}$	0.6920	
	K-D	$Y = 43.059X^{-0.8421}$	0.6543	
	Ortalama	$Y = 44.289X^{-0.8142}$	0.9486	

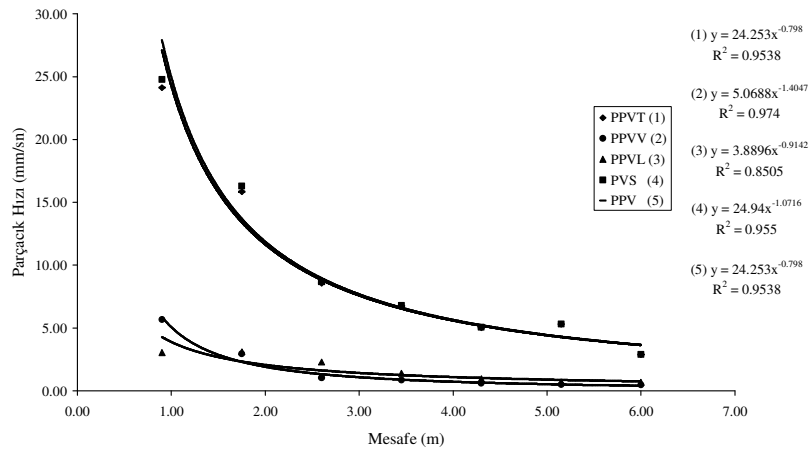
PPVT : Enine, PPVV : Düşey, PPVL : Boyuna, PVS : Bileşke, PPV : Maksimum Parçacık Hızı



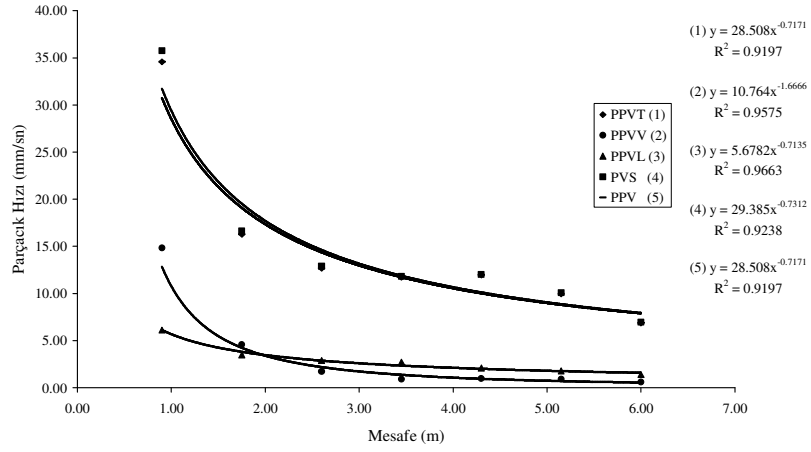
a. Toprak (Yol), Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi



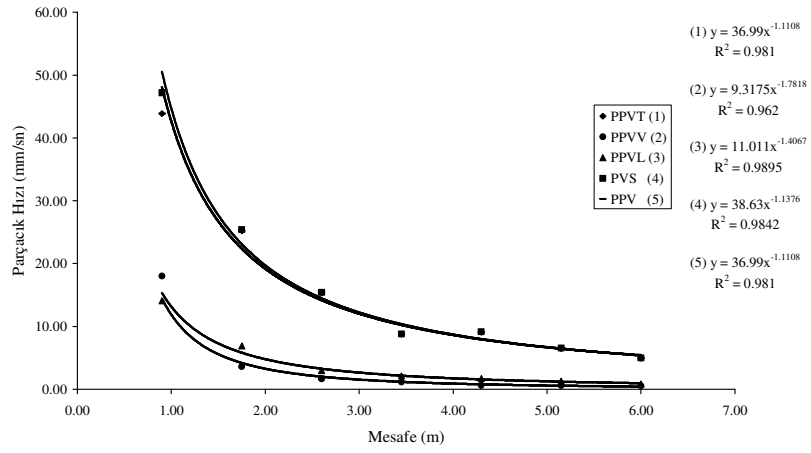
b. Gips, Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi



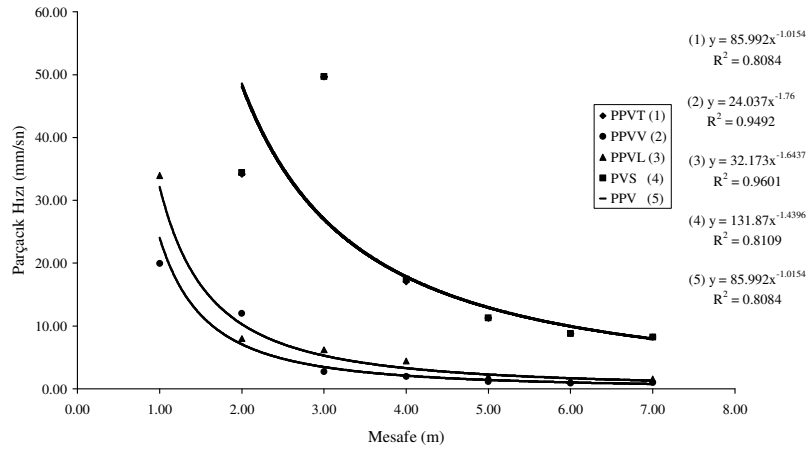
c. Manyetit, Divriği Demir Açık İşletmesi



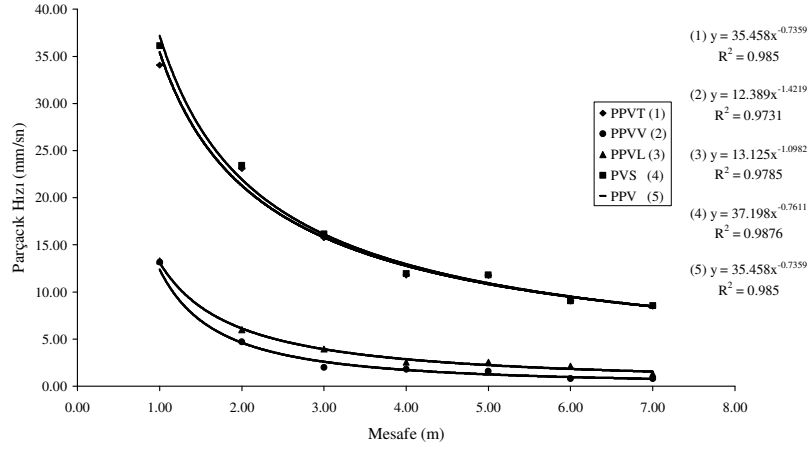
d. Siyemit, Divriği Demir Açık İşletmesi



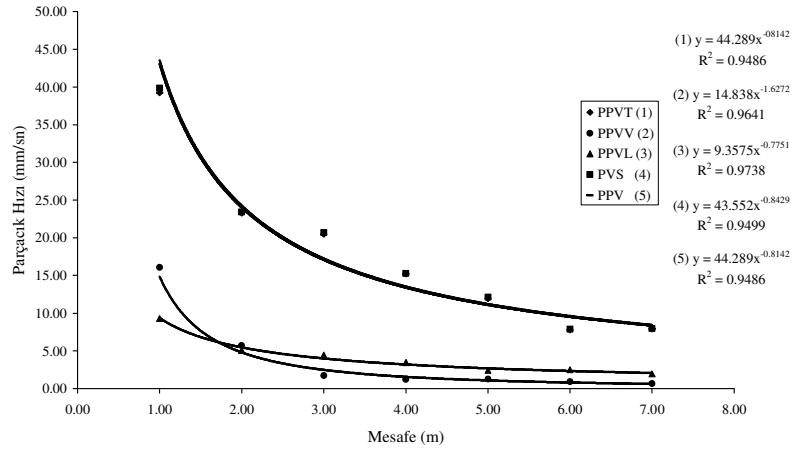
e. Serpantin, Divriği Demir Açık İşletmesi



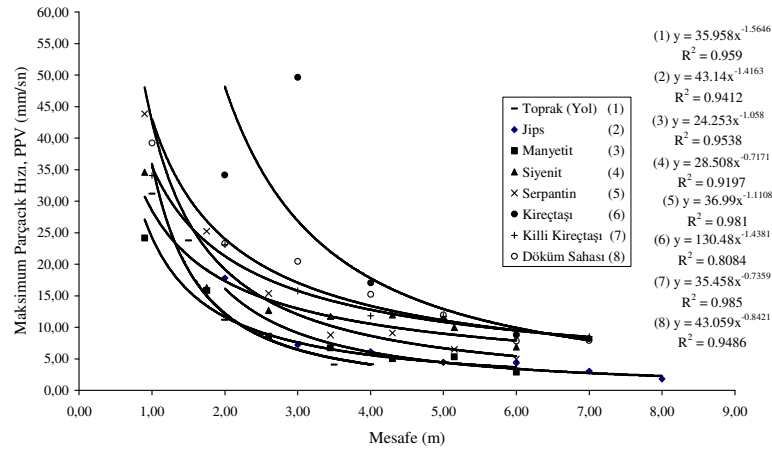
f. Kireçtaşı, Kangal Kömür Açık İşletmesi



g. Killi Kireçtaşı, Kangal Kömür Açık İşletmesi



h. Döküm Sahası, Kangal Kömür Açık İşletmesi



k. Tüm Birimler

Şekil 6.29. Ortalama parçacık hızı bileşenleri ve mesafe arasındaki ilişkiler

6.3.2.2. Taşıma Kapasitesi ve Yer Sarsıntısı Ölçümlerinin Değerlendirme Sonuçları Arasında İlişkiler Araştırılması

Çalışılan kaya birimlerinin taşıma kapasitesi değerleri ve yer sarsıntısı ölçümlerinin değerlendirme sonuçları arasında ilişkiler geliştirmek amacıyla regresyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizlerinde, literatürde de daha çok kullanılması (parçacık hızı tahminlerinde ve hasar kriterlerinde) nedeniyle maksimum parçacık hızı (PPV) değerleri kullanılmıştır.

Öncelikle Bölüm 6.3.2.1’de verilen regresyon analizleri sonucunda elde edilen eşitlikler (Şekil 6.29) kullanılarak, çalışılan kaya birimlerinin değişik mesafelerdeki maksimum parçacık hızı değerleri belirlenmiştir (Tablo 6.40). Tablo 6.40’da verilen birimlerin değişik mesafelerdeki maksimum parçacık hızları Şekil 6.30’da da gösterilmiştir.

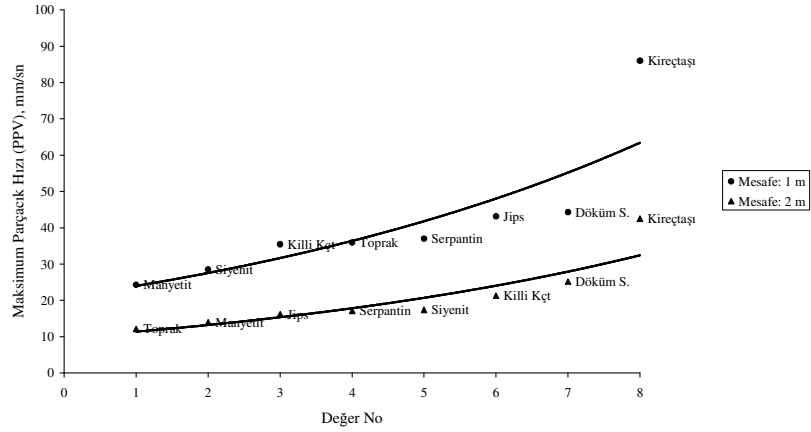
Daha sonra, birimlerin taşıma kapasitesi ve maksimum parçacık hızı (Tablo 6.40) arasında ilişkiler geliştirmek amacıyla her bir mesafe için basit regresyon analizleri yapılmıştır. Bu regresyon analizlerinde doğrusal, üssel, eksponansiyel ve logaritmik fonksiyon yaklaşımları kullanılmıştır. Bu analizler sonucunda, taşıma kapasitesi ve maksimum parçacık hızı arasında anlamlı ve beklendiği gibi mesafe arttıkça korelasyon katsayısının arttığı logaritmik ilişkiler elde edilmiştir (Tablo 6.41). Diğer fonksiyon yaklaşımlarında elde edilen ilişkiler daha düşük korelasyonlu olduğu için burada verilmemiştir. Taşıma kapasitesi ve değişik mesafelerdeki parçacık hızı arasında bulunan ilişkiler Şekil 6.31’de de gösterilmiştir. Tablo 6.41’de görüldüğü gibi mesafe arttıkça korelasyon katsayısı (R^2) belirgin bir şekilde artmıştır. Bu nedenle, en yüksek korelasyonun ($R^2=0.97$) elde edildiği ilişkide (Mesafe = 7 m), çalışılan kaya birimlerinin daha iyi temsil ve karakterize edildiğini (Mesafenin ve dolayısıyla dikkate alınan boyutun en büyük olması ve böylece kütle özelliklerini daha çok yansıtması) söylemek mümkündür.

Şekil 6.32’de tüm mesafelerde taşıma kapasitesi ve maksimum parçacık hızı arasında elde edilen ilişkiler toplu halde gösterilmiştir. Belirli mesafede (2 - 7 m) ölçülen (En büyük mesafede (7 m) ve dört değişik yönde ölçülerek ortalamasının alınması önerilir.) maksimum parçacık hızı (Sabit enerji kaynaklı: 8 kg’lık balyoz vuruşu) ve Şekil 6.32’de verilen ilgili ilişki kullanılarak taşıma kapasitesi tahmin edilebilir.

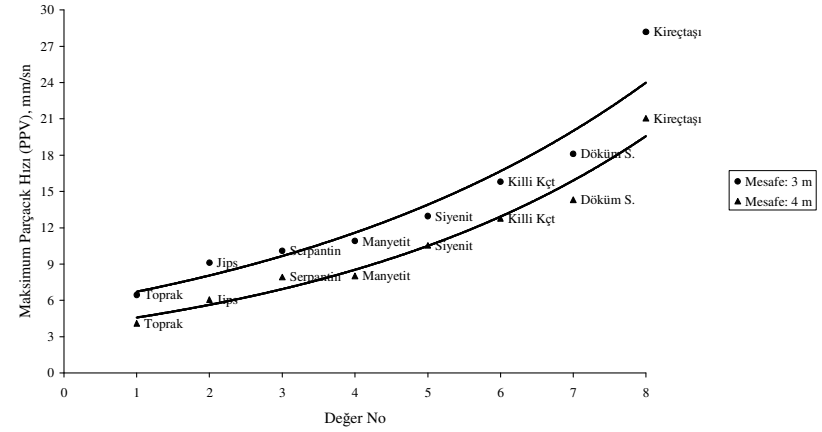
Tablo 6.38’de elde edilen taşıma kapasitesi ilişkilerini, maksimum parçacık hızı değerlerini (Birimlerin 7 m mesafe için belirlenen maksimum parçacık hızları (Tablo 6.40) kullanarak iyileştirmeye ve geliştirmeye yönelik olarak çoklu regresyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Taşıma kapasitesi ve parçacık hızı ile arazi ve laboratuvar deney sonuçları arasında çoklu regresyon analizleri yapılmıştır. Bu analizlerin tümünde parçacık hızı sabit bağımsız değişken olarak seçilmiş ve kaya mekaniği arazi veya laboratuvar deney sonuçlarından ise kolay, hızlı ve düşük maliyetle belirlenebilenler sırasıyla bağımsız değişken olarak analize eklenmiştir. Beklenen orantıda (doğru orantılı (+) veya ters orantılı (-)) ilişkilerde yeralan ve korelasyon katsayısını arttıran bağımsız değişkenler (kaya mekaniği arazi ve laboratuvar deney sonuçları) sırasıyla analize eklenerek birçok yolla taşıma kapasitesinin tahmin edilebileceği oldukça yüksek korelasyonlu ($R^2= 0.97-1.0$) ve temel malzeme özelliklerini de içeren anlamlı ilişkiler elde edilmiştir (Tablo 6.42).

Tablo 6.40. Taşıma Kapasitesi ve Değişik Mesafeler için Belirlenen Maksimum Parçacık Hızı (PPV) Değerleri

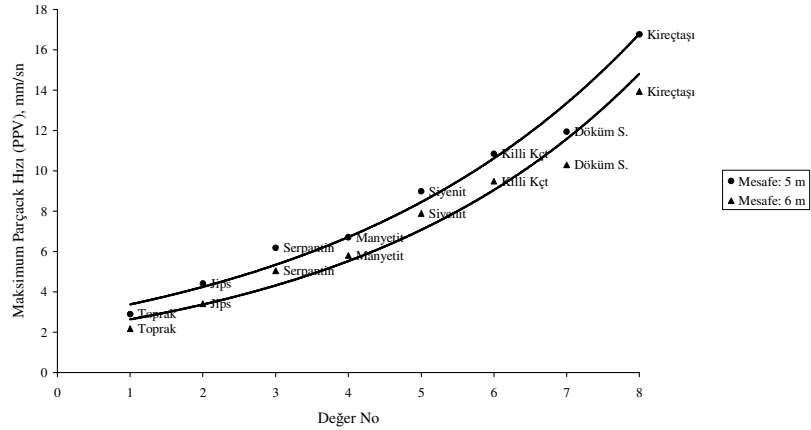
Lokasyon	Taşıma Kapasitesi (kg/cm ²)	Kullanılan Eşitlik	Maksimum Parçacık Hızı (mm/sn) (Y)						
			Mesafe (X)						
			1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m
Toprak (Yol)	34.89	$Y = 35.958X^{-1.5646}$ $R^2 = 0.9590$	35.96	12.16	6.45	4.11	2.90	2.18	1.71
Jips	63.01	$Y = 43.14X^{-1.4163}$ $R^2 = 0.9412$	43.14	16.16	9.10	6.06	4.41	3.41	2.74
Serpantin	97.71	$Y = 36.99X^{-1.1108}$ $R^2 = 0.9810$	36.99	17.13	10.92	7.93	6.19	5.05	4.26
Manyetit	110.49	$Y = 24.253X^{-0.798}$ $R^2 = 0.9538$	24.25	13.95	10.09	8.02	6.71	5.80	5.13
Siyenit	115.92	$Y = 28.508X^{-0.7171}$ $R^2 = 0.9197$	28.51	17.34	12.97	10.55	8.99	7.89	7.06
Killi Kireçtaşı	119.48	$Y = 35.458X^{-0.7359}$ $R^2 = 0.9850$	35.46	21.29	15.80	12.78	10.85	9.49	8.47
Döküm S.	130.71	$Y = 44.289X^{-0.8142}$ $R^2 = 0.9486$	44.29	25.19	18.11	14.33	11.95	10.30	9.08
Kireçtaşı	148.46	$Y = 85.992X^{-1.0154}$ $R^2 = 0.8084$	85.99	42.54	28.18	21.04	16.78	13.94	11.92



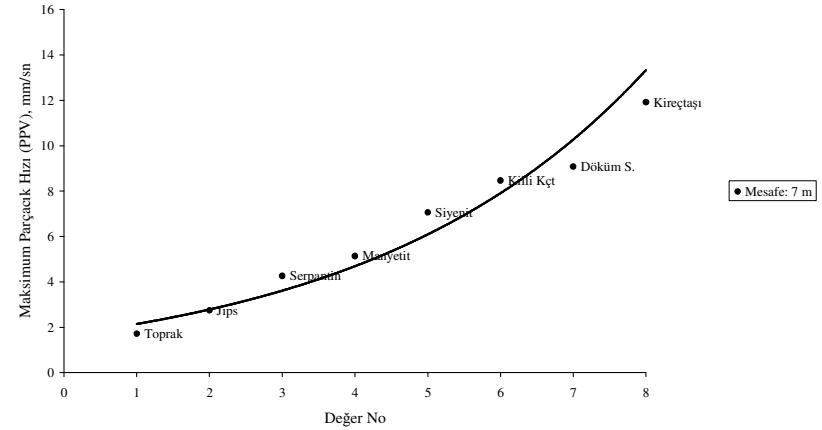
a. Mesafe 1 m & 2 m



b. Mesafe 3 m & 4 m



c. Mesafe 5 m & 6 m

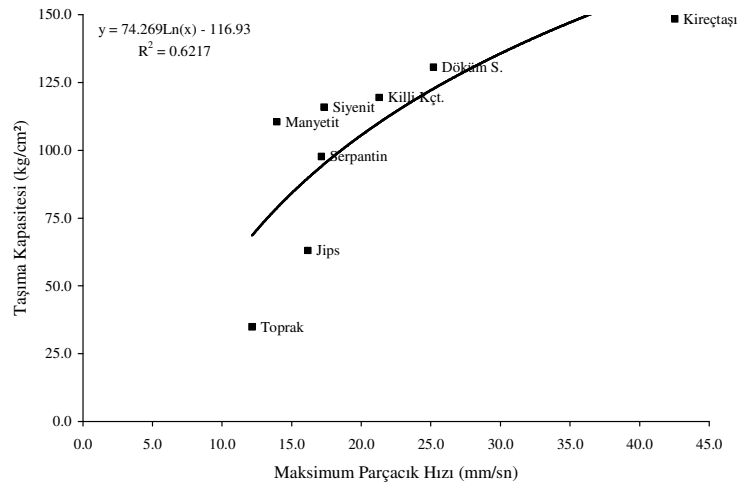
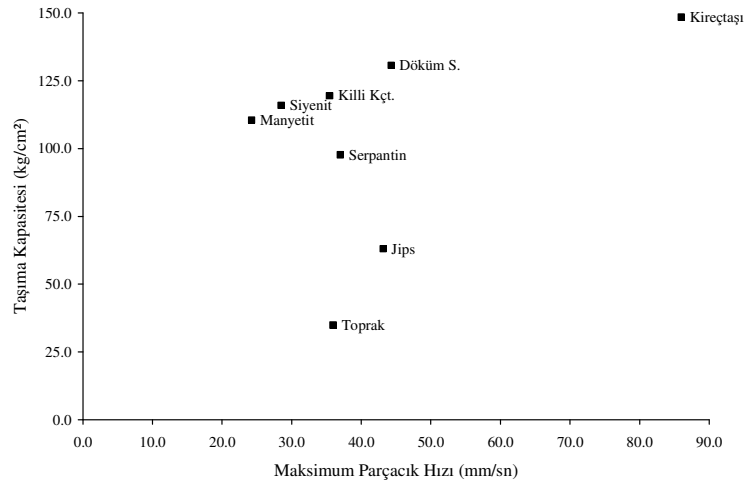


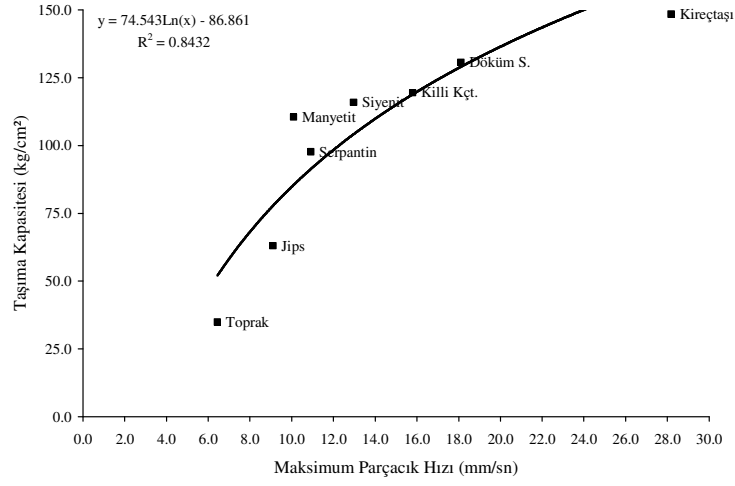
d. Mesafe 7 m

Şekil 6.30. Kaya birimlerinin değişik mesafelerde elde edilen maksimum parçacık hızı değerleri

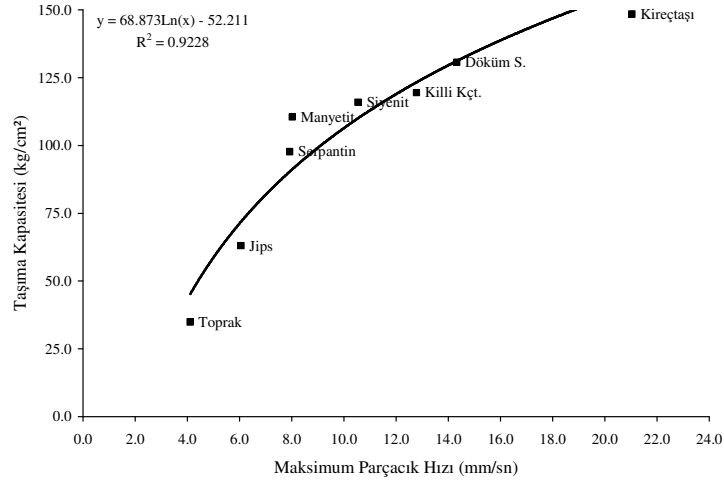
Tablo 6.41. Değişik Mesafelerde Taşıma Kapasitesi ve Maksimum Parçacık Hızı Arasındaki İlişkiler

Mesafe (m)	Eşitlik X: Maksimum Parçacık Hızı, mm/sn Y: Taşıma Kapasitesi (kg/cm ²)	Korelasyon Katsayısı (R ²)
1	$Y = 32.27 * \ln(X) - 15.644$	0.1079
2	$Y = 74.269 * \ln(X) - 116.93$	0.6217
3	$Y = 74.543 * \ln(X) - 86.861$	0.8432
4	$Y = 68.873 * \ln(X) - 52.211$	0.9228
5	$Y = 63.536 * \ln(X) - 25.733$	0.9541
6	$Y = 59.176 * \ln(X) - 5.9067$	0.9669
7	$Y = 55.658 * \ln(X) + 9.3078$	0.9716

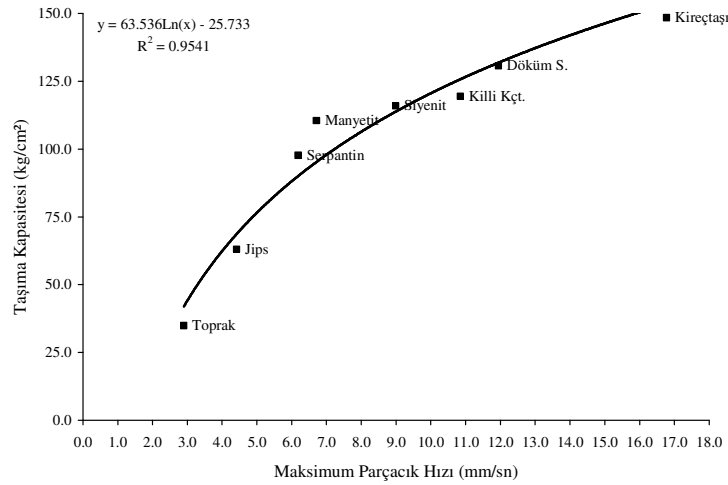




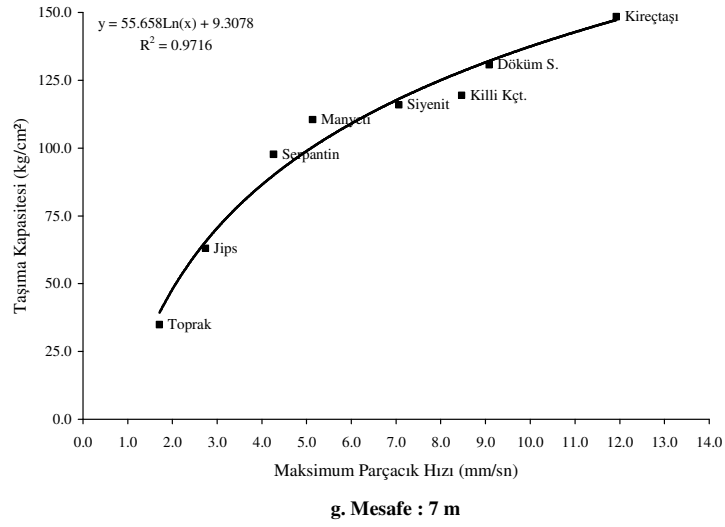
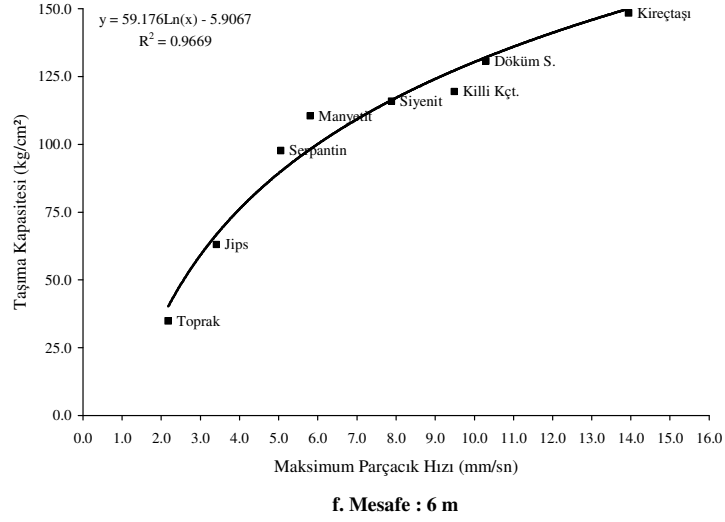
c. Mesafe : 3 m



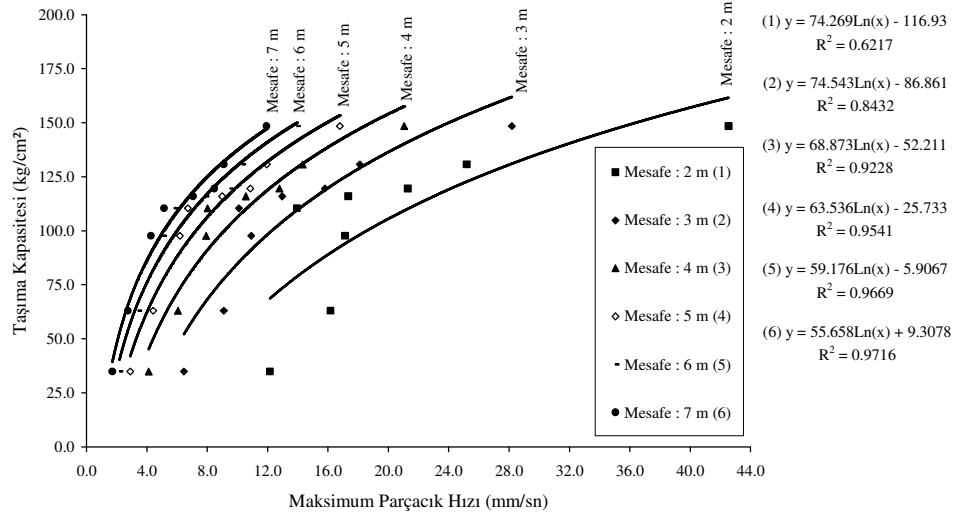
d. Mesafe : 4 m



e. Mesafe : 5 m



Şekil 6.31. Değişik mesafelerde taşıma kapasitesi ve maksimum parçacık hızı arasındaki ilişkiler



Şekil 6.32. Taşıma kapasitesi ve maksimum parçacık hızı arasındaki ilişkiler (Tüm mesafeler)

Tablo 6.42. Taşıma Kapasitesi ile Parçacık Hızı ve Tüm Deney Sonuçları Arasındaki Çoklu Regresyon Analizi Sonuçları

Bağımsız Değişken	Eşitlik Y: Taşıma Kapasitesi (kg/cm ²)	Korelasyon Katsayısı (R ²)
Nem Oranı (A) Toplam Porozite (B) Birim Ağırlık (C) Kohezyon (E) Poisson Oranı (H) Elastisite Modülü (J) Schmidt Çekici Sertliği (L) Sismik Hız (M) RMR Puanı (N)	$Y = -2.255 + 53.571 \cdot \ln(\text{PPV}) + 5.602 \cdot C$	0.974
	$Y = 33.515 + 44.719 \cdot \ln(\text{PPV}) - 1.166 \cdot A$	0.976
	$Y = 23.257 + 44.787 \cdot \ln(\text{PPV}) - 0.861 \cdot A + 0.188 \cdot L$	0.978
	$Y = 9.752 + 51.063 \cdot \ln(\text{PPV}) - 0.229 \cdot B + 3.834 \cdot C$	0.979
	$Y = 6.817 + 53.298 \cdot \ln(\text{PPV}) + 0.059 \cdot E$	0.979
	$Y = 5.347 + 52.258 \cdot \ln(\text{PPV}) + 0.051 \cdot E + 0.09 \cdot L$	0.979
	$Y = 15.657 + 50.352 \cdot \ln(\text{PPV}) - 0.408 \cdot A + 0.042 \cdot E$	0.980
	$Y = 16.680 + 48.195 \cdot \ln(\text{PPV}) - 0.745 \cdot A + 3.205 \cdot C$	0.982
	$Y = -6.644 + 50.248 \cdot \ln(\text{PPV}) + 4.172 \cdot C + 0.298 \cdot L$	0.984
	$Y = -4.027 + 50.041 \cdot \ln(\text{PPV}) - 0.043 \cdot B + 3.953 \cdot C + 0.274 \cdot L$	0.984
	$Y = 6.330 + 32.472 \cdot \ln(\text{PPV}) - 417.965 \cdot H + 3.13 \cdot J + 0.759 \cdot L$	0.993
	$Y = -32.205 + 49.490 \cdot \ln(\text{PPV}) + 0.016 \cdot M + 0.649 \cdot N$	0.996
	$Y = -33.341 + 55.225 \cdot \ln(\text{PPV}) + 0.691 \cdot N$	0.998
	$Y = -9.039 + 41.651 \cdot \ln(\text{PPV}) + 5.176 \cdot C - 200.930 \cdot H + 1.105 \cdot J + 0.851 \cdot L$	1.0
	$Y = -18.078 + 34.068 \cdot \ln(\text{PPV}) - 1.533 \cdot A + 5.993 \cdot C + 0.069 \cdot M$	1.0
	$Y = -31.536 + 33.569 \cdot \ln(\text{PPV}) - 0.59 \cdot B + 6.806 \cdot C + 0.087 \cdot M$	1.0
	$Y = -28.876 + 29.28 \cdot \ln(\text{PPV}) + 6.618 \cdot C + 0.185 \cdot L + 0.078 \cdot M$	1.0
$Y = -30.268 + 54.563 \cdot \ln(\text{PPV}) - 0.194 \cdot A + 0.749 \cdot N - 18.035 \cdot H$	1.0	
$Y = -31.677 + 55.167 \cdot \ln(\text{PPV}) - 0.079 \cdot B + 0.763 \cdot N - 19.148 \cdot H$	1.0	
$Y = -36.709 + 55.994 \cdot \ln(\text{PPV}) + 0.591 \cdot C + 0.766 \cdot N - 16.351 \cdot H$	1.0	
$Y = -29.759 + 54.615 \cdot \ln(\text{PPV}) - 0.188 \cdot A + 0.556 \cdot C + 0.718 \cdot N - 18.893 \cdot H$	1.0	
$Y = -31.309 + 55.220 \cdot \ln(\text{PPV}) - 0.075 \cdot B + 0.521 \cdot C + 0.734 \cdot N - 19.826 \cdot H$	1.0	
$Y = -37.47 + 55.983 \cdot \ln(\text{PPV}) + 0.801 \cdot N - 15.357 \cdot H$	1.0	

(Parçacık Hızı (PPV) : mm/sn ; Nem Oranı : % ; Birim Ağırlık : gr/cm³ ; Toplam Porozite : % ; Kohezyon : kg/cm² ; Poisson Oranı : birimsiz ; Elastisite Modülü : GPa ; Schmidt Çekici Sertliği : birimsiz ; Sismik Hız : m/sn)

6.3.3. Kaya Birimlerinin Taşıma Kapasitesine Göre Sınıflandırılması

Çalışılan kaya birimleri, Tablo 6.7, 6.35 ve 6.36'da verilen kaya malzeme ve kütle özellikleri kullanılarak tek eksenli basınç dayanımına (ISRM, 1978), Schmidt çekici sertliğine (ISRM, 1978), Franklin abağına (Franklin vd., 1971), çatlaklı kaya kütlelerinde dayanım diyagramına (Ünal ve Tutluoğlu, 1986) ve jeomekanik kaya kütleleri sınıflama sistemine (RMR) (Bieniawski, 1973) göre değerlendirilmiş ve sağlamlık dereceleri belirlenmiştir (Tablo 6.43). Bu değerlendirme sonuçları, jeoteknik tanımlar, arazi gözlemleri ve taşıma kapasitesi değerleri dikkate alınarak, çalışılan kaya birimlerinin taşıma kapasiteleri tanımlanmıştır (Tablo 6.43).

Bu çalışmaların ışığında, mevcut verilerde dikkate alınarak kaya birimleri için Tablo 6.44'de verilen taşıma kapasitesi sınıfları önerilmiştir. Daha sonra, çalışılan birimlerin taşıma kapasitesi değerleri önerilen taşıma kapasitesi sınıflandırmasına göre değerlendirilmiş ve uyum içerisinde olduğu görülmüştür (Tablo 6.45).

Önerilen taşıma kapasitesi sınıflandırmasının (Tablo 6.44), değişik kaya birimlerinde yapılacak ölçümlerle geliştirilmesinde yarar görülmektedir.

Tablo 6.43. Kaya Birimlerinin Taşıma Kapasitelerinin Tanımlanması

Kaya Birimi	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (kg/cm ²)		Schmidt Çekici Sertliği		Franklin Abağı	Çatlaklı Kaya Kütlelerinde Dayanım Diyagramı	Jeomekanik Kaya Kütleli Sınıflama Sistemi (RMR)		*Sağlamlık Derecesi	Taşıma Kapasitesi (kg/cm ²)	
	Değer	Tanım	Değer	Tanım	Tanım	Tanım	Puan	Tanım	Tanım	Değer	Tanım
Toprak (Yol)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34.89 ± 12.49 (15.10 – 60.30)	DÜŞÜK
Jips	149.33	Düşük dayanımlı	33.60	Az sert	Parçalamak için patlatma	Zayıf kaya	59	Orta kaya	Orta sağlam	63.01 ± 36.91 (23.53 – 149.15)	ORTA
Serpantin	530.93	Orta dayanımlı	49.90	Sert	Gevşetmek için patlatma	Orta sağlam kaya	72	İyi kaya	Sağlam	97.71 ± 33.54 (44.03 – 202.29)	İYİ
Manyetit	786.19	Orta dayanımlı	52.50	Oldukça sert	Parçalamak için patlatma	Sağlam kaya	77	İyi kaya	Sağlam	110.49 ± 39.61 (54.16 – 184.48)	İYİ
Siyenit	1146.87	Yüksek dayanımlı	62.10	Çok sert	Gevşetmek için patlatma	Orta sağlam kaya	64	İyi kaya	Sağlam	115.92 ± 47.82 (53.62 – 224.13)	İYİ
Killi Kireçtaşı	176.64	Düşük dayanımlı	35.80	Az sert	Gevşetmek için patlatma	Zayıf kaya	49	Vasat kaya	Orta sağlam	119.48 ± 45.27 (64.05 – 201.92)	İYİ
Döküm Sahası	-	-	-	-	-	-	-	-	-	130.71 ± 49.40 (66.38 – 207.40)	ÇOK İYİ
Kireçtaşı	347.36	Orta-düşük dayanımlı	56.30	Oldukça sert	Gevşetmek için patlatma	Orta sağlam kaya	64	İyi kaya	Sağlam	148.46 ± 62.66 (68.36 – 302.67)	ÇOK İYİ

* Ceylanoğlu, 1995'de önerilen sağlamlık sınıflaması dikkate alınmıştır (Çok zayıf (A), Zayıf (B), Orta sağlam (C), Sağlam (D), Çok sağlam (E)).

Tablo 6.44. Önerilen Taşıma Kapasitesi Sınıflandırması

Taşıma Kapasitesi (kg/cm ²)	Sınıf
< 40	Düşük
40 – 80	Orta
80 - 120	İyi
> 120	Çok İyi

Tablo 6.45. Kaya Birimlerinin Taşıma Kapasitelerinin Önerilen Sınıflamaya Göre Değerlendirilmesi

Kaya Birimi	Taşıma Kapasitesi (kg/cm ²)	Kaya Biriminin Önerilen Sınıflamaya Göre Tanımı (Önerilen Sınıflamanın Değeri, kg/cm ²)
Toprak (Yol)	34.89	Düşük (< 40)
Jips	63.01	Orta (40 - 80)
Serpantin	97.708	İyi (80 - 120)
Manyetit	110.49	İyi (80 - 120)
Siyenit	115.92	İyi (80 - 120)
Killi Kireçtaşı	119.48	İyi (80 - 120)
Döküm Sahası	130.71	Çok İyi (> 120)
Kireçtaşı	148.46	Çok İyi (> 120)

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında, öncelikle taşıma kapasitesi ile ilgili çeşitli teorik ve deneysel çalışmalar incelenmiştir. Yapılan bu güncel ve ayrıntılı literatür araştırması ışığında kaya birimlerinin taşıma kapasitelerinin belirlenmesine yönelik kontrollü bir plaka yükleme deney düzeneği oluşturulmuştur (Bölüm 4). Daha sonra, bu deney düzeneği kullanılarak, Sivas yöresinde bulunan bazı açık işletmelerde (Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi, Divriği Demir Açık İşletmesi ve Kangal Kömür Açık İşletmesi) yeralan 8 değişik birimin (Torak (yol), jips, manyetit, siyenit, serpantin, kireçtaşı, killi kireçtaşı, döküm sahası) taşıma kapasiteleri belirlenmiştir.

İki yıl süresince çeşitli dönemlerde, araştırmanın amacı doğrultusunda geliştirilen yöntem (Tablo 5.1) dikkate alınarak kapsamlı bir arazi çalışması gerçekleştirilmiştir. Söz konusu birimlerde toplam 96 adet plaka yükleme deneyi yapılmış ve sonuçları değerlendirilerek birimlerin taşıma kapasiteleri belirlenmiştir. Diğer yandan, kaya birimlerinin bazı kütle ve malzeme özellikleri arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda ortaya konulmuştur. Ayrıca kaya birimlerinde sismik ve yer sarsıntısı ölçümleri gerçekleştirilmiş ve sonuçları ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmiştir.

Gerçekleştirilen bu çalışmaların değerlendirilmesiyle elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmektedir.

- i. Çalışılan kaya birimlerinin bazı kütleli özellikleri (renk, ayrışma derecesi, süreksizliklerin konumu, aralığı ve devamlılığı, yüzey pürüzlülüğü vb.) arazi gözlem ve ölçümleri sonucunda ortaya konulmuştur. Ayrıca kaya birimlerinin yerinde Schmidt çekici sertlikleri ve nokta yükleme dayanımları belirlenmiştir (Tablo 6.7).

- ii. Geometrics firması tarafından üretilen 12 kanallı SmartSeis sismograf kullanılarak çalışılan birimlerin sismik hızları (P-dalga) belirlenmiştir (Tablo 6.17).
- iii. Çalışılan birimlerde belirli bir güçle (8 kg'lık balyoz vuruşu) oluşturulan sabit enerjinin yarattığı yer sarsıntıları, dört değişik yönde ve herbir yönde en az altı farklı mesafede Instantel firmasının ürettiği DS-677 titreşim izleme sistemi kullanılarak ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları (Tablo 6.18-6.25) incelendiğinde, dört değişik yönün aynı mesafelerinde ölçülen parçacık hızlarının birbirine yakın olduğu görülmüştür. Bu nedenle, söz konusu birimleri, belirli boyutlarda (mesafelerde) temsil ve karakterize edebileceği düşüncesiyle aynı mesafelerde ölçülen değerlerin (ölçüm yönü dikkate alınarak) ortalaması alınmış ve tüm parçacık hızı bileşenlerinin (Enine : PPVT, Düşey : PPVV, Boyuna : PPVL, Bileşke : PVS ve Maksimum PPV) ortalama değerleri bulunmuştur. Bu ortalama değerler kullanılarak parçacık hızı bileşenleri ve mesafe arasında anlamlı ve oldukça yüksek korelasyonlu ilişkiler (ölçüm yönü dikkate alınarak) geliştirilmiştir (Tablo 6.39). Ancak bazı yönlerde elde edilen korelasyon katsayılarının düşüklüğü parçacık hızlarının ölçüm yönünden de etkilendiklerini göstermiştir (Ek 2). Bu durumun yöne bağlı olarak bazı kaya kütle özelliklerinin (süreksizlik düzlemlerinin konumu ve yapısı) değişiminden kaynaklandığı söylenebilir. Bu nedenle, aynı mesafelerde dört değişik yönde ölçülen değerlerin ortalaması kullanılarak çalışılan tüm birimler için ortalama parçacık hızı bileşenleri ve mesafe arasında ilişkiler araştırılmış ve daha yüksek korelasyon katsayılı ($R^2=0.80-0.99$) ilişkiler elde edilmiştir (Şekil 6.29).
- iv. Sismik hız ve yer sarsıntısı ölçümlerinin yapıldığı lokasyonlarda, Bölüm 4'de açıklanan kontrollü plaka yükleme deney düzeneği kullanılarak iki değişik yönde (basamak aynasına dik ve paralel) oluşturulan hatlar boyunca (2 m aralıklı kare düzeninde) plaka yükleme deneyleri

gerçekleştirilmiştir. Çalışılan her bir kaya biriminde dört değişik plaka çapında (10.95 cm, 14.78 cm, 19.68 cm ve 28.18 cm) ve her plaka çapında üç deney olmak üzere toplam 12 adet plaka yükleme deneyi yapılmıştır. Yük ve deplasman ölçümleri kalibrasyon eğrileri kullanılarak düzeltilmiştir. Düzeltilen yük değerleri, kullanılan plaka yüzey alanına bölünerek ortalama deplasman değerlerine karşılık gelen gerilmeler bulunmuştur. Daha sonra, plaka çapı dikkate alınarak gerilme-deplasman eğrileri çizilmiş ve her bir plaka çapında üç adet olmak üzere toplam 12 adet taşıma kapasitesi değeri belirlenmiştir. Bu değerlerin ortalaması alınarak her bir birimin ortalama taşıma kapasitesi bulunmuştur (Tablo 6.34).

- v. Kaya birimlerinin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri, Uluslararası Kaya Mekaniği Derneği'nin öngördüğü standartlara göre gerçekleştirilen laboratuvar deneyleri sonucunda belirlenmiştir (Tablo 6.35).
- vi. Çalışılan kaya birimleri, arazi ve laboratuvar deney sonuçları kullanılarak bazı önemli malzeme ve kütle sınıflamalarına göre sınıflandırılmış ve sağlamlık dereceleri belirlenmiştir. Bu sınıflandırma çalışmaları, arazi gözlemleri ve taşıma kapasitesi değerleri dikkate alınarak çalışılan birimlerin taşıma kapasiteleri tanımlanmıştır (Tablo 6.43). Bu çalışmaların ışığında, mevcut verilerde dikkate alınarak kaya birimleri için aşağıda verilen taşıma kapasitesi sınıfları önerilmiştir. Çalışılan birimlerin taşıma kapasitesi değerleri ve tanımları önerilen bu sınıflandırma ile uyum içerisindedir (Tablo 6.45).

Taşıma Kapasitesi (kg/cm ²)	Sınıf
< 40	Düşük
40 – 80	Orta
80 - 120	İyi
> 120	Çok İyi

vii. Belirlenen taşıma kapasitesi değerleri ile kaya mekaniği arazi ve laboratuvar deney sonuçları arasında ilişkiler geliştirmek amacı ile basit ve çoklu regresyon analizleri yapılmış ve birçok anlamlı ve yüksek korelasyonlu ilişkiler elde edilmiştir (Tablo 6.37 ve 6.38). Kaya birimlerinin taşıma kapasitelerinin tahmine yönelik geliştirilen bu eşitliklerde, bağımsız değişkenler olarak nem oranı, birim ağırlık, toplam porozite, içsel sürtünme, tek eksenli basınç dayanımı, Shore sertliği, Poisson oranı, elastisite modülü, nokta yükleme dayanımı, Schmidt çekici sertliği, sismik hız, RMR puanı kullanılmıştır.

viii. Çalışılan birimlerin taşıma kapasitesi değerleri ve yer sarsıntısı ölçümlerinin değerlendirme sonuçları arasında ilişkiler geliştirmek amacıyla regresyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizlerinde, gerek literatürde daha çok kullanılması (parçacık hızı tahminlerinde ve hasar kriterlerinde) gerekse parçacık hızı ve mesafe ilişkilerinin daha yüksek korelasyonlu olması nedeniyle değişik mesafeler için belirlenen maksimum parçacık hızı (PPV) değerleri kullanılmıştır (Tablo 6.40 ve Şekil 6.30). Bu analizler sonucunda, taşıma kapasitesi ve maksimum parçacık hızı arasında anlamlı ve beklenildiği gibi mesafe arttıkça korelasyon katsayısının arttığı logaritmik ilişkiler elde edilmiştir (Tablo 6.41 ve Şekil 6.32). Bu ilişkilerde mesafe arttıkça korelasyon katsayısı (R^2) belirgin bir şekilde artmıştır. Bu nedenle, aşağıda verilen ve en yüksek korelasyonun ($R^2=0.97$) elde edildiği ilişkide (Mesafe = 7 m), çalışılan kaya birimlerinin daha iyi temsil ve karakterize edildiğini (Mesafenin ve dolayısıyla dikkate alınan boyutun en büyük olması ve böylece kütle özelliklerini daha çok yansıtması) söylemek mümkündür.

$$Y = 55.658 \cdot \ln(X) + 9.3078 \quad (R^2 = 0.9716)$$

Y : Taşıma kapasitesi (kg/cm^2)

X : Maksimum parçacık hızı (mm/sn)

ix. Elde edilen taşıma kapasitesi ilişkilerini, maksimum parçacık hızı değerlerini (Birimlerin 7 m mesafe için belirlenen maksimum parçacık hızları (Tablo 6.40) kullanarak iyileştirmeye ve geliştirmeye yönelik olarak çoklu regresyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Taşıma kapasitesi ile parçacık hızı ve tüm deney sonuçları arasında çoklu regresyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu regresyon analizleri sonucunda anlamlı ve oldukça yüksek korelasyonlu ilişkiler elde edilmiştir (Tablo 6.42). Bu analizlerin tümünde parçacık hızı sabit bağımsız değişken olarak seçilmiş ve kaya mekaniği arazi veya laboratuvar deney sonuçlarından ise kolay, hızlı ve düşük maliyetle belirlenebilenler sırasıyla bağımsız değişken olarak analize eklenmiştir. Beklenen orantıda (doğru orantılı (+) veya ters orantılı (-)) ilişkilerde yeralan ve korelasyon katsayısını arttıran bağımsız değişkenler (kaya mekaniği arazi ve laboratuvar deney sonuçları) sırasıyla analize eklenerek birçok yolla taşıma kapasitesinin tahmin edilebileceği oldukça yüksek korelasyonlu ($R^2= 0.97-1.0$) ve temel malzeme özelliklerini de içeren anlamlı ilişkiler elde edilmiştir (Tablo 6.42).

Arazi ve laboratuvar çalışmaları ve sonuçlarının değerlendirilmesi ışığında geliştirilen öneriler aşağıda verilmektedir.

i. Açık işletmelerde emniyetli, ekonomik ve verimli birim operasyonlar ancak uygun ekipman seçimi sonucunda mümkün olabilmektedir. Bu nedenle, kazı-yükleme makinalarının ve nakliye araçlarının gerek ekonomiklik gerekse emniyetlilik açısından değerlendirilmesinde, kazı-yükleme makinalarının çalışma sahalarının ve nakliye araçlarının taşıma yollarının ve döküm sahalarının zemin taşıma kapasiteleri mutlaka dikkate alınmalıdır. Taşıma kapasitesinin belirlenmesi ile işletmelere alınacak yada mevcut kazı-yükleme makinalarının zemine batma

sorunlarının olup olmayacağı ve yine alınacak yada mevcut nakliye araçlarının yapılacak ve/veya yapılmış yollarda çalışıp çalışamayacağı ortaya konulabilir.

- ii. Plaka yükleme deneylerinde daha büyük plaka çapı kullanımı, birimlerin daha iyi temsil ve karakterize edilmesini sağlayabilecektir ancak bu durumda özellikle açık işletmelerde daha ağır sabitleyici yada ek düzenek gerekebileceği dikkate alınmalıdır.
- iii. Kaya birimleri için önerilen taşıma kapasitesi sınıflandırmasının, değişik kaya birimlerinde yapılacak ölçümlerle geliştirilmesinde büyük yarar görülmektedir.
- iv. Taşıma kapasitesi ve maksimum parçacık hızı arasında elde edilen ilişkiler diğer titreşim parametreleri de (ivme, deplasman, frekans, dalga boyu) dikkate alınarak geliştirilmelidir.

KAYNAKLAR

Anonim, 1987; “Standart Method for Bearing Capacity of Soil for Static Load and Spread Footings”, Vol. 04.08, Annual Book of ASTM Standarts (D. 1194-72), Philadelphia.

Anonim, 1988a; “İnşaat Mühendisliğinde Temel Zemini Özelliklerinin Yerinde Ölçümü”, TS 5744/Nisan 1988, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 33 s.

Anonim, 1988b; “Plaka Yükleme Deneyi Normu, Mühendislik Hizmetleri Normları”, EİE Norm No : EİE-122, Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü, Ankara, 17 s.

Anonim, 1994; “Caterpillar Performance Handbook”, Construction & Mining Trucks, 9. Edition.

Anonim, 2004; “İstatistiksel Analiz Paket Programı, SPSS V13.0”, SPSS Inc., USA.

Aytekin, M., 2004; “Deneysel Zemin Mekaniği”, Teknik Yayınevi, Ankara, s. 483-559.

Bieniawski, Z.T., 1973; “Engineering Classification of Jointed Rock Masses”, Trans. S. Aft. Inst. Civ. Eng., 15, pp. 335-344.

Bieniawski, Z.T., 1989; “Engineering Rock Mass Classification”, Pennsylvania, USA, 237 p.

Capper, P.L., Cassie, W.F., 1984; “İnşaat Mühendisliğinde Zemin Mekaniği”, Çeviri: Kumbasar, V., Kip, F., Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 349 s.

Ceylanoğlu, A., 1995; “Sivas-Ulaş Yöresi Sölestit Cevheri ve Yankayaçlarının Bazı Malzeme/Kütle Özelliklerinin Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi”, TMMOB Madencilik Dergisi, Cilt 34, Sayı 4, s.11-19.

Ceylanoğlu, A., Görgülü, K., Kahriman, A., 1993; “Standart Kaya Mekaniki Deneyleri Verilerinin Değerlendirilmesi İçin Bir Bilgisayar Programı”, Uluslararası Bilgisayar Uygulamaları Sempozyumu, Konya, s.249-259.

Das, B. M., 1999; “Shallow Foundations : Bearing Capacity and Settlement”, CRC Pres LLC, Sacramento, California, 116 s.

El Naqa, A., 2004; “A Comparative Review in Regards to Estimating Bearing Capacity in Jointed Rock Masses in Northeast Jordan”, Bulletin of Engineering Geology and the Environment, The Official Journal of the IAEG, 10 p .

Franklin, J.A., Broch, E., Walton, G., 1971; “Logging the Mechanical Character of Rock”, Trans. Inst. of Mining and Metallurgy, Vol. 80, pp. 1-9.

Geometrics, Inc., 2000; “SmartSeis Operating Manual”, USA, 126 p.

Gökay, K., 1988; “Bearing Capacity Analysis of Layered Rock for An Underground Mine” Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Ankara, 135 s.

Gökay, M.K., 2001; “Plaka Yükleme Deneyi ve Killi Kireçtaşlarından Elde Edilen Tecrübelerin İncelenmesi”, Yerbilimleri Açısından Konya Sempozyumu, Selçuk Üniversitesi, Konya, s. 21.

Harbiyeli, S., 1992; "Plaka Yükleme Deneyi ile Laboratuar Deneylerinden Bulunan Emin Taşıma Gücünün Karşılaştırılması Üzerine Bir Araştırma", Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, 99 s.

Hoek, E., Kaiser, P.K., and Bawden, W.F., 1995; "Support of underground Excavations in Hard Rock", Balkema, Rotterdam, 214 p.

Instantel Inc., 1993; "Blastmate Series II User Manual", Kanada, 59 p.

ISRM, 1978; "Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses", Int. J. Rock. Mech. and Min. Sci., Vol. 15, pp. 319-368.

ISRM, 1981; "Rock Characterization Testing and Monitoring, ISRM Suggested Methods", E.T. Brown (Ed.), International Society for Rock Mechanics, 211 p.

Keçeli, A., 1990; "Sismik Yöntemlerle Müsaade Edilebilir Dinamik Zemin Taşıma Kapasitesi ve Oturmasının Saptanması", Jeofizik Dergisi, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Yayını, Cilt 4, Sayı 2, s. 83-92.

Keçeli, A., 1995; "Sismik Yöntemle Elde Edilen Mühendislik Parametreleri Üzerine", Jeofizik Dergisi, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Yayını, Cilt 9, Sayı 1-2, s. 177-180.

Keçeli, A., 2000; "Sismik Yöntemle Kabul Edilebilir veya Emniyetli Taşıma Kapasitesi Saptanması", Jeofizik Dergisi, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Yayını, Cilt 14, s. 61-72.

Özüdoğru, K., Tan, O., Aksoy, İ.H., 1988; “Çözümlü Problemlerle Zemin Mekaniği”, Birsen Yayınevi, İstanbul, 159 s.

Paşamehmetoğlu, G., Özgenoğlu, A., Karpuz, C., Sarı, D., Sel, İ., 1991; “Keles Linyit İşletmesi Şev Stabilitesi Çalışmaları”, ODTÜ, Ankara, Nihai Rapor, 77 s.

Şekercioğlu, E., 2002; “Yapıların Projelendirilmesinde Mühendislik Jeolojisi”, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, 280 s.

Tunç, A., 2002; “Yol Mühendisliğinde Geoteknik ve Uygulamaları”, Atlas Yayınları, İstanbul, 906 s.

Ulusay, R., Sönmez, H., 2002; “Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri”, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları: 60, s. 215-222.

Ünal, E., Tutluoğlu, L., 1986; “Kaya Mekaniği İlkeleri”, ODTÜ, Ankara, 223 s.

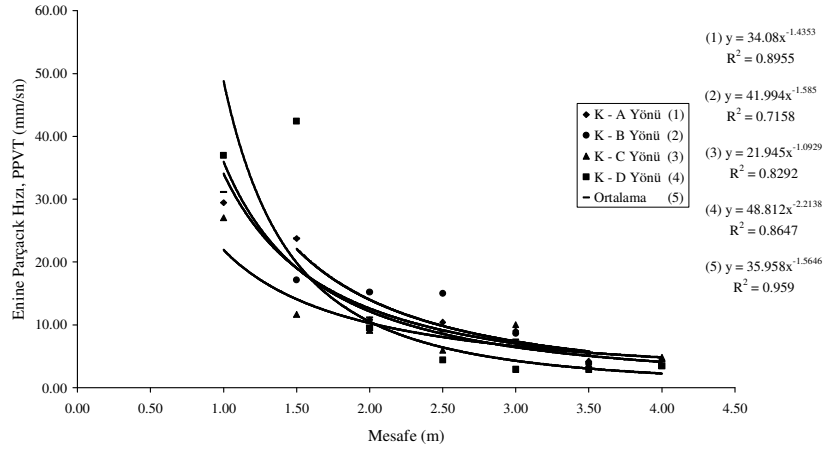
Wyllie, D.C., 1992; “Foundations on Rock”, E&FN Spon, 333 p.

EK - 1

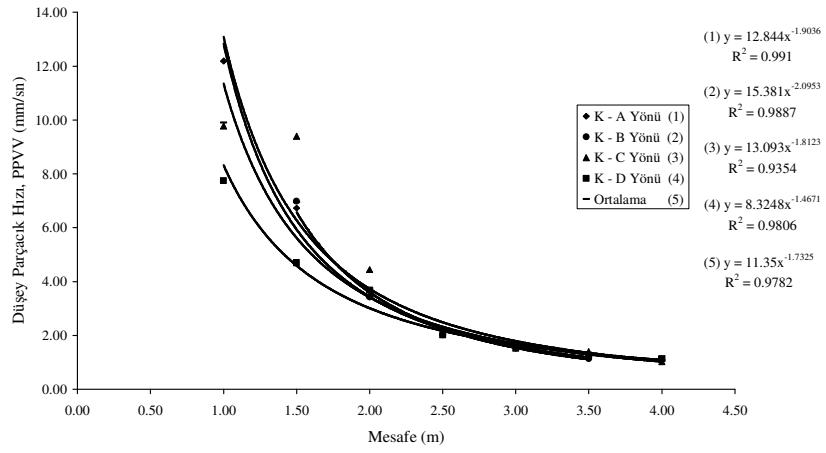
PLAKA YÜKLEME DENEY VERİLERİ

EK - 2

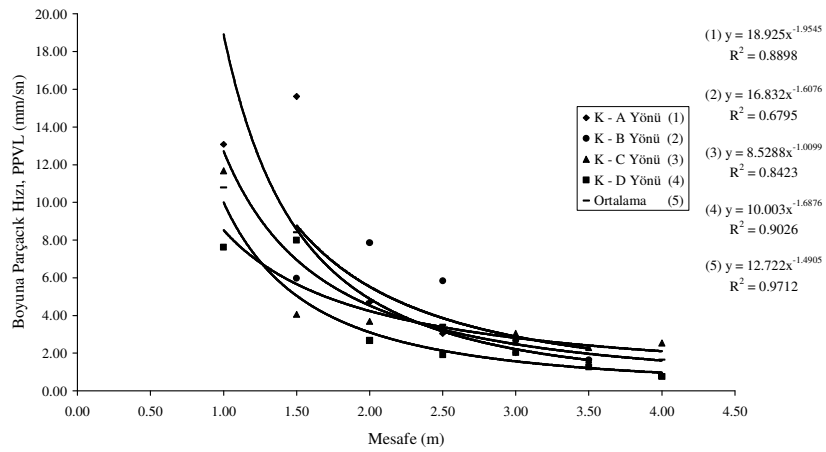
PARÇACIK HIZI BİLEŞENLERİ VE MESAFE ARASINDAKİ İLİŞKİLER



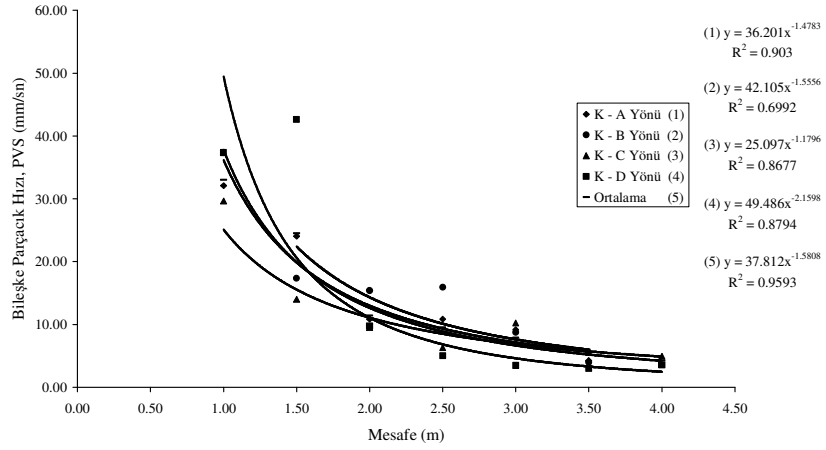
a. Enine parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler



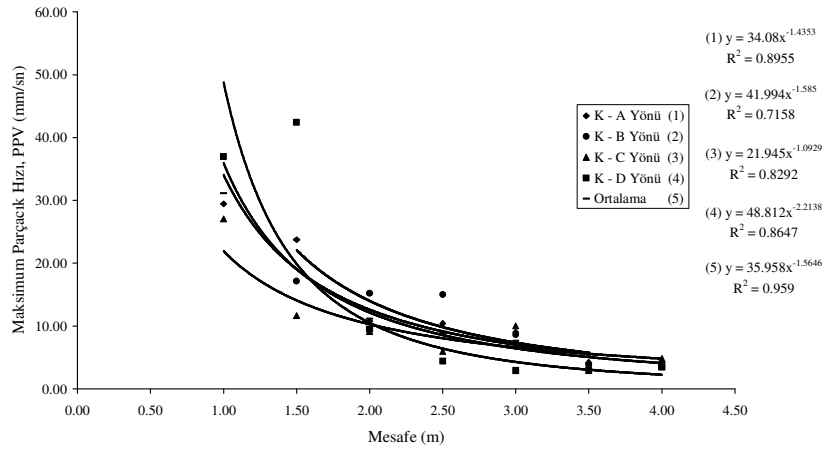
b. Düşey parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler



c. Boyuna parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler

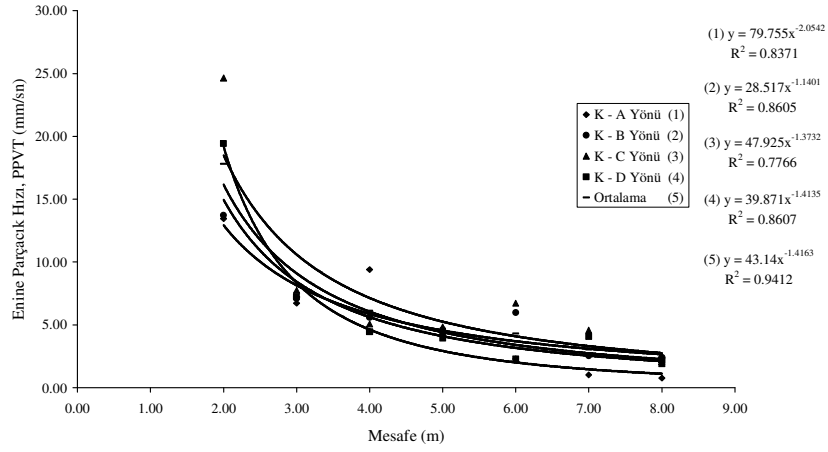


d. Bileşke parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler

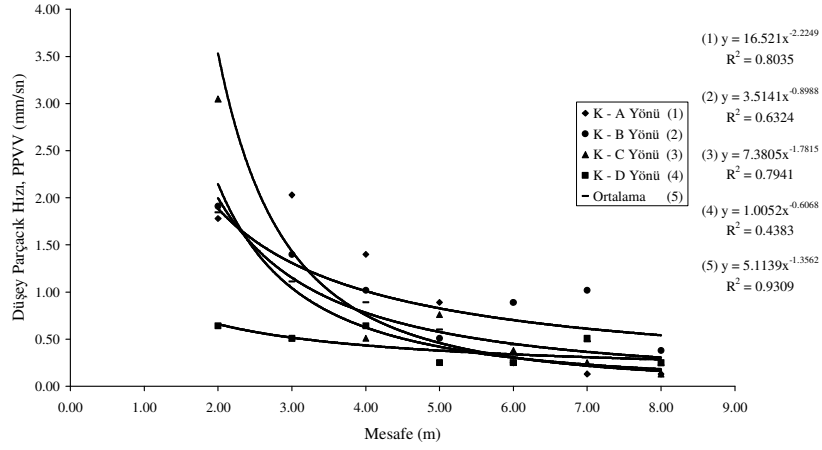


e. Maksimum parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler

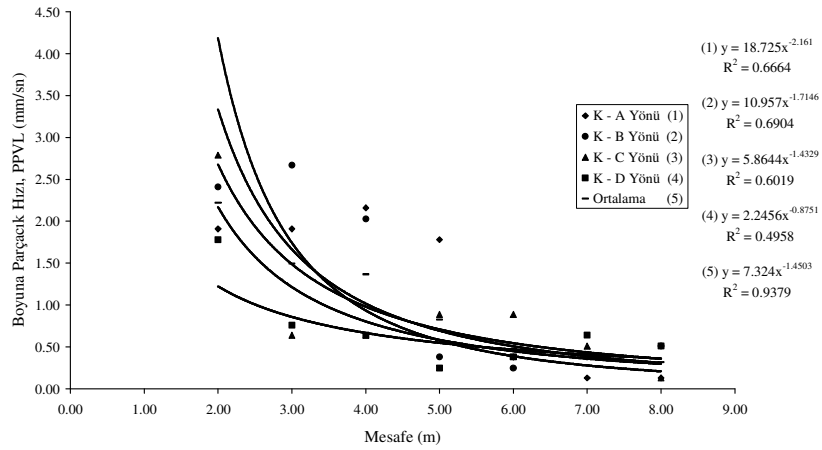
Şekil 1. Parçacık hızı bileşenleri ve mesafe arasındaki ilişkiler (Toprak (Yol), Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi)



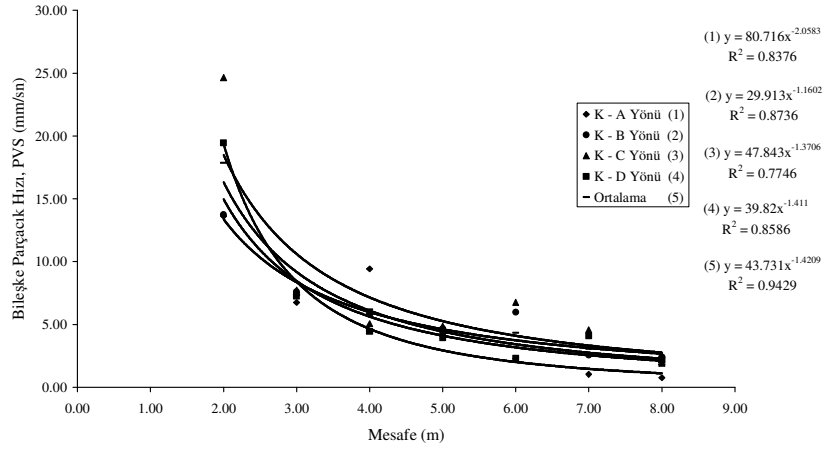
a. Enine parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler



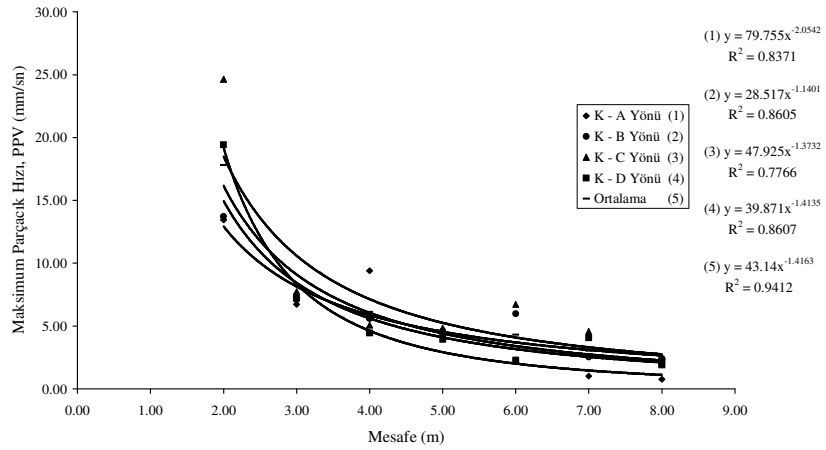
b. Düşey parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler



c. Boyuna parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler

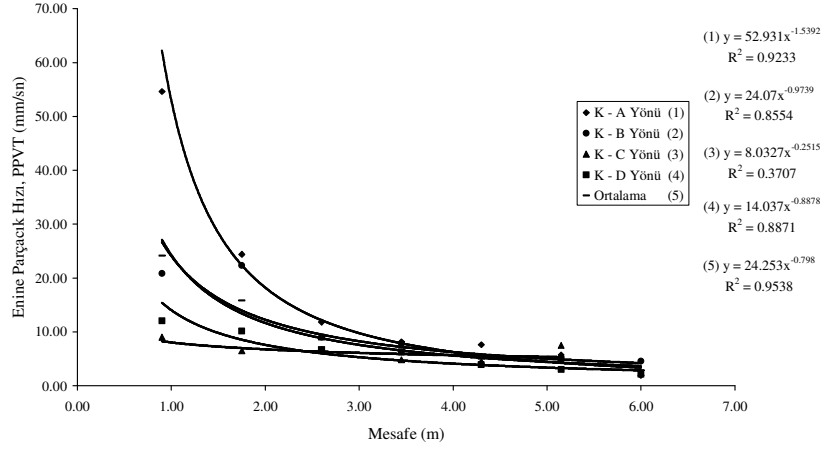


d. Bileşke parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler

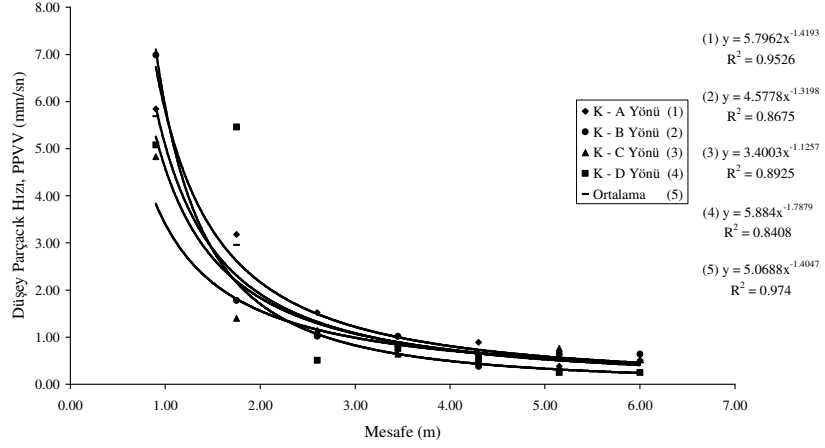


e. Maksimum parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler

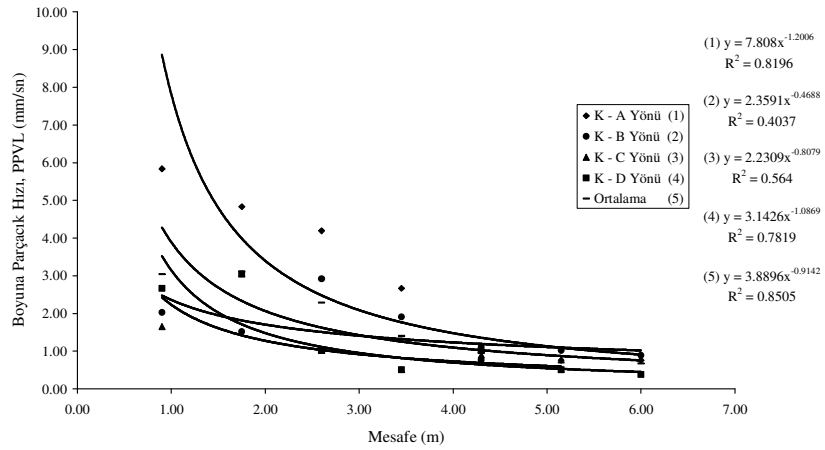
Şekil 2. Parçacık hızı bileşenleri ve mesafe arasındaki ilişkiler (Jips, Barit Maden Sölestit Açık İşletmesi)



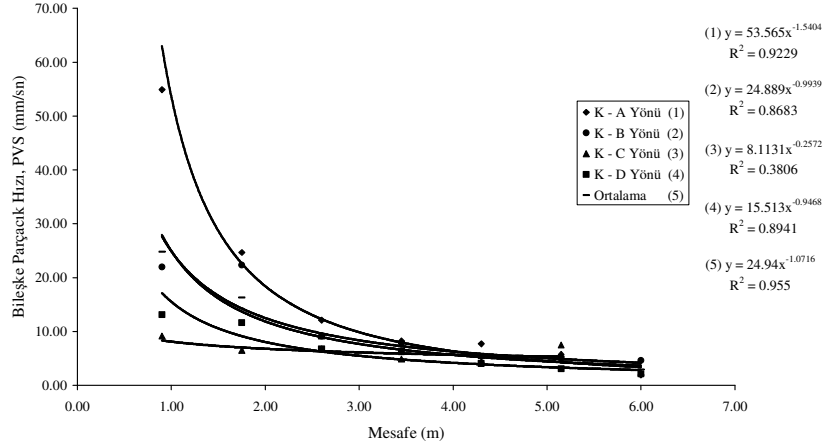
a. Enine parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler



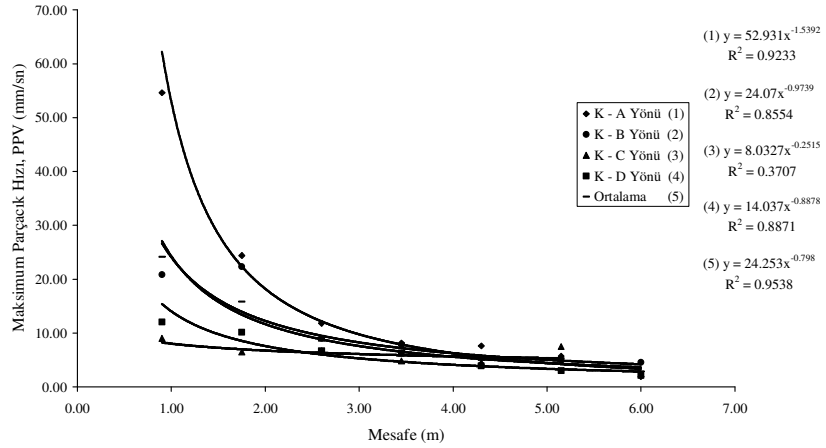
b. Düşey parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler



c. Boyuna parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler

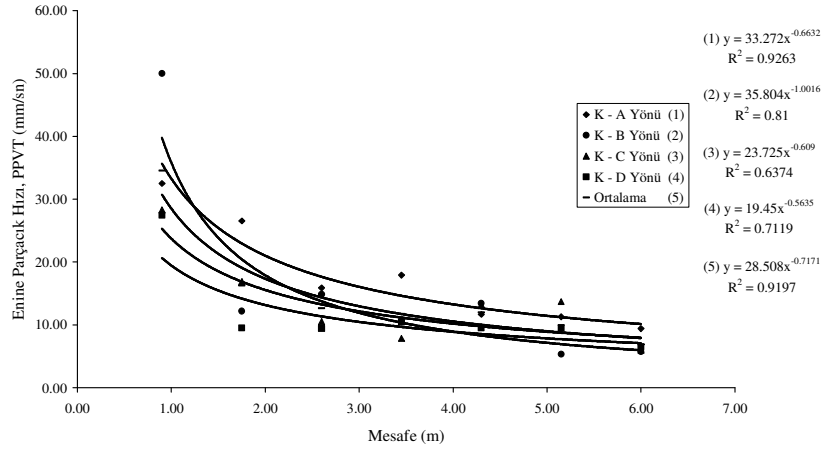


d. Bileşke parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler

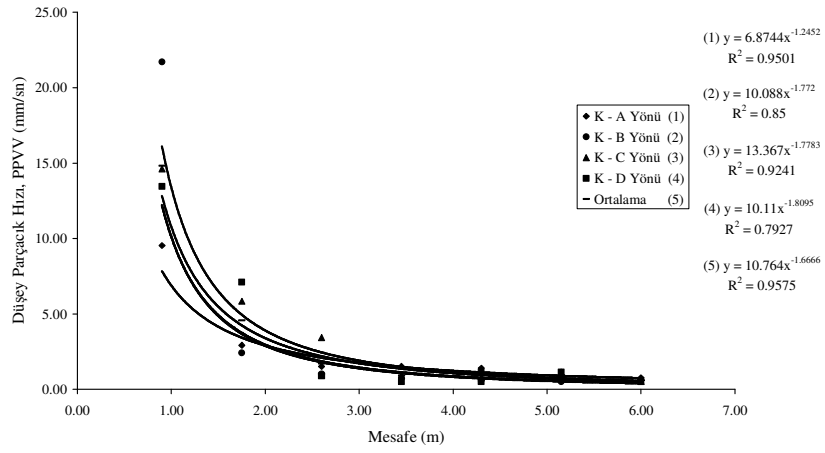


e. Maksimum parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler

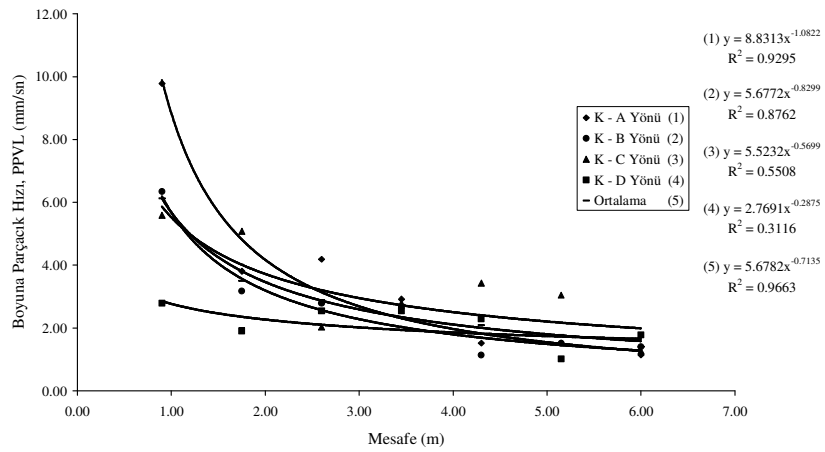
Şekil 3. Parçacık hızı bileşenleri ve mesafe arasındaki ilişkiler
(Manyetit, Divriği Demir Açık İşletmesi)



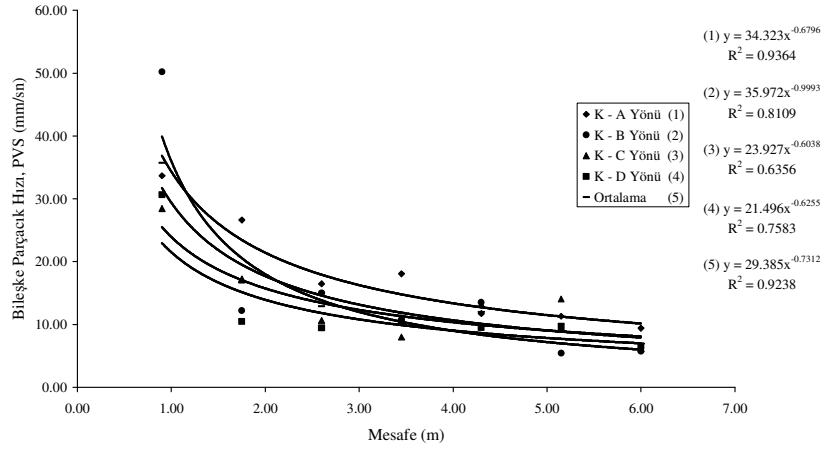
a. Enine parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler



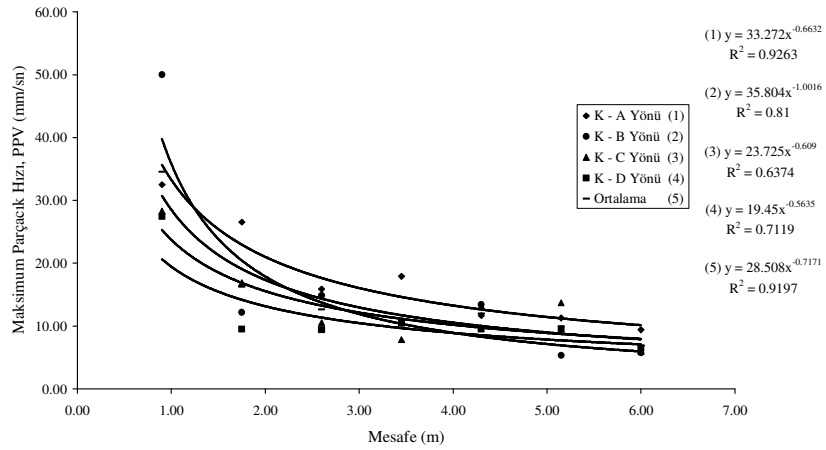
b. Düşey parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler



c. Boyuna parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler

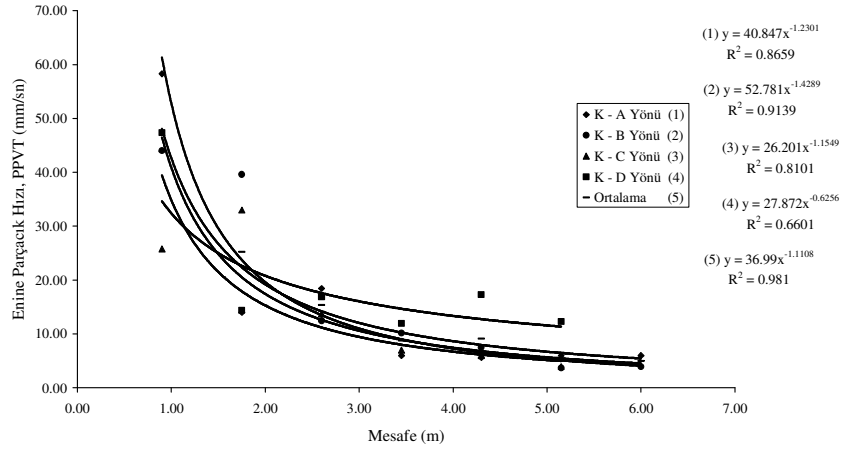


d. Bileşke parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler

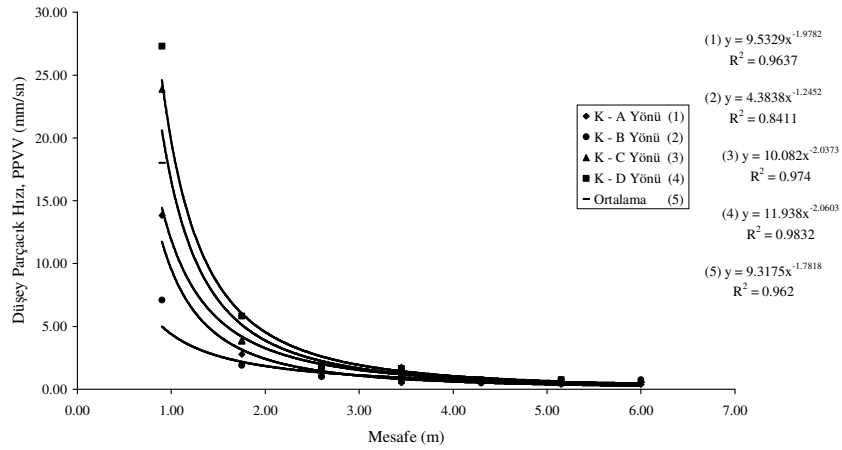


e. Maksimum parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler

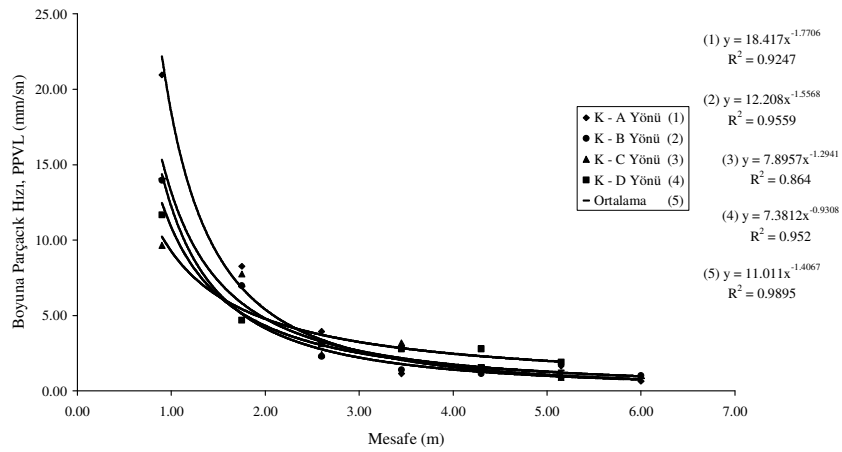
Şekil 4. Parçacık hızı bileşenleri ve mesafe arasındaki ilişkiler (Siyenit, Divriği Demir Açık İşletmesi)



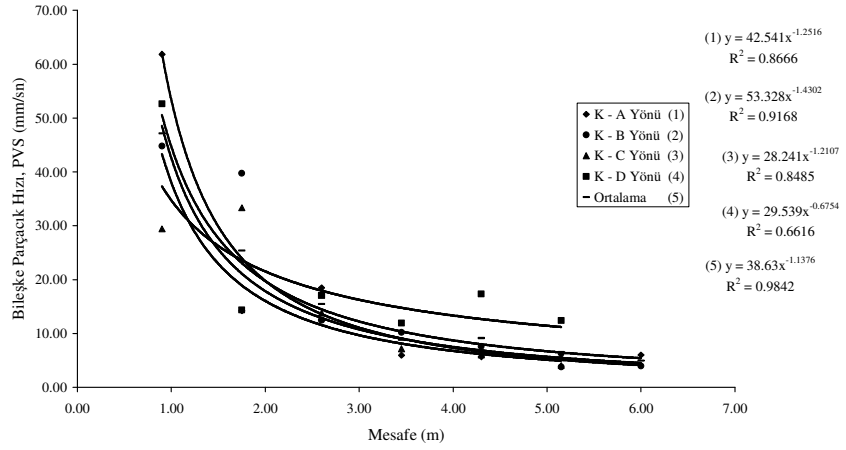
a. Enine parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler



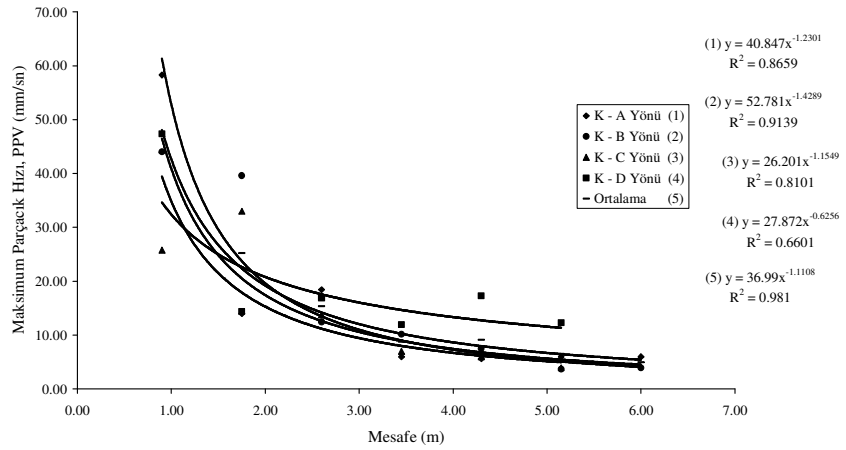
b. Düşey parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler



c. Boyuna parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler

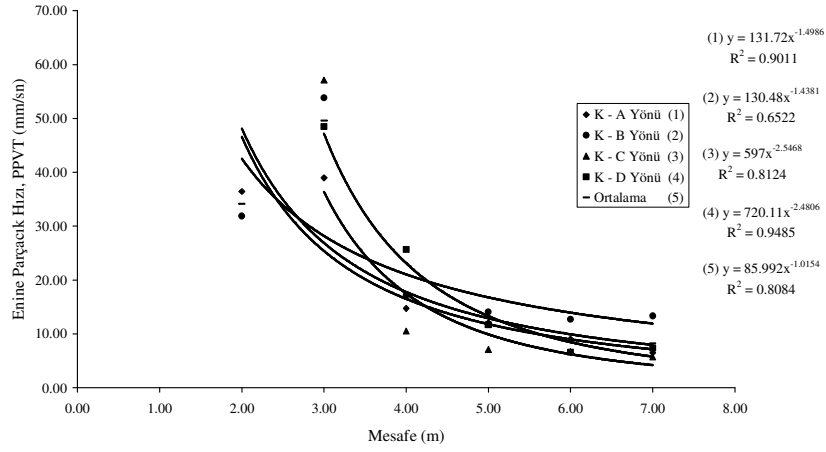


d. Bileşke parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler

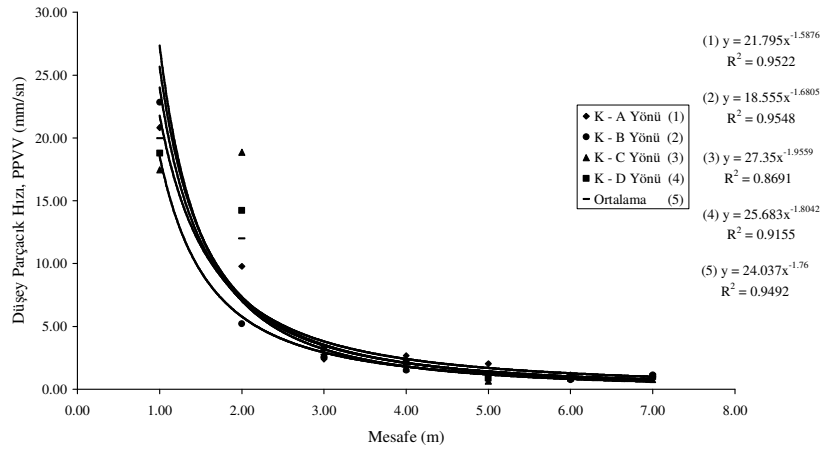


e. Maksimum parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler

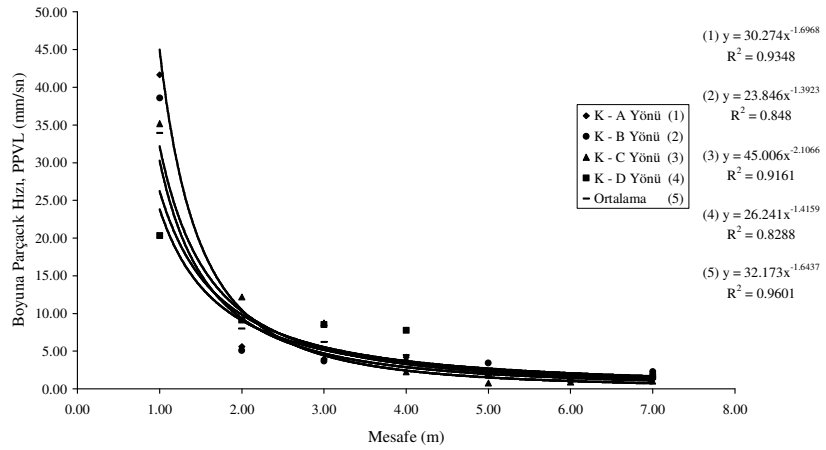
Şekil 5. Parçacık hızı bileşenleri ve mesafe arasındaki ilişkiler (Serpantin, Divriği Demir Açık İşletmesi)



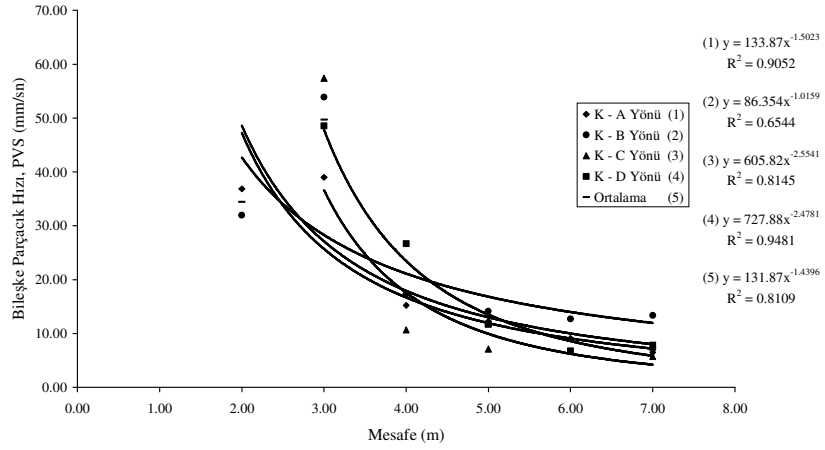
a. Enine parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler



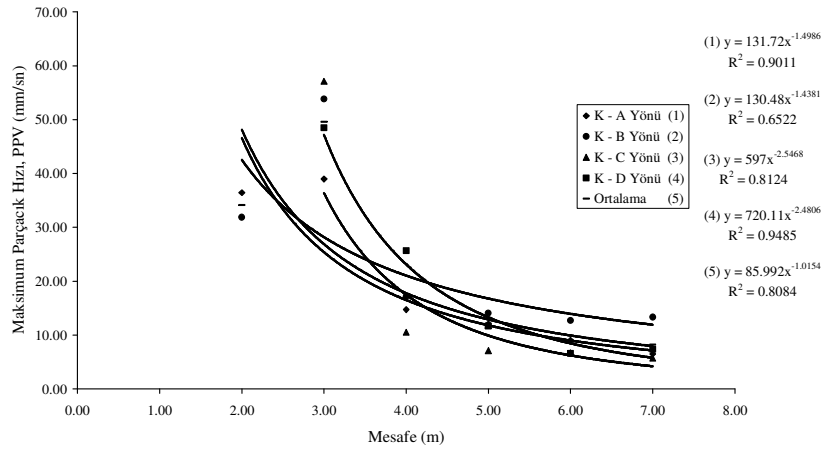
b. Düşey parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler



c. Boyuna parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler

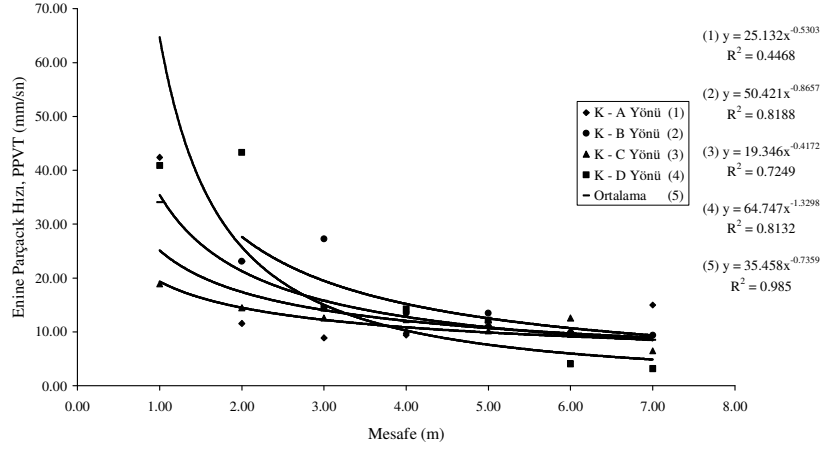


d. Bileşke parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler

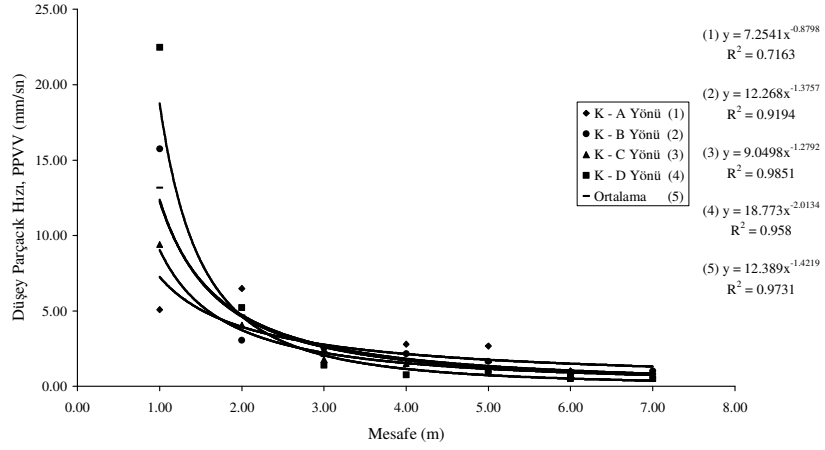


e. Maksimum parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler

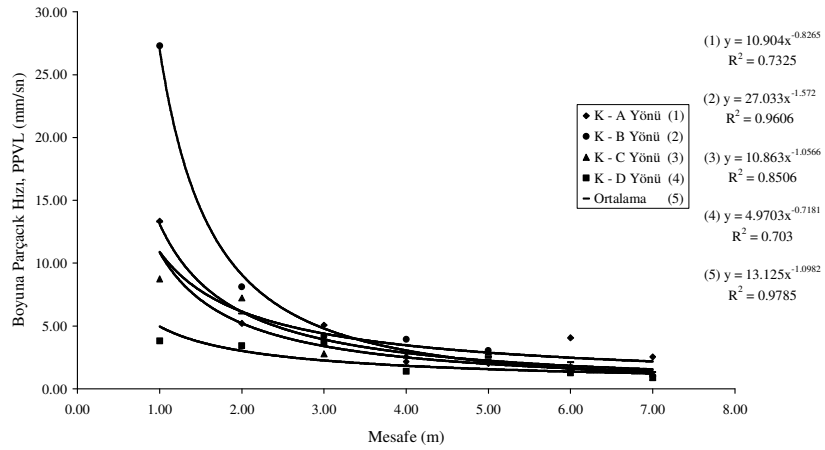
Şekil 6. Parçacık hızı bileşenleri ve mesafe arasındaki ilişkiler
(Kireçtaşı, Kangal Kömür Açık İşletmesi)



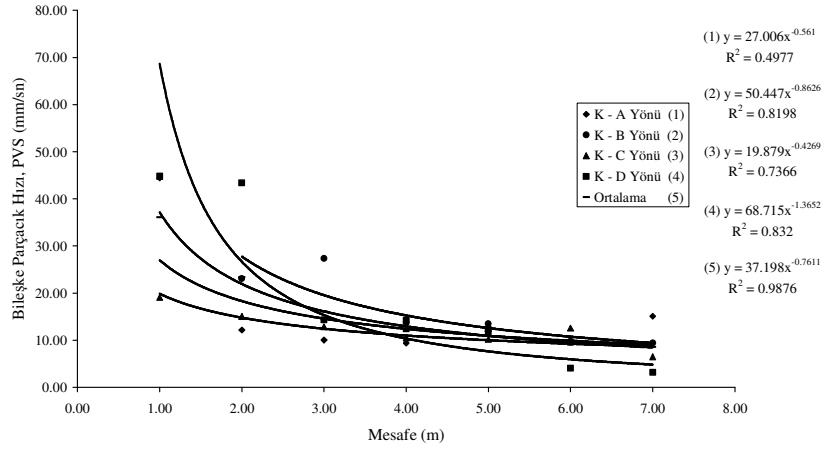
a. Enine parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler



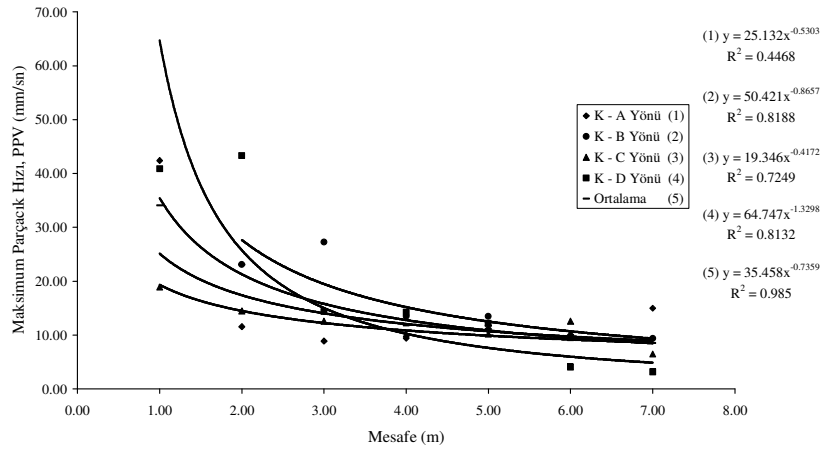
b. Düşey parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler



c. Boyuna parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler

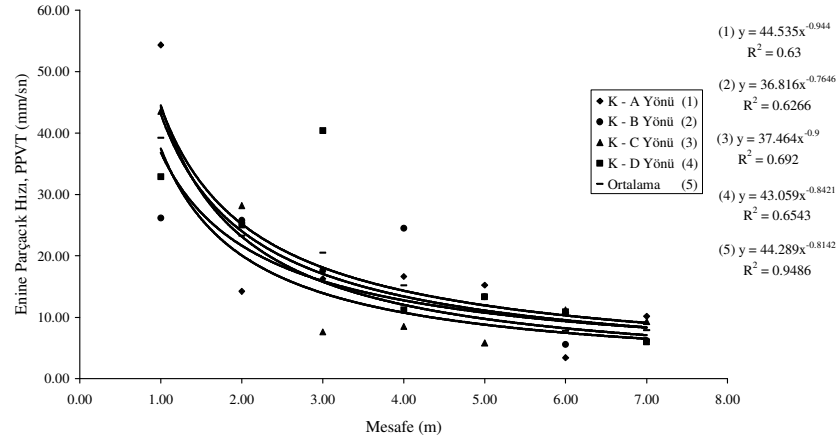


d. Bileşke parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler

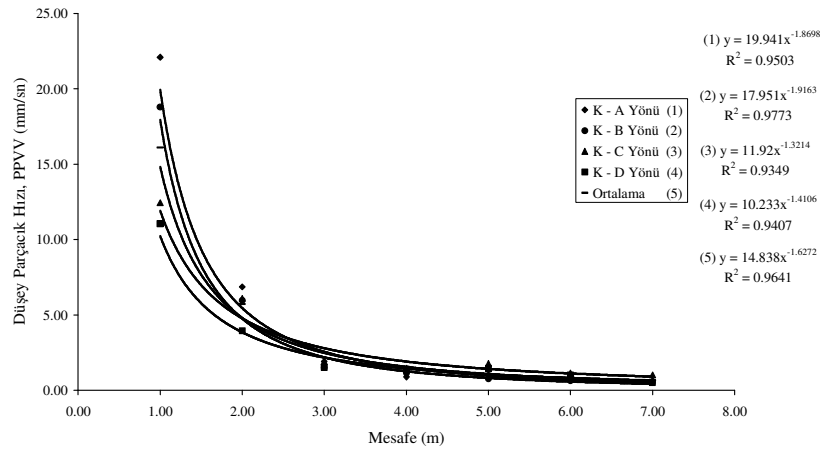


e. Maksimum parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler

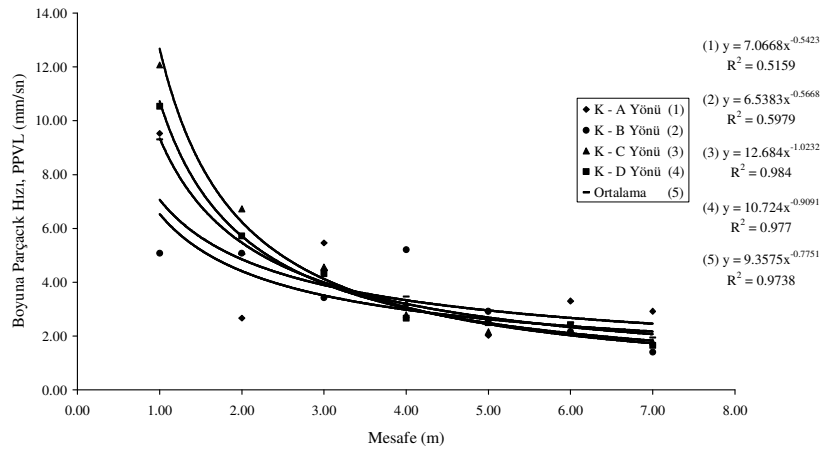
Şekil 7. Parçacık hızı bileşenleri ve mesafe arasındaki ilişkiler (Killi Kireçtaşı, Kangal Kömür Açık İşletmesi)



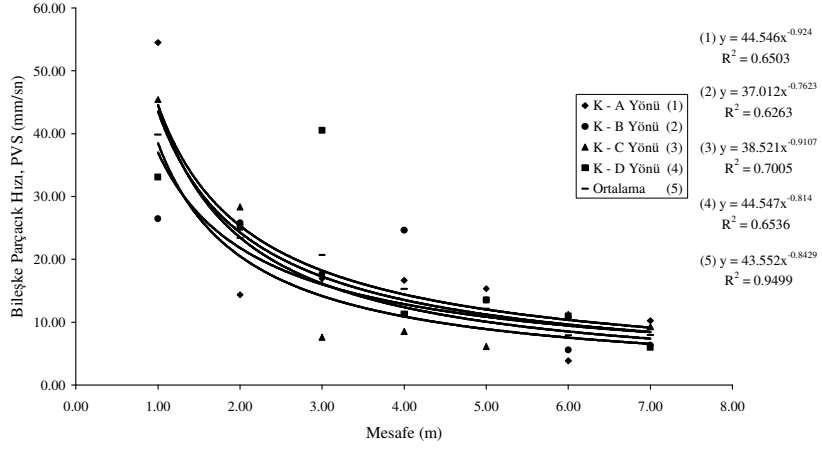
a. Enine parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler



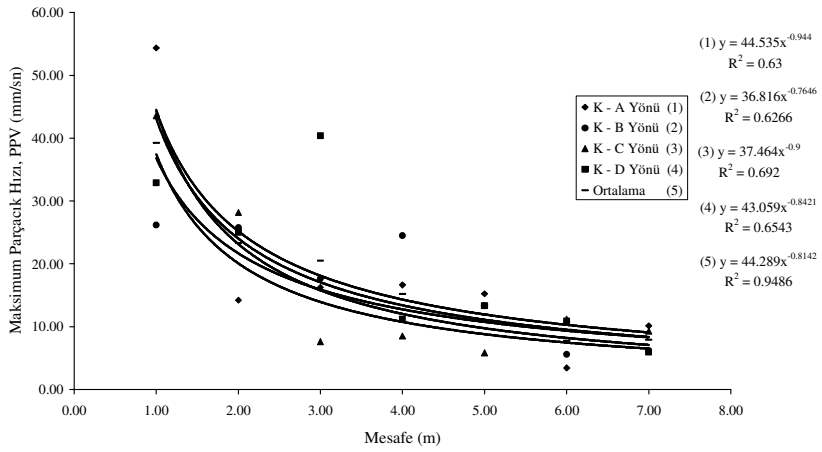
b. Düşey parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler



c. Boyuna parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler



d. Bileşke parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler



e. Maksimum parçacık hızı ve mesafe arasındaki ilişkiler

Şekil 8. Parçacık hızı bileşenleri ve mesafe arasındaki ilişkiler (Döküm Sahası, Kangal Kömür Açık İşletmesi)

ÖZGEÇMİŞ

Yavuz GÜL 1973 yılında Sivas'ta doğdu. İlk ve orta öğretimini Sivas'ta tamamladı. 1994 yılında Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 1998 yılında C.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimini tamamladı. 1996 yılından bugüne kadar C.Ü. Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak çalıştı ve halen bu görevini sürdürmektedir. Maden İşletme Anabilim Dalı ile ilgili 4 değişik proje çalışmasında görev aldı. Yayınlanmış 1 adet makale ve 4 adet bildirisi vardır. Evli ve bir çocuk babasıdır. İngilizce bilmektedir.