

# ARMUTÇUK ÜRETİM BÖLGESİNDE UYGULANACAK PİLOT HİDROLİK DOLGUDA KULLANILACAK LAVUAR ARTIĞININ MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ

Cemal BİRÖN(\*)  
Ergin ARIOĞLU(\*\*)  
AUYÜKSEL(\*\*\*)

## ÖZET

*Bu tebliğ, Armutçuk Bölgesi Pilot hidrolik dolgu uygulamasında kullanılacak lavuar artıkları üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar deney sonuçlarını kapsamaktadır. Çalışmada önce, dolgu malzemesi özelliklerine etki eden doğal ve teknik parametreler belirlenmiş, dolgu malzemesi seçim ölçütleri bir akış diyagramı biçiminde genelleştirilmiştir. Laboratuvar çalışmalarında, ince boyutlu malzemenin dolgu hacmi içerisinde kalmasının sağlanması konusuna ağırlık verilmiş, buna ek olarak sıkıştırma, üç eksenli basınç ve perméabilité deneyleri gerçekleştirilmiştir. % 10 ve 30 hacimsel konsantrasyonlarda "Çöktürücü" katkı maddesi olarak 0.2-10 gr/lt miktarlarında karışıma ilave edilen  $Al_2(\beta On)_3$ , ince malzemenin çöktürülmesinde başarılı olmuştur. Orijinal artık ölçülen perméabilité değerine göre Polonya dolgu sınıflar dirmasında "III sınıfta yer almaktadır*

## ABSTRACT

*Presented is a summary of the experimental investigation carried out on the refuse of Armutçuk Washery for use as a stowing material. This study was mainly confined to defining the engineering properties of the material in question. The following were inspected: Grain-size distribution. Unit-weight-moisture content relations, Bearing capacity characteristics. Shear strength, Percolation rate, Effect of the flocculant on amount of fines being carried water during by stowing dewatering.*

(\*) Prof.Dr.Müh., Maden Mühendisliği Bölüm Başkanı, İTÜ-İSTANBUL

(\*\*) Doç.Dr.MUH., Maden Fakültesi öğretim üyesi, İTÜ-İSTANBUL

(\*\*\*) Yük.Müh., Doktora öğrencisi, Maden Fakültesi, İTÜ-İSTANBUL

## 1. GİRİŞ

İstatistiksel kayıtlarda, Armutçuk Üretim Bölgesindeki yangın olaylarının ilk defa 1955 yılında gözleendiği rapor edilmektedir. Yangın olaylarına karşı 1957 yılında, % 100 üretimi sağlayan ve kömürün göçüğe karışmasını önleyen hidrolik dolgu uygulamasına başlanmış ve 1959 yılına kadar sürdürülmüştür. (1961-1965) dönemini kapsayan ikinci uygulama sırasında üretim, toplam 20 panonun 7'sinde hidrolik dolgu, diğerlerinde ise arakathı göçertme sistemi ile gerçekleştirilmiştir, özellikle malzemeye dayandırılan ve o günün koşullarında çözülemeyen bazı teknik problemler nedeniyle hidrolik dolgu uygulaması durdurulmuştur(1,2).

Arnoğlu ve Yüksel (1983), dolguda kullanılan malzemenin özellikle tane dağılımı bakımından diğer maden havzalarında başarı ile uygulanmış ve halen uygulanmakta olan hidrolik dolgu malzemeleri ile karşılaştırarak anılan malzemenin, bunlardan bazı dağılım özellikleri (ince malzeme miktarı, uniformluk katsayısı) açısından daha iyi olduğunu belirlemiştir(3,4,5). öte yandan, aynı çalışmada ortalama üretim süresinin ara katlı göçertme üretim yönteminde 8,2 ay, hidrolik dolgulu yöntemde 16,33 ay olarak gerçekleştiği saptanmış ve hidrolik dolgu uygulamasının yangın olaylarını azaltıcı yönde etkili olduğu istatistik matematiği yardımıyla gösterilmiştir. Arakathı göçertme sistemi uygulanan daha sonraki üretim dönemlerinde (1975-1982) yangın olayı gözlenen pano sayılarının (4 pano/yıl) hızla lineer ve bunların rezervlerinin (1979-1980) yıllarında 0,07 milyon ton/yıl, (1981-1982) yıllarında ise yaklaşık 0,45 milyon ton/yıl hızla üstel bir biçimde arttığı ortaya konmuştur. Bu kestirimle, sadece 1984 yılında yangına terk edilen rezervlerin parasal karşılığının 32 milyar TL mertebesinde olduğu ifade edilebilir. Anılan üretim döneminde, ortalama üretim süresinin 4 ay ile sınırlandırıldığı, yangın süresinin 28,3 aya ulaştığı ve bir üretim panosunun yangına yakalanmadan tamamlanma süresinin ancak % 7 olduğu(3,4,5) çalışmalarda ayrıca rapor edilmiştir(3,4,5).

Yukarıda kısaca özetlenen gerçekler karşısında, Armutçuk üretim bölgesinde pilot ölçekte hidrolik dolgu uygulamasına tekrar karar verilmiş ve İTÜ Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, döner sermaye çerçevesinde üretim projesinin yapımını ve uygulama projesinin danışmanlığını üstlenmiştir. Hidrolik dolgu uygulaması, pilot uygulamadan elde edilen sonuçlar doğrultusunda bölge çapında yaygınlaştırılacaktır.

Bu çalışma, lavuar artıklarının hidrolik dolgu malzemesi olarak değerlendirilmesi için gerçekleştirilen laboratuvar deneylerin sonuçlarını (indeks özellikleri, tane boyut dağılımı, içsel sürtünme açısı, ince malzemenin çöktürülmesi ve perméabilité) içermektedir. Deneysel çalışmalarda, artık bileşimindeki ince malzemenin ( $d < 0,074$  mm) ayak-dolgu hacmi içinde kalmasının temini konusuna ağırlık verilmiş ve kimyasal çöktürücü Alüminyum sülfat'ın, değişik katı kontrasyonlarında hazırlanan karışımlar için çöktürme performansları belirlenmiştir, ölçülen perméabilité değerleri, Polonya dolgu sınıflamasında verilen değerler ile karşılaştırılarak incelenen malzemenin yeri tanımlanmıştır.

Ayrıca, dolgu malzemesi seçimine etki eden doğal ve teknik parametreler ve verilen koşullar için malzeme seçim kriterleri akış diyagramı şeklinde genelleştirilmiştir.

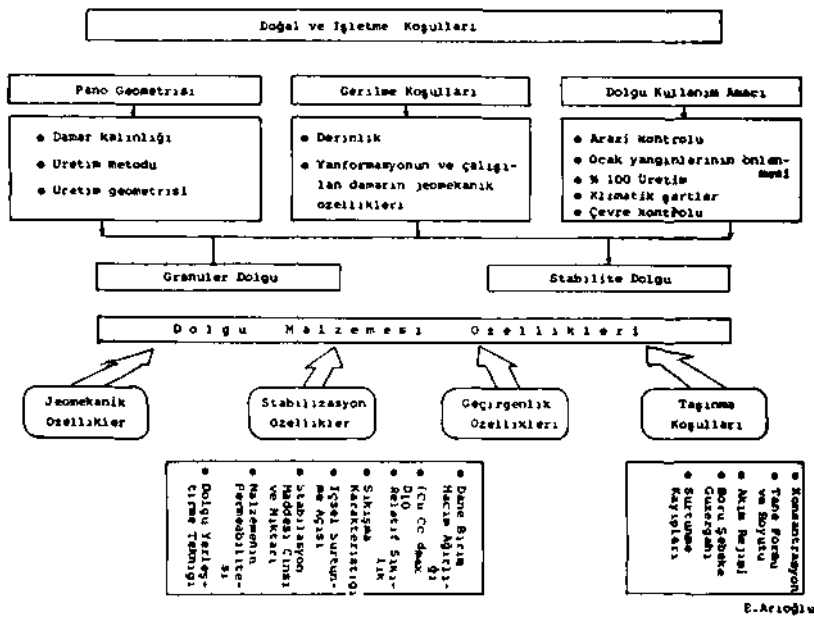
## 2. DOLGU MALZEMESİ SEÇİMİNE ETKİ EDEN PARAMETRELER VE MALZEME TÜRÜNÜN SEÇİM ESASLARI

Dolgu uygulamasına karar verilmeden önce, amaçlanan performansları sağlayacak en uygun malzemenin seçimi çok önemli kritik bir konudur. Diğer kelimelerle, dolgu uygulamasının genel başarısı malzeme seçimi ile yakından ilgilidir(6-7-8-9).

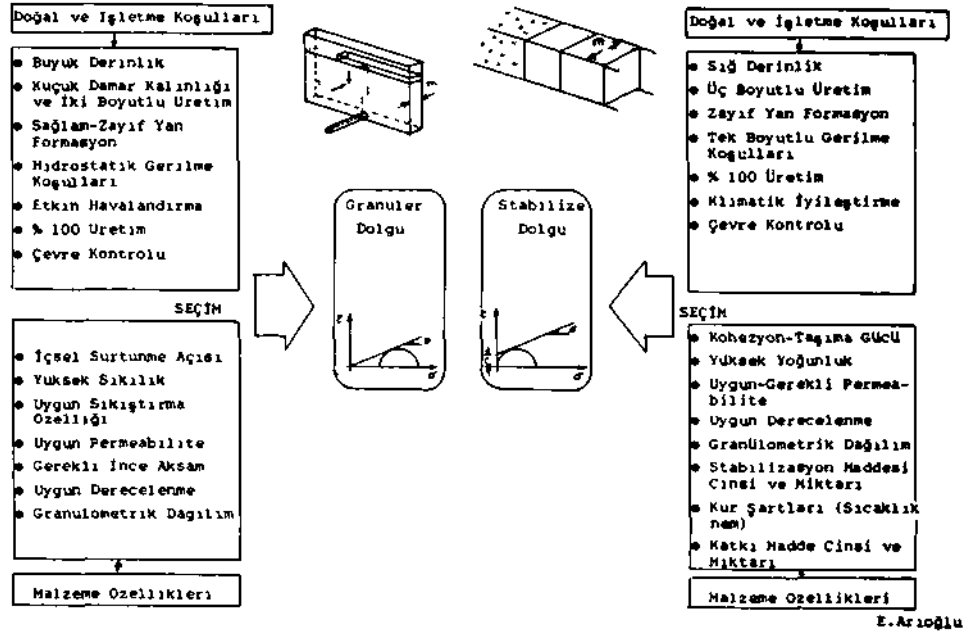
Şekil 1'de dolgu malzemesinin özellikleri üzerinde etkili olan genel parametreler topluca gösterilmiştir. Buradan açıkça görüleceği üzere, malzemenin taşınması gereken özelliklerinde, üç önemli doğal ve madencilik faktörleri (Pano geometrisi, gerilme koşulları) ve dolgu kullanım amacı rol oynamaktadır, öte yandan, malzemenin indeks özellikleri dolgunun taşıyıcılık performansını belirleyen diğer önemli bir özellikler manzumesidir. Şekil 2'de ise dolgu seçim kriteri özetlenmiştir. Verilen doğal ve işletme şartlarının dolgu türünü nasıl etkilediği Şekil 2'de gösterilen akış diyagramından açıkça izlenmektedir:

## 3. ÖNCEKİ DOLGU UYGULANMASINA KISA BAKIŞ

Armutçuk üretim bölgesinde ilk defa 1957 yılında başlanan hidrolik dolgu uygulaması taşıyıcılık açısından başarılı olmasına karşın, baraj lam a tekniğinin yetersizliği sonucunda baraj önüne geçen küçük boyutlu malzemelerin oluşturduğu işletme problemleri, dolgu uygulanan panolarda yangın çıkması ve o günün koşullarında çözüme ulaştırılmayan diğer bazı teknik problemler nedeniyle 1965 yılında durdurulmuştur(1-2).



Şekil 1 - Dolgu malzemesi seçimine etki eden genel parametreler



Şekil 2— Dolgu malzemesi seçim kriterleri

Uygulama ile ilgili olarak hazırlanmış teknik raporlarda belirtilen "kaçak" ince malzemenin yol açtığı problemler neden-sonuç ilişkisi içinde aşağıdaki çizelgede özetlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1- Dolgu uygulamasında karşılaşılan ana problemler

Problem	Neden	Sonuç
- $d < 1,41$ mm. boyutundaki malzemenin baraj önüne geçmesi	- Baraj filtre malzemesi delik geometrisinin büyük olması	- Bu malzemenin toplama havuzuna kadar çeşitli yerlerde çökmesi
- $d < 0,59$ mm boyutundaki malzemenin kanallarda çökmesi	- Taşıyıcı kanalların bulunmaması ya da uygun kesit geometrisi ve hidrolik eğime sahip olmaması	- Malzemenin kanal kesitini doldurarak ana yola taşması ve ulaşımı büyük ölçüde aksatması
- Havuza taşınan malzemenin havuzu kısa sürede doldurması	- Havuz geometrisinin yetersizliği	- Dolgu uygulamasının kesintiye uğraması

Anođlu ve Yüksel tarafından yapılan bir çalışmada(3), hidrolik dolgu uygulamasının yangın olaylarına karşı anlamlı bir düzeyde başarılı olduğu gösterilmiştir (izelge 2).

**Çizelge 2- 1959-1965 Yılları goertmeli ve hidrolik dolgu yönteminde üretim süresinin istatistiksel değerlendirmesi**

	Arakatlđ Goertme (1)	Hidrolik Dolgu (2)
Ortalama üretim süresi $\bar{x}_i, \text{Ay}$	8,2	16,33
Standart sapma $s_i, \text{Ay}$	7,48	11,58
Gözlem sayısı, $N_i$	15	9
Test Kriteri ( $t_t$ : Student sayısı)	$t_h = \frac{ X_1 - X_2 }{\sigma_0} \leq t_t$	$\sigma_0 = \sqrt{\frac{S_1^2}{N_1} + \frac{S_2^2}{N_2}}$
Güven düzeyi ve serbestlik derecesi	% 97,5 SD = 15 + 9 - 2 = 22	$t_{0,975} = 2,074$
Sonuç	$t_h = 1,884 < t_{0,975} = 2,74$ Ortalamalar "farklı toplumlardan" gelmektedir.	

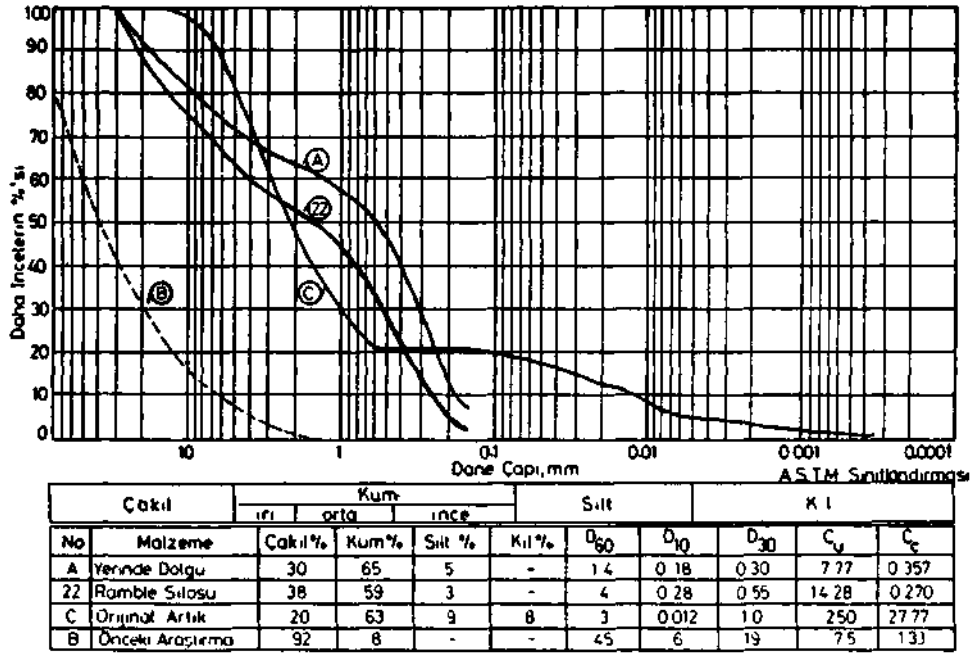
#### 4. ARMUTÇUK LAVUAR ARTIKLARININ DOLGU MALZEMESİ OLARAK İNCELENMESİ VE GERÇEKLEŞTİRİLEN MALZEME DENEYLERİ

##### 4.1. Genel

Devam eden bu proje çerçevesinde, lavuar artıkları üzerinde aşağıda sıralanan "laboratuvar deneyleri" gerçekleştirilmiştir(10,11).

- Tane Boyut Dağılımı
- İnce Malzemenin Kimyasal Katkılarla otrlmesi
- Fiziksel Ayrışma zellisinin Belirlenmesi
- otrc ve Filtre Malzemesi Performansının Model Deneyleri ile İncelenmesi
- Permabilit Deneyleri

Ayrıca, dolgu malzemesi inceleme metodolojisi içerisinde btnlğn sağlanması açısından burada, Yüksel (1983) ve Anođlu-Yüksel (1983)'in aynı malzeme üzerinde daha önce gerçekleştirdikleri araştırmada(4-5) elde edilen deney sonuçlarına da kısaca yer verilecektir.



Şekil 3— Lavuar artığının önceki uygulamada kullanılan malzeme ile karşılaştırılması

#### 4.2. Tane Boyut Dağılımı

Kurumun sağladığı lavuar artığının granülometrik bileşimi elek analizi ve hidrometre deneyleri ile belirlenmiştir. Tane boyut dağılımı ve karakteristik büyüklükleri Şekil 3 üzerinde gösterilmiştir. Söz konusu karakteristiklerin başlıcaları şöyledir:

- Maksimum tane boyutu . . . . .  $d_{max} = 12,5 \text{ mm}$
- Uniformluk sayısı . . . . .  $C_u = 250$
- Dereceleme sayısı . . . . .  $C_c = 0,004$

Malzemenin tane bileşiminde ise;

- (Çakıl-kum) . . . . . % 83
- (Silt-kil) . . . . . % 17

oranlarında bulunmaktadır. Aynı şekil üzerinde, daha önceki uygulamada kullanılan malzemenin de tane boyut dağılımı işaretlenmiştir. İki malzemenin karşılaştırılmasından şu sonuçlara ulaşmak mümkündür:

- İncelenen lavuar artığı önceki uygulamada kullanılan malzemeden daha fazla küçük boyutlu aksam içermektedir.

- Lavuar artığı sürekli bir Une boyut dağılımına sahip değildir ( $C_u = 250$ ). Daha önceki uygulamaya ait malzeme ise uygun bir süreklilik özelliğinde olup, uniformluk sayısı ( $C = 7,7 - 14$ ) en az boşluk oranını sağlayan optimum değere yakın mertebelere sahiptir(6-7).

- Lavuar artığı sürekli bir tane boyut dağılımına sahip değildir ( $C_u = 250$ ). Daha gu malzemelerden daha büyük uniformluk sayısına sahiptir. Bu malzemelerde sözkonusu büyüklük sırasıyla  $C_u = 2,86; 3.14 - 2,2$  ve  $4,2$ 'dir (3,12, s. 658,13, s. 582).

#### 4.3. Tane Birim Hacim Ağırlığı, Relatif Sıklık

Malzemenin piknometre ile belirlenen tane birim hacim ağırlığı  $\gamma_s = 2,38 \text{ gr/cm}^3$ , relatif sıklığı ise "gevşek"tir.

#### 4.4' Sıkıştırma Karakteristikleri

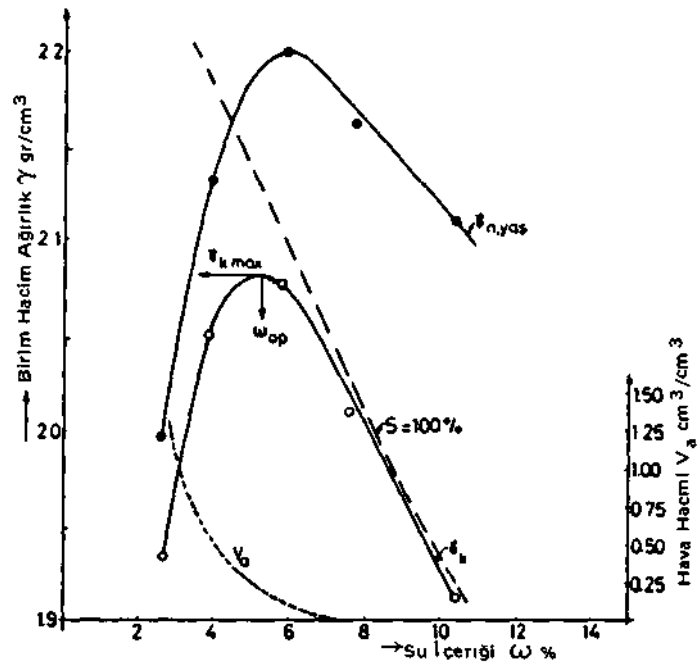
önceki araştırmada(3-4), maximum tane boyutu  $d_{max} = 30 \text{ mm}$  ve  $C_u = 25,9$ ,  $C_c = 0,258$  karakteristiklerine sahip malzeme(\*) üzerinde standart Proktor sıkıştırma deneyleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3'de özetlenmiş ve 25 vuruş/tabaka ( $4,06 \text{ kg.cm/cm}^3$ ) enerji seviyesi için birim hacim ağırlık-su içeriği değişimi ise Şekil 4' de belirtilmiştir.

Sıkıştırma eğrilerinden, malzemede sıkıştırma ile belirgin bir maksimum yoğunluk elde edildiği, diğer bir deyişle "iyi" bir sıkıştırma elde edildiği anlaşılmaktadır.

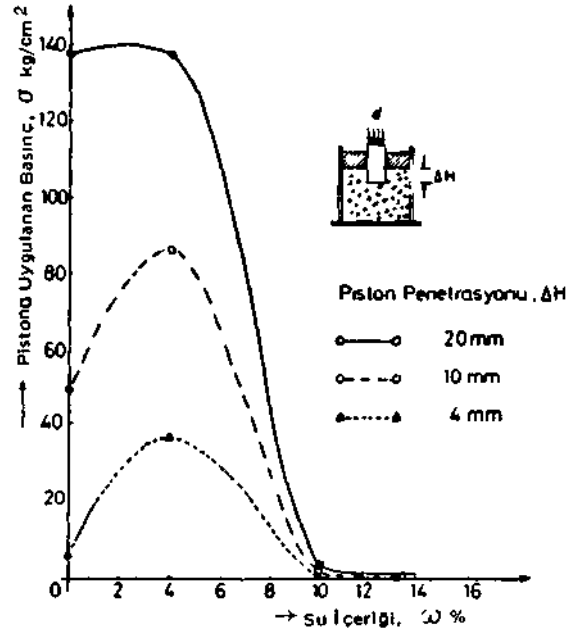
Çizelge 3- Sıkıştırma deneyi sonuçları

Karakteristik	Sıkıştırma Enerjisi Seviyesi	
	25 vuruş/tabaka (5,03 kg.cm/cm <sup>3</sup> )	50 vuruş/tabaka (4,06 kg.cm/cm <sup>3</sup> )
• Maksimum kuru yoğunluk $\rho_{s,max}$ / cm <sup>3</sup>	1,96	2,08
Maksimum yaş yoğunluk $\rho_{TV,max} > 8^r / \text{cm}^3$	2,17	2,20
Optimum su içeriği $w_D$ , %	10	5.3

(\*) Anılan değerler önceki dolgu uygulamasındaki malzemenin ortalama karakteristiklerine karşı gelmektedir



Şekil 4— Su muhtevası—birim hacim ağırlık değişimi



Şekil 5— Pistona uygulanan basıncın su muhtevası ile değişimi

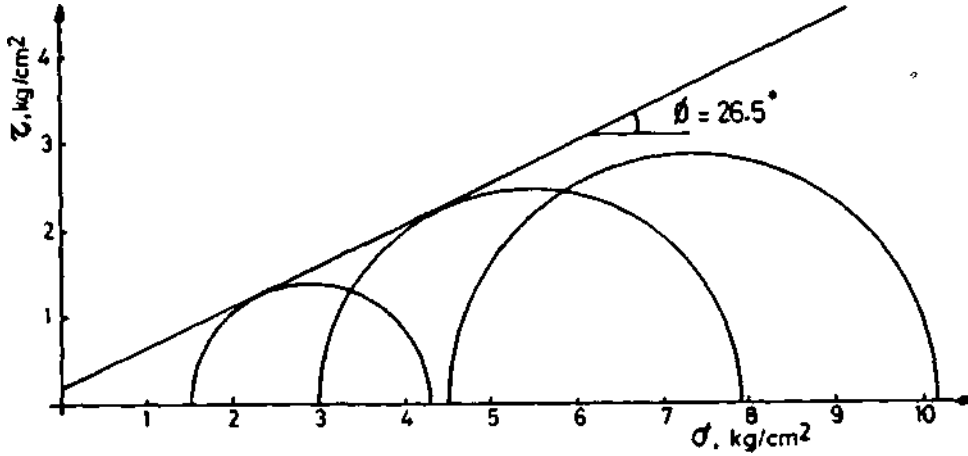


#### 4.5. Malzemenin Jeomekanik Özellikleri

Su içeriğinin, malzemenin yük taşıma karakteristiği üzerindeki etkisinin araştırılması için CBR (Kaliforniya Taşıma Oranı) deney aracı ile bir seri deney gerçekleştirilmiştir. Deneyler, sıkıştırma deneylerinde kullanılan malzeme üzerinde % 0-14 su içeriklerinde, gevşek ve  $(4,06 \text{ kg.cm/cm}^3)$  .  $(5,03 \text{ kg.cm/cm}^3)$  seviyelerinde sıkıştırma enerjileri uygulanarak yapılmış ve sonuçlar "pistona uygulanan basınç-pisto penetrasyonu" cinsinden değerlendirilmiştir.  $5,03 \text{ kg.cm/cm}^3$  sıkıştırma enerjisi uygulanmış malzemede elde edilen deney sonuçları Şekil 5'de sunulmuştur.

Değişimin izlendiği gibi, maksimum taşıyıcılık, % 4'lük su içeriğinde gerçekleşmekte, % 10'da ise taşıyıcılığını kaybetmektedir. Optimum su içeriğinin % 5 olduğu hatırlanırsa, yüksek taşıma gücünün tamamen, sağlanan yüksek yoğunlukla ilgili olduğu ifade edilebilir.

Lavuar artığının içsel sürtünme açısının belirlenmesi için üç eksenli basınç deneyleri yapılmıştır. Deney koşulları nedeniyle, maksimum tane boyutu  $d_{\text{max}} = 2 \text{ mm}$  ve  $(C = 3,56; C_c = 0,86)$  boyut dağılım karakteristiklerindeki malzeme kullanılmıştır.  $(0,6-0,7)$  arasında değişen boşluk oranları ve üç farklı çevre basıncında  $(\sigma_3 = 1,5; 3; 4,5 \text{ kg/cm}^2)$  gerçekleştirilen deneylerin sonucuna göre, Mohr kırılma dairelerine çizilen ortak teğetin eğimi şeklinde tariflenen içsel sürtünme açısı,  $\phi = 26,5$  olarak bulunmuştur (Şekil 6).



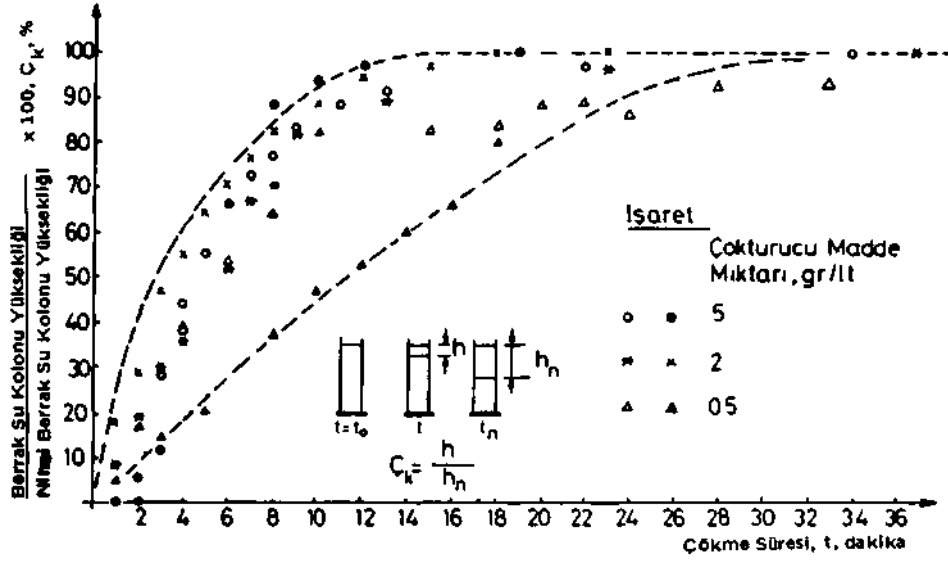
Şekil 6— Üç eksenli basınç deneyi sonuçları

#### 4.6. İnce Malzemenin Kimyasal Katkılarda Çöktürülmesi

ince malzemenin(\*) ayak-dolgu hacmi içinde maksimum ölçüde tutulması gerek baraj önüne geçmesiyle meydana getirdiği işletme problemleri gerekse istenilen taşıyıcılığın temini açısından özel önem taşır. Bu etkin bir filtreleme tekniği uygulamasının yanı sıra süspansiyon halinde bulunan sözkonusu malzemenin kısa bir sürede çöktürülmesi ile sağ-

ci İnce malzeme deyiminden karışım suyu içinde çökmeden bir süre askıda kalan silt-kil boyutunda ki ( $d < 0,074$ ) malzeme kastedilmiştir.

(anabilir. Bu nedenle, proje kapsamında gerçekleştirilen deneysel çalışmalarda bu konuya ağırlık verilmiştir. Alüminyum sülfat ( $Al_2(SO_4)_3$ ) karışma kimyasal çöktürüdi ajanı olarak ilave edilmiş ve bir seri çöktürme deneyi gerçekleştirilmiştir. Deneyler % 10 ve % 30 katı (hacimsel) konsantrasyonlarda ve 0,2-10 gr/lt arasında değişen çöktürüdi miktarları ile yapılmıştır. Deney sonuçları "berrak su kolonu yüksekliği/nihai berrak su kolonu yüksekliği-zaman değişimi" cinsinden ifade edilmiştir. Şekil 7, % 30 hacimsel konsantrasyona karşı gelen çöktürme deneyinin sonuçlarını göstermektedir.



Şekil 7— % 30 hacimsel konsantrasyon için çöktürme deney sonuçları

Çöktürme deneylerinden aşağıda sıralanan bulgular elde edilmiştir.

- Çöktürüdi katılmayan % 10 hacimsel konsantrasyondaki dolgu karışımında 24 saatlik süre sonunda "berrak su kolonu" oluşumu gözlenmemiştir.
- Çöktürüdi ilave edilen karışımlarda çökme, % 10 ve % 30 hacimsel konsantrasyonlar için sırasıyla 8 ve 12 dakikada tamamlanmıştır.
- En kısa sürede çökmeyi sağlayan, "optimum" çöktürüdi miktarı % 10 ve % 30 hacimsel konsantrasyon için sırasıyla 0,5 gr/lt ve 2 gr/lt'dir. Bu artış, hacimsel konsantrasyon ile birlikte artan ince aksam ile açıklanabilir.

#### 4.7. Model Deneyleri

Kullanılan çöktürüdi malzeme ve filtre (baraj) örtü malzemesinin, ince malzemeleri baraj içinde tutabilme performanslarının belirlenmesi amacıyla 15x30x50 cm boyutlarında bir model üzerinde deneyler gerçekleştirilmiştir. Modelin üç yüzeyi kapalı olup (50x30) boyutundaki yüzeyine (144 delik/cm<sup>2</sup> ve 103 gr/m<sup>2</sup>) karakteristiklerine sahip

pamuk dokuma bezi filtre örtü malzemesi olarak tesbit edilmiştir. Filtreden süzülen su bir kapta toplanmış ve içerisindeki ince malzeme miktarı ve bunun granülometrisi belirlenmiştir. Deney sonuçları Çizelge 4'de özetlenmiştir.

**Çizelge 4- Model deney sonuçları**

Deney No.	1	2
- Konsantrasyon	%30	%30
- Malzeme Miktarları		
Artık	2 955	2 955
Su	2 898	2 898
- Çöktürücü (Alüminyum Sülfat)	0	2gr/lt
- Filtre örtü Malzemesi	103 gr/m <sup>2</sup> , 144 delik/cm <sup>2</sup> karakteristiklere sahip kaput bezi	
- Deney başlanıç ve sonu	15,39-16,39	13,50-15,37
- Filtre Malzemesinden geçen;		
- (ince malzeme-su) miktarı	2,190 İt	1,825 İt
- ince malzeme miktarı	53,8 gr	11,5 gr
- ortalama tane boyutu	0,026 mm	-(*)
- (ince malzeme miktarı/ toplam malzeme miktarı) oranı	%1,82	%0,39
Gözlemler	ince malzemenin filtreden bariz şekilde geçtiği gözlenmiştir. Bu, azalan oranda deney sonuna kadar sürmüştür. Toplama kabındaki su süspansiyon halindedir.	Karışımın beslenmesi sırasında ince malzeme geçmiş ancak kısa süre sonunda süzülen su berraklaşmıştır. Dolgu üst yüzünde ince malzeme kalınlığı -9 mm'dir.

(\*) Malzeme miktarının yet .., olması nedeniyle tane boyutudağıhını belirlenememiştir

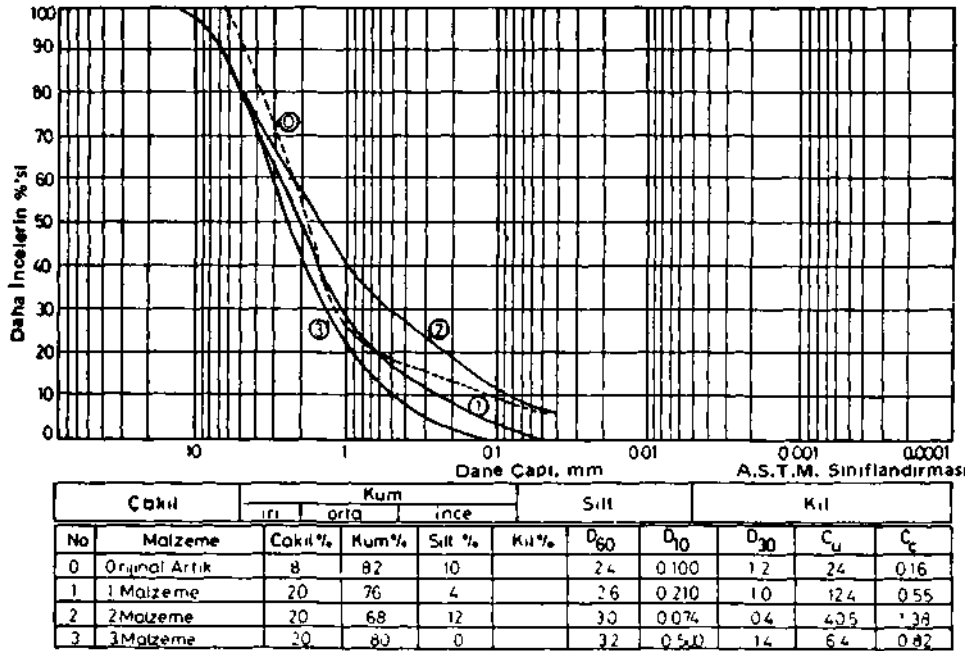
Çöktürücü katkı maddesi kullanımıyla filtre örtü malzemesinden geçen kaçak malzeme miktarı % 1,82'den % 0,39'a düşmüştür. Diğer kelimelerle, çöktürücü, ince malzemenin dolgu hacmi içinde kalmasını sağlamıştır. Ancak, ince malzeme oranlarının model deneyi olması nedeniyle aktüel değerleri yansıtamayacağı açıktır, ince boyutlu malzemenin çökmesiyle ilgili aktüel değerler, devam eden proje kapsamında programlanmış olan 1/1 ölçeğinde yerüstü pilot deneylerinden elde edilebilecektir.

#### 4.8. Perméabilité Denevleri

Karışım suyunun, aşağıda sıralanan istekler doğrultusunda dolgudan kısa sürede, azami oranda uzaklaşması gerekmektedir.

- Karışımından uzaklaşmayan su, havalandırma ve ulaşımı sağlayan tübing ya da tahkimatlar üzerine yüksek basınç gelmesine yol açar.
- Söz konusu fazla su nedeniyle yerindeki dolgu yeterli bir taşıyıcılığa ulaşamaz. Daha değişik deyişle, dolgudan beklenen "Taşıyıcılık Performansı" büyük ölçüde zedelenir.

Yukarıda belirtilen isteklerin yerine getirilmesi ise malzemenin uygun bir permeabiliteye sahip olmasıyla sağlanabilir. Bu büyüklüğü, genel olarak tane boyut dağılımı karakteristikleri ( $D_{10}$ ,  $C_u$ ,  $C_c$ ) boşluk oranı, karışımın kimyasal özellikleri gibi malzeme parametrelerinin yanısıra üretim geometrisi ve karışımın debisi gibi işletme parametreleri tarafından denetlenir(6-7-14). Lavuar artığının permeabilitesi ve anılan malzeme parametrelerinin bu büyüklük üzerindeki etkisinin incelenmesi için laboratuvar ölçüğünde perméabilité deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deneyler, standartları Kanada Maden Araştırma Merkezi tarafından verilen(15) düşey tipte, sabit seviyeli perméabilité aracı ile, orijinal artık ve granülometrisi kontrollü olarak değiştirilmiş malzemeler (Şekil 8) üzerinde yapılmıştır. Orijinal malzemeye ait deney sonuçları Çizelge 5'deki deney kayıt föyünde gösterilmiştir.



Şekil 8— Perméabilité deneylerinde kullanılan malzemelerin granülometrik bileşimi

Çizelge 5- Orijinal artık üzerinde yapılan perméabilité deney sonuçları

Maden Mühendisliği Bölümü Dolgu Laboratuvarı

Perméabilité Deneyi	Kayıt Föyü					
Deney Tarihi : 2.6.1984				Deney Başlangıcı : 15.10		
Deney Kurma : 12.00				Deney Sonu : 16.10		
Malzeme	Armutçuk Lavuar Artığı					
Effektif Çap				D <sub>10</sub> = 0,100 mm		
Tane Birim Hacim Ağırlığı				γ = 2,38 gr/cm <sup>3</sup>		
Malzeme Yüksekliği	L = 40 cm					
Su Yüksekliği	H = 48,5 cm					
Kesit Alanı	A = 21,637 cm <sup>2</sup>					
Okuma No.	1	2	3	4	5	6
Debi Miktarı, cm <sup>3</sup> /10 dak.	154,5	152	151,2	150	144,8	145
Ortalama Perméabilité, cm/sn	9.495 x 10 <sup>-3</sup>					
Yaş Numune - Dara	2 165,9 gr.		Su Muhtevası, %		12,67	
Kuru Numune-Dara	1 922,3 gr.		Birim Hacim Ağırlık		1,343 gr/cm <sup>3</sup>	
Dara	758,8 gr.		Boşluk Oranı		0,77	
Su Miktarı	243,6 gr.		Porozite		0,43	
Kuru Numune	1 163,5 gr.					

Çizelge 6- Perméabilité deneyi toplu sonuçları

Malzeme	Orijinal			
	Artık	1(*)	2(*)	3(*)
Effektif Çap, D <sub>10</sub> , mm	0,100	0,210	0,074	0,500
Laboratuvar perméabilité Değeri, k, cm/sn	9,45x10 <sup>-3</sup>	7,6x10 <sup>-3</sup>	6,38x10 <sup>-3</sup>	5,46x10 <sup>-3</sup>
Boşluk oranı, e	0,770	0,702	0,570	0,844
Standardize edilmiş Perméabilité Değeri k <sub>0,80</sub> (**)	1,42x10 <sup>-2</sup>	1,83x10 <sup>-2</sup>	1,585x10 <sup>-3</sup>	4,76x10 <sup>-2</sup>

\* Granulometrisi kontrollü değiştirilmiş malzemeler

$$** k_{0,80} = k \cdot \left[ \frac{0,80^3 / (1 + 0,80)}{e^3 / (1 + e)} \right] \text{ ifade eder.}$$

Çizelge 6'da ise orijinal ve granülometrisi kontrol edilmiş malzemelere ait ortalama perméabilite değerleri özetlenmiştir.

Elde edilen deney sonuçları istatistik matematiği ile değerlendirilmiş,

$$k_{0.80} = 0,1337 D_{10}^{1,471}, \text{ cm/sn}, r = 0,899$$

$$\ln k = -1,292 + 1,94 \ln (e.D_{10}) + 0,245 (e.C_c), \text{ cm/sn}, r = 0,999$$

korelasyon ifadeleri elde edilmiştir (14).

Malzemelerin standardize edilmiş perméabilite değerlerine göre Polonya dolgu sınıflandırmasında (13, s.580) yerleri Çizelge 7'de belirlenmiştir. Buna göre, Orijinal artık, III. sınıfta, önceki uygulamada kullanılan malzeme ise II. sınıfta yer almaktadır. Çizelge 8'de perméabilite sınır değerlerine ek olarak dolgu sınıflarına ait diğer karakteristikler de ilave edilmiştir.

Çizelge 7- Polonya dolgu sınıflaması (11, s. 580)

Dolgu Sınıfı	I	II	III	IV
Armutçuk Deney Malzeme- leri	3	önceki Uygu- lamadaki Malzeme	Orijinal Artık, 1	2
Perméabilite, cm/sn	$4 \times 10^{-2}$	$2 \times 10^{-2}$ $4 \times 10^{-2}$	$2 \times 10^{-2}$ $5 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$ $5 \times 10^{-3}$
Deformasyon, <sup>B,0</sup> (150 kg/cm <sup>2</sup> basınçta)	5(*)	5	10	10-15
Kullanım Alanları ve Dolgu Per- formansı	Koruyucu topukla- rın alınma- sı ve kaya patlamasına yatkın damar marlarda üretim	Çok yaygın kullanılan dolgu	Dolgunun ince aksamı kolaylıkla çökmez ve baraja basınç uygular. Dö- nüş suyu problem yaratır.	Yüksek ba- sınç koşul- larında kul- lanıma uy- gun özel dol- gudur. Nor- mal koşullar- da uygun de- ğildir.

(\*) 250 kg/cm<sup>2</sup> basınçta

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, ulaşılan sonuçlar aşağıda kısaca sıralanmıştır.

— Dolgu malzemesinin seçimine etki eden belli başlı parametreler ve bu parametrelerin malzeme seçimini nasıl etkilediği genelleştirilmiş bir akış diyagramı ile açıklanmaya çalışılmıştır (Şekil 1,2).

— Granülometrisi kontrollü olarak değiştirilerek, önceki dolgu uygulamasında kullanılan malzemenin granülometrik karakteristiklerine ( $d_{max} = 30$  mm,  $C = 25,9$   $C_c = 0,258$ ) getirilmiş, lavuar artığı, iyi "sıkıştırma" özelliğine sahip olup (Şekil 4), % 4-5 su içeriğinde maksimum taşıyıcılığa ulaşmaktadır (Şekil 5).

— Üç eksenli basınç deneyleri ile, lavuar artığının içsel sürtünme açısı  $\theta = 26,5$  olarak saptanmıştır (Şekil 6).

— Çöktürme ajanı olarak karışıma konulan alüminyum sülfat ( $Al_2(SO_4)_3$ ) ince malzemenin  $d < 0,074$  mm çöktürülmesinde başarılı olunmuştur. 0,2-10 gr/lt arasında değişen miktarlarda alüminyum sülfat ilave edilen karışımlarda gözlenen çökme süresi % 10 ve % 30 katı (hacimsel) konsantrasyonları için sırasıyla 8-12 dakikadır. Çökmeyi en kısa sürede sağlayan "optimum çöktürücü miktarı" ise aynı katı hacimsel konsantrasyonlar için sırasıyla 0,5 gr/lt ve 2 gr/lt'dir (Şekil 7).

— Orijinal artık malzemenin standardize edilmiş ( $e = 0,80$  için) permeabilitesi  $k_{0,80} = 1,42 \times 10^{-2}$  cm/sn olup, Polonya dolgu sınıflamasına göre "II sınıfta yer almaktadır (Tablo 7). Aynı sınıflamaya göre daha önceki uygulamada kullanılan i dolgu malzemesi ise hesaplanan perméabilité değerine göre "II sınıfta yer almaktadır.

— Farklı boşluk oranlarında, granülometrisi kontrollü olarak değiştirilmiş malzemeler (Şekil 8) ve orijinal artık üzerinde gerçekleştirilen perméabilité deneylerinin sonuçları istatistik matematiği ile değerlendirilerek perméabilité ile granülometri karakteristikleri ( $D_{10}$ ,  $C_c$ ) ve boşluk oranı ( $e$ ) arasında oldukça anlamlı logaritmik korelasyonlar elde edilmiştir. Pano için karışım suyunun drenaj tasarımında, çıkartılan bu ifadelerden yararlanabilir.

## KAYNAKLAR

1. Armutçuk Bölgesi Hidrolik Ramble Mevzuunun Tetkiki, EKİ EtÜd Tesis Kütüphanesi, No: 384, Zonguldak, 1965, Yayımlanmamış Rapor
2. AKİ Müessesesi Sulu Ramble Tatbikatının İşletme Usulleri Hakkında İlk Rapor, AKİ Müessesesi, ( ), Yayımlanmamış
3. ARIOĞLU, E., YÜKSEL, A.: Armutçuk Bölgesi Yangın Olaylarının istatistiksel Değerlendirmesi ve Eski Hidrolik Dolgu Uygulamasının Kritiği, 8. Madencilik Bilimsel ve Teknik Kongresi, Maden Mühendisleri Odası, Ankara, 1983
4. ARIOĞLU, E., YÜKSEL, A.: EKİ Armutçuk Bölgesi Lavuar Artıklarının Dolgu Malzemesi Olarak Mühendislik özelliklerinin İncelenmesi, EKİ EtÜd Tesis Kütüphanesi, Zonguldak, 1983
5. YÜKSEL, A.: EKİ Armutçuk Bölgesi Lavuar Artıklarının Mühendislik özellikleri, MMLS Tezi, Maden Fakültesi, İstanbul, Şubat 1983
6. ARIOĞLU, E.: Ocak Dolgu Malzemesi Olarak Uludağ Volfram Artığının İncelenmesi, Doçentlik Tezi, İTÜ Maden Fakültesi, Mart 1982

7. ARIÖĐLU, E.: Etbank Uludağ Volfram üretim Boşluklarının Doldurulmasında Kullanılacak Malzemenin Mühendislik özellikleri, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, MAG: 579, Ankara 1982
8. ARIÖĐLU, E.: Çimento İle Stabilize Edilen Uludağ Volfram Artık Karışımlarının Mühendislik özellikleri. Dođa Bilim Dergisi, Müh /Çev., TÜBİTAK, Ankara 1983, s 121-127
9. ARIÖĐLU, E.: Engineering Properties of Cemented Aggregate Fill for Uludağ Tungsten Mine of Turkey, Proceeding of the International Symposium on Mining with Backfill, Lulea University of Technology Lulea, June 1983, A.A. Balkema Rotterdam 1983, S. 3-8
10. BİRÖN, C., ARIÖĐLU, E., YÜKSEL, A.: Armutçuk Bölgesi Hidrolik Ramble Uygulanmasında Kullanılacak Lavuar Artığının ön Malmeze Etüdü, Armutçuk Bölgesi Hidrolik Dolgu Uygulama Projesi I. Ara Raporu, İTü Maden Fakültesi, İstanbul 1984 Yayımlanmamış
11. BİRÖN, C., ARIÖĐLU, E., YÜKSEL, A.: Armutçuk Bölgesi Hidrolik Ramble Uygulamasında Kullanılacak Lavuar Artığının Malzeme Etüdü: Perméabilite ve Ayrışma özellikleri, Armutçuk Bölgesi Hidrolik Dolgu Uygulama Projesi II Ara Raporu, İTü Maden Fakültesi, İstanbul, 1984, Yayımlanmamış
12. POIROT, R., NOIREL.J.F.: Méthodes d exploitation at Remblai Hydraulique Industrie Minerale. Novembre, 1981, p. 657-668
13. VOROBEV, B.M., DESHMUKH, R.J.: Advanced Coal Mining Vol: II, Asia Publishing House, London, 1966
14. ARIÖĐLU, E., YÜKSEL, A.: Properties of Hydraulic Stowing Material With Particular Drainage Requirements, International Mine Water Congress, Granada, 1985
15. . . . . Tentative Specifications: Test for Percolation Rate, or Coefficient of Permeability of Fill, Mines Branch Technical Bulletin, TB 101, April 1968