

Daralan Oluklar

Pinched Sluices

Ş. Levent ERGÜN (*)
Özcan Y. GÜLSOY (*)
Salih ERSAYIN <##;

Anahtar Sözcükler: Daralan oluk, yerçekimiyle zenginleştirme, Reichert konisi

ÖZET

Bu çalışmada, daralan olukların çalışma prensipleri gözden geçirilmiş, daralan oluk tipleri ve işletme parametreleri hakkında genel bilgiler verilmiştir. Daralan olukların kullanıldığı tesis örnekleri de sunulmuştur. Türkiye'deki olası kullanım alanları tartışılmıştır.

ABSTRACT

In this study, the separation principles of pinched sluices and operating parameters are briefly outlined. Examples of operating plants using pinched sluices are also presented. Potential fields of their use in Turkey are discussed.

Araştırma Görevlisi, H.Ü. Maden Müh. Böl. 06532 Beytepe/ANKARA

* Doç.Dr., H.Ü.Maden Müh.Böl. 06532 Beytepe/ANKARA

1. GİRİŞ

Dünyada yüksek tenörlü yataklar giderek tükenmekte, düşük tenörlü yatakların işlenmesi giderek zorunlu hale gelmektedir. Tesis artıklarında bulunan çok düşük tenörlü değerli minerallerin kazanılması için bile ek devreler kurulmasını ekonomik olabilmektedir. Düşük tenörlü malzemelerin işlenmesi, daha büyük miktarlarda malzemelerin elden geçirimini gerektirmektedir. Bu durum, yatırım ve işletme maliyetlerini düşürecek yüksek kapasiteli tesislerin kurulabilmesi için yeni alternatif arayışlarını gündeme getirmiştir.

Öte yandan köpüklü yüzdürme (flotasyon) ve özütleme (liç) gibi reaktif kullanımını gerektiren yöntemlerin çevreyi kirletmesi, çevreye olan zararlarının önlenmesi için arıtma tesislerinin kurulmasının yavaş yavaş yasal zorunluluk haline gelmesi, bu yöntemlerin maliyetini büyük ölçüde artırmıştır. Çevre koruma yasalarının getirdiği zorunluluklarla birlikte yüksek kapasiteli, düşük yatırım ve işletme maliyetli tesisler kurulmasının gerekliliği, cevher hazırlamacıları yerçekimi ile zenginleştirme yöntemlerini yeniden gözden geçirmeye itmiştir.

1950'lerden sonra spiraller, daralan oluklar ve daha sonraları daralan olukların gelişmiş bir şekli olan koniler bu amaca yönelik olarak kullanılmaya başlanmıştır. Önceleri sadece sahil ve mineral kumlarının işlenmesinde kullanılan bu ekipmanlar, 1970'lerden sonra çok çeşitli zenginleştirme ve artık değerlendirme devrelerinde de uygulama alanı bulmuşlardır.

Özgül ağırlık farkına dayanarak ayırım yapan en eski ekipmanlardan biri olmalarına karşın, daralan olukların ayırma prensipleri tam anlamıyla anlaşılacak değildir. Literatürde yer alan yakın tarihli çalışmalardan konu ile ilgili bilimsel çalışmaların devam ettiği bilinmektedir.

Çok basit ve ucuz olmalarına, bu nedenle de dünyanın bugüne kadar herhangi bir uygulaması bulunmamaktadır. Bunun bir nedeni, ülkemizdeki yerçekimiyle zenginleştirilen cevherlerin yüksek tenörlü

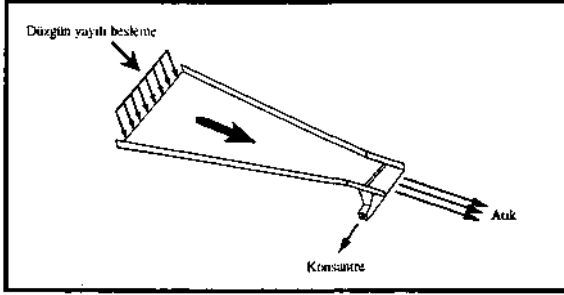
artıkları ve Karsantı krom yatakları gibi düşük tenörlü yataklar bu ekipmanın kullanılabilmesi için olası alanlar gibi görünmektedir. Ayrıca, daralan olukların çalışma prensiplerinin iyi anlaşılmasının daha etkin ayırma yapabilecek yeni tasarımların geliştirilmesine yardımcı olacağı inanılmaktadır.

Bu çalışmada, yukarıdaki düşüncelerden yola çıkılarak daralan olukların çalışma prensiplerini açıklamak amacıyla yapılan çalışmalar gözden geçirilmiştir. Ayrıca, uygulamada kullanılan ekipman tipleri ve bu ekipmanların kullanıldığı tesislerle ilgili bilgiler verilmiştir.

2. DARALAN OLUKLAR

Farklı biçimlerde oluklar yüzyıllardır ağır minerallerin ayırımı için kullanılmaktadır ve belki de cevher hazırlamada kullanılan en eski yerçekimi ile zenginleştirme ekipmanlarıdır. Oluklama hareketi doğada da gözlenir-şiddetli bir sağanaktan sonra mineralleşmiş alanlarda ağır minerallerin açığa çıkması, sahillerde gel-git hareketiyle ağır minerallerin zenginleşmesi ve nehir hareketiyle malzemenin uzaklaştırılması yaygın gözlenen durumlardır (Sivamohan ve Forsberg, 1985).

Şekil 1 de daralan olukların şematik bir şekli görülmektedir. Ekipman akış yönünde daralan eğimli bir kanaldan oluşur. Palp geniş olan üst kısımdan bütün yüzeye yayılacak ve ince bir tabaka oluşturacak biçimde beslenir. Çıkış ucuna doğru olukun daralması nedeniyle, oluk yüzeyinde palpın bu akışı eğime bağlı olarak yerçekimi ile gerçekleşir. Akışın doğası nedeniyle ince ağır taneler olukun dar olan çıkış ağzındaki tabakanın alt kısmına yerleşerek akar. Bu sırada hafifler tabakanın üst kısmında toplanır. Olayın nedeni, oluktaki daralmaya bağlı olarak film tabakasının kalınlaşması sonucunda, engelli çökeltme koşullarının oluşması ve taneler arası boşluklardan sızma olayının gerçekleşmesi ile açıklanmaktadır. Sonuçta olukun çıkışında uygun bir yere konulan bölücüyle veya yarıklı ağır ve hafif minerallerin ayrılması mümkün olmaktadır (Burt, 1984; Sivamohan ve Forsberg, 1985).



Şekil 1. baratan oluk şematik görünümü

2.1. Oluk Ayırım Sürecini Açıklayan Hipotezler

Daralan olukların basitliğine rağmen ayırım süreçleri henüz yeterince açıklanamamıştır. Mevcut açıklamalar aşağıda verilmektedir:

i) Tabakalaşma Hipotezi: Reynolds sayısı ölçümlerinde dayanarak tüm oluk boyunca malzeme akışının laminer olduğu varsayılmıştır. Bu, özgül ağırlığa göre ayırım için gerekli koşuldur. Laminer akış, akış hızının daha fazla olduğu olukun son kısmında türbülanslı akışa dönüşür. Türbülanslı akışta oluşan elliptik girdaplar dip tabakalardan ince taneleri yukarı taşır. Bu olay, girdap şiddetine bağlı olarak ayırım sürecini iyileştirir veya bozar.

ii) Ayrılma (segregation) Hipotezi: Akışın doğası sadece Reynolds sayısına değil Froud sayısına da bağlıdır. Akışa katıların eklenmesi, türbülansın artışına ve "pulsasyon hızının azalmasına" neden olabilir. Bu hipotezi savunulara göre; akış tüm oluk boyunca türbülanslıdır. Malzemenin özgül ağırlığına göre ayrılması için türbülans gereklidir. Sadece böyle koşullar altında, hafif taneleri daha üstte akan tabakalara yükseltecek kuvvetler bulunmaktadır.

iii) Akışkanlaşma (fluidization) Hipotezi: Besleme palı yerçekimi etkisiyle akar, fakat hızı oluk genişliğindeki azalmaya bağlı olarak artar. Katı fazın akışkanlaşması sürekli daralma ve serbest olarak akan karışımın kalınlaşması sonucu oluşur. Tanelerin özgül ağırlığına ve bölgesel görünür yoğunluğa göre ayırımı, sistem içinde dinamik kuvvetlerin etkileşimi sonucu oluşur.

Bu üç hipotez de Polonyalı araştırmacılar tarafından ortaya konulmuştur (Blaschke ve Malysa, 1980). Yazarlar, bu üç hipotezin daralan olukta ayırma mekanizmasını yalnız başına açıklamaya yetmeyeceğini akan palın kalınlığının, daralma ile 4 kat artması durumunda ayırımın akışkanlaşma süreci ile açıklanabileceğini, fakat düşük akış kalınlıklarında tabakalanma veya ayrılma hipotezi ile açıklanabileceğini belirtmektedirler.

Bagnold (Bagnold, 1954) taneler birbirleriyle fiziksel temasta olmadığında bile tane hareketi nedeniyle dağıtıcı bir kuvvetin oluşabileceğini göstermiştir ve bu olay hafif tanelerin olukta üst tabakada nasıl toplandığını açıklamada kullanılmaktadır. Mayer (1964) tanelerin yerçekimiye zenginleştirilmesinde, dikey tabakalanmanın tanelerin özgül ağırlıklarından çok, tanelerin oluşturduğu tabakaların yoğunluklarına bağlı olduğu ve süreç boyunca süspansiyondaki minerallerin en düşük potansiyel enerjiye erişme kuramı gereğince tabakalanacağını belirtmiştir.

Bagnold kuvvetleri ve en düşük potansiyel enerjiye erişme kuramı (Mayer, 1964) hareket eden birbirine yapışmayan tanelerden oluşan bir yatak içinde tane boyu ve özgül ağırlığına göre tanelerin dikey tabakalanmasında belirleyici olan iki önemli mekanizmadır. Makaslama-kayma kuvvetlerinin de burada rol oynadığı da düşünülebilir. Bununla birlikte, yatağın herhangi bir noktasında etkili olabilen farklı kuvvetler Bagnold kuvvetleri ve Mayer kuramını geçersiz kılabilir. Potansiyel kuramına göre tabakalanma, tanelerin serbest hareket edebileceği ve tanelerin arasındaki fiziksel temas korunarak sistem en düşük potansiyel enerji durumuna erişene kadar oluşmaya devam etme eğilimindedir. Mayer kuramı tane yoğunlukları değil, yığın yoğunluklarını dikkate aldığından, tane boyu dağılımı ve şekli önemli hale gelecektir. Hafif minerallerden daha düşük yığın yoğunluğuna sahip ağır mineralin en düşük potansiyel enerji düzeyini verecek şekilde üst tabakada kalabilmesi böylelikle olabilir. Bundan başka, bu kuram büyük miktarda ara ürün var olduğunda düzenli tabakalanma sağlanmasının neden zorlaştığını da

açıklamaktadır (Kelly ve Spottiswood, 1982).

Abdinegoro ve Partridge (1979) daralan oluklarda akış özelliklerini incelemiştir. Deneyleri iki farklı palp yoğunluğunda (%8 ve %55,3 ağırlıkça katı), üç farklı besleme hızında (19,8, 40,2 ve 60 lt/dk) yürütmüşlerdir. Besleme malzemesi ağırlıkça %50 kuvars, %50 ilmenitten oluşmaktadır. Oluğun çıkış ucuna yerleştirilen bölücü ile akış, akış yüksekliği boyunca 9 akışa ayrılmış ve her akışın palp yoğunluğu, akış hızı ve mineral içerikleri belirlenmiştir. Bu çalışma sonunda elde edilen başlıca sonuçlar şunlardır:

- Olukta etkin bir ayırım için, daralma ile oluşan türbülans girdapları ancak yüksek palp yoğunluğunda çalışılarak giderilebilir.
- Engelli çökeltme koşulları altında tabakalanma tane boyundan bağımsızdır.
- Daralan olukta, akış profili boyunca maksimum hız, normal açık kanallardakinden farklı olarak akış yüksekliğinin yaklaşık yarısındadır.

Bu çalışma daralan oluklara pek çok açıdan ışık tutmuş olmasına rağmen, oluğun ürün alınan ucunda akış yüksekliğinin normal oluklardakinin yaklaşık 20 katı olması, varılan sonuçların diğer oluklar için kullanılabilirliğine gölge düşürmektedir (Sivamohan ve Forsberg, 1985).

Daralan oluklarla ilgili en detaylı çalışmalardan biri Subasinghe ve Kelly (1984) tarafından yapılmıştır. Farklı işlem koşulları altında, besleme hızı ve palp yoğunluğu değiştirilerek kapalı devre çalışan bir daralan oluk düzeneğinden alınan ürünlerden akışkanlar mekaniği ve cevher hazırlamanın temel teorilerinden yola çıkarak ayırma mekanizmasını analiz etmişlerdir. Geniş bir işlem koşulları aralığı için konsantre palp yoğunluğunu ve konsantre tenorunu tahmin etmeye yönelik bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Uygulama açısından model, özellikle konsantre palp yoğunluğunun tahmininde oldukça başarılı görünmektedir. Konsantre tenorunun tahmininde ise özellikle yüksek

tenörlerde önemli bir sapma gözlenmektedir.

Jeyadevan ve Subasinghe (1990), Subasinghe ve Kelly (1984) tarafından önerilen modeli tane boyu ve besleme tenorunun etkisini kapsayacak şekilde geliştirilmiştir. Bu model tenor tahmininde bir düzeltme faktörü kullanılarak, önceki modele göre tenor tahmini açısından çok daha iyi sonuçlar vermektedir. Fakat, bu kez de konsantre akışının palp yoğunluğunun tahminindeki hatalarda artış gözlenmektedir.

2.2. Daralan Oluklarda Ayırımı Etkileyen Faktörler

Daralan olukların çalıştırılması sırasında etkili olan parametreler şunlardır:

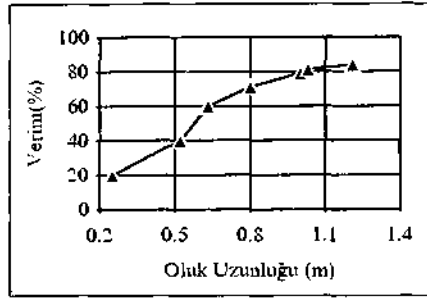
a) Palp Yoğunluğu: Daralan olukların işletilmesinde en önemli parametredir. Düzenli ve iyi bir ayırım elde etmek için palp yoğunluğunun çok hassas ayarlanması gerekmektedir. Beslemeye bağlı olarak genellikle palp yoğunluğu % 40-65 katı arasında değişmektedir. Palp bir tankta hazırlandıktan sonra oluk üzerine bir besleme haznesi veya besleme kanalıyla beslenebilmektedir (... , 1962; Burt, 1984; Blaschke ve Malysa, 1980).

b) Malzemenin Hazırlanması: Daralan oluk uygulamalarında beslemenin sınıflandırılması gerekmez. Fakat işlenecek malzeme içinde palp viskozitesini etkileyen % 1,5-2'den daha fazla killi malzeme varsa 40 lam'nin altındaki malzeme uzaklaştırılmalıdır (Burt, 1984; Blaschke ve Malysa, 1980). Optimum işlem için uygulamada 40 (im'nin %5'in altında olması istenir (Sivamohan ve Forsberg, 1985).

c) Tane Boyu Sınırları ve Gerekli Özgül Ağırlık Farklılığı: Tane boyu 4 mm'den büyük olmamalıdır. Uygulamada genellikle 2 mm'den daha küçük taneler işlenmektedir. En etkin tane boyu aralığı 0,005-0,05 mm'dir (Burt, 1984). Ayrılacak mineraller arasında özgül ağırlık farkı 1 gr/cm³'den küçük olmamalıdır. Optimum ayırım zenginleştirme kriteri 1,7'den büyük olduğunda gerçekleşmektedir. Besleme malzemesi

içindeki ağır mineraller %2'den fazla olmamalıdır. Bu değer altında tabakalanma oluşmadığından yeterince iyi bir ayırım olmamaktadır (Blaschke ve Malysa, 1980).

d) Oluk Boyutları: Oluk uzunluğu malzemenin oluk üzerinde kalma süresini etkiler. Uzun süre, ayırım için daha etkili sonuç verir. En uygun uzunluk 0.9-1.2 m arasındadır. Kısa oluklarda, düşük kapasiteli (100 kg/saat) iyi ayırımlar mümkündür. Şekil 2'de oluk uzunluğunun verime etkisi görülmektedir. Oluk yan duvarların daralma açıları 8-12 arasında olmalıdır. Büyük daralma açıları akım türbülansının artmasına ve daralmanın sağladığı tabakalanmanın bzulmasına neden olmaktadır (Burt, 1984; Balschke ve Malysa, 1980).

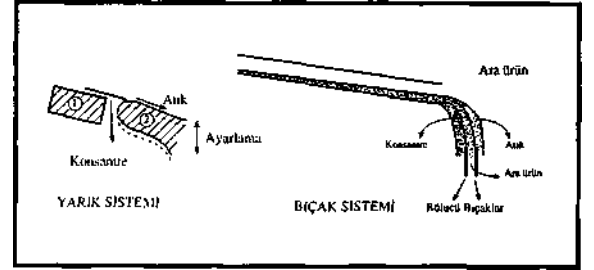


Şekil 2. Oluk boyunun verim üzerine etkisi (Helfricht 1967)

e) Bölücü Konumu: Günümüzde, oluk çıkışından ağır minerallerin alınması için bu kısma açılan bir yarı kullanılmaktadır. Bu yarığın açıklığı değiştirilerek verim ve tenor üzerinde ayarlama yapılabilir. Fakat böyle bir sistem çıkıştaki akış özelliklerini etkileyebileceği için, bölücü olarak çıkışın hemen altına bıçaklar da yerleştirilebilmektedir. Böylece konsantre ve atığın yanında bir de araürün alınması mümkün olmaktadır. Ürün almada kullanılan bu iki yöntem şematik olarak Şekil 3'de verilmiştir. Genellikle bölücünün konumu alınan ürünlerin yeniden devredilmesine izin verecek şekilde ayarlanmaktadır. Kullanılan oluk tipine göre de değişik şekilde tasarlanmaları mümkündür.

f) Eğim: Eğim beslenen malzemelerin oluk üzerinde yerçekimi etkisiyle akabilmelerini sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır. Besleme

malzemesine bağlı olarak 10 ile 20 arasında değişmektedir. Beslenen bütün malzamanın uygun bir şekilde hareketinin sağlanması önemli bir noktadır. Bu açı tanelerin oluk üzerinde hareketsiz kalmasını sağlayacak kritik açıdan 1-2 fazla olmalıdır (Burt, 1984; Blaschke ve Malysa 1980).



Şekil 3. Daralan oluklarda, ürün bölme sistemleri a. yarık sistemi, b. bıçak sistemi

g) Etkinlik: Kapasite, oluk boyuna, tane boyuta, tanelerin özgül ağırlığına ve besleme palp yoğunluğuna bağlıdır. En uygun kapasite her cevher için deneysel olarak saptanır. Pratikte, tek bir oluğun kapasitesi 0.6-1.5 ton/saat arasındadır (Blaschke ve Malysa, 1980; Kelly ve Spottiswood, 1982).

h) Diğer Parametreler: Oluk kesit şekli, yüzey özellikleri, örneğin; yüzey kabalığı (roughness), oluğun beslenme şekli üzerinde düşünülmesi gereken diğer parametrelerdir (Burt, 1984; Blaschke ve Malysa, 1980).

Ekipman işlemin basit olmasına karşın düşük performanslıdır. Bu düşük performansın artırılması maliyette (işletme ve kapital) büyük bir artış olmadan, işleme kademe sayısının artırılması ile mümkündür (... 1973; 1976; 1974; Blaschke ve Malysa, 1980; Sivamohan ve Forsberg, 1985).

3. DARALAN OLUK TİPLERİ

Günümüze kadar geliştirilmiş olan daralan oluk tip ve modelleri hakkında genel bilgiler aşağıda sunulmuştur. Bunların bir kısmı, sadece bilinen olukların farklı konfigürasyonlarda dizilmeleri, besleme ve ürün alma sistemleri üzerinde yapılmış olan değişikliklerle birbirlerinden ayrılmaktadır. Bu bölümde bahsedilen ekipman tiplerinin

bazıları ortadan kalkmış bazıları ise halen kullanılmaya devam edilmektedir. Eski ekipmanların önemi, çoğu Avustralya tasarımı olan modern olukların gelişmesine öncülük etmiş olmalarından kaynaklanmaktadır.

Cannon Dairesel Zenginleştirici: Ticari olarak kabul gören daralan olukların en eskilerinden biridir. Dairesel bir çerçeve içine yerleştirilmiş 48 oluktan oluşur. Herbir oluğun daralma açısı 7.5 'dir. Oluklara besleme dairenel çerçeve boyunca yapılır. Palp yüksek katı içeriği ile %50-65 ağırlıkça katı), merkezi bir dağıtıcıdan, 24 boru vasıtasıyla iki yönlü bölücü kutulara beslenir. Ekipman palp akışının oluğa yaklaşık sıfır hızla girmesini sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Oluğun çıkışında, palp akıntısı ayarlanabilir bölücülerle konsantre, ara ürün ve artık olmak üzere üç ürüne ayrılır. Daha yavaş hareket eden ağır mineraller, yuvarlatılmış çıkış ağızı kullanılarak ilk bölümden alınmaktadır. Cannon zenginleştiricisi 1950'lerde A.B.D.'de çeşitli işletmelerde kullanılmıştır (Stewart, 1961; 1962).

Carpro Fanning Zenginleştiricisi: Bu ekipman da A.B.D.'de geliştirilmiştir. 600 mm uzunluğunda bir oluk içerir, daralma açısı 10 'dir. Carpro zenginleştiricisinin en önemli farkı ürün bölme yöntemidir, oluğun çıkışında palp, oluk yüzeyine yaklaşık paralel bir levha üzerine düşer ve yayılır. Levha üzerine yerleştirilen bölücü bıçaklar ile palp üç ürüne ayrılır (Stewart, 1961; 1962). Bu ekipmanla nihai ürün elde edilebilmesine rağmen, çok büyük oranda palp devri ve pompalama gerekmektedir. Bu miktar modern oluklardan dört kat fazladır (işlenen palp orijinal besleme ağırlığının on katından fazladır) (Pullar, 1966).

Lamflo Oluğu: Carpro firmasının geliştirdiği diğer bir oluktur. Esas olarak üç oluğun birleşmesinden oluşur. Birinci oluğun duvarları eğrisel biçimde birbirine yaklaşırken üçüncü oluğun duvarları yine eğrisel şekilde birbirinden uzaklaşır. Bu yuvarlatılmış yan duvarların yaratacağı türbülansın ara ürünü oluşturan minerallerin ayrılmasında olumlu etki yaratacağını iddia edilmesine rağmen (Naguib, 1971), bu durum özellikle ikinci bölümde tabakalanmanın bozulup toplam zenginleştirme etkinliğinin düşmesine neden

olduğundan ticari olarak rağbet görmemiştir (Sivamohan ve Forsberg, 1985).

Hobart Oluğu: A.B.D.'de geliştirilen bir oluktur. Oluklar birbirine karşı yerleştirilmiştir. Diğer oluklardan farkı yer gereksinimi azaltılması ve besleme sistemindeki ufak bazı değişikliklerdir (.....1962).

York Olukları: York Brothers firması tarafından tasarlanmış olup, konsantre oluğun çıkışında tabana yerleştirilen bir yarığın (slot) arasından alınmaktadır. Ayarlanabilir bir ağız veya bölücü yerleştirilebilmesini sağlamak için kısa paralel bir bölüm eklenmiştir. Bu yolla alınan konsantre miktarı kontrol edilebilmektedir. Oluklar paralel hatlar şeklinde birbirini takip eden aşamalardan oluşmuştur. Artıkların ve yakalama devresi konsantrelerinin tekrar işlenmesi zig-zag oluşturacak biçimde düzenlenmiştir. Bu, zenginleştirme ve ürünlerin tekrar işlenmesi için bazı avantajlar sağlamaktadır (Burt, 1984).

Cudgen Çok-Değişkenli Oluk: Avustralya'da geliştirilen bir ekipmandır. Oluk, besleme ucunda 380 mm genişliğe sahiptir ve 760 mm uzunluğundadır. Cudgen tarafından yapılan önemli bir gelişme ters boğazdır (reverse throat). Oluğun çıkışında oluk yüzeyi biraz yükseltilecek olan palp iki tabakaya bölünür. Bu yükseklik ayarlanarak konsantre miktarı değiştirilebilir. Alttan ürün alınan yerçekimi zenginleştiricileri küçük çakıl veya bitki kökleriyle tıkanmaya karşı çok duyarlıdır. Bu durum aşırı mineral kayıplarına neden olur. Çıkış ucu açıklığına yerleştirilen ters boğaz, palp akışına 30 'lik açıyla aşağıya ve geriye hareket ettirilir. Bu kanfigürasyon tıkanma sorununu büyük ölçüde önler. Ters boğaz günümüzde kullanılan oluklarda da kullanılmaktadır (Burt, 1984).

Diltray: Bu ekipman, ürünlerin alttan alındığı olukların yeniden tasarlanmış bir şeklidir. Herbir birim fiberglastan yapılmış daralan oluklardan oluşur. Bu olukların yan duvarları kısa, yanlara doğru eğimlidir. Toplam uzunluğu 760 mm ve genişliği 460 mm'dir. Daha sonra konsantrenin alındığı deliğe kadar oluk daralır. Normal işlemden, bir Diltray'den

alınan artık yüksek verim elde etmek için seri çalışan diğer üç oluğa beslenir. Daralan oluklardan alınan konsantre, mini oluklarda zenginleştirilir. Sahil kumlarının zenginleştirilmesinin yanısıra, Diltrayler diğer cevherler üzerinde de uygulama alanı bulmuşlardır(Burt, 1984;... 1973).

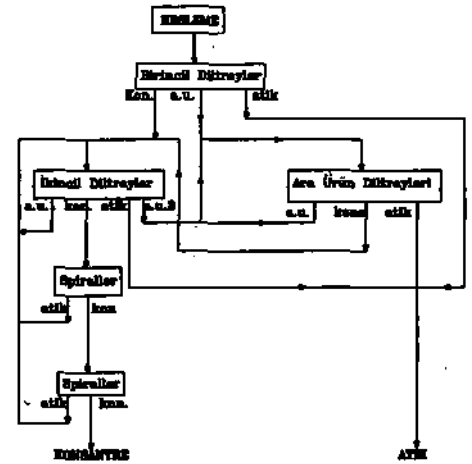
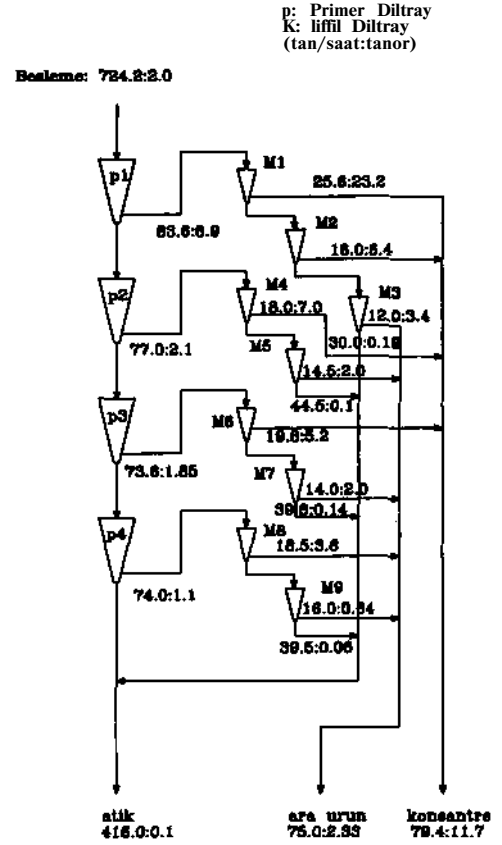
Wright Çarpma Levhalı Oluk: Konsantre uzaklaştırma mekanizması bakımından tüm diğer oluklardan farklıdır. Palp oluşun çıkış ucunda eğimli düz bir levhaya çarparak hidrodinamik olarak iki akışa ayrılır. Levhanın eğimi değiştirilerek konsantre miktarı ayarlanabilir. Bu faktör palp yoğunluğu ve besleme hızı iniş çıkışlarına karşı verimi belirli sınırlar içinde tutar. Ayrıca alttan ürün alınan oluklarda karşılaşılan tıkanma problemi yoktur. Wright olukları 4 veya 6 oluk sistemi şeklinde düzenlenebilir. Bu oluklardan birincisi düz kenarlı diğerleri diltrayler gibi paralel ve daralan kenarlar içerir (Burt, 1984). Bu ekipman süreç açısından incelendiğinde çarpma levhasının kullanılması tabakalanmanın bozulması ve kinetik enerjideki kayıplar nedeniyle olumsuz etkilere sahip olabileceği belirtilmektedir (Sivamohan ve Forssberg, 1985).

Xatal Çok Ürünlü Oluk: Her hatta dört oluk bulunan iki esas oluk hattından oluşur. Biri diğerinin üzerinde 10 taneye kadar oluk bulunan kompakt bir yapıdadır. Alınan ürünler mini oluklarda zenginleştirilir (Burt, 1984).

4. TESİS ÖRNEKLERİ

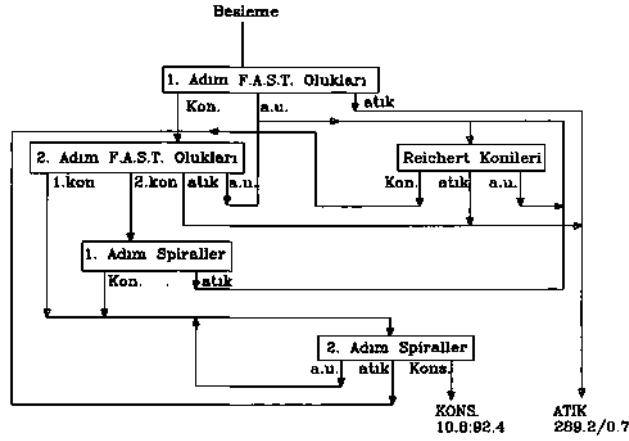
Daralan olukların başlıca kullanım alanı olan sahil kumları işleme tesislerine ait Avustralya'da çalışmakta olan üç tesisin akım şeması Şekil 4,5 ve 6'da verilmiştir. Şekil 4'de Dillingham Mining Company'nin Woodburn, NSW, Avustralya'daki, kara kumulları işleyen tesisi görülmektedir. Tesisin kapasitesi 750 t/s'dir. İlk besleme yaklaşık %1.5-2 ağır mineral içerir ve yaklaşık %90'ı rutil ve zirkondan oluşur. Konsantre ağır minerallerin %95'ini içerir. Tesis çok sayıda Diltray modülleri içermektedir. Paralel çalışan 64 Diltray den oluşan iki tane primer işletme modülü vardır. Bu birimden alınan ürünleri işleyen biri ara ürün işleme ve diğeri primer konsantrenin temizlenmesi için kullanılan iki modül daha vardır. Elde edilen konsantre

daha sonraki iki spiral aşamasında zenginleştirilmektedir(..., 1973).



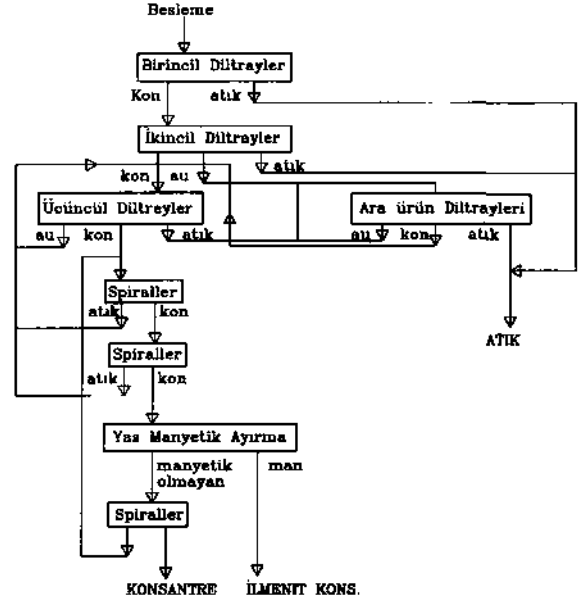
Şekil 4. Woodburn NSW Dillingham Mining Corp. Avustralya akım şeması ve tesisin metalurjik denkliği

Şekil 5'de Dillingham Mining Company'nin Wardell NSW, Avustralya'daki Robert Burke tesisi görülmektedir. Birinci ve ikinci ayırım aşamalarında daralan oluklar, ara ürün işleme aşamasında Reichert konileri, temizleme aşamalarında ise spiraller kullanılmaktadır. Daralan oluklar üzerindeki ürün alınan açıklıklar genişletilmiştir. Böylece alttan alınan malzeme miktarı artırılmış ve seri dört oluk yerine iki oluk kullanılmıştır. Birinci ve ikinci aşamalarda alttan alınan malzemenin tenörü minyatür Diltraylerde bir miktar daha yükseltilmektedir. Olukların ve Diltraylerin artıkları, konilerin artıkları ile birlikte nihai artık olarak atılmaktadır (... , 1976).



Şekil 5. Dillingham Mining Comp. Wardell, NSW, Avustralya Robert Burke tesisi akım şeması

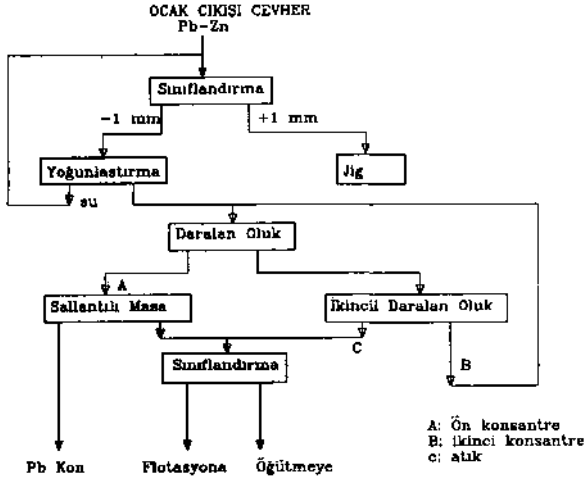
Şekil 6 da DM Mineral'in Fraser Island, Qld, Avustralya'da kurduğu tesis görülmektedir. Tesisin kapasitesi 2000 t/s dir. Ön zenginleştirme tesisi çeşitli beslemeleri işleyebilmekte ve besleme tenörüne bağlı olarak % 5-10 ağır mineral içeren bir konsantre üretmektedir. Beslemenin %65-70'i ön zenginleştirme tesisinden artık olarak atılmaktadır. Ön zenginleştirme ise spirallerle yapılmaktadır, ilmenit, ağır mineral konsantresi manyetik ayırıcıdan geçirilerek ayrılmakta ve stoklanmaktadır (... , 1974).



Şekil 6. DM Minerals, Fraser Island, Qld., Avustralya akım şeması

Sahil kuşları dışında daralan olukların kullanımına ait ilginç bir örnek de Polonya'da Olkusz bölgesi kurşun çinko incelerinin zenginleştirilmesindeki uygulamadır. Şekil 7 de bu tesisin akım şeması görülmektedir. Tesiste daha önceden 0.2 mm ye indirilen cevher flotasyonla zenginleştirilmekteydi. 10 mm nin altında bir konsantre elde etmek ve galenin aşın öğütülmesini önlemek için jigler kullanılmaktaydı. Bununla birlikte, galen, sfalerit ve gang arasında büyük özgül ağırlık farkı bulunmasına rağmen, tane boyu aralığının çok geniş olması nedeniyle, jigler etkin olarak çalışmamaktaydı. Önemli miktarda ince galen tanesi hafiflerle birlikte atığa geçmekte böylece aşın öğütülmekteydi. Bu yüzden flotasyon zorlaşmakta ve galen kaybı artmaktaydı. Bu kayıpların öğütme ve sınıflandırma devrelerine bir zenginleştirme devresi ilave edi-

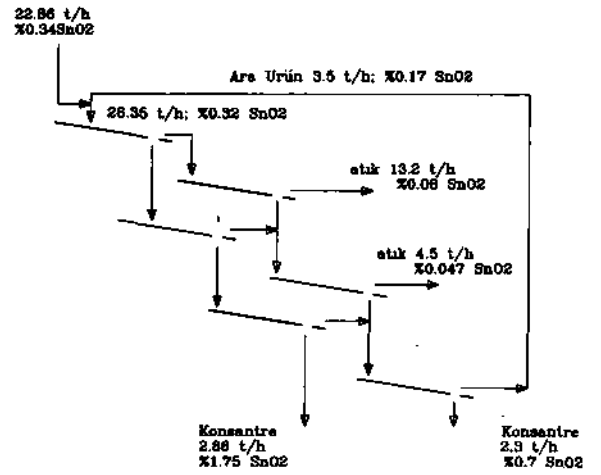
lerek önlenilebileceği düşünölmüştür. 0-1 mm fraksiyonunun çok fazla olması nedeniyle, sallantılı masaların ve diğer tür jiglerin kullanılması ekonomik açıdan mümkün görölmemiştir. Bu faktörler göz önüne alınarak daralan olukların tesis için uygulanabilirliği araştırılmış ve uygulamaya geçilmiştir. Ön zenginleştirmede daralan olukların kullanılması 0-1 mm fraksiyonunun işlendiği yerçekimi ile zenginleştirme biriminin maliyetinin azalmasını sağlamıştır. Böylece sallantılı masaların sayısı 6-7 defa azaltılmıştır (Blaschke ve Malysa, 1980).



Şekil 7. Olkuzs Bölgesi, Polonya, kurşun çinko tesisi ön zenginleştirme akım şeması

Daralan olukların artıklarının değerlendirilmesinde bir uygulama olarak Malezya'daki Berjingtai Tın Dredging Snd Berhad kalay işletmesi verilebilir. Yıllardır sallantılı masalarla zenginleştirilen cevherden biriken % 0,13 SnO₂ tenörlü artığın işlenmesi için jig, sallantılı masa, daralan oluk ve Dulong denenmiş, en ekonomik zenginleştirme sisteminin daralan oluklar olduğuna karar verilmiştir. Tesis devreye alındıktan sonra artık yığını seçimi kazılarak besleme tenörü

%0,32 SnO₂'ye çıkmıştır. Wright çarpma levhalı oluklar kullanılarak % 85,14 verimle, % 1,26 SnO₂ tenörüyle atılmaktadır. Daralan oluklardan elde edilen konsantre orijinal tesiste varolan fazla kapasite nedeniyle ek bir yatırım yapmaksızın değerlendirilebilmektedir. Daralan oluk devresinin akım şeması Şekil 8'de verilmektedir (Chuan ve Ithnin, 1982).



Şekil 8. Malezya Berjuntai kalay tesisi oluk devresi akım şeması ve performans değerleri

5. DARALAN OLUKLARIN ÜLKEMİZDE POTANSİYEL KULLANIM ALANLARI

Ülkemizde, halen ETİBANK Elazığ Ferrokrom Müessesesi Kef Konsantratöründe, daralan oluklarla aynı prensibe göre çalışan Reichert konileriyle zenginleştirme yapılmaktadır. Varlığı belirlenmiş ama henüz değerlendirilemeyen başlıca potansiyel alanlara örnek Kilyos-Şile kumul ve sahil kumları, Salihli-Sart plaserleri, Pozantı-Karsantı düşük tenörlü kromit yatakları verilebilir. Kilyos-Şile kumul ve sahil kumları rutil, zirkon, monazit, ilmenit içeren 200 milyon tonun üzerinde rezerve, sahip bir potansiyeldir. Değerli ağır mineral toplam

tenörü kumul kumlarında yaklaşık % 1, sahil kumlarında ise yaklaşık %11 civarındadır (Önal, 1981). Bu potansiyelin 25 yıl süre ile işletileceği düşünülürse, saatte 1000 ton cevher işlemek gerekmektedir. Salihli-Sart plaserlerinde -1 mm fraksiyonda % 2,02 zirkon, % 1,25 rutil, % 0,60 apatit ve 0,53 gr/ton altın bulunmaktadır (Uzkut ve Semerkant, 1980). Rezerv için kesin rakamlar verilmemekle birlikte oldukça geniş bir alanda mineralleşme mevcuttur. Pozantı-Karsantı kromit yatakları yaklaşık 200 milyon ton civarında rezerve sahiptir ve yaklaşık % 5 Cr₂O₃ içermektedir. Madenin 20 yıl çalışacağı düşünülürse saatte 1250 ton cevher işlenmesi gerekmektedir.

Çizelge 1'de yukarıdaki potansiyel mineral kaynakları için tahmini olarak belirlenmiş olan işletme kapasiteleri ve belirli verimlerle mineral kazanımları göz önünde bulundurularak elde edilebilecek ön konsantre miktarları hesaplanarak, sunulmuştur. Hesaplama verilen verim ve tenor yükseltme değerleri daralan oluk türü zenginleştirme ekipmanlarından, benzer malzemeler için elde edilen tipik değerlerdir. Sallantılı masa sayısı ortalama kapasite 1,25 t/saat alınarak hesaplanmıştır.

Bu tür yüksek kapasite ile çalışılması gereken yataklar için tesisin verimliliği açısından ön konsantre alınması zorunludur. Yalnızca sallantılı masalarla bu yatakların işlenmesi durumunda masaların yer gereksinimi nedeniyle tesisin bina maliyeti çok artacaktır. Ayrıca masaların su gereksinimi daralan oluklara göre çok fazladır. Çizelgeden görülebileceği gibi, besleme tonajının büyük bölümü bu ön zenginleştirme aşamasında önemli ölçüde azaltılabilmektedir. Bu amaca yönelik olarak kullanılabilir uygun ekipmanlar Reichert konileri veya daralan oluklar olabilir. Reichert konileri kapasite ve kompakt yapı gibi avantajlara sahip olmasına rağmen, daralan oluklar düşük ilk yatırım maliyeti, devre esnekliği, üretim ve yerleştirme kolaylıkları nedeniyle alternatif olabileceklerdir.

Çizelge 1. Ülkemizdeki Potansiyel Mineral Kaynaklarının Ozenginleştirilmesi Sonucu Elde Edilebilecek Mümkün Değerler.

	Kilyos-Şile	Doğu Karadeniz	Salihli-Şart	Pozantı-Karsantı
Besleme (ton - saat)	1000	1250	170	1250
Besleme Tenörü % ağır metal	1	10	3.5	5*
Konsantre tenörü % ağır mineral	10	50	17.5	3.5*
Verim (%)	90	90	90	75
Konsantre Miktarı (ton/saat)	90	225	30	135
Gerekli sallantılı masa sayısı				
Özenginleştirilmemiş	800	1000	136	1000
Özenginleştirilmeli	72	180	24	108

6. YORUM VE DEĞERLENDİRME

Daralan oluklar çok basit görünümüne rağmen çok karmaşık bir ayırma mekanizmasına sahiptir. Mekanizmanın tamamen anlaşılabilmesi için daha fazla araştırma gerekmektedir.

Diğer yerçekimiyle zenginleştirme ekipmanlarıyla karşılaştırıldığında, ekipman düşük yatırım ve işlem maliyetine sahiptir. Enerji sadece palpa taşınması için gereklidir. Hareketli parçası yoktur, montajı kolaydır, üretimi kolay olduğu için işletme parametreleri belirlendiği taktirde herhangi bir tesis olanakları ile büyük ölçüde yerli malzeme ve teknoloji kullanılarak üretilebilir. İyi bir örnekleme sistemiyle, laboratuvar deneylerinden elde edilecek sonuçlar, büyük ölçüde tesisten alınacak sonuçları önceden belirleyebilmektedir. Düşük maliyetle üretilebilecek çeşitli boyutlarda oluklarla, tesis ölçeğinde kullanılması gereken en uygun oluk geometrisi saptanabilir.

Buna karşılık tek kademe ayırımında tenor yükselmesi düşüktür. Bu nedenle,

genellikle bir kaç kademeli ayırım yapılması gerekmektedir. Gözden kaçırılmaması gereken önemli bir nokta da daralan olukların diğer yerçekimi zenginleştiricilerine oranla besleme ve palp koşullarına karşı daha duyarlı olmalarıdır. Palp yoğunluğunun belirli sınırlar içinde tutulması zorunludur. Bu sınırların dışına çıkıldığında verim ve tenor ani olarak düşer. Şlama karşı oldukça hassastır. Bu nedenle, genellikle şlamın önceden uzaklaştırılması gerekmektedir. Aslında, diğer yerçekimiyle zenginleştirme işlemlerinde de şlam ayırımı olumsuz etkilenmektedir. Buna ek olarak, akım şemasında pompalama maliyeti çok yükselebilir. Akışlar mümkün olduğu kadar yerçekimiyle nakledilmelidir.

Ayırım prensibi tümüyle aynı olan daralan oluklarla Reichert konileri belirli uygulamalarda tercih edilebilir. Reichert konileri kapasitelerde aynı amaç için daralan oluklar kullanılabilir. Reichert konileri kapasite açısından esnek olmadıklarından çok yüksek kapasitelerde daha uygun olmaktadır (örneğin, 1000 ton/saat). Reichert konilerinde birim kapasite için pompalama ve palp dağıtım maliyeti daha düşüktür. Buna karşılık ilk yatırım daha yüksektir. Dolayısıyla maliyet açısından çoğu kez denk değerlendirilebilir (Burt, 1984). Konilerin yatayla yaptığı açı 17'dir. Daralan oluklarda ise açı ayarlanabilmektedir. Bu nedenle, özel bir cevher için bu açı ayarlanarak ayırım etkinliği artırılabilir (Blaschke ve Malysa, 1980; Chuan ve Ithnin, 1982). Daralan oluklardan oluşan bir tesise modüller eklenerek kapasite belirli aralıkta kolaylıkla artırılabilir. Bu konuda sonuç olarak, Reichert konilerinin yüksek kapasiteler için işlem ve kontrol avantajına sahip olduğu, buna karşılık düşük kapasiteler ve esnek devre tasarımları için daralan olukların uygun olacağı söylenebilir.

Avantajları düşünüldüğünde, ülkemizde kullanılması ve çeşitli uygulama alanları bulunması mümkündür. Varolan akım şemaları üzerine yerleştirilebilirler. Ayrıca ülkemizde varlığı saptanmış önemli birkaç sahil kumu ve mineral plaserleri için tasarlanacak devrelerin herhangi bir aşamasında uygulama alanı bulabilir. Çevre kirlenmesi üzerinde kimyasal olarak hiç bir etkisi yoktur. Ho-

mojen bir besleme ve uygun işletme koşullarının sağlanmasıyla yatırım ve işletme maliyetini azaltan bir önzenginleştirici olarak kullanmak veya tesis artıklarındaki değerli mineral kayıplarını önlemek ve kazanmak için devreler tasarlamak mümkündür.

KAYNAKLAR

- 1962, "Simplified Sand Sluices Cut Downtime", Eng. Min. J., May, p82.
- 1973, "Beach Sands", Australian Min., Aug, p33-36.
- 1974 "Beach Sands", Australian Min., Aug., p28.
- ..., 1976, "Beach Sands", Australian Min., Sept., p21.
- Abdinegoro, S. and Partridge, A.C., 1979, "Flow Characteristics of a Pinched Sluice", Proc. Australian IMM Comp., Western Australia, p79-83.
- Bagnold, R.A., 1954, "Experiments on Gravity-free Dispersion of Large Solid Spheres in a Newtonian Fluid Under Shear", Proc. R. Soc., Ser. A, vol.225, p49-63.
- Blaschke, W. and Malysa, E., 1980, "Gravitational beneficiation of Ultrafine Grains of Zinc-Lead Ores from Olkusz Region", Fine Particle Processing, (Ed.) P. Somasundaran, AIME, Chapter 70, pp1376-1389.
- Burt, R.O., 1984, "Pinched Sluice Concentration", Gravity Concentration Technology, Elsevier Science Publishing, Chapter 12, pp235-260.
- Chuan, L.J. and Ithnin, 1982, "Retreatment of Table Tailings Using Gravity Concentrating Trays at Berjantai Tin Dredging Bhd. Malaysia", paper presented to Seminar on Beneficiation of Tin Associated Minerals, SEATRAD Kuala Lumpur, pp125-149.
- Jeyadevan, B. and Subasinghe, G.K.N.S., 1990, "The Effect of Solid Parameters in a Pinched Sluice Concentrator", Int.J. of Min. Pro., 29 pp31-50.
- Mayer, F.W., 1964, "Fundamentals of a Potential Theory of the Jigging Process", Proc.7th

Int.Min.Proc.Congress, New York, I, pp75-97.

Naguib, A.G., 1971, "New Considerations in Design And Application of Sluice Separators", Min. Congress J., Sep., pp123-128.

Önal, G., 1981, "Kilyos Bölgesi Kumlarının Değerlendirme Olanaklarının Araştırılması", Türkiye Madencilik ve Teknik 7.Kongresi, sf.319-337.

Pullar, S.S., 1966, "Developments in Separating Equipment in the Australian Heavy Mineral Sands Industry", VIII. Commonwealth Mining and Metallurgy Congress. Australia, Pper No: 58, pp1343-1357.

Sivamohan, R. and Forssberg, E., 1985, "Principles of Sluicing", Int.J.of Min.Pro., 15, pp156-171.

Stewart, A.L., 1961, "Pinched Sluices Classify Sand Deposits, Low Grade Ores", Eng Min., J., Judy, pp89-91.

Subasinghe, G.K.N.S. and Kely, E.G., 1984, "Modelling of Pinched Sluice Type Concentrators", Control'84 Min./Metallurgical Processing, AIME/SME/TMS, pp87-95.

Uzkut, i., Semerkant, O., 1980, "Salihli-Sart Plaserlerinde Ağır Mineral Dağılımı ve Değerlendirilmesi", Madencilik Dergisi, 1980, sf5-25.

gagat Maden Ticaret ve Sanayi Ltd. Şti.

bolson İnşaat Maden ve San. A.Ş.

un1therm Isı Üretim Sanayi A.Ş.

ÇOBAN YILDIZI SOKAK 7 A / 3 06680 ÇANKAYA -ANKARA
Tel : 0 (312) 426 67 50 - 428 23 22
Fax : 0 (312) 467 19 08
Telex : 46328 bngt tr