

**SERAMİK FABRİKASI ATIK SUYUNUN FİLTRE YARDIMCI
MADDE İLE SÜZÜLMESİ**

Zuhal DOĞDU,

**Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı
Reaktör Tasarımı Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır.**

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Zakir POYRAZ

Ocak - 1993

Zuhal DOĞDU'nun Yüksek Lisans Tezi olarak hazırladığı "Seramik Fabrikası Atık Suyunun Filtre Yardımcı Madde İle Süzülmesi" başlıklı bu çalışma, jürimizce Lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Üye: Doç.Dr.Tevfik GEDİKBEY

Üye: Yard.Doç.Dr.Zakir POYRAZ

Üye: Yard.Doç.Dr.Osman ŞAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun **03** MART 1993 gün
ve 343-3 sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç.Dr. Mustafa ŞAN

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Tez çalıőmamı yönlendiren ve benden hiç bir yardımı esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Zakir Poyraz'a teőekkürlerimi bir borç bilirim.

Ayrıca çalıőmam için gerekli olan deney düzeneğinin hazırlanmasında ve deneylerin yapılması sırasında bana yardımcı olan Yrd. Doç. Dr. Osman Şan'a (Bilecik Meslek Yüksek Okulu) teşekkür ederim.

ÖZET

Bu çalışmada, Bozüyük Toprak Seramik Fabrikası atık suyu laboratuvar çapta kurulan sabit basınç filtrasyonu deney düzeneğinde süzölmüştür. Atık suyun filtrasyon hızını arttırmak için filtre yardımcı madde (diatomit) kullanılmış ve bu yöntem, üç değişik uygulama şekli itibariyle araştırılmıştır. Bunlar; süzme ortamının filtre yardımcı madde ile kaplanması, filtre yardımcı maddenin doğrudan atık suya karıştırılması ve yeni bir uygulama şekli olarak da bu iki yöntemin birleştirilerek tatbik edilmesidir.

Deney sonuçları, süzme işleminde filtre yardımcı madde kullanımının filtrasyon hızını arttırdığı göstermektedir. Aynı miktar filtre yardımcı madde sarfiyatı ile en yüksek filtrasyon hızı ise yeni uygulama şekli olan ön kaplama ve dozajlamanın birleştirildiği teknikte sağlanmıştır. Ayrıca, filtrasyon işleminde süzme ortamı seçiminin, yeni filtrasyon teorisinde öngörüldüğü gibi, süzöntü hızını belirlemede etkili olduğu görölmüştür.

Anahtar sözcükler: filtrasyon, filtre yardımcı madde, süzme ortamı, atık su

SUMMARY

In this study, the waste-water of Bozüyük soil ceramic factory was filtered at experimental level through constant pressure filtration, which was set at laboratory conditions. In order to increase the filtration speed diatomite was used as filter-aid material and this method was searched for it's three different application forms. These are; coating of filter medium with filter-aid material, the mixing (addition) of filter-aid material directly to the waste-water and as a new application form, the combination of these two methods.

The results of the experiment showed that, the usage of filter-aid material during filtration, increased the filtration speed. On the otherhand, at constant amount of filter-aid material consumption, the highest filtration speed was obtained through the new application form. This was the form in which precoating and dosing were combined. Besides these, it was seen that like it was proposed in new filtration theory, the choice of filter-medium for filtration was effective on determination of filtrate speed.

Key words; filtration, filter-aid material, filter medium waste-water.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
KABUL SAYFASI	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGELER	viii
ŞEKİLLER	x
SEMBOLLER	xi
1. GİRİŞ	1
2. FİLTRE TEORİLERİ	7
2.1. Klasik Filtrasyon Teorisi	9
2.2. Çok Fazlı Filtrasyon Teorisi	14
3. FİLTRE EDEBİLME ÖZELLİĞİNİN GELİŞTİRİLMESİ	16
3.1. Filtre Yardımcı Maddeleri	18
3.2. Dönel, Vakum Öntabakalı Filtrelerin Kullanımı	20
4. DENEYSEL ÇALIŞMA	25
4.1. Deneysel Çalışmada Kullanılan Malzeme ve Maddeler ..	25
4.2. Deney Düzenegi	26
4.3. Deneyin Yapılması	27
4.4. Deneyin Sonuçları	30

	<u>Sayfa No</u>
5. TARTIŞMA	35
5.1. Seramik Fabrikası Atık Suyunun Filtre Edilebilirliğinin Araştırılması	35
5.2. Deney Sonuçlarının Mevcut Filtrasyon Teorilerine Göre Analizi	41
SONUÇLAR	45
KAYNAKLAR	46
EKLER	49
1. Filtre Yardımcı Madde Kullanmadan Yapılan Filtrasyon Sonunda Elde edilen $P_A/\mu \cdot q - W_c$ Bağıntısı	50
2. Filtre Yardımcı Madde Kullanmadan ve “Ön kaplama” Yöntemi İle Filtrasyon Sonunda Elde edilen $P_A/\mu \cdot q - W_c$ Bağıntısı	51
3. Filtre Yardımcı Madde Kullanmadan ve “Ön kaplama ve Dozajlama” Yöntemi İle Elde edilen $P_A/\mu \cdot q - W_c$ Bağıntısı	52
4. “Ön kaplama ve Dozajlama” Yöntemine Göre Uygulanan Farklı Kombinasyonların Sonunda Elde edilen $P_A/\mu \cdot q - W_c$ Bağıntısı	53

ÇİZELGELER

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa No</u>
4.1. Filtrasyon deney koşulları	25
4.2. Seramik fabrikası atık suyundaki tanelerin boyut dağılımı	26
4.3. %5 katı içerikli pülpün 20 kPa basınçta Toyo No 5A kullanılarak yapılan filtrasyon deneylerinde süzüntü miktarının zamana göre değişimi (3 gr ön kaplama)	30
4.4. %5 katı içerikli pülpün 20 kPa basınçta Schleicher Schull 589 ³ kullanılarak yapılan filtrasyon deneylerinde süzüntü miktarının zamana göre değişimi (3 gr ön kaplama)	31
4.5. %5 katı içerikli pülpün 20 kPa basınçta Toyo No 5A kullanılarak yapılan filtrasyon deneylerinde süzüntü miktarının zamana göre değişimi (5 gr ön kaplama)	32
4.6. %20 katı içerikli pülpün 20 kPa basınçta Toyo No 5A kullanılarak yapılan filtrasyon deneylerinde süzüntü miktarının zamana göre değişimi	33
4.7. %5 katı içerikli pülpün 20 kPa basınçta Toyo No 5A kullanılarak “Ön kaplama ve dozajlama” yöntemine göre yapılan filtrasyon deneylerinde süzüntü miktarının zamana göre değişimi	34

Çizelge

Sayfa No

- | | |
|---|----|
| 5.1. Seramik fabrikası atık suyunun, filtre yardımcı madde kullanmadan ön kaplama, dozajlama ve yeni yöntem ile filtrasyonu sonucu elde edilen süzüntü miktarları | 37 |
| 5.2. Seramik fabrikası atık suyunun filtre edilebilirliğine filtre yardımcı madde miktarının etkisi | 38 |
| 5.3. Seramik fabrikası atık suyunun filtre edilebilirliğine atık su konsantrasyonunun etkisi | 39 |
| 5.4. Seramik fabrikası atık suyunun yeni yöntemine göre pülp filtre edilebilirliğini arttırmak için ön kaplama ve dozajlamada kullanılacak filtre yardımcı madde miktarının araştırılması | 40 |
| 5.5. Klasik filtrasyon teorisine göre $P_A/\mu-W_c$ bağıntısından elde edilen süzme ortamı ve özgül kek dirençleri | 44 |

ŞEKİLLER

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa No</u>
2.1. Filtrasyona eşdeğer elektrik devresi	10
3.1. Bir döner filtre kesiti	21
4.1. Deney Düzenegi	27
4.2. Filtre tüpü	28

SEMBOLLER

- A : Kek kesit alanı, m^2
- c : Birim süzüntü hacmi başına kek içinde toplanan katı madde miktarı, kg/m^3
- G : Kek kalınlaşması ile filtre edilen su miktarı arasındaki doğrusal artışın eğimi (boyutsuz).
- K_m : Filtre ortamının kalınlığı, m^2
- J_m : Kek filtre ortamı ara yüzeyindeki basınç gradyanı.
- L : Filtre kekinin kalınlığı, m.
- L_m : Filtre ortamının kalınlığı, m.
- P_A : Filtrasyon basıncı, N/m^2 .
- P_m : Filtre ortamı üzerindeki basınç, N/m^2 .
- P_{atm} : Atmosferik basınç, N/m^2 .
- ΔP_c : Kek içindeki basınç düşmesi, N/m^2 .
- P_c : Kek ile süzme ortamı ara yüzeyindeki basınç, N/m^2 .
- P^* : Boyutsuz basınç.
- R_c : Kek direnci, $1/m$.
- R_m : Filtre ortamı direnci, $1/m$.
- t : Filtrasyon süresi, s.
- V : Filtre edilen su miktarı m^3 .
- W_c : Birim alandaki kuru kek ağırlığı, kg/m^2 .
- μ : Suyun akışkanlığı, filtratın viskozitesi, $kg/m.s$.

- α : Bölgesel özgül kek direnci, m/kg.
- $\langle \mu \rangle$: Ortalama özgül kek direnci m/kg.
- q : Birim kesit alandan geçen filtre suyunun hızı, $m^3/m^2.s$.
- ϵ : Gözeneklilik (birimsiz).
- x : Kek içerisindeki herhangi bir noktanın filtre ortamına olan uzaklığı, m.

1. GİRİŞ

Gelişen seramik endüstrisi beraberinde çevre kirliliği problemlerini de getirmektedir. Seramik fabrikalarının bir çoğunda su arıtım tesisi olarak çöktürme havuzları kullanılmaktadır. Burada kil taneleri flokülant yardımıyla çöktürülür, çöktürme havuzu üst akımından bir miktar su uzaklaştırıldıktan sonra havuzun alt akımından alınan sulu kil çökeleği tankerlere doldurularak fabrika sahasından uzak bir bölgeye (çevreye) atılmaktadır. Bu çevre kirliliğinin önlenmesi atık ürünün katı-sıvı ayrımının yapılması ile mümkündür.

Genel olarak katı-sıvı ayırma işlemleri şu şekilde özetlenebilir.

1. Sedimentasyon

- Yerçekimi ile (durultma havuzu)
- Merkezkaç kuvvet ile (Kapalı duvarlı dekantör, ultrasantrifüj, boru santrifüj, seperatörler; oda seperatör, lüleli seperatör)

2. Filtrasyon

- Vakumla (Tambur filtre, disk filtre, tabak filtre, bort filtre)
- Basınçla (filtrepres, basınçlı filtreler)
- Merkezkaç kuvvet ile (Kesikli; kabuklu santrifüj, üç ayaklı santrifüj - Sürekli; itmeli, helizli, delikli dekantör)

Karışımında katı miktarı sıvıya oranla az ise genellikle filtrasyon yöntemi uygulanır. Süspansiyon durumunda olan katının oranı yükseldikçe ayırma işlemi ya presleme veya santrifüjleme ile yapılır.

Katı-sıvı ayrımı için yöntem seçimini belirleyen en önemli parametreler mineral tane boyutu ve pülp katı-sıvı oranıdır. Bunların yanında ayrımı yapılacak katının cinsi de etkili bir parametredir. Özellikle küçük boyutlu minerallerin kolloidal ortamdaki davranışları ayırmayı güçleştirecek nitelik taşıyabilir. Örneğin, kil mineral pülpünün katı-sıvı ayrımı, bu minerallerin kolloidal ortamda jel yapısı oluşturma eğilimlerinden dolayı oldukça güçtür.

Ayrıca çok küçük boyutlara kadar öğünen kil mineral taneleri filtrasyon işleminde filtre ortam gözeneklerine girerek direncin artmasına, sonuç olarak da kek filtre edilebilirliğinin azalmasına neden olurlar.

Filtrasyon yöntemini ince boyutlu kil minerallerine uygulamak, ancak filtrasyon hızını arttırıcı teknikleri ile mümkündür. Filtrasyon hızını arttırmak için süzme işleminde, filtre yardımcı maddesi kullanılır. Filtrasyon etkinliğini arttırmak, yani süzme ortamının gözeneklerinin tıkanmasını önlemek, yüksek basınç sistemlerde süzme işleminin güçlenmesine neden olan yüksek direnci düşürmek, ve berrak bir süzüntü elde etmek amacıyla kullanılan maddelere filtre yardımcı maddeleri denir.

Her filtre yardımcı maddesi, süzülecek her madde için uygun olmadığından, bir filtre yardımcı maddesinde belirli özellikler aranır. Filtre yardımcı maddeleri, sert yapılı, çok ince öğütülmüş, sağlam katı parçacıklarından ibaret olup, bastırılmaz bir özelliğe sahip olmalıdır. Bu tür maddeler öncelikle çok gözenekli bir kek oluşturmalı ve böylece hem sıvı akımını kolaylaştırmalı ve hem de süzülen bulamaçtaki katı taneciklerini kolaylıkla tutabilmelidir. Ayrıca akışa karşı gösterilen direnç, taneciklerin yüzey alanı ile orantılı olduğundan bu yüzey alanı yeterince küçük tutularak akış hızının artması sağlanmalıdır. Yüzey alanı ise tanecik büyüklüğüne bağlı olup, bu büyüklük arttıkça yüzey alanı küçülür.

Taneciklerin boyut dağılımı da önemli bir faktördür. Geniş yüzey alanına sahip çok küçük tanecikler süzüntü akışını önlerken, çok iri tanecikler de süzüntünün berraklığını bozar. Bu nedenle filtre yardımcı maddesi olarak kullanılan taneciklerin boyut ağırlığının mümkün olan en dar sınırlar arasında bulunması istenir. Etkin süzme yapabilmek için bu yardımcı maddelerin süzülecek karışımla kimyasal tepkimeye girmemesi ve sıvıda çözünmemesi gerekir.

Filtre yardımcı madde kullanımının endüstriyel uygulaması iki şekilde yapılmaktadır. Bunlardan birincisi; süzme yüzeyi bu maddelerle kaplanır veya süzülecek madde filtreye pompalanmadan önce filtre yüzeyinde bu maddelerle ince bir film tabakası meydana getirilir. Bu yöntem "ön kaplama" yöntemi denir. Bu şekildeki bir ön işlem, süzülecek maddede bulunan kolloid parçacıkların filtre levhasının gözenekleri içersine girmesini ve dolayısıyla filtre direncinin yükselmesini önler. Bu yöntem ile süzme, daha çok madde üretiminin

son işlem olduğu yerlerde, bir kek oluşturmıyacak kadar az olan bulanıklıkları gidermek amacıyla kullanılır. Süzülecek karışımdaki katıların filtre yüzeyinde kolaylıkla uzaklaştırılabilen bir kek oluşturulabilmesi açısından filtre yardımcı maddesinin boyutlarının süzülecek katı madde boyutlarından küçük olması istenir. Filtre direncinin yükselmesinin önlenmesi ile filtrenin daha uzun aralıklarla temizlenmesi mümkün olur. Filtre yardımcı maddesinin oluşturacağı kalınlığın seçimi için belli bir kural olmamakla beraber karışımdaki katı parçacıkların ve sıvının elektriksel ve iyonik özelliklerine ve kek yoğunluğu gibi diğer çeşitli niteliklerine bağlı olarak genellikle deneme-yanılma yoluyla belirlenir. Bazı durumlarda kalınlık yerine filtre kesit alanı başına kütleli katı yükselmesi temel alınır.

Ön kaplama yönteminin uygulanmasının bir diğer şekli de; özel olarak bu yardımcı maddelerle örtülmüş filtrelerin kullanılmasıdır. Bu yöntem daha çok vakum altında çalışan döner silindirik filtrelerde kullanılır. Filtre yardımcı maddesi ve sudan oluşan karışım filtre üzerinde belli bir kalınlıkta bir tabaka oluşuncaya kadar filtreye gönderilir. Bundan sonra esas süzülecek madde ile filtre beslenir. Kazıyıcı bıçak çökelen maddenin hepsini ve filtre yardımcı maddesinin çok ince bir tabakasını kazıyarak filtreden alır. Bu yöntem bir kek oluşturmıyan fakat filtre yüzeyinden uzaklaştırılmak istenen jelatin yapısında veya yapışkan olan çökeltilerin süzülmesi için kullanılır.

Filtre yardımcı maddelerinin kullanımındaki ikinci yöntem, yardımcı maddeleri belirli bir yüzde oranında süzülecek madde ile iyi bir şekilde karıştırdıktan sonra, filtreye göndermektir. Filtre yardımcı maddelerinin varlığı, filtre yüzeyine oturacak çökeltinin geçirgenliğini

arttırır, onun bastırılabilmesini azaltır ve süzme operasyonu esnasında kek direncinin artmasını önler. Bu yönetime dozajlama yöntemi denir.

Sanayide bir çok değişik özel filtre yardımcı maddesi kullanılır. Ancak fiziksel ve kimyasal çalışma koşulları her zaman özel bir filtre yardımcı maddesinin kullanılmasını gerektirir. Maliyeti düşük olan talaş, kül, kireç-taşı gibi maddelerle bireysel olarak veya diğer filtre yardımcı maddelerine belirli oranlarda karıştırılarak kullanılabilir. Selüloz (pamuk, ağaç), asbest, cam pamuğu gibi çeşitli lifli maddeler ve kum, kizelgur, diatome toprağı, perlit, kil, aktif karbon gibi granül veya toz halindeki maddeler uygulamada en sık kullanılan maddelerdir.

Gevşek lifli maddeler ince taneciklerin uzaklaştırılmasında olduğu gibi, derin yatak ortamı olarak kullanılırlar. Ancak kullanımlarının, sıvıda dağıtılmalarının ve destek levhasından uzaklaştırılmalarının daha kolay olması açısından granül halindeki maddeler daha çok tercih edilir.

Filtre malzemesinin seçimi ayrılacak katı maddenin ve sıvının fiziko kimyasal özellikleri gözönünde bulundurularak yapılır. Seçilecek filtre delik büyüklüğü, toplam filtrasyon süresine oranla tesirli bir filtre kekinin oluştuğu akma süresinin uzunluğuna bağlıdır.

1980'li yıllara kadar kek filtrasyonu klasik teori ışığında geliştirilmiştir (Ruth, 1933). Bu teoriye göre kek filtre edilebilirliğini belirleyen parametre kek direncidir, süzme ortam direnci ise ihmel edilmiştir. Diğer taraftan Willis ve Tosun (1980) klasik teoriye karşılık alternatif filtrasyon teorisi geliştirmişlerdir. Çok fazlı filtrasyon teorisi

olarak bilinen bu teoriye göre ise, kek filtre edilebilirliğini kontrol eden esas parametre süzme ortam direncidir. Şan (1991) kaolin pülpü ile yaptığı filtrasyon deneyleri sonucunda filtrasyonu kontrol eden esas parametrenin, yeni teoride öngörüldüğü gibi, kek süzme ortamı direnci olmadığını göstermiştir. Aynı zamanda bu teoride filtre kekleri için tanımlanan ortalama direncin seçilen süzme ortamı tipi ile değiştiğini tesbit etmiştir. Bu sonuçlar klasik teorinin filtrasyon mekanizmasını açıklamakta yetersiz kaldığını göstermektedir.

Filtrasyon teorisi ile ilgili oldukça fazla matematik bağıntılar kurulmuş olmasına karşın, mevcut teorinin endüstriyel problemlere uygulanmaları bugün içinde karışıklığını korumaktadır. Bunun en önemli nedeni süzülmesi istenilen katı parçacıkların büyüklükleri, şekilleri ve özelliklerinin belirlenmesindeki zorluklardır. Belirlenmiş olsa bile, bir işlemde diğerine değişmektedir. 1980'li yıllarda geliştirilen çok fazlı filtrasyon teorisi direkt gözleme dayalı sonuçlar içermesi bakımından dikkati çekmektedir.

Bu çalışmada, seramik fabrikası atıksuyunun filtrasyonu yapılarak bu işlemde süzme hızını etkileyen parametreler tesbit edilecektir. Bu sonuç ışığında filtre yardımcı madde kullanımının en ekonomik uygulama şekli araştırılacaktır.

2. FİLTRASYON TEORİLERİ

Kek filtrasyonunda pülp içersindeki taneler, filtre ortamı üzerinde tutulur. Filtre kekini oluştururken, pülp suyu hem oluşan filtre kekinin, hem de filtre ortamının gözenekleri arasında geçerek filtrasyon tüpünü terkeder. Filtrasyon yöntemi ile atık suyun katı-sıvı ayırımının yapılabilmesi ancak filtre tüpünde bir basınç farkının oluşturulması ile mümkündür. Uygulanan basınç farkının sabit tutulduğu filtrasyonlara sabit basınç filtrasyonu denilmektedir. Sabit basınç filtrasyonlarının filtrasyon başlangıç aşamasında, filtre tüpüne uygulanan basınç, farkının tamamı filtre üzerindedir. Filtrasyon pülpü, bu basınç farkı nedeni ile yalnızca filtre ortamının ve bu ortamı tüp içerisinde tutan filtrasyon ünitesinin geçirgenliğine bağlı olarak, belirli bir hız kazanır. İlerleyen filtrasyon sürecinde bu hızını kek oluşumuna ve özellikle kek-filtre ortamı ara yüzey özelliklerindeki değişimlere bağlı olarak kaybeder. Filtre ortamı üzerindeki basınç farkı bu ara yüzey geçirgenliğindeki değişime bağlı olarak azalırken oluşan filtre keki üzerindeki basınç farkı ise toplam basıncın sabit tutulması sebebi ile artar. Dolayısıyla sabit basınç filtrasyonunda, değişken basınçlı kek filtrasyonu yapılmış olur.

Bugüne kadar filtrasyonu konu alan iki teori geliştirilmiştir. Bunlardan ilki filtre kek özelliklerini ve bu özelliklerdeki değişimleri konu alan klasik filtrasyon teorisidir. Darcy's kanunu filtrasyona uyarlanmaya çalışılmıştır.

Darcy's kanunu gözenekliliği sabit olan bir ortamdan basınç altında su geçirilişini konu alır. Ortamdan geçen suyun debisi uygulanan basınç gradyanı ve gözenekli ortamın yüzey alanı ile doğru orantılı olarak değişirken kullanılan sıvı ortamın akışkanlığı ile ters orantılıdır.

Filtrasyonun başlangıç aşamasında filtre tüpü temiz su ile doludur. Uygulanan sabit filtrasyon basıncı ile, filtre ortamının gözeneklerinden, sabit debide su geçişi sağlanır. Filtrasyonun bu aşamasına Darcy's denklemi kolaylıkla uygulanır.

$$\frac{1}{A} \cdot \frac{dV}{dt} = \frac{K_m}{\mu} \cdot \frac{P_A}{L_m} \quad (1)$$

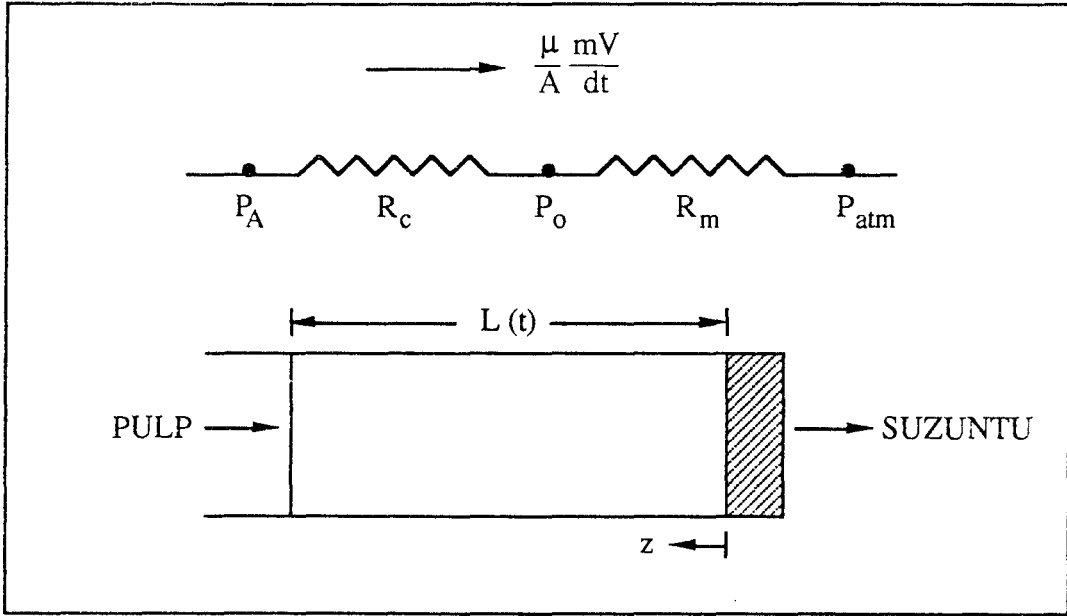
Burada K_m gözenekli ortamın geçirgenliğidir. L_m ise filtre ortamının kalınlığıdır. Bu sabit kalınlıktaki filtre ortamı için direnç tanımında yapılabilir.

$$R_m = \frac{L_m}{K_m} \quad (2)$$

Filtrasyon sürecinin ilerlemesiyle başlangıç aşamasındaki filtre ortamının orijinal geçirgenliği, üzerinde oluşan filtre keki tarafından bozular. Filtre ortamı üzerinde biriken taneler filtre ortamı gözeneklerine giremeyecek büyüklükte dahi olsalar bir ara yüzey oluşması nedeni ile bu bölgenin su geçirgenliği azalır. Oluşan ilk kek tabakasından sonra bu ara yüzeydeki geçirgenlik kek oluşum özelliklerine bağlı olarak sabit kalır veya küçük tanelerin kek içerisinden bu bölgeye taşınması ile azalmaya devam eder.

2.1. Klasik Filtrasyon Teorisi

Klasik Filtrasyon Teorisinin geliştirilmesi ilk defa Ruth (1933,1935) tarafından yapılmıştır. Ruth, Ohm kanunu (Akım=Voltaj/Direnç) ile filtrasyon arasında benzerlik kurarak, süzüntü akış hızına karşı gösterilen direncin kek ve süzme ortamı dirençlerinin toplamına eşit olduğunu varsaymıştır. Filtrasyon işlemine eşdeğer olarak tasarlanan elektrik devresi Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Filtrasyona eşdeğer elektrik devresi

Bu eşitlik devresinden yararlanılarak;

$$\frac{\mu}{A} \cdot \frac{dV}{dt} = \frac{P_A - P_o}{R_c} = \frac{\Delta P_c}{R_c} \quad (3)$$

ve

$$\frac{\mu}{A} \cdot \frac{dV}{dt} = \frac{P_o - P_{atm}}{R_m} \quad (4)$$

eşitlikleri yazılabilir. Denklem (3) ve (4)'ün toplanması ile aşağıdaki ifade elde edilir:

$$\frac{\mu}{A} \cdot \frac{dV}{dt} = \frac{P}{R_c + R_m} \quad (5)$$

Burada $P = P_A - P_{atm}$ olarak tanımlanmıştır.

Ruth (1935), yine elektriksel benzeşimden yararlanarak*, kek direncinin, R_c , birim alana düşen katı miktarıyla orantılı olduğunu varsaymış, aynı zamanda süzme ortamı direncinin kek direnci ile karşılaştırıldığında ihmal edilebilecek bir değerde olduğunda kabul ederek aşağıdaki eşitliği yazmıştır:

$$R_c = \langle \alpha \rangle \frac{W_c}{A} \quad (6)$$

Denklem (6)'daki orantı katsayısı, $\langle \alpha \rangle$, ortalama özgül kek direnci olarak tanımlanmıştır. Daha önce de belirtildiği gibi, klasik filtrasyon teorisinde filtrasyonu kontrol eden parametre ortalama özgül kek direncidir.

Denklem (6)'daki kek direnci ifadesinin Denklem (5)'de yerine konulmasıyla aşağıdaki eşitlik elde edilir:

$$\frac{\mu}{A} \cdot \frac{dV}{dt} = \frac{P_A}{\left(\langle \alpha \rangle \frac{W_c}{A} \right) + R_m} \quad (7)$$

* Bir iletkenin direnci = (Özgül direnç x uzunluk)/Alan

Ruth, kek içindeki katı madde miktarını süzüntü hacmi cinsinden ifade etmek için kütle denkliğinden yararlanmıştır. Kütle denkliğinin:

Filtre edilen pülp ağırlığı = Yaş kek ağırlığı + Süzüntü ağırlığı şeklinde yazılmasıyla aşağıdaki ifade elde edilir:

$$W_c = C \cdot \frac{V}{A} \quad (8)$$

Buradaki C terimi, birim süzüntü hacmi başına kek içinde toplanan katı madde miktarını göstermektedir. Denklem (8)'in Denklem (7)'de yerine konularak düzenlenmesi sonucu aşağıdaki eşitlik elde edilmiştir:

$$\frac{P_A}{\mu_q} = (\alpha) W_c + R_m = R_c + R_m \quad (9)$$

Bu denklemde P_A/μ_q ile W_c arasındaki ilişki doğrusal ise, doğrunun P_A/μ_q eksenini kestiği yerden R_m , süzme ortamı direnci; eğiminden de $\langle \alpha \rangle$, ortalama kek direnci hesaplanır ve filtre kekleri bu doğrusal ilişkiden dolayı sıkışmayan kekler olarak isimlendirilir. Sıkışan filtre kekleri ise doğrusal bir davranış göstermezler.

Daha öncede belirtildiği gibi Klasik filtrasyon teorisinde süzme ortamı direnci (R_m) genellikle filtre keki direnci ile karşılaştırıldığında ihmal edilmektedir. Bunun sonucunda bütün dikkatler ortalama özgül kek direnci üzerinde toplanmıştır. Fakat, filtre kekleri için tanımlanan bu parametrenin doğruluğu son derece şüphelidir. Çünkü bu parametre büyük ölçüde filtre keki üzerindeki basınç düşüşüne bağlıdır. Sabit olabilmesi için, kek üzerindeki basınç düşüşünün sabit kalması gerekmektedir. Oysa, filtrasyonun başlangıç aşamasında uygulanan

basıncın tamamı süzme ortamı üzerinde meydana gelmektedir, filtre kekinin oluşmaya başlamasıyla bu basıncın bir kısmı kek üzerinde tutulur. Kek üzerindeki bu basınç değeri filtrasyon işlemi süresince artar. Bunun nedeni kek miktarındaki artışın yanısıra oluşan kekin geçirgenliğindeki değişimlerdir. Filtre kekinin geçirgenliğini etkileyen faktörlerin başlıcaları; kek'te meydana gelebilecek sıkışmalar ve pülp içindeki küçük tanelerin filtrasyon süzüntüsü ile kek-süzme ortamı ara yüzeyine taşınmasıdır.

Bunun sonucunda süzme ortamı geçirgenliği azalır, aynı zamanda bazı küçük tanelerin kek gözenekleri arasında kalmasıyla su akış yolları kapanır, dolayısıyla kek geçirgenliği azalır. Buradan görüldüğü gibi geniş tane boyut dağılımına sahip endüstriyel mineral pülplerinin filtrasyonunda, süzme işlemi süresince geçirgenliği değişecek bir filtre keki için ortalama direnç tanımlamak oldukça güçtür. Filtrasyon literatüründe filtre kekleri için tanımlanan bu ortalama kek direncine değişik isimler de verilmektedir. Ortalama özgül kek direnci, ortalama özgül filtrasyon direnci, ortalama özgül süzüntü akış direnci, ifadeleri kullanılmaktadır. Bu parametreye değişik isimler verilmesinin nedeni teori ile uygulamada çelişkili sonuçların gözlenmesidir. Willis (1986) ortalama özgül kek direncinin süzme ortamından etkilendiğini belirtmektedir. Diğer taraftan Tiller (1953); Tiller ve Cooper (1960),; Tiller ve Shirato (1964) bu parametrenin geçerli olabilmesi için süzme ortamı direncinin toplam direnç içindeki payının düşük olması gerektiğini belirtmektedir. Tosun (1986) sabit basınç filtrasyonunda ortalama özgül kek direnci ve süzme ortamı direncinin birlikte sabit kalmayacaklarını matematiksel olarak göstermiştir.

Filtrasyon deney sonuçlarının değerlendirilmesinde her zaman Şekil 2'deki gibi doğrusal ilişki gözlenmemektedir (Tiller, 1966, Osborne, 1975,1976; Wronski vd., 1976; Tiller vd., 1981; Willis, 1986; Toshiro, vd., 1987). Bununla birlikte, yapılan deneylerde merkezden geçen çizimlere rastlanıldığı gibi (Shirito vd., 1963; Willis vd., 1983; Massuda vd., 1988), P_A/μ_q eksenini negatif bölgede kesen sonuçlar da görülmektedir (Willis vd., 1974; Wronski vd., 1976; Tiller vd., 1981; Şan, 1991).

Diğer taraftan, yeni filtrasyon teorisinde de süzme ortamı geçirgenliğinin bu çizimin eğim değerinde bulunduğu belirtilmektedir (Willis et all., 1983; Willis, 1986). Şan (1991) kaolin pülpi ile yaptığı çalışma ile bu görüşün doğru olduğunu göstermiştir.

2.2. Çok Fazlı Filtrasyon Teorisi

Willis ve Tosun (1980) tarafından geliştirilen bu yeni filtrasyon teorisinin başlangıç noktası, hacimsel ortalama tekniği ile elde edilen süreklilik ve hareketlilik denklemleridir.

$$q + r = \frac{1}{A} \cdot \frac{dV}{dt} \quad (10)$$

$$q - \frac{\varepsilon}{1 - \varepsilon} r = \frac{K}{\mu} \frac{dP_L}{dx} \quad (11)$$

Katı taneciklerin hızı, kek ile süzme ortamı arasındaki ara yüzey üzerinde ($x=0$) sıfırdır. Bu ara noktadaki geçirgenlik, filtrasyon hızını kontrol eden temel faktördür. Burada $z = x/L$ (t) alındığında Denklem (10) ve (11)'den yararlanarak $x=0$ noktası için geçerli denklem aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$K_o J_o = \frac{\mu L}{\Delta \cdot \Delta P_c} \cdot \frac{dV}{dt} \quad (12)$$

Burada, ΔP_c kek içindeki basınç düşmesini, J_o terimi ise boyutsuz basınç gradyanını göstermektedir ve aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$J_o = \left. \frac{\delta P^*}{\delta x} \right|_{z=0} \quad (13)$$

Daha önce Denklem (8)'de verilen kütle denkleğinin

$$L = \frac{G}{A} V \quad (14)$$

olarak ifade edilip Denklem (12)'de yerine konulmasıyla aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$\frac{dt}{dV} = \frac{\mu}{A^2} \frac{(G)}{\Delta P_c K_o J_o} V \quad (15)$$

Kek ile süzme ortamı arasındaki ara yüzey geçirgenliği, K_o , dt/dV 'nin V 'ye karşılık çizilmesiyle elde edilen doğrunun eğiminden hesaplanır. Bu ara yüzey geçirgenliği, yalnızca süzülen katı maddelerin özelliklerine ve işletme şartlarına değil, aynı zamanda seçilen süzme ortamının tipine de bağlıdır. Denklem (15)'den görüldüğü gibi yeni teoride süzme ortamı hakkındaki bilgiler dt/dV 'nin V 'ye karşılık yapılan çizimin eğim değerinden elde edilmektedir. Oysa klasik teoride, bu çizimin eğim değerini filtre keki özelliklerinin tesbit ettiği kabul edilmektedir.

Filtrasyonu güç olan pülpler için filtre edilebilirliğini arttırmak amacıyla bazı endüstriyel yöntemler geliştirilmiştir. Fakat bu

yöntemlerin klasik filtrasyon teorisi ile tamamen ters görüşleri temel aldıkları görülmektedir. Buna tipik bir örnek olarak filtrasyonda kek filtre edilebilirliğini arttırmak için filtre yardımcı maddeler kullanılışı verilebilir. Bu yardımcı maddelerin kullanılması ile filtrasyon hızında sağlanan artış filtrasyonu kontrol eden parametre hakkında doğrudan bilgi vermektedir.

3. FİLTRE EDEBİLME ÖZELLİĞİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Filtre edebilme özelliği, direnci azaltarak veya katıların konsantrasyonlarını değiştirerek artırılabilir.

Katıların konsantrasyonlarını arttırma yöntemlerinin çoğu direncin etkilerini azaltmayı da içerdiklerinden, bu tür metodlar direnci azaltmak için kullanılan yöntemlerle birlikte tartışılır.

Filtrasyon direncini filtre ortamının direnci ve kek direnci olmak üzere iki kısımda incelemek yerinde olur. Ön denemenin amacı ise her ikisini de azaltmaktır. Filtre ortamı açısından düşünöldüğünde, aşağıdaki durumlar sağlandığında direnç minimum tutulacaktır.

- Ortamdaki veya filtre malzemesindeki gözenekler maksimum büyüklükte olmalı, katı parçacıkları ortamda tutup geçmelerini önlemelidir.

- Filtre ortamında tutulmak istenen parçacıklar tutuldukça delikler tıkanmamalıdır.

- Yatak şeklinde veya kek halinde biriken katı parçacıklar, filtre ortamından tamamen uzaklaştırılmalıdır. Filtre ortamının yüzeyinde veya dokumanlarında birikme olmamalıdır.

- Filtre ortamının yapıldığı maddenin özellikleri, süzüntünün süzme ortamından minimum dirence geçmesini sağlamalı ve katı parçacıklar ortama yapışmamalıdır. Bu şartın sağlanması, öncelikle her uygulama için doğru filtre ortamının seçilmesine bağlıdır. Bu da ön denemeye paralel bir yardım sağlamaktadır.

Bu şartların yerine getirilmesinin ön denemenin bir parçası olmadığı düşünülebilir. Fakat ön denemede kullanılan bazı kimyasal maddelerin yukarıda belirtilen 3. ve 4. koşulları olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir. Bu kimyasal maddeler, süzme ortamını ön kaplama için filtrenin akışını azaltan sürtünme direncini kırmak ve katı parçacıklarının filtre ortamına yapışmalarını önlemek için özel olarak kullanılmaktadır.

Besleme materyalinin filtreye aktarılması önemli bir noktadır. Çünkü ön hazırlama tekniklerinin neden olduğu topaklanma durumu eğer besleme sistemi istenmeyen makaslama kuvvetlerine yol açarsa bozulabilir. Yalnız seçilen ve dizayn edilen besleme sistemleri, filtre ortamında parçacıkların birikmesini ve kek oluşma mekanizmasını olumsuz etkileyebilir. Öte yandan doğru bir şekilde çizilen ve kontrol edilen bir besleme sistemi, filtrasyon oranını önemli miktarda arttırabilir.

Kek direnci, öncelikle parçacıkların büyüklük, büyüklük dağılımı özgül ağırlıkları ve parçacıklar arası harekete bağlı olacaktır. Daha önceden de değinildiği gibi, katıların konsantrasyonunda önemli bir etkisi vardır. Ancak katıların konsantrasyonu filtrenin performansını arttırma çabalarını gerçekleştirmeyecek kadar yüksek olabilir.

Bu parametrelerden birini veya daha fazlasını değiştirecek kimyasal ve fiziksel metodların her ikisi de mevcuttur. Böylece direnç faktörü azaltılabilir.

Filtrasyonda, önce yapılacak işlemleri iki genel grupta incelemek mümkündür. Kimyasal yöntemler ve fiziksel yöntemler. Kimyasal yöntemler kaogülasyon, flokülasyon ve tavlamaı kapsar. Bu üç terimin tanımlarında genel bir karmaşıa vardır. Fiziksel yöntemler ise, büyüklük sınıflandırması, ön havalandırma, mekanik acitasyon (sallama), dondurma ve çözme, ısıtma, ultrasonik ve mekanik titreşimler, elektronik ve manyetik işlemlere tabi tutma ve iyonik radyasyondur. Ön işlemin kimyasal yöntemleri iyi bilinip, uygulanmasına rağmen, uygulamada yalnızca bir kaç fiziksel yöntem kullanılmaktadır. Filtrasyona yardımcı maddelerin kullanımı da bir ön işlem metodu olarak düşünülür.

3.1. Filtre Yardımcı Maddeleri

Filtre yardımcı maddesi küçük parçalara bölünmüş inert bir katıdır. Bu maddeler doğal hallerinde kullanıldıkları gibi saflaştırılıp da kullanılabilirler. Saflaştırma işlemi, kil ve benzeri yabancı maddeleri yok etmek için uygulanır. Bu işlem, büyüklük oranlarını tesbit amacıyla kullanılan elekten geçirmeyi de kapsar.

Yardımcı maddeler genellikle iki şekilde kullanılır. Beslemeye filtrasyon öncesinde eklendiklerinde hacimsel bir bütün olarak yardımcı olurlar. Gözenekli kek, yabancı maddenin besleme süspansiyonundaki

düzgün dağılımları sonucunda oluşur. Öte yandan filtre yardımcı madde filtrasyon öncesinde filtre ortamında bir yatak şeklinde birikirse, bir öntabaka olarak adlandırılır. Ön tabaka filtre ortamının tıkanmasını önler, filtratın verimli bir biçimde berraklaştırılmasını sağlar ve kek boşaltımının verimini artırır. Bu çalışmada ise, bu iki yöntemin birlikte kullanılması durumu da araştırılmıştır.

Her üç uygulama için de mekanizma uygun şekil ve büyüklükte yardımcı maddenin seçilmesine bağlıdır. Yardımcı madde ile oluşturulan bir yatak bir yandan filtre edebilme özelliğini artırırken, biryandan da küçük parçacıkların filtre ortamından geçmesini engelleyecek bir gözenek yapısında olmalıdır. Bu olayın mekanizması parçacık mekaniği yoluyla açıklanmaktadır.

Ön tabaka yardımcı maddeleriyle ilgili iki mekanizması vardır, yüzey filtrasyonu ve derin filtrasyon. Yüzey filtrasyonunda besleme içindeki katılar öntabaka katmanının yüzünde ayrı bir depozit oluştururlar ve yüzeye nüfuz etmezler; bu durum filtre yardımcı maddelerin ve beslemedeki bağlı parçacık özelliğine bağlıdır.

Derin filtrasyon, yardımcı maddelerin içinden küçük parçacıkların geçebilme olasılığını ve bu küçük parçaların yardımcı maddelerin yüzeyine yapışma olasılığını artırır. Bu olay sıvı ve katı fazların yapısına bağlıdır. Şekil ve büyüklük bu durumda önemli değildir. Örneğin polielektrolitlerden yapılan kaplamalar (boya gibi) filtre yardımcı maddelerin performansını etkileyebilir.

3.2. Dönel, Vakum, Ön Tabakalı Filtrelerin Kullanımı

Rotary, vakum, precoat (RVP) filtre türleri ve materyalleri tayin edilirken güçlüklerle karşılaşılın, aynı zamanda, optimum çalışma şartlarını sağlamada zorluklar çekilen cihazlardır.

RVP filtrelerinin verimliliği, kek koruma süresi, katıların öntabakadan bıçakla alınmasındaki kolaylık gibi unsurların görsel incelenmesine bağlıdır. Örneğin suya batma konusunda veya silindir hızında bir değişim önerilebilir veya belirtilebilir. Fakat, kesme verimliliğinde belirgin bir düşme olabilir ve sonuçta akış oranında bir düşüş görülebilir. Bir kez optimum şartlar sağlandıktan sonra operasyon rutin hale gelir.

Günümüzde yüzlerce RVP filtresi kullanılmaktadır. Bu filtrelerin kullanıldığı bazı sıvılar şunlardır: mısır şurupları, ilaçlarla ilgili sıvılar, makina yağı katkı maddeleri.

Kullanılan RVP filtrelerinde maksimum yararlanma sağlanamamakta, minimum kullanım durumu ortaya çıkmaktadır. Uygulanan testler sonucunda elde edilen akış oranı öylesine düşük olmaktadır ki, diğer katı-sıvı ayırma yöntemlerinin yanında önemsiz kalmaktadır.

Basıncılı öntabakalı filtrasyonda, filtre kağıdı üzerinde, filtrasyona yardımcı maddeden ince bir film oluşturulur. Öntabaka oluştuktan sonra filtrasyon başlatılır. Gözenekli bir kek oluşturabilmek için, yardımcı maddeden, filtrasyon öncesinde sürekli eklenir. Bir filtrasyon

RVP filtrelerinde yardımcı madde olarak diatomit ve perlit kullanılır. RVP filtrelerini kullanırken, katıların süzöldüğü öntabaka maddeleri, maksimum akış ve yardımcı maddenin ekonomik kullanılması nedeniyle silindiri her rotasyonda temizlenmelidir.

Ön tabakasız, silindir filtrelerde kullanılan bezlerin çoğu filtrenin akış oranını azaltır. Öntabakalı sistemde, sentetik bezler tıkanmayı minimuma indirmek için tek lifli türden olmalıdır.

Filtrasyon sırasında bıçak öntabakanın içine 0,5 mil/silindir devinimi gibi düşük devirlerde girebileceğinden vakum değışikliklerinin ve diğeri çalışma koşullarının farklılıklarının neden olacağı ön tabakada direnci minimuma indirmek için mümkün olduğunca sıkı bir ön tabaka oluşturulmalıdır. Bu durumu sağlamak için en uygun şartlar; ön tabakanın maksimum vakumda uygulanması, maksimum silindir hızı ve silindirin ön tabaka çamuruna silindir çapını %10-15'i kadar batmasıdır. Filtre silindiri dönerken öntabaka sırayla bir doldurulur bir suyu alınır. Ön tabaka çamuruna giren öntabakanın büyük kısmı boş olduğundan, bu noktada öntabakaya sıvı akışı maksimumdur. Oluşan akışı ön tabakadaki parçacıkların büyüklükleri öntabaka çamurundaki yardımcı maddeleriyle aynıdır.

Filtrasyona etki eden faktörler şu şekilde sıralanabilir:

- Öntabaka yardımcı maddesinin cinsi
- Vakum
- Silindir hızı
- Bıçağın ilerleme süresi
- Silindirin suya batırılması

- Ön tabakaya katıların nüfuz etmesi
- Ön tabaka kesme verimliliği
- Kekin filtreden geçebilirliği
- Kekin kuruma süresi
- Sıvı viskozitesi
- Ön tabaka kalınlığı
- Sürekli yardımcı madde ilavesi

Maksimum ürün ya da minimum yardımcı madde tüketimi, (yada her ikisi birden) bu faktörlerin uygun bileşkelerini bulmak, fabrikada gözlem yapmak veya bir test düzeneği kullanmak yoluyla elde edilebilir. Bu faktörlerin etkilerini belirlemek için en iyi yol test programları oluşturmaktır.

Öncelikle, bir dizi hızlı elek testi uygulanarak ön tabaka yardımcı maddelerinin en kalınları belirlenir. Bu maddeler, ön tabakaya nüfuz etmektedirler. İkinci dizi test sonucunda, filtrasyon oranlarının filtre sıvısında silindirin batma süresine göre değişimi belirlenir. RVP filtreleri için düşünülen bir çok katı, çok yapışkan olduğundan, filtrasyon oranı ilk 2-8 saniyede aniden düşer. Oranları belirlemenin en iyi yolu, test düzeneğine ince bir öntabaka uygulamak ve sonra da istenen süreler için bu örneği test sıvısına batırmaktır. Filtre düzeneği ve boruları her katmanın sonunda süzülür ve filtrat hacmi kaydedilir.

Bazı dönel öntabaka filtrasyonlarında, silindirin batırılmasından hemen sonraki 4-6 saniyede, akış hemen hemen tamamıyla duracaktır. Bu yüksek miktartlı tıkanma durumlarında, çamursu katının suyunu almak çok zordur. Kekin bıçakla alınması sırasında ıslak bir kek

oluşması ihtimali çok fazladır. Böyle bir durumda tüm dönel ön tabakada daha kuru bir kek elde etmek için, filtre işlemcilerinin yapacağı şey silindirin hızını azaltmak olacaktır. Dolayısıyla akış oranı da azalacaktır.

Bu durumda akış oranını arttırmak için yapılan en uygun şey silindirin hızını yüksek tutmak ve batmayı, uygun kurulukta bir kekin elde edilebileceği noktaya kadar azaltmaktır.

Testler, test düzeneği 1-2 inçlik öntabakayla gerçekleştirilir ve böylece ne tür etkileri olacağı belirlenebilir.

RVP filtreleri tek başına veya diğer sıvı-katı ayırma cihazları ile birlikte kullanılabilir. Örneğin, bir arıtıcıda RVP filtresi ortamın suyunu alır. Bu tür bir filtre, basınçlı ön tabakalı filtrelerin önünde, yüksek seviyeli berraklık istendiğinde kullanılabilir. RVP filtrelerinde öntabaka maddesi filtre görevi yapar. Filtre olarak düşünülür, ancak filtre tutucu olarak kullanılır. Bu nedenle, filtre tutucusunun değişik tasarımları göz önüne alınarak filtre görevini de maksimum etkinlikte yerine getirmesi sağlanmalıdır.

4. DENEYSEL ÇALIŞMA

4.1. Deneysel Çalışmada Kullanılan Malzeme ve Maddeler

Filtrasyon deneylerinde Bozüyük Toprak Seramik Fabrikası'nın atık suyu kullanılmıştır. Deney koşulları Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1: Deney Koşulları

Atık ürün konsantrasyonu	: %5, %20
Basınç	: 20 kpa
Süzme ortamı	: 1. Toyo No 5A gözenek çapı 25 μm . Temiz suyun filtrasyona karşı gösterdiği direnç $0.39 \cdot 10^{10}$ l/m 2. Schleicher Schüll 589 ³ Blauband gözenek çapı 3 μm . Temiz suyun filtrasyona karşı gösterdiği direnç $1.4 \cdot 10^{10}$ l/m
Deney Numunesi	: Bozüyük Toprak Seramik Fabrikası atık suyu Tane yoğunluğu: 2.762 gr/cm^3
Filtre yardımcı madde	: Kizelger (diatomit) Ortalama tane çapı: 25 μm Özgül yüzey alanı: $0.4 \text{ m}^2/\text{cm}^3$

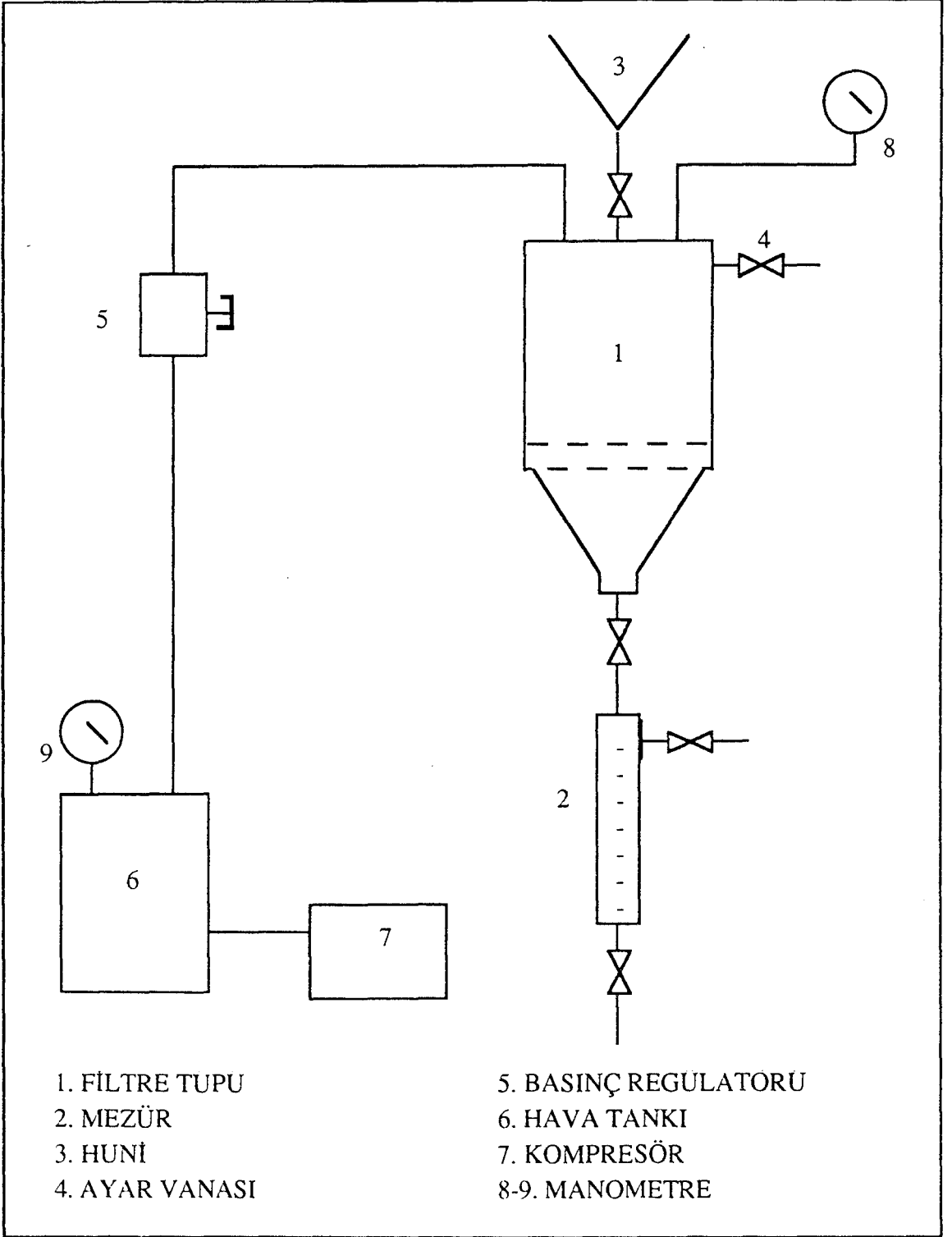
Çizelge 4.2. Seramik Fabrikası Atık Suyundaki Tanelerin Boyut Dağılımı

Yöntem : Sedimentasyon	
Tane Çapı (μm)	Alt Fraksiyon (%)
41.8	100.00
29.6	94.68
20.9	88.30
17.4	77.66
14.8	70.21
13.2	64.89
9.4	60.64

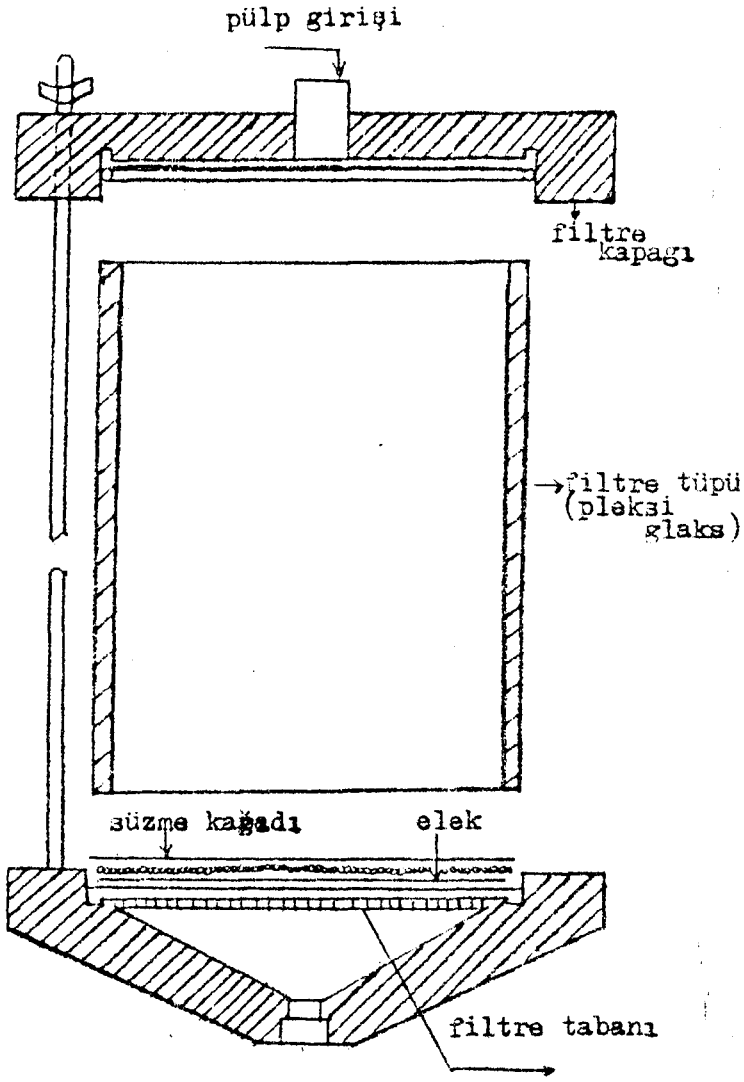
Deney numunesinin tane boyut dağılımı sedimentasyon cihazı kullanılarak yapılmıştır.

4.2. Deney Düzenegi

Filtrasyon Ünitesi, iç çapı 7 cm, yüksekliği 15 cm olan pleksiglas bir boru ile bunun üst kısmındaki bir kapak ve alt kısmındaki 65 meş'lik pirinç tel elekten oluşmaktadır. Filtre düzenegi Şekil 4.1'de, Filtre tüpü 4.2'de görülmektedir.



Şekil 4.1. Deney Düzenegi



Şekil 4.2. Filtre tüpü

4.3. Deneyin Yapılması

Deneyisel çalışmalarda dört değişik filtrasyon yöntemi uygulanmıştır. Özellikle filtre yardımcı madde kullanmadan yapılan filtrasyon deneyleri uygulanmıştır. Filtre yardımcı madde kullanılarak yapılan ilk uygulama atık suyun filtrasyonu öncesi süzme ortamının yardımcı madde ile kaplanması şeklinde olmuştur. İkinci uygulama filtre yardımcı maddenin atık suya karıştırılması şeklinde gerçekleştirilmiştir.

Yeni bir uygulama şekli olarak da filtre yardımcı maddenin bir miktarının ön kaplama, geri kalan miktarının da doğrudan atık suya karıştırılması şeklinde yapılmıştır.

Süzme işlemi filtrasyon ünitesi altındaki vana açılarak başlatılmaktadır. Filtrasyon süzüntüsü miktarı mezür üzerinden zamana göre ölçülmektedir. Filtre yardımcı madde kullanılarak yapılan deneylerde filtre yardımcı madde su ile karıştırıldıktan sonra filtrasyon ünitesine dökülmektedir.

Filtre yardımcı maddesi süzme ortamı üzerinde çökerek küçük bir kek tabakası oluşturulmasından sonra filtre edilecek pülp filtrasyon ünitesine konulmaktadır.

20 kPa basınç değerinde yapılan deneyler seramik fabrikası atık suyu %5 ve %20 katı içerikli olacak şekilde iki ayrı konsantrasyon değerinde hazırlanmıştır.

Filtre yardımcı madde miktarı 5 gram ve 10 gram olacak şekilde iki ayrı miktarda kullanılmıştır.

Ayrıca yeni filtrasyon yöntemi, 4 gram önkaplama 1 gram dozajlama; 3 gram önkaplama 2 gram dozajlama; 1 gram önkaplama 4 gram dozajlama olmak üzere üç durum içinde uygulanmıştır.

4.4. Deney Sonuçları

Çizelge 4.3. %5 katı içerikli pülpün 20 kPa basınçta Toyo No 5A kullanılarak yapılan filtrasyon deneylerinde süzüntü miktarının zamana göre değişimi

Filtrasyon süresi (s)	Süzüntü hacmi $V \cdot 10^4, m^3$			
	Normal filtrasyon	On kaplama ile filtr.*	Dozajlama ile filtr.*	On kaplama + Dozajlama ile filtr.**
30	0.50	1.15	1.15	1.15
60	0.55	1.50	1.75	1.75
90	0.70	2.10	1.95	2.25
120	0.90	2.45	2.35	2.75
150	1.05	2.70	2.80	3.25
180	1.20	3.00	3.25	3.75
210	1.35	3.45	3.70	4.15
240	1.50	3.70	4.20	4.50
270	1.60	3.90	4.50	4.70
300	1.75	4.20	4.70	4.80
330	1.85	4.45	4.80	
360	2.00	4.70		
390	2.15	4.85		
420	2.25	4.95		

* filtre yardımcı madde sarfıyatı: 5 g.

** 3 gram ön kaplama
2 gram dozajlama

Çizelge 4.4. %5 katı içerikli pülpün 20 kPa basınçta Schleicher Schull 589³ kullanılarak yapılan filtrasyon deneylerinde süzüntü miktarının zamana göre değişimi

Filtrasyon süresi (s)	Süzüntü hacmi $V \cdot 10^4, m^3$			
	Normal filtr.	Ön kaplama* ile filtr.	Dozajlama* ile filtr.	Ön kaplama** + Dozajlama ile filtr.
30	0.60	0.95	0.80	1.10
60	0.85	1.20	1.30	1.70
90	1.15	1.65	1.75	2.20
120	1.30	1.75	2.15	2.70
150	1.60	2.00	2.45	3.20
180	1.80	2.25	2.85	3.65
210	2.00	2.55	3.10	4.00
240	2.15	2.85	3.45	4.35
270	2.30	3.10	3.75	4.55
300	2.50	3.35	4.05	4.75
330	2.70	3.70	4.35	
360	2.85	3.80	4.65	
390	3.00	3.90	4.70	
420	3.15	4.00	4.80	
450	3.30	4.05		
480	3.45	4.10		
510	3.60	4.20		
540	3.75	4.25		
570	3.90	4.30		
600	4.10	4.40		

* filtre yardımcı madde sarfıyatı: 5 g.

** 3 gram ön kaplama
2 gram dozajlama

Çizelge 4.5. %5 katı içerikli pülpün 20 kPa basınçta Toyo No 5A kullanılarak yapılan filtrasyon deneylerinde süzüntü miktarının zamana göre değişimi

Filtrasyon süresi	Süzüntü hacmi			
	$V \cdot 10^4, m^3$			
(s)	Normal filtr.	On kaplama ile filtr.*	Dozajlama ile filtr.*	On kaplama + Dozajlama ile Filtr.**
30	0.50	1.25	1.50	1.90
60	0.55	1.75	2.40	2.90
90	0.70	2.15	3.10	3.90
120	0.90	2.50	3.75	4.70
150	1.05	2.75	4.25	
180	1.20	3.15	4.65	
210	1.35	3.50	4.90	
240	1.50	3.85		
270	1.60	4.15		
300	1.75	4.50		
330	1.85	4.85		
360	2.00			
390	2.15			
420	2.25			

* filtre yardımcı madde sarfıyatı: 10 g.

** 5 gram ön kaplama
5 gram dozajlama

Çizelge 4.6. %20 katı içerikli pülpün 20 kPa basınçta Toyo No 5A kullanılarak yapılan filtrasyon deneylerinde süzüntü miktarının zamana göre değişimi

Filtrasyon süresi (s)	Süzüntü hacmi $V \cdot 10^4, \text{m}^3$			
	Normal filtr.	Ön kaplama ile filtr.*	Dozajlama ile filtr.*	Ön kaplama + Dozajlama ile filtr.**
30	0.40	0.45	0.60	0.50
60	0.50	0.60	0.75	0.65
90	0.55	0.70	0.85	0.85
120	0.60	0.80	0.95	0.95
150	0.70	0.90	1.05	1.10
180	0.80	0.95	1.15	1.20
210	0.90	1.00	1.25	1.30
240	1.00	1.10	1.35	1.45
270	1.05	1.15	1.45	1.55
300	1.10	1.25	1.55	1.60
330	1.15	1.30	1.60	1.70
360	1.20	1.35	1.70	1.75
390	1.25	1.40	1.80	1.80
420	1.30	1.45	1.90	1.85
450	1.35	1.50	1.95	1.90
480	1.40	1.55	2.00	1.95
510	1.45	1.60	2.05	2.00
540	1.50	1.65	2.10	2.05
570	1.55	1.70	2.15	2.10
600	1.60	1.75	2.20	2.20
630	1.65	1.80	2.25	2.25
660	1.70	1.85	2.30	2.35
720	1.75	1.90	2.35	2.40
750	1.80	1.95	2.40	2.45
780	1.85	2.00	2.45	2.50
810	1.90	2.05	2.50	2.55
840	1.95	2.10	2.55	2.60
870	2.00	2.15	2.60	2.65
900	2.10	2.20	2.65	2.70
930	2.15	2.25	2.70	2.75
960	2.20	2.30	2.75	2.80
990	2.25	2.35	2.80	2.85
1020	2.30	2.40	2.85	2.90
1050	2.35	2.45	2.90	2.95
1080	2.40	2.50	2.95	3.00
1110	2.45	2.55	3.00	3.05
1140	2.50	2.60	3.05	3.15
1170	2.55	2.65	3.10	3.20
1200	2.60	2.70	3.15	3.25
1230	2.65	2.75	3.20	3.30

* filtre yardımcı madde sarfiyatı: 5 g.

** 3 gram ön kaplama
2 gram dozajlama

Çizelge 4.7. %5 katı içerikli pülpün 20 kPa basınçta Toyo No 5A kullanılarak “Ön kaplama ve dozajlama” yöntemine göre yapılan filtrasyon deneylerinde süzüntü miktarının zamana göre değişimi

Filtrasyon süresi (s)	Süzüntü miktarı $V \cdot 10^4, m^3$		
	4 g. ön kaplama 1 g. dozajlama	3 g. ön kaplama 2 g. dozajlama	1 g. ön kaplama 4 g. dozajlama
30	1.70	1.50	1.35
60	2.40	2.20	2.05
90	3.10	2.80	2.60
120	3.80	3.40	3.10
150	4.45	3.90	3.55
180	4.80	4.40	4.05
210		4.80	4.45
240			4.95

5. TARTIŞMA

5.1. Seramik Fabrikası Atık Suyunun Filtre Edilebilirliğinin Araştırılması

Bu çalışmada Bozüyük Toprak Seramik Fabrika'sı atık suyunun filtrasyonu deneyleri yapılarak bu işlemde filtre yardımcı madde kullanımının süzüntü akış hızına etkisi araştırılmıştır. Ayrıca, filtrasyon verilerinin klasik ve yeni filtrasyon teorilerine göre analizleri yapılmıştır.

Filtre yardımcı madde olarak seçilen diatomit ile filtrasyon işlemi üç değişik yöntem ile gerçekleştirilmiştir. Önkaplama yönteminde filtrasyon işlemi öncesi süzme ortamı üzerinde ince bir kek tabakası oluşturulmuştur. Diğer uygulama şekli olana dozajlama yönteminde ise filtre yardımcı madde doğrudan atık suya karıştırılmıştır.

Yeni bir uygulama şekli olarak da filtre yardımcı maddenin bir miktarının önkaplama, diğer geri kalan miktarının da doğrudan atık suya karıştırılması şeklinde yapılmıştır. Filtre yardımcı maddenin bu üç değişik uygulama şekli itibariyle araştırıldığı deney sonuçları Çizelge 5.1'de verilmiştir. Deney sonuçları belirli bir süzme zamanı sonunda elde edilen süzüntü miktarı itibariyle karşılaştırılmıştır. Buradan

görüldüğü gibi aynı miktar filtre yardımcı madde sarfiyatı ile en fazla süzüntü yeni uygulama şekli olan önkaplama ve dozajlamanın birleştirildiği yöntemde sağlanmıştır.

Diğer taraftan, elde edilen süzüntü miktarını, süzme ortamı seçimininde etkilediği görülmektedir.

Süzme ortamı tipinin filtrasyon hızına etkisini araştırmak amacıyla iki değişik gözenek çaplı süzme ortamı seçilmiştir. Bu süzme ortamlarından biri iri gözenekli, diğeri ise ince gözenekli olup gözenek çapları 3 µm ve 25 µm'dir. Filtrasyon işlemlerinde uygulanan basınç farkı 20 kPa'dır. Atık su ise %5 ve %20 katı içeriklidir.

Süzme ortamı tipi değiştirilerek yapılan filtrasyon deneyleri sonucunda elde edilen süzüntü miktarları Çizelge 5.1'den görüldüğü gibi farklıdır. Filtre yardımcı madde kullanmadan yapılan filtrasyon işlemi sırasında 4. dakikada ince gözenekli süzme ortamı ile elde edilen süzüntü miktarı; iri gözenekli süzme ortamı ile sağlanan miktardan daha fazladır. Bilindiği gibi, ince gözenekli süzme ortamının orijinal geçirgenliği iri gözenekli ortama göre daha azdır. Buna rağmen bu süzme ortamı ile daha fazla süzüntü elde edilmesinin nedeni şu şekilde açıklanmaktadır. Atık su içinde bulunan ince boyutlu taneler 25 µm'lik süzme ortamı gözeneklerini 3 µm'lik ortama göre daha fazla tıkamaktadır. Filtre yardımcı madde kullanılarak yapılan filtrasyon uygulamalarında, önkaplama, dozajlama ve yeni uygulama şekli olan önkaplama ve dozajlama yöntemlerinin üçünün de iri gözenekli süzme ortamı ile daha fazla süzüntü elde edildiği görülmektedir. Bu sonuç filtre yardımcı madde kullanılan filtrasyon uygulamalarında süzme ortamının daha geçirgen kaldığını göstermektedir.

Firat was here!

Çizelge 5.1. Seramik fabrikası atık suyunun, filtre yardımcı madde kullanmadan ön kaplama, dozajlama ve yeni yöntem ile filtrasyonu sonucu elde edilen süzüntü miktarları

Süzme ortamı	Süzüntü miktarı*, (V . 10 ⁴ , m ³)			
	Filtre yardımcı madde kullanmadan	Ön kaplama	Dozajlama	(Ön kaplama ve Dozajlama)**
Toyo No 5A (25 µm)	1.50	3.70	4.20	4.50
Schleicher Schüll 5893 (25 µm)	2.15	2.85	3.45	4.35

* Filtre süresi : 4 dakika

** 5 gram filtre yardımcı madde sarfiyatının 3 gramının ön kaplama 2 gramının dozajlama olarak uygulandığı deneyler

Firat was here

Çizelge 5.1'den görüldüğü gibi Ön kaplama ve Dozajlama yöntemi ile yapılan filtrasyonda iri gözenekli süzme ortamı kullanıldığında süzüntü miktarı; diğer yöntemler kullanıldığında elde edilen süzüntü miktarlarından daha fazladır. Ayrıca, bu yeni yöntem ile yapılan filtrasyonun her iki süzme ortamında da süzüntü miktarları; diğer yöntemlerle yapılan filtrasyonlarda elde edilen süzüntü miktarlarından daha fazladır.

Filtrasyon hızını büyük ölçüde etkileyen filtre yardımcı maddenin uygulama şekli ve süzme ortamı bir parametre olarak dikkate alınmalıdır.

Yapılan bu deneylerde, ayrıca kullanılan filtre yardımcı madde miktarının etkisi araştırılmıştır. İki farklı miktarında, belirli bir süzme işlemi sonunda elde edilen süzüntü miktarları, Çizelge 5.2'de görülmektedir.

Çizelge 5.2. Seramik fabrikası atık suyunun filtre edilebilirliğine filtre yardımcı madde miktarının etkisi

Filtre yardımcı madde sarfiyatı (g)	Süzüntü miktarı*, ($V \cdot 10^4, m^3$)		
	Ön kaplama	Dozajlama	(Ön kaplama ve Dozajlama)**
(i) 5	2.45	2.35	2.75
(ii) 10	2.50	3.75	4.70

* Filtre süresi : 2 dakika

** (i) 5 gram filtre yardımcı madde sarfiyatının 3 gramının ön kaplama 2 gramının dozajlama olarak uygulandığı deneyler

(ii) 10 gram filtre yardımcı madde sarfiyatının 5 gramının ön kaplama 5 gramının dozajlama olarak uygulandığı deneyler

Çizelge 5.2'den, her üç yöntemle yapılan filtrasyon işlemlerinin filtre yardımcı madde miktarının 10 gram kullanıldığında daha fazla süzüntü sağlandığı gösterilmektedir.

Yeni uygulama şekli olan hem önkaplama hem de atık suya yardımcı madde karıştırılması, daha önce uygulanan tekniklerden daha başarılıdır. 10 gram filtre yardımcı madde kullanıldığında en yüksek süzme hızı özellikle bu yeni yöntem ile sağlanmıştır. Filtre yardımcı

madde miktarının fazla kullanılmasıyla süzme ortamında oluşacak tıkanmalar daha da azaltılmıştır. Yeni yöntem ile yapılan filtrasyon uygulamasında daha başarılı sonuçlar alındığı için değişik kombinasyonlar denenmiştir.

Filtre yardımcı madde kullanılan filtrasyon tekniğinin farklı konsantrasyon değerlerinde uygulanabilirliğini araştırmak amacıyla %5 ve %20 katı içerikli atık su 20 kPa basınçta süzölmüştür. Filtre yardımcı madde kullanmadan, ön kaplama, Dozajlama ve yeni uygulama olan Önkaplama ve Dozajlama yöntemi için her iki konsantrasyon değerlerinde yapılan filtrasyon işlemi sırasında 4. dakikadaki süzöntü miktarları Çizelge 5.3'de görölmektedir. Filtre yardımcı madde kullanmadan yapılan filtrasyona göre düşük filtre yardımcı madde kullanılarak yapılan filtre işlemi süzöntü miktarı konsantrasyon değerlerinde önemli bir artış göstermiştir.

Çizelge 5.3: Seramik fabrikası atık suyunun filtre edilebilirliğine atık su konsantrasyonunun etkisi

Atık su konsantrasyonu %	Süzöntü miktarı*, (V . 10 ⁴ , m ³)			
	Filtre yardımcı madde kullanmadan	Ön kaplama	Dozajlama	(On kaplama ve Dozajlama)**
5	1.50	3.70	4.20	4.50
20	1.00	1.10	1.35	1.45

* Filtre süresi : 4 dakika

** 5 gram filtre yardımcı madde sarfiyatının 3 gramının ön kaplama 2 gramının dozajlama olarak uygulandığı deneyler

Ancak, yüksek konsantrasyon değerlerinde (%20 katı içerikli) düşük konsantrasyon değerlerinde sağlanan artışa göre azdır. Buradan görüldüğü gibi yüksek konsantrasyon değerlerinde filtre yardımcı maddenin etkenliği azalmaktadır. Yüksek konsantrasyonlu pülpde daha fazla ince tane bulunur. Uygulanan basınç farkı nedeniyle süzüntü akışı bu taneleri büyük oranda ara yüzeye taşır. Bu ara yüzey kek-filtre yardımcı madde ara yüzeyi olabileceği gibi, küçük taneler süzüntü akışı ile birlikte filtre yardımcı madde gözeneklerinden geçerek filtre yardımcı madde-süzme ortamı ara yüzeyine ulaşabilir veya filtre yardımcı madde gözeneklerinde tutulur. Bunun sonucunda filtrasyon geçirgenliği azalır.

Çizelge 5.4. Seramik fabrikası atık suyunun yeni yöntemle göre pülp filtre edilebilirliğini arttırmak için ön kaplama ve dozajlamada kullanılacak filtre yardımcı madde miktarının araştırılması

Basınç	:	20 kpa
Atık su konsantrasyonu	:	%5 katı
Filtre kağıdı	:	Toyo No 5A (25 m μ)
Filtre yardımcı madde sarfiyatı		Süzüntü miktarı*,
On kaplama (g)	Dozajlama (g)	(V . 10 ⁴ , m ³)
4	1	4.80
3	2	4.40
1	4	4.05

* Filtre süresi : 3 dakika
Filtre yardımcı madde sarfiyatı : 5 gram

%5 katı içerikli atık suyun 20 kPa basınçta yeni yöntemle göre önkaplama ve dozajlama da kullanılacak filtre yardımcı madde miktarının saptanması için çalışılmıştır. Yapılan deneylerde 5 gram toplam filtre yardımcı madde kullanılarak üç değişik kombinasyon denenmiştir. Çizelge 5.4'de görüldüğü gibi en yüksek süzöntü hızını veren şartlar, filtre yardımcı maddenin 4 gramının önkaplama için, 1 gramının ise atık suya karıştırma için kullanılması durumudur.

Bu sonuç filtre yardımcı madde sarfiyatının büyük bir bölümünün önkaplama için harcanması gerektiğini göstermektedir, bu da, yeni filtrasyon değerinde öngörüldüğü gibi kek-süzme ortamı geçirgenliğinin önemini göstermektedir.

5.2. Deney Sonuçlarını Mevcut Filtrasyon Teorilerine Göre Analizi

Laboratuvarda yapılan filtrasyon deneyleri ile genellikle katı-sıvı ayırma hızını en düşük maliyetle arttırma imkanları araştırılır. Bu işlemin sağlıklı olarak yapılabilmesi için süzme hızını kontrol eden esas parametrenin iyi tesbit edilmesi gerekir. Daha önce belirtildiği gibi bu güne kadar geliştirilen filtrasyon teorilerinin bu konudaki görüşleri farklıdır. Klasik filtrasyon teorisine göre filtrasyonu kontrol eden esas parametre kek direncidir, süzme ortamı direnci ise ihmal edilmiştir. Buna karşılık yeni filtrasyon teorisi bunun tersini savunmaktadır. Bu teoriye göre kek filtrasyonunda en geçirimsiz bölge kek-süzme ortamı ara yüzeyinde oluşur ve filtrasyon hızını bu ara yüzey kontrol eder. Birbirinden farklı görüşlere dayanan bu iki teoride günümüzde kabul görmektedir.

Bu çalışmada, seramik fabrikası atık suyunun filtre edilebilirliğini arttırmak için en uygun süzme ortamı tipi ve süzme ortamını daha geçirgen yapacak teknikler araştırılmıştır. Bu bölümde mevcut teoriler yardımı ile bulunan kek ve süzme ortamı dirençleri verilecektir. Burada önemli bir tesbiti yapmakta yarar vardır. Filtrasyon işleminde süzme ortamı tipinin değiştirilmesi ve ön kaplama yönteminde filtre yardımcı madde kullanılması kek direncini etkilemez, yalnızca süzme ortamı direncinin daha düşük gerçekleşmesini sağlar. Bu tesbit çerçevesinde mevcut teorilerin süzme mekanizmasına getirdikleri açıklamaların doğruluğu test edilebilir.

5.2.1. Klasik Analiz

Deney sonuçlarının klasik teoriye göre analizini yapmak için P_A/μ_q 'nin W_c 'ye karşılık çizimleri yapılmıştır. Klasik analiz yönteminde süzme ortamı direnci (R_m), P_A/μ_q 'nin W_c 'ye karşılık çizimindeki doğrunun, P_A/μ_q eksenin kestiği noktadan bulunur. Aynı doğrunun eğiminden de ortalama kek direnci $\langle\alpha\rangle$, hesaplanır. Filtre kekleri bu doğrusal ilişkiden dolayı sıkışmayan kekler olarak isimlendirilir. Seramik Fabrikası atık suyunun filtre yardımcı madde kullanmadan yapılan filtrasyonunun iki farklı süzme ortamı kullanılması durumunda yapılan deneyler sonucunda elde edilen P_A/μ_q - W_c bağıntıları Şekil 5.1'de görülmektedir.

Filtre yardımcı madde kullanmadan yapılan filtrasyon, aynı süzme ortamında önkaplama ile yapılan filtrasyon ve önkaplama ve dozajlamanın birlikte uygulandığı yöntem ile yapılan filtrasyon deney sonuçlarından elde edilen P_A/μ_q - W_c bağıntıları Şekil 5.2 ve Şekil 5.3'de görülmektedir. Şekil 5.4'de de önkaplama ve dozajlama tekniğine göre

yapılan deney sonuçlarının P_A/μ_q - W_c bağıntıları görülmektedir. Şekillerden görüldüğü gibi bağıntılar doğrusaldır. Klasik teoriye göre bu sonuç seramik fabrikası atık suyundan elde edilen filtre keklerinin sıkışmayan kekler olduğu şeklinde yorumlanmaktadır. Süzme ortam direnci doğrunun P_A/μ_q eksenini kestiği noktadan hesaplanır. Doğrunun P_A/μ_q eksenini kestiği nokta bazılarında orijine yakın pozitif değerlidir.

Klasik filtrasyon teorisi kek teorisi olarak da isimlendirmektedir. Çünkü bu teori filtrasyonu kontrol eden esas parametrenin kek direnci olduğunu belirtmektedir. Daha önce belirtildiği gibi bu çalışmada P_A/μ_q 'nin W_c 'ye karşı çizimleri doğrusal ilişki vermiştir. Dolayısıyla bu çizimin eğim değerinden klasik teoride filtre kekleri için tanımlanan özgül kek direnci bulunmaktadır. Diğer taraftan bu parametrenin yalnızca filtre kek özelliklerine bağlı olmadığı deney sonuçlarından görülmektedir (Çizelge 5.5.). Bu sonuçlar özgül kek direncinin süzme ortamı tipi ile değiştiğini göstermektedir.

Süzme ortamı tipi nedeniyle özgül kek dirençleri arasındaki fark önemlidir. Bu sonuç süzme ortamı direncinin filtre keki için tanımlanan özgül direnci büyük ölçüde etkilediğini göstermektedir. Ayrıca, süzme ortamını geçiren yapan teknikler, filtre yardımcı maddenin 'Ön kaplama', "Dozajlama" ve "Ön kaplama ve Dozajlama" filtrasyon yöntemleri sonucunda, özgül kek direncinde büyük oranda azalma gözlenmektedir. Klasik teoride tanımlanan bu parametrenin doğru olabilmesi için süzme ortamı tipi ve önkaplama yapılması sonucu bulunan özgül kek dirençlerinin filtre yardımcı madde kullanmadan yapılan filtrasyondan hesaplanan dirençler ile aynı olması gerekmektedir.

Görüldüğü gibi klasik filtrasyon teorisinde filtre kekleri için tanımlanan özgül kek direnci süzme ortamı şartlarına bağlıdır, dolayısıyla filtrasyon işlemlerinde bir tasarım parametresi olarak kullanılmaz. Ayrıca, filtre yardımcı madde kullanmadan yapılan filtrasyon sonucu bulunan özgül kek direnci; diğer teknikler, özellikle 'Ön kaplama ve Dozajlama' tekniği ile yapılan filtrasyon sonunda elde edilen özgül kek direncine göre daha büyük değerdedir.

Çizelge 5.5. Klasik filtrasyon teorisine göre $P_A/\mu-W_c$ bağıntısından elde edilen süzme ortamı ve özgül kek dirençleri

Filtrasyon Yöntemleri	Süzme ortamı direnci $R_m \cdot 10^{-11}, 1/m$	Ortalama özgül kek direnci $\langle a \rangle \cdot 10^{-11}, m/kg$
Filtre yardımcı madde kullanmadan		
Toyo No 5A (25 μm)	15.00	5.14
Schleicher Schüll (3 μm)	8.75	3.07
Filtre yardımcı madde kullanmadan		
Ön kaplama ile	15.00	5.14
(Ön kaplama ve dozajlama) ile	8.30	2.90
(Ön kaplama ve dozajlama) ile	3.33	1.87
Filtre yardımcı madde kullanmadan		
4 g. Ön kaplama	1.06	2.80
1 g. Dozajlama		
3 g. Ön kaplama	1.65	3.00
1 g. Dozajlama		
1 g. Ön kaplama	1.93	3.40
4 g. Dozajlama		

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada Bozüyük Toprak Seramik Fabrikası atık suyunun filtre edilebilirliği araştırılmıştır. Filtrasyon işleminde filtre yardımcı madde kullanımının değişik uygulama şekilleri olan, önkaplama, dozajlama ve bu iki yöntemin birleştirilerek uygulanması filtrasyon hızında sağladıkları artış itibarıyla araştırılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilir.

- i) Filtrasyon işleminde filtre yardımcı madde kullanım tekniği olarak önkaplama ve dozajlamanın birlikte uygulanması daha yüksek süzme hızı sağlamaktadır
- ii) Filtrasyon hızı süzme ortamı tipi ile değişmektedir, dolayısıyla süzme ortamı seçimi endüstriyel tasarımlarda önemli bir filtrasyon parametresi olarak dikkate alınmalıdır.
- iii) Klasik filtrasyon teorisinde filtre kekleri için tanımlanan ortalama özgül kek direnci uygun bir parametre değildir.
- iv) Filtre yardımcı madde kullanılarak daha geçirgen kek-süzme ortamı ara yüzeyi sağlanmış, dolayısıyla yeni filtrasyon teorisinde görüldüğü gibi, filtrasyon hızı artmıştır.

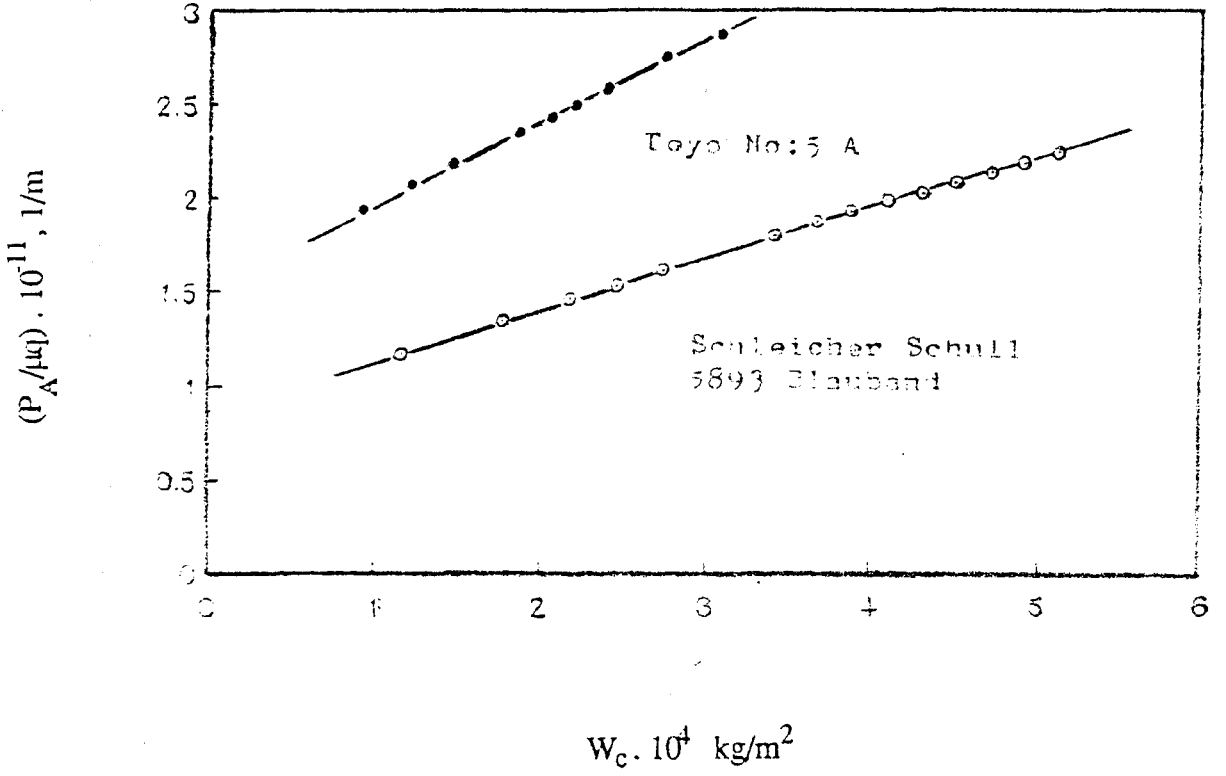
KAYNAKLAR

- Ayvaz, Z. 1988, 'Mekanik Prosesler', Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayını 380 s.
- Banchere, J.T., Badger W., 1975. 'Kimya Mühendisliğine Giriş 2' (Çev. İ. Çataltaş), İnkilap ve Aka Koll. Şti, 512 p.
- Massuda, M., Bridger, K., Harvey, M. ve Tiller, F.M., 1988. 'Filtration Behavior of Slurries with Varying Compressibilities', Separation Science and Technology, 23, 1213, 2159-2174.
- Obsorne, D.G. 1975. 'Scale-up of Rotary Vacuum Filter Capacity', Trans. Inst. Min. Metall., 84, 158-166.
- Ruth, B.F., 1933. 'Studies in Filtration II-Fundamental Axiom of Constant-Pressure Filtration', Ind. Eng. Chem. 25, 453-461.
- Ruth, B.F., 1935. 'Studies in Filtration III-Derivation of General Filtration Equations', Ind. Eng. Chem., 27, 708-723.
- Shirato, M., Sambuichi, M. ve Okamura, S., 1963. 'Filtration Behavior of a Mixture of Two Slurries' A.I.Ch.E. Journal, 9, 5. 599-605.
- Smith, G.R.S., Corp S.J., 1976. 'Howto use Rotary Vakuum precoot Filters' Asche Symposium Series 97.

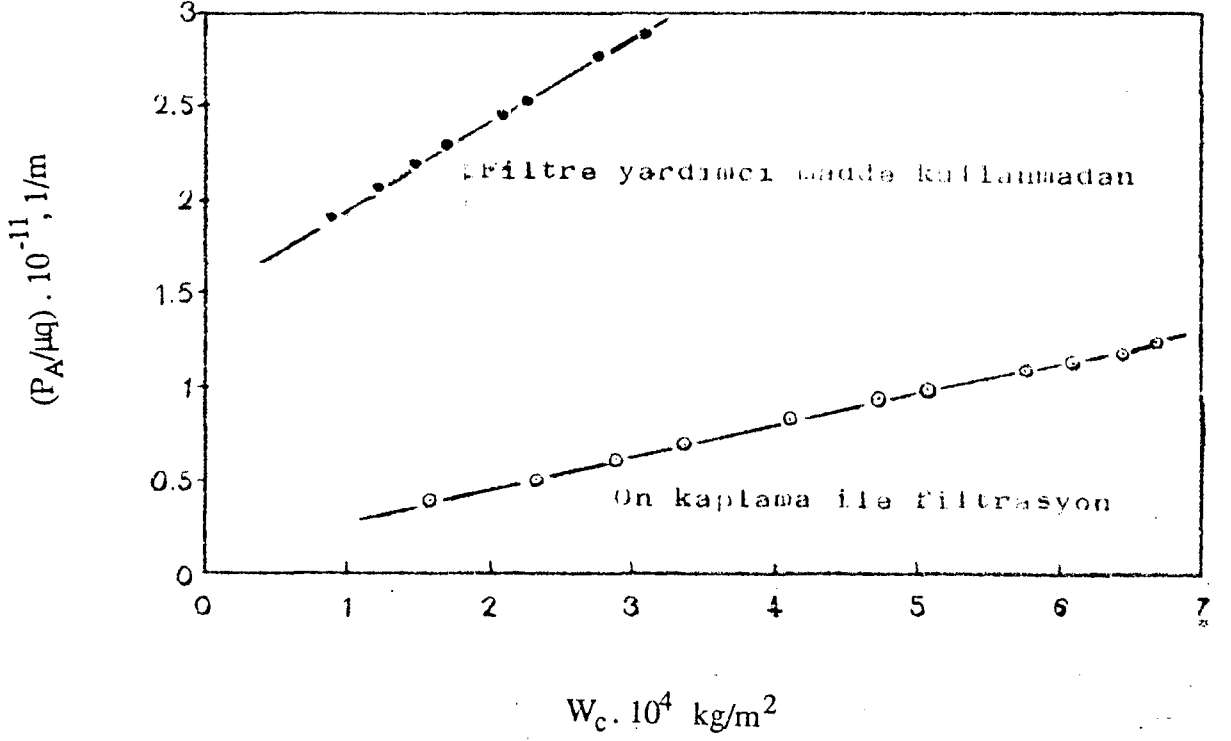
- Şan, O., 1991. 'Analysis of the Constant Pressure Filtration and Elektrofiltration Behavior of Kaolin Slurries', Ph. D. Thesis, ODTÜ, Ankara.
- Şan, O., 1991. 'Filtrasyon Teorilerinin İncelenmesi ve Kil Pülplerinin Filtrasyon/Elektrofiltrasyon Uygulamaları', Anadolu Üniversitesi Maden Mühendisliği Mesleki Geliştirme Semineri, 29 s.
- Tiller, F.M., 1953. 'The Role of Porosity in Filtration: I-Numerical Methods For Constant Rate and Constant Pressure Filtration Based on Kozeny's Law', Chemical Engineering Progress, 49, 9, 467-479.
- Tiller, F.M., ve Cooper, H.R., 1960. 'The Role of Porosity in Filtration:IV-New Definition of Filtration Resistance', A. I. Ch. E. Journal, 8, 4, 449-455.
- Tiller, F.M., ve Shirato, M., 1964. 'The Role of Porosity in Filtration: VI-New Definition of Filtration Resistance', A. I. Ch. E. Journal, 10, 1, 61-67.
- Tiller f.M., 1966. 'Filtration Theory Today', Chemical Engineering, 20, 151-162.
- Tiller, F.M., Weber, W. ve Davies, O., 1981. 'Clogging Phenomena in the Filtration of Liquefied Coal', Chem. Eng. Prog., 77, 12, 61-68.
- Toshiro. M., Sritani. E., Hyung Cho. J., Nakanomori. S. ve Characteristics 'Due To Sudden Reduction in Filtration Area of Filter Cake Surface', Journal of chemical Engineering of Japon, 20, 3, 246-251.

- Tosun, İ., 1986. 'Critical Review of the Cake Filtration Theory', R.D Innovations in Filtration, J. Hermina (Ed.), Belgian Filtration Society, Louvain-La-Neuve 255-268.
- Thomas, C.M., 1977. 'What the Filterman Needs to Know About Filtration', A. I. Ch. E. Symposium series 171 Volume 73.
- Wills, M.S., Collins, R.M., ve Bridges, W.G., 1983. 'Complete Analysis of Non-parabolic Filtration Behaviour', Chem. Eng. Res. Des., 61, 96-109.
- Willis, M.S. ve Tosun, İ., 1980. 'A Rigorous Cake Filtration Theory', Chem. Eng. Sci., 35, 2427-2438.
- Willis, M.S., 1986. 'The Interpretation of Nonparabolic Filtration Data', Encyclopedia of Fluid Mechanics, Volume 5, Slurry Flow Technology. N.P. Cheremisinof (Ed.), 20, 839-864, Gulf Publishing Company.
- Willis, M.S., Shen, M. ve Gray, K.J., 1974. 'Investigation of the Fundamental Assumptions Relating Compression-Permeability Data with Filtration' Can. J. Chem. Eng., 52, 331-337.
- Wronski, S.K., Bin, A.K. ve Laskowski, L.K., 1976. 'Anomalous Behavior During the Initial Stage of Constant Pressure Filtration', The Chemical Engineering Journal, 12, 143-147.

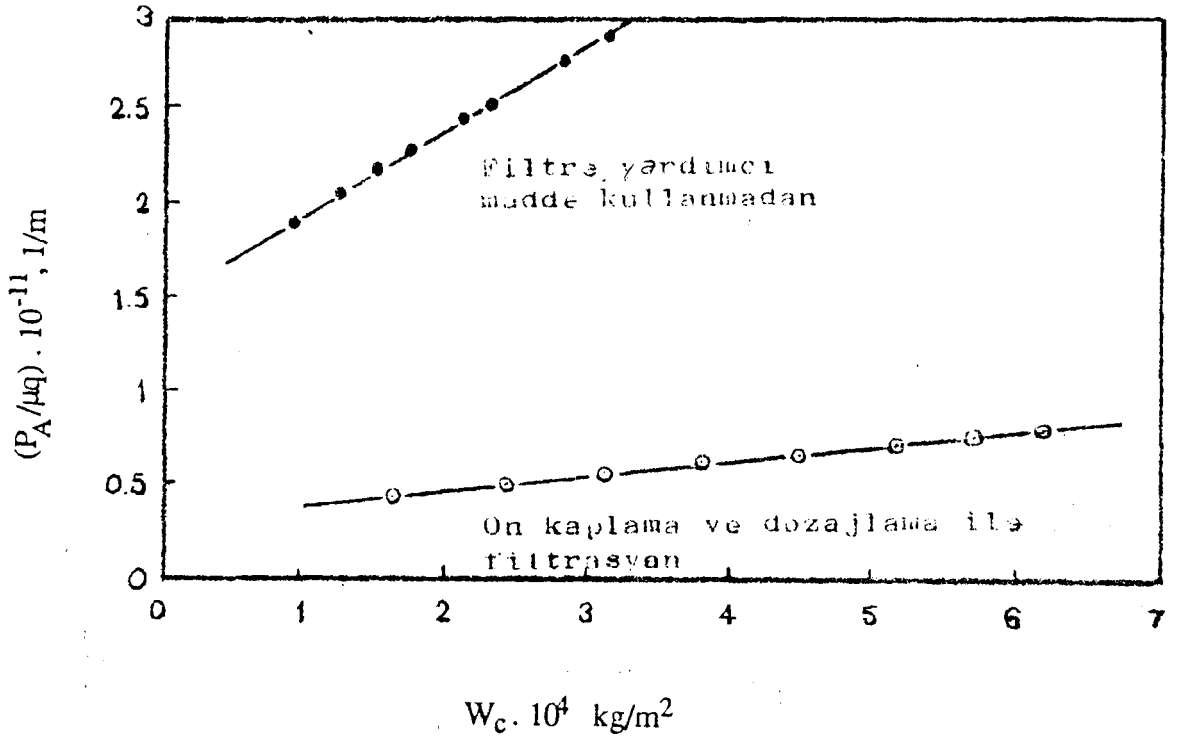
EKLER



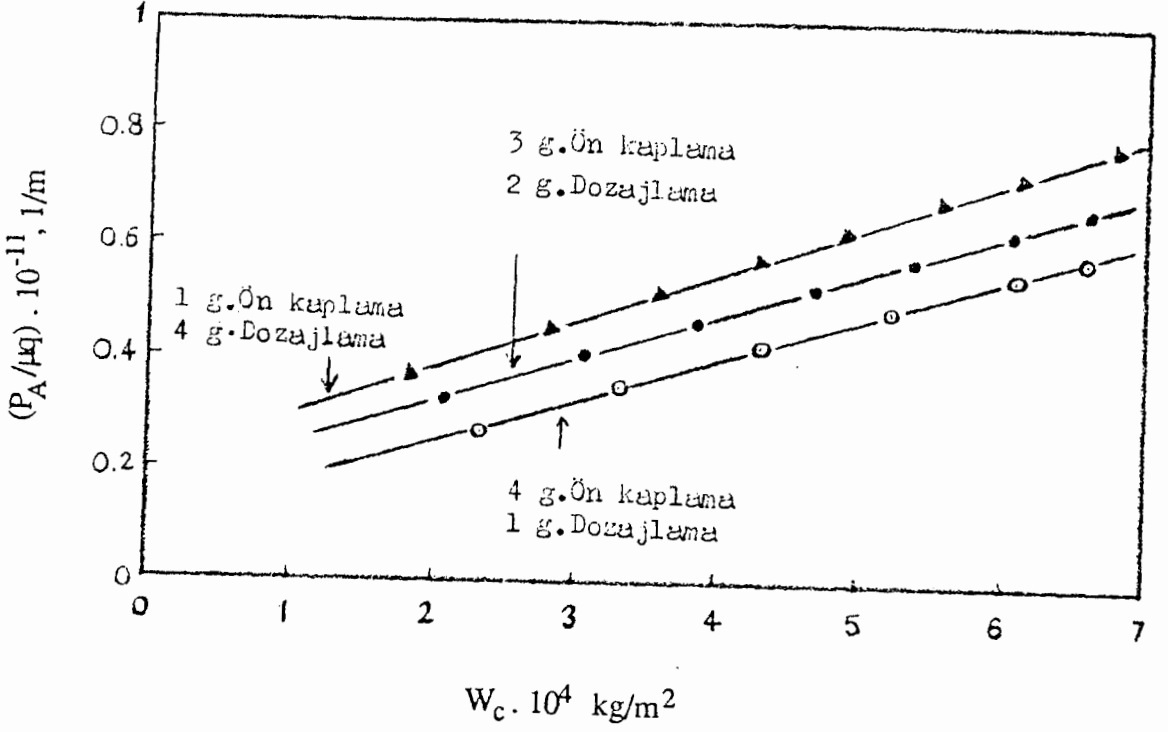
Şekil 5.1. Seramik Fabrikası atık suyunun iri ve ince gözenekli süzme ortamı ile filtre yardımcı madde kullanmadan filtrasyonu sonucunda elde edilen $P_A/\mu \cdot q - W_c$ bağıntısı (20 kPa, %5 katı).



Şekil 5.2. Seramik Fabrikası atık suyunun filtre yardımcı madde kullanmadan ve "Ön kaplama" yöntemi kullanılarak filtrasyonu sonucunda elde edilen $P_A/\mu \cdot q-W_c$ bağıntısı (20 kPa, %5 katı, 5 gram diatomit, Toyo No 5A).



Şekil 5.3. Seramik Fabrikası atık suyunun filtre yardımcı madde kullanmadan ve Ön kaplama yöntemi kullanılarak filtrasyonu sonucunda elde edilen $P_A/\mu \cdot q - W_c$ bağıntısı (20 kPa, %5 katı, 5 gram diatomit, Toyo No 5A).



Şekil 5.4. Seramik Fabrikası atık suyunun "Ön kaplama ve Dozajlama" yöntemine göre uygulanan farklı kombinasyonların sonucunda elde edilen $P_A/\mu \cdot q - W_c$ bağıntısı (20 kPa, %5 katı, 5 gram diatomit, Toyo No 5A).