

4-3-1996

W 625

55625

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YANAL BASINÇLARIN KESKİLERİN KESME PERFORMANSINA OLAN
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mad. Müh. İsmail BİLGE

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 15 Ocak 1996

Tezin Savunulduğu Tarih : 30 Ocak 1996

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Nuh BİLGİN

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Şinasi ESKİKAYA

Doç. Dr. Sina YAZICI

Y.Ö. 1996 YERLİTİM KURUMU
DOĞUMANTASYON BİLGİLERİ

OCAK 1996

ÖNSÖZ

Yanal Basınçların Keskilerin Kesme Performansına Olan Etkilerinin Araştırılması adlı tez çalışması İTÜ Maden Fakültesi Maden Makinaları Laboratuvarında NATO TU-Excavation Projesi çerçevesinde yürütülmüştür.

Bana bu konuda çalışma imkanı sağlayan, maddi manevi yardımları ile beni destekleyen sayın hocam Prof. Dr. Nuh BİLGİN' e teşekkürü bir borç bilirim.

Laboratuvarda araştırmayı sürdürme imkanı veren Maden Mekanizasyonu ve Teknolojisi Anabilim Dalı Başkanı Sayın Prof. Dr. Şinasi ESKİKAYA 'ya teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca bilgilerine başvurduğum sayın hocalarım Prof. Dr. Erkin NASUF, Doç. Dr. Sina YAZICI' ya teşekkür ederim.

Deney numunelerinin hazırlanmasında yardımcı olan Araş. Gör. Zekai TUNCEL, sonuçları değerlendirebilmem için, bilgisayar programları konusunda yardımlarını esirgemeyen Araş. Gör. Ömür ACAROĞLU, Yük. Müh. Turgay DİNÇER ve laboratuvarda her türlü ihtiyacımızı karşılayan Teknisyen Cevat YAŞAR 'a ayrıca teşekkür ederim .

Deneyleri birlikte yaptığımız arkadaşlarım Maden Müh. Cemal BALCI ve Maden Müh. Hakan TUNÇDEMİR'e teşekkür ederim.

Öğrenimi hayatım boyunca benim için hiç bir fedakarlıktan kaçınmayan saygıdeğer aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

15.01.1996

İsmail BİLGE

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

NOTASYON LİSTESİ	V
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VI
TABLolar LİSTESİ	VII
ÖZET	VIII
SUMMARY.....	IX
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
BÖLÜM 2 AMAÇ.....	3
BÖLÜM 3.ARAZİ GERİLMELERİNİN İNCELENMESİ.....	4
3.1. Gerilmelerin Sınıflandırılması.....	4
3.1.1. Doğal (İlkel) Gerilmeler.....	4
3.1.2. İkincil (Sekonder) Gerilmeler.....	5
3.1.3. Üçüncül (Tersiyer) Gerilmeler.....	7
3.2. Gerilme Dağılıklarının İncelenmesi.....	7
3.2.1. Elastik Ortamda Teorik Gerilme Dağılışı.....	7
3.2.2. İn-Situ Ölçmelerde Gerilme Dağılışı.....	10
3.2.3. Elastik Ortamda Dairesel Açıklık Etrafında Gerilme Dağılışı.....	14
3.2.4. Elastik Ortamda Kare Kesitli Galeri Etrafında Gerilme Dağılışı.....	18
BÖLÜM 4. DENEYDE KULLANILAN MAKİNALAR VE DENEY DÜZENİĞİ.....	20
4 .1. Planya Makinası.....	20
4.2. Dinamometrenin Tanıtılması.....	21
4.3. Charge (Yük) Amplifikatörü.....	23
4.4. Kullanılan Bilgisayar Programları ve Makinaları.....	24
BÖLÜM 5.NUMUNE ÖZELLİKLERİ VE HAZIRLANIŞI.....	30
5.1. Alçının Özellikleri.....	30
5.2. Numunelerin Hazırlanışı.....	31
BÖLÜM 6.DENEY.ŞARTLARININ VE SONUÇLARIN İRDELENMESİ.....	33
6.2. Giriş	33

6.1. Deney Şartları ve Uygulanışı.....	33
6.2. Deney Sonuçlarının İrdelenmesi.....	35
SONUÇLAR.....	44
KAYNAKLAR.....	46
EKLER.....	48
ÖZGEÇMİŞ.....	99



NOTASYON LİSTESİ

FC Ortalama kesme kuvveti, kN. Keski ucuna, kesme yönünde gelen kuvvetlerin ortalamasıdır.

FN Ortalama normal kuvveti, kN. Keski ucuna, kesme yönüne dik gelen kuvvetlerin ortalamasıdır.

FS Ortalama yanal kuvveti, kN. Keski ucuna, kesme yönünde yanal gelen kuvvetlerin ortalamasıdır.

Q Birim kesme uzunluğunda açığa çıkan pasa hacmi, m^3/km .

SE Birim hacimdeki kayacı kesmek için gerekli olan enerji, MJ/m^3 . Spesifik enerji FC/Q olarak hesap edilir.

Yanal Basınç Numuneye hidrolik piston vasıtasıyla kesme yönüne dik yüzeyden uygulanan basınç, kg/cm^2 .

w Keski genişliği, mm

s Keskiller arası mesafe, mm

d Kesme derinliği, mm

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
ŞEKİL :3.1 İlk, İkincil, Tersiyer Gerilmeler	4
ŞEKİL :3.2 Yeraltında Herhangi Bir Noktada Gerilmeler	8
ŞEKİL :3.3 Gerilmelerin Derinlikle Değişimi	10
ŞEKİL :3.4 Düşey Gerilmelerin Yerde Ölçüm Değerleri	11
ŞEKİL :3.5 Herget tarafından Kanada şildlerinde toplanan yerde ölçüm değerleri	12
ŞEKİL :3.6 Ortalama Yatay Gerilme/Düşey Gerilme Oranının Derinlikle İlişkisi	13
ŞEKİL :3.7 Elastik Bir Ortamdaki Dairesel Açıklık Etrafında Gerilmeler	14
ŞEKİL :3.8 Dairesel Bir Açıklık Etrafında Gerilme Dağılımları	16
ŞEKİL :3.9 Dairesel Açıklık Etrafındaki Teğetsel Gerilme Dağılışı	17
ŞEKİL :3.10 Dairesel Galeride Çevresinde Maksimum Kesme Gerilmesi	17
ŞEKİL :3.11 Dikdörtgen Kesitli Bir Galeride Gerilmelerin Yayılışı	19
ŞEKİL :4.1 Planyanın Genel Görünüşü	20
ŞEKİL :4.2 Dinamometrenin Genel Görünüşü	21
ŞEKİL :4.3 Dinamometrenin Boyutları	22
ŞEKİL :4.4 Charge (Yük) Amplifikatörü	24
ŞEKİL :4.5 Deneylerde Kullanılan Makinaların Kullanım Sırasına Göre Gösterimi.	29
ŞEKİL :5.1 Alçı Bloklarının Hazırlanmış Kalıpları.	32
ŞEKİL :5.2 Alçının Basınç Dayanımının Ölçüldüğü Makina	32
ŞEKİL :6.1 Kesme Deneyine Hazırlanmış Numune	34
ŞEKİL :6.2 Kesme Deneyinden Çıkan Pasanın Tartılması	36
ŞEKİL :6.3 Spesifik Enerji ile s/d oranının Basınçlarla Değişimi	39
ŞEKİL :6.4 Spesifik Enerjinin Yanal Basınçla Değişimi	40
ŞEKİL :6.5 Yanal Basınçların Birim Uzunlukta Kesilen Alçı Hacmi İle İlişkisi	42
ŞEKİL :6.6 Kesme Kuvvetinin Yanal Basınçla Değişimi.	43
ŞEKİL :6.7 Normal Kuvvetin Yanal Basınçla Değişimi	43

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo :4.1	Alçının Fiziksel, Kimyasal ve Mekanik Özellikleri	30
Tablo :5.1	Yapılan Deneylerin Numaraları ve Sonuçlarının Ortalamaları	38



ÖZET

Yeraltında kesici uçlar ile kazı yapan makinalarda, makinanın performansını tayin eden çeşitli faktörler vardır. Bu tez çalışmasında keskiler üzerinde yanıl basınçların, keskiye gelen kuvvetler açısından, kesici kafa dizaynında gözönüne alınması gereken s/d oranı açısından ve birim hacımdaki kayacı kesmek için gerekli enerji açısından nasıl etkili olduğu üzerinde durulmuştur.

Genel olarak arazi gerilmeleri tanıtılarak bunların sınıflaması yapıldıktan sonra arazi gerilmelerini hesaplamanın yöntemlerinden bahsedilmiştir. Ayrıca araştırmacıların in-situ ölçmelerden yatay gerilmelerin derinliğe ve düşey gerilmelere göre nasıl değıştiğine dair elde ettikleri sonuçlara yer verilmiştir.

Laboratuvarda gerçekleştirilecek deneylerde kullanılması uygun görülen makinalar ve bilgisayar programları ayrıntılı olarak tanıtılmıştır. Deneylerin yapılmış olduğu pilot kazı seti Uluslararası Kaya Mekanîği Cemiyetinin kabul etmiş olduğu standartlara uygundur. Deneylerde alçıdan yapılmış 15*15*30 cm boyutlarında bloklar kullanıldığından bölüm 5'te bunların nasıl hazırlandıkları ve özellikleri açıklanmıştır.

12.5 mm genişliğinde kama uçlu tungsten karbit keski kullanılarak yapılan 87 deneyin sonuçlarının ortalaması bir tablo şeklinde verilmiştir. Burada verilen yanıl basınçlar piston tarafından uygulanan yanıl basıncın, piston yüzey alanına ve alçı numunesinin pistonla temasta olan yüzey alanına bölünmesiyle bulunan gerçek değerleridir.

Planyaya monte edilmiş kama uçlu keski alçı numunesi üzerinde bir gidiş-dönüşü tamamlayarak kesme işini gerçekleştirmektedir. Buradan dinamometre ile okunan kuvvetler, ölçülen uzunluk ve pasa hacimleri yanıl basınçlara göre kıyaslanarak bilgisayarda değerlendirilmektedir.

Deney sonuçlarından faydalanarak çizilen grafiklerde araştırmanın sonuçları irdelenmiş ve yanıl basınçların, keskilerin kesme performansını nasıl etkiledikleri üzerinde durulmuştur.

THE STUDY OF EFFECT OF HORIZONTAL STRESSES ON CUTTING PERFORMANCE OF DRAG TOOLS

SUMMARY

The main objective of this research is to study the effect of the horizontal stresses on the cutting performance of drag tools.

About ninety cutting experiments were carried out on plaster blocks in order to understand the basic mechanism of rock cutting mechanics in mine mechanization laboratory of mining faculty of İ.T.Ü.

In this report, firstly field stresses were defined since it is believed that they play an important role on any tunneling project. The field stresses are classified as primary, secondary and tertiary. These stresses are the result of several different natural, geological, and artificial phenomena.

The easiest to predict and the most universal are those caused by gravity. It is vertical (directed toward the center of the earth) and is one of the three principal stresses except in situations where tectonic processes are active, or where the topography is varying so as to rotate the stress field.

Theoretical formulas of stress calculations were given. According to this formulas, the basic factor of the field stress is weight and thickness of the overburden.

In flat-lying sedimentary rocks, the vertical stress is taken to be the weight of the individual overburden beds.

Some scientists have measured the horizontal stresses in underground openings with the stress tensors. Figure 3.5, a compilation of such measurements, shows that the vertical stress component is usually quite close to that predicted from the weight of overburden.

The average horizontal stress in hard rocks, however, is much greater than gravitational. At shallow depths the ratio of horizontal to vertical stress is much greater and increases rapidly toward the ground surface.

The density of granitic rocks rich in quartz and feldspar is about 2650 kg/m^3 , and of basic and ultrabasic rocks about 3300 kg/m^3 . This results in a vertical stress gradient in the range of $26.0\text{--}32.4 \text{ kPa/m}$, depending on the density of the rock formations at the site.

According to investigators horizontal stresses can not be measured with only depth, and horizontal stress/vertical stress ratio is not constant, especially in hard rocks. Horizontal components can not be calculated; they should be measured for a particular site, or estimated from the trends of nearby measurements.

Tunnel or gallery cross section is important for the stress distribution around the openings. The calculation formulas of stress around circular openings were explained by KIRCH.

Figure 3.9 shows the tangential stress distributions on the boundary of the opening at various confining pressures. Because of symmetry, only a quarter of the circular opening is shown. M is the ratio of the horizontal to vertical applied stress. Thus, by definition, $M=0$ represents a uniaxial stress, $M=1$ is a hydrostatic stress field. It is seen that as the confining pressure increases, the tangential stress decreases at the horizontal axis but the tensile tangential stress at the vertical axis becomes compressive when $M=1/3$. Compressive tangential stress is the same all around the boundary with $\sigma_\theta/S_v=2$ for $M=1$, where S_v is the average applied stress.

Tangential stresses on circular opening boundary are maximum, and they decrease when go away from boundary opening. Maximum cutting stress on a point of circular opening is equal to fifty per cent of tangential stress.

Most of the mining galleries have rectangular or square cross sections. Stress distribution around this type of galleries is different from circular opening. If there is only vertical stress, tensile strength is on critical situation according to tensile breaking down. When horizontal stress increases, tensile strength which is the center of cross section decreases. In this type of cross sections the stress is especially distributed at corners.

The following experimental set up was used during this investigation ;

- A shaping machine equipped with a chisel pick having a rake angle of -5° , and width of 12.5 mm . 18 kW SIEMENS electrical motor works the shaping machine helping belt-drum system. It has a tresle for cutting $30*40*50 \text{ cm}$ sample blocks.

- A piezoelectric dinamometer to record the tool forces in three direction. These are cutting, normal and side forces. Quartz cristalls in dinamometer detect the electric charge when these forces effect the dinamometer. The transducer has a measuring capacity of one ton.

- The Charge Amplifier Type 5001 is a mains-operated DC amplifier of very high input impedance with capacity negative feedback, intended to convert the electric charge from a piezoelectric transducer into a proportional voltage on the low impedance amplifier output. It is limited with -10 and +10 volts.

-Two computers to evaluate the cutting results. The first one is IBM PC-XT having analog digital card . A software written by Dr. Sina Yazıcı using Turbo Pascal 3.01 programme for the PC-26 A/D card. This programme enables to read thirty thousand samples in five seconds .The second computer is 486 DX-66 that graphical conclusions are taken with the macro programme in excel 4.0 .

To prepare sample is important for laboratory tests.

A great attention was paid to prepare standard plaster samples for the cutting tests. The samples were prepared using 60 % water and 40 % plaster in weight. Mix ratio is as following ,

$$\begin{aligned} \text{Water density } (d_w) &= 1 \text{ g/cm}^3 \\ \text{Plaster density } (d_p) &= 2.7 \text{ g/cm}^3 \\ \text{Block Volume} &= w \cdot h \cdot l = 15 \cdot 15 \cdot 30 = 6750 \text{ cm}^3 \\ &w = \text{Width} \\ &h = \text{Height} \\ &l = \text{Length} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_T &= V_w + V_p \\ 6750 &= m_w / d_w + m_p / d_p \\ 6750 &= 0.6 m_p + m_p / 2.7 \\ 6750 &= (1.62 m_p + m_p) / 2.7 \\ m_p &= 6956.12 \text{ g.} \\ m_w &= 4175.25 \text{ g.} \end{aligned}$$

Samples were cast in steel blocks having dimensions of 15*15*30 cm . They were waited 15 days in steel blocks . Strength of the samples were in average 81.4 kg/cm².

First a plaster block is put on the shaping machine and it is trimmed to have a smooth surface. Cutting depth is constant at 5 mm. During the cutting experiments , cutting width was 12.5 mm and cutting angle was -5° .

After finishing of constants and variables control, sample is ready to cutting experiment. Shaping machine works a times on sample and it is stopped . So, one of the cutting experiment finishes .

Firstly, cutting experiments were done under 0 kg/cm² horizontal stress. Secondly, cutting experiments were done under 5.56, 11.12, 16.68, 22.24 kg/cm² horizontal stress with the help of a hydraulic piston . The piston pressure were kept at 25, 50, 75, 100 kg/cm² and horizontal stresses were calculated using piston diameter and the lateral surface of the sample.

Calculation of the horizontal stress is shown on following formulas:

$$\text{Piston pressure} = 25 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Piston semi-diameter} = 4.5 \text{ cm}$$

$$\text{Piston area} = 4.5^2 * \pi = 63.62 \text{ cm}^2$$

$$\text{Sample's lateral area} = 286 \text{ cm}^2$$

$$\text{Piston pressure} * \text{Piston area} = 25 \text{ kg/cm}^2 * 63.62 \text{ cm}^2 = 1590.4 \text{ kg}$$

$$\text{Lateral Pressure} = 1590.4 \text{ kg} / 286 \text{ cm}^2 = 5.56 \text{ kg/cm}^2$$

Different cutting spacing with 0, 5, 10, 20 and 35 mm were used and each test was replicated three times. The cutting spacing is defined as the distance between cutting tool and previous cutting groove .

Rock volume per unit length of cut is calculated with the measurement of cutting length and plaster volume coming from the cutting . The specific energy is calculated by dividing the mean cutting force by yield. Yield is defined as the volume of rock per unit distance cut.

Average cutting forces, normal forces, side forces, specific energy, plaster volume per unit length, and cutting spacing/depth ratios were tabulated in the text.

Results of the research can be given as follows

- Horizontal stresses change the optimum spacing/ depth ratio (s/d) . When horizontal stresses are 0 and 5.56 kg/cm² optimum s/d is 1. When horizontal stress is increased up to 11.12 kg/cm² that equal to 1/8 of sample's compressive strength, the optimum s/d ratio is 2 .

-When cutting spacing/depth ratio is 0, cutting forces are small. Because, one of the lateral surface of the pick is free and there is not friction .

-Horizontal stresses force the plaster sample to be compact until pores become minimum . So, the specific energy increases with horizontal stress reaching up to 16.68 kg/cm² . After this point, sample can not become more compact and loses its strength, specific energy drops after this stress value.

-Horizontal stresses effect cutting and normal forces. It is shown that cutting and normal forces increase with spacing varying from 0 to 35 mm.

-Horizontal stresses has very important role on the yield that is plaster volume per unit length . If cutting space is higher than 10 mm, yield increases while horizontal stress is going up .Experiments have shown that horizontal stresses directly helped to cut

-Maximum cutting force value is 1.8 times higher than minimum value for 0 kg/cm² horizontal stress. However this value increases up to 3 times for horizontal stress of 16.68 kg/cm² .

~For normal forces, maximum value is 2.6 times higher than minimum value for 0 kg/cm^2 horizontal stress. However this value increases up to about 4 times for horizontal stress of 16.68 kg/cm^2 . We can say that the horizontal stresses much more effect the normal forces than cutting forces.



BÖLÜM 1. GİRİŞ

Yeraltında kazı faaliyetleri yüzyıllar öncesinden beri çeşitli yöntemlerle yapıla gelmiştir. Günümüzde bu yöntemlerden makina ile kazı yaygın olarak tercih edilmektedir. Özellikle gelişmiş ülkelerde maden ocaklarındaki galerilerin, kuyuların ve bazı madenlerin kazısının, inşaat sektöründe karayolu, demiryolu , baraj tünelleri, kanalizasyon hatları v.s. yapıların gerçekleştirilmesinde bunu gözlemek mümkündür.

Ülkemizde de son yıllarda yeraltı kazılarının kesici makinalarla gerçekleştirilmesi yönünde bir eğilim vardır. Hem günümüzde karşılaşılan problemlere çözüm bulmak hemde geleceğe yönelik ihtiyaçları düşünerek üniversitelerimiz bu konular üzerinde araştırma çalışmalarına yönelmişlerdir. İ.T.Ü. Maden Fakültesi Dünya'nın kazı mekanizasyonu konusunda ileri ülkeleri ile işbirliği de yaparak bu konuda öncülük etmektedir.

Günümüz mühendislik faaliyetlerinde herhangi bir girişimin çevreye olan etkilerini gözardı etmek mümkün değildir. Bu yönüyle bakıldığında yeraltında tünel yada galeri açılması sırasında diğer yöntemlere kıyasla çevreye en az zarar veren makina ile kazının, geleceğe yönelik olarak daha da yaygınlaşacağını söylemek mümkündür.

Kazı işinin makina ile gerçekleştirilmesi söz konusu olduğunda ise makinanın teknik kapasitesi ve yeraltı şartlarındaki çalışma performansının irdelenmesi (diğer yöntemlerle de kıyaslıyarak) gerekmektedir.

Herhangi bir teknik girişimin pratik uygulanabilirliğinin yanında ekonomik olması gerektiği muhakkaktır. Bu yüzden makina ile yapılacak kazının maliyetini etkileyecek tüm faktörlerin gözönüne alınması, bunların en ekonomik hale nasıl getirileceğinin hesaplanması gereklidir.

Kurulu güç, ilerleme miktarı, keski sarfiyatı, enerji tüketimi, faydalanma oranı makinanın performansını değerlendirmek için göz önünde tutulacak bazı parametrelerdir.

Yanal basınçların bu kazma işi üzerinde ne kadar etkili olduğunun; kuvvetler, spesifik enerji ve optimum s/d oranını nasıl etkidiğinin teknik eleman tarafından yaklaşık olarak da olsa bilinmesi gereklidir.

Yeraltında makina ile kazı çalışmaları yüzeye çok yakın derinliklerde olabildiği gibi binlerce metre derinde de olabilmektedir. Yanal basınçların değeri bu sınırlar arasında büyük değişiklikler gösterebilmektedir. Bu çalışmanın konusu olan, yanal basınçların keskiiler üzerindeki etkilerinin incelenmesi bu yönden önemli olmaktadır.

BÖLÜM 2. ARAŞTIRMANIN AMACI

Günümüzde yeraltı kazılarında, makina performansının kestirilmesinde ve kazılabilirliğin tayininde ağırlıklı olarak geçilecek formasyonlardaki kayacın dayanım özellikleri (basma dayanımı, çekme dayanımı), kaya kalite değeri, aşınma indeksi ve sertliği gibi değişkenler üzerinde durulmaktadır. Bunların hesaplanmasına yönelik deney yöntemleri geliştirilmiştir.

Makine ile kazıda, arazi basınçları genel olarak tünel veya galerinin tahkimatının dizayn edilmesine yönelik olarak ele alınmaktadır.

Araştırmamızın konusu olan, ‘yanal basınçların keskilere kesme performansına etkilerinin incelenmesi’ ile kazı sırasında keskilere gelen üç yönlü kuvvelerin, spesifik enerjinin ve optimum s/d oranının yanal basınç ile değişimi ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Laboratuvar şartlarında bir kayaç numunesine yanal basınçlar uygulamak suretiyle yukarıda sözü edilen parametrelerin basınçlarla değişimi deneylerden elde edilen verilerle çizilen grafiklerde açıklanmaya çalışılmıştır.

BÖLÜM 3. ARAZİ GERİLMELERİNİN İNCELENMESİ

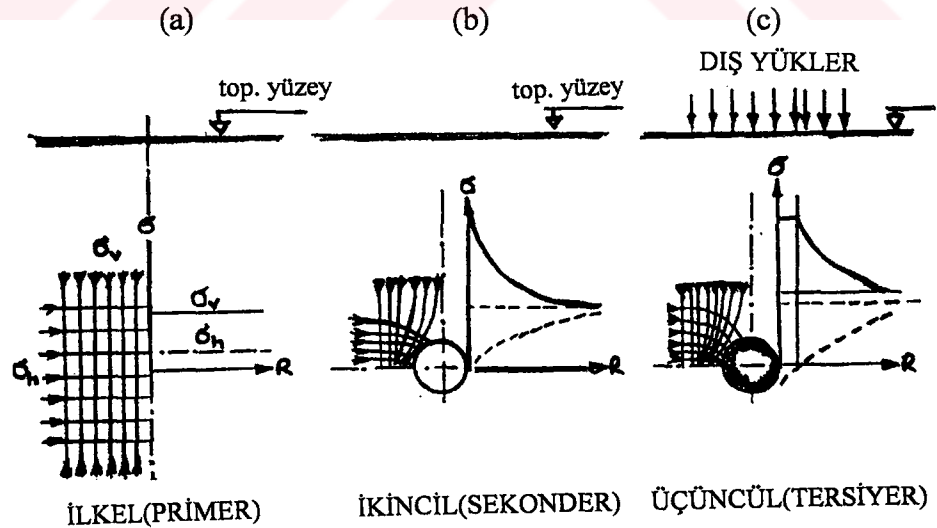
3.1 Gerilmelerin Sınıflandırılması

Kayalar içindeki gerilmelere, bütün gerilme durumlarına ait genel tanım olmak üzere 'arazi basıncı' denilmektedir. Bu tanım, yerkabuğu içindeki gerilmelerin kazı öncesindeki durumlarıyla, kazı sonrasındaki durumlarının tümünü içermektedir. Ancak, kaya yapıları mekaniğinde arazi basıncı kavramı dar anlamda ve yalnızca 'kayaçlar içerisinde boşluk açılması durumunda, kayadan gelmesi beklenen basınç (tepki)' olarak kullanılmaktadır.

Genel anlamdaki arazi basıncı, doğal (ilkel) gerilmeler, sekonder (ikincil) gerilmeler ve tersiyer (üçüncül) gerilmeler olmak üzere 3 gruba ayrılır.

3.1.1 Doğal (İlkel) Gerilmeler

Herhangi bir teknik girişimden önce kayaların içinde bulunan değişik kökenli her türlü gerilmelerin bileşkesine denir (Şekil 3.1 a). Bunların yer, yön ve şiddetine bağlı olarak kaya içindeki dağılımı ise 'ilkel gerilme durumu' adını alır.



Şekil:3.1 İlkel, İkincil ve Tersiyer gerilmeler [1]

Doğal gerilmelerin sebepleri olarak; yerçekimi kuvveti, boşluk suyu basıncı, çatlak suyu basıncı, yerkabuğunun eylemsizliği, uzayda etkiyen çekim kuvvetleri, yerkabuğu veya mağmadaki kimyasal ve fizikokimyasal reaksiyonların oluşturduğu kuvvetleri, tekrar kristallenme sonucu doğan kuvvetleri sıralayabiliriz.

Doğal gerilmeler de yerçekimi (Gravitasyon) gerilmeleri ve kalıcı (Rezidüel) gerilmeler olarak iki ayrı grupta ele alınmaktadır.

Yerçekimi (Gravitasyon) gerilmeleri: Kültelerin yerçekimi ivmesi nedeniyle oluşturdukları düşey ve yatay doğrultudaki gerilmelerdir. Statik ve dinamik olmak üzere başlıca iki türü bulunmaktadır.

‘Statik gravitasyon basıncı’ kayaların kendi ağırlıklarının dengelenmesi sırasında kayalar içinde oluşan durağan gerilmelerdir.

Kaya kültelerinin herhangi bir nedenle ötelenmesi veya kayması sırasında hareketli kültelerin kendi ağırlıkları nedeniyle oluşturdukları arazi basıncına da ‘Dinamik gravitasyon basıncı’ denir.

Kalıcı (Rezidüel) gerilmeler: Kayalardaki yerçekimi gerilmeleri dışında kalan gerilmelere kalıcı gerilmeler denilmektedir. Bu gerilmeleri, mağma üzerinde yerkabuğunun eylemsizliği, gök cisimleri arasındaki çekim kuvveti ve mağmadaki kimyasal, fizikokimyasal reaksiyon kuvvetleriyle yerkabuğu içindeki büzülme, genleşme, kabarma ve erime gibi olaylar sonucu ortaya çıkan kuvvetler oluşturmaktadır. Çökelme, taşlaşma, yeniden kristallenme ile mağma içindeki konveksiyon kuvvetleri de yine yerkabuğunda bir takım gerilmeler meydana getirmektedir.

3.1.2 İkincil (Sekonder) Gerilmeler

İkincil (Sekonder) gerilme durumu, kayalarda kazı sırasında doğal gerilmelerin yön, yer ve şiddet değiştirmesiyle oluşan gerilme dağılımıdır (Şekil 3.1.b).

Yerkabuğunda değişik amaçlarla yapılan her türlü kazılar ilkel gerilme durumunu bozacak niteliktedir. Kazı öncesi kendi içinde denge durumunda olan kaya ortamındaki gerilme dağılımı, boşluğun açılmasıyla giderek değişir. Yeraltı açıklığını çevreleyen bölge, açılan boşluğun taşıyamadığı gerilmeleri yüklenmek zorunda kalır. Böylece kayacın bazı kısımları yüksek gerilmeler altına girer. Ortaya çıkan bu yeni durum ilkel gerilmelere, kayanın dokusuna, su durumuna, kazı boşluğunun geometrisiyle boyutlarına ve kazı tekniğine bağlı olup, ayrıca zamanın da bir fonksiyonudur.

İkincil gerilmelerin dağılımı sırasında boşluk çevresinde oluşan yeni gerilmelerin şiddetine ve kaya dokusuna bağlı olarak ‘Kemerlenme’ adı verilen yüklerin yoğunlaştığı bölgeler meydana gelir. Oluşum nedenlerine bağlı olarak ;

a) Gerilme kemerlenmesi

b) Geometrik (dokusal) kemerlenme şeklinde ikiye ayrılmaktadır.

Yeraltı kazısı sırasında gerilme trejektörlerinin (yörüngelerinin) boşluk dolayına kayarak, sıklaşması sonucu buralarda büyük teğetsel gerilmeler oluşur.

Eğer bunların şiddeti kayanın dayanımlılığından az ise, gerilmeler boşluk veya tünel duvarında en büyük değerine ulaşır.

Bu ikincil gerilmelerin şiddeti, kaya malzemesini hemen veya zamanla kıracak değerler almışsa, boşluk dolayında gevşeme ve plastikleşme bölgeleri oluşacak ve gerilmelerin maksimumu daha içerilere kayacaktır. Gerilmelerin böyle tünel veya galeri duvarında veya daha içerilerde yoğunlaşarak taşıyıcı ve koruyucu bir zon oluşturmaya ‘Gerilme kemerleşmesi’ denir.

Kayayı oluşturan, süreksizliklerle sınırlanmış kaya elamanları açılan boşluğun boyutuna ve kendi konumlarına bağlı olarak yerçekimi ve doğal kuvvetler etkisiyle, dönerler, gevşerler ve birbirleri üzerinde kayarak ötelenirler. Böylece oluşan hacim artması

(Dilatasyon) sonucu, süreksizlik cisimleri kendi aralarında kenetlenirler, sıkışır ve kilitlenerek bir ‘Dokusal Kemerlenme’ meydana getirirler.

3.1.3 Üçüncül (Tersiyer) Gerilmeler

Yeraltı boşluğunun açılmasından sonra oluşan, teknik müdahaleler olmaksızın kendi içinde dengeli konuma gelen ikincil gerilme durumunun, daha sonra farklı kuvvetlerin etkisiyle yeniden değişmesiyle üçüncül (Tersiyer) gerilme durumu meydana gelir (Şekil 3.1.c).

Tersiyer gerilmeleri; etkin (aktif) veya edilgin (pasif) sağlamlaştırma dirençleri, dolgu basınçları, kabarma basınçları ile üretim, yapı, kazı, sağlamlaştırma ve su yükünün değişmesiyle ortaya çıkan ‘dış kuvvetler’ oluşturmaktadır.

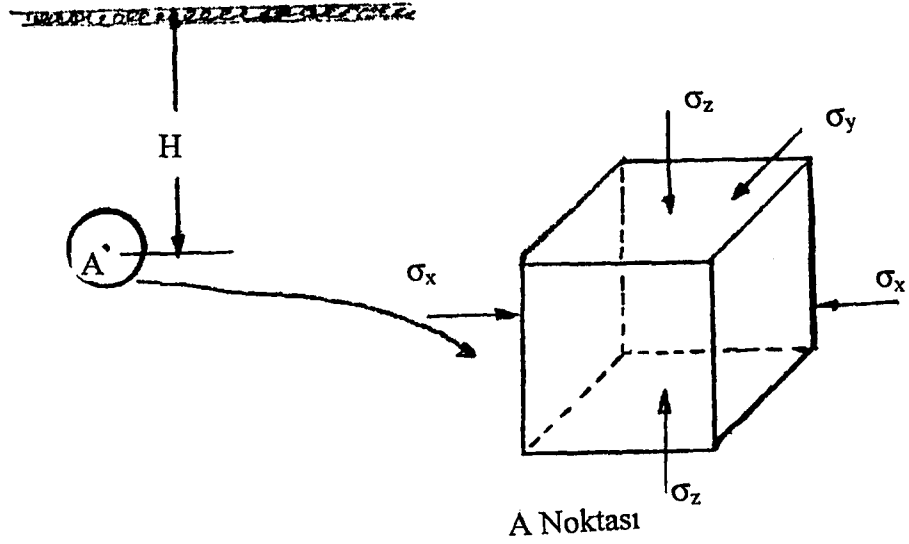
Etkin (aktif) sağlamlaştırma basınçları, kayanın deformasyonunu önlemek amacıyla, ön gerilmeli ankrajlar ve krikolarla, boşluk duvarına iletilen ışınsal normal gerilmelerdir. Edilgin (pasif) sağlamlaştırma dirençleri ise ön gerilmesiz ve ancak kayanın deformasyonundan sonra çalışmaya başlayan sağlamlaştırma yapılarının bu deformasyona tepkisiyle oluşan gerilmelerdir. [1]

3.2 Gerilme Dağılıklarının İncelenmesi

3.2.1 Elastik Ortamda Teorik Gerilme Dağılışı

Bu bölümde elastik ortamda yeraltı açıklıkları etrafındaki gerilme dağılışı teorik olarak incelenecektir.

Yeraltında (Şekil 3.2)’de görülen bir noktayı düşünelim. Eğer her hangi bir açıklık yapılmamış ise, söz konusu nokta üç eksenli basınç gerilmesine maruzdur.



Şekil 3.2. Yeraltında Herhangi Bir Noktada Gerilmeler

A elemanının bu gerilmeler (σ_z , σ_x , σ_y) altında yaptığı deformasyonlar:

$$\epsilon_z = [\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)] / E$$

$$\epsilon_x = [\sigma_x - \nu(\sigma_z + \sigma_y)] / E$$

$$\epsilon_y = [\sigma_y - \nu(\sigma_x + \sigma_z)] / E$$

(3.1)

Burada; E: Kayacın elastisite modülü

ν : Kayacın Poisson oranı değeridir.

Kayaç parçası, üzerindeki yükten dolayı düşey olarak yüklenecek ve yatay doğrultularda genişlemeye çalışacaktır. Ancak yatay bir düzlem içinde gerilmeler simetrik olduğundan ($\sigma_x = \sigma_y$) çevre kayaçlar bu genişlemeyi engeller. Yani yatay doğrultuda şekil değiştirme oluşmaz ($\epsilon_y = \epsilon_x = 0$). Bu değerleri (3.1) eşitliklerinde yerine koyarsak;

$$\sigma_y - \nu(\sigma_z + \sigma_x) = 0$$

$$\sigma_x = \sigma_y = (\nu / (1 - \nu)) * \sigma_z$$

(3.2)

Burada $1/\nu = m$ gibi bir sabitle ifade edilirse;

$$\sigma_x = \sigma_y = (1/m - 1) \cdot \sigma_z \quad (3.3)$$

A elemanına etki eden düşey basınç “ σ_z ”, yeryüzüne kadar istiflenen tabakaların ölü ağırlıklarının oluşturduğu derinlik basıncıdır. Kısaca σ_z ’nin büyüklüğü:

$$\sigma_z = \gamma \cdot H \quad (3.4)$$

formülünden hesaplanır.

Burada: σ_z : Düşey basınç (t/m^2)

γ : Ortalama kayaç yoğunluğu (t/m^3)

H : Derinlik (m)

Genellikle pratikte yoğunluk gr/cm^3 ve basınç kg/cm^2 birimleri ile verilmektedir. Bu durumda (3.4) formülü;

$$\sigma_z = 0.1 \cdot \gamma \cdot H \quad (3.5)$$

şeklinde yazılır.

Tortul kökenli taşların ortalama yoğunluğu $\gamma = 2.5 \text{ gr/cm}^3$ ve Poisson sayısı 5 olarak alınabilir. Bu kabullere göre ;

$$\sigma_z = 0.25 \cdot H \text{ kg/cm}^2 \quad (3.6)$$

$$\sigma_x = \sigma_y = (1/m-1) \cdot 0.25 \cdot H = 0.0625 \cdot H \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (3.7)$$

Araştırmalar, belli bir taş için yan basınç arttıkça Poisson sayısının azaldığını göstermiştir. Bu nedenle büyük derinlikte Poisson sayısı 2 değerine yaklaşacaktır. Bu durumda (3.3) eşitliğinden de anlaşılabacağı üzere;

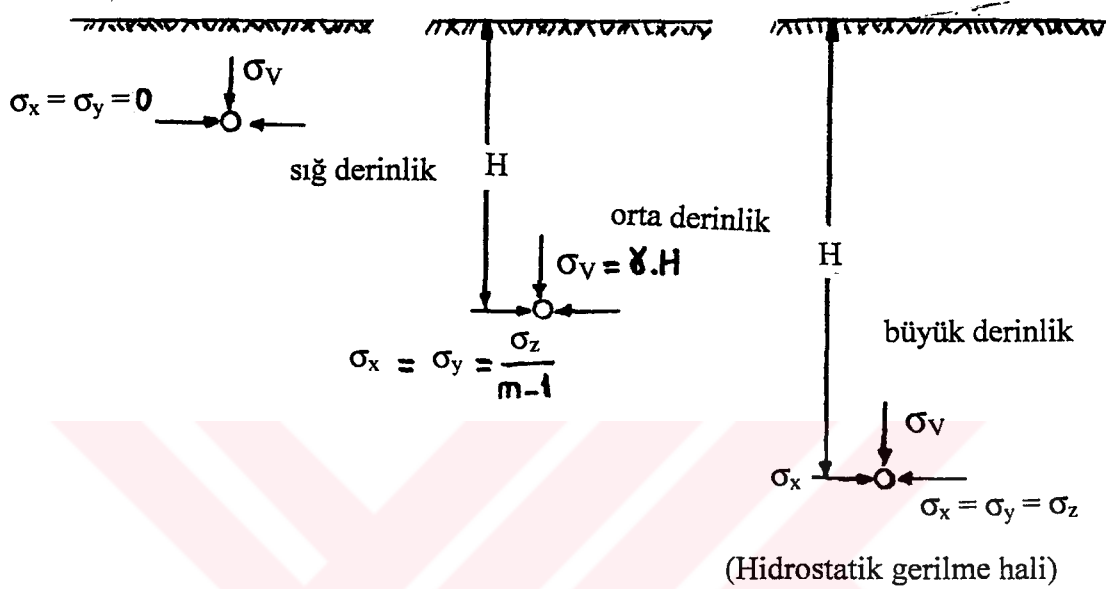
$$\sigma_x = \sigma_y = \sigma_z \quad (3.8)$$

elde edilir. Gerilmelerin eşit olduğu bu şarta “hidrostatik gerilme” hali denir.

Orta derinlikte (200-600) alınan bir noktaya etki eden gerilmeler arasında şu ilişki yazılabilir. [2]

$$\sigma_x = \sigma_y = (1/m - 1) * \sigma_z = \gamma * H / m - 1 \quad (3.9)$$

Derinliğe bağlı olarak değişen gerilme şartları (Şekil 3.3)'te topluca belirtilmiştir.



Şekil 3.3 Gerilmelerin Derinlikle Değişmesi [6]

3.2.2 In- Situ Ölçmelerde Gerilme Dağılışı

Bölüm (3.1) de bahsedildiği gibi yeraltında oluşan gerilmelerin tek sebebi arazi yükü değildir. Bu nedenle mühendislik girişimleri öncesi arazi gerilmelerini sadece bölüm (3.2.1)' de açıklanan şekilde teorik olarak tahmin etmek yeterli olmayabilir.

Özellikle tektonik aktiviteye uğramış veya litolojik süreksizleri içeren ortamlarda arazi gerilmelerinin tahmini oldukça zordur. Bazı bölgelerde tektonik hareketler “örneğin, fay düzlemlerinin hareketi” yatay gerilmeler oluşturur. Yatay gerilmeler bazı durumlarda düşey gerilmelerden fazla olabilirler. [3]

Arazi gerilmelerinin yerinde ölçümü için çeşitli teknikler vardır. Burada, ölçme teknikleri yerine, daha fazla bu gerilmelerin dağılışı ve derinlik ile olan ilişkisi üzerinde durulacaktır.

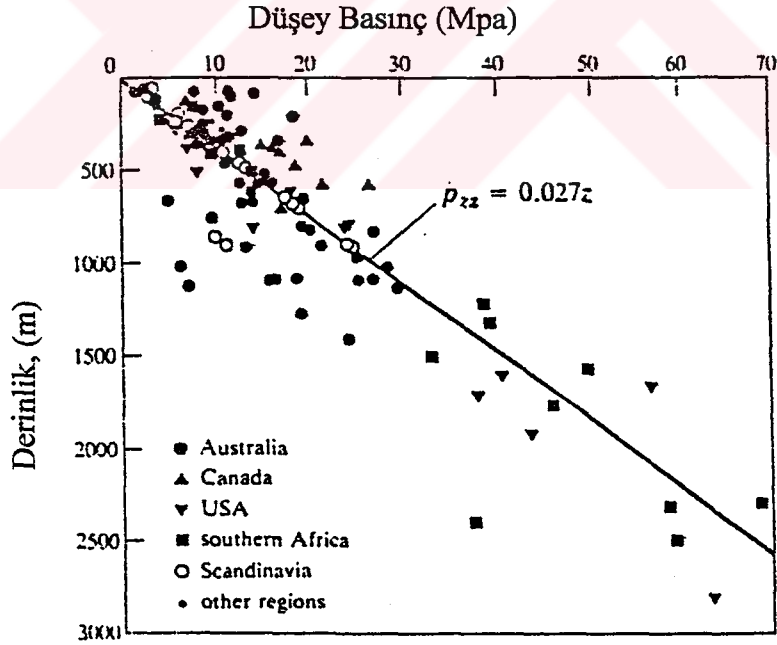
Çeşitli ülkelerde maden mühendisliği ve inşaat mühendisliği alanlarında teknik girişimler öncesi yapılan ölçmelerde düşey basınçların derinliğe bağlı olarak lineer bir değişim gösterdiği ortaya konulmuştur [3]. Bu değişim oranı teorik olarak formülize edilen hesap yöntemlerine yakın değerler vermiştir. (Şekil 3.4.) 'te Brown ve Hoek tarafından toplanan ölçme sonuçlarının ortalaması olan doğru gösterilmiştir. Burada;

$$\sigma_z = 0.027 \cdot z \quad (3.10)$$

σ_z = Düşey basınç (MPa)

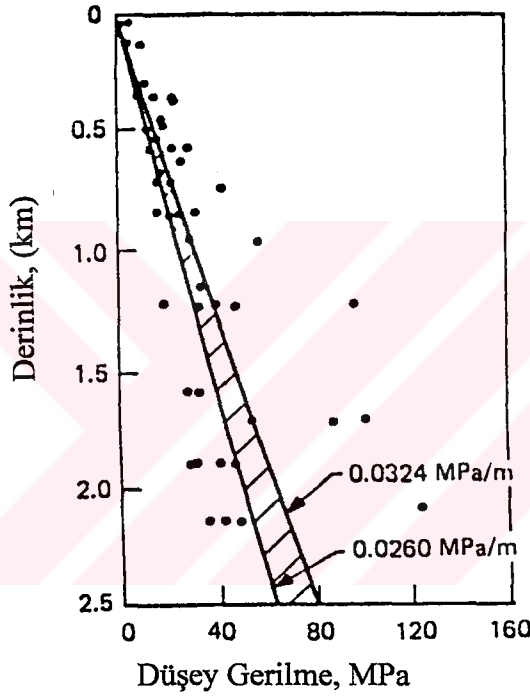
z = Derinlik (m)

Şekilden de açıkça görüldüğü gibi arazi gerilmelerinin düşey bileşeni derinlikle lineer bir ilişki içindedir. [4]



Şekil 3.4. Düşey Gerilmelerin Yerinde Ölçüm Değerleri [4]

Bir başka araştırma da Herget (1986) tarafından Kanada Şılderi üzerinde yapılmıştır. Kuvars ve feldispatça zengin kayaçların yoğunluğu yaklaşık 2650 kg/m^3 iken bu değer bazik ve ultrabazik kayaçlar için 3300 kg/m^3 olabilmektedir. Bu durum, düşey arazi gerilmelerinin eğiminde $0.0260 - 0.0324 \text{ MPa/m}$ arasında kaya formasyonlarının yoğunluğuna bağlı bir değişime sebep olmaktadır. Herget tarafından toplanan değerlerin grafiğinde (Şekil 3.5) bu sınırlar görülmektedir. Buradaki doğruların eğimleri önceki sözü edilen araştırma sonuçlarına yakındır. Böylece düşey gerilmelerin bileşkesinin, örtünün ağırlığına bağlı olarak tahmin edilebileceği görülmektedir.[5]

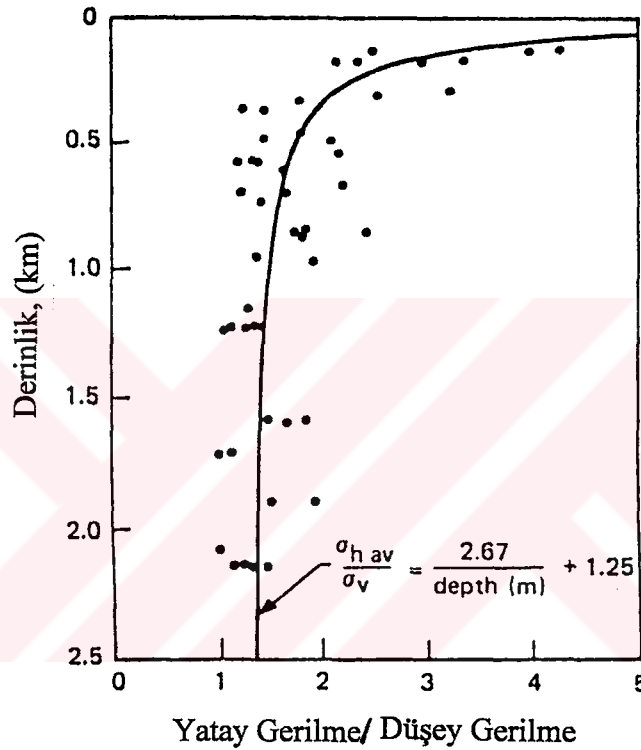


Şekil 3.5 Herget tarafından Kanada şıldlerinde toplanan yerinde ölçüm değerleri.[5]

Araştırmalar, yerkabuğunda ortalama yatay gerilmelerin bileşkesinin arazi yükünden kaynaklanan gerilmelere eşit, küçük ve bazen de daha büyük olabileceğini göstermiştir.

Yatay gerilmelerin değişimi derinliğe bağlı olabildiği gibi formasyonun cinsine göre de değişmektedir. Sert kayaçlarda ortalama yatay gerilmeler graviteden kaynaklanan

gerilmelerden çok daha büyük olabilmektedir. Granitik kayalarda yapılan yerinde ölçme verileri ortalama yatay gerilmelerin düşey gerilmelere oranının 1 - 2.5 km arasında yaklaşık 1.5 olduğunu göstermiştir (Şekil 3.6.). Şekilden de görüldüğü gibi sığ derinliklerde bu oran çok daha büyük olup, yüzeye yaklaştıkça hızla artmaktadır. 100 m derinlikte birçok yerde ölçülen gerilme 2.6 MPa iken yatay gerilmeler yaklaşık 14 MPa olmakta, bu da Yatay gerilme/Düşey gerilme oranının yaklaşık 5 olması anlamına gelmektedir.



Şekil 3.6. Ortalama Yatay Gerilme/Düşey Gerilme Oranının Derinlikle İlişkisi [5]

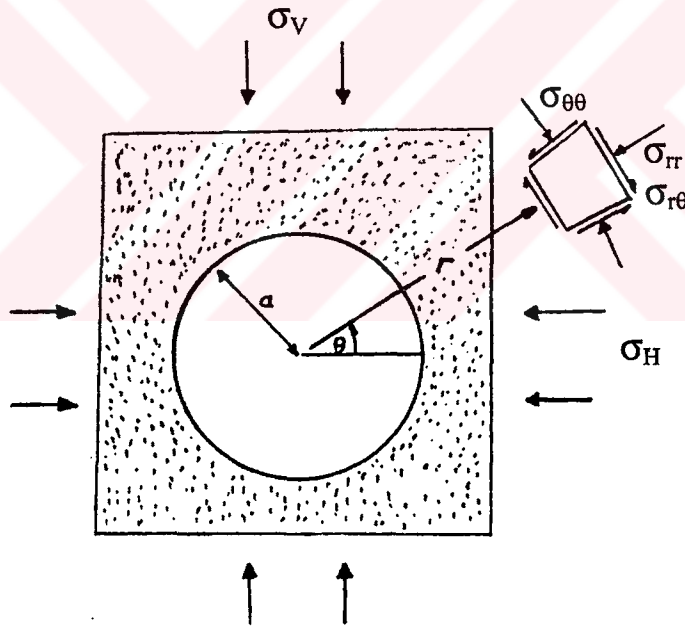
Yatay gerilmeler arazi yükünden kaynaklanan düşey gerilmelerden farklı olarak lineer bir değişim göstermezler ve belli bir katsayı ile ifade edilemezler . Şekil 6 σ_H/σ_v şeklindeki oranın anlamsız olduğunu göstermektedir. Hatta sert kayalarda yüzeye yaklaştıkça bu oran sonsuza gitmektedir. Bu yüzden yatay gerilmeler hesaplanamaz. Onlar her bir saha için ayrı ayrı ölçülmeli ya da yaklaşık olarak tahmin edilmelidir. [5]

3.2.3 Elastik Ortamda Dairesel Açıklık Etrafında Gerilme Dağılışı

Yeraltında açılan tüneller ve galerilerden özellikle inşaat sektöründe gerçekleştirilenlerin ekseriyeti dairesel kesitlidir.

İzotrop, homojen, sürekli bir ortamda (Şekil 3.7)'de gösterildiği gibi bir dairesel galeri düşünelim. Bu galerinin kağıt düzlemine dik olan uzunluğunun pratik olarak sonsuza ulaştığı kabul edilirse; ele alınan problem iki eksenli (düzlem) gerilme problemine dönüşür. Diğer bir deyişle, y eksenini doğrultusunda etkiyen " σ_y " gerilmesinin galeri etrafındaki gerilme dağılışının üzerinde bir etkisi olmayacaktır.

Teorik elastisitede geniş bir çelik plaka içinde açılmış dairesel delik için bu gerilme probleminin çözümü ilk defa KIRCH tarafından verilmiştir.



Şekil 3.7. Elastik Bir Ortamdaki Dairesel Açıklık Etrafında Gerilmeler

Dairesel galeri etrafında gerilmelerin (Şekil 3.7) değişimini belirten genel bağıntılar toplu halde aşağıda verilmiştir.[6]

$$\sigma_r = (\sigma_v + \sigma_H/2) * (1 - a^2/r^2) + (\sigma_H - \sigma_v/2) * (1 - 4a^2/r^2 + 3a^4/r^4) * \cos 2\theta \quad (3.11)$$

$$\sigma_t = \sigma_\theta = (\sigma_v + \sigma_H/2) * (1 + a^2/r^2) - (\sigma_H - \sigma_v/2) * (1 + 3a^4/r^4) * \cos 2\theta \quad (3.12)$$

$$\tau_{r\theta} = (\sigma_H - \sigma_v/2) * (1 + 2a^2/r^2 - 3a^4/r^4) * \sin 2\theta \quad (3.13)$$

Burada; σ_v : Uygulanan düşey arazi gerilmesi

σ_H : Uygulanan yatay arazi gerilmesi

$\sigma_t = \sigma_\theta$ =Teğetsel gerilmeler

σ_r = Radyal gerilme

$\tau_{r\theta}$ = Kesme gerilmesi

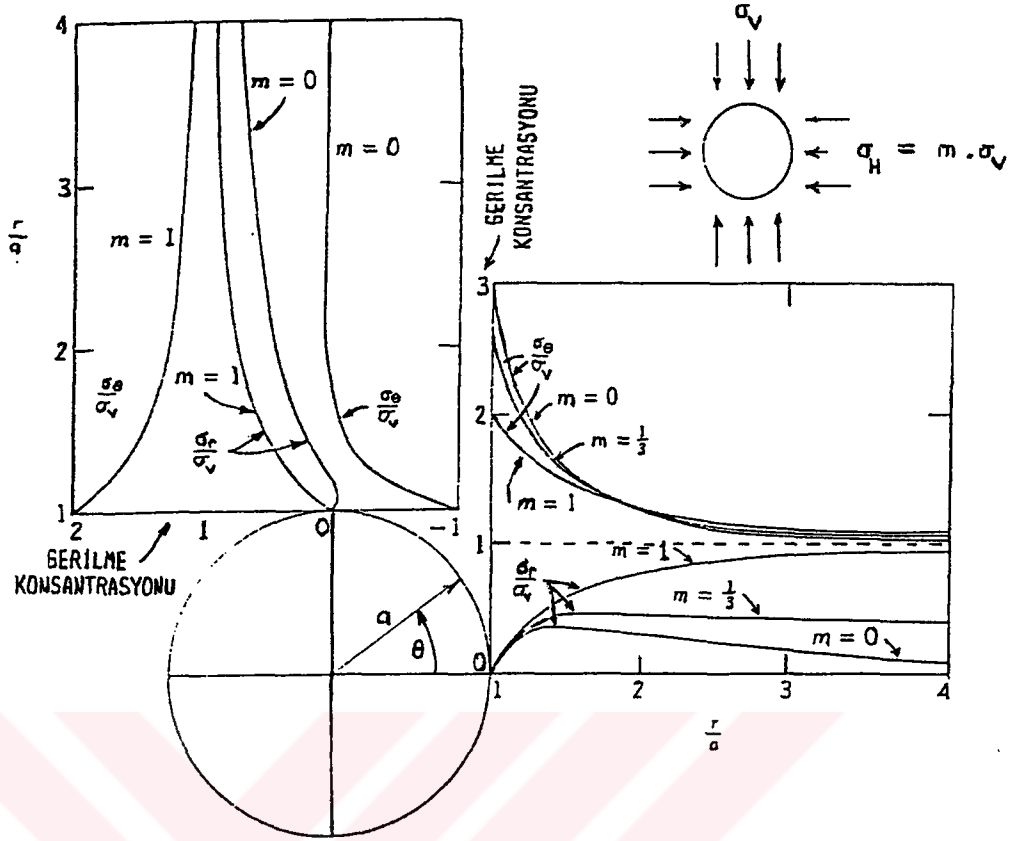
a = Açıklık yarıçapı

r = Açıklık merkezinden olan çapsal uzaklık

θ = Yataydan itibaren polar koordinat'tır.

Bu bağıntılar (3.3) eşitliği yardımıyla ortamın Poisson sayısı (m) cinsinden de yazılabilir. (Şekil 3.8)'de dairesel açıklık etrafındaki gerilme dağılımları hidrostatik ($m= 1$), yatay gerilmeli ($m= 1/3$) ve yatay gerilmenin olmaması ($m= 0$) halleri için görülmektedir.

Kolaylık olsun diye açıklık kenarındaki gerilmelerin büyüklükleri o noktadaki gerilmelerin, bakir sahada yani açıklık açılmadan önceki durumda var olan, uygulanan ortalama arazi gerilmelerine oranı olarak ifade edilir. Bu orana, gerilme konsantrasyonu denir. (+) gerilme konsantrasyonu herhangi bir noktadaki gerilme, uygulanan gerilme ile aynı işaretle demektir. (-) gerilme konsantrasyonu ise, herhangi bir noktadaki gerilme, uygulanan gerilme ile ters işaretlidir anlamındadır. Maksimum (+) ve (-) gerilme konsantrasyonları, kritik gerilme konsantrasyonları olarak tanımlanırlar. [6]

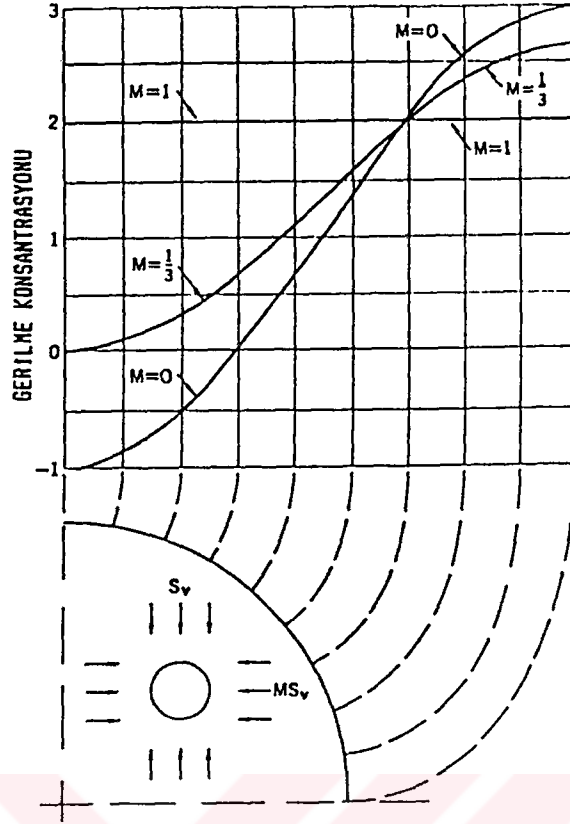


Şekil 3.8. Dairesel Bir Açıklık Etrafında Oluşan Gerilme Dağılımları. [6]

Şekil (3.8)'in incelenmesinden elde edilen sonuçlar şöyle özetlenebilir:

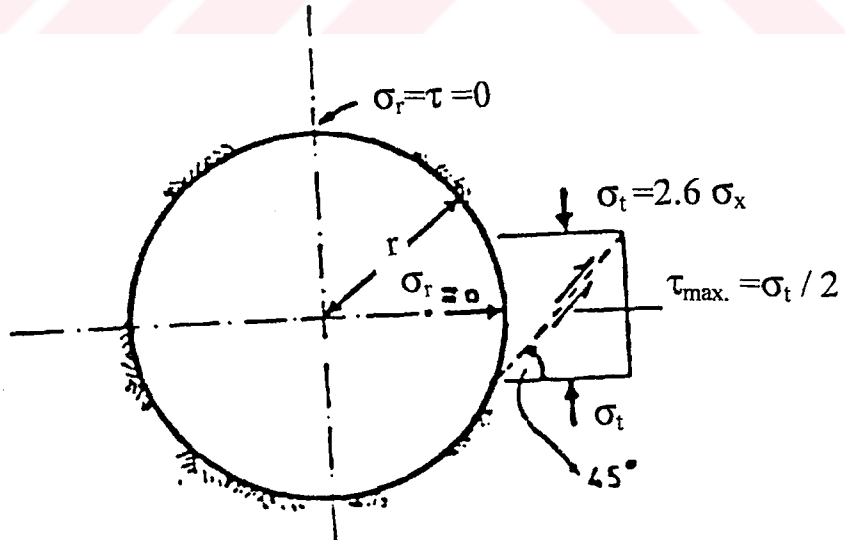
Açıklık sınırındaki teğetsel gerilmeler maksimumdur ve sınırdan uzaklaştıkça azalmaktadır. Özellikle $r < 2a$ olan bölgede σ_θ / σ_v değeri $m=1$ için $m=0$ 'dan daha azdır. Diğer taraftan $r > 2a$ olan bölgede bu durum tersi olur. σ_r / σ_v eğrilerinin dağılımı incelendiğinde açıklık sınırında $\sigma_r = 0$ olup, $r/a > 4$ olduğu zaman hemen hemen uygulanan arazi gerilmesi değerine yaklaşır.

Şekil (3.9)'da bir dairesel açıklık çevresinde oluşan teğetsel gerilme dağılımı değişik gerilme ortamları için gösterilmiştir. Maksimum teğetsel kritik gerilme konsantrasyonu $m=0$ için, $\theta = 0^\circ$ ve $\theta = 180^\circ$ de (3), $\theta = 90^\circ$ ve $\theta = 270^\circ$ de (-1) dir. Aynı konsantrasyon $m=1/3$ için $\theta = 0^\circ$ ve $\theta = 180^\circ$ de (2.6), $\theta = 90^\circ$ ve $\theta = 270^\circ$ de (0) dir. $m=1$ için her iki doğrultuda da (2) dir. Yani değişmez.



Şekil 3.9. Dairesel Açıklık Etrafındaki Teğetsel Gerilme Dağılışı [3]

Maksimum kesme gerilmesi dairesel galerinin yan cidarı üzerindeki herhangi bir noktadaki teğet ile 45° lik açı yapan doğrultu üzerinde olur (Şekil 3.10) ve teğetsel gerilmenin yarısı kadardır .



Şekil 3.10 Dairesel Galeri Çevresinde Maksimum Kesme Gerilmesi [2]

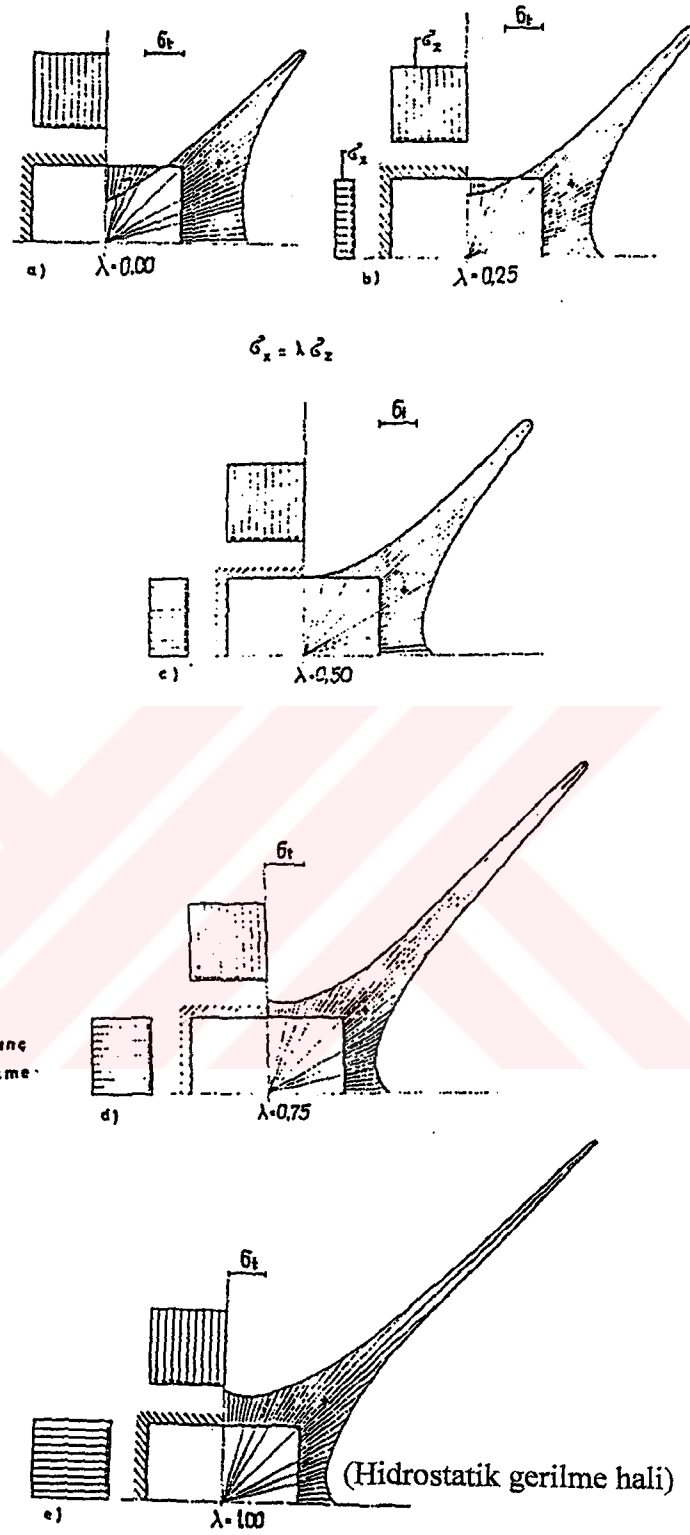
3.1.3. Elastik Ortamda Kare Kesitli Galeri Etrafında Gerilme Dağılışı

Yeraltında, maden ocakları için açılan galeri kesitleri genellikle dikdörtgen ve kare şeklindedir. Çeşitli araştırmacılar bu tür kesitler etrafında gerilme dağılışı probleminde teorik elastisite ve fotoelastisite yardımıyla yaklaşımlar yapmışlardır.[2]

(Şekil 3.11) çeşitli gerilme halleri için köşe eğriliği $r = 0.0140 \cdot a$ olan kare kesitli galeri etrafında teğetsel gerilmenin dağılışını göstermektedir. Burada yatay basınç “ σ_x ” düşey basıncın “ σ_z ” belirli çarpanı (λ) olarak uygulanmıştır. “a ” ise galerinin yarı genişliğidir. (Şekil 3.11 a,b,c,d,e) yakından incelendiğinde, aşağıdaki pratik sonuçlar çıkarılabilir.

Sadece düşey basınç (σ_z) durumunda, açıklığın ortasındaki maksimum çekme gerilmesi, çekme kırılması bakımından kritik bir durum gösterir. Ayrıca köşelerde büyük bir basınç gerilme yığılması söz konusudur.

Yatay basınç “ σ_x ” ile açıklığın ortasındaki çekme gerilmesi azalır iken, köşelerdeki basınç yığılması artmaktadır. Dikkat edileceği üzere; $\lambda = 0.50$ durumunda tavanda çekme gerilmesinin değeri sıfırdır. Buna karşın λ artımı ile köşelerdeki basınç gerilme yığılması çok daha belirgin olmaktadır. Büyük bir ihtimalle galerinin köşe noktaları civarında kırılma zonları oluşacaktır. [2]

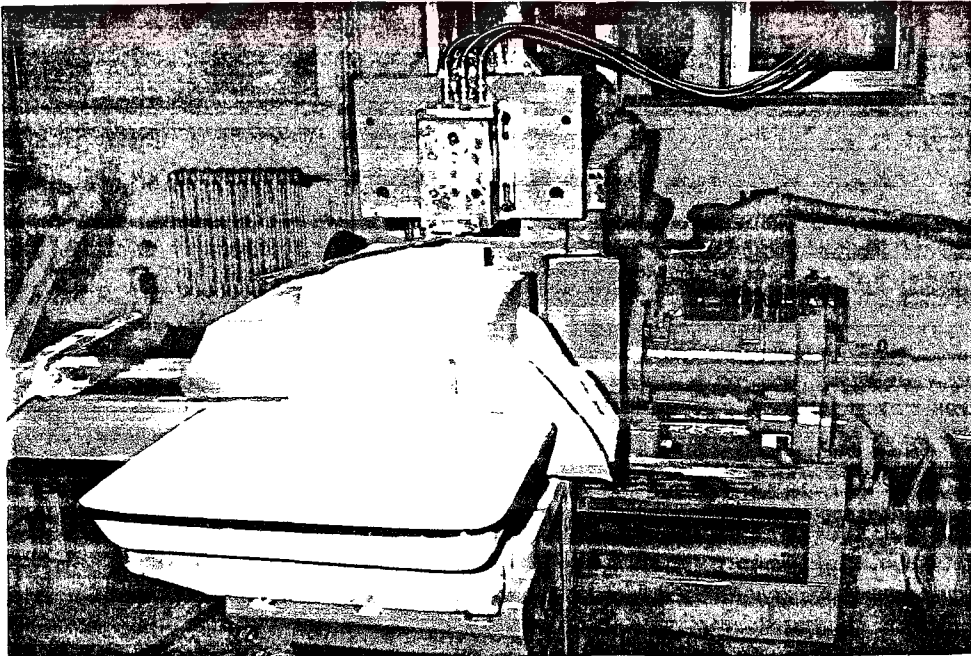


Şekil : 3.11 Dikdörtgen Kesitli Bir Galeride Gerilmelerin Yayılışı [2]

BÖLÜM 4. DENEYLERDE KULLANILAN MAKİNALAR VE DENEY DÜZENİĞİ

4.1 Planya'nın Tanıtımı

Deneylerde, kayaç numunesini kesecek keski ve buradan ortaya çıkacak olan kuvvetleri ölçecek dinamometrenin monte edilmiş olduğu bir planya makinası kullanılmıştır (Şekil 4.1). Planya makinası elektrik motoru ile tahrik edilmekte ve bu hareket makina kafasına kayış-kasnak sistemiyle iletilmektedir. Makinanın ileri-geri hareketli kafasına kama uçlu keski monte edilmiş olup kayaç üzerinde bir tur atmasıyla kesme işi gerçekleşmektedir. Planyanın 30*40*50 cm boyutlarında bloğu yerleştirmeye imkan verecek hareketli bir sehpa mevcuttur. Burada numune yanlardan mengene ile sıkıştırılmaktadır. Kafanın üzerinde keskiyi aşağı veya yukarı hareket ettirmek suretiyle kesme derinliğini ayarlamaya yarayan dişli mekanizması mevcuttur. Bu mekanizma aynı zamanda numunenin traşlanması sırasında kolaylık sağlamak ve aynı numune ile birçok deneyin yapılması mümkün olmaktadır. Numunenin sabitlendiği sehpa kısmı ile numune sağa-sola hareket ettirilerek keski arası mesafe ayarı yapılmaktadır.



Şekil 4.1 Planyanın Genel Görünüşü

4.2 Deneylerde Kullanılan Dinamometrenin Tanıtılması

Deneylerde İsviçre Kistler firması yapımı olan 9257 A tipi, birbirine dik üç yöndeki kuvvetlerin ölçülmesi için tasarlanmış piezoelektrik etki ile çalışan bir kuvvet ölçer kullanılmıştır. Dinamometre (Şekil 4.2)' de gösterilmiştir. Dinamometrenin okuduğu bu üç kuvvet kesme, normal ve yanal kuvvetleri temsil etmektedir. Çalışma prensibi, içindeki kuvars kristallerinin kuvvet altında kulon cinsinden yük açığa çıkarmasına dayanır.

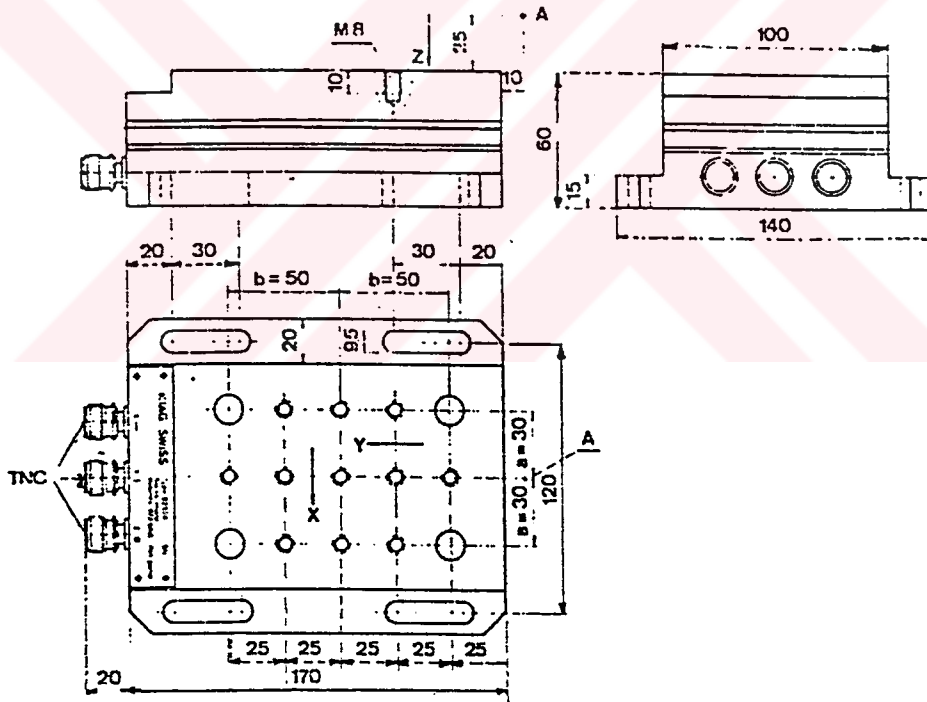


Şekil 4.2 Dinamometrenin Genel Görünüşü

Boyutları (Şekil 4.3)' de gösterilen cihazda kesici uç A noktasının dışına çıkmazsa 1 tonluk kesme kuvvetinin ölçülmesi mümkündür. Bu kadarlık ölçüm kapasitesi laboratuvarında yapılan deneyler için yeterlidir. [7]

Seçilen dinamometrenin teknik özellikleri aşağıda çıkarılmıştır.

(A) noktasındaki uygulama için ($F_X=F_Y=0.5 F_Z$)	= 10000 N
Aşırı yük kapasitesi	= % 50
Duyarlılık, piko kulon olarak : F_Z	= -3.5 pC/N
F_X, F_Y	= -7.5 pC/N
Titreşim Frekansı	= 4 kHz
Lineerlikte en fazla hata	= % ± 1
Kuvvetlerin birbirlerini etkilemeleri	= % 2
Her kanalın izolasyon direnci	= 140 pF
Ağırlık	= 5 kg
Çalışma ısı şartları	= -100/ +100 C°



Şekil 4.3 Dinamometrenin Boyutları

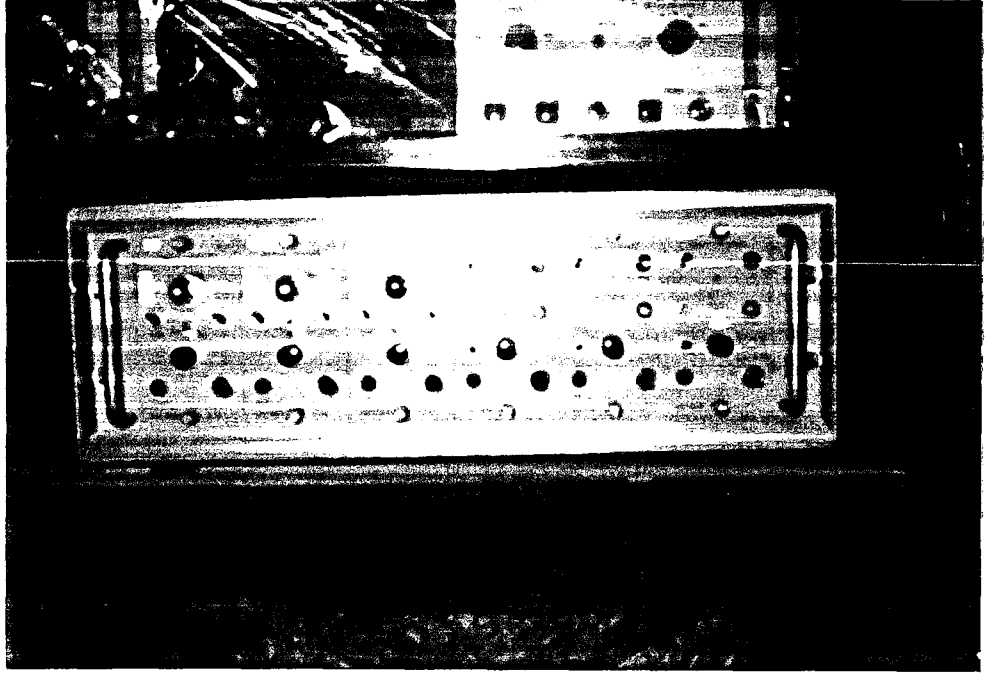
4.3.Charge (Yük) Amplifikatörü

Kistler Marka 5001 tipi yük amplifikatörü dinamometreden gelen kulon cinsinden elektrik yüklerini volta dönüştürmektedir (Şekil 4.4). Bu dönüştürme işlemi -10 volt ile + 10 volt arasında sınırlandırılmıştır. Herbirisi üç kuvveti (Kesme, Normal, Yanal) okuyan birbiriyle aynı üç amplifikatör yan yana bulunmaktadır. Amplifikatörün kullanımı sırasında ayarlanması gerekli bazı parametreler şunlardır: [8]

Measuring Ranges: Oran düğmesi kullanılarak 1,2,5 rakamlarının 10^1 - 10^4 katları olacak şekilde toplam 12 değişik ölçme oranı kullanmak mümkündür. Bu büyüklüklerle oynamak suretiyle dinamometrenin okuduğu herhangi bir kuvvetin yoğunluğu artırılabilen veya azaltılabilmektedir. Deneyler sırasında bu oranlar kesme, normal, yanal kuvvetler için sırasıyla 1000, 2000, 500 olarak uygun bulunmuştur.

Operate-Reset-Remote: Deneyler sırasında, amplifikatörün dinamometreden gelen verileri alabilmesi için operate pozisyonunda olması gereklidir. Operate açık iken cihaz kondansatörü tamamen boşaltmaktadır. Reset açık iken cihaz topraklanmış durumdadır ve kondansatör kısa devrededir. Bu durumda amplifikatörün çıkış voltajı 0 dır. Uzun bir süre ölçme yapılmayacaksa cihaz reset pozisyonunda tutulur. Remote açık iken cihaz uzaktan kumanda ile çalıştırılabilmektedir. Güç kesilmesi yada amplifikatörün kapatılması gibi durumlarda otomatik olarak reset konumuna gelir.

Short- Long- Medium: Bu komutlarla dinamometrenin okuduğu değerlerin sıklık ayarı yapılmaktadır. Deney sırasında kısa bir zaman aralığında çok değişkenlik gösteren değerler söz konusu olduğu için bu ayarlama önemlidir. Short pozisyonunda cihazın direnci $10^9 \Omega$ olmakta ve daha sık örnek olarak veri kaybolmamaktadır. Deneyler boyunca short direnci ile çalışılmıştır. Medium iken cihaz direnci $10^{11} \Omega$ dur. Long pozisyonunda direnç daha da artmakta, amplifikatör statik ölçmeler ile kalibrasyon amacıyla kullanılmaktadır.



Şekil 4.4. Charge Amplifikatörünün Genel Görünüşü

4.4. Deneylerde Kullanılan Bilgisayar Programları ve Makinalar

Kesme deneylerinde elde edilen dataların değerlendirilebilmesi ve grafiklere dökülebilmesi için ekipmanların son halkası olarak bazı bilgisayar makinalarından ve programlarından faydalanılmaktadır. Bu amaçla Maden Fakültesi Maden Makinaları Laboratuvarı'nda bulunan IBM PC-XT ve 486 DX-66 makinaları kullanılmıştır.

Burada önce PC-XT bilgisayarı daha sonra diğeri anlatılmıştır. PC-26 Analog dijital kart, bilgisayarda 8 bit'lik kart yuvasına takılmıştır. Deneylerde 12 bitlik A/D kartı kullanılmaktadır. Bu nedenle dinamometreden gelen yükü -10 Volt ile +10 Volt arasına çeviren amplifikatör verileri, $2^{12}=4096$ dijit haline (12 bit) dönüştürülebilmektedir. Bunun -10 V. ile +10 V. arasındaki 2048 adedi (-), 0 V. ile +10 V. arasındaki 2048 adedi ise (+) değerdedir. Deneylerde ters yönde kuvvet uygulanmadığından (+) işaretli 2048-4096 arası değerler değerlendirmeye alınmaktadır.

Veri erişim işlemlerinde PC-26 kartı için Dr. Sina Yazıcı tarafından yazılmış Turbo PASCAL 3.01 programlama dili kullanılmaktadır (EK.A). Burada toplam 30000 örnek, her birinden saniyede 2000 adet (2000 Hz frekanslı) olmak üzere 3 kanaldan alınmaktadır. Yani saniyede 6000 örnek alınmakta ve $30000/6000=5$ saniye boyunca örnek alma işlemi devam etmektedir. Kesme işlemi ise (kesici ucun numune üzerinde kazı yapması) yaklaşık olarak 0.5-1 saniye sürmektedir. Bu nedenle 5 saniye boyunca alınan örneklerden yalnızca kesmenin gerçekleştiği 0.5-1 saniye içine sığan kısmı değerlendirilip, diğerleri dikkate alınmamaktadır.

Bilgisayarın açılmasından itibaren izlenen adımlar şunlardır:

C:\> NC ↵ Burada NC yi açtıktan sonra içerisinde bulunan KART dosyasına girilir. KART dosyasında aşağıdaki alt dosyalar bulunur.

COAL-CUT
MURAT
PC-26
PC-28
YENİ

PC-26 : Kartla birlikte gelen standart programları içermektedir.

YENİ : Deneyde kullanılacak programları içermektedir.

Yeni dosyasına girildiğinde kullanılacak programlar şunlardır:

engpc 026 : Kesme Normal ve Yanal kuvvetlerdeki değişimleri charge amplifikatöre göre ayarlamak için kullanılır. Daha sonra NC de EDIT seçilerek ekranda kuvvetler görülür. Kuvvetlerdeki değişiklikler yazılarak SAVE yapılır.

ipc-26.com ↵ Seçildiğinde aşağıdaki program ekrana gelir.

Card Paskal Demo For the PC-26

By M.H. Popp 4/86

1= Sampling of channel 1 with 6000 Hz sampling rate !

2= Plot of max. 3 A/D channels

3= Print the values of the 16 A/D channels

4= Test trigger bit PORT B4

5= Interrupt controlled sampling channel 1

6= Return to TURBO EDITOR

Your choice = ?? =

Burada 2 seçilerek kesme, normal, yanal kuvvetler ekranda grafiksel olarak görülür. Buradan çıkmak için 6 seçilir.

pc26 xt1.com ↵

2059	1923	2031	decimal
0.05	-0.62	-0.08	volt

Bu programdan çıkmak için control-break yapılır.

pc26 xt2.com ↵ Seçildiğinde aşağıdaki program ekrana gelir.

DOSYA İSMİNİ GİRİN

AÇIKLAMA YAPIN

Kanal sayısı =3

Kanal başına maksimum örnek sayısı =2000

Toplam frekans =6000

Örnek arası =29

Asıl frekans =6017

Toplam örnek sayısı =29900

Kanal başına toplam örnek sayısı =9965

Maksimum örnekleme zamanı ,sn =4.97

Kalibrasyon=*2000*2000*2000= Kesme,normal,yanal

Örnekleme başladı

Örnekleme bitti

Çıkış Hazırlanıyor

Çıkış alındı

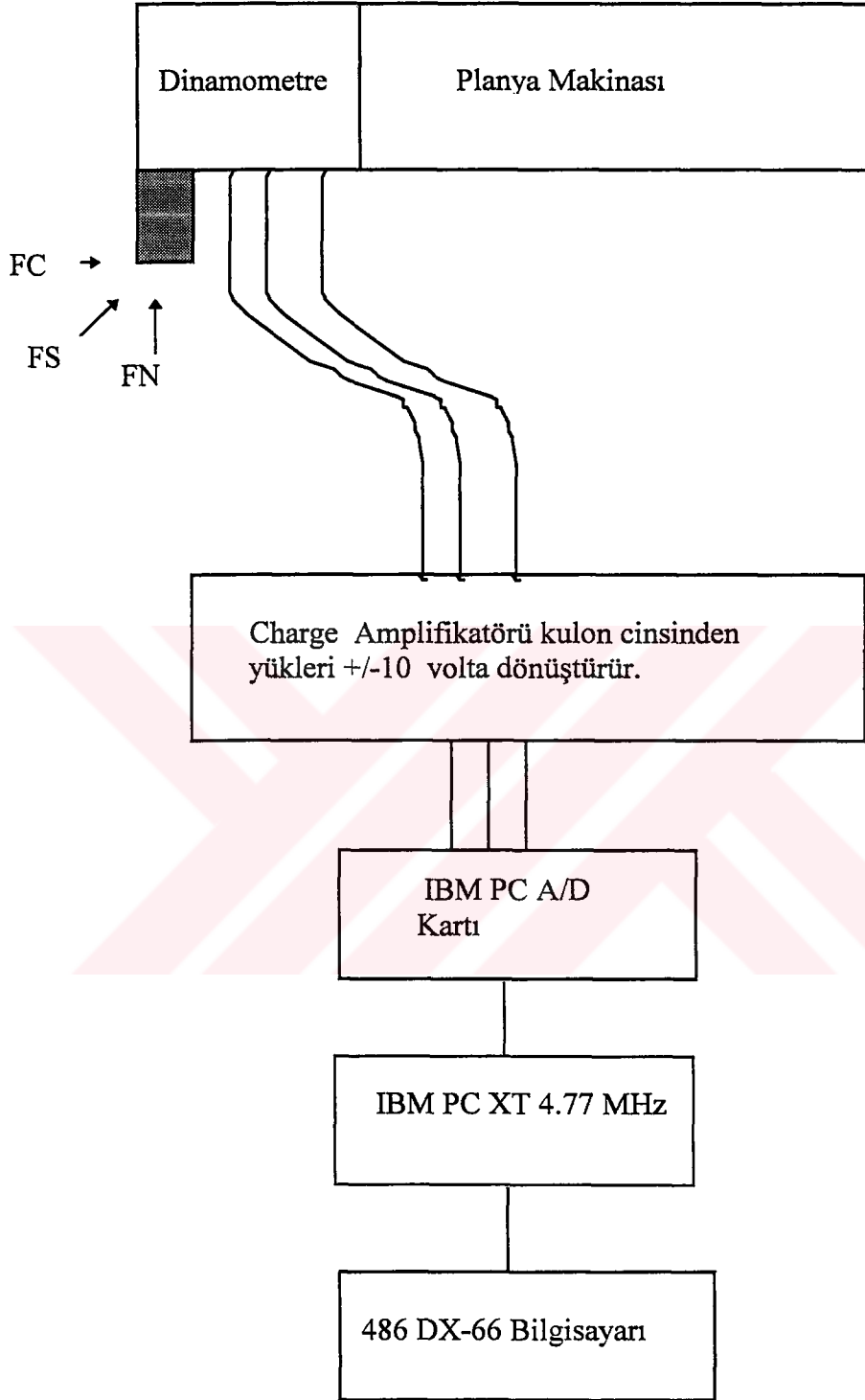
Girilen dosya ismine çıkış kaydedilir. Bilgisayar hafızasının yeterli olmamasından dolayı, kaydedilen çıkış dosyaları diskete alınır. Çıkış dosyalarının makinanın üzerinde bulunan 5.25 lik diskete sığdırılabilmesi için sıkıştırma programı uygulanır. Sıkıştırma programı aşağıdaki gibi yapılır:

C:\> Lha a başlangıçta girilen dosya adı ↵

Sıkıştırılan dosya diskete kopya edilerek daha hızlı çalışabilen ve dataların değerlendirilmesine imkan veren programların yüklü bulunduğu 486 DX-66 bilgisayarına taşınır. İki bilgisayarın floppy diskleri aynı olmadığından bu işlem için hard diskler arasında direkt bağlantı ile LL3 programı kullanılır.

486 DX-66 bilgisayarının hard diskine gelen sıkıştırılmış dosyalar burada açılır. EXCEL 4.0 ortamında, dijital voltaj olarak gelen değerler bir kalibrasyon katsayısı ile çarpılarak kg. cinsinden kuvvet değerlerine dönüştürülmektedir. Deneylerin değerlendirilmesi kuvvet cinsinden olan verilerle yapılır.

Gerçekleştirilen deneyler için kullanılmış olan bütün makinalar, kullanılış sıralarına göre şekil 4.5 de gösterilmiştir.



Şekil 4.5 Deneylerde Kullanılan Makinaların Kullanım Sırasına Göre Gösterimi

BÖLÜM 5. NUMUNE ÖZELLİKLERİ VE HAZIRLANMASI

Yanal basınçların keskiler üzerine etkilerinin incelenmesi amacıyla laboratuvarda kesme deneylerine tabi tutulacak numunenin özelliklerinin iyi bilinmesi ve standart olarak hazırlanması gerekmektedir. Bu nedenle temini ve hazırlanması pratik olan alçı numuneleriyle çalışmak uygun bulunmuştur. Bu bölümde, kullanılan malzemenin özelliklerine ve nasıl hazırlandığına değinilecektir.

5.1 Kullanılan Alçının Özellikleri

Deneylerde, TS 370 standardında Kartonpiyer Alçısı kullanılmıştır. TS 370 uyarınca yapılan fiziksel ve mekanik deney sonuçları ile üretici firma laboratuvarından alınan numunelerin elek analizi ve kimyasal analiz sonuçları aşağıda verilmiştir. [9]

Tablo 5.1 Alçının Fiziksel, Mekanik ve Kimyasal Özellikleri.

Fiziksel Özellikler		Mekanik Özellikler	
Özgül yüzey (cm^2/g)	7705	Basınç Muk. (Mpa)	12.3
Zahiri yoğunluk (g/l)	648	Eğilme Muk. (Mpa)	3.5
Sertlik (Shore D)	62	Kimyasal Analiz	
40 μm elekte kalan(%)	19.46		
80 μm elekte kalan (%)	0.36		
100 μm elekte kalan (%)	0.20		
Normal kıvam suyu (Ağır-%)	0.75	pH	6.48
Normal kıvam	1.33		
Priz başlangıcı (dak-san)	7'05''		
Priz süresi sonu (dak-san)	26'		

3.2 Numunenin Hazırlanması

Torbasından boşaltılan alçı bir terazide tartılarak su ile karıştırılacağı kaba alınmaktadır. Burada su ile karıştırılırken, numune içinde hava gözeneklerinin oluşmamasına dikkat edilmektedir. Alçı+Su karışımının hızlı bir şekilde donma özelliğinden dolayı zaman kaybetmeden kalıplara boşaltılır. Kalıplar 15*15*30 cm boyutlarında olup çelik saçtan özel olarak hazırlanmıştır (Şekil 5.1). Bu kalıplar, içinden numuneyi alırken kırılmaması için açılabilir.

Numune kalıp içerisinde 15 gün bekletilip, donarak belli bir basınç dayanımına ulaşması sağlanır. Karışım oranları Yük.Müh. Zekai Tuncer'in alçılar üzerine yaptığı araştırmaya dayanılarak seçilmiştir. [10]

Karışım oranı ve basınç dayanımı aşağıda verilmiştir.

Karışım:%60 Su +%40 Alçı

Sabitler:Suyun yoğunluğu(d_s)=1 g/cm³

Alçı yoğunluğu (d_a)=2.7 (g/cm³)

Kalıp hacmi (V_k)= $w \cdot h \cdot l = 15 \cdot 15 \cdot 30 \text{ cm} = 6750 \text{ cm}^3$

w:Genişlik

h:Yükseklik

l:Uzunluk

$$V_T = V_S + V_A$$

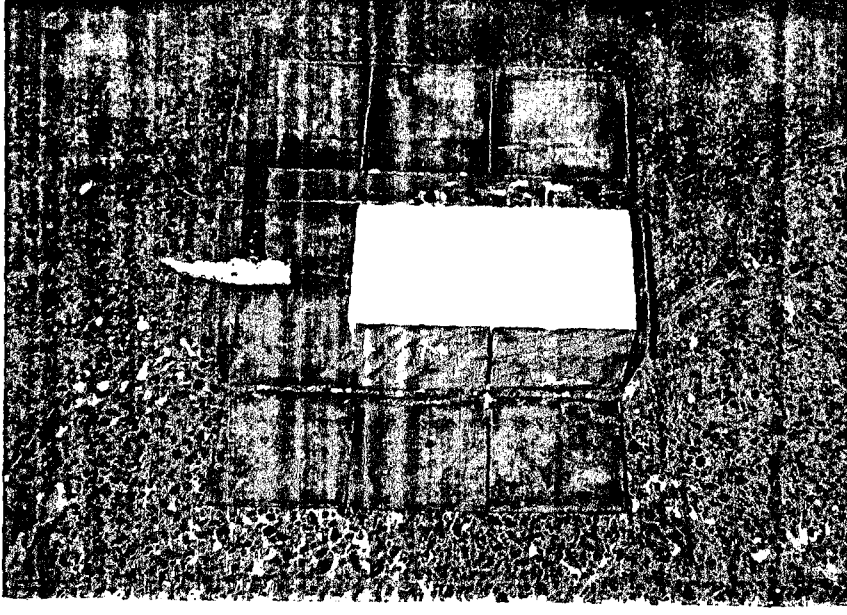
$$6750 = m_s / d_s + m_a / d_a \quad (m_s = 0.60 m_a)$$

$$6750 = 0.6 m_a + m_a / 2.7$$

$$6750 = (1.62 m_a + m_a) / 2.7$$

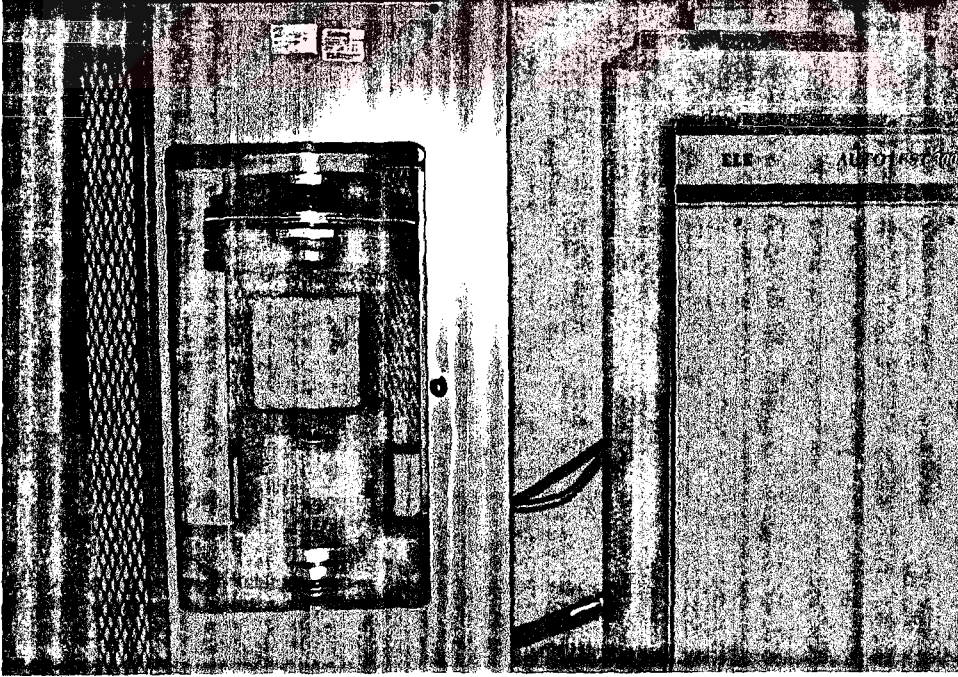
$$m_a = 6956.12 \text{ g.}$$

$$m_s = 4175.25 \text{ g.}$$



Şekil 5.1 Alçı Bloklarının Hazırlandığı Kalıplar

Bekleme süresi dolduktan sonra kalıptan alınan numunelerin tek eksenli basınç dayanımı dört ayrı numune üzerinde ölçülmüş ve ortalama 81.4 kg/cm^2 olarak bulunmuştur. Basınç dayanımı deneyleri, deney numuneleri ile eş zamanlı ve aynı şekilde hazırlanan $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}$ boyutlarında küp numuneleri ile yapılmıştır (Şekil 5.2).



Şekil 5.2 Alçının Basınç Dayanımının Ölçülmesi

BÖLÜM 6. DENEY ŞARTLARININ VE SONUÇLARININ ORTAYA KONULMASI

6.1 Giriş

İ.T.Ü Maden Fakültesi Maden Makinaları Laboratuvarlarında uygulanan kesme deneyleri Uluslararası Kaya Mekaniği Cemiyeti (ISRM) Kazılabilirlik değerlendirme komisyonu üyeleri tarafından kabul edilen standart kesme deneylerine uygundur. Bu yöntem uzun yıllar laboratuvar ve in-situ deney sonuçlarına dayanılarak geliştirilmiştir.[11]

6.2 Deney Şartları ve Uygulanışı

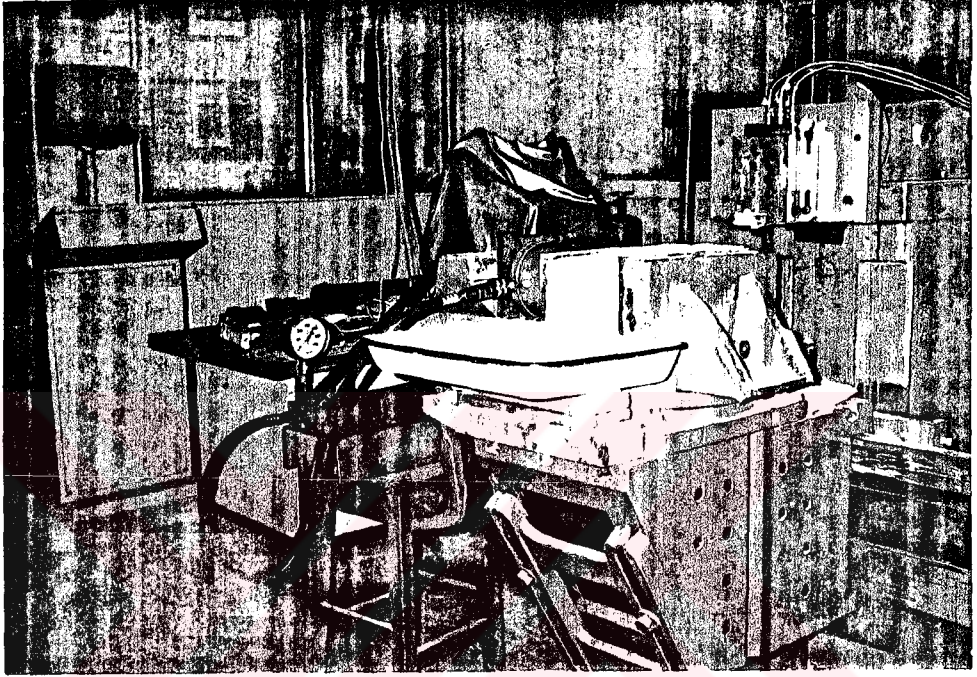
Pilot kazı setinde yapılan kesme deneylerinde aşağıdaki şartlar altında çalışılmıştır:

Kesme derinliği:	5 mm
Kesme açısı:	-5°
Keski genişliği:	12.5 mm
Keski ucu:	Tungsten karbid, %10 kobalt

Kesme deneyleri için laboratuvarda hazırlanmış olan alçı blokları (15*15*30 cm) öncelikle, (Şekil 6.1) de görüldüğü gibi planya kazı setinin mengenesi arasına yerleştirilmektedir. Alçının sıkıştırma yapılacak yüzeyleri ile aynı boyutlarda kesilmiş olan çelik plakalar, alçı ve mengene arasına düzgün bir temas yüzeyi sağlaması, yanal basıncın yayılı olarak iletilmesi için konulmuştur.

Yanal basıncı uygulayabilmek amacıyla el ile ayarlaması yapılan ve maksimum 600 kg/cm^2 basınç sağlayabilen PAKKENS marka hidrolik pistondan faydalanılmıştır.

Alçı numunesi öncelikle, yanal basınç uygulanmadan (0 kg/cm^2) kesilmiştir. Yanal basınç vererek kesmeye başlandığında alçı ile mengene arasına düzgün bir şekilde sıkıştırılan pistondan sırasıyla 25, 50, 75, 100, 125 kg/cm^2 basınçlar uygulanmıştır. 125 kg/cm^2 piston basıncı vererek yapılan deneylerde alçının parçalanması nedeniyle düzgün ölçme verileri toplanamadığından değerlendirmelere katılmamıştır.



Şekil 6.1 Kesme Deneyine Hazırlanmış Numune

Piston ile verilen basıncın alçı üzerinde birim alana etkiyen ve yanal basınç olarak kabul ettiğimiz değeri ise aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\text{Piston basıncı} = 25 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Piston yarıçapı} = 4.5 \text{ cm}$$

$$\text{Piston alanı} = 4.5^2 * \pi = 63.62 \text{ cm}^2$$

$$\text{Alçının temas alanı} = 11 * 26 \text{ cm} = 286 \text{ cm}^2$$

$$\text{Piston basıncı} * \text{Piston alanı} = 25 \text{ kg/cm}^2 * 63.62 \text{ cm}^2 = 1590.4 \text{ kg}$$

$$\text{Yanal basınç} = 1590.4 \text{ kg} / 286 \text{ cm}^2 = 5.56 \text{ kg/cm}^2$$

Aynı şekilde hesaplanan, piston basıncına karşılık gelen yanal basınç değerleri aşağıda sıralanmıştır.

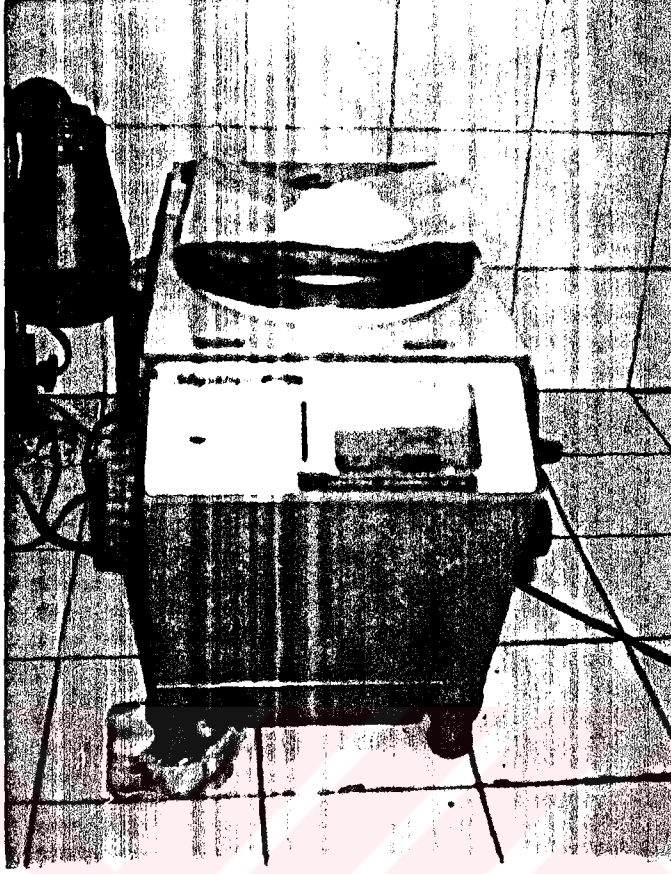
Piston basıncı	Yanal basınç
25 kg/cm ²	5.56 kg/cm ²
50 kg/cm ²	11.12 kg/cm ²
75 kg/cm ²	16.68 kg/cm ²
100 kg/cm ²	22.24 kg/cm ²

Alçının sehpa üzerine yerleştirilmesi ve yanal basıncın ayarlanmasından sonra kesme derinliği ayarı, keskiler arası mesafe ayarı yapılmaktadır. Deneyler boyunca kesme derinliği sabit olması gerektiğinden her deneyden sonra kesme derinliği kontrol edilerek 5 mm olacak şekilde ayar yapılır. Keskiler arası mesafe 0 mm ile 35 mm arasında değişken olup 0, 5, 10, 20, 35 mm olarak alınmaktadır. Bu durumda keskiler arası mesafenin kesme derinliğine olan oranı (s/d) yine sırasıyla 0, 1, 2, 4, 7 olarak değişmektedir.

Gerekli ayarlamalar tamamlandıktan sonra alçı kesme deneyine hazır duruma gelmiştir. Planya makinası hareket ettirilir ve alçı üzerinde bir gidiş-geliş hareketinden sonra durdurularak kesme tamamlanmış olur. Dinamometrenin okuduğu kuvvetler bölüm 4’de açıklandığı şekilde değerlendirilir. Kesme sırasında ortaya çıkan pasa tartım yapmak üzere alınır (Şekil 6.2). Kesme uzunluğunun da ölçülmesiyle bu değerler bize, birim uzunlukta kazılan alçı miktarını hesaplama imkanı verir.

6.3 Deney Sonuçlarının İrdelenmesi

Yanal basınçların, keskilerin kesme performansı üzerindeki etkilerini incelemek amacı ile yapılan deneyler bize aşağıda açıklanan ilişkilerin var olduğunu göstermiştir.



Şekil 6.2 Kesme sonucu çıkan pasanın tartılması

Toplam olarak yapılan 87 deneyden elde edilen sonuçların aynı şartlar altında yapılanlarının ortalama değerleri ve değerlendirmeye alınan deney numaraları Tablo.2 de toplu olarak gösterilmiştir. Burada geçen ortalama kesme kuvveti (FC), ortalama normal kuvvet (FN), Spesifik enerji (SE), Birim uzunlukta çıkan pasa miktarı (Q), Keskiler arası mesafenin kesme derinliğine oranı (s/d) değerleri Ek B kısmında verilmiş olan grafiklerden alınmıştır.

Spesifik enerji ile s/d oranının yanıl basınçlarla nasıl değiştiği incelendiğinde; (Şekil 6.3 a,b) de görüldüğü gibi 0 ve 5.56 kg/cm^2 yanıl basınçları için optimum s/d oranı 1 dir. Oysa bu oran yanıl basıncın 11.12 kg/cm^2 ye yükseltilerek alçı numunesinin basınç dayanımının $1/8$ ' ine ulaşmasıyla 2 olmuştur.

Aynı şekilde 16.68 ve 22.24 kg/cm² yanal basınçlar için s/d 2' ye (Şekil 6.3. c,d,e) çıkmıştır. Çok sert bir yapıya sahip olmayan alçı numuneleri kesme sırasında yanal basınçların etkisiyle optimum s/d oranında değişiklik göstermiştir.

s/d oranının 0 olduğu durumda keskinin bir yüzü serbest olduğundan fazla sürtünme kuvvetine maruz kalmamakta ve bu yüzden de kesme kuvveti düşük çıkmaktadır. Kesme kuvvetinin düşük olması spesifik enerji değerinin düşük olması sonucunu doğurmuştur.

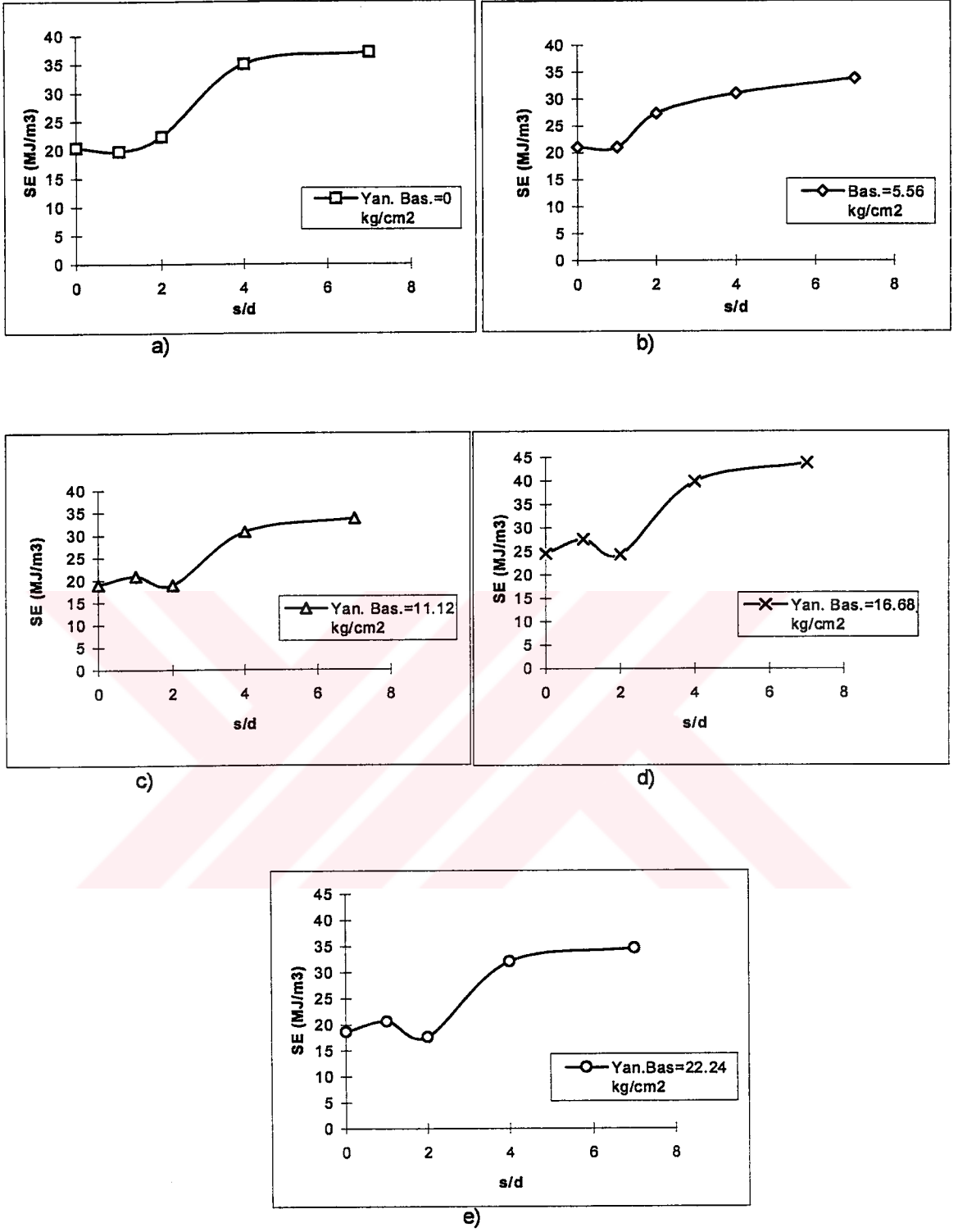
Yanal basınçların birim hacimdeki kayacı kesmek için harcanan enerji olan spesifik enerji değerini nasıl değiştirdiğini (Şekil 6.4.)' de gözlemek mümkündür.

Spesifik enerji belli bir basınç değerine kadar ya birbirine yakın değerler vermekte yada bir miktar artmaktadır. Bu aralıkta kesilen alçı numunesi basıncın etkisi ile sıkışmaya zorlanmakta, içinde bulunan kılcal süreksizlikler kapanmaktadır. Bundan sonra spesifik enerji yükselmekte ve yanal basınç değeri 16.68 kg/cm² olduğunda maksimum değerini almaktadır. Yanal basınç arttırılmaya devam edildikçe bu sefer alçı dayanımını kaybederek zayıflamaktadır. Bu zayıflama kesme kuvvetlerini düşürdüğünden spesifik enerji değeride düşmeye başlamaktadır. Keskiler arası mesafenin s=10 mm olduğu yani s/d oranının 2 olduğu durumda alçının sıkışması ve tekrar zayıflaması olayının birbirinden kesin sınırlarla ayrılmadığı görülmektedir (Şekil 6.4. c) .

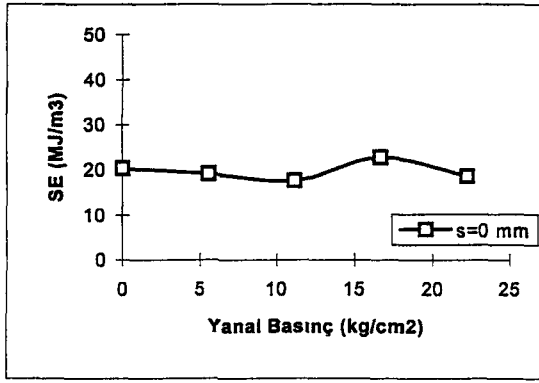
Bu şekilden keskiler arası mesafenin 0, 5, 10, 20, 35 mm olmasına bağlı olarak spesifik enerjinin sürekli daha yüksek değerler aldığı görülmektedir.

Tablo 5.1 Yapılan Deneylerin Numaraları ve Sonuçlarının Ortalamaları

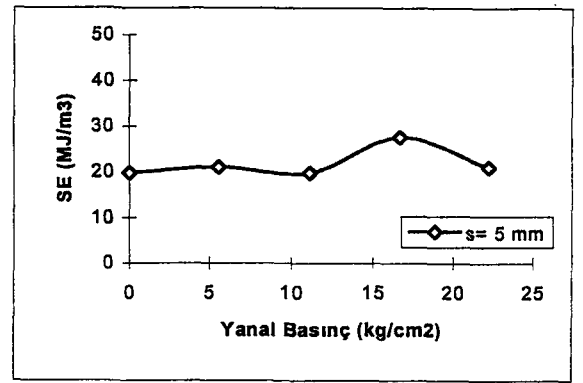
Deney No	s (mm)	S/D	Y. Basınç (kg/cm ²)	FC (kg)	FN (kg)	FS (kg)	Q (m ³ /km)	SE (MJ/m ³)
2,3,4,5	0	0	0	139.25	54.1	-10.12	0.067	20.38
22,23,30	0	0	5.56	134.3	49.8	9.3	0.071	19.17
36,38,44	0	0	11.12	103.2	38.9	6.7	0.066	17.62
51,52,58	0	0	16.68	127.5	49.4	8.4	0.055	22.78
66,67,72	0	0	22.24	114.4	45	10.8	0.062	18.63
6,7,9	5	1	0	184.87	83.77	-9	0.093	19.74
31,32,33	5	1	5.56	214.97	91.4	10.8	0.1	20.99
47,48,49	5	1	11.12	197.73	81.73	7.8	0.093	19.74
61,62	5	1	16.68	287.8	131.8	9.6	0.11	27.54
73,74,75	5	1	22.24	206.6	88.5	12.8	0.1	20.99
11,12,14	10	2	0	230.43	113.33	-6	0.1	20.66
24,25,34	10	2	5.56	248.3	108.8	4.2	0.095	27.35
37,40,49	10	2	11.12	177.6	76.2	2.73	0.098	18.97
53,55,63	10	2	16.68	253.03	117.5	9.57	0.104	24.31
68,69,76	10	2	22.24	189.9	86.3	3.6	0.106	17.61
18,19,20	20	4	0	277.73	145.4	-0.33	0.035	35.03
27,28,35	20	4	5.56	255.8	123.07	-0.87	0.082	31.06
41,42,50	20	4	11.12	198.05	79.7	-2.35	0.08	30.75
56,57,64	20	4	16.68	331.35	166.1	-5.2	0.08	39.88
77,78,79	20	4	22.24	241.37	112.43	-0.87	0.074	32.05
1,8,10,15	35	7	0	258.88	141.78	1.75	0.072	37.08
21,26,29	35	7	5.56	250.8	119.2	-2.35	0.073	33.8
39,43,45	35	7	11.12	321.9	161.5	0.65	0.079	33.7
54,59,60	35	7	16.68	383.2	194.6	-1.45	0.086	43.8
65,70,71	35	7	22.24	338.4	185.2	-2.1	0.097	34.6



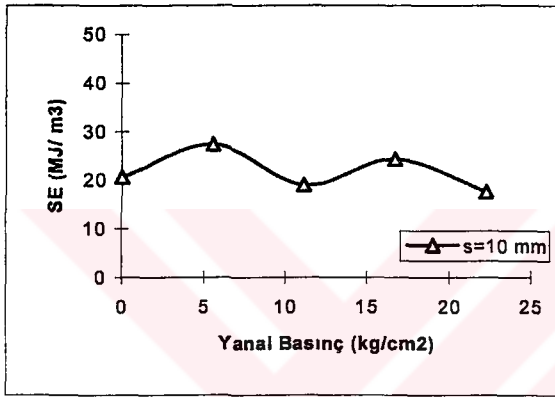
Şekil 6.3. Spesifik Enerji İle s/d Oranının Basınçlarla Değişimi



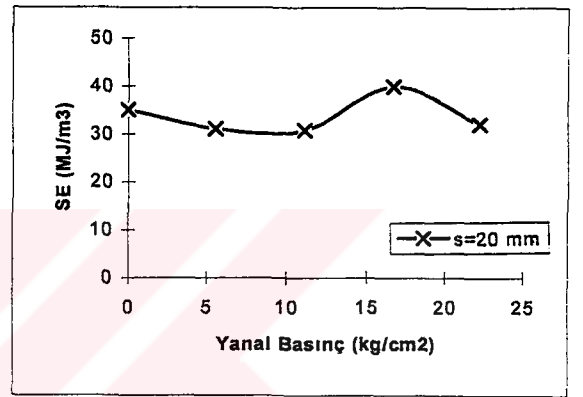
a)



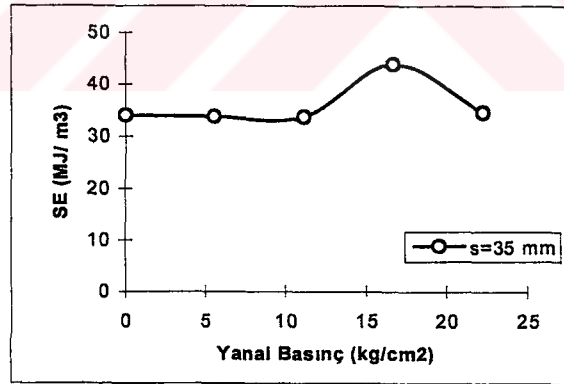
b)



c)



d)



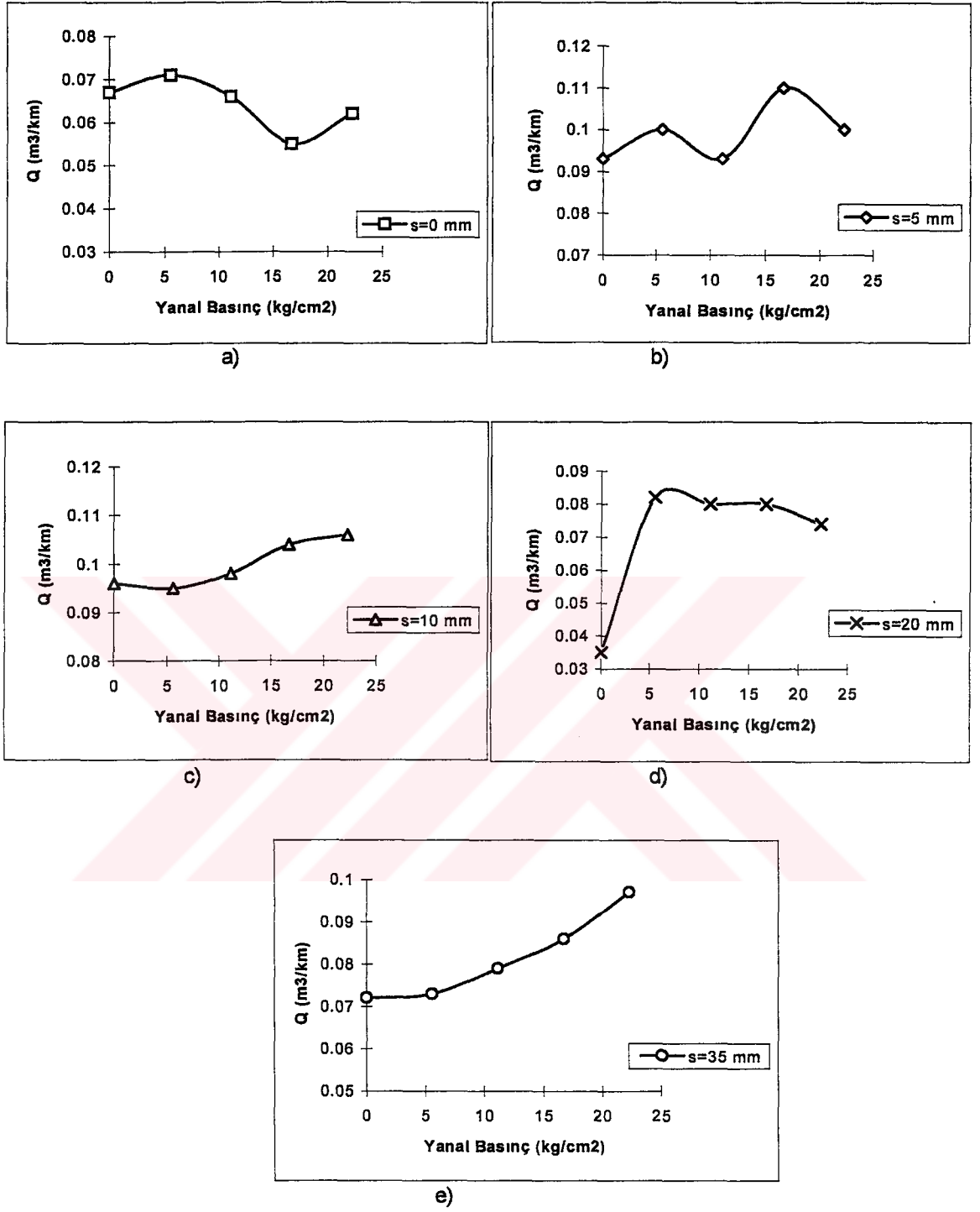
e)

Şekil 6.4 Spesifik Enerjinin Yanal Basınçla Değişimi

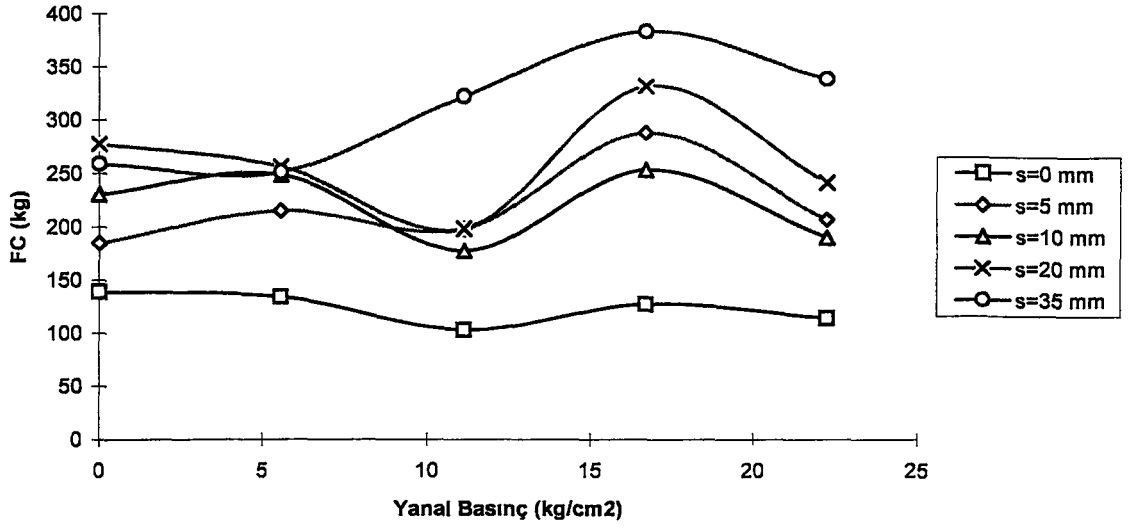
Yanal basınçlar birim uzunlukta kesilen alçı miktarını tayin etmede önemli rol oynamaktadırlar. Şekil 6.5 incelendiğinde yanal basınçlardaki artışların keskiler arası mesafenin 0 mm ve 5 mm olması durumunda kesilen alçı miktarını önce azalttığı daha sonra ise arttırdığı görülmektedir. Keskiler arasındaki köprü genişliği az iken yanal basınçlar burada önce alçıyı sıkıştırmaktadır. Basıncın artmasıyla bu sıkışan kısımlar parçalar halinde koparak Q değerini yükseltmektedirler. Keskiler arası mesafenin 10 mm' den büyük olması durumunda, uygulanan yanal basınçların artması ile birim uzunlukta kesilen alçı miktarının arttığı görülmektedir. Burada yanal basınç kesmeye direkt olarak yardımcı olmaktadır.

Şekil 6.6 ve Şekil 6.7' de yanal basınçların ortalama kesme ve ortalama normal kuvvetleri nasıl değiştirdiği görülmektedir. Her iki kuvvetinde yanal basınçla birbirine benzer şekilde değişim gösterdikleri görülmektedir. Kesme ve normal kuvvetleri düşük basınç değerlerinde fazla bir değişim göstermeyip sabit kalmaktadırlar .0 kg/cm² yanal basınçta kesme kuvvetleri ve normal kuvvetler keskiler arası mesafenin büyümesine paralel olarak artış göstermişlerdir. Grafiklerden görüldüğü gibi keskiler arası mesafe 5, 10, 20 mm iken kuvvet değerleri birbirine yakın olup basınç artışına göre benzer değişimleri göstermişlerdir. Ancak keskiler arası mesafenin 0 mm olduğu yani bir kesme yüzünün serbest olması durumunda yapılan kesmelerle keskilerin birbirini etkilemeyecek kadar uzak olması (s=35 mm) durumunda yapılan kesme deneylerinde, kesme ve normal kuvvetleri diğerlerinden farklı durumdadır. Beklendiği gibi s=0 mm de kuvvetler en düşük s=35 mm de en yüksek değerleri almışlardır.

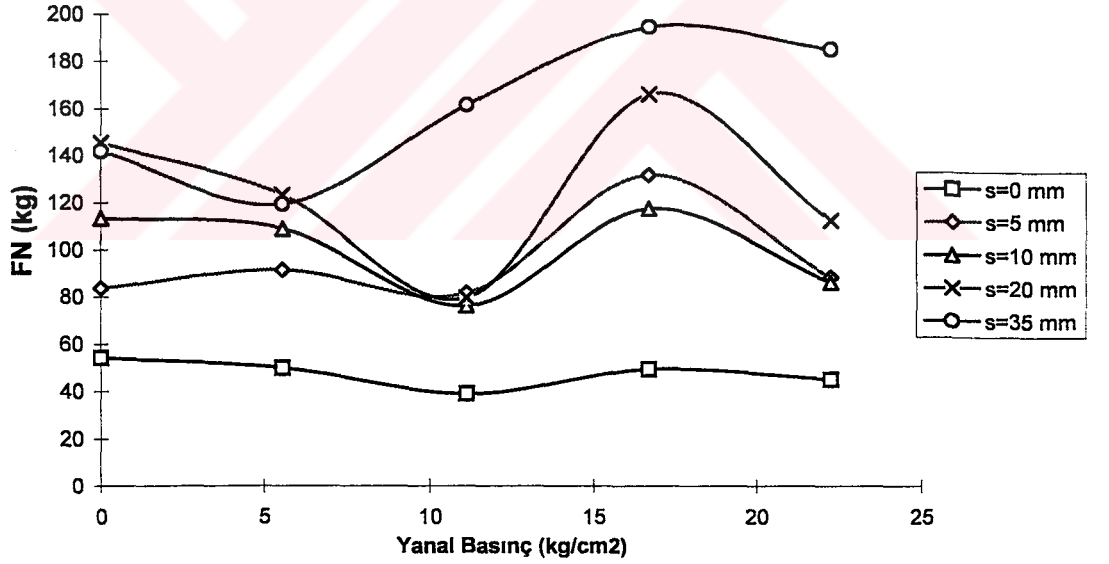
Yanal basıncın 16.68 kg/cm² olduğu durumda keskiler arası mesafe ne olursa olsun, maksimum kesme ve normal kuvvetler ortaya çıkmaktadır. Spesifik enerjinin yanal basınçla değişimi incelenirken de söylendiği gibi bu basınç değeri alçının sıkışarak en kompakt hale geldiği durumu göstermektedir.



Şekil 6.5 Yanal Basınçların Birim Uzunlukta Kesilen Alçı Hacmi İle İlişkisi



Şekil 6.6 Kesme Kuvvetinin Yanal Basınçla Değişimi



Şekil 6.7 Normal Kuvvetin Yanal Basınçla Değişimi

SONUÇLAR

Alçı numuneleri üzerinde yapılan kesme deneyleri, yanal basınçların keskinlerin kesme performansı üzerinde etkili olduklarını göstermiş ve aşağıdaki sonuçları vermiştir:

Yanal basınçlar kazı makinalarının kesici kafa dizaynında önemli olan ve makina performansını etkileyen optimum s/d' yi, yani keskinler arası mesafenin kesme derinliğine olan oranını etkilemektedir. Alçı üzerinde 0 ve 5.56 kg/cm² yanal basınç uygulandığında bu oran 1 olarak gerçekleşmiş, ancak yanal basıncın 11.12 kg/cm² ye çıkarılmasıyla s/d 2 olmuştur. Bu yanal basınç değeri numunenin basınç dayanımının 1/8 ine eşittir. 16.68 ve 22.24 kg/cm² yanal basınçları içinde yine s/d 2 olarak sabit kalmıştır. Böylece, yüksek yanal basınçlı alanlarda kazı makinasının keskinleri arasındaki mesafenin açılabilceğı söylenebilir.

Alçı numunesi kesilirken yanal basınç değışimlerinin kesme ve normal kuvvetleri üzerinde de etkili olduğı görölmüştür. 0 kg/cm² yanal basınçta maksimum kesme kuvveti minimum kesme kuvvetinin 1.8 katıdır. Kuvvetlerin keskinler arası mesafenin her durumu için maksimum olduğı 16.68 kg/cm² yanal basınçta, s=35 mm deki kesme kuvvetinin s=0 mm için olan kesme kuvvetine oranı 3 tür.

Normal kuvvetlerin değışimini incelediğimizde; 0 kg/cm² yanal basınçta maksimum ile minimum kuvvetlerin birbirine oranı 2.6 dır. Aynı oran 16.68 kg/cm² yanal basınçta yaklaşık 4 olmaktadır. Burada maksimum kuvvet s=35 mm ve minimum kuvvet s=0 mm de görölmektedir. Burada, yanal basıncın normal kuvvetler üzerinde kesme kuvvetlerinden daha etkili olduğı söylenebilir. Yanal basınç 16.68 kg/cm² oluncaya kadar, basıncın etkisi ile alçının sıkıştığı, kompakt hale geldiğı ve kesme için gerekli kuvvetlerin buna bağılı olarak yükseldiğı görölmektedir.

Ancak alçı daha fazla sıkışamıyacak duruma geldiğinde yanal basıncın artması düşük kesme kuvvetleri ile kazıya imkan vermektedir. Çizilen grafiklerde 22.24 kg/cm^2 yanal basınç için 16.68 kg/cm^2 dekinden daha düşük kuvvetler görülmektedir. .

Yeraltı kazılarında, spesifik enerjinin hesaplanması yani birim hacimdeki kayacı kesmek için harcanan enerjinin bilinmesi kazı performansını değerlendirmek için zorunluluktur. Yanal basınçların spesifik enerjiyi ne kadar etkilediğini incelediğimizde; deneylerde yanal basınç olarak uyguladığımız $0-16.68 \text{ kg/cm}^2$ basınç aralığında spesifik enerjinin genel olarak arttığını görmekteyiz. Çünkü bu aralıkta, önceki paragrafta da açıklandığı gibi kesme kuvvetleri de artmaktadır.

Yanal basıncın 22.24 kg/cm^2 olması ile kesme kuvvetleri düşerken, kesme yapılan yüzeyden alçının büyük parçalar halinde koptuğu gözlenmiştir. Çünkü alçı yüksek yanal basınç altında serbest yüzeye doğru genişlemeye çalışmaktadır.

Yanal basınç değişimleri ile birim uzunlukta kazılan alçı miktarı arasında önemli bir ilişki vardır. Keskiler arası mesafe 0 ve 5 mm değerlerinde iken düşük yanal basınçlar öncelikle keskiler arasındaki köprüyü keskiye doğru sıkıştırmakta ve patlama açısını küçültmektedir. Bu yüzden kesilen alçı hacmi düşüktür. Ancak yanal basıncın yükselmesi ile belli bir değerden sonra sıkışan kısımlar dağılmakta ve Q değeri yükselmektedir. Keskiler arası mesafe 10, 20, 35 mm şeklinde arttırılınca yanal basınç doğrudan keskiye yardımcı olmuştur. Yanal basınç artışları ile kesilen alçı miktarı bağlı olarak artmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] YÜZER, E. ,VARDAR, M., “ Kayalarda Gerilme Durumları”, Kaya Mekanığı Kitabı, Sayfa 9-12, 1986
- [2] BİRÖN, C. ,ARIOĞLU, E., Madenlerde Tahkimat İşleri ve Tasarımı Birsen Yayınevi, Sayfa 84-94 , İstanbul-1980
- [3] SYD S. Peng, Design of Underground Single and Multiple Openings, Coal Mine Ground Control , Page 101-102, May-1978
- [4] BRADY, B.H.G., BROWN, E.T., “Results of in-situ Stress Measurements”, Rock Mechanics for Underground Mining, Page 149-150
- [5] HERGET, G., Changes of Ground Stresses with depth in the Canadian Shield, Rock Stress and Rock Stress Measurements , Stockholm, Page 61-67, September-1986
- [6] NASUF, E.. ,Tabaka Kontrolu, Ders Notları , Sayfa 22-31, 1995
- [7] SHAHRİAR, K., Madenlerde Mekanize Kazı İçin Bir Ölçme Sisteminin Geliştirilmesi ve T.T.K Amasra Kömür Bölgesine Uygulanışı, Doktora Çalışması,İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, 1987
- [8] Piezo-Messtechnic KİSTLER, Charge Amplifier Type 5001
- [9] ERSOY, H. Y.,Y. Mim., Alçı- Sünger Taşı Camı Lifi Kompoziti, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Matbaası, 1985
- [10] TUNCEL, Z., Yeraltı Kömür Madenciliğinde Alçıtaşlarının Yangın Barajı Malzemesi Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Yayınlanmamış Doktora Çalışması, 1995

- [11] BİLGİN, N., İnşaat ve Maden Mühendisleri İçin Uygulamalı Kazı Mekaniği, Birsan Yayınevi, İstanbul-1989
- [12] ESKİKAYA, Ş., BİLGİN, N., YAZICI, S., ERGİN, H. ,Barit Maden Türk A.Ş. Sivas Ulaş Sölestit İşletmesi Cevher ve Yankayaçlarının Kesilebilirlik Etüdü, Ocak-1995





EK A. 1

```
(*****
(*)
(*)      PC - 26 KARTI ICIN      (*)
(*)      HIZLI VERI TOPLAMA PROGRAMI  (*)
(*)      (*)                      (*)
(*)      (*)                      (*)
(*)      (*)                      (*)
(*)      Doc. Dr. SINA YAZICI      (*)
(*)      (*)                      (*)
(*)      24/12/1994              (*)
(*)      (*)                      (*)
(*) *****)
```

Program PC28;

TYPE

byte_array = ARRAY[-32000..29500] OF BYTE;

VAR

TrueFrequ:REAL;

a,b:REAL;

NoCh,NoS,SIdelay,ChMin:INTEGER;

MaxNoSpch,Frequ,Sample_Time,TotNoSpCh:REAL;

calfac,aciklama:string[40];

filename:string[12];

file1:TEXT;

file2:TEXT;

samples:byte_array;

(*****)

Procedure Title;

BEGIN

Clrscr;

GOTOXY(17,12);

Writeln(' PC-26 KARTI KANAL OLCME PROGRAMI');

GOTOXY(17,14);

Writeln(' Doc. Dr. Sina YAZICI');

GOTOXY(17,16);

Writeln(' ');

GOTOXY(17,22);

Writeln(' 24/12/1994');

```

WHILE KEYPRESSED=FALSE DO
  BEGIN
  END;
END;

```

```

(*****

```

```

FUNCTION timing (Frequ:REAL): INTEGER;

```

```

(* This function determines the value of SI needed by the Assembler program
to produce a delay between samples such that the sampling frequency
can be determined and changed. *)

```

```

BEGIN
  timing:=ROUND((1/Frequ*1E+3 * b + a));
END;

```

```

(*****

```

```

PROCEDURE mcsample (VAR samples:byte_array; VAR SIDelay,NoCh,ChMin,
                    NoS:INTEGER);EXTERNAL 'MCsample.COM';

```

```

(*****

```

```

PROCEDURE define_system;

```

```

BEGIN
(* 4.77 MHz Max frequency = 16700 *)

```

```

  Frequ:=MaxNoSpCh*NoCh;
  a:=-14.7368;
  b:=263.1579;
  SIDelay:=timing(Frequ);
  TrueFrequ:=1E+03/((SIDelay-a)/b);
  NoS:=29900;
  Sample_time:=NoS/TrueFrequ;
  ChMin:=4;
  TotNoSpCh:=Int(NoS/NoCh)-1;

```

```

  Writeln('Kanal sayisi= ',NoCh);
  Writeln('Kanal basina maksimum ornek sayisi= ',MaxNoSpCh:6:0);
  Writeln('Toplam frekans= ',Frequ:6:0);
  Writeln('Ornek arasi= ',SIDelay);
  Writeln('Asil frekans= ',TrueFrequ:6:0);
  Writeln('Toplam ornek sayisi= ',NoS);

```

```

Writeln('Kanal basina toplam ornek sayisi = ',TotNoSpCh:6:0);
Writeln('Maksimum ornekleme zamani, sn = ',Sample_time:5:2);
Writeln('Kalibrasyon= ',calfac);
Writeln;

```

```

Writeln(file1,'Kanal sayisi= ',NoCh);
Writeln(file1,'Kanal basina saniyede maksimum ornek sayisi= ',MaxNoSpCh:6:0);
Writeln(file1,'Toplam frekans= ',Frequ:6:0);
Writeln(file1,'Ornek arasi= ',SIdelay);
Writeln(file1,'Asil frekans= ',TrueFrequ:6:0);
Writeln(file1,'Toplam ornek sayisi= ',NoS);

```

```

Writeln(file1,'Kanal basina toplam ornek sayisi = ',TotNoSpCh:6:0);
Writeln(file1,'Maksimum ornekleme zamani, sn = ',Sample_time:5:2);
Writeln(file1,'Kalibrasyon faktorleri= ',calfac);
Writeln(file1,'Aciklama= ',aciklama);
Writeln(file1, TotNoSpCh:6:0);
Writeln(file1);

```

```

END; (* define_system *)

```

```

(*****

```

```

PROCEDURE advalue;
VAR
  I,J:INTEGER;
  ADvalue1, ADvalue2, ADvalue3:INTEGER;

```

```

BEGIN

```

```

  I:=-32000+2;
  J:=0;

```

```

  IF NoCh=1 THEN
    WHILE I<-32000+(NoS*2)+2 DO
      BEGIN
        ADvalue1:=(samples[I+1] AND $0F) * 256 + samples[I];
        I:=I+2;

```

```

        Writeln(file1,ADvalue1:4);
      END;

```

```

IF NoCh=2 THEN
WHILE I<-32000+(NoS*2)+2 DO
BEGIN
  ADvalue1:=(samples[I+1] AND $0F) * 256 + samples[I];
  I:=I+2;
  ADvalue2:=(samples[I+1] AND $0F) * 256 + samples[I];
  I:=I+2;

  Writeln(file1,ADvalue1:4,' ',Advalue2:4);
END;

```

```

IF NoCh=3 THEN
WHILE I<-32000+(NoS*2)+2 DO
BEGIN
  ADvalue1:=(samples[I+1] AND $0F) * 256 + samples[I];
  I:=I+2;
  ADvalue2:=(samples[I+1] AND $0F) * 256 + samples[I];
  I:=I+2;
  ADvalue3:=(samples[I+1] AND $0F) * 256 + samples[I];
  I:=I+2;

  Writeln(file1,ADvalue1:4,' ',Advalue2:4,' ',ADvalue3:4);
END;

```

```

CLOSE(file1);
END;

```

```

(*****)

```

```

BEGIN
  Title;
  Clrscr;
  Writeln('DOSYA ISMINI GIRIN');
  Readln(filename);
  IF filename="" THEN ASSIGN(file1,'dosyal')
  ELSE ASSIGN(file1,filename);
  REWRITE(file1);
  ASSIGN(file2,'cngpc26');
  Reset(file2);
  Read(file2, calfac);
  Read(file2, MaxNoSpCh);
  Read(file2, NoCh);
  Writeln('ACIKLAMA YAPIN');
  Readln(aciklama);

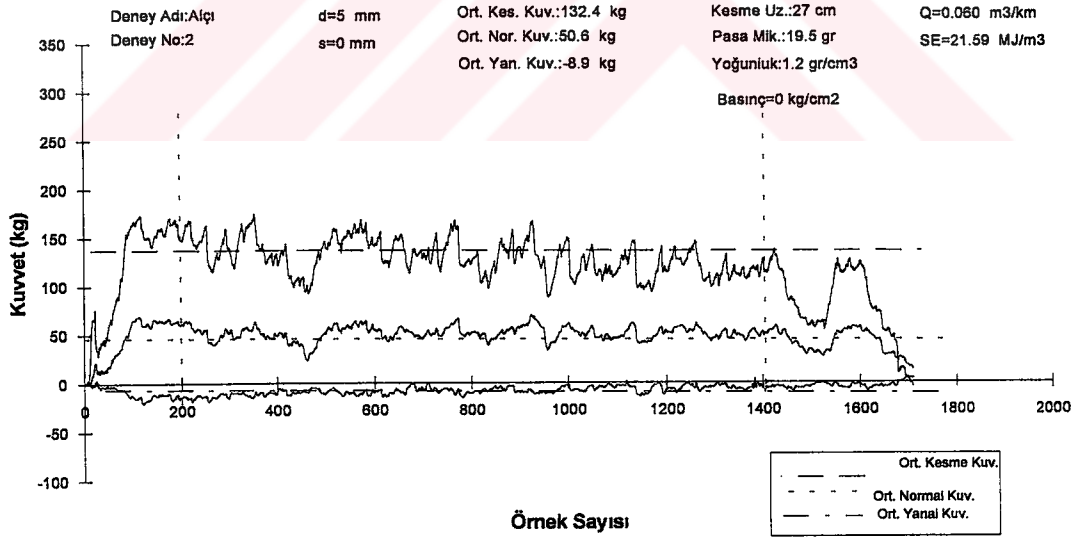
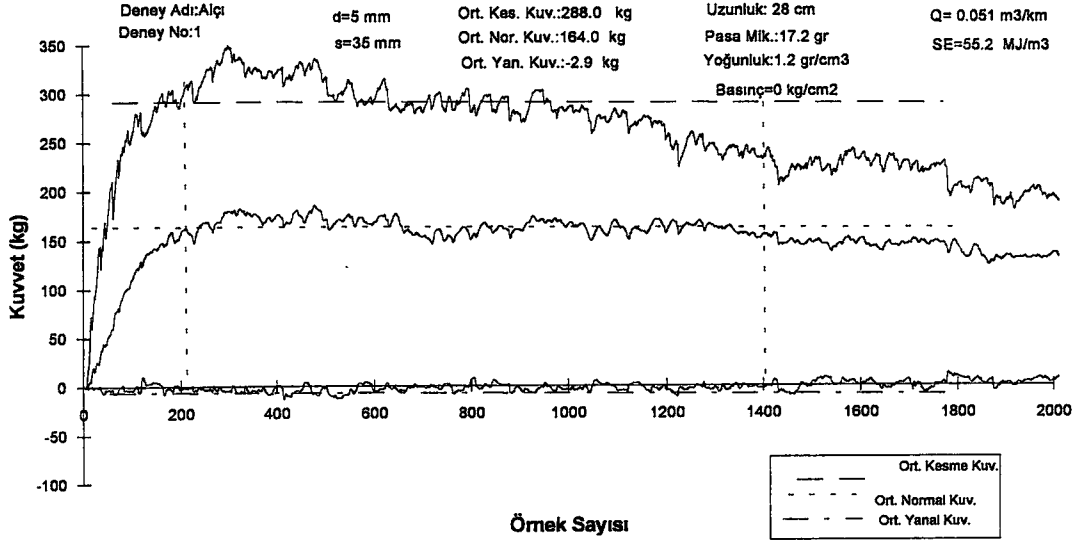
```

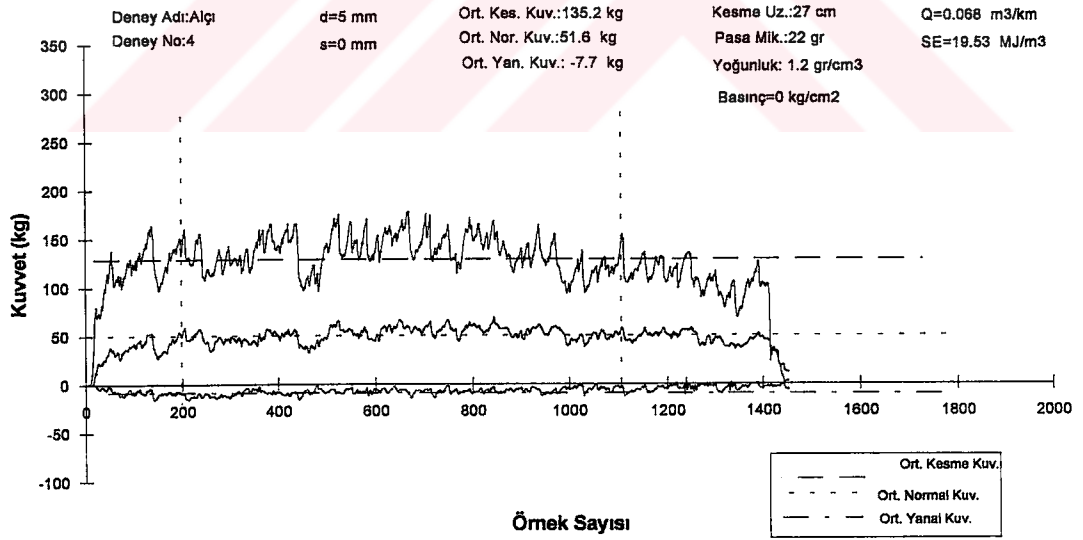
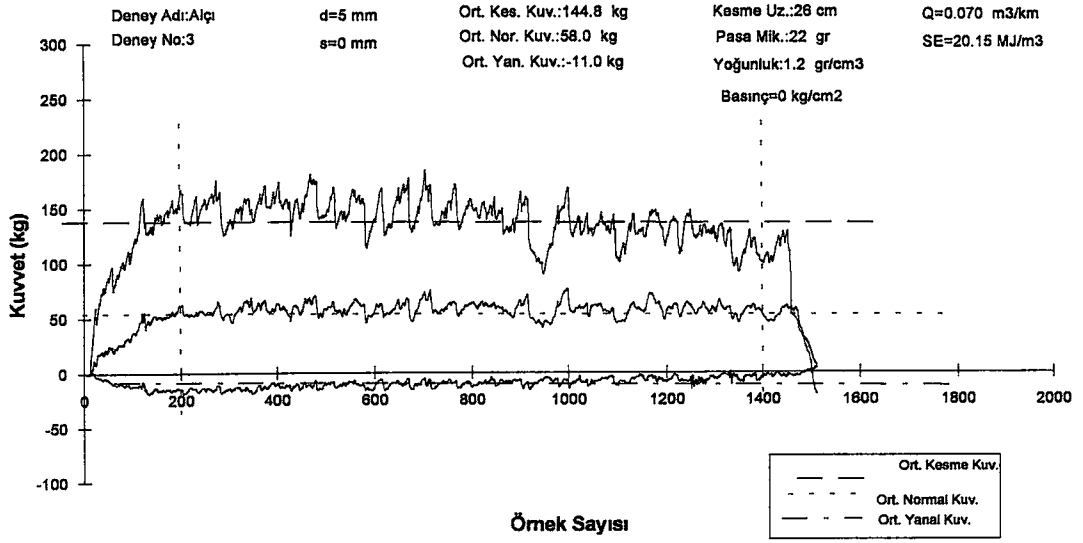
```
define_system;  
Writeln;  
Writeln('ORNEKLEME BASLADI');  
mcsample(samples,SIDelay,NoCh,ChMin,NoS);  
Writeln('ORNEKLEME BITTI');  
Writeln;  
Writeln('CIKIS HAZIRLANIYOR');  
advalue;  
Writeln('CIKIS ALINDI');  
END.
```

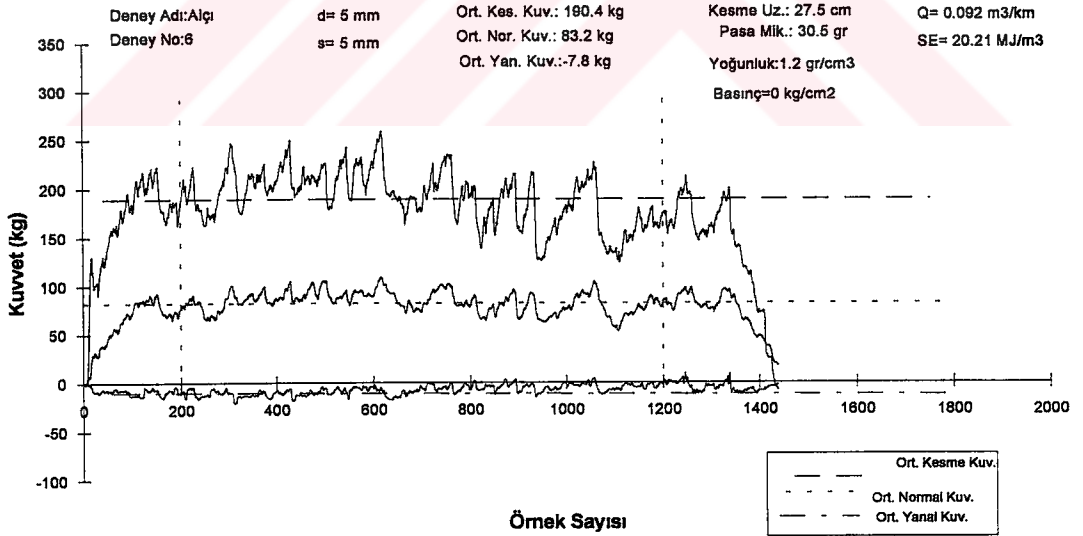
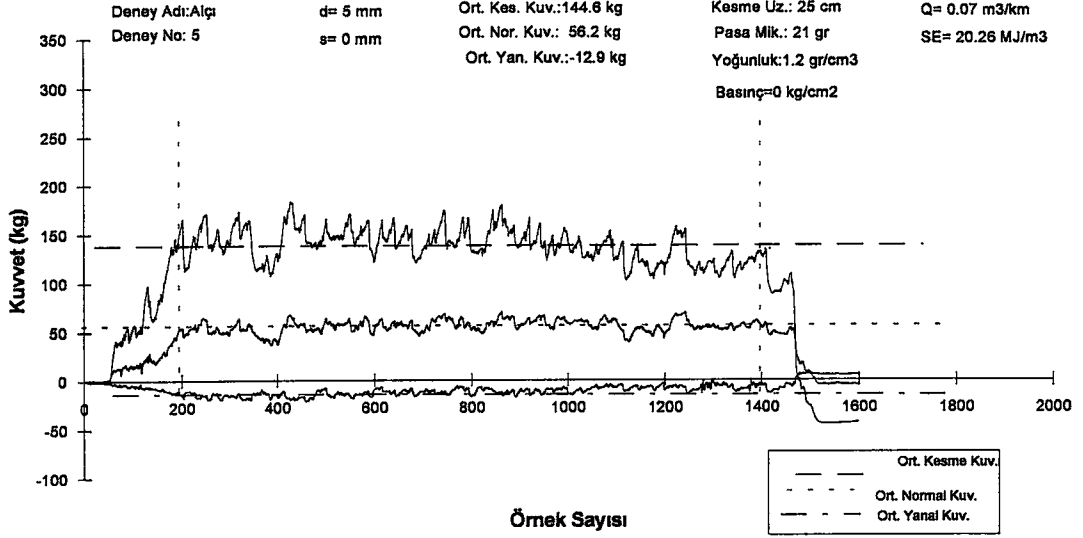


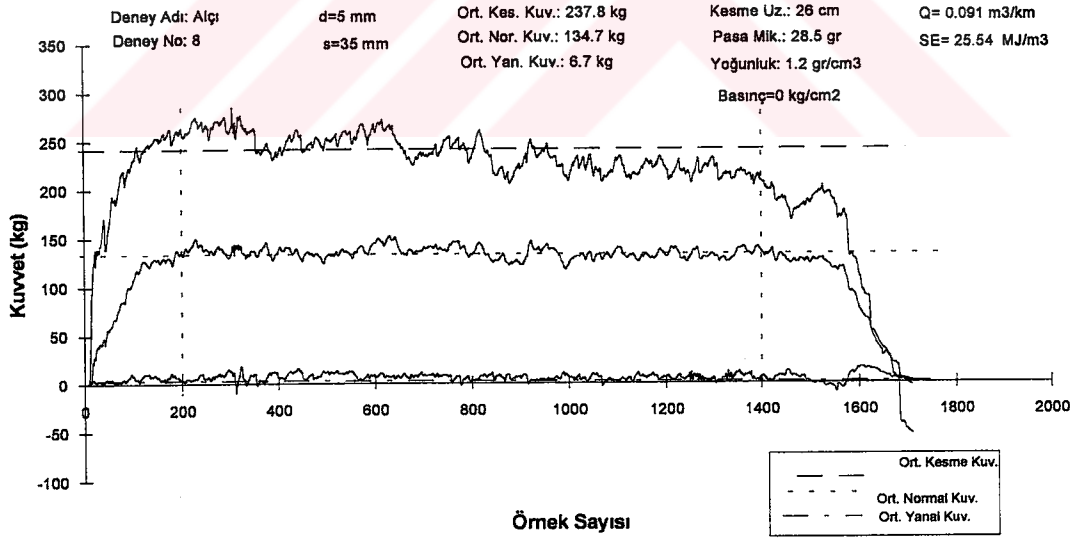
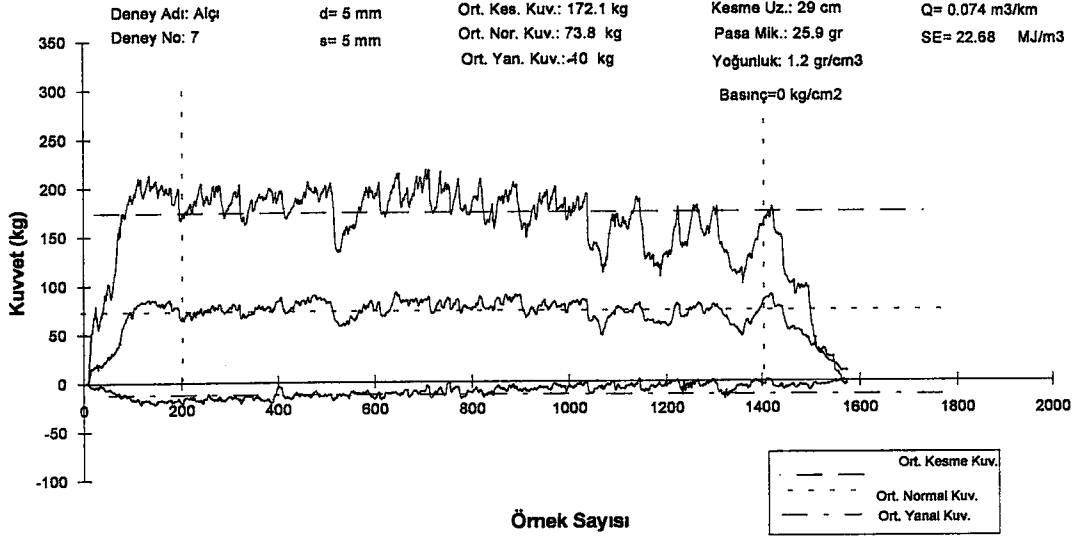
EK-B.1

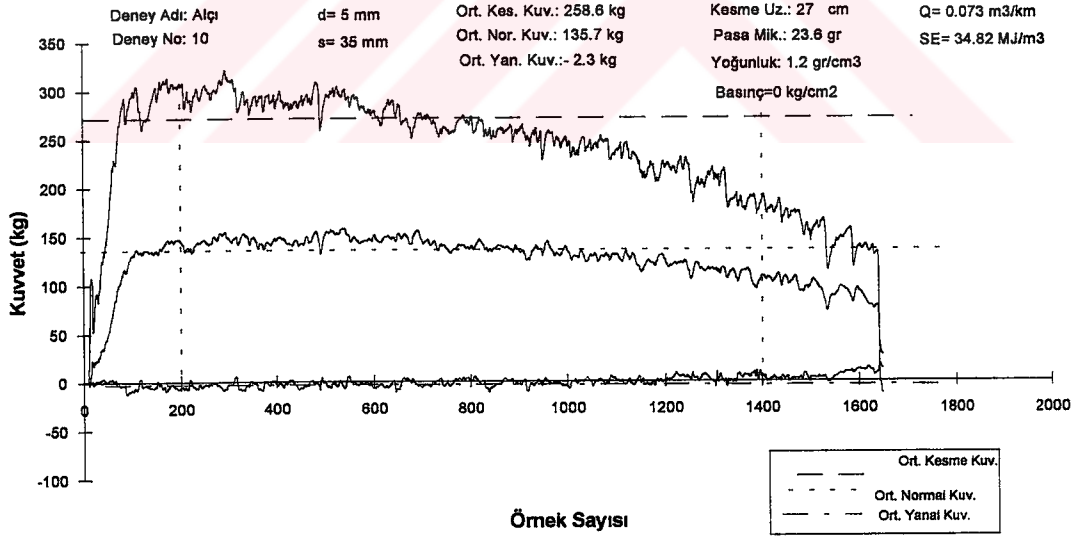
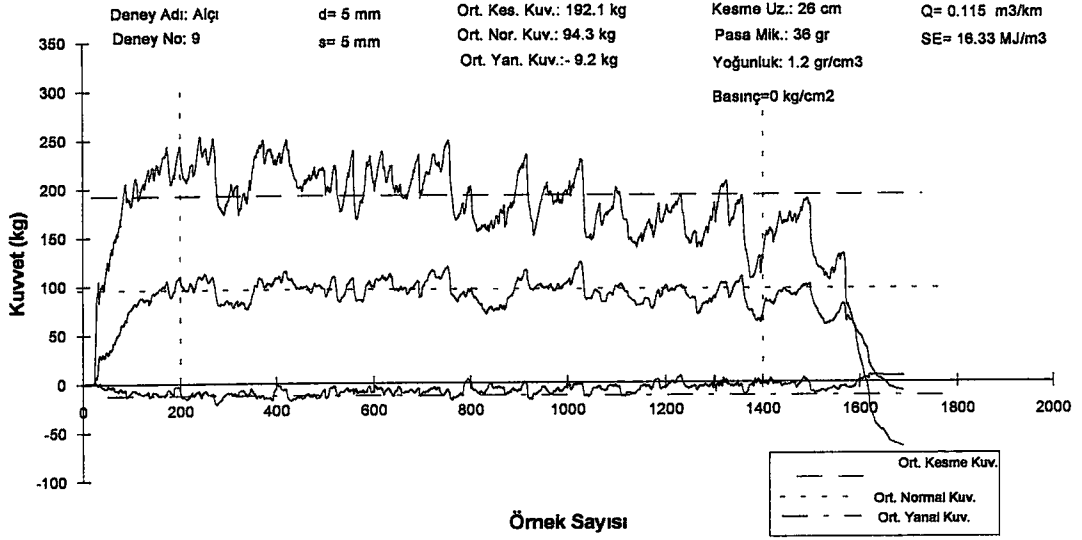
Yapılan Kesme Deneylerinin Sonuçları

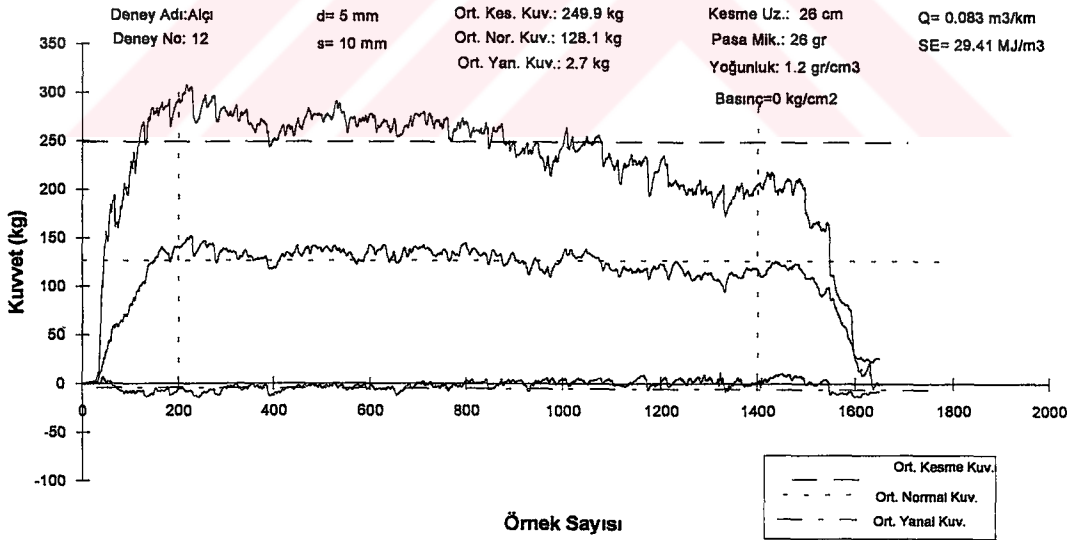
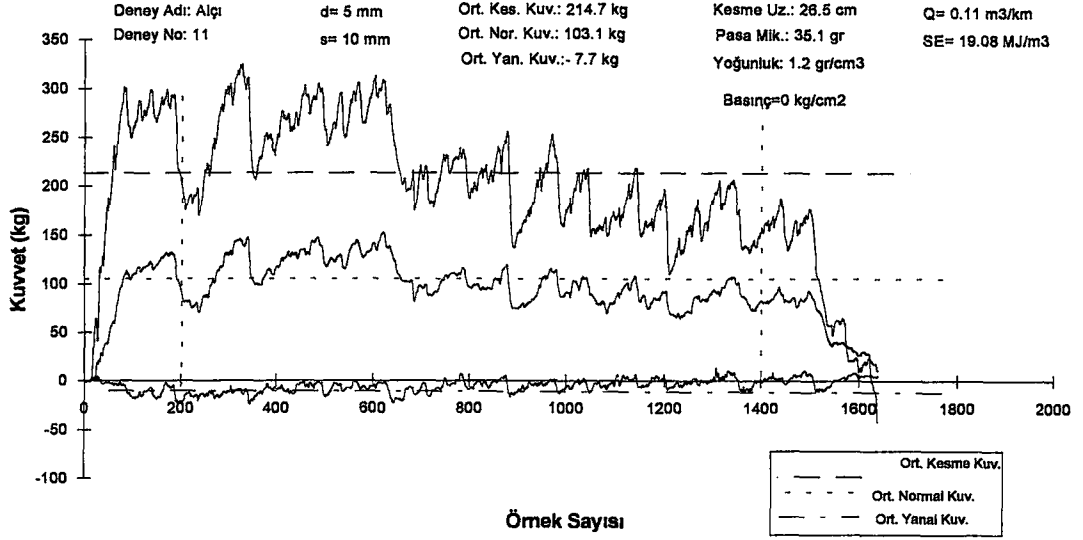


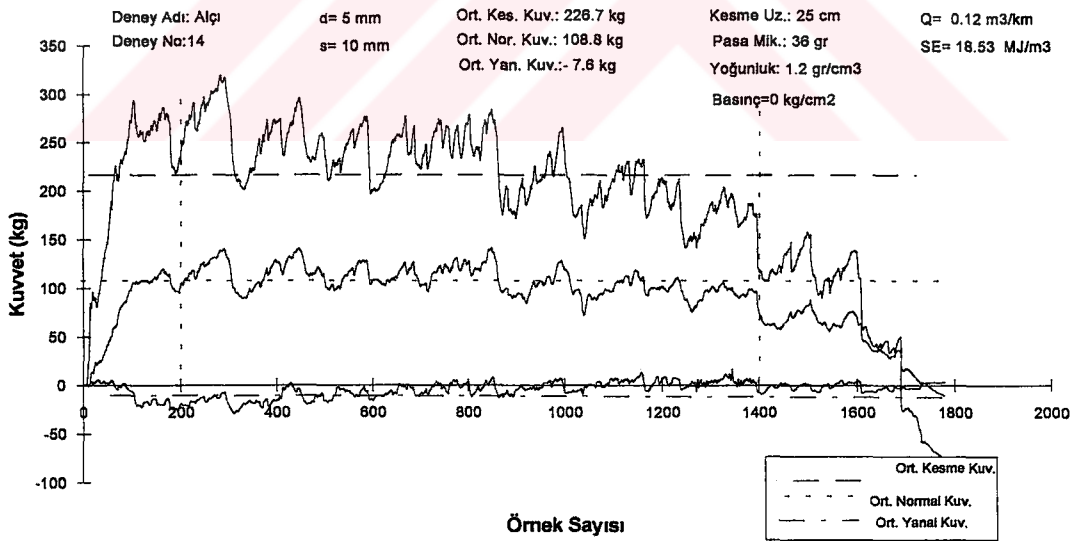
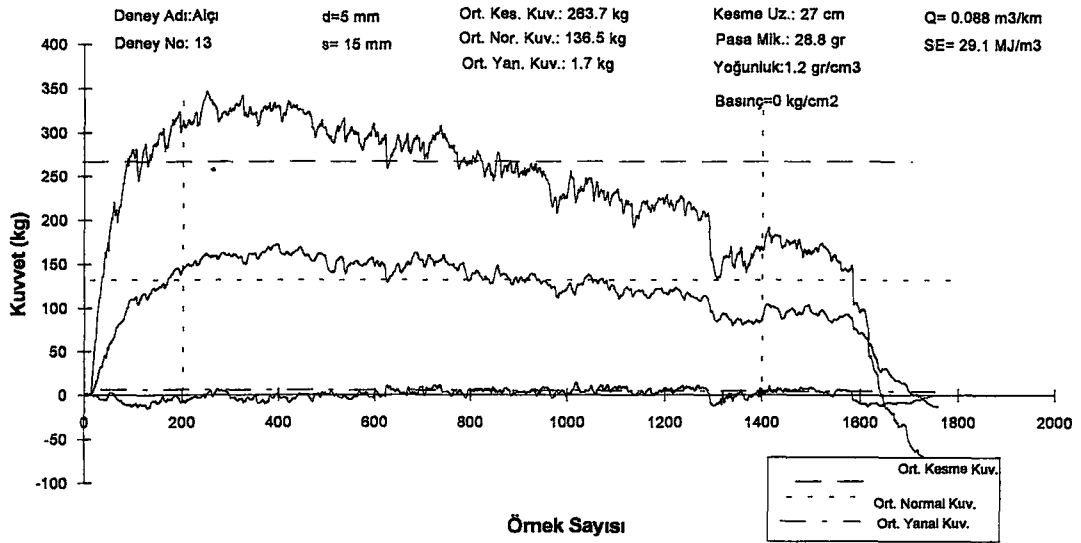


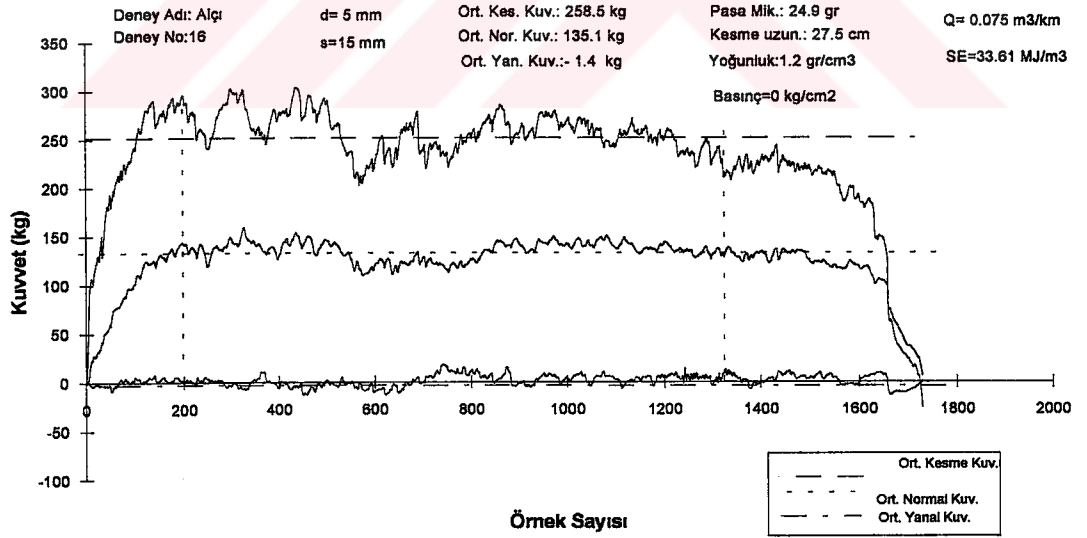
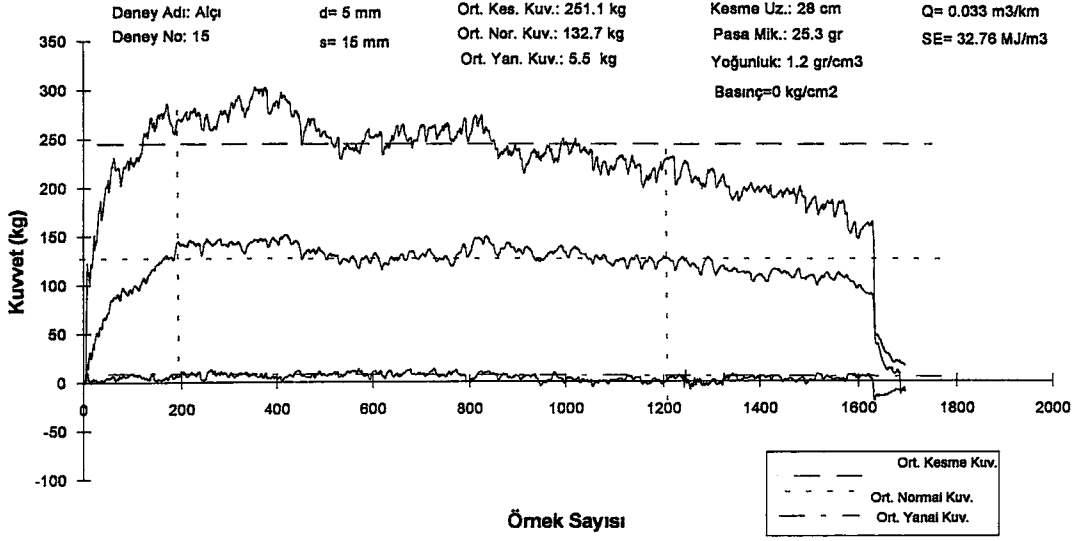


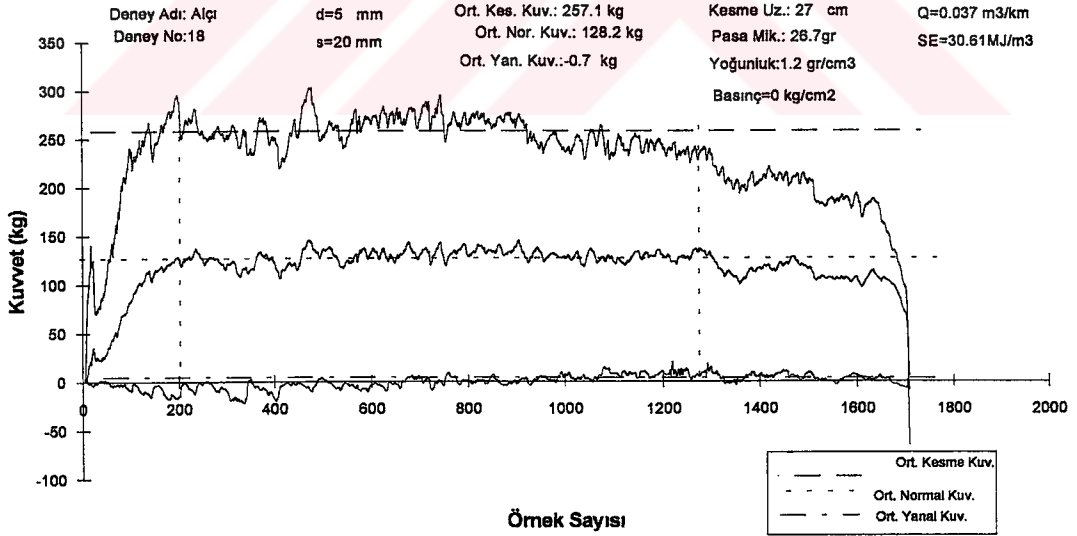
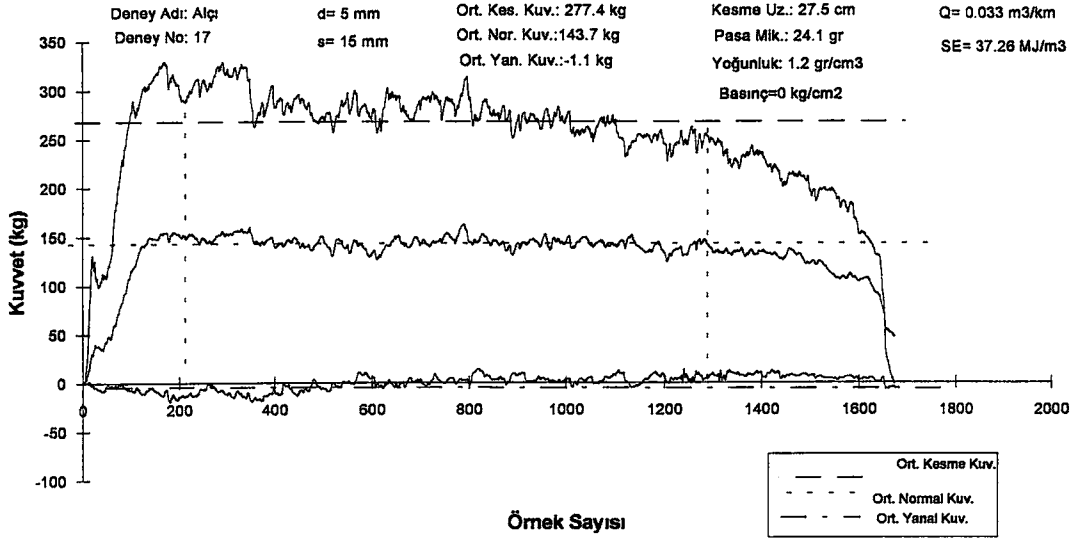


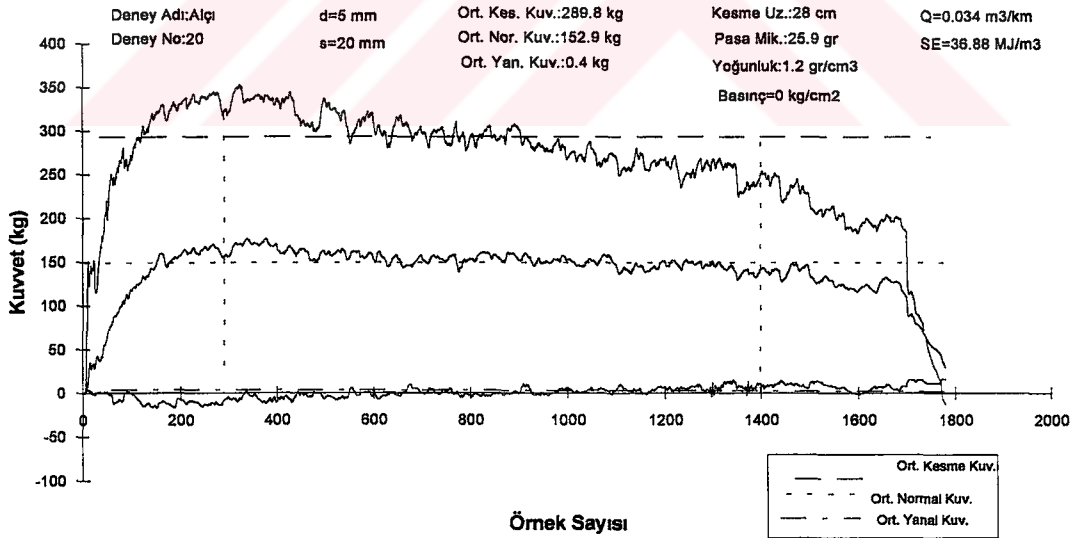
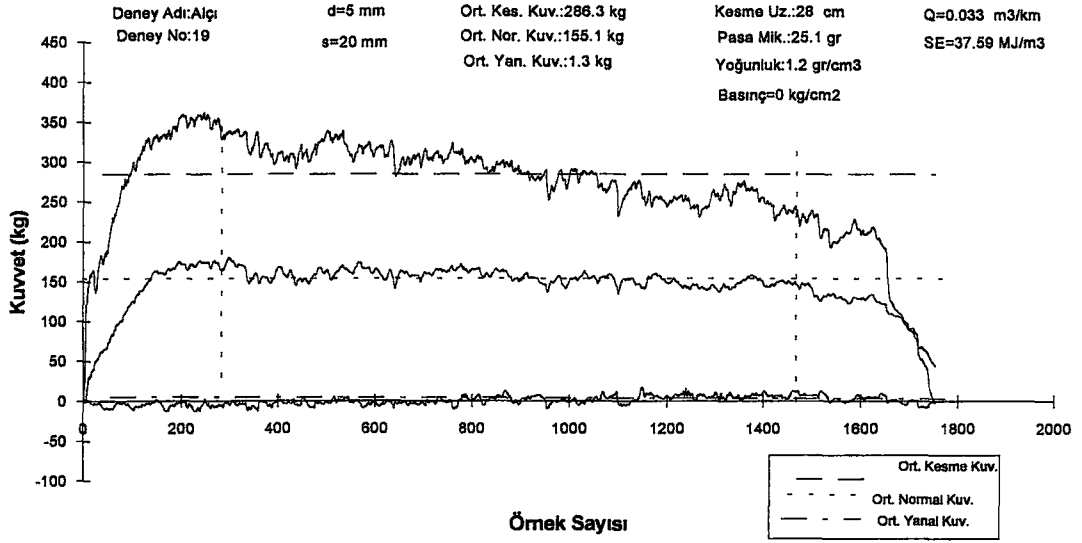


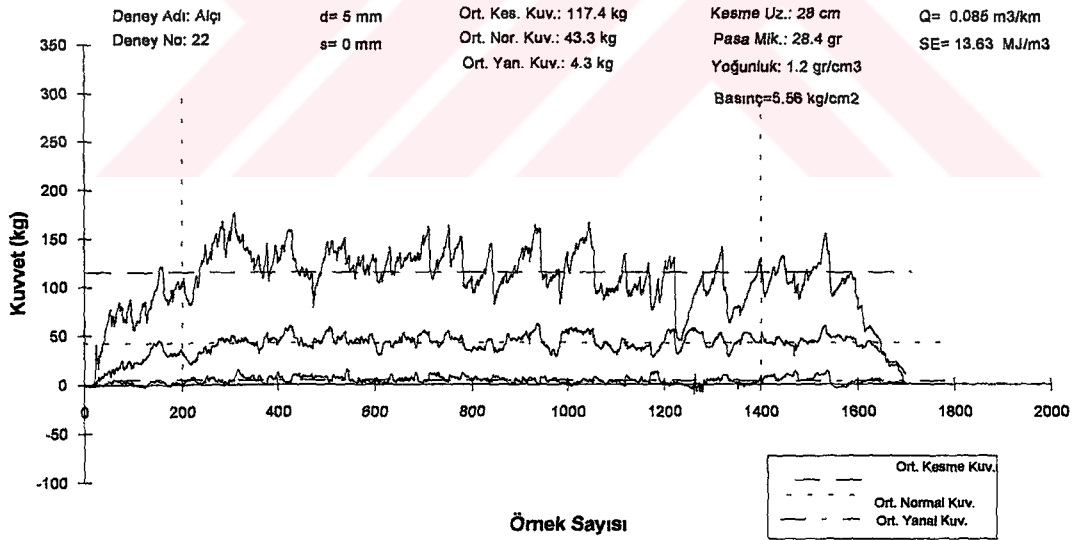
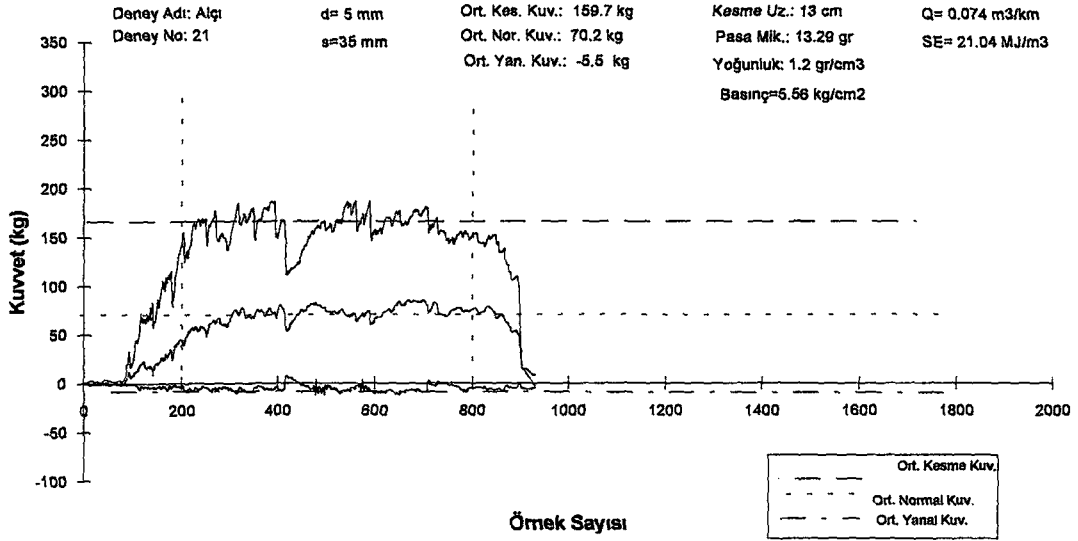


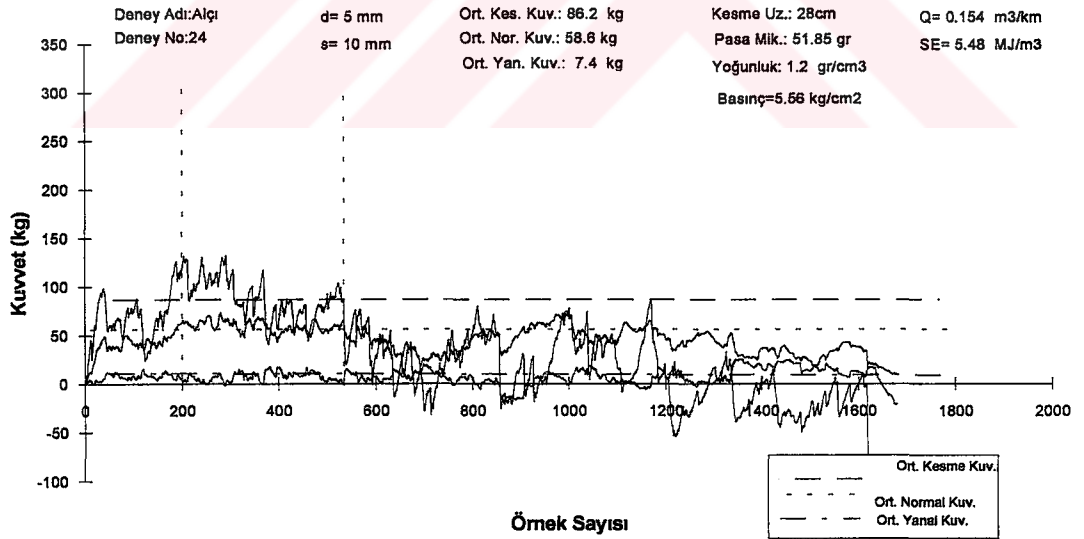
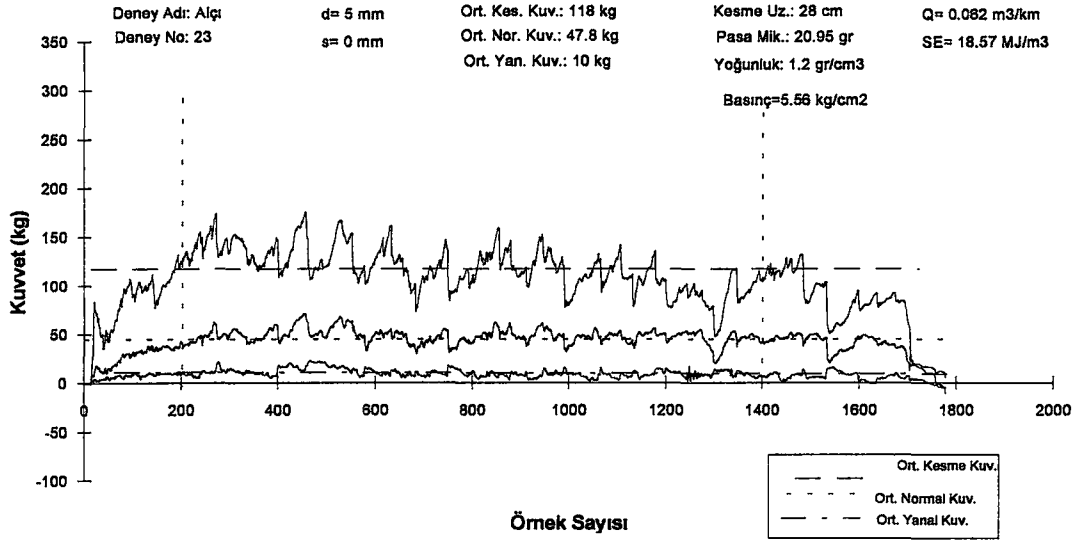


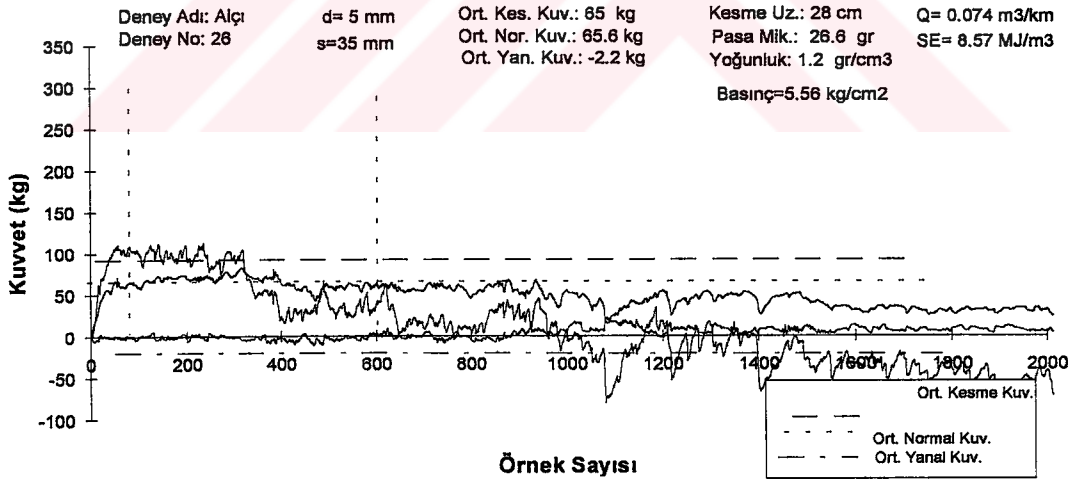
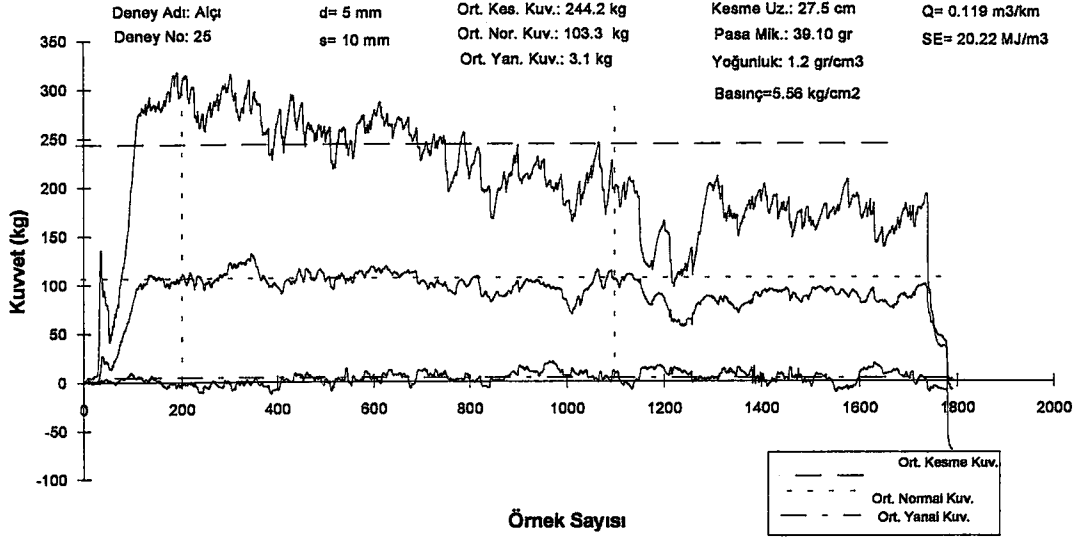


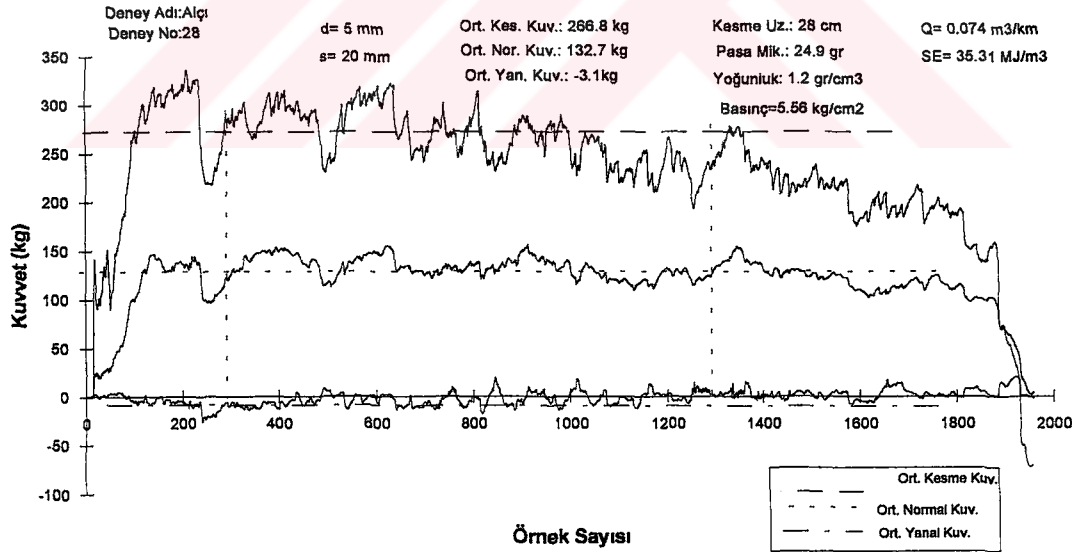
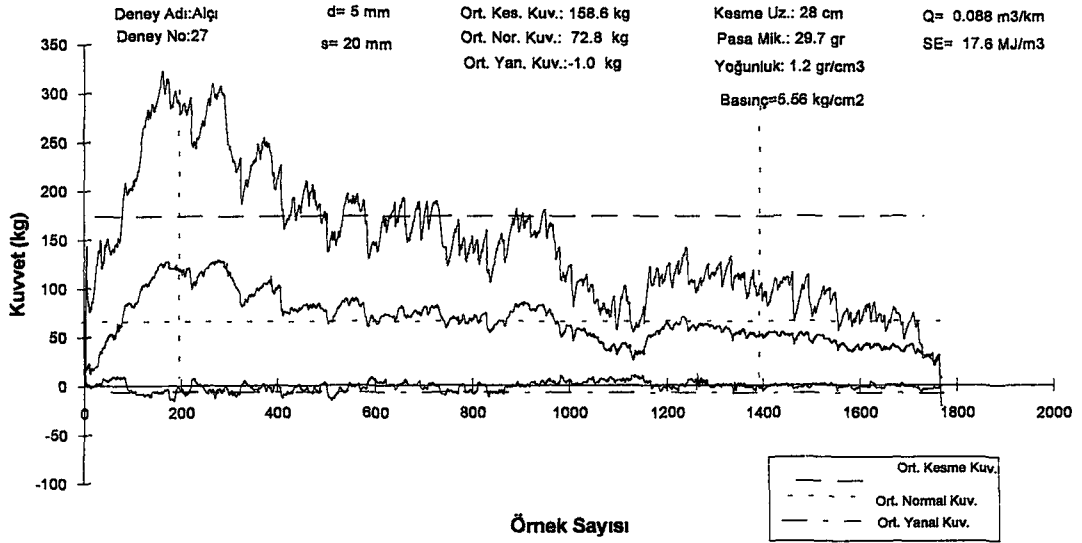


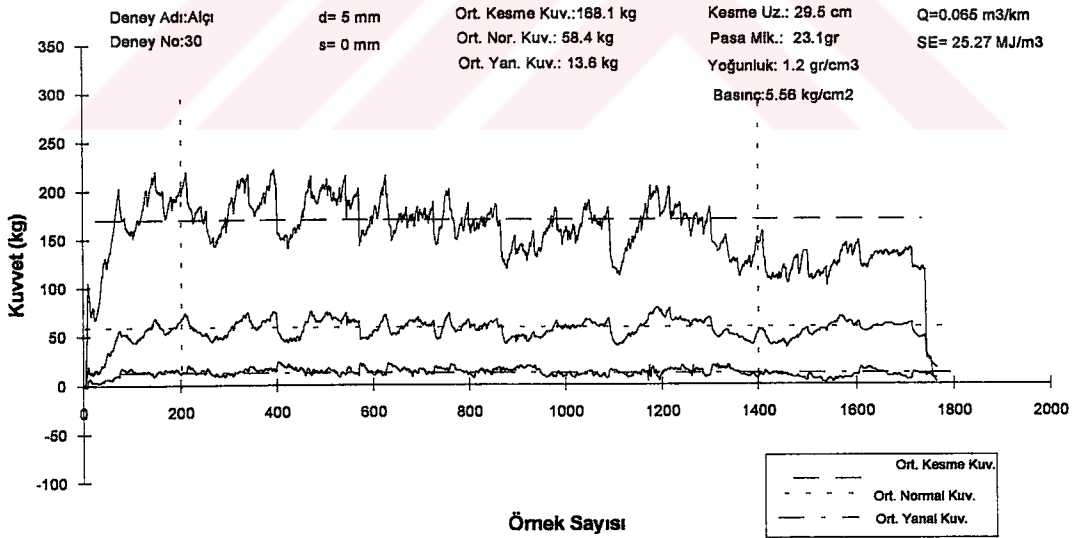
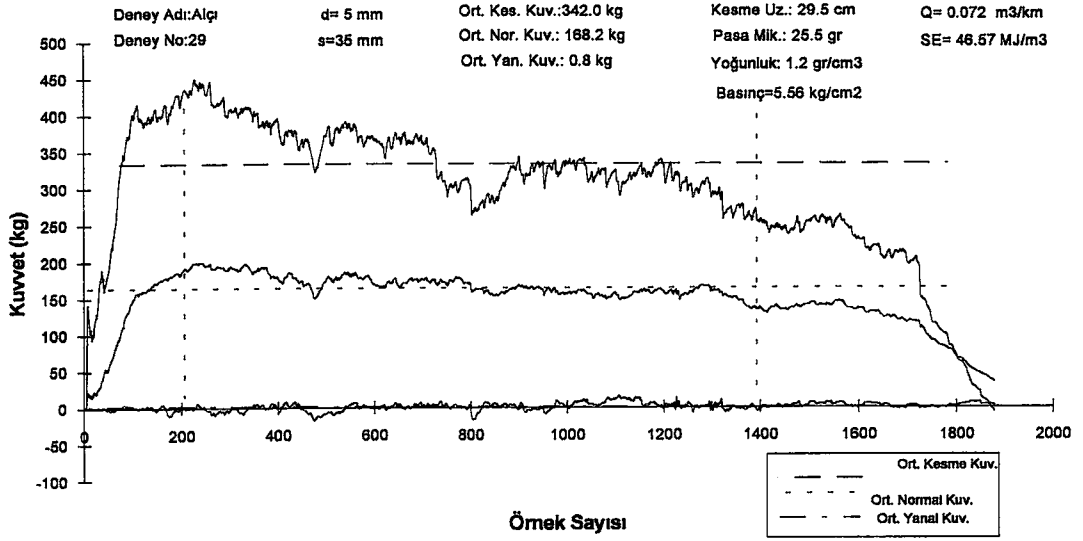


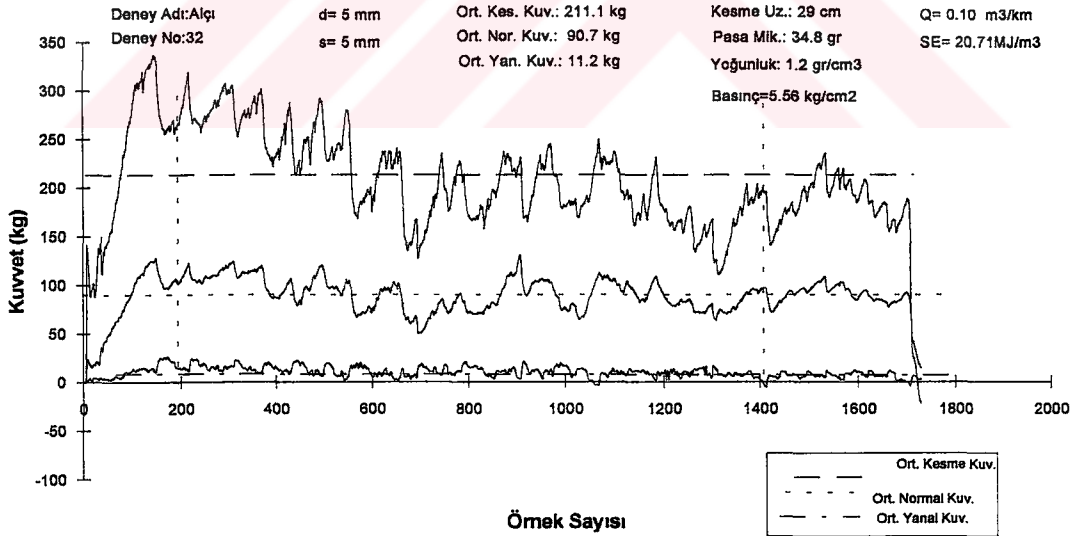
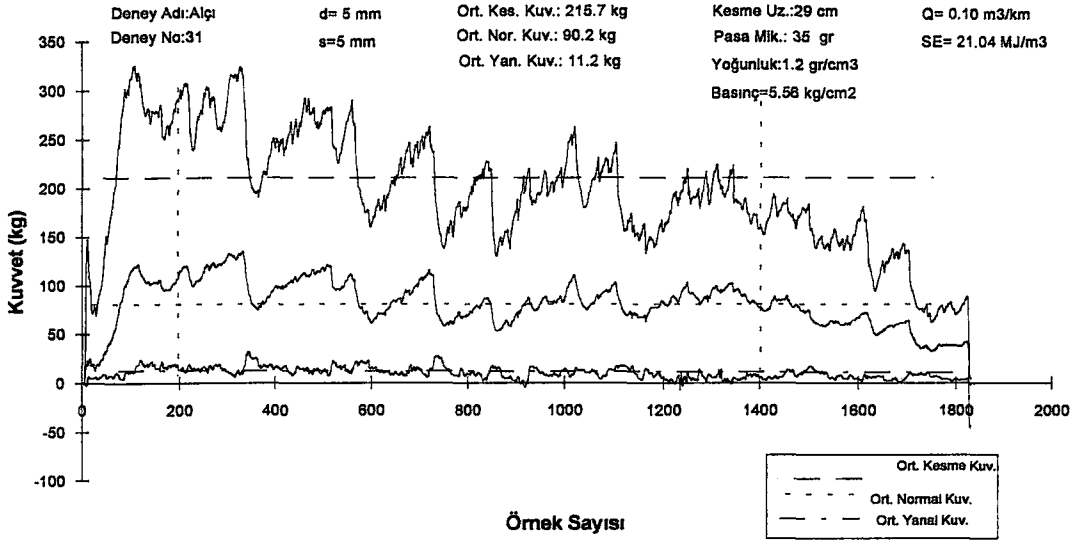


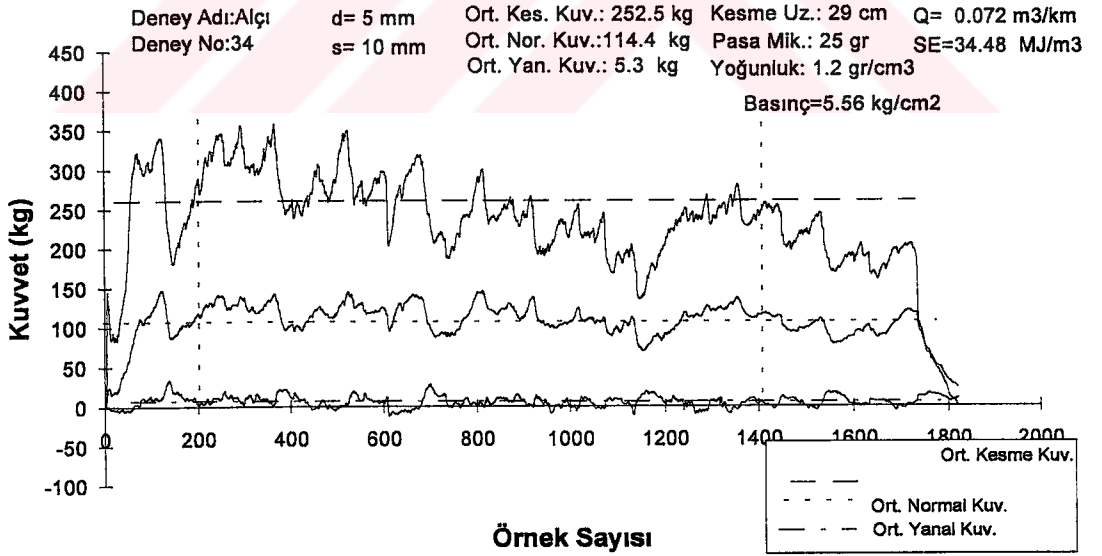
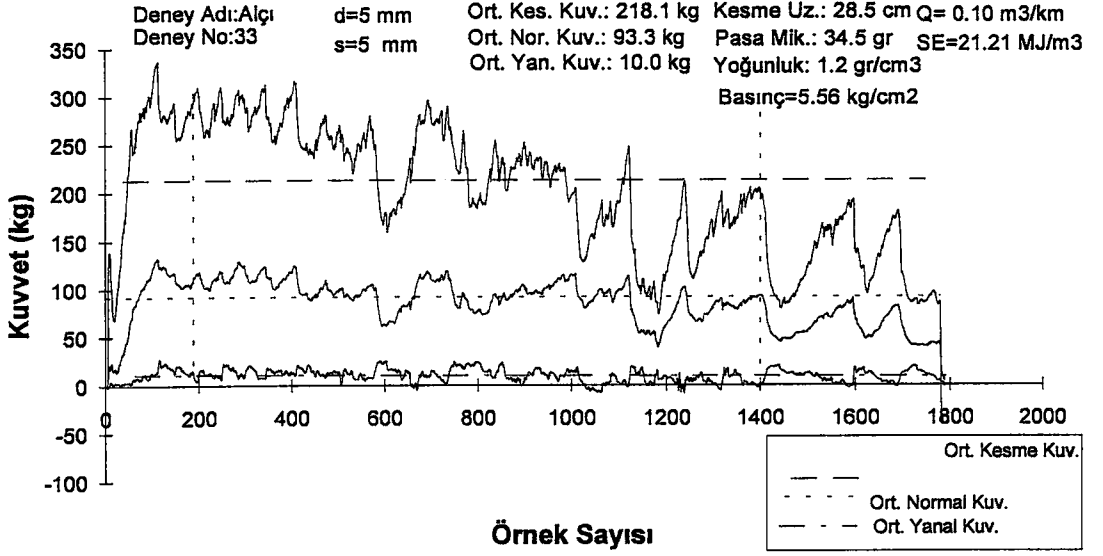


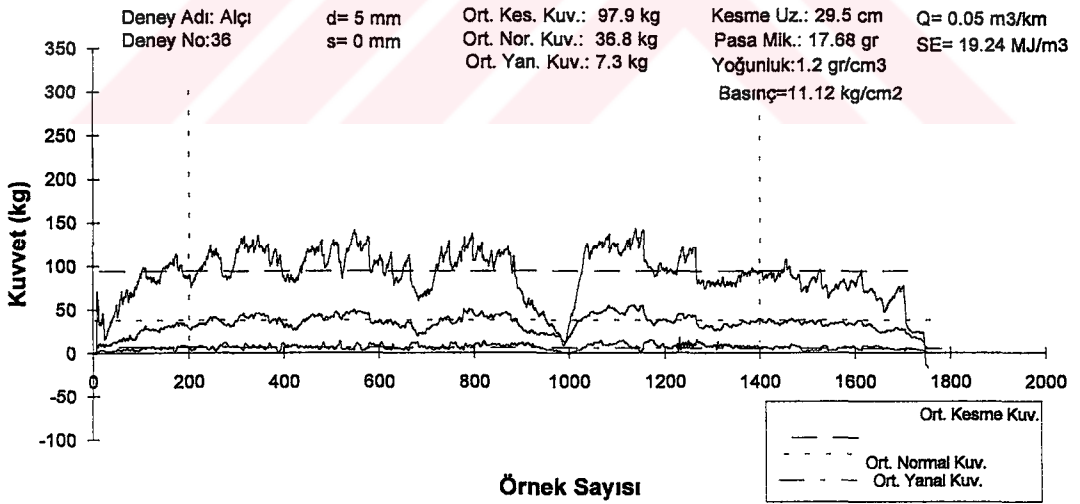
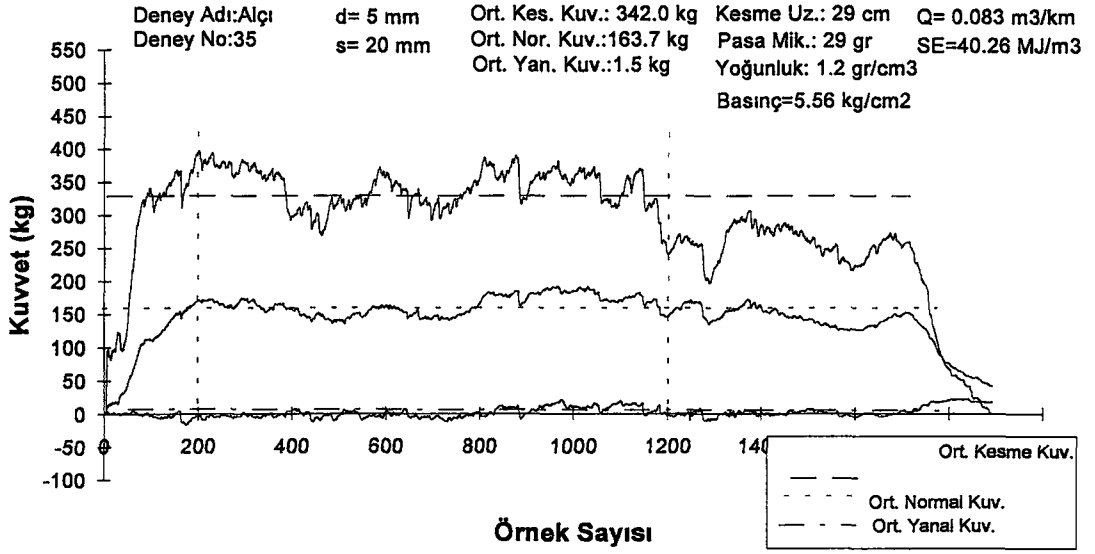


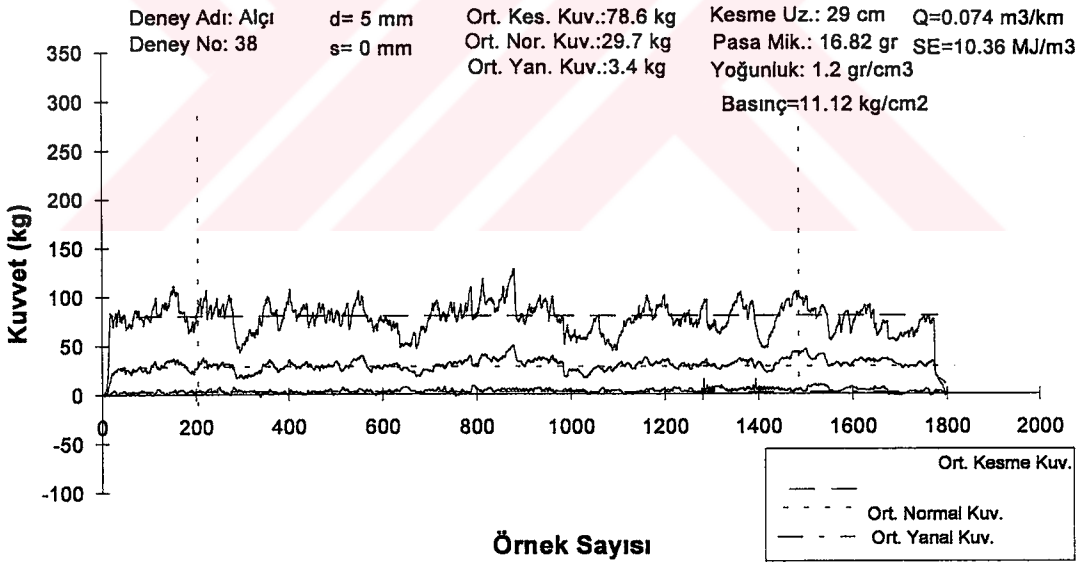
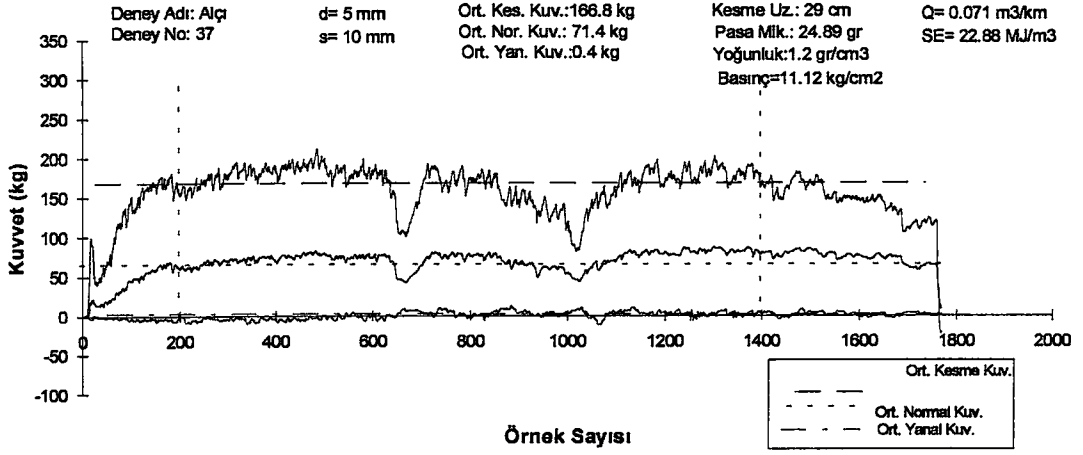


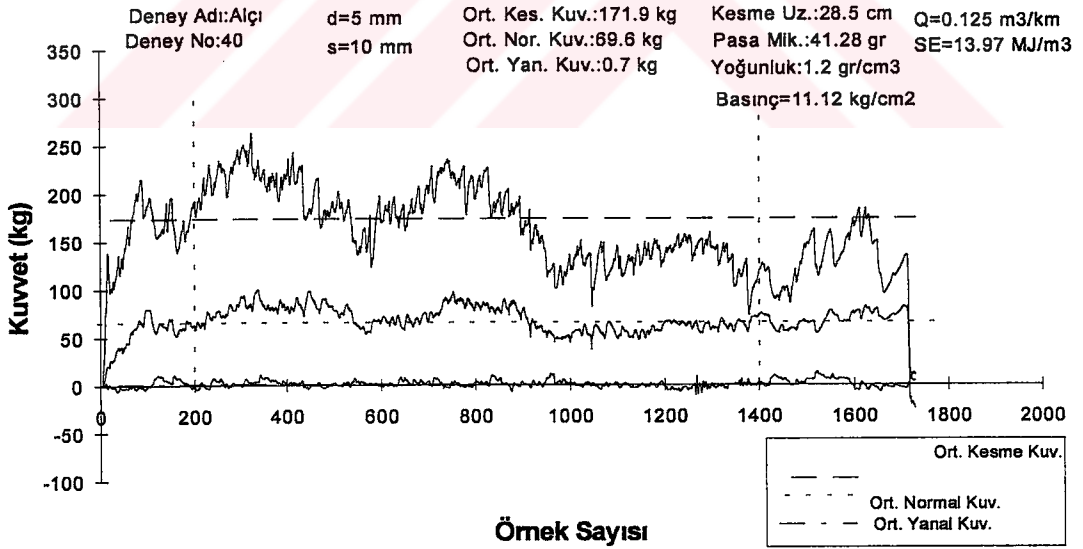
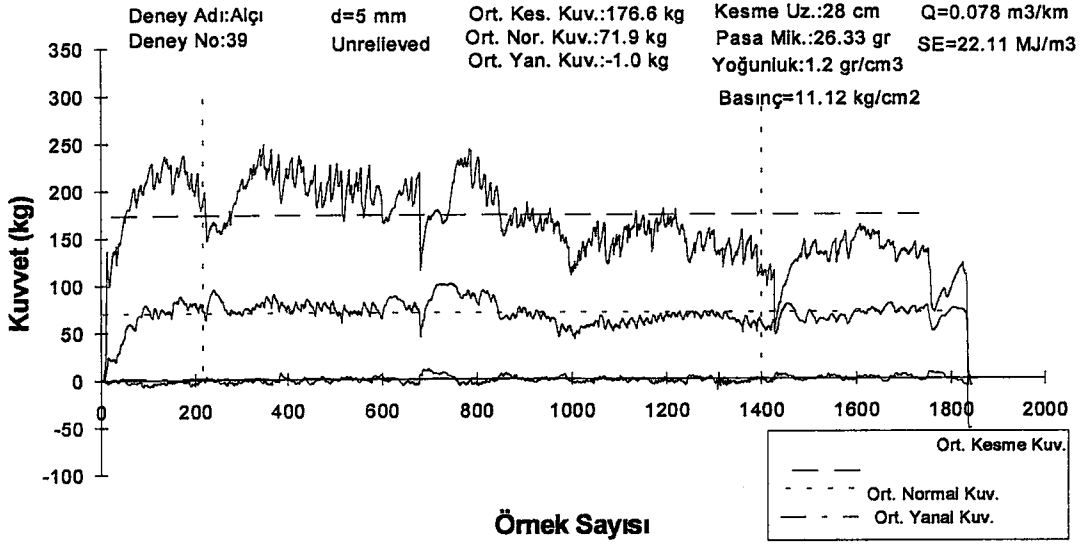


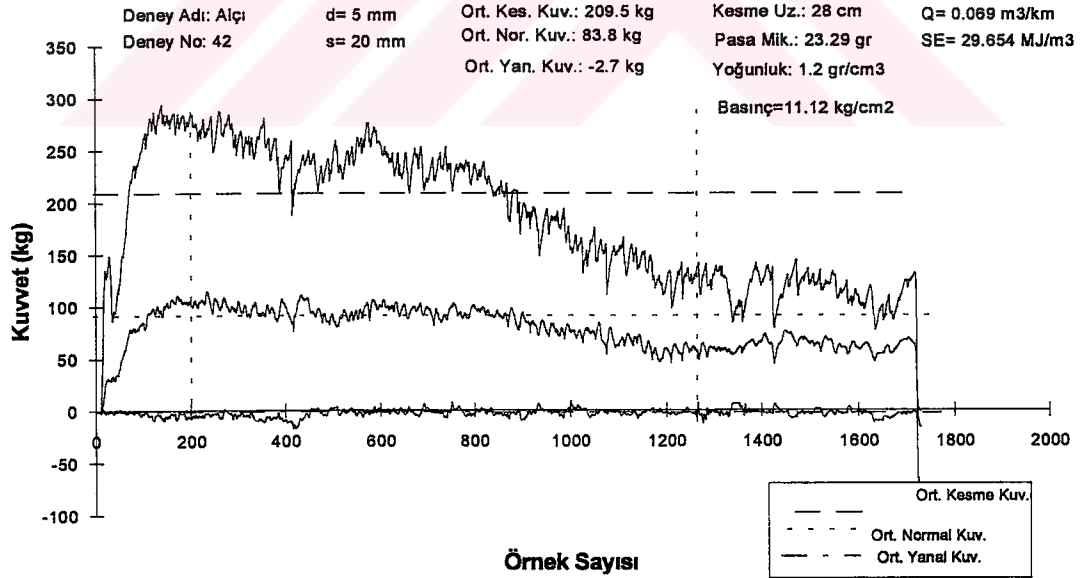
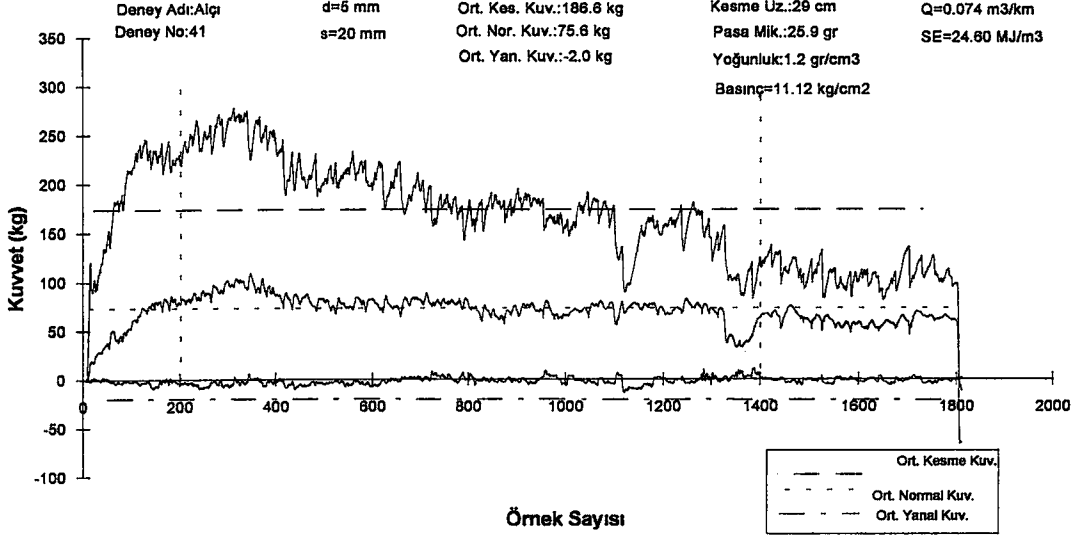


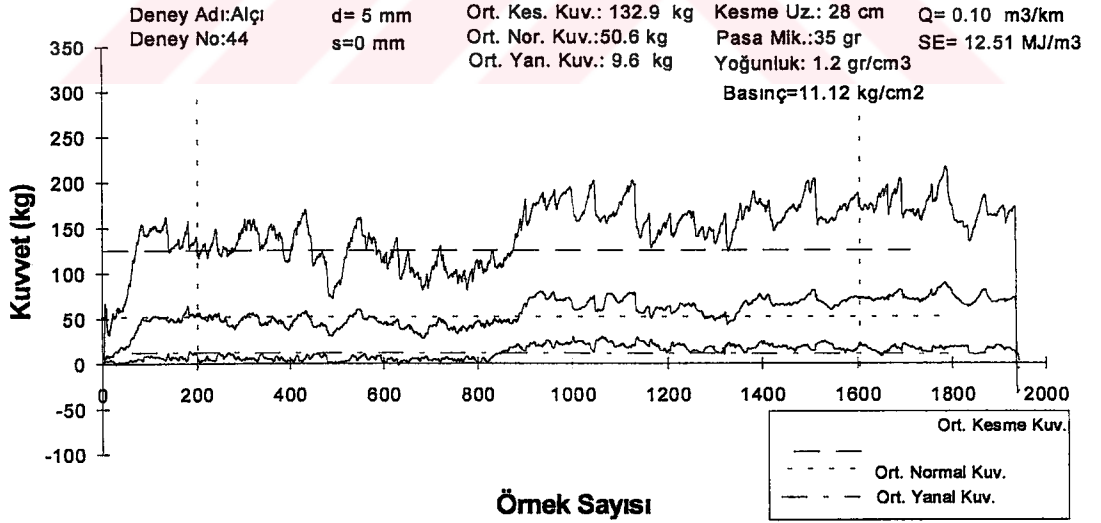
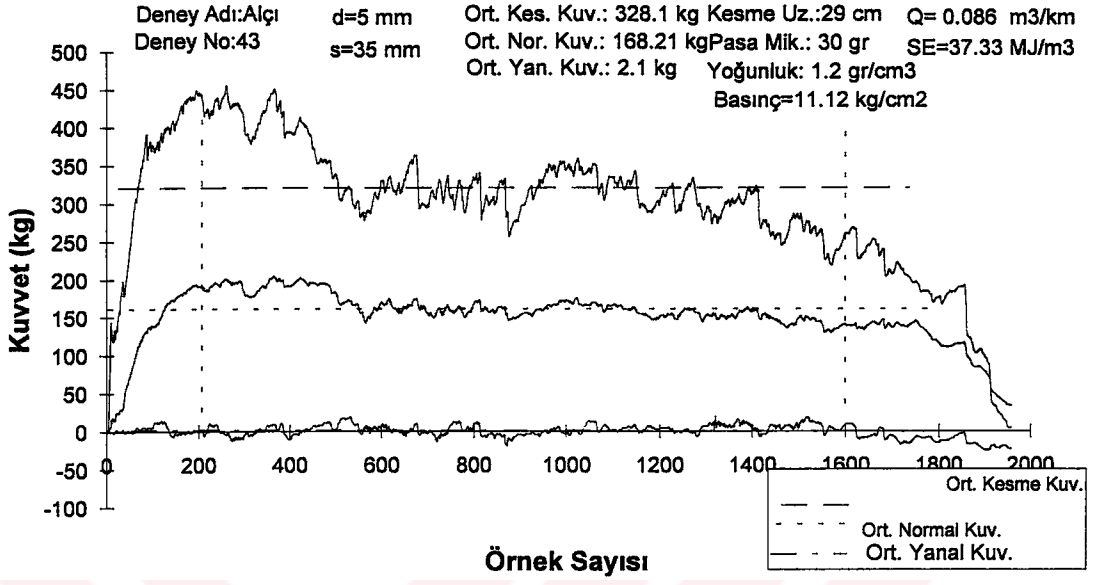


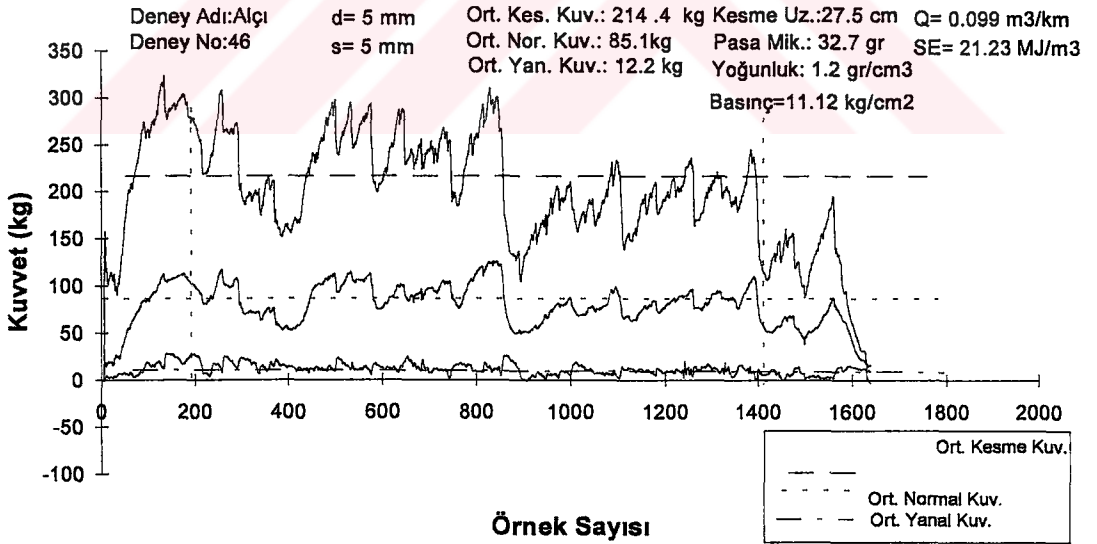
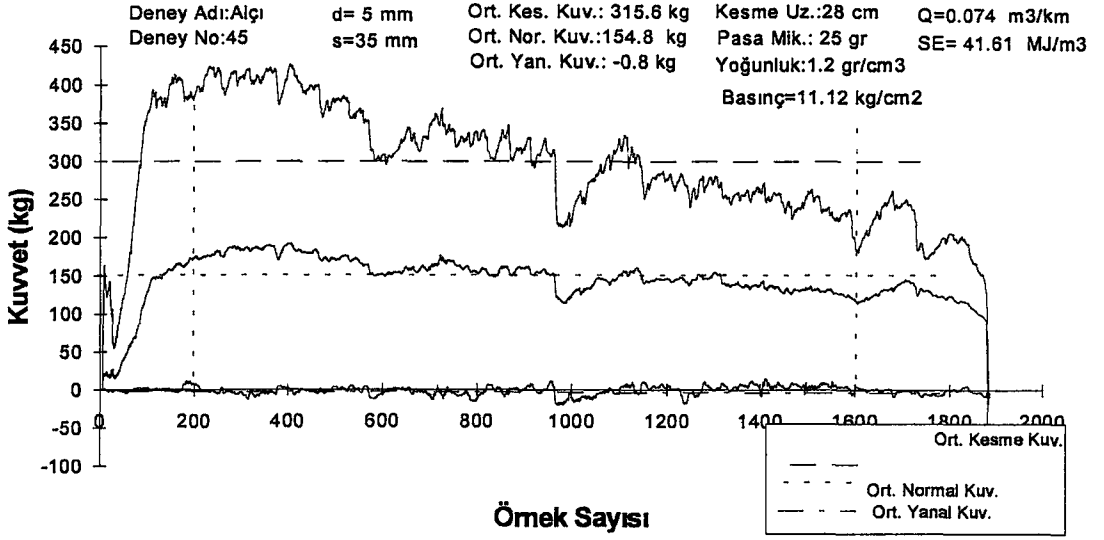


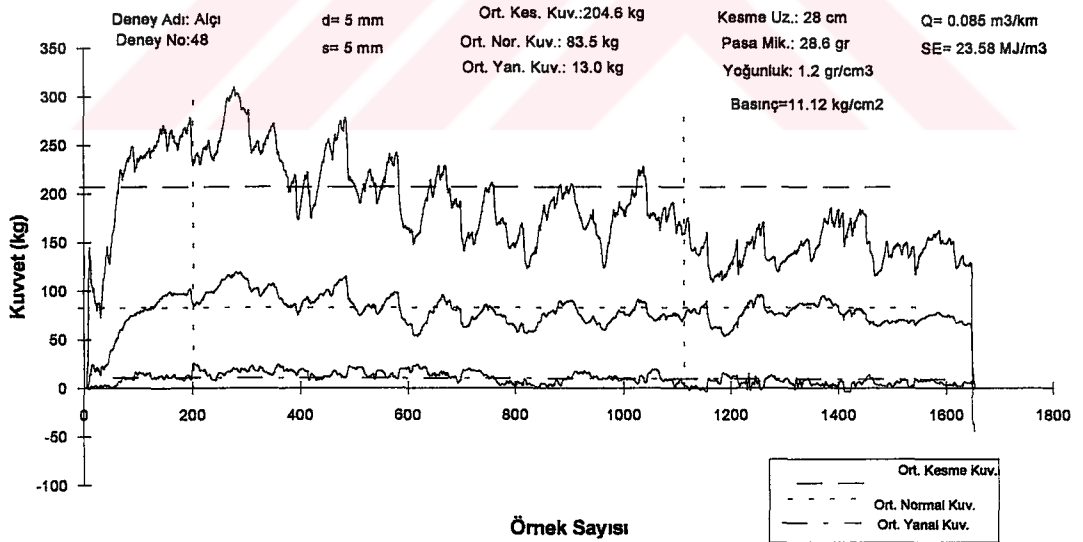
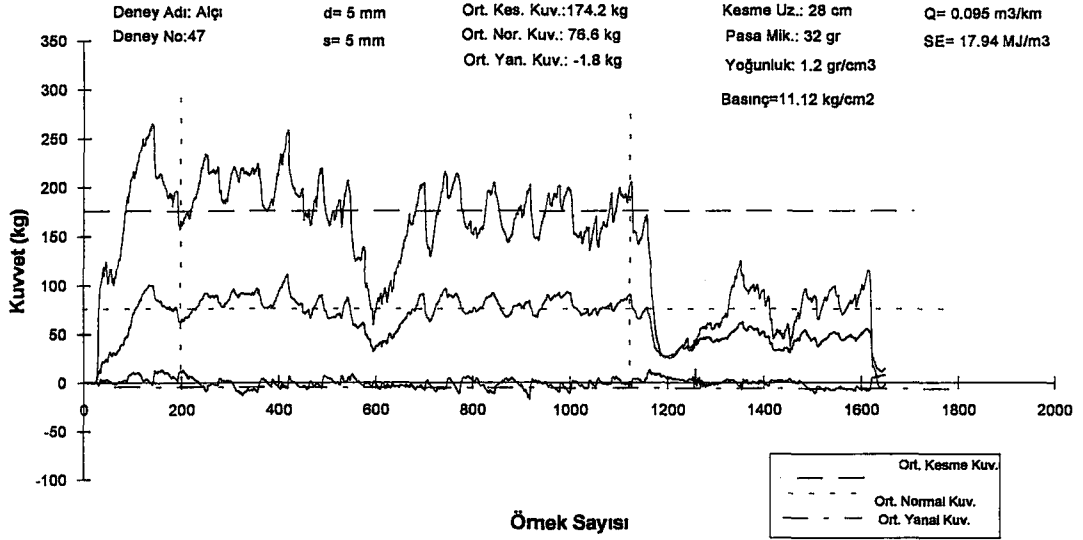


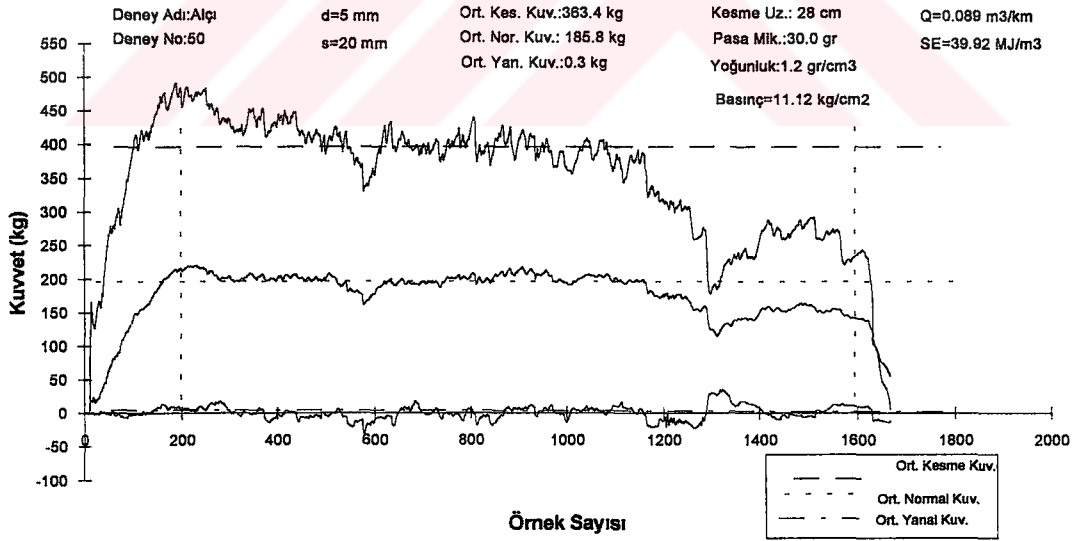
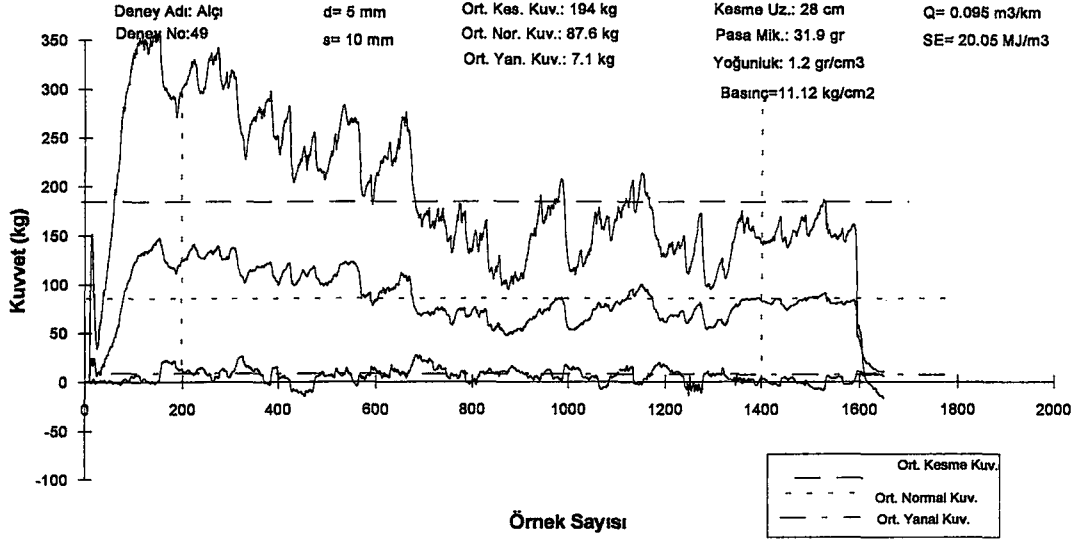


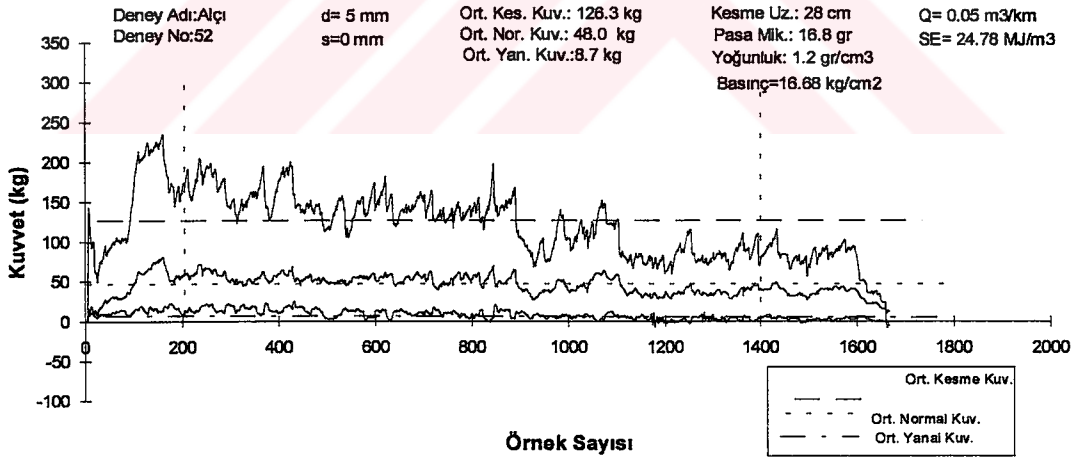
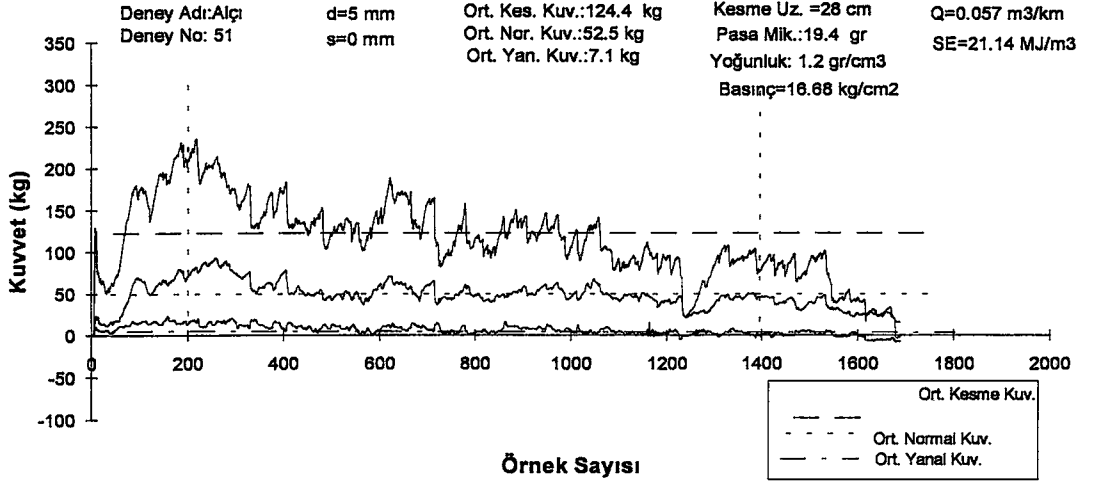


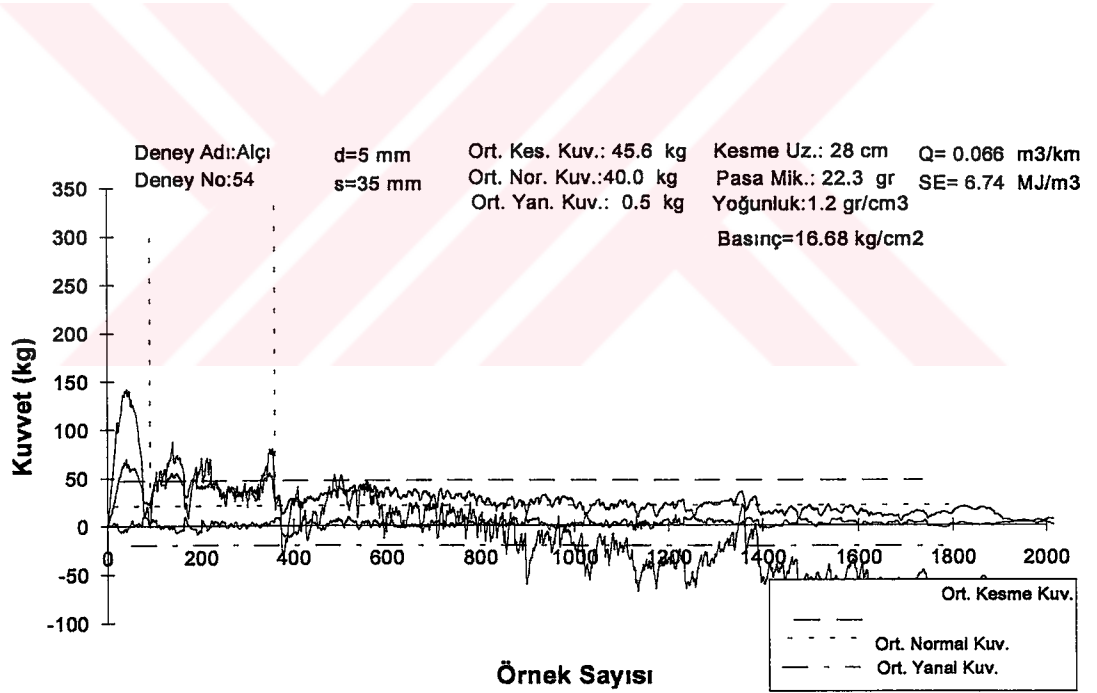
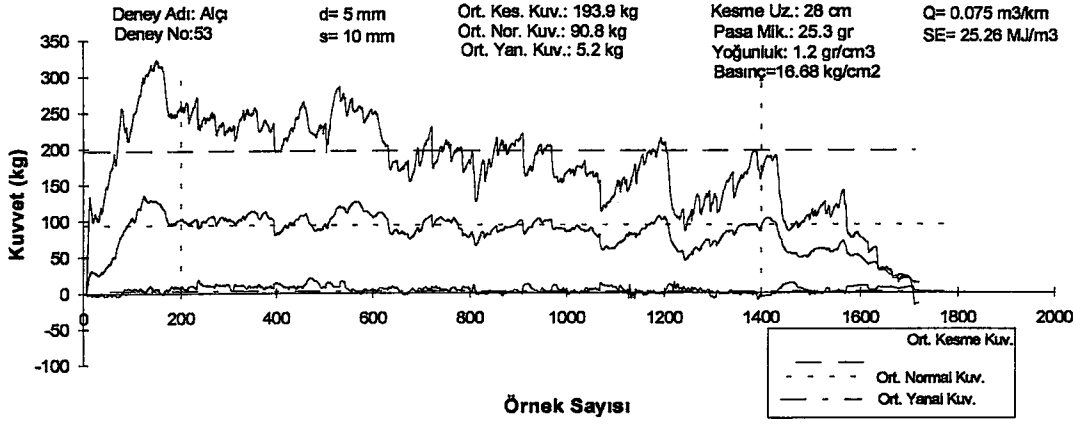


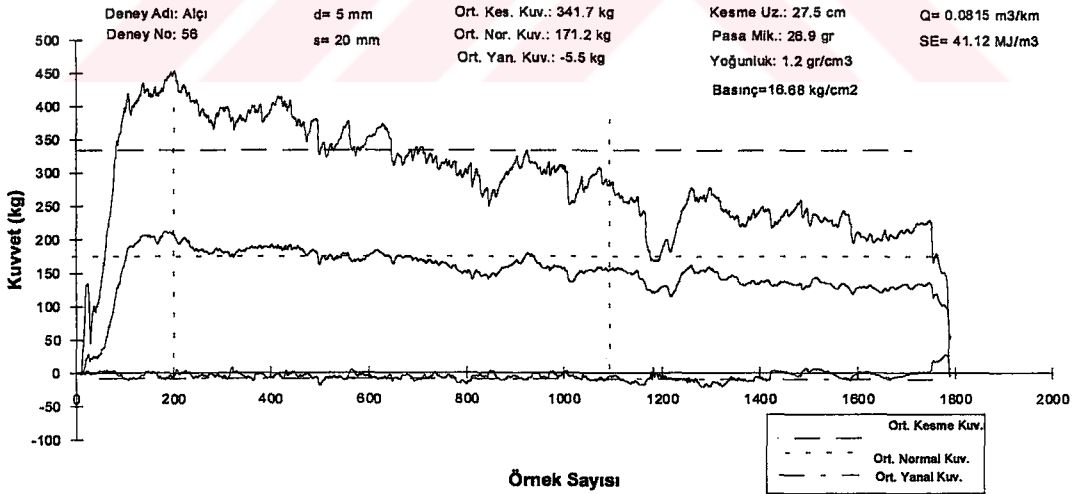
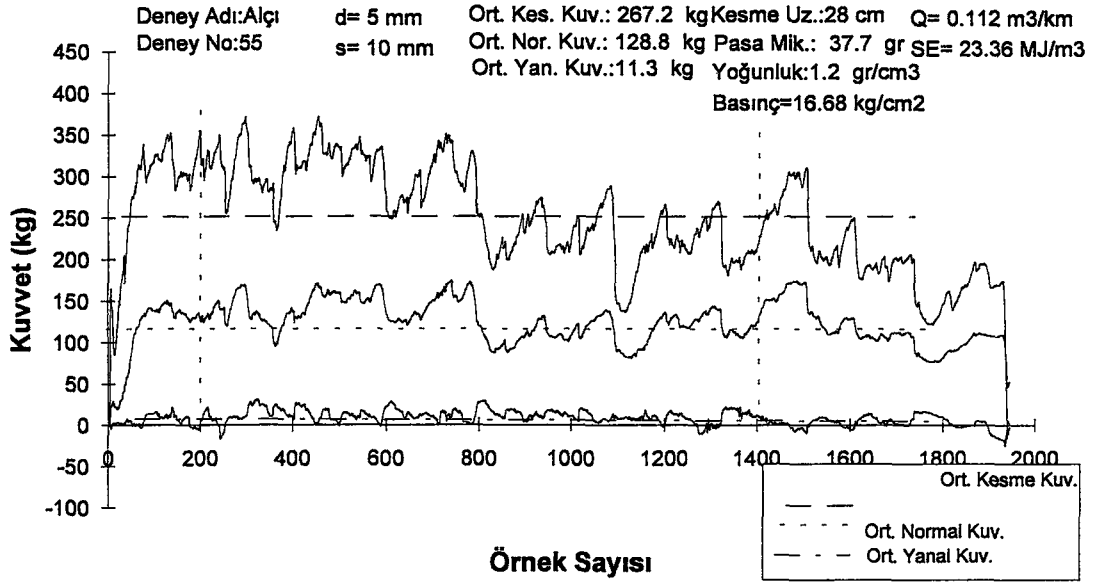


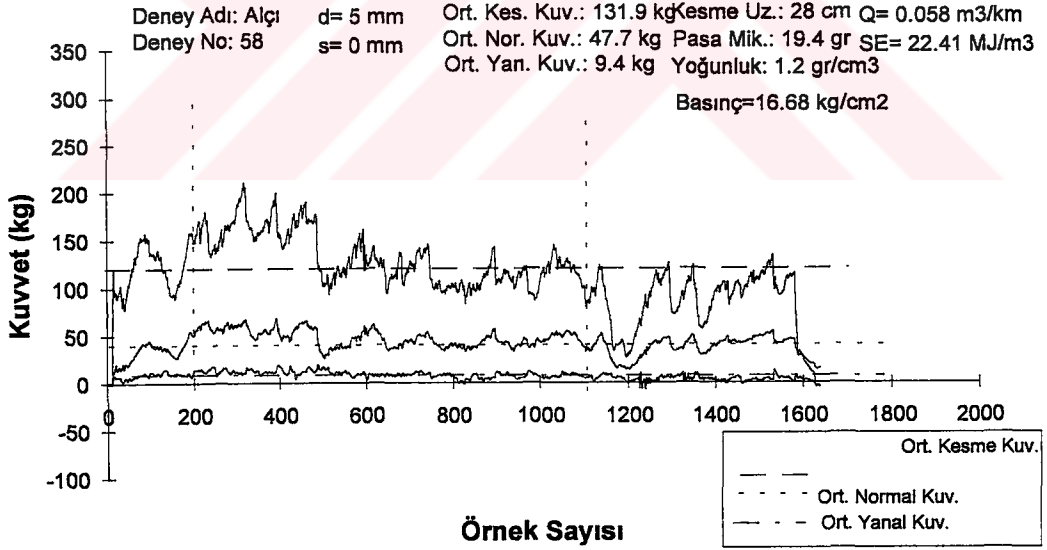
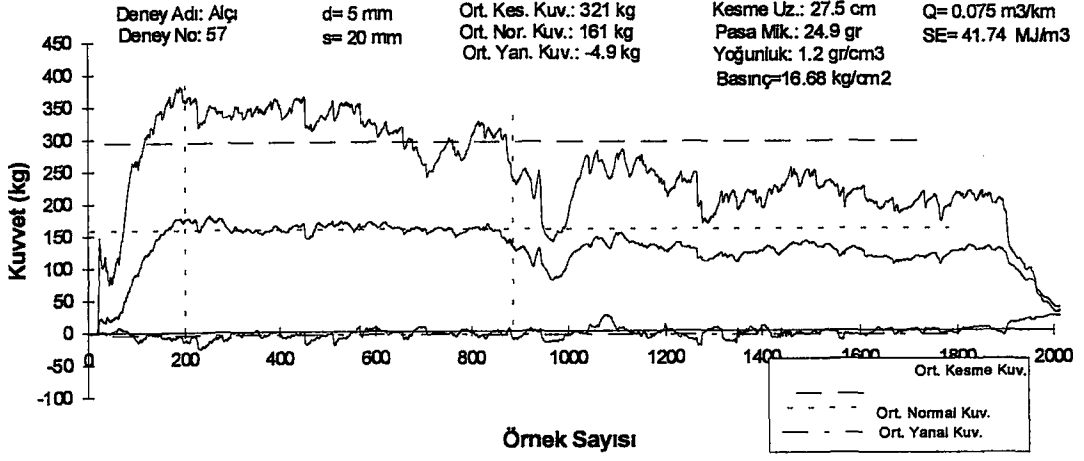


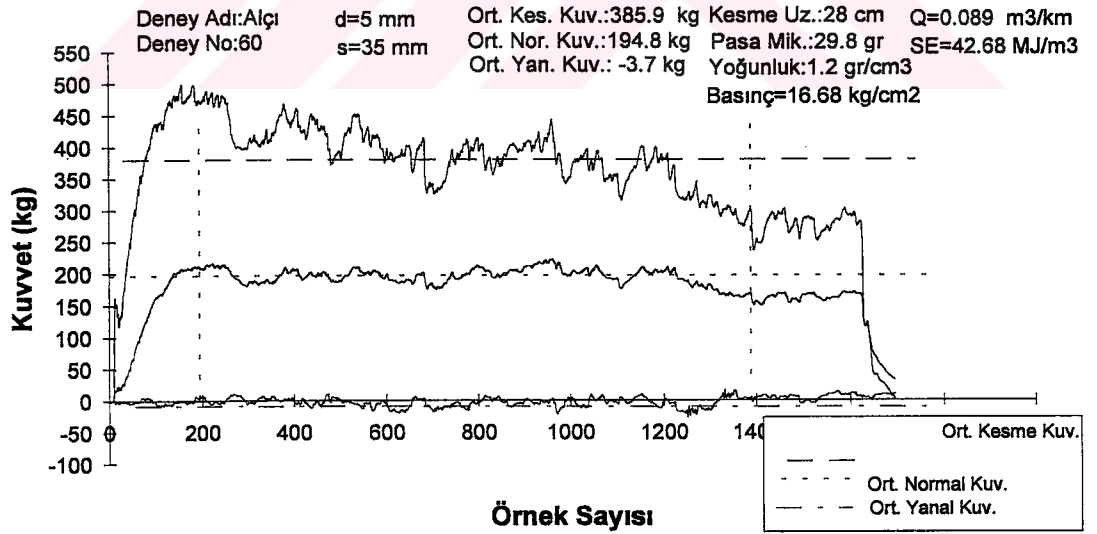
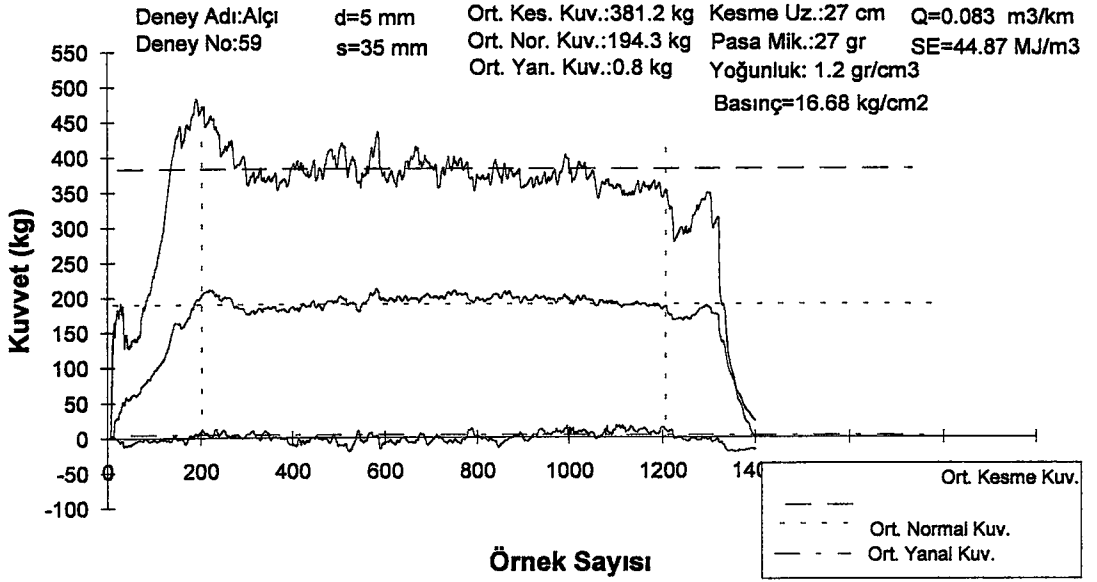


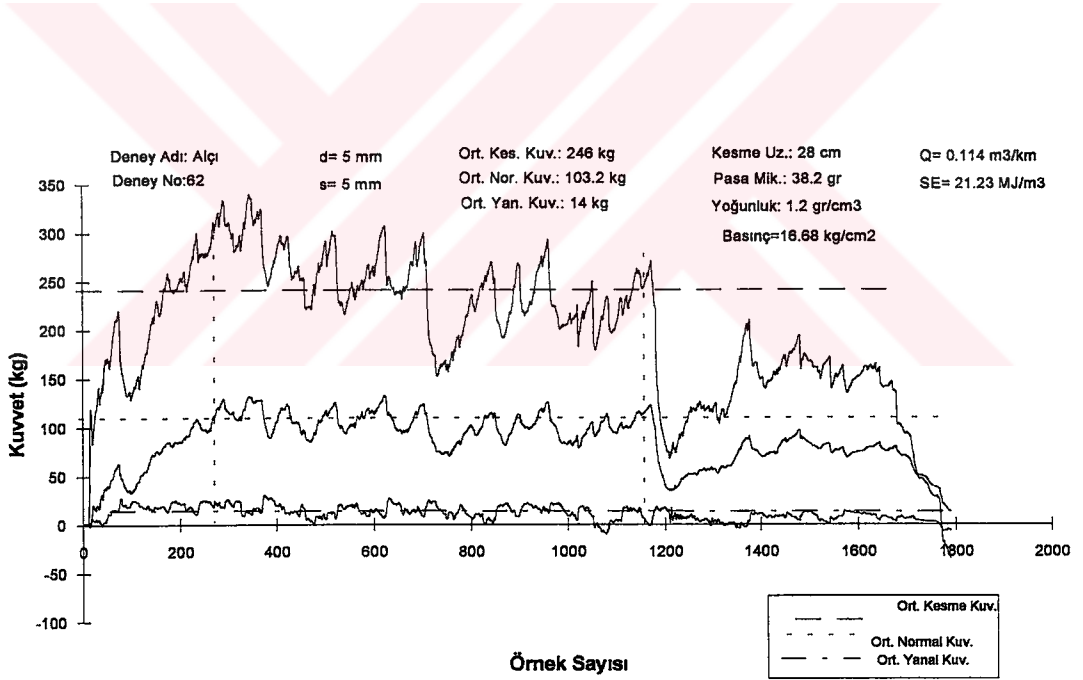
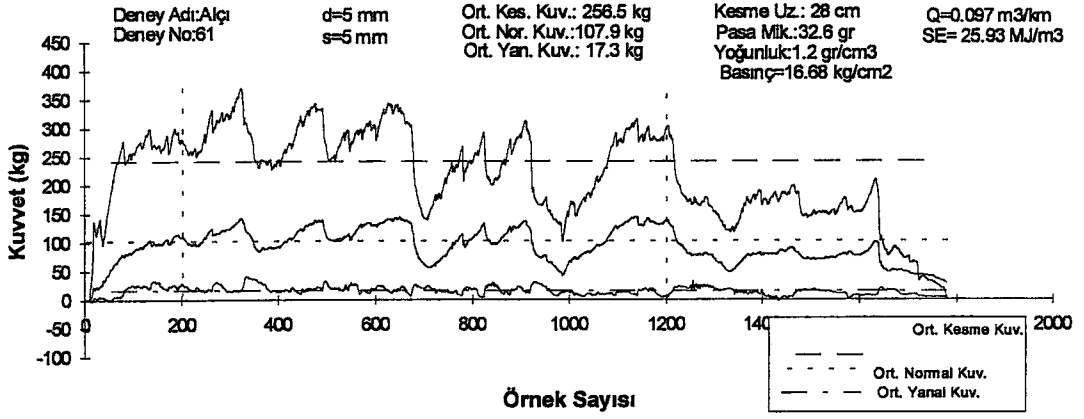


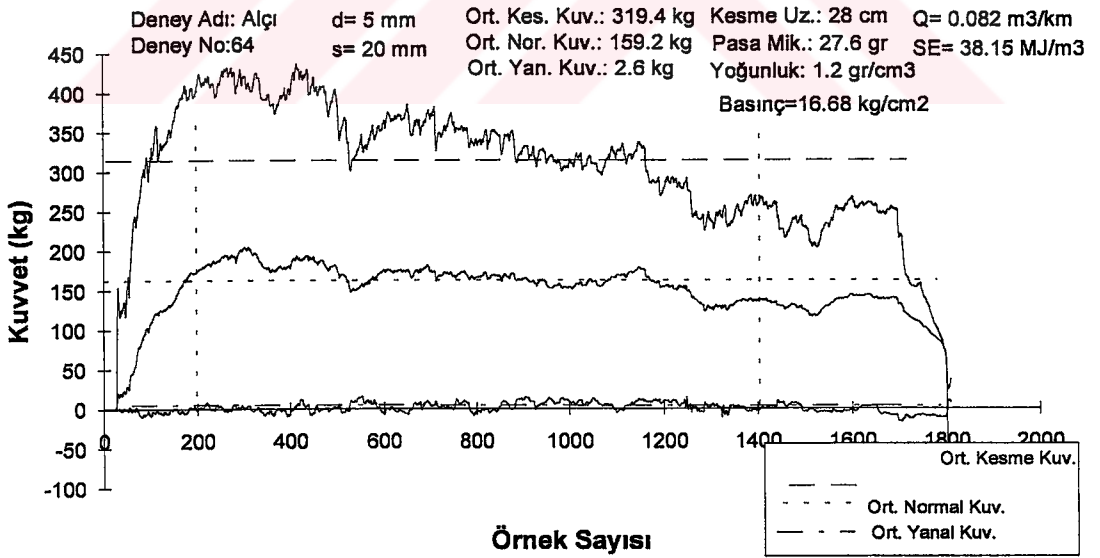
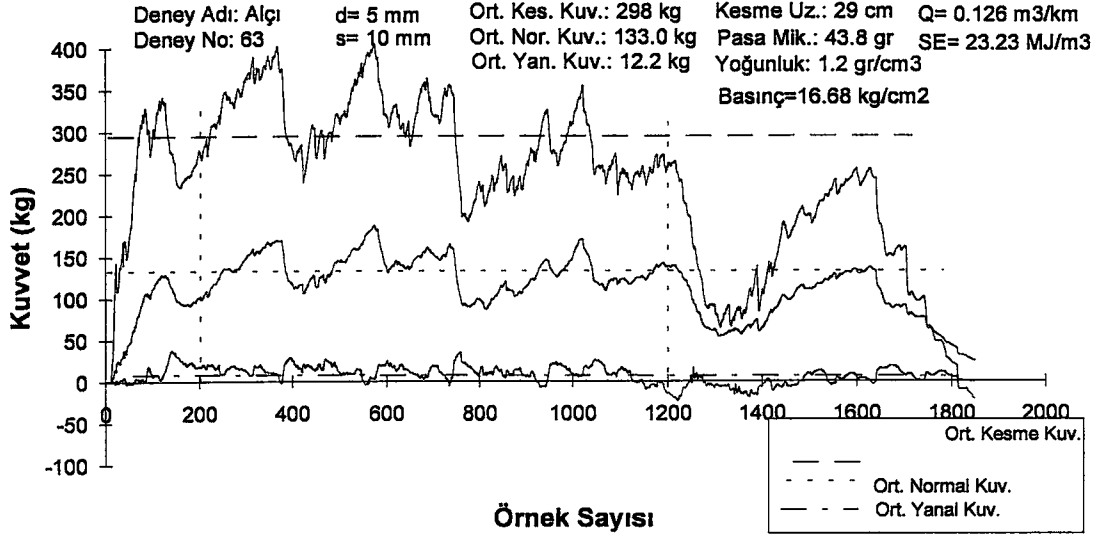


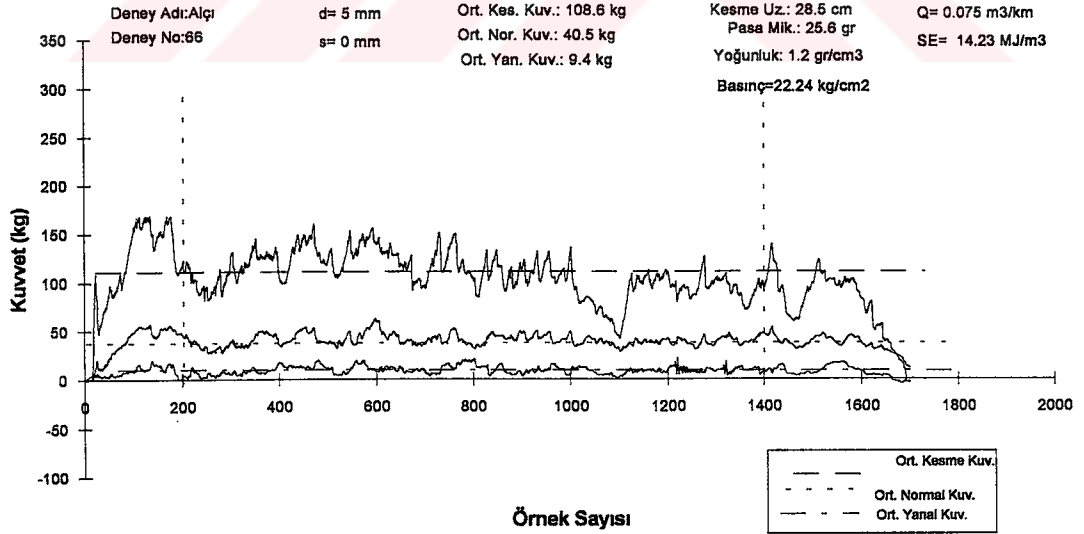
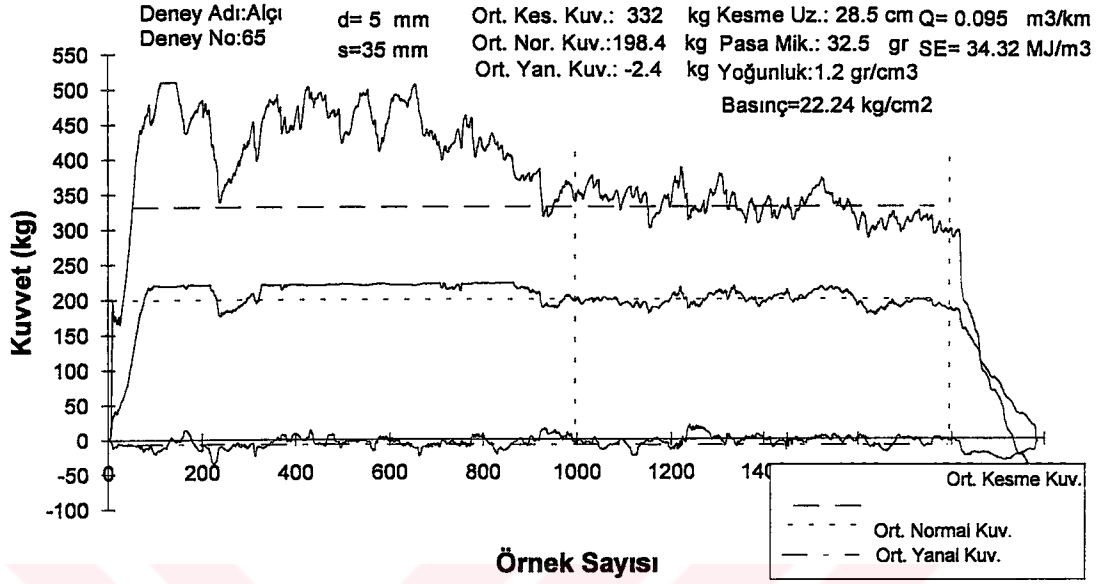


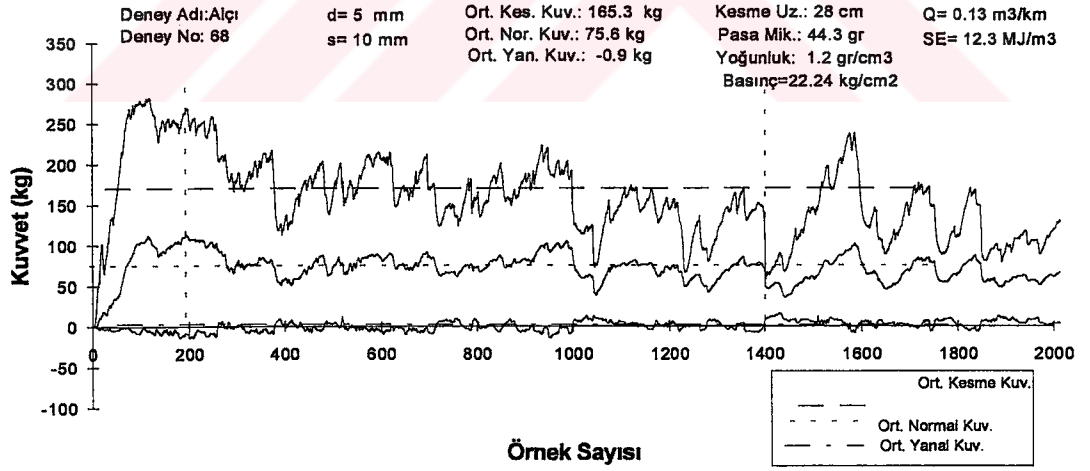
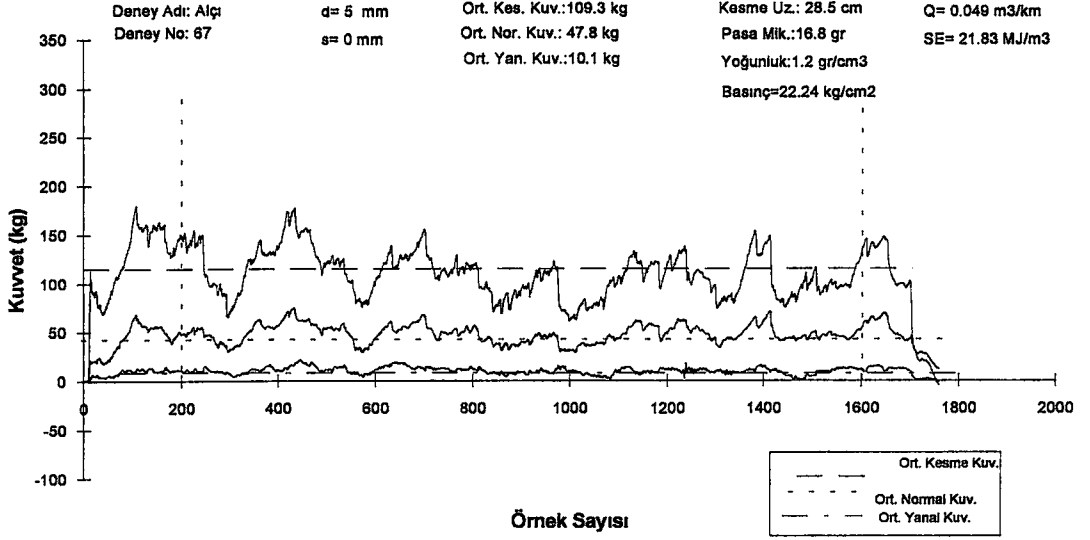


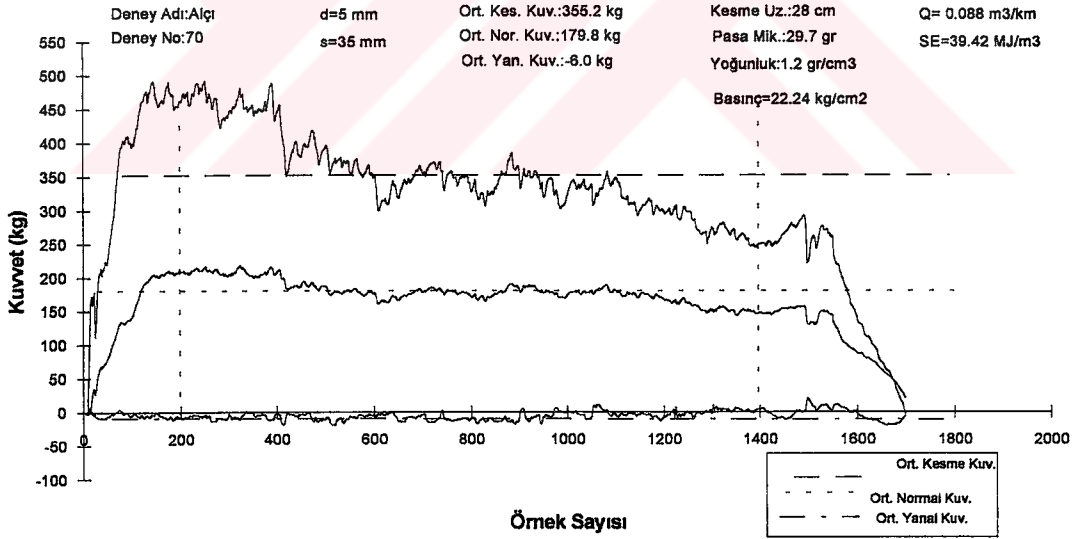
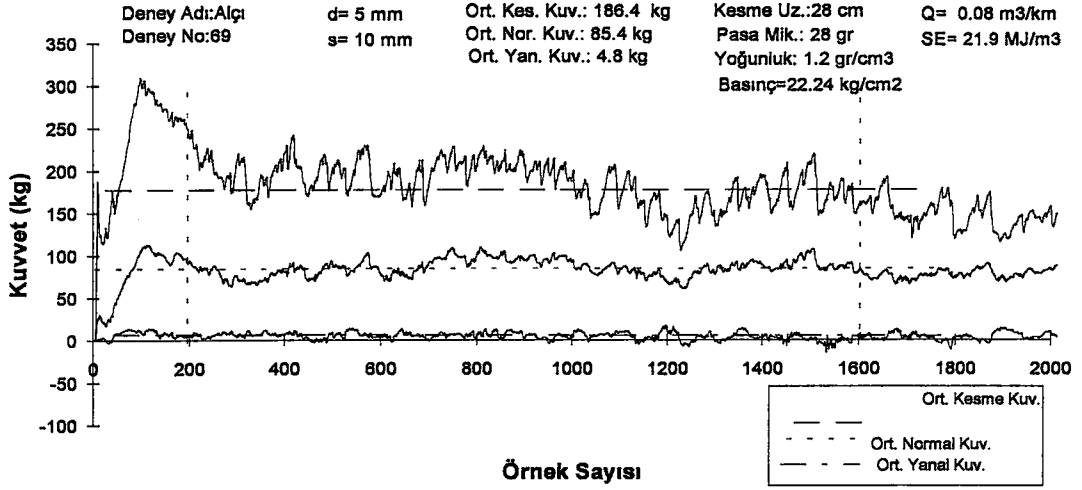


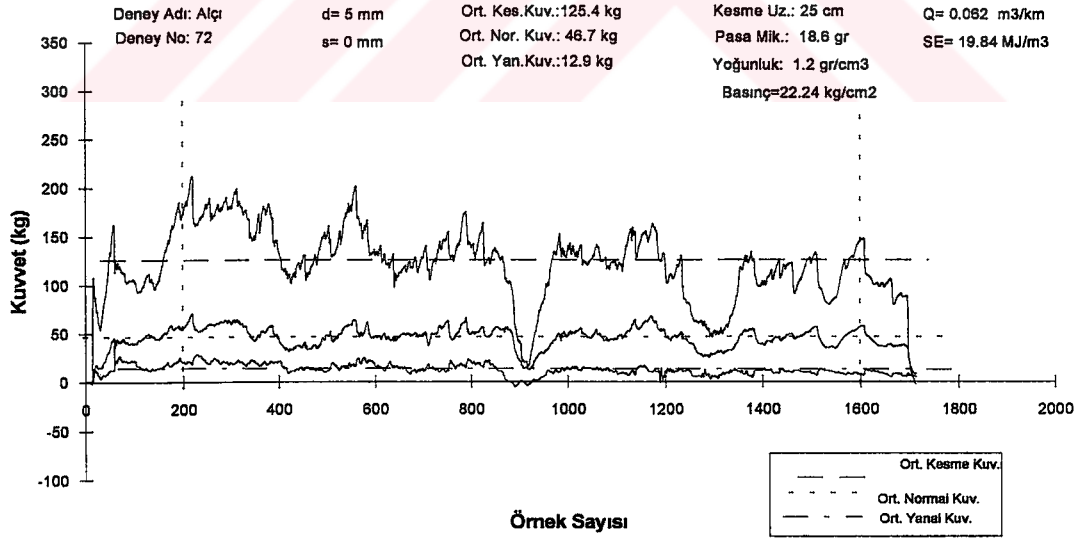
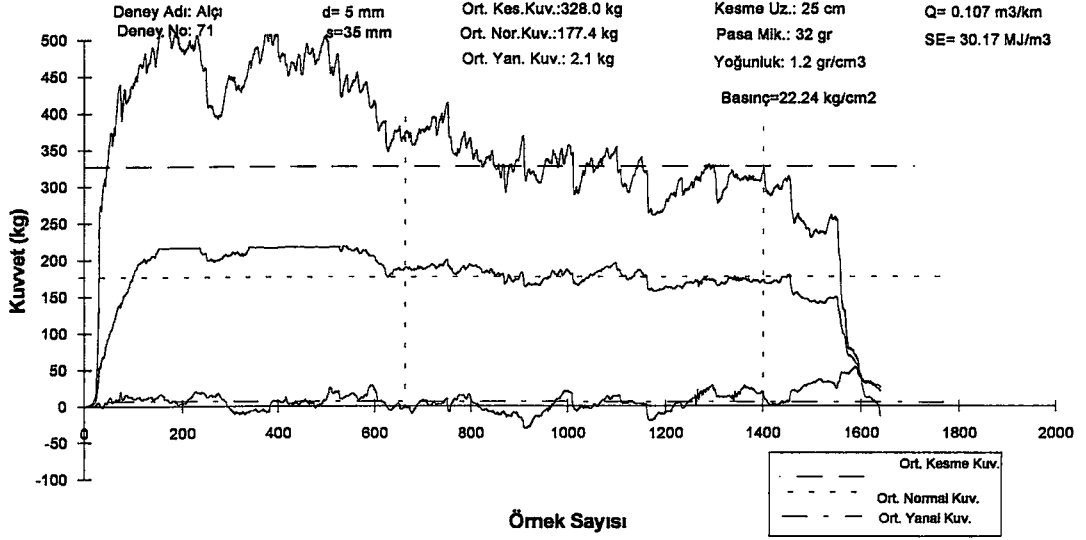


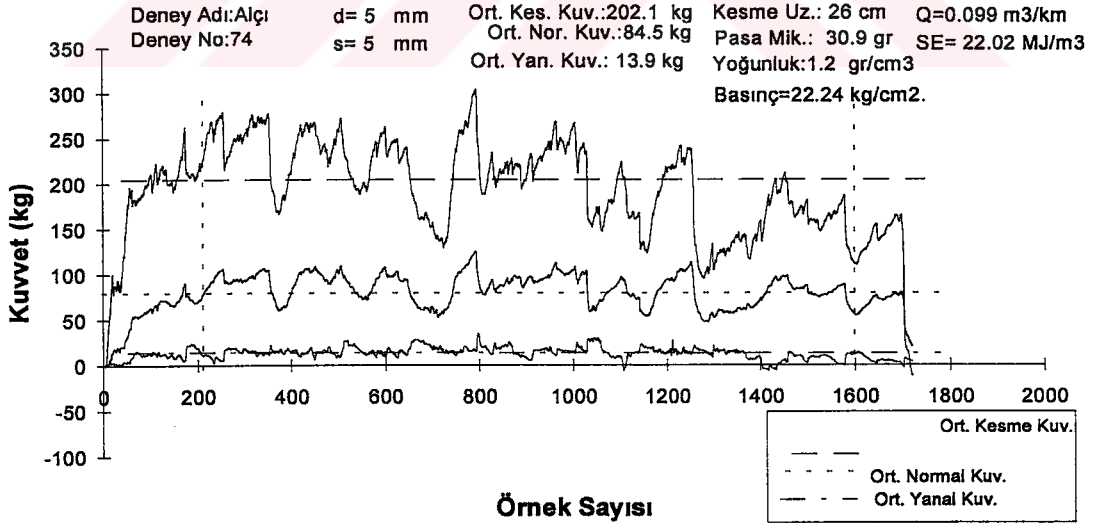
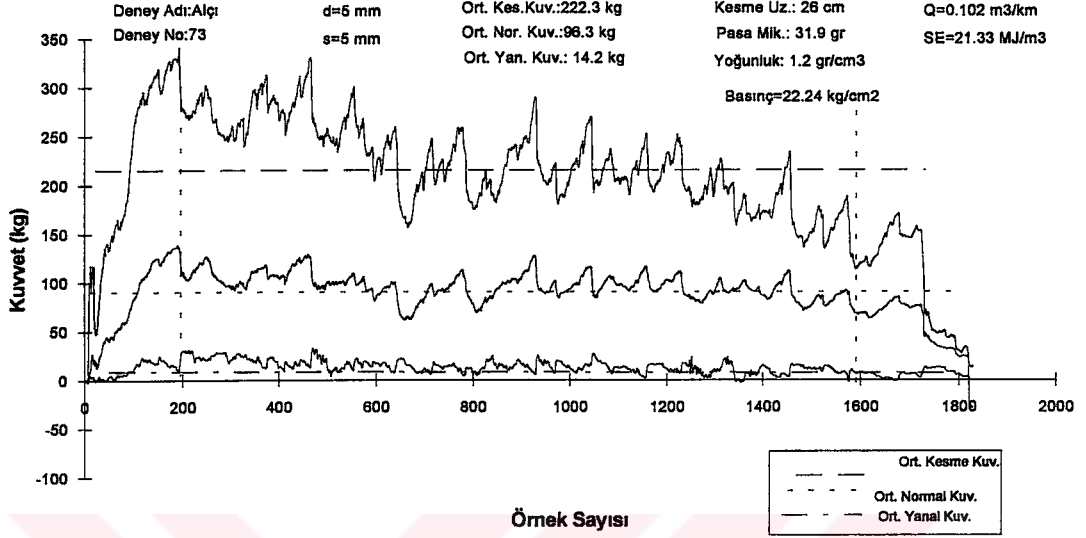


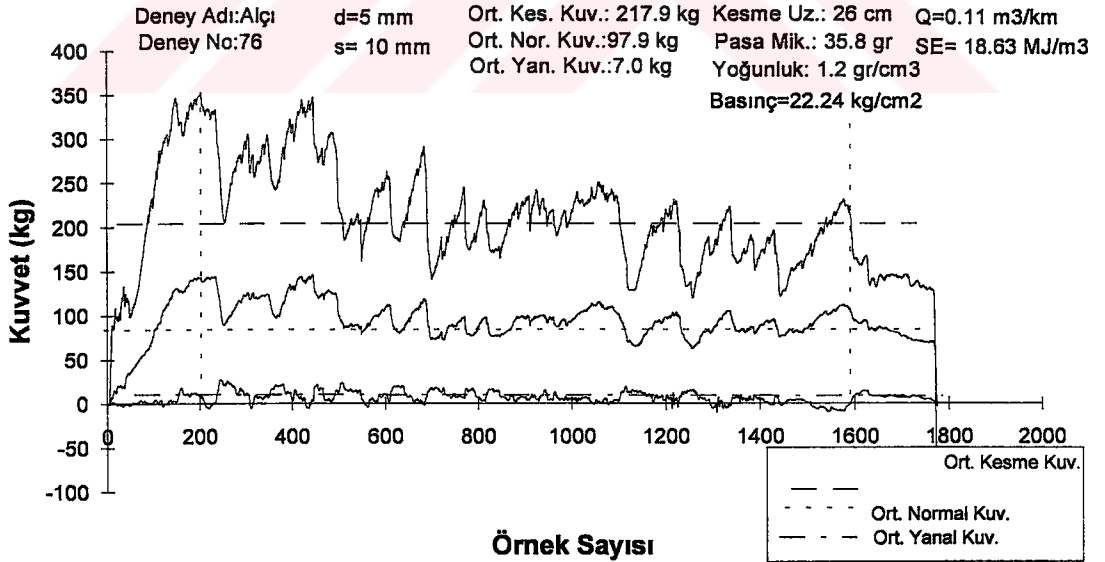
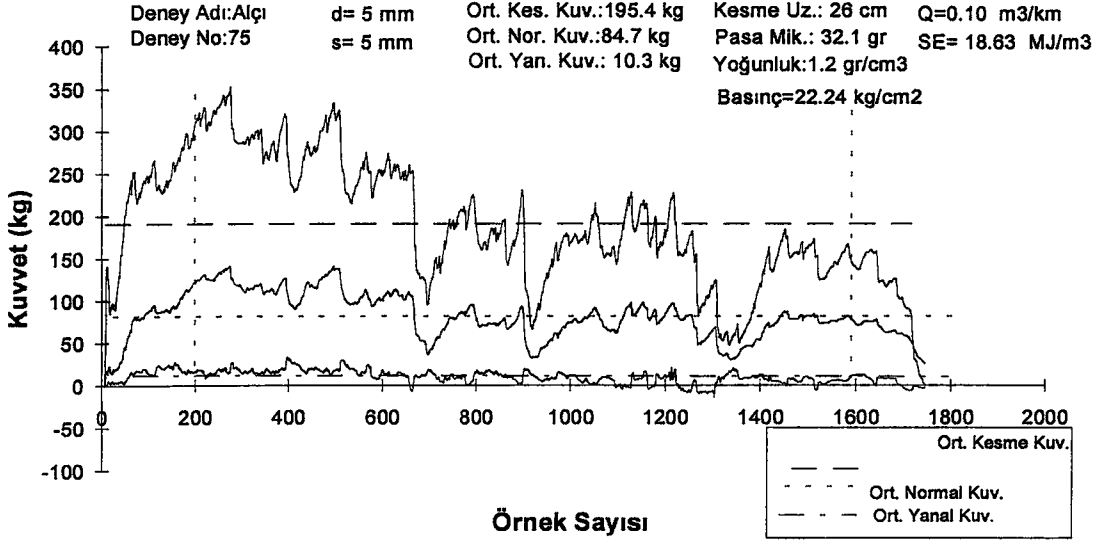


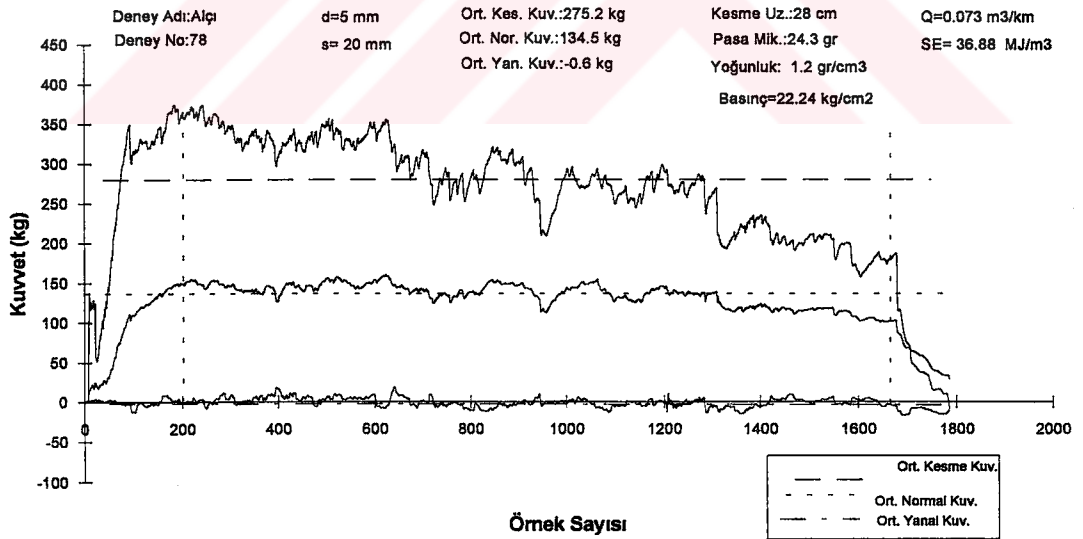
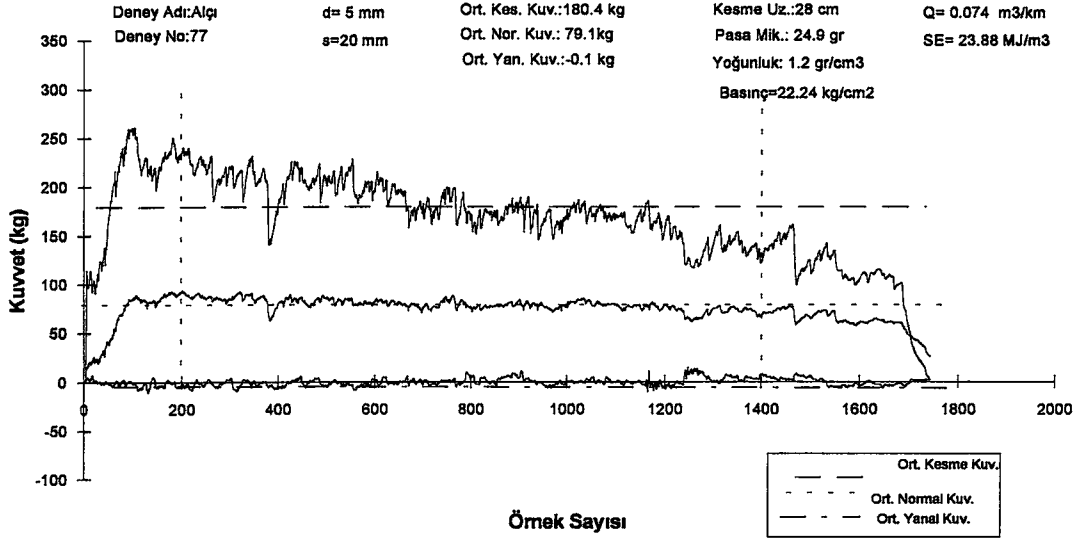


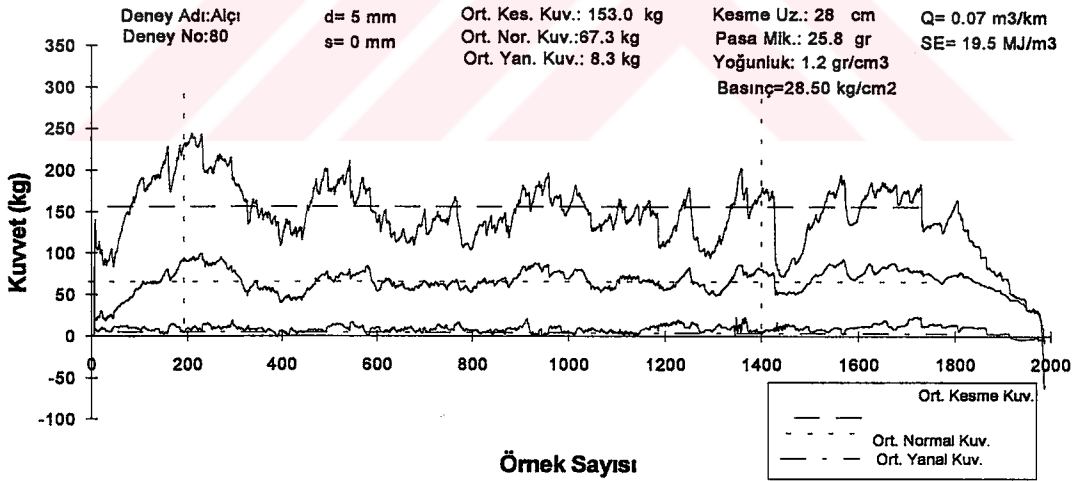
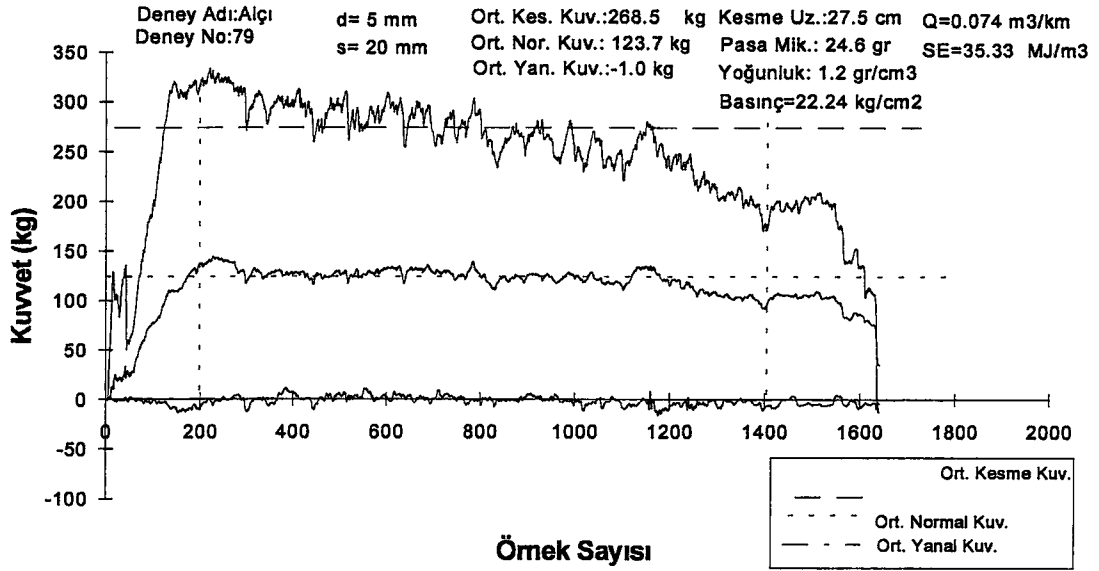


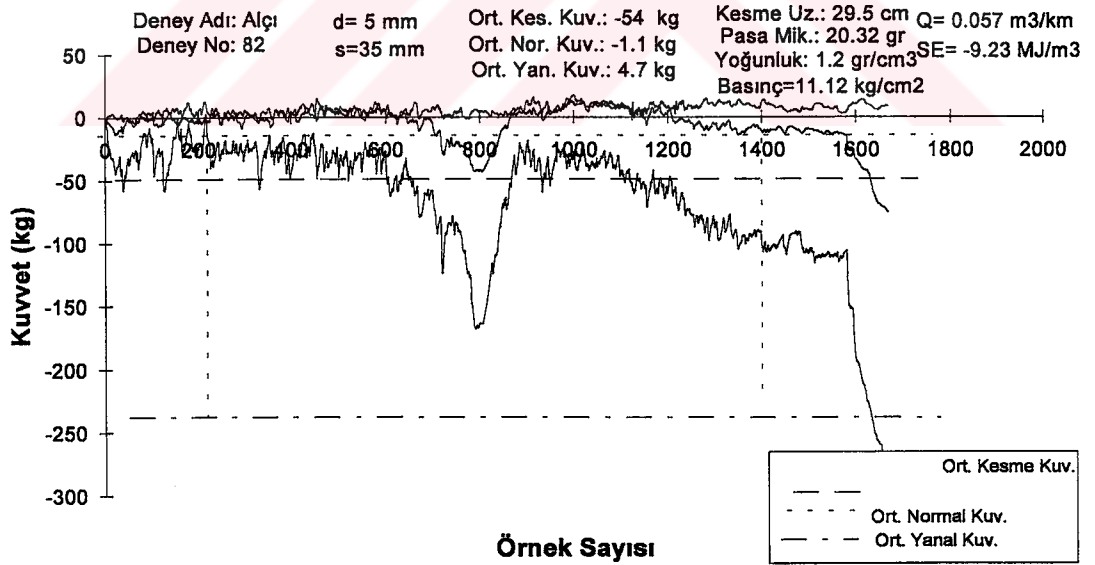
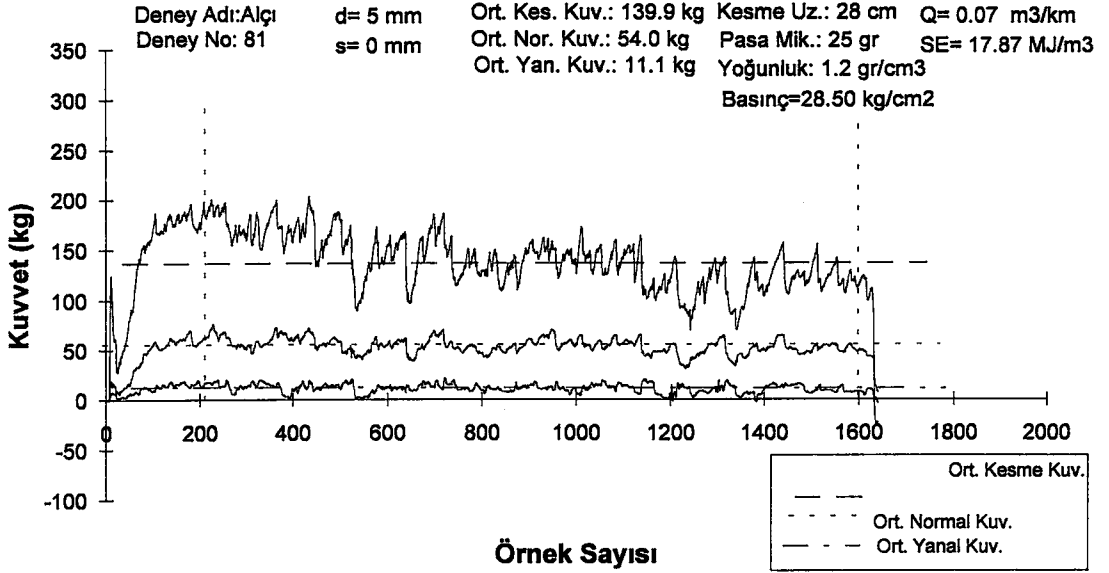


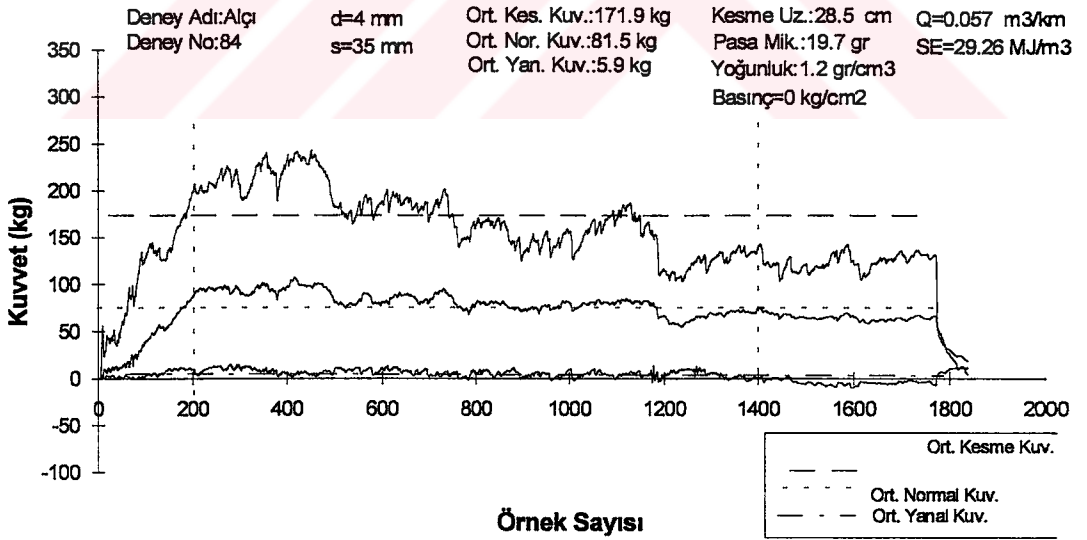
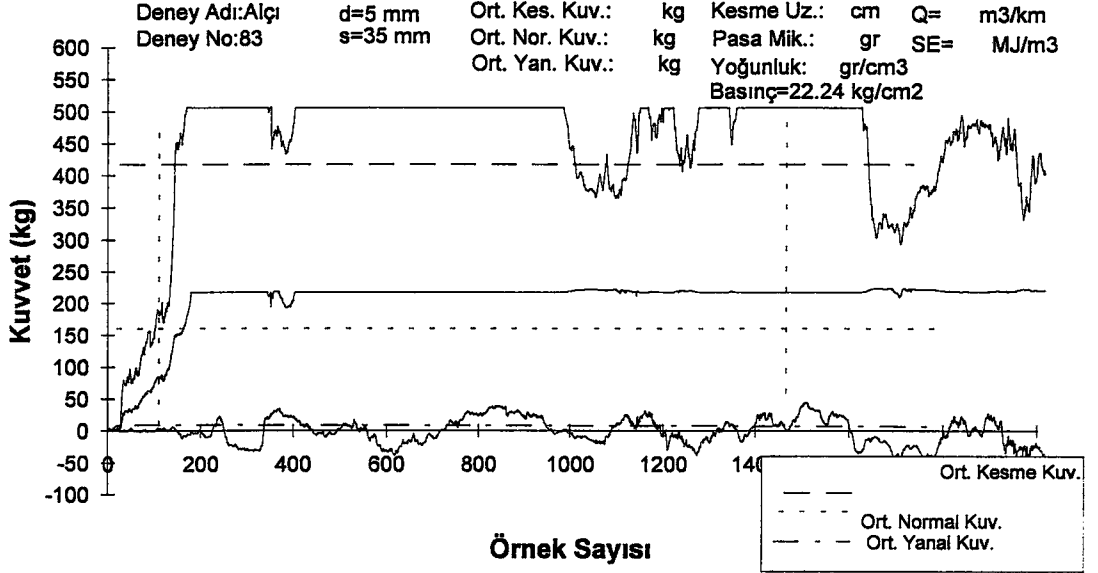


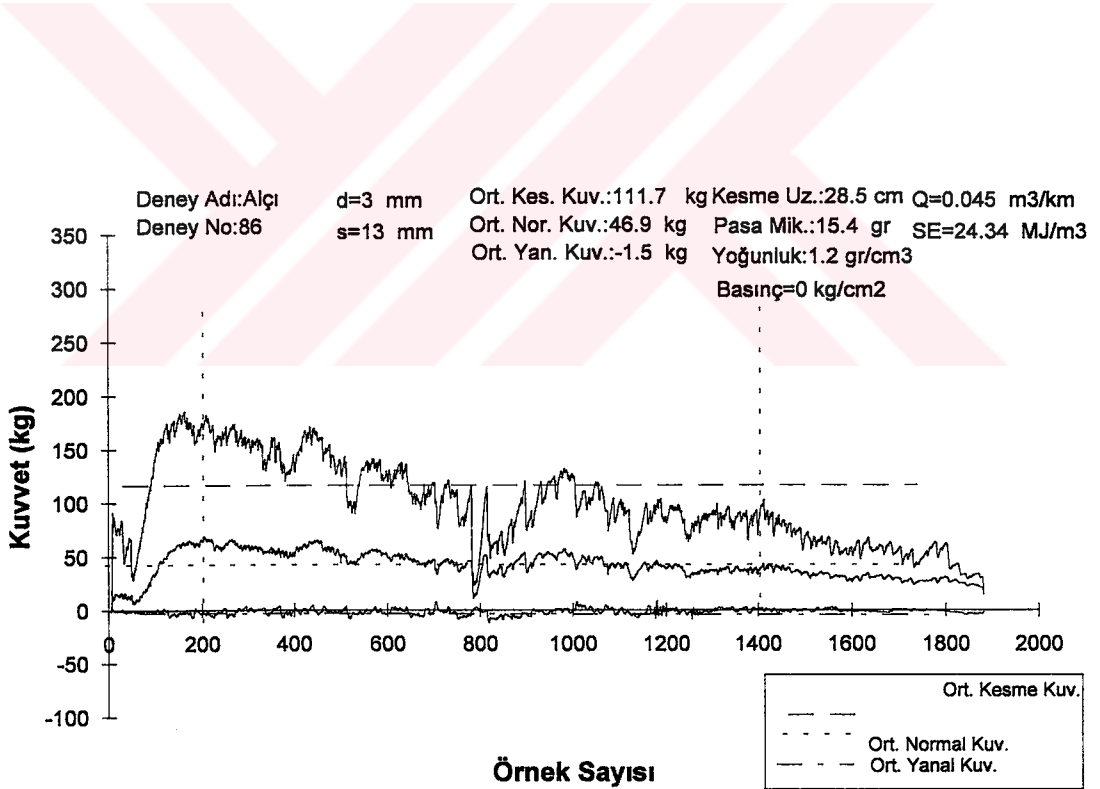
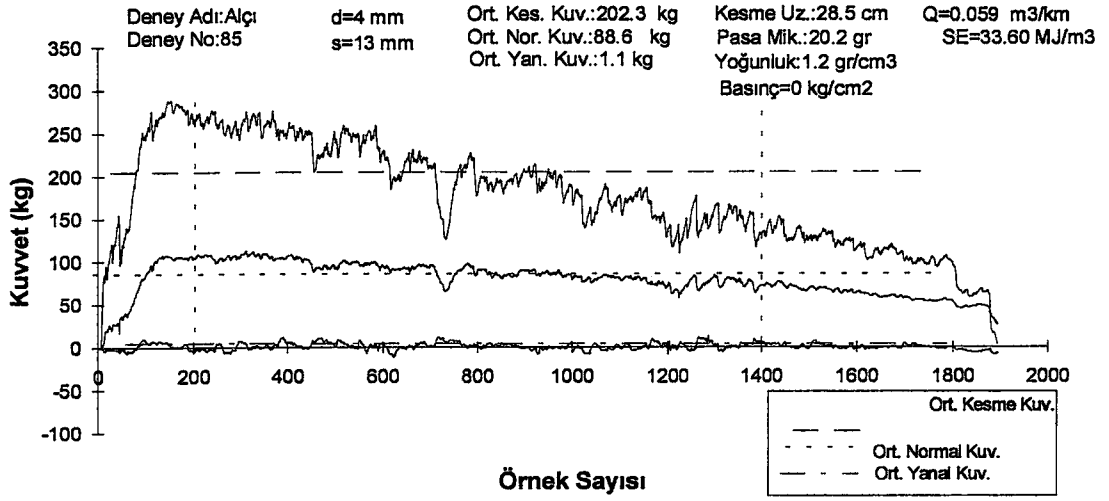


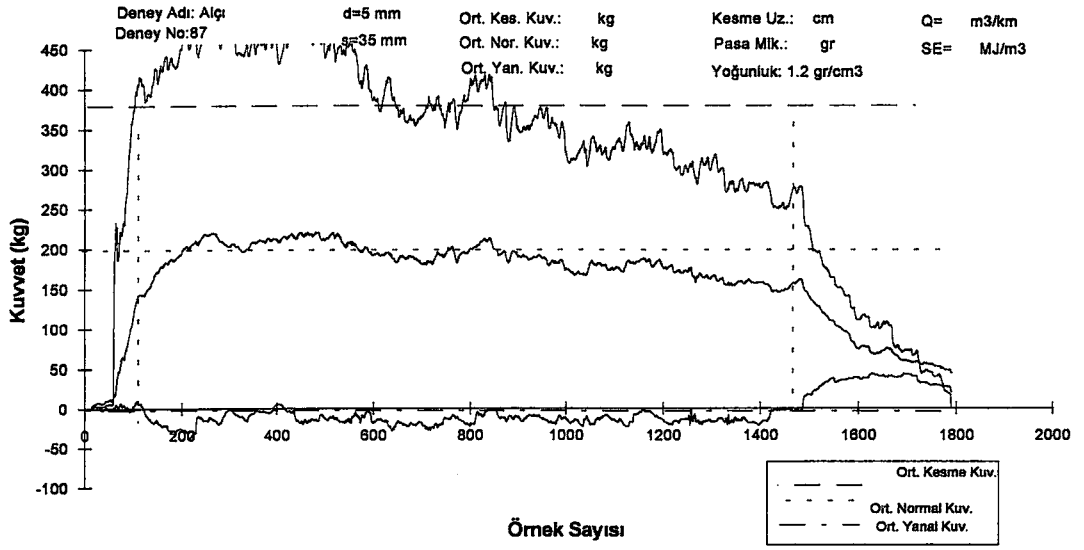












ÖZGEÇMİŞ

İsmail BİLGE 1969 yılında Kastamonu' nun Bozkurt ilçesinde doğmuştur. İlköğrenimini Zonguldak Rüzgarlımeşe İlkokulunda yaptıktan sonra orta öğrenimini Zonguldak İmam Hatip Lisesinden 1988 yılında mezun olarak tamamlamıştır. Aynı yıl lisans öğrenimi için İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümüne girmiştir. Staj çalışmalarını Soma ve Tunçbilek kömür ocaklarında yaptıktan sonra ‘ Karadon Yeraltı Uzun Ayaklarının Üretim, Tahkimat ve Nakliyatının İncelenmesi’ adlı ödevi sunarak Şubat-1993’ de Maden Müh. olarak mezun olmuştur. Aynı yıl İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Müh. Maden Kazı ve Teknolojisi Anabilim Dalı’ nda yüksek lisans öğrenimine başlayarak 1996 da mezun olmuştur.

