



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Türk tıncal kons. şlamının
nöt. ort. filt.

Yüksek Lisans Tezi

Rahmi Yıldırım

Ref
KMM
12
1984

10007C

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

6

TÜRK TİNKAL KONSANTRESİ ŞLAMININ
NÖTRAL ORTAMDA FİLTRASYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİM. MÜH. RAHMİ YILDIRIM

İSTANBUL 1984

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ

D.E. 16 42677

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Comp.
TÜRK TİNKAL KONSANTRESİ ŞLAMININ

NÖTRAL ORTAMDA FİLTRASYONU.

YÜKSEK LİSANS TEZİ.

KİM. MÜH. RAHMİ YILDIRIM.

10

İSTANBUL 1984

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ

YENİ BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
GENEL KİTAPLIĞI

R 361

Kot : 10
Alındığı Yer : Fen. Bil. Enst.
Tarih : 7/9/1987
Fatura : -
Fiatı : 1000 TL
Ayniyat No : 1/6
Kayıt No : 44867
UPC : 54 378.242
Ek :



İÇİNDEKİLER

SAYFA NO

İÇİNDEKİLER

SÖZ

SUMMARY

1. GİRİŞ

2. MATERYAL Bu yüksek lisans tezi çalışmaları için gerekli izni veren Kimya Mühendisliği Bölüm Başkanı sayın Doç. Dr. Selâhattin Gökmen'e, tez konusunu öneren ve çalışma sırasında değerli yardımlarını esirgemeyen, Termodinamik ve Temel İşlemler Ana Bilim dalı başkanı sayın Doç. Dr. Bedri Doğan Emir'e, gerekli maddelerin temininde kolaylık gösteren, Etibank Bandırma Boraks ve Asit fabrikaları yetkililerine, Pabalk Ticaret ve Sanayi A.Ş. ne, denemelerde yardımcı olan sayın Arş. Gör. İbrahim Yaka'ya teşekkürü bir borç bilirim.

3.1 TİNKAL BORANKİMLİĞİNİN BORAK ASİT VE

BORAK SÜLFAT İZOTİMİ

3.2 TİNKAL BORANKİMLİĞİNİN BORAK ASİT VE BORAK SÜLFAT İZOTİMİ

Rahmi Yıldırım.

Mayıs 1984

3.4 BAĞIŞTIRILANIN YOK EDİLMESİ

3.5 SÜLFAT İZOTİMİ VE BORAK ASİT

3.6 DENEMELER VE SONUÇLARI

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

4.1 HİDE KİMLİK SONUÇLARININ İNCELENMESİ

4.2 SONUÇ VE ÖNERİLER

KAYNAKLAR

EK 1

ÖZETİ

İÇİNDEKİLER

sayfa NO

İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET	iii
SUMMARY	iv
1. GİRİŞ	1
2. MATERİYEL VE YÖNTEM	
2.1 FİLTASYON KURAMINA GİRİŞ	2
2.2 KATI BİR YATAKTAN SIVI AKIŞININ KARŞILAŞ TIĞI SÜRTÜNME KAYBI	9
2.3 FİLTASYON İŞLEMİNİN TEMEL DENKLEMLERİ	14
2.4 KİLLER VE ÖZELLİKLERİ	22
2.5 FLOKÜLASYON	26
2.6 ELEKTRİKSEL ÇİFT TABAKA VE ZETA POTANSİYELİ	35
2.7 FİLTRE YARDIMCI MADDELERİ	39
3. DENEYSEL ÇALIŞMA VE BULGULAR	
3.1 TİNKAL KONSANTRESİNDEN BORİK ASİT VE SODYUM SÜLFAT ÜRETİMİ	43
3.2 KULLANILAN HAMMADDENİN TANIMLANMASI	45
3.3 TİNKALIN ÇÖZELTİYE ALINMASI	45
3.4 SAFSIZLIKLARIN ÇÖKTÜRÜLMESİ	46
3.5 SÜZME (FİLTASYON) DENEYLERİ	47
3.6 DENEYLER VE SONUÇLARI	50
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	
4.1 ELDE EDİLEN SONUÇLARIN İNCELENMESİ	67
4.2 SONUÇ VE ÖNERİLER	69
KAYNAKLAR	72
EK 1	
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

Bu çalışmada, dünyanın en zengin tinkal yatağı olan Kırka tinkal cevherinden bor içeren endüstriyel ürünlerin üretimi proseslerinde karşılaşılan ilk ve belki de en önemli sorun olan safsızlıkların filtrasyonu üzerinde durulmuştur.

Kırka tinkal cevherinde safsızlık olarak montmorillonik kil, dolomitik karbonatlar ve az miktarda tüffitik kalıntı olduğu üzerinde, bilimsel kanı oluşmuş durumdadır. Bu safsızlık profili içinde özellikle kil bileşeninin proses çözeltisinin süzülmesinde zorluk yarattığı bilinmektedir.

Bu çalışmada, tinkalden sülfürik asit kullanımı ile borik asit ve sodyum sülfat üretim prosesi için, filtrasyonu kolaylaştıracak yeni bir yöntem kullanılmıştır. Bu yöntem filtrasyonu kolaylaştırıcı üç ayrı yöntemin (flokülasyon, Ön kaplamalı filtre ve çözeltiye perlit yardımcı maddesi ilâvesi) birlikte kullanılmasıdır. Bu yeni yöntemin çok avantajlı olduğu, sürekli çalışabilen vakum filtrelerinin kullanılmasına olanak verdiği, böylelikle üretim prosesine hız ve süreklilik kazandıracağı, ayrıca filtrasyon için yatırım masraflarının azalacağı, tüm proseste bor kazanının artacağı ve çevre kirliliğinin önleneceği görülmüştür.

Bu çalışmada elde edilen bilimsel verilerin, bor prosesi endüstrimize yararlı olması umulmaktadır.

SUMMARY

The world's richest tincal deposits is found at Kirka near Eskişehir (TURKEY). The design of any industrial process aiming to produce boron chemicals from Kirka tincal ores. Confronts with the major problem of filtration of impurities from the process streams. In this work this problem has been investigated and the results obtained have been discussed.

It is known from previous scientific work, that the impurities of the Kirka tincal concentrate consist of montmorillonitic clays, dolomitic carbonates and at the lesser extend from some tuffitic material, each of which resulting from the hydrothermal genesis of the mineral. It is known that the clay component is the most responsible for the difficulty of filtration of the impurities from the process streams.

In this work a new method of filtration has been employed for the process of production of boric acid and sodium sulfate from Kirka tincal ores. This method of using simultaneously three filtration aid processes, flocculation, precoat filtering and addition of body aid. This method is considerable advantage over single mechanism systems providing the opportunity of usage of continuous vacuum filters for production and thus offering the ease and continuity to the production system. In addition it offers the opportunity of cutting costs for filter installation, improvement of boron recovery and elimination of environmental pollution problem.

It is hoped that the results obtained in this work will be useful for Turkish boron processing industry.

1. GİRİŞ

Dünyadaki bor minerali rezervlerine toplu olarak bakıldığında Türkiye'nin hem en büyük rezervlere sahip olduğu hem de tüketici merkezlere yakınlığı bakımından rakipsiz olduğu görülmektedir(1).

Kolemanitten ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) borik asit ve boraks üretim tesisleri Etibank tarafından 1967 yılında Bandırma'da kurulmuştur. Eskişehir yakınındaki Kırka bölgesinde tinkal (boraks) ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) cevherinin bulunmasından sonra boraks üretiminde tinkal kullanılmaya başlanmıştır. Tinkal den sülfürik asit kullanılarak borik asit üretiminin üstünlüklerine rağmen borik asit üretiminde Türkiye'de halen kolemanit kullanılmaktadır(1).

Tinkal konsantresinden boraks veya borik asit üretiminin en önemli işlemlerden biri, mineraldeki kilin ayrılmasıdır. Etibank Bandırma tesislerinde tinkal konsantresinden boraks üretiminde halen kullanılmakta olan yöntemde tinkal sıcakta çözülmemekte ve kil uygun bir çöktürücü (flokülan) ile çöktürülmektedir. Çöktürme işlemi sonunda berrak kısım prosese gönderilirken, çözelti içeren kil bir atık kanal yardımı ile Bandırma körfezine akıtılmaktadır. Bu işlem hem bor kayıplarına hem de çevre kirliliğine yol açmaktadır.

Bu çalışmada, TÜBİTAK tarafından başlatılmış olan tinkal konsantresi şlamının (çamurunun) süzülmesi çalışmalarına devam edilerek elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

2. MATERİYEL VE YÖNTEM

2. 1.FİLTRASYON KURAMINA GİRİŞ

Filtrasyonda bir akışkan , katı parçacıklarla dolu bir yatağın boşlukları arasından akmaktadır.Ufak parçacıklardan ibaret olan katılar arasındaki boşluktan geçen akışkanın karşılaştığı direnç,yatak içindeki tüm parçacıkların toplam sürtünme kuvvetidir. Reynolds sayısına bağlı olarak laminar akış, türbülent akış, şekilsel sürtünme ve girdaplanma olayları meydana gelmektedir.

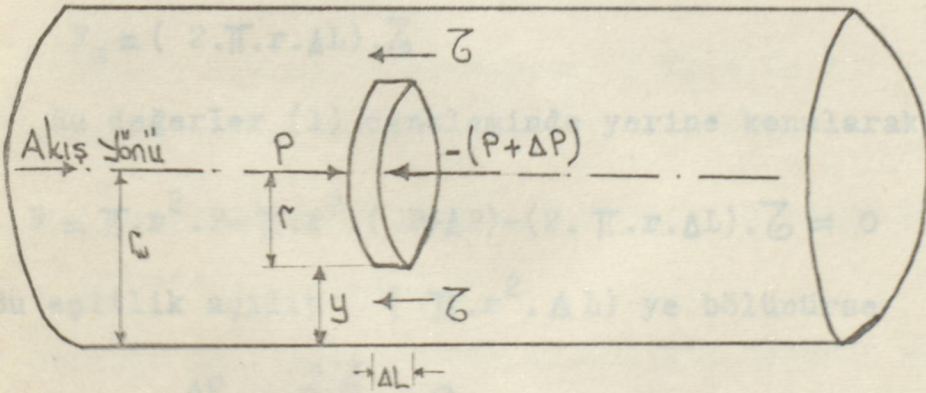
Toplam direncin hesaplanmasında şu varsayımlar yapılmıştır(2).

- a)Akışkanın geçtiği gerçek kanallar, herbiri değişik kesit alanına sahip birbirinin aynı olan bir seri kanal olarak düşünülebilir.
- b) Kanalların kesit alanları farklı olduğundan, toplam kesitin tek bir hidrolik yarıçap ile gösterilmesi uygun görülmüştür.
- c) Kanalların birim yüzeyindeki sürtünme iki kuvvetten meydana gelmiştir.
 - 1) Viskoz kayma (çekme) kuvvetleri.
 - 2) Atalet kuvvetleri.
- d)Bütün parçacıklar aynı büyüklük ve şekilde olup herhangi bir özel yönlendirme olmadan gelişigüzel doldurulmuşlardır.
- e) Yatağın çapı ve derinliği, tek bir parçacığın çapına oranla çok büyük olduğundan duvar ve dip tesirleri ih-

mal edilebilir.

Tüm bu varsayımlar sayesinde çok karışık olan sürtünme olayı basite indirgenebilmektedir. Elde edilen deneysel sonuçlardan varsayımların doğruluğu saptanmıştır.

Viskoz bir akışkanın, sabit bir hızda, kararlı akışta yatay bir boru içinden aktığını düşünelim. Boru ile aynı eksene sahip, (r) yarıçaplı ve (ΔL) uzunluğunda (kalınlığında) disk şeklinde bir hacim elemanı tek başına izole edilmiş olsun. Bu elemana akım yönünde etkiyen kuvvet (P) , akımın ters yüzeyine etki eden kuvvet $(P + \Delta P)$ dir(3). Akışkanın viskozitesi dolayısı ile akışa karşı bir kayma (kesme) gerilimi oluşacaktır. (Şekil 1.)



Şekil 1. Kararlı akımda, boru içindeki akışta hacim elemanı.

Bu hacim elemanına etki eden toplam kuvvet :

$$F = P_a \cdot S_a - P_b \cdot S_b - F_s \quad \text{dir.} \quad (1)$$

P_a : Akım yönündeki yüzeye etki eden basınç (Pascal)

P_b : Akımın aksi yönündeki yüzeye etki eden basınç (P_a)

S_a : Akış elemanının akım yönündeki yüzeyi (m^2)

S_b : Akış elemanının akımın aksi yönündeki yüzeyi (m^2)

F_s : Akışkanla boru cidarı arasındaki kesme (kayma) kuvveti
(Newton)

Kararlı akışta momentumun korunumu prensibi

uyarınca $F=0$ dır.

$$S_a = S_b = \pi \cdot r^2 \quad P_a = P \quad P_b = (P + \Delta P)$$

olduğundan

$$P_a \cdot S_a = P \cdot \pi \cdot r^2 \quad \text{ve} \quad P_b \cdot S_b = (P + \Delta P) \cdot \pi \cdot r^2 \quad \text{olur.}$$

Kesme kuvveti (F_s), kesme gerilimi ile silindirik yüzeyinin çarpımına eşittir.

$$F_s = (2 \cdot \pi \cdot r \cdot \Delta L) \cdot \tau$$

Bu değerler (1) denkleminde yerine konularak,

$$F = \pi \cdot r^2 \cdot P - \pi \cdot r^2 \cdot (P + \Delta P) - (2 \cdot \pi \cdot r \cdot \Delta L) \cdot \tau = 0 \quad \text{bulunur.}$$

Bu eşitlik açılıp ($\pi \cdot r^2 \cdot \Delta L$) ye bölünürse

$$\frac{\Delta P}{\Delta L} + \frac{2 \cdot \tau}{r} = 0 \quad \text{elde edilir} \quad (2)$$

Kararlı bir akışta basınç kanalın herhangi bir kesitinde sabittir. Dolayısı ile ($\frac{\Delta P}{\Delta L}$), (r) ile değişmez. (2) numaralı eşitlik bütün kanal kesiti için yazılabilir.

$$\frac{\Delta P}{\Delta L} + \frac{2 \cdot \tau_w}{r_w} = 0 \quad (3)$$

r_w :Kanal (boru) yarıçapı (m)

τ_w :Kanal cidarında kesme (kayma) gerilimi (N/m²)

(2) ve (3) numaralı denklemler taraf tarafa çıkarılırsa:

$$\frac{\Delta P}{\Delta L} + \frac{2\tau_w}{r} = \frac{\Delta P}{\Delta L} + \frac{2\tau_w}{r_w} \quad \frac{\tau_w}{r_w} = \frac{\tau}{r} \quad (4) \text{ bulunur.}$$

$r=0$ iken $\tau=0$ olup (r) arttıkça (τ) da artar.

$\lim_{r \rightarrow r_w} \tau = \tau_w$ olarak ifade edilebilir.

Newtonian bir akışkanda kayma hızı gradienti kayma geri gerilimi ile orantılı olup orantı katsayısına viskozite denilmiştir.

$$\tau = -\mu \frac{du}{dy}$$

μ :Mutlak viskozite katsayısı (kg/m.sn)

τ :Laminer akımda kayma gerilimi (N/m²)

$\left(\frac{du}{dy}\right)$:y uzaklığındaki paralel 2 tabakanın kayma hızı gradienti (1/sn)

Kararlı akışta bir hacim elemanının mekanik enerji dengesi Bernoulli denklemine göre yazılabilir.

$$\frac{P_a}{\rho} + g \cdot Z_a + \frac{\bar{V}_a^2}{2} + \eta \cdot W_p = \frac{P_b}{\rho} + g \cdot Z_b + \frac{\bar{V}_b^2}{2} + \sum h_f$$

(ΔL) uzaklığı için Bernoulli denklemi:

$$P_a = P \quad \text{ve} \quad P_b = (P + \Delta P) \quad Z_a = Z_b \quad W_p = 0$$

$$\sum h_f = h_{fs} \quad \text{alınarak}$$

$$\frac{P}{\rho} = \frac{P + \Delta P}{\rho} + h_{fs} \quad \underline{-\frac{\Delta P}{\rho} = h_{fs}} \quad (5) \text{ elde edilir.}$$

h_{fs} : Cidar sürtünme kayıpları. (m^2/sn^2)

ρ : Sıvı yoğunluğu (kg/m^3)

(5) ve (3) numaralı denklemlerden (ΔP) yok edilerek (h_{fs}) ile (Z_w) arasında bir bağıntı elde edilebilir.

$$\Delta P = -\rho \cdot h_{fs} \quad \frac{\Delta P}{\Delta L} + \frac{2 \cdot Z_w}{r_w} = 0 \quad \frac{-\rho \cdot h_{fs}}{\Delta L} + \frac{2 \cdot Z_w}{r_w} = 0$$

$$\frac{h_{fs} \cdot \rho}{\Delta L} = \frac{2 \cdot Z_w}{r_w}$$

$$\underline{\underline{h_{fs} = \frac{2 \cdot Z_w}{\rho \cdot r_w} \cdot \Delta L = \frac{4 \cdot Z_w}{\rho \cdot D} \cdot \Delta L}} \quad (6)$$

D: Boru çapı (m')

Newtonian akışkanların laminer akışı için yerel hız, kayma bölgesinden (kanal cidarı) uzaklaştıkça artar.

$$\mu = -\frac{\tau}{\frac{du}{dr}}$$

(r arttıkça u azalmaktadır.)

$$\frac{du}{dr} = -\frac{\tau}{\mu} \quad \text{ve} \quad \frac{\tau_w}{r_w} = \frac{\tau}{r}$$

$$\underline{\underline{\frac{du}{dr} = -\frac{\tau_w}{r_w} \cdot \frac{r}{\mu}}} \quad (7) \text{ elde edilir.}$$

sınır yüzeyinde akış hızı $u=0$ ve $r=r_w$ dir.

$$\int_0^u du = - \frac{Z_w}{r_w \cdot \mu} \int_r^{r_w} r \cdot dr$$

$$u = - \frac{Z_w}{2 \cdot r_w \cdot \mu} (r_w^2 - r^2) \quad ((8))$$

(8) nolu denklem bir kanal içindeki kararlı ve laminer akışta , akış hızını (u), akım elemanının yarıçapına (r) bağlı olarak vermektedir.

Herhangi bir (s) kesitindeki ortalama akış hızı ($\bar{V}$) aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır.

$$\bar{V} = \frac{1}{S} \int_S u \cdot dS$$

$$S = \pi \cdot r_w^2$$

olduğundan

$$dS = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot dr$$

(r yarıçaplı ve dr kalınlığında hacim elemanı)

$$\bar{V} = \frac{1}{\pi \cdot r_w^2} \cdot \int_0^{r_w} \frac{Z_w}{2 \cdot r_w \cdot \mu} \cdot (r_w^2 - r^2) \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \cdot dr$$

$$\bar{V} = \frac{Z_w}{2 \cdot \pi \cdot r_w^3 \cdot \mu} \left[r_w^2 \int_0^{r_w} 2 \cdot \pi \cdot r \cdot dr - \int_0^{r_w} r^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \cdot dr \right]$$

$$\bar{V} = \frac{2 \cdot \pi \cdot Z_w}{2 \cdot \pi \cdot r_w^3 \cdot \mu} \left[r_w^2 \int_0^{r_w} r \cdot dr - \int_0^{r_w} r^3 \cdot dr \right]$$

$$\bar{V} = \frac{\tau_w}{\tau_w^3 \mu} \left[\tau_w^2 \cdot \frac{\tau_w^2}{2} - \frac{\tau_w^4}{4} \right] = \frac{\tau_w}{\tau_w^3 \mu} \cdot \frac{\tau_w^4}{4} = \frac{\tau_w \cdot \tau_w}{4 \cdot \mu} \quad (9)$$

$$h_{fs} = \frac{4 \cdot \tau_w}{\rho \cdot D} \cdot \Delta L \quad \text{den} \quad \tau_w = - \frac{\Delta P \cdot D}{4 \cdot \Delta L}$$

Ortalama hız denkleminde (9) yerine konulursa

$$\tau_w = \frac{D}{2} \quad \bar{V} = \frac{\tau_w \cdot \tau_w}{4 \cdot \mu} = \frac{(-\Delta P \cdot D / 4 \cdot \Delta L) \times (D/2)}{4 \cdot \mu}$$

$$\bar{V} = - \frac{\Delta P_s \cdot D^2}{32 \cdot \Delta L \cdot \mu} \quad (10) \text{ bulunur.}$$

(10) Numaralı denklem Hagen-Poiseuille denklemi olup laminar akımda kayma geriliminden ileri gelen basınç kaybını akım hızına bağlı olarak ifade etmektedir.

$$-\Delta P_s = \frac{32 \cdot \Delta L \cdot \bar{V} \cdot \mu}{D^2} \quad \text{olur.}$$

$$h_{fs} = - \frac{\Delta P_s}{\rho} = \frac{4 \cdot \tau_w}{\rho \cdot D} \cdot \Delta L \quad -\Delta P_s = \frac{4 \cdot \tau_w}{D} \cdot \Delta L$$

$$\frac{4 \cdot \tau_w}{D} \cdot \Delta L = \frac{32 \cdot \Delta L \cdot \bar{V} \cdot \mu}{D^2} \quad \tau_w = \frac{8 \cdot \bar{V} \cdot \mu}{D} \quad (11)$$

(11) Nolu denklem laminar akımda kayma geriliminin genel ifadesidir.

2. 2. KATI BİR YATAKTAN SIVI AKIŞININ KARŞILAŞTIĞI SÜRTÜNME KAYBI (ERGUN DENKLEMİ)

Tek bir kanal için sürtünme kaybının viskoz kayma kuvvetleri ile ilgili olan kısmı, Hagen-Poiseuille denkleminin uygulanması ile yukarıda bulunmuştu. Şimdi, bütün akış kanalları için bu kuvvetlerin bileşkesini ifade etmek gerekir. Bütün kanallar için kayma kuvvetleri:

Kayma gerilimi = $-\frac{\text{kayma kuvveti}}{\text{alan}}$ bağıntısından bulunabilir.

$$\tau_w = \frac{8 \cdot \bar{V} \cdot \mu}{D} \quad \text{ifadesi genişletilerek}$$

$$\frac{F_s}{A_s} = \frac{k_1 \cdot \mu \cdot \bar{V}}{r_H} \quad (12) \quad \text{yazılabilir.}$$

F_s : Viskoz kayma kuvvetlerinin toplamı (Newton)

A_s : Kanalların toplam iç yüzeyi (m^2)

k_1 : Sabit

μ : Viskozite katsayısı ($kg/m.sn$)

$\bar{V}$: Kanaldan geçen akımın ortalama hızı (m/sn)

r_H : Hidrolik yarıçap (m)

Yüksek hızlarda kayma kuvvetleri ihmal edilebilir.

Viskozite parametre olmaktan çıkar ve atalet kuvvetleri önem kazanır. Birim alana etki eden atalet kuvveti:

$$\frac{F_i}{A_s} = k_2 \cdot \rho \cdot \bar{V}^2 \quad (13) \quad \text{olarak ifade edilir.}$$

Atalet ve kayma kuvvetlerinin toplanabilirliği duru-

munda katı yatak içinden akan bir sıvının (poröz ortam) etkilendiği toplam kuvvet:

$$\frac{F_D}{A_s} = \frac{F_s}{A_s} + \frac{F_i}{A_s} = \frac{k_1 \mu \bar{V}}{r_H} + k_2 \rho \bar{V}^2 \quad (14) \text{ olur.}$$

Burada porozite (gözeneklilik) ve permeabilite (akışkan geçirgenliği) kavramları üzerinde durmak gerekir. Doğal ve yapay gözenekli maddelerin büyük bir kısmı dağınık bir boşluk yapısı gösterir. Bu maddelerin yapıları gerçekte istatistiksel olarak belirtilebilir. Buna karşın akışkanların gözenekli maddelerdeki akışını makroskopik olarak ayırtıllı bir şekilde inceleme olanağı vardır.

Yatak içindeki boşlukların hacminin, yatağın toplam hacmine oranına porozite (ϵ) denir (4).

$$\epsilon = \frac{\text{Boşlukların hacmi}}{\text{Yatağın toplam hac.}} = \frac{\text{Gözeneklerin hacmi}}{\text{Kaba hacim}}$$

Porozite boyutsuz bir büyüklüktür.

Permeabilite ise, uygulanan bir basınç gradyenti ile akışkanın gözenekli ortamdaki akış kolaylığını karakterize eden gözenekli maddenin bir özelliğidir.

Akışın yatağa girmeden önceki hızı ($\bar{V}_0$), boşluk hızı olarak adlandırılır. Akışkanın yatak içindeki hızı boşluk hızı cinsinden $\bar{V} = \frac{\bar{V}_0}{\epsilon}$ dir. Birim zamanda akan madde miktarı boşlukta ve yatakta eşittir(2).

A_s : Toplam katı yüzeyi

N_p : Yataktaki toplam parçacık sayısı.

S_p : Yataktaki tek parçacığın yüzeyi. ise,

$$A_s = N_p \cdot S_p \quad \text{yazılabilir.}$$

Yataktaki toplam parçacık sayısı, yataktaki toplam katı hacminin bir parçacığın hacmine oranı olarak bulunur.

$$N_p = \frac{S_o \cdot L \cdot (1-\varepsilon)}{V_p}$$

$$A_s = \frac{S_o \cdot L \cdot (1-\varepsilon)}{V_p} \cdot S_p$$

V_p : Bir partikülün hacmi (m^3)

S_o : Boş kulenin yüzeyi (m^2)

L : Yatağın derinliği (m)

ε : porozite

$$\text{Hidrolik yarıçap} = \frac{\text{Akışkanın aktığı toplam boşluk kesiti}}{\text{Akışkanın ıslattığı toplam çevre}}$$

ifadesinin ikinci tarafı (L) ile çarpılıp, bölünürse:

$$r_H = \frac{\text{Akışkanın aktığı toplam boşluk hacmi}}{\text{Parçacıkların toplam yüzeyi}} \quad \text{olur.}$$

$$r_H = \frac{S_o \cdot L \cdot \varepsilon}{A_s} = \frac{S_o \cdot L \cdot \varepsilon \cdot V_p}{S_o \cdot L \cdot (1-\varepsilon) \cdot S_p} = \frac{V_p \cdot \varepsilon}{S_p (1-\varepsilon)}$$

Bulunan V , A_s , r_H değerleri (14) eşitliğinde yerine konularak:

$$\frac{F_h}{A_s} = \frac{k_1 \cdot \mu \cdot \bar{V}}{r_H} + k_2 \cdot \rho \cdot \bar{V}^2 = \frac{k_1 \cdot \mu \cdot \bar{V}_o / \varepsilon}{V_p \cdot \varepsilon / S_p (1-\varepsilon)} + k_2 \cdot \rho \cdot \bar{V}_o^2 / \varepsilon^2$$

$$F_D = \frac{S_o \cdot L \cdot (1-\varepsilon) \cdot S_p}{V_p} \left[\frac{k_1 \cdot \mu \cdot \bar{V}_o \cdot S_p \cdot (1-\varepsilon)}{V_p \cdot \varepsilon^2} + k_2 \cdot \rho \cdot \frac{\bar{V}_o^2}{\varepsilon^2} \right]$$

$$F_D = \frac{S_o \cdot L \cdot (1-\varepsilon) \cdot S_p \cdot \rho}{V_p \cdot \varepsilon^2} \left[\frac{k_1 \cdot \mu \cdot \bar{V}_o \cdot S_p \cdot (1-\varepsilon)}{\rho \cdot V_p} + k_2 \cdot \bar{V}_o^2 \right] \quad (15)$$

bulunur.

Yatak içindeki sürtünmeden dolayı basınç düşüşü $(-\Delta P)$ sürtünme kuvvetinin toplam kanal kesitine bölümü olacağından :

$$-\Delta P = \frac{F_D}{\varepsilon \cdot S_o} \quad F_D = \varepsilon \cdot S_o \cdot (-\Delta P) \quad \text{yazılır.}$$

(15) numaralı denklemde yerine konulursa:

$$\begin{aligned} (-\Delta P) \cdot \varepsilon \cdot S_o &= \frac{S_o \cdot L \cdot (1-\varepsilon) \cdot S_p \cdot \rho}{\varepsilon^2 \cdot V_p} \left[\frac{k_1 \cdot \mu \cdot \bar{V}_o \cdot S_p \cdot (1-\varepsilon)}{\rho \cdot V_p} + k_2 \cdot \bar{V}_o^2 \right] \\ -\frac{\Delta P}{\rho \cdot L} &= \frac{(1-\varepsilon) \cdot S_p}{\varepsilon^3 \cdot V_p} \left[\frac{k_1 \cdot \mu \cdot \bar{V}_o \cdot S_p \cdot (1-\varepsilon)}{\rho \cdot V_p} + k_2 \cdot \bar{V}_o^2 \right] \quad (16) \end{aligned}$$

(16) nolu denklem poröz ortamdan akan bir sıvının basınç kaybını veren genel denklemdir ve çıkartılması esnasında yapılan kabullerin geçerliliği oranında geçerlidir. k_1 ve k_2 katsayılarının deneysel tayini ile teori deneye bağlanmış olur. (16) denklemini (D_p) çapında tam küresel tanecikler için çözülürse:

$$S_p = \pi \cdot D_p^2 \quad V_p = \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot D_p^3 \quad \text{olur.}$$

$$\frac{S_p}{V_p} = \frac{6}{D_p} \text{ bulunur. } \rho \cdot \bar{V}_0 = G_0 \text{ olarak tanımlanırsa}$$

$$-\frac{\Delta P \cdot \bar{V}_0^3 \cdot V_p}{\rho \cdot L \cdot \bar{V}_0^2 \cdot (1-\varepsilon) \cdot 6} = \frac{k_1 \cdot \mu \cdot S_p \cdot (1-\varepsilon)}{\bar{V}_0 \cdot \rho \cdot V_p} + k_2$$

$$-\frac{\Delta P \cdot \bar{V}_0^3 \cdot D_p}{G_0 \cdot L \cdot \bar{V}_0 \cdot (1-\varepsilon) \cdot 6} = \frac{k_1 \cdot 6 \cdot (1-\varepsilon)}{G_0 \cdot \frac{D_p}{\mu}} + k_2$$

$$-\frac{\Delta P \cdot \bar{V}_0^3 \cdot D_p}{G_0 \cdot L \cdot \bar{V}_0 \cdot (1-\varepsilon)} = \frac{36 \cdot k_1 \cdot (1-\varepsilon)}{D_p \cdot G_0 / \mu} + 6k_2 \quad (17)$$

(17) denklemi tam küresel taneciklerle dolu bir poröz ortam içinden akan sıvının sürtünmesinden dolayı basınç kaybını veren genel denklemdir. k_1 ve k_2 katsayıları deneysel olarak saptanıp denklem pratiğe bağlanır. Sabri Ergun geniş bir deneysel sonucun korelasyonu ile $36 k_1=150$ ve $6 k_2=1,75$ olduğunu göstermiştir. Bu katsayılar ile denklem şu durumu alır.

$$\frac{-\Delta P \cdot D_p \cdot \bar{V}_0^3}{G_0 \cdot L \cdot (1-\varepsilon) \cdot \bar{V}_0} = \frac{150 \cdot (1-\varepsilon)}{D_p \cdot G_0 / \mu} + 1,75 \quad (18) \text{ ERGUN denklemi}$$

Ergun denklemi laminar ve türbülent akıma uygulanabilir.

Filtrasyon sırasında akımın laminar olduğugösterilmiştir(5). Akışın laminar olması durumunda olayı sadece visko-

Şekil 2.  filtrasyon işleminin başlangıcından (t) zaman sonra filtrasyon ortamı ve filtre keki yatağının şematik kesitini göstermektedir. Filtrasyon ortamından taneceklerin üst sınırına kadar yatağın derinliği (L_c), filtrenin akım yönünde dik yüzeyi (A), sıvının giriş basıncı (P_a), çıkış basıncı (P_b), filtrasyon ortamı (filtre bez) ile kek yatağının ara yüzeyindeki basınç (P') olsun(6).

Toplam basınç kaybı:

$$-\Delta P = P_a - P_b = (P_a - P') + (P' - P_b) = -\Delta P_c - \Delta P_m \quad \text{yazılabilir.}$$

($-\Delta P$) : Toplam basınç kaybı (Pascal)

($-\Delta P_c$) : Kek yatağındaki basınç kaybı (Pascal)

($-\Delta P_m$) : Filtre bezindeki basınç kaybı (Pascal)

Filtre bezinden (L) uzaklığında ve (dL) kalınlığındaki bir tabakada basınç düşüşü (dP) olsun.

$$\frac{-\Delta P_c}{L} = -\frac{dP}{dL} \quad \text{yazılır. Buradan Kozeyn-Carman denklemi-}$$

nin uygulanması ile :

$$\frac{dP}{dL} = \frac{k_1 \cdot u \cdot \mu \cdot (1-\varepsilon)^2 \cdot S_p^2}{\varepsilon^3 \cdot V_p^2} \quad (20) \text{ yazılabilir.}$$

u : Lineer hız (m/sn)

$\frac{dP}{dL}$ = Basınç gradyenti (Pascal /m)

k_1 = Kozeyn sabiti

(u) Lineer hızının bulunması için boşluktan (t) zamana

kadar geçen süzüntü hacmi (V), toplam filtre yüzeyine (A) bölünür.

$$u = \frac{dV/A}{dt} = \frac{1}{A} \cdot \frac{dV}{dt}$$

$\sum V_p$ = Bütün yataktaki toplam katı madde hacmi

ρ_p = Tanecik yoğunluğu

dm = Bütün yataktaki katı madde ağırlığı, ise

$$\sum V_p = A \cdot (1 - \varepsilon) \cdot dL$$

dm = $\rho_p \cdot A \cdot (1 - \varepsilon) \cdot dL$ değerleri (20) de yerine konularak:

$$dP = \frac{k_1 \cdot \mu \cdot u \cdot (1 - \varepsilon)^2 \cdot (S_p/V_p)^2}{\varepsilon^3} \cdot \frac{dm}{\rho_p \cdot (1 - \varepsilon) \cdot A}$$

$$dP = \frac{k_1 \cdot \mu \cdot u \cdot (1 - \varepsilon) \cdot (S_p/V_p)^2}{\rho_p \cdot A \cdot \varepsilon^3}$$

Filtre bezinden (L) uzaklığındaki bir düzlemde sürtünme basıncı, filtre keki başlangıcından (L) düzlemine kadar toplam basınç kaybı ($P_a - P$) ye eşittir. k_1 , (S_p/V_p) ve ε , değerlerinin ($P_a - P$) ye bağlı olduğu görülür. Bu nedenle denklem tek bir sabite ile ifade edilebilir. Bu sabiteye (α_L) yerel filtre direnci denir.

$$\alpha_L = \frac{k_1 \cdot (S_p/V_p)^2 \cdot (1 - \varepsilon)}{\rho_p \cdot \varepsilon^3}$$

buradan da

$$dP = \frac{\alpha_L \cdot \mu \cdot u}{A} dm$$

yazılabilir.

$$d(P_a - P) = -dP \quad \frac{dP}{\alpha_L} = -\frac{d(P_a - P)}{\alpha_L}$$

$$-\frac{d(P_a - P)}{\alpha_L} = \frac{\mu \cdot U}{A} \cdot dm$$

(α_L) , $(P_a - P)$ ye bağılı olarak ifade edilebilirse denklem integre edilebilir.

t anında yatakta toplanan katı madde kütlesi m_c ise,

$$m=0 \text{ için } (P_a - P) = 0$$

$m = m_c$ için $(P_a - P) = (P_a - P')$ integral sınırları olur.

$$-\int_{(P_a - P')}^0 \frac{d(P_a - P)}{\alpha_L} = \frac{\mu \cdot U}{A} \int_0^{m_c} dm$$

$$\text{Sonuçta } \frac{P_a - P'}{\alpha} = \frac{\mu \cdot U}{A} \cdot m_c \text{ yazılır.}$$

İntegrasyon sonucu yerel filtre keki direnci (α_L) nin ortalama kek direnci (α) ya dönüştüğü görülür.

$$(P - P') = -\Delta P_c \text{ olduğundan } -\frac{\Delta P_c}{\alpha} = \frac{\mu \cdot U}{A} \cdot m_c \text{ olur.}$$

$$\alpha = -\frac{(\Delta P_c) \cdot A}{\mu \cdot U \cdot m_c} \text{ bulunur. } (\alpha) \text{ nin boyutu } [LM^1] \text{ dir.}$$

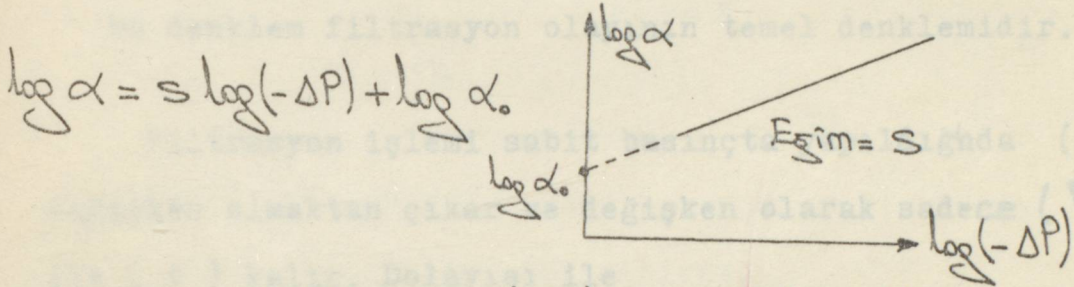
Spesifik kek direnci belirli bir kek için sadece basınç düşüşüne bağlıdır. Her kek için özel olan değeri deneyle saptanır.

$$\underline{\underline{\alpha = \alpha_0 (-\Delta P)^s}}$$

s : Bastırılma katsayısı

α_0 : Deneysel sabit (m/kg)

Çeşitli basınçlarda saptanan (α) değerlerinden yararlanılarak çizilen grafikten (s) ve (α_0) hesaplanır.



Filtre bezinin direnci (R_m) aynı düşünce ile,

$$-\frac{\Delta P_m}{R_m} = \mu \cdot u \quad \text{yazılır. Buradan } R_m = \frac{-\Delta P_m}{\mu \cdot u} \text{ bulunur.}$$

R_m in boyutu [M^{-1}] dir.

(R_m) yalnız filtrasyon başlangıcında önemlidir ve değeri belirli bir filtrasyon için sadece deneysel olarak saptanır.

Her iki direncin toplamı:

$$-\Delta P = -\Delta P_c - \Delta P_m = \mu \cdot u \left(\frac{m_c \cdot \alpha}{A} + R_m \right) \text{ olur.}$$

Burada (α), ($-\Delta P_c$) ye bağlıdır. Ancak filtrasyonda (ΔP_m), (ΔP_c) ye göre küçük olduğundan (α) değeri yukarıdaki denklemden bulunur. Denklemdaki (u) ve (m_c) değerlerini zaman biriminde toplanan süzüntü hacmi cinsinden yazarsak:

$$m_c = V \cdot C$$

V : Toplam süzüntü hacmi (m^3)

C: Süzüntünün birim hacmi başına filtreye yığılan madde miktarı (kg/m^3)

$$U = \frac{1}{A} \cdot \frac{dV}{dt} \text{ olduğundan } \frac{dt}{dV} = \frac{\mu}{A(-\Delta P)} \left(\frac{\alpha \cdot C \cdot V}{A} + R_m \right) \text{ (21) olur.}$$

Bu denklem filtrasyon olayının temel denklemidir.

Filtrasyon işlemi sabit basınçta yapıldığında (ΔP) değişken olmaktan çıkar ve değişken olarak sadece (V) ile (t) kalır. Dolayısı ile

$$\frac{dt}{dV} = \frac{\mu \cdot \alpha \cdot C \cdot V}{A^2 (-\Delta P)} + \frac{\mu \cdot R_m}{A (-\Delta P)} \text{ yazılır.}$$

$$K = \frac{C \cdot \alpha \cdot \mu}{A^2 (-\Delta P)} \quad B = \frac{R_m \cdot \mu}{A (-\Delta P)} \text{ yazılırsa}$$

$$\frac{dt}{dV} = K \cdot V + B \text{ (22) yazılabilir.}$$

t: Zaman (sn)

V: Filtrat hacmi (m^3)

K: Deneysel sabit (sn/m^6)

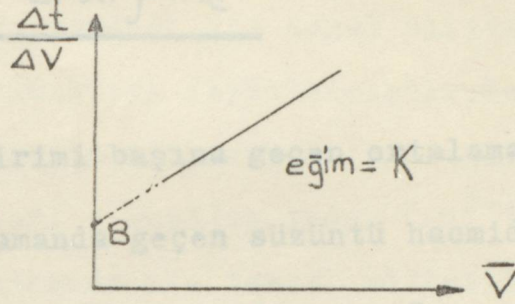
B: Deneysel sabit (sn/m^3)

Belirli bir hacmin geçmesi için geçen süre deneyle saptanır. Bu değerlerden birbirini takip eden iki hacim ortalaması alınır.

$$\bar{V} = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

$\frac{\Delta t}{\Delta V}$ ile $\bar{V}$ arasında çizilen doğrunun eğimi (K), ordinatı kestiği nokta (B) yı verir(1).

Bu değerlerden filtre kekinin ortalama spesifik direnci ve filtre bezi direnci hesaplanabilir.



Sürekli çalışan vakum veya basınçlı filtrelerde R_m değeri ihmal edilebilir. Bu takdirde,

$$\frac{dt}{dV} = K.V, \quad \int_0^t dt = K \int_0^V dV, \quad t = \frac{K.V^2}{2} \quad \text{bulunur.}$$

t : Kek oluşumu için geçen süredir.

$$t = f.t_c$$

t_c : Bir cycle (devir) tamamlanma zamanı

f : Kek oluşumu için gerekli olan cycle (devir) fonksiyonu olup değeri genellikle $1/3$ dür.

$$K = \frac{C.\alpha.\mu}{A^2(-\Delta P)} \quad \text{ve} \quad t = f.t_c, \quad t = \frac{K.V^2}{2} \quad \text{de yerine konursa}$$

$$t = \frac{C.\alpha.\mu.V^2}{2.A^2(-\Delta P)} = f.t_c$$

$$\frac{V^2}{A^2} = \frac{(-\Delta P)(2).f.t_c}{C.\alpha.\mu}$$

$$\frac{V}{A.t} = \sqrt{\frac{2(-\Delta P).f.t_c}{C.\alpha.\mu.t}}$$

yazılabilir. Eşitliğin her

iki yanı t_c ile bölünürse:

$$\frac{V}{A \cdot t_c} = \sqrt{\frac{2(-\Delta P) \cdot f}{C \cdot \alpha \cdot \mu \cdot t_c}} \quad (23) \quad \text{elde edilir.}$$

$\frac{V}{A \cdot t_c}$: Alan birimi başına geçen ortalama süzüntü hızıdır.

V/t_c : Birim zamanda geçen süzüntü hacmidir.

$$\frac{V}{t_c} = (\text{Besleme hızı}) (C_s/C) \quad m^3/sn \quad \text{dir.}$$

$$C = \frac{C_s}{1 - \left(\frac{m_F - 1}{m_c} \right) \frac{C_s}{\rho}} \quad (24) \quad \text{den bulunur.}$$

C_s : Süzülecek karışımda, m^3 başına katı madde miktarı

(kg katı / m^3 çözelti)

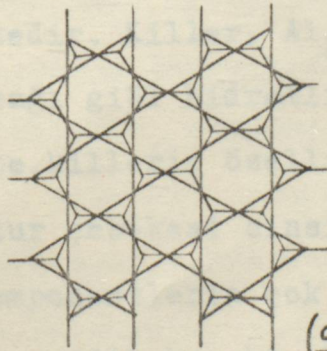
$\frac{m_F}{m_C}$ = Filtre besleme akımının, kekin tuttuğu su miktarına oranıdır(6).

2. 4. KİLLER VE ÖZELLİKLERİ

X ışınları yardımı ile doğal silikatların billuri bir yapıya sahip oldukları ispatlanmıştır. Genelde billuri şebekenin esas komponenti merkezi ufak yarıçaplı bir Si^{4+} iyonu ve tepeleri 4 oksijen iyonu (O^{2-}) tarafından işgal edilmiş bir tetraedr ile temsil edilebilen ortosilikat iyonudur (SiO_4^{4-}). Si-O mesafesi $1,62 \text{ \AA}$, O-O mesafesi ise $2,7 \text{ \AA}$ dır. Böyle tetraedrlerin birbirine değişik şekilde bağlanması ile silikatların struktürü aydınlatılabilmektedir (7)

- a) Bütün tepeleri ile birbirine bağlı olan kütle halindeki silikatlar (feldspatlar, feldspatoidler, zeolitler.)
- b) Üç tepe ile birbirine bağlanan pul şeklindeki silikatlar (mika, kil)

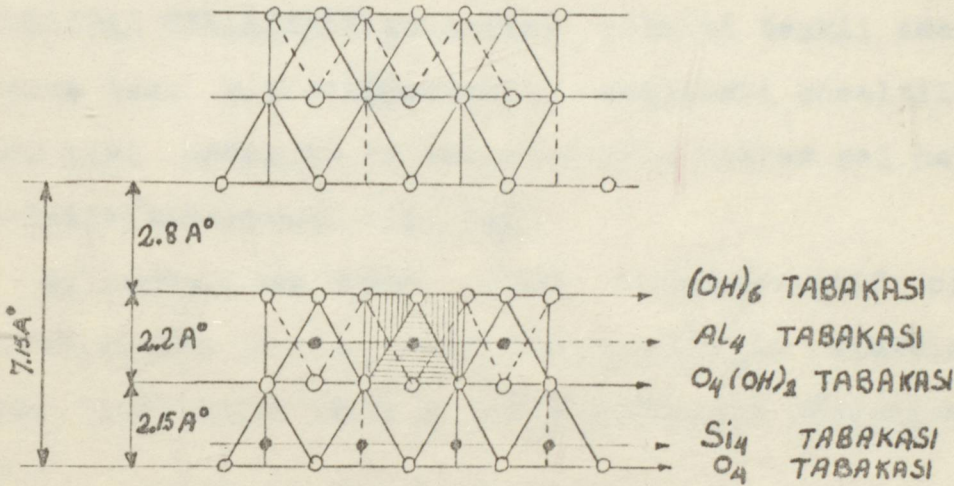
İkinci tipte, tepelerin üçü ile birbirine bağlanan tetraedr şebekesi Si_4O_{10} formülünde bir pul teşkil etmektedir. Bu esas struktüre Al^{3+} , K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , OH^- iyonlarının rol oynadığı bir çok şebeke de katılabildiğinden killeri çeşitli tipler göstermektedir. Bunlar sadece yan yana bulunan pullardan ibaret olup plâstiklikleri böylece açıklanabilir.



$(\text{Si}_4\text{O}_{10})^{4-}$ TABAKASI

Şekil 3. Pul şeklindeki silikatların yapısı.

Genel formülü $\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$ olan Kaolinitin struk-
türü şekilde görülmektedir. Bunun pulları yaklaşık $7 \text{ \AA}$
kalınlığındadır.



Şekil 4. Kaolinitin yapısı

Bentonitlerin dahil olduğu MONTMORİLLONİT ler de buna benzer bir yapı gösterir. Fakat bu tip killerde pullar arasına girmiş su molekülleri de mevcuttur.

Al, Na, K veya Ca çift silikatlardan ibaret olan feldspatların sular tesiri ile bozunmasından killerin oluştuğu kabul edilmektedir. Killer, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ formülünden de anlaşılacağı gibi hidratlı birer alüminyum silikat olmakla birlikte, killerin özellikleri kimyasal bileşimlerinden başka billur şebekesi cinsine, dispersiyon derecesine de bağlıdır. Komponentlerin çok ince taneli olması, sudan hoşlanması ve asidik karakterleri dolayısı ile (tane-

lerin (-) elektrik yük almasına neden olur) kolloidal özellikler gösterirler. Ayrıca killeri cinslerine göre az çok değişen sıcaklıklarda dehidratasyona uğrarlar.

ASİDİK ÖZELLİKLER: Killeri bazı boyar maddeleri tutar ve suda su eşliğinde H^+ iyonlarını serbest hale getirir. Ancak asidik özellikler dehidratasyonla ortadan kalkar.

KOLLOİDAL ÖZELLİKLER: Kolloidal çözelti teşkil ederler. Ayrıca bazı killerin (bentonit) verdikleri çözeltiler olduğu gibi donmakta ve karıştırmakla tekrar gel haline gelmektedir (tiksetropi olayı) (7).

Killerdeki kolloidal kısım elektronegatif nitelik arzettiğinden çeşitli katyonlar tesiri ile flokülasyona uğrar. Flokülasyon gücü, az çok katyonların değerine bağlıdır.

Na^+	için	1	
NH_4^+ , K^+	"	2,5	
Ca^{++} , Mg^{++}	"	10	
Fe^{3+} , Al^{3+}	"	30	dur.

Ancak burada pH da önemlidir. Yüksek pH larda (alkali tesiri ile) elektrik yükleri belli bir değer alır. Hall'a göre, max. yük, max. deflokülasyon bölgesinde bulunur. Bu durumda kolloidal tanecikler uzun süre süspansiyon halinde kalırlar. Killi bir süspansiyonun çökmesi bu nedenle düşük pH larda (pratikte $pH = 4,5-5$) sağlanır. Yalnız $pH > 12$ için de flokülasyon olmaktadır. Ayrıca likidlerde süspansiyon halinde bulunan (-) yüklü tanecikler pH ya göre yüklendiğinden min. yükde nötrallikte gözlenir. Bu

sonuçlardan killerdeki CaCO_3 , BaSO_4 gibi kolloidlerin flokülasyonla ayrılmasının güç olduğu anlaşılmaktadır. Diğer taraftan elektrolitlerin pH değerine göre flokülasyona etki ettiği görülmüştür. (NaCl bazik çözeltilerde sedimentasyonu arttırır, asidik çözeltilerde ise azaltır.)

DEHİDRATASYON: Killer havada kurutulmakla sertleşir. Su ile ıslatılmakla tekrar yumuşak hale gelirler. Ancak ısıtıldıklarında $80-160^\circ\text{C}$ arasında adsorbsiyon sularını, $400-600^\circ\text{C}$ da bünye sularını terk ederler. Olay diferansiyel termik analiz (DTA) ve termogravimetrik analiz (TGA) ile incelenebilir(8).

Killerin ısıtılması ile asidik özellikler ortadan kalkar ve ayrıca sertlik de artarak bir büzülme ve gözeneklilik gözlenir. Her ne kadar suyun bıraktığı boşluk büzülme dolayısı ile azalırsa da tamamen ortadan kalkmaz. Büzülme, sertlik dolayısı ile bazı çatlaklar meydana gelmesine neden olur.

KİL ÇEŞİTLERİ: Killer saflık derecelerine ve fiziksel özelliklerine göre değişik tipler gösterirler.

a) Kaolin: Kilin en saf şeklidir. Rengi beyazdır.

b) Smektik killer: Kireç ve magnezya gibi bazı yabancı maddeler ihtiva ederler. Renk ve yağ giderici olarak kullanılır.

c) Plâstik killer: Tuğla, çanak çömlek imalinde kullanılırlar. Bileşiminde Demir oksit ve bazen de kireç bulunur.

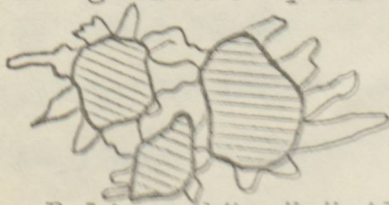
d) Refrakter Killer: Yüksek sıcaklıklara dayanıklıdır.

e) Bentonit: Montmorillonit tipinde Kompleks bir Al, Fe, Ca ve Na silikattan meydana gelmiştir.

2. 5. FLOKÜLASYON

a) FLOKÜLASYON REAKSİYONUNUN TABİATI: Polielektrolit teriminin yeni yeni kullanılmağa başlanmasına rağmen doğal polielektrolitler uzun zamandan beri flokülan olarak kullanılmaktadır. Genellikle protein ve polisakkaritler olan bu maddelerin hareketi suda çözünen polimerlerin varlığına bağlıdır. Floküasyonda kullanılan diğer polimerler ise çözünebilen nişastalar, jelâtin, guar zamkıtanenler ve sodyum alginate'dır(9). Daha sonraları bu doğal maddeler yerine genellikle poliakrilik asit türevleri olan sentetik polielektrolitler kullanılmaya başlanmıştır. Sentetik polielektrolitlerin maliyetleri yüksek olmakla beraber düşük dozajlarda kullanılması ve karıştırma ile daha dayanıklı flok (yumak) elde edilmesi gibi avantajları vardır.

Floküasyon reaksiyonları mekanizmasına, çalışma şartları, floküle olmuş tanecikler ve floküasyon vasıtalarının özellikleri etki etmektedir. Ruehrwein ve Ward polielektrolit flokülanların şekilde görüldüğü gibi parçacıklar arasında köprüler meydana getirerek etki ettiğini öne sürmüştür. Bu mekanizmaya göre, çözeltide bir parçacık üzerine adsorbe olan polimer zincirinin yeteri kadar yakınına diğer bir parçacık geldiğinde iki parçacık arasında fiziksel bir köprü meydana getirerek polimer zinciri uzamaktadır.



Şekil 5. Polimer köprüsü ile parçacıkların floküasyonu

Bu elemanter flok diğer parçacıklarla köprü kurmak suretiyle optimum flok büyüklüğüne erişir. Flokülasyon reaksiyonu koagülasyon reaksiyonuna benzemez ve irreversibldir. Bu nedenle flokların bir denge büyüklüğüne ulaşacağı düşüncesi yanlıştır. Genel olarak zeta potansiyelinin indirgenmesi ile meydana getirilen koagülasyon reaksiyonu, polielektrolit flokülasyon içinde önemsizdir. Oldukça yüklü polielektrolitlerin elektriksel çift tabaka üzerindeki ana etkisi zeta potansiyelinin azalması değil artmasıdır. Örneğin düşük molekül ağırlıklı (10 000 den 50 000 e kadar) poliakrilatlar flokülan olarak değil dispersant olarak kullanılır. Yük etkileri polietilen iminler gibi bazı düşük molekül ağırlıklı polielektrolitlerde daha önemli olabilir. Bu maddelerle polimer zincirinin uzunluğu dikkate değer derecede köprüler meydana getirmek için yetersiz olduğundan, zeta potansiyelinin indirgenmesi alternatif mekanizma olarak düşünülmelidir. Araştırmalar bunun doğru olduğunu göstermiştir(9).

Floküle edilen solid'in çok geniş hacimdeki süspansiyonuna az miktarda konsantre edilmiş polielektrolit flokülan ilâve edildiği düşünülecektir. Reaksiyonun yürüyüşü için öne sürülen mekanizma şöyledir.

1) Flokülanın süspansiyon içinde dağılması (dispersiyon):

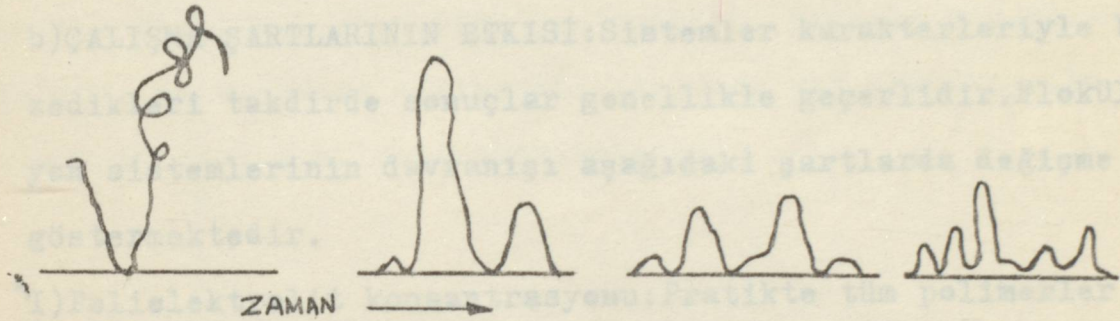
Çözeltiye ilâve edilen polielektrolitler, yüksek molekül ağırlıkları dolayısı ile düşük diffüzyon hızları ve yüksek viskoziteler gösterirler. Fazların birini diğeri içi

ne dağıtma pratikte karıştırma yapılarak sağlanır.

2) Solid-likid iç yüzeyine diffüzyon.

3) Flokülanın solid yüzeyinde adsorbsiyonu.

Zincir uzunluğu ve zincirin solid yüzeyine bağlanma noktalarının sayısı adsorbe edilen madde miktarı ve molekül ağırlığının artması nedeniyle sıkışmış bir denge tabakası elde edilinceye kadar artar. Bu durum aşağıdaki şekilde görülmektedir.



Şekil. 6. Adsorbe polielektrolit tabakanın sıkıştırılması

Adsorbsiyon prosesinin tabiatı, çözelti içindeki polielektrolitin yapısına, polielektrolitin çözünme gücüne, çözeltinin pH'ına ve mevcut diğer iyonların varlığına bağlıdır.

Molekül ağırlığı aralığı dar olan maddeleri elde etmek güç olduğundan ve iyi bir analitik tekniğin olmaması nedeniyle poliakrilamid türevleri adsorbsiyonu ile az hassas sonuçlar elde edilir.

İlk adsorbsiyon hızlı ve irreversibl dir. Her bir bağın adsorbsiyon enerjisinin oldukça küçük olmasına rağmen belli bir noktada adsorbsiyon reversibl dir.

Solid yüzeyi ve polimer arasındaki bağlanma kuvvetleri çözelti içindeki şartlara ve her iki maddenin tabiatına bağlıdır. En yaygın olarak görülen adsorbsiyon mekanizması iyonik yük etkileri ile hidrojen bağlanması ve bazı sistemlerde spesifik olmayan Van der Waals adsorbsiyonudur.

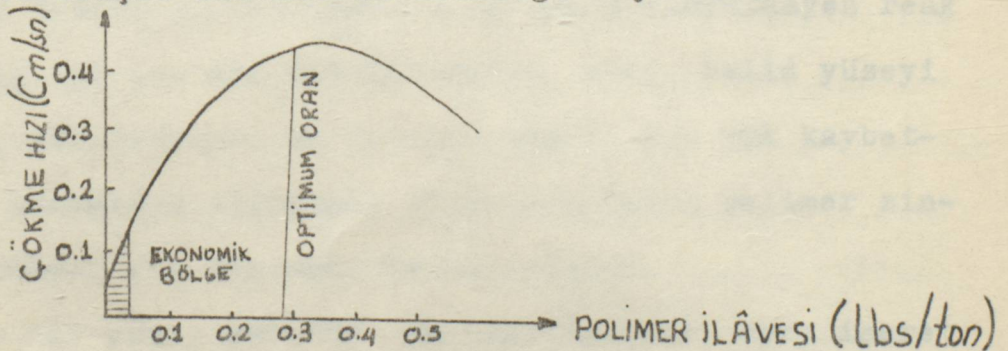
4) Polimerle kaplı parçacığın diğer parçacıklarla çarpışması.

5) Çarpışmalar neticesinde flokların oluşması.

b) ÇALIŞMA ŞARTLARININ ETKİSİ: Sistemler karakterleriyle benzedikleri takdirde sonuçlar genellikle geçerlidir. Flokülasyon sistemlerinin davranışı aşağıdaki şartlarda değişme göstermektedir.

Y) Polielektrolit konsantrasyonu: Pratikte tüm polimerler optimum bir dozajda adsorbe edilir. Optimum dozaj, parçacık büyüklüğü ve çözelti konsantrasyonuna bağlıdır. La Mer ve Healey solid alanının yarısının polielektrolit ile kaplandığı durumda optimum flokülasyonun vuku bulunduğunu iddia etmiştir (9).

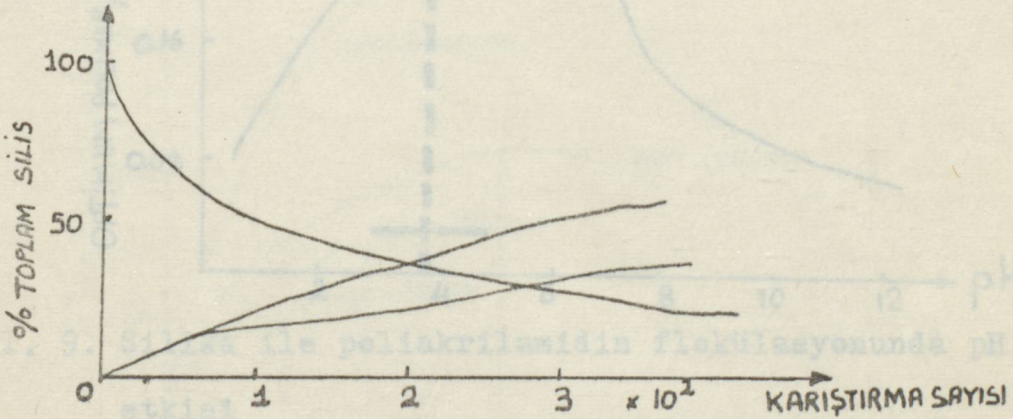
Yüksek konsantrasyonlarda flokülasyon derecesi artar. Çok düşük solid konsantrasyonlarında köprü meydana getirmeye elverişli ilmeklerin uzunluğu küçüktür.



şekil. 7 . Flokülasyon reaksiyonuna poliel. kons. etkisi.

II) Karıştırma: Karıştırmanın etkileri karmaşıktır. Karıştırma işlemi flokülanın dağılması ve solid yüzeylerde elverişli flokülanı temin etmek için gereklidir. Eğer başlangıçta karıştırma yetersiz ise flokülun solidlerin bir kısmı üzerinde fazla adsorbe olacağından artan kısım tamamen kaplanmayı sağlayamayacaktır. Karıştırma sonucu çarpışma oranı artacağından flokülasyon oranı da artar.

Kuvvetli karıştırma durumunda floklar kopacak ve elde edilen flokların büyüklüğü azalacaktır. Devamlı karıştırma floküle olmuş madde miktarında azalmaya yol açacaktır. Durum aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



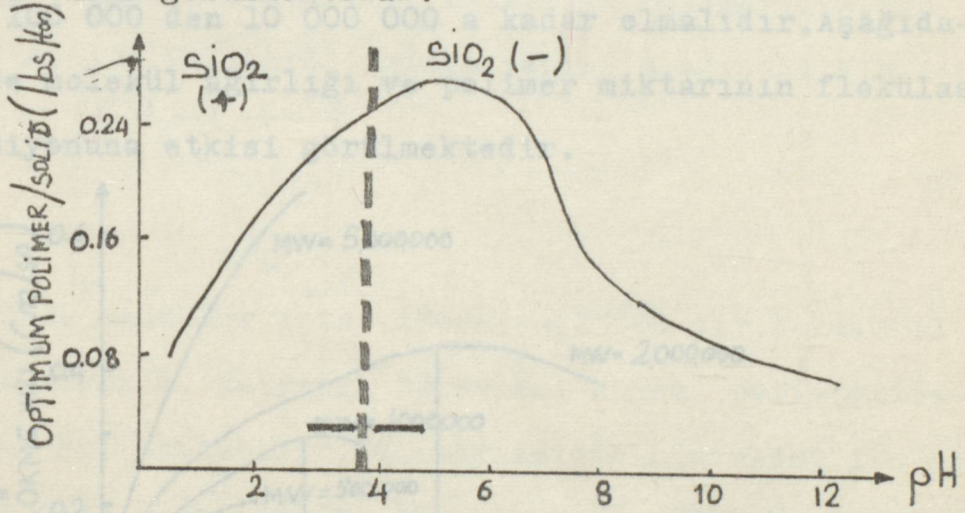
Şekil. 8 . Silika-poliakrilamid flokülasyonunda karıştırmanın etkisi.

III) pH ve iyonik şiddet: Çözelti pH sınırı flokülasyon reaksiyonu üzerinde iki ana etkisi vardır. Biri, solid yüzeyi üzerindeki yük derecesi ve tabiatı, diğeri ise yük kaybetmeye veya kazanmaya elverişli bölgelere sahip polimer zinciri üzerindeki yük derecesi ve tabiatıdır.

Yüksek bir yüzey yükünün varlığı halinde, aynı işaret

li yük taşıyan bir polielektrolitin adsorbsiyonu engellenecektir. Zıt işaretli yük taşıyan polielektrolitin adsorbsiyonu ise artacaktır. Molekül ağırlığının artması ile bu etki azaltılabilirse de bu durumda flok meydana getirecek çarpışmalara engel olunmaktadır.

Silika-poliakrilamid sistemi için pH in izoelektrik noktadan uzaklaşması ile optimum polimer dozajı azalır. Şekilde bu durum görülmektedir.

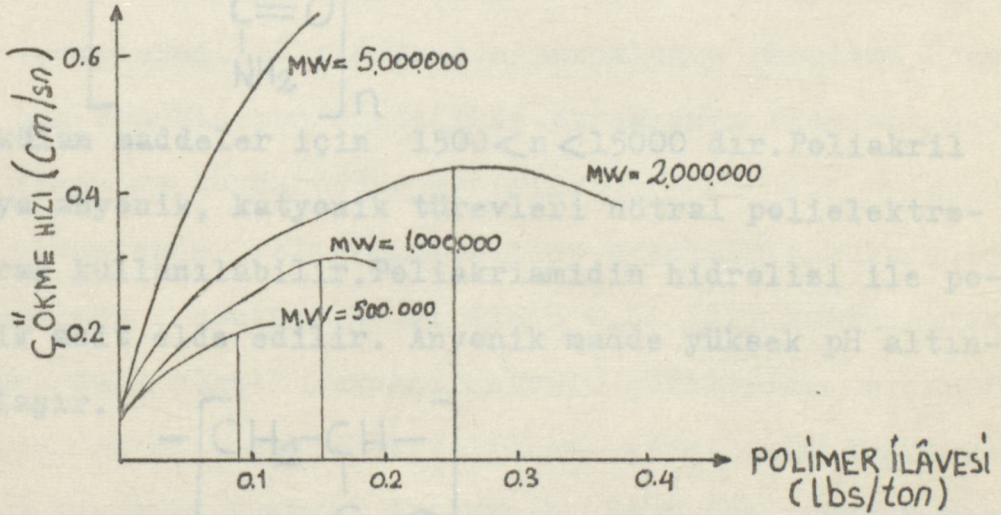


Şekil. 9. Silika ile poliakrilamidin flokülasyonunda pH in etkisi

Yük etkilerinin yokluğunda çözeltideki polimer molekülü gelişigüzel halka gibi bir zincir şeklinde bulunmaya eğilim gösterir. Mevcut diğer iyonların konsantrasyonu ile de polimer zinciri ve solid yüzeyi üzerindeki yük dereceleri etkilendir. Özellikle çok değerlikli iyonlar genellikle solid-likid iç yüzeyinde potansiyel azalmasına neden olur. Reaksiyon üzerine tuzların etkisi, bunların mevcut yüklere katkısı dolayısı iledir. Bu polimer zincirinin yapısı ve

çözücü ile polimer zinciri arasındaki etkidir.

IV) Polielektrolit molekül ağırlığı: Deneyler, etkili flokülasyon için zincir uzunluğu gibi optimum bir polimer molekül ağırlığı olduğunu göstermiştir. Eğer molekül ağırlığı çok küçük ise polimer zincirleri köprü meydana getirmek için yeteri kadar uzun olmayacaktır. Molekül ağırlığı çok büyük ise maddenin dağılımı zor ve üretimi pahalı olur. Pratikte poliakrilamid türevleri için ortalama molekül ağırlıkları 100 000 den 10 000 000 a kadar olmalıdır. Aşağıdaki şekilde molekül ağırlığı ve polimer miktarının flokülasyon reaksiyonuna etkisi görülmektedir.



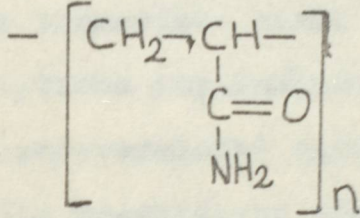
Şekil. 10. Flokülasyon reaksiyonlarında polielektrolit molekül ağırlığının etkisi.

Genel olarak artan molekül ağırlığı flokülasyonu artırır, ve flekları kuvvetlendirir. Ancak büyük miktarlar birim polielektrolit maliyeti ile dengelenir.

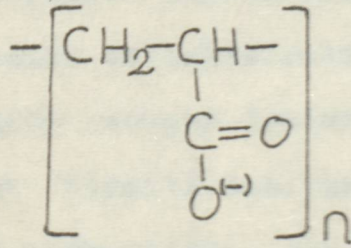
V) Solid konsantrasyonu: Solid konsantrasyonu ile elde edilen flekların kuvveti artmaktadır. Düşük solid konsantrasyonlarında ise parçacık çarpışma oranı azdır.

Genellikle flokülan olarak kullanılan doğal polielektrolitler, sentetik maddelere dayalı olanlardan ağırlık dozajı olarak daha az etkilidir. Buna rağmen ucuz ve bol üretimleri nedeniyle büyük miktarların kullanılması fazla bir dezavantaj teşkil etmemektedir(10).

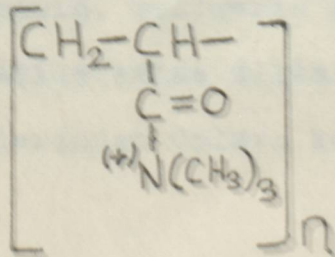
SENTETİK POLİELEKTROLİTLER: En çok kullanılan sentetik polielektrolit sınıfı poliakrilamid ve türevleridir. Bunlar akrilamid veya akrilonitrilin katalitik polimerizasyonu ile elde edilir. Poliakril amidin yapısı aşağıdaki gibidir.



Flokülan maddeler için $1500 < n < 15000$ dir. Poliakrilamid veya anyonik, katyonik türevleri nötral polielektrolit olarak kullanılabilir. Poliakrilamidin hidrolizi ile poliakrilik asit elde edilir. Anyonik madde yüksek pH altında iyonlaşır.



Ticari flokülanlarda amid grupları % 5- % 30 arasında hidroliz olur. Aynı şekilde katyonik flokülan akrilamid ve quarternary akrilamid gruplarının kopolimerizasyonu veya quarternary amid gruplarının indirgenmesi ile üretilir,



Nötral akrilamid flokülânlar anyonik ve katyonik şekillerden daha etkindir. Diğer sentetik bir çok polielektrolitler patent literatürde akrilamidlerin diğer maddelerle kopolimeri olarak tanımlanmıştır. Polietilen iminler gibi bazı sentetik polielektrolitler düşük molekül ağırlıklı olup köprü bağlantı elemanı olmaları beklenir. Temel etkileri zeta potansiyelini indirgeyerek koagülasyona yatkınlıklarıdır,

FLOKÜLAN ve KOAGÜLANTLARIN KULLANILMASI: Herhangi bir flokülasyon prosesinde hızlı bir karıştırmanın ardından yavaş bir karıştırma yapılmalıdır. Flokülasyon reaksiyonu tersinmez (irreversible) olduğundan parçalanma problemi önemlidir. Bir koagülasyon sisteminde parçalanma flokları daha küçük bir denge büyüklüğüne getirir.

Flokülasyonda polielektrolitler genellikle sulu çözeltiler halinde (hacimce % 0,1 ile % 0,01 lik) kullanılması na rağmen daha yüksek konsantrasyonlu çözeltiler de hazırlanabilir. Sentetik polielektrolitler genellikle düşük yoğunluklu tüy gibi yumuşak tozlardır. Katı toz suya yavaş yavaş katılarak çözelti hazırlanmalıdır. Laboratuvar çözeltilerinin hazırlanmasında, bir karıştırıcı yardımı ile oluşturulan girdapa toz yavaşça bırakılır. Çözeltinin hazırlanması birkaç saat sürebilir. Bu esnada devamlı olarak karıştırılır. Yapımcılar, polielektrolit çözeltilerinin fazla karıştırılmasının, polimerin daha basit bileşikler vermesine neden olabileceğine dikkati çekmektedirler.

Düşük viskozitelerinden dolayı koagülantların ilâvesi

ve karıştırılması flokülânlardan daha kolaydır.Reâksiyon reversibldır.

Sentetik polielektrolitler tarafından oluşturulmuş floklar kopmaya karşı koagülantlar tarafından üretilenlerden daha dayanıklıdır,ve yüksek filtre keki gösterirler.

2. 6. ELEKTRİKSEL ÇİFT TABAKA VE ZETA POTANSİYELİ:

Katı bir madde suya atıldığında,su içinde başka iyonlar olmasa bile,katı maddeden suya geçen iyonlar ve suyu meydana getiren H^+ ve OH^- iyonları nedeniyle katı madde yüzeyi pozitif veya negatif bir elektrik şarjı kazanır.Böylelikle katı maddeyi çevreleyen su muhtelif iyonları içeren bir çözelti durumunu alır.Coulomb kanununa göre, zıt yüklü iyonlar katı yüzeyi tarafından çekilir.Böylece çözelti içindeki iyonların bazılarının konsantrasyonu katı yüzeyi civarında artar,bazılarının ki ise azalır.Ara yüzeylerde bazı iyonların konsantrasyonlarının artmasına adsorbsiyon denir.Katı yüzeyinde adsorbe olan iyonların konsantrasyonu yüzeyden uzaklaştıkça azalır(11).Sonuçta çözeltinin normal konsantrasyonuna erişir. Zıt yüklü iyonların yüzeye toplanması ile katı yüzeyi potansiyeli (Ψ_0) yüzeyden uzaklaştıkça azalmaktadır.Yüzeyle zıt işaretli olan iyonlar yüzey yakınında toplanarak yüzey elektrik yükünü dengelemeye çalışırlar.Yüzey yakınında katı-sıvı ara yüzeyinde toplanan bu iyonlara dengeleyici iyonlar (counter ions) denir.Kimyasal dengeye ulaşıldığında katı yüzeyindeki elektrik yükü (2_K), ile dağılmış iyonların

oluşturduğu elektrik yükü (ρ_0) ile dengelenmiş olur ve katı yüzeyi potansiyeli (ψ_0), sıfıra iner. Bu duruma elektriksel çift tabaka adı verilir.

$C(x)$: Çift tabakanın herhangi bir noktasındaki iyon konsantrasyonu. (mol/litre)

C_0 : Çözeltinin iyon konsantrasyonu. (mol/litre)

z : İyon değerliği.

e : Elektron yükü ($1,9 \cdot 10^{-9}$ Coulomb)

ψ : Potansiyel. (volt)

k : Boltzman sabiti ($1,381 \cdot 10^{-23}$ joule/mol $^{\circ}K$)

T : Mutlak sıcaklık ($^{\circ}K$)

olmak üzere

$$C(x) = C_0 e^{-\frac{ze\psi}{kT}} \quad \text{dir.}$$

Yüzey potansiyeli (ψ_0), yüzeyden uzaklaştıkça azalmaktadır. Eğer çözeltinin konsantrasyonu artarsa potansiyel çok daha hızlı azalır. Yani konsantrasyon arttıkça dengeleyici iyonlar çok daha yoğun olarak yüzey civarında bulunurlar ve elektriksel çift tabakanın kalınlığı azalır. Helmholtz elektriksel çift tabaka ile kondansatör plakaları arasında bir benzetme yaparak şu bağıntıyı vermiştir.

$$\psi_0 = \frac{4\pi \rho_k d}{D}$$

d : Elektriksel çift tabaka kalınlığı.

D : Ortamın dielektrik sabiti.

Debye-Hückel ise elektriksel çift tabaka kalınlığını şu bağıntı ile vermiştir.

$$d = \frac{3}{Z \sqrt{C_0}}$$

Yüzey potansiyelinin (Ψ_0), değişimi incelenirse, bunun yüzey civarında hızlı düştüğü, daha sonra yavaş yavaş azalarak sifıra ulaştığı görülür. Bu durum Stern tarafından yeni bir model ile açıklanmıştır. Bu modele göre, hemen hemen bir molekül kalınlığı kadar bir uzaklıkta Stern düzlemi denilen hayali bir düzlem düşünülür. Burada bulunan zıt yüklü iyonlar yüzey potansiyelini lineer olarak azaltırlar. Bunun dışında ise dağılmış iyonları kapsayan tabaka bulunur. Burada potansiyel azalması lineer değildir. Daha uzun bir mesafede azalarak sifıra düşer. Yani iyon konsantrasyonu yüzeyden uzaklaştıkça çözeltinin normal konsantrasyonuna erişir. Katı yüzeyindeki elektrik yükü (σ_k), Stern düzlemindeki elektrik yüküdür. Bu elektrik yükü şu bağıntı ile hesaplanır.

$$\sigma_k = - \frac{D}{4\pi} \left(\frac{d\Psi}{dx} \right)_{x=0} = \frac{D}{4\pi} \left(\frac{\Psi_0 - \xi}{d} \right)$$

Katı yüzeyinin ölçülebilen potansiyeli ξ (zeta) dır. Buna elektrokinetik potansiyel (zeta potansiyeli) denir. Zeta potansiyeli elektrostatik prensiplerine göre şöyle

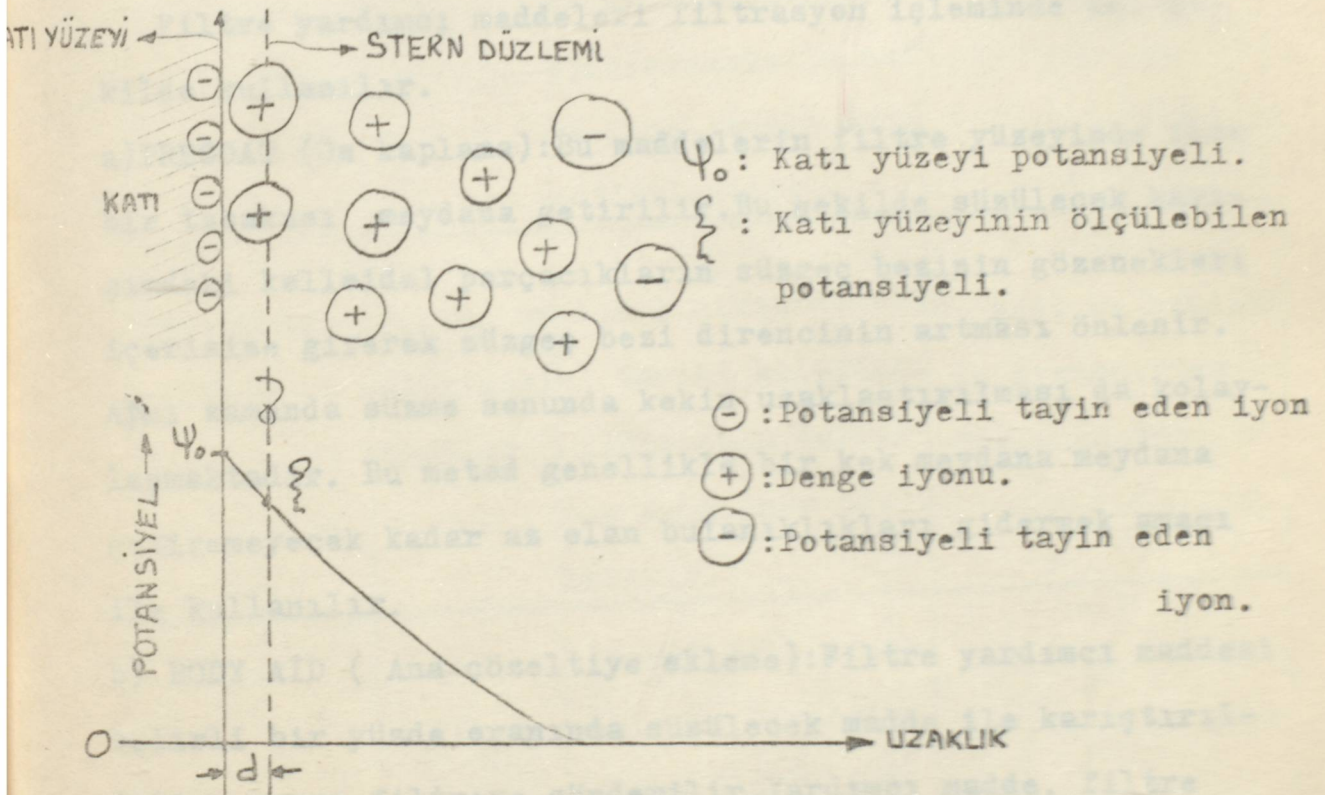
bulunur.

$$\xi = \frac{4\pi \delta d}{D}$$

d:Elektriksel çift tabaka kalınlığı.

δ :Stern düzlemindeki elektrik yükü.

D: Dielektrik sabiti.



şekil. 11. Stern modeli.

2. 7. FİLTRE YARDIMCI MADDELERİ.

Süzülmeleri esnasında güçlük çıkaran maddeler için çok sayıda filtre yardımcı maddeleri kullanılır. Filtre yardımcı maddeleri sert yapılı, çok ince öğütülmüş sağlam katı parçacıklardan ibaret olup, bastırılmaz özelliğe sahiptirler(12).

Filtre yardımcı maddeleri filtrasyon işleminde iki şekilde kullanılır.

a) PRECOAT (Ön kaplama): Bu maddelerin filtre yüzeyinde ince bir tabakası meydana getirilir. Bu şekilde süzülecek karışımındaki kolloidal parçacıkların süzgeç bezinin gözenekleri içerisine girerek süzgeç bezi direncinin artması önlenir. Aynı zamanda süzme sonunda kekin uzaklaştırılması da kolaylaşmaktadır. Bu metod genellikle bir kek meydana meydana getiremeyecek kadar az olan bulanıklıkları gidermek amacı ile kullanılır.

b) BODY AİD (Ana çözeltiye ekleme): Filtre yardımcı maddesi belirli bir yüzde oranında süzülecek madde ile karıştırıldıktan sonra filtreye gönderilir. Yardımcı madde, filtre yüzeyine oturacak çökeltinin geçirgenliğini arttırır ve bastırılabilmesini azaltır. Süzme işlemi esnasında kek direncinin artmasını önler.

Filtre yardımcı maddelerinin kimyasal yönden inert ve ucuz olması gerekir. Aşağıdaki tabloda filtre yardımcı maddelerinin önemli özellikleri görülmektedir(13).

Tablo 1. Filtre yardımcı maddelerinin özellikleri.

MADDE	Kimyasal bileşim.	Avantajları.	Dezavantajları.
Diatomlu toprak (silisli toprak)	Silis (SiO_2)	1) Bol miktarda cinsi olup, temini kolaydır. 2) Çok ince filtrasyon da kullanılabilir. 3) Kalsinasyonla saf ve ince taneli hale getirilebilir.	Sulu asit ve alkali-lerde önemsiz bir çözünürlüğü vardır.
Öğütülmüş PERLİT	Silis ve Alüminosilikatlar.	1) Bol miktarda olup temini kolaydır. 2) Diatomlu topraktan daha ince öğütülebilir.	Asit ve bazlarda diatomitten fazla çözünür.
ASBEST	Alüminosilikat	1) Genellikle diatomitlerle birleşir. 2) Kaba elekten çok iyi tutulur.	Kimyasal özellikleri perlit gibidir.
SELÜLOZ	Selüloz	1) Saflığı yüksektir. 2) Kimyasal dayanıklılığı iyidir. 3) Kuvvetli alkali çözücülerde önemsiz çözünürlüğü vardır.	Pahalıdır.

KARBON	Karbon	Kuvvetli alkali çözeltilerin filtrasyonunda kullanılabilir,	1)Pahalıdır. 2)Yalnız kaba maddeler için uygundur.
--------	--------	---	---

PERLİT:Perlit erimiş volkanik lâvların suda soğumasıyla şekil almış volkanik bir kayadır.Ani soğutma deneyleri sonunda perlit bünyesinin camsı bir yapı gösterdiği anlaşılmıştır.İçinde bir miktar su bulunmaktadır.Şayet ezilir, elenir ve hızlı bir şekilde sürekli olarak ısıtılırsa yumuşama noktasında perlit bünyesindeki su buharlaşır.

Büyük miktarda Al_2O_3 , Na_2O ve K_2O içeren perlit diatomlu toprakla karıştırıldığında çözünürlüğü artar ve pH sınırı 4 den 9 a değişir. Perlit diatomlu topraktan daha masraflıdır,ancak perlitin yoğunluğu diatomlu topraktan daha küçüktür.

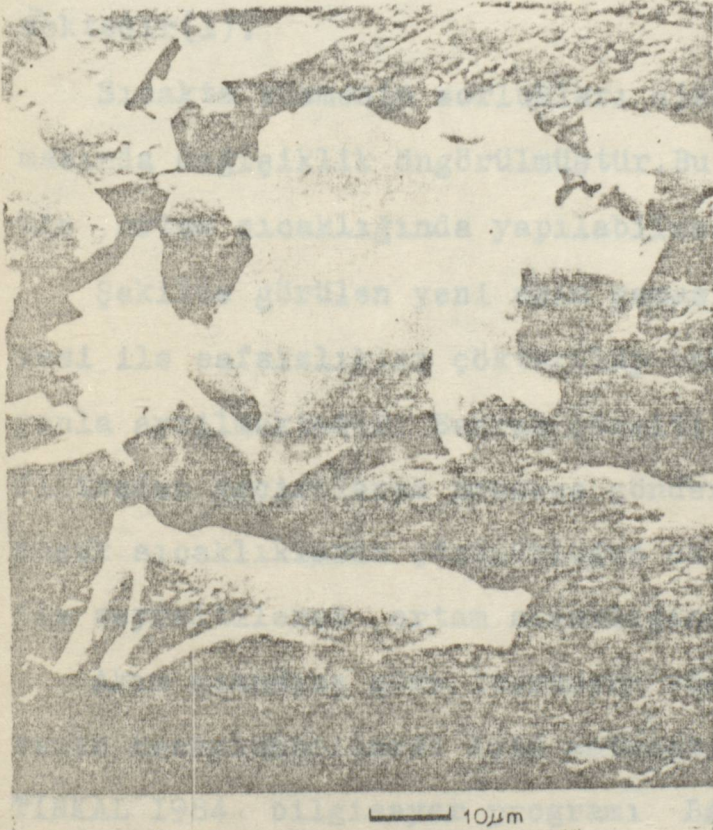
Perlit in yoğunluğu 3-6 lb/ft³ (50-96 kg/m³)

Diatomik toprak yoğ. 8-12 " (128-192 ")

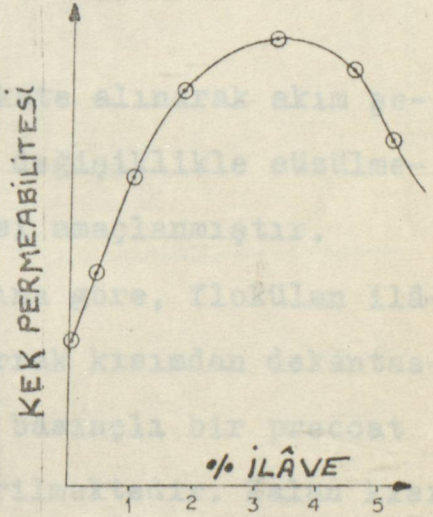
Bu nedenle perlit kullanmak oldukça ekonomiktir. Aşağıdaki şekilde elektron mikroskobu ile bakıldığında düzensiz bir yapıdaki perlit partikülleri görülmektedir(13).

FİLTRE YARDIMCI MADDESİNİN SEÇİMİ:Genel olarak geniş bir partikül büyüklüğü dağılımına sahip olan maddeler düşük porozite ve düşük permeabilite ye neden olan bir tabaka meydana getirirler.Body aid katılması ile tabakanın ayrılarak porozite ve permeabilitenin yükselmesi sağlanır.

Eğer yardımcı madde partikülleri filtre edilen solid partiküllerinden çok büyük ise çok küçük bir etkiye neden olur. Maksimum etki için, yardımcı maddenin partikül büyüklüğü dağılımı küçük veya filtre edilen solide yapışık olması gereklidir. Yardımcı maddenin uygun partikül büyüklüğü dağılımının seçiminde optimum dozajın belirtilmesi gerekir. Pratikte yardımcı madde dozajı genellikle solide bağlı olarak ağırlıkça %1-% 10 arasındadır. Yardımcı madde kullanılması ile kek miktarı da artacağından kek hacminin sınırlı olduğu süzme proseslerinde kek kütlesinin artması istenmeyecektir(13).



Şekil. 12 Filtre yardımcısı perlitin elektron mikroskobu ile görünüşü.



Şekil. 13 Filtre yardımcısı konsantrasyonu ile kek permeabilitesinin değişim eğrisi.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA VE BULGULAR

3. 1. TINKAL KONSANTRESİNDEN BORİK ASİT VE SODYUM SÜLFAT ÜRETİMİ.

Tinkal konsantresinden sülfürik asit kullanılarak borik asit ve sodyum sülfat üretimi, ilk bakışta basit bir proses gibi gözükmesine rağmen çeşitli akım şemalarına yol açması bakımından ilginç olmaktadır(1). TÜBİTAK tarafından Etibank için hazırlanan araştırma projesinde çeşitli patentler incelenerek iki akım şeması önerilmektedir. Önerilen akım şemasına göre, tinkal konsantresi sıcakta (60-80 °C) ana sularda çözülüp, flokülan ilâvesi ile safsızlıkların çöktürülüp sıcakta (60-80 °C) süzülmesi gerekmektedir(1).

Sıcakta süzmenin zorlukları dikkate alınarak akım şemasında değişiklik öngörülmüştür. Bu değişiklikle süzülmenin ortam sıcaklığında yapılabilmesi amaçlanmıştır.

Şekilde görülen yeni akım şemasına göre, flokülan ilâvesi ile safsızlıklar çöktürülüp berrak kısımdan dekantasyonla ayrılmaktadır. Berrak çözelti basınçlı bir precoat filtreden geçirilerek prosese gönderilmektedir. Kalan kısım düşük sıcaklıklarda çözünürlüğün az olması nedeniyle su ile seyreltilerek ortam sıcaklığında süzülebilecektir.

Akım şemasına göre, iterasyon yöntemi ile kütle akımlarının hesaplanabilmesi için matematik model kurularak, TINKAL 1984 bilgisayar programı BASIC dilinde yazılmış ve tam metin ek 1 de verilmiştir. Matematik modelin kurulmasında TÜBİTAK-MAE nin yayınından yararlanılmıştır(14) .

3.2. KULLANILAN HAMMADDENİN TANIMLANMASI.

Deneylerde kullanılan hammadde Etibank tarafından Eskişehir Kırka yöresinde üretilen tinkal konsantresidir. Tinkal konsantresi nümuneleri Etibank ın Bandırma'daki tesislerinden temin edilmiştir. Tinkal konsantresinin kimyasal analiz sonuçları aşağıda verilmiştir(1).

Tablo: 3.1 Tinkal konsantresinin kimyasal analizi:

B_2O_3 : % 33.31

Na_2O : % 15,02

SiO_2 : % 1,44

CaO : % 2,10

MgO : % 1,87

Fe_2O_3 : % 0,2

Al_2O_3 : % 0,1

$CO_2 + H_2O$: % 46

Tinkal konsantresinin % 8 inin çözünmeyen katı madde olduğu ve bunun % 75 inin karbonat, % 25 inin çözünmeyen silikatlardan oluşmuş olduğu anlaşılmıştır(1).

3. 3. TINKALIN ÇÖZELTİYE ALINMASI.

Öngörülen akım şemasına ait kütle akımlarının, ek 1 de verilen bilgisayar programı yardımı ile hesaplanan değerlerine göre ana su hazırlanmıştır. Ana suda bulunan maddeler, ve miktarları aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Tablo: 3.2. 100 gr. tinkal konsantresi için kullanılan ana su miktarı ve bileşimi:

H_2O : 300 gr.	% 83,2	H_2O
H_3BO_3 : 23,4 gr.	% 6,3	H_3BO_3
Na_2SO_4 : 28,8 gr.	% 7,7	Na_2SO_4
$Na_2B_4O_7$: 10,1 gr.	% 2,7	$Na_2B_4O_7$

(Kristalize boraks içinde de 9 gr. su mevcuttur.)

Hazırlanan ana su 2 litrelik bir behere konularak ısıtılmıştır. Sıcaklık $60^\circ C$ a eriştiğinde tinkal nümunesi ilâve edilerek karıştırıcı çalıştırılmıştır. Ana suda tinkalin çözünmesi ile Na_2O / B_2O_3 mol oranı yaklaşık olarak 0,3, Çözeltide B_2O_3 % 13,71, çözeltinin pH sı ise 7,5 olmaktadır.

3.4. SAFSIZLIKLARIN ÇÖKTÜRÜLMESİ.

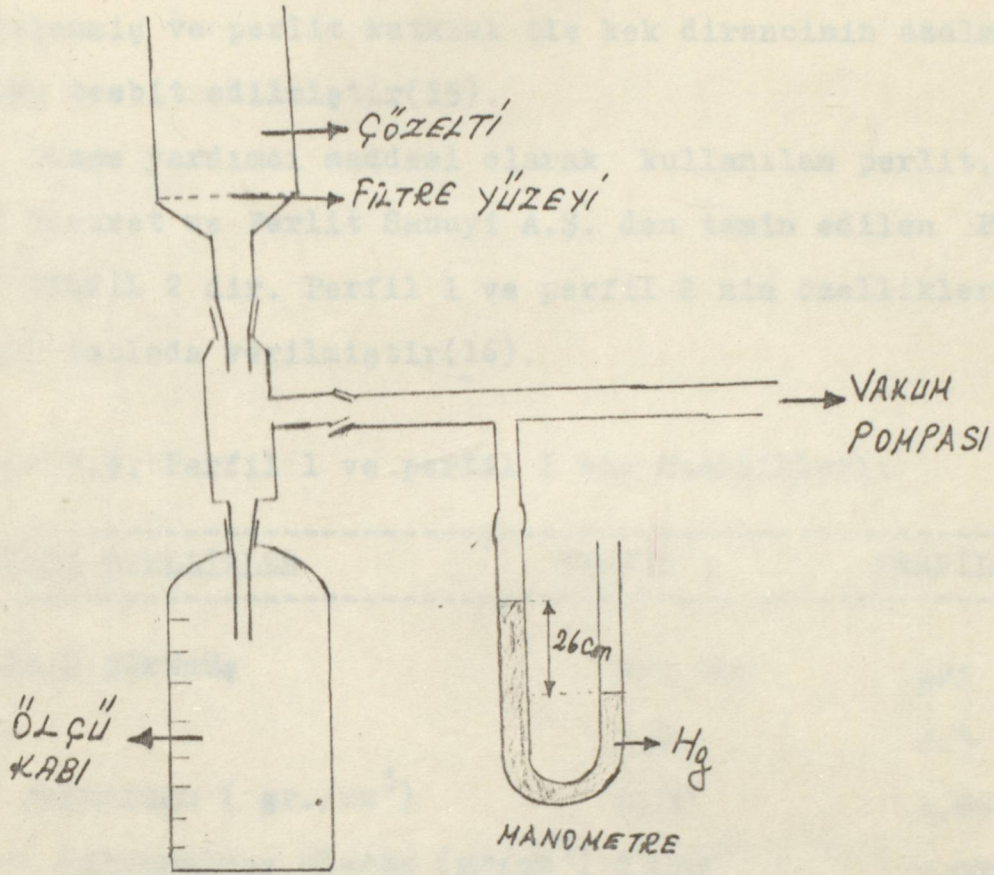
Tinkal konsantresindeki safsızlıklar, dolomit, Mg-montmorillonit ve volkanik tüf kalıntılarından ibarettir(1). Nötral ortamda ($pH \approx 7,5$) çözeltiye alındığında, safsızlıklar çözeltide ince dağılarak bir süspansiyon oluşturmaktadır. Safsızlıkların çöktürülmesi için karışıma uzun zincirli polielektrolit çözeltileri olan flokülan ilâve edilmiştir. Çok sayıda ticarî flokülan mevcuttur. Deneylerde İngiliz Allied Colloids firmasınca üretilen MAGNAFLOC R- 351 non iyonik flokülan kullanılmıştır.

Flokülan çözeltisi % 0,05 lik olarak hazırlanmıştır. Polielektrolit flokülanın suda güç çözünmesi nedeniyle, bir behere 200 ml. su konularak manyetik bir karıştırıcıda karıştırılırken hassas olarak tartılmış 0,1 gr. flokülan ilâve edilmiştir. Çözeltiye birkaç damla metanol katılarak çözünmenin kolaylaşması sağlanmıştır. Manyetik karıştırıcı 1 saat çalıştırılmış, sonuçta flokülanın çözündüğü anlaşılmıştır. Hazırlanan flokülan çözeltisi ile ön denemeler yapılarak 100 gr. tinkal konsantresi için kullanılması gereken en uygun flokülan çözeltisi hacmi tesbit edilmiştir. 100 gr. tinkal konsantresinden hazırlanan çözeltiye 40 ml. flokülan çözeltisi katıldığında oluşan flokların (yumak) sağlam ve çözeltinin berrak olduğu saptanmıştır.

3. 5. SÜZME (FİLTRASYON) DENEYLERİ.

Flokülan kullanılarak safsızlıkların çöktürülmesinden sonra, berrak kısım (karışımın 4/5 i) dekantasyonla ayrılmıştır. Kalan kısım 1/1 oranında su ile seyreltilmiş ve çevre sıcaklığında bir süre bekletilerek kristallenme olmadığı tesbit edilmiştir.

Süzme deneyleri vakumda yapılmıştır. Kullanılan cihaz laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Kullanılan filtre yüzeyi 44,2 cm² olup, Keçesan ın pamuklu ve polyester filtre bezleri denenmiş, asıl deneylerde pamuklu olan filtre bezi kullanılmıştır.



Şekil: 3.2. Vakum filtrasyon cihazı.

Çevre sıcaklığındaki karışımın vakumda filtrasyonu denenmiş ancak çok güç süzüldüğü tesbit edilmiştir. Bunun nedeninin çöken partiküllerin filtre bezinin gözeneklerini tıkayarak filtre bezi direncini artırması olduğu anlaşılmıştır.

Tinkal konsantresinin süzülmesi ve perlit katkısının etkisi ile kek direncinin azaltılabileceği TÜBİTAK tarafından yapılan bir çalışmada incelenmiştir. Bu çalışmada sabit basınç altında (1,5-2-3 kg./cm²) ve sıcakta (95-100 °C) doğrudan doğruya tinkal çözeltisinin süzülmesi

incelenmiş ve perlit katkısı ile kek direncinin azalmakta olduğu tesbit edilmiştir(15).

Süzme yardımcı maddesi olarak kullanılan perlit, PA-BALK Ticaret ve Perlit Sanayi A.Ş. den temin edilen PERFİL 1 ve PERFİL 2 dir. Perfil 1 ve perfil 2 nin özellikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir(16).

Tablo: 3.3. Perfil 1 ve perfil 2 nin özellikleri:

FİZİKSEL ÖZELLİKLER	PERFİL 1	PERFİL 2
Fiziksel görünüş	gri toz	gri toz
pH	7,7	8,3
Tane yoğunluğu (gr./cm ³)	2,20	1,86
Gevşek doldurulmuş olarak (gr/cm ³)	0,063	0,073
Sıkıştırılmış olarak "	0,123	0,136
Tane irilik dağılımı (%)		
50 den büyük	—	21,5
40-50	—	8,0
30-40	1,5	16,0
20-30	12,0	40,0
10-20	76,0	8,0
10 den küçük	10,0	6,5
Yaklaşık yüzey alanı (cm ² /gr)	15900	9200
Gözeneklilik (%)	85	85
Çözünürlük	pH sı 4-9 arasında olan	
Ergime noktası °C	sıvılarda emniyetle kul.	
	1295	1295

Tablo: 3.4. Perfil süzme yardımcı maddelerinin kimyasal analizi(16).

SiO ₂ : %	74,00
Al ₂ O ₃ : %	14,33
Na ₂ O : %	2,40
K ₂ O : %	4,95
MgO : %	0,28
CaO : %	0,50
Fe ₂ O ₃ : %	0,97
Nem : %	0,32
Yakma kaybı : %	1,70

3.6. DENEYLERİN YAPILMASI VE ELDE EDİLEN DEĞERLER.

3.6.1. Optimum precoat kalınlığının saptanması:

Optimum precoat kalınlığının tesbiti için yapılan deneylerde Body aid miktarı sabit tutularak precoat kalınlıkları değiştirilmiştir. Her precoat kalınlığında en az üç deneme yapılmıştır. Sonuçta 4 mm. Precoat kalınlığında uygun süzme hızı ve berrak süzüntü elde edilmiştir.

Deneylerde 260 mm Hg vakumda çalışılmış, 100 gr. tinkal konsantresi kullanılmış, precoat olarak perfil 2 , Body aid olarak da profil 1 kullanılmıştır.

DENEY NO: 1

Tinkal: 100 gr., ($-\Delta P$): 260 mm Hg., precoat: 2 mm perfil 2

V	t_1	t_2	t_3	ΔV	Δt_1	Δt_2	Δt_3	$\frac{\Delta t_1}{\Delta V}$	$\frac{\Delta t_2}{\Delta V}$	$\frac{\Delta t_3}{\Delta V}$	$\bar{V}$
50	34	33	30	50	34	33	30	0,68	0,66	0,60	28
100	98	96	93	50	64	63	63	1,28	1,26	1,26	75
150	184	181	172	50	86	85	79	1,72	1,70	1,58	125
200	283	278	268	50	99	97	96	1,98	1,94	1,92	175
250	418	411	397	50	135	133	129	2,70	2,66	2,58	225
300	590	582	566	50	172	171	169	3,44	3,42	3,38	275

Süzüntü: Az berrak (bulanık)

DENEY NO: 2

Tinkal: 100 gr., ($-\Delta P$): 260 mm Hg., precoat: 3 mm perfil 2

V	t_1	t_2	t_3	ΔV	Δt_1	Δt_2	Δt_3	$\frac{\Delta t_1}{\Delta V}$	$\frac{\Delta t_2}{\Delta V}$	$\frac{\Delta t_3}{\Delta V}$	$\bar{V}$
50	32	30	31	50	32	30	31	0,64	0,60	0,62	25
100	98	90	94	50	66	60	63	1,32	1,20	1,26	75
150	191	179	187	50	93	89	93	1,86	1,78	1,86	125
200	341	318	336	50	150	139	149	3,0	2,78	2,98	175
250	514	488	506	50	173	170	170	3,46	3,40	3,40	225
300	675	702	693	50	188	187	187	3,76	3,74	3,74	275

Süzüntü: Tam berrak değil (az bulanık)

DENEY NO: 3

Tinkal: 100 gr., $(-\Delta P)$:260 mm Hg., precoat: 4 mm perfil 2

V	t_1	t_2	t_3	ΔV	Δt_1	Δt_2	Δt_3	$\frac{\Delta t_1}{\Delta V}$	$\frac{\Delta t_2}{\Delta V}$	$\frac{\Delta t_3}{\Delta V}$	$\bar{V}$
50	29	30	30	50	29	30	30	0,58	0,60	0,60	25
100	85	88	89	50	56	58	59	1,12	1,16	1,18	75
150	158	163	174	50	73	75	85	1,46	1,50	1,70	125
200	268	280	291	50	110	117	117	2,20	2,34	2,34	175
250	376	392	406	50	108	112	115	2,16	2,24	2,30	225
300	531	552	576	50	155	160	170	3,10	3,20	3,40	275

Süzüntü: Berrak.

3.6.2. Optimum body aid miktarının saptanması:

4 mm precoat kalınlığında, body aid miktarları değiştirilerek deneyler yapılmıştır.

DENEY NO: 4

Tinkal:100 gr., $(-\Delta P)$:260 mm Hg., body aid: 5 gr. perfil 2

Süzüntü: Berrak ,

precoat : 4 mm perfil 2

V	t_1	t_2	t_3	ΔV	Δt_1	Δt_2	Δt_3	$\frac{\Delta t_1}{\Delta V}$	$\frac{\Delta t_2}{\Delta V}$	$\frac{\Delta t_3}{\Delta V}$	$\bar{V}$
50	24	26	22	50	24	26	22	0,48	0,52	0,44	25
100	62	70	63	50	38	44	41	0,76	0,88	0,82	75
150	109	122	110	50	47	52	47	0,94	1,04	0,94	125
200	173	192	169	50	64	70	59	1,28	1,40	1,18	175
250	244	268	230	50	71	76	61	1,42	1,52	1,22	225
300	337	355	307	50	93	87	77	1,86	1,74	1,54	275
350	440	469	398	50	103	114	91	2,06	2,28	1,82	325
400	--	585	510	50	--	116	112	--	2,32	2,24	375

DENEY NO: 5

Tinkal:100 gr. , (- ΔP):260 mm Hg., body aid: 6 gr. perfil 2

Süzüntü: Berrak, precoat : 4 mm perfil 2

V	t_1	t_2	t_3	ΔV	Δt_1	Δt_2	Δt_3	$\frac{\Delta t_1}{\Delta V}$	$\frac{\Delta t_2}{\Delta V}$	$\frac{\Delta t_3}{\Delta V}$	$\bar{V}$
50	12	11	10	50	12	11	10	0,24	0,22	0,20	25
100	40	37	33	50	28	26	23	0,56	0,52	0,46	75
150	80	76	69	50	40	39	36	0,80	0,78	0,72	125
200	122	113	104	50	42	37	35	0,84	0,74	0,70	175
250	168	164	152	50	46	51	48	0,92	1,02	0,96	225
300	218	213	201	50	50	49	49	1,00	0,98	0,98	275
350	288	273	258	50	70	60	57	1,40	1,20	1,14	325

DENEY NO: 6

Tinkal:100 gr., (- ΔP):260 mm Hg., body aid: 7 gr. perfil 2

Süzüntü :Berrak precoat : 4 mm perfil 2

V	t_1	t_2	t_3	ΔV	Δt_1	Δt_2	Δt_3	$\frac{\Delta t_1}{\Delta V}$	$\frac{\Delta t_2}{\Delta V}$	$\frac{\Delta t_3}{\Delta V}$	$\bar{V}$
50	7	7	7	50	7	7	7	0,14	0,14	0,14	25
100	21	22	23	50	14	15	16	0,28	0,30	0,32	75
150	41	41	43	50	20	19	20	0,40	0,38	0,40	125
200	64	65	71	50	23	24	28	0,46	0,48	0,56	175
250	91	92	102	50	27	27	31	0,54	0,54	0,62	225
300	123	121	131	50	32	29	29	0,64	0,58	0,58	275
350	158	153	164	50	35	32	33	0,70	0,64	0,66	325

DENEY NO: 7

tinkal: 10⁰ gr., (-ΔP): 260 mm Hg., body aid : 8 gr. perfil 2

süzüntü: Berrak,

precoat : 4 mm perfil 2

V	t ₁	t ₂	t ₃	ΔV	Δt ₁	Δt ₂	Δt ₃	$\frac{\Delta t_1}{\Delta V}$	$\frac{\Delta t_2}{\Delta V}$	$\frac{\Delta t_3}{\Delta V}$	$\bar{V}$
50	5	5	6	50	5	5	6	0,1	0,1	0,12	25
100	16	17	17	50	11	12	11	0,22	0,24	0,22	75
150	29	30	31	50	13	13	14	0,26	0,26	0,28	125
200	46	48	48	50	17	18	17	0,34	0,36	0,34	175
250	67	68	68	50	21	20	20	0,42	0,4	0,4	225
300	88	89	88	50	21	21	20	0,42	0,42	0,4	275
350	111	115	114	50	23	26	26	0,46	0,52	0,52	325

3.6.3. Perlit cinsinin etkisi:

DENEY NO: 8

Tinkal: 200 gr., (-ΔP): 260 mm Hg., body aid: 8 gr. perfil 1

süzüntü : Berrak,

precoat : 4 mm .profil 1

V	t ₁	t ₂	t ₃	ΔV	Δt ₁	Δt ₂	Δt ₃	$\frac{\Delta t_1}{\Delta V}$	$\frac{\Delta t_2}{\Delta V}$	$\frac{\Delta t_3}{\Delta V}$	$\bar{V}$
50	31	28	32	50	31	28	32	0,62	0,56	0,64	25
100	85	79	87	50	54	51	55	1,08	1,02	1,10	75
150	158	151	161	50	73	72	74	1,46	1,44	1,48	125
20 ⁰	257	245	264	50	99	94	103	1,98	1,88	2,06	175
250	368	352	372	50	121	108	108	2,22	2,14	2,16	225
300	520	502	528	50	152	150	156	3,04	3,0	3,12	275
350	704	691	721	50	184	189	193	3,68	3,78	3,86	325

3.6.4. Uygulanan vakumun etkisi:

Tink

DENEY NO: 9

Tinkal: 200 gr., ($-\Delta P$): 260 mm Hg., body aid: 10 gr. profil 1
 süzüntü : berrak., precoat: 4mm profil 2

V	t_1	t_2	ΔV	Δt_1	Δt_2	$\frac{\Delta t_1}{\Delta V}$	$\frac{\Delta t_2}{\Delta V}$	$\bar{V}$
50	9	8	50	9	8	0,18	0,16	25
100	27	25	50	18	17	0,36	0,34	75
150	51	49	50	24	24	0,48	0,48	125
200	81	79	50	30	30	0,60	0,60	175
250	119	116	50	38	37	0,76	0,74	225
300	164	160	50	45	44	0,90	0,88	275
350	213	210	50	49	50	0,98	1,00	325

DENEY NO: 10

Tinkal: 200 gr., ($-\Delta P$): 360 mm Hg., body aid: 10 gr. profil 1
 Süzüntü: Berrak., precoat : 4 mm profil 2

V	t_1	t_2	ΔV	Δt_1	Δt_2	$\frac{\Delta t_1}{\Delta V}$	$\frac{\Delta t_2}{\Delta V}$	$\bar{V}$
50	7	7	50	7	7	0,14	0,14	25
100	19	18	50	12	11	0,24	0,22	75
150	36	34	50	17	16	0,34	0,32	125
200	58	56	50	22	22	0,44	0,44	175
250	85	83	50	27	27	0,54	0,54	225
300	120	116	50	35	33	0,70	0,66	275
350	158	155	50	38	39	0,76	0,78	325

DENEY NO: 11

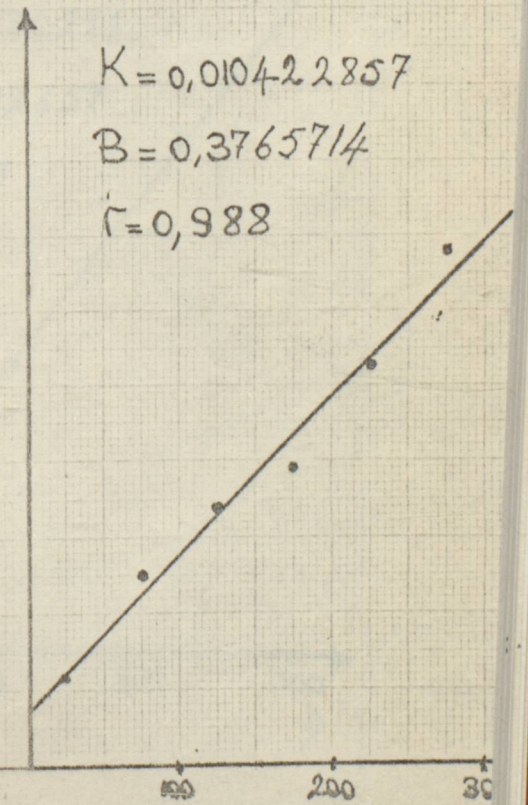
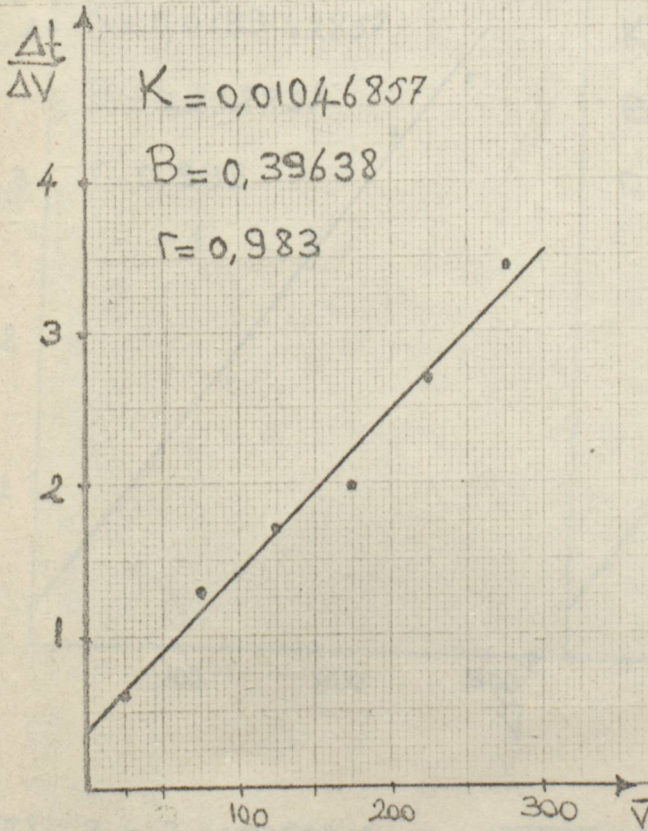
Tinkal:200 gr., ($-\Delta P$):460 mm Hg., body aid: 10 gr. perfil 1

Süzüntü: Berrak.,

precoat:4 mm perfil 2

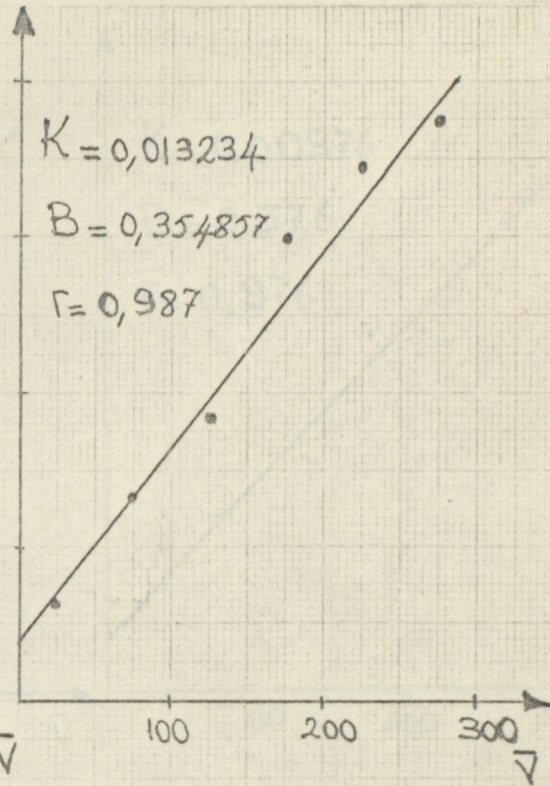
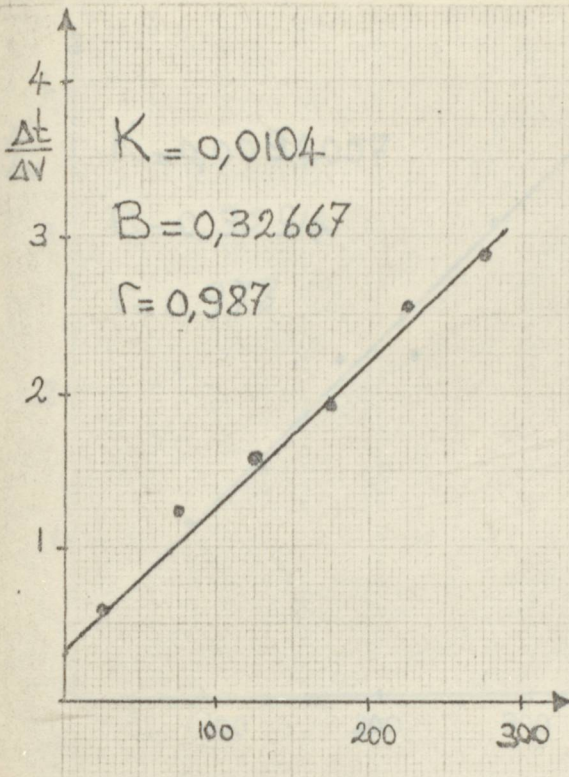
V	t_1	t_2	ΔV	Δt_1	Δt_2	$\frac{\Delta t_1}{\Delta V}$	$\frac{\Delta t_2}{\Delta V}$	$\bar{V}$
50	6	6	50	6	6	0,12	0,12	25
100	16	16	50	10	10	0,20	0,20	75
150	30	33	50	14	17	0,28	0,34	125
200	50	53	50	20	20	0,40	0,40	275
250	74	77	50	24	24	0,48	0,48	275
300	105	108	50	31	31	0,62	0,62	275
350	138	142	50	33	34	0,66	0,68	325

3.6.5. Deney sonuçlarının grafikleri:



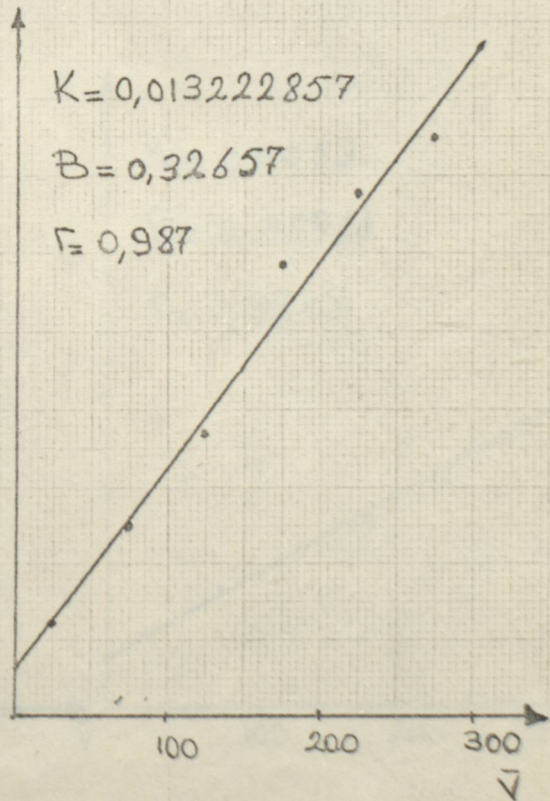
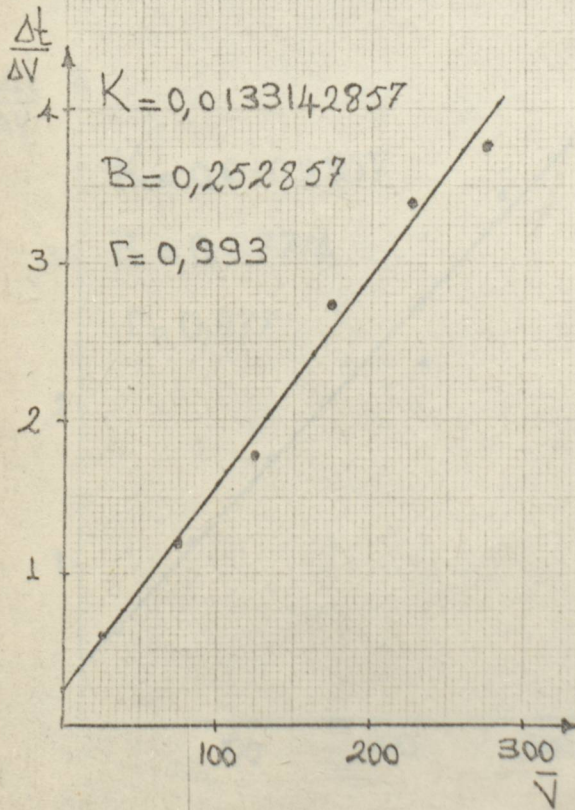
DENEY 1 - 1 grafiği

DENEY 1 - 2 grafiği



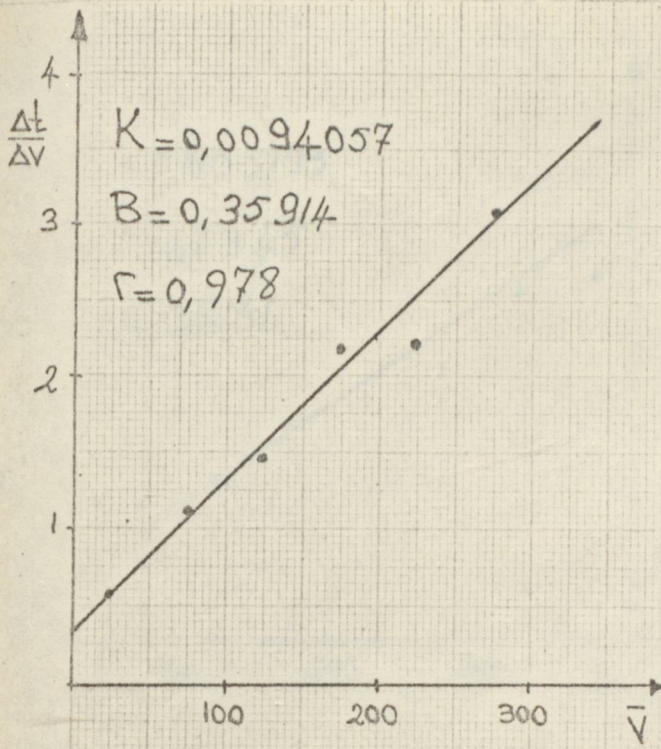
DENEY 1, - 3 grafiği

DENEY 2 - 1 grafiği

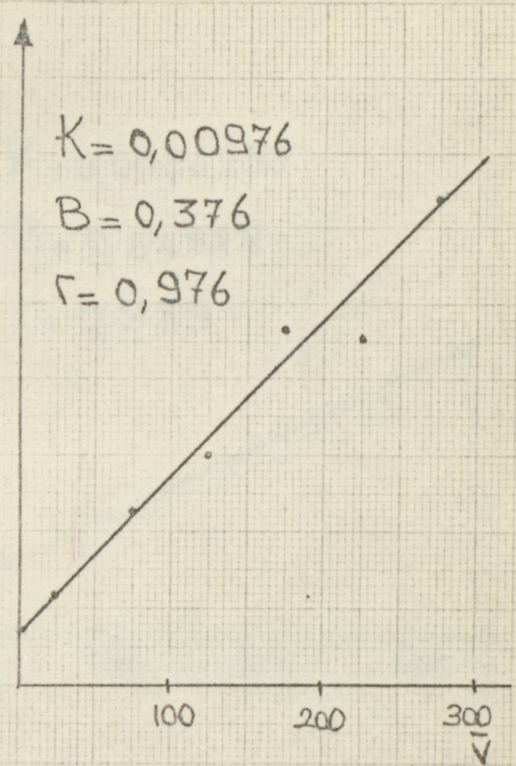


DENEY 2 - 2 grafiği

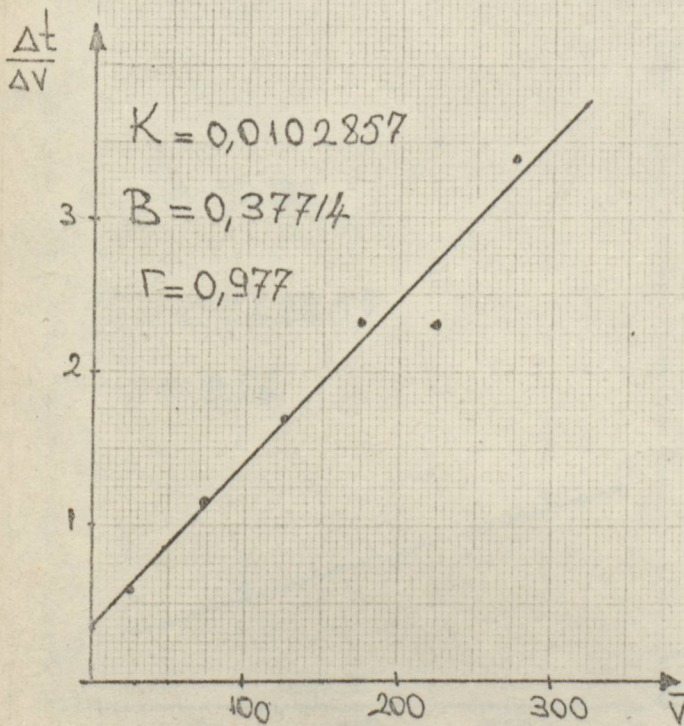
DENEY 2 - 3 grafiği



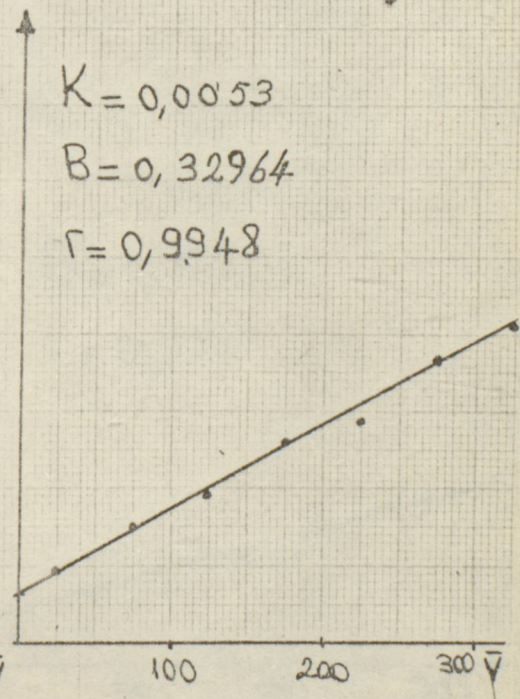
DENEY 3 - 1 grafiği



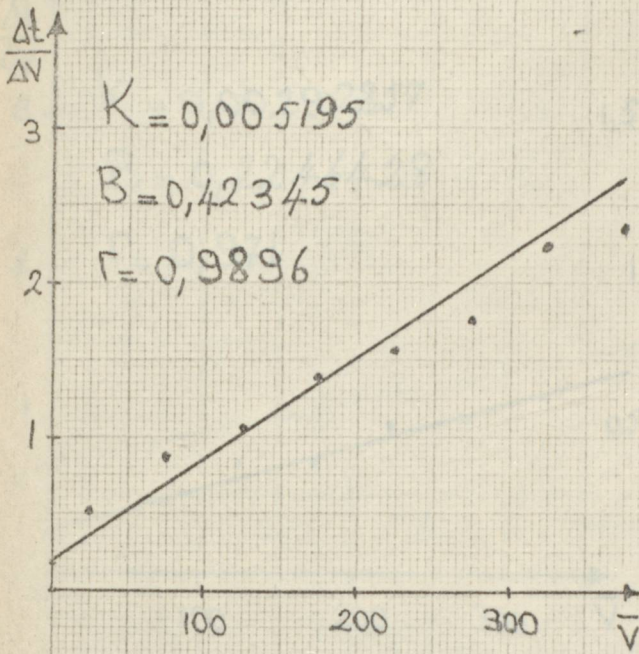
DENEY 3 - 2 grafiği



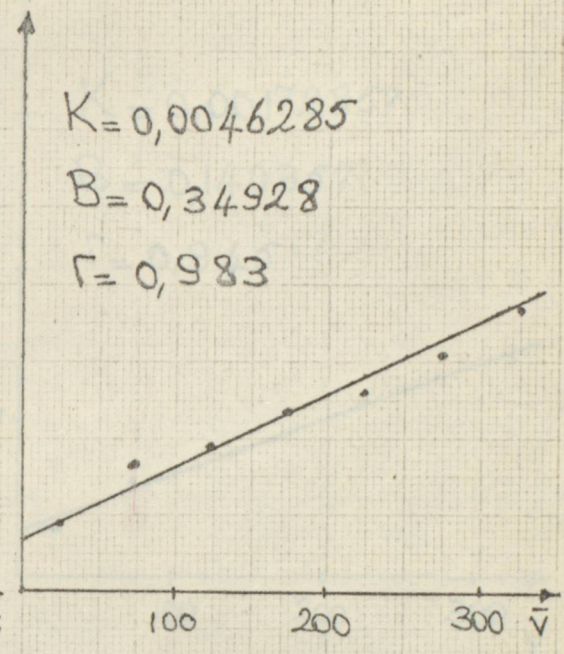
DENEY 3 - 3 grafiği



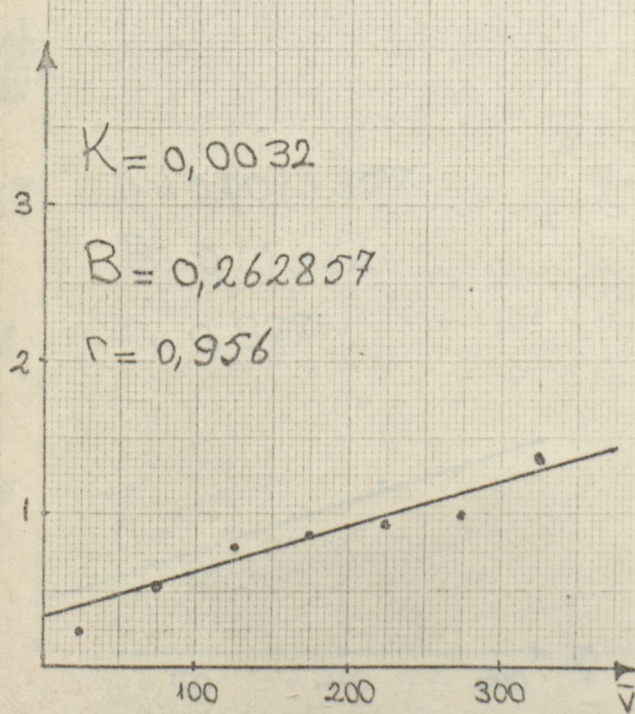
DENEY 4 - 1 grafiği



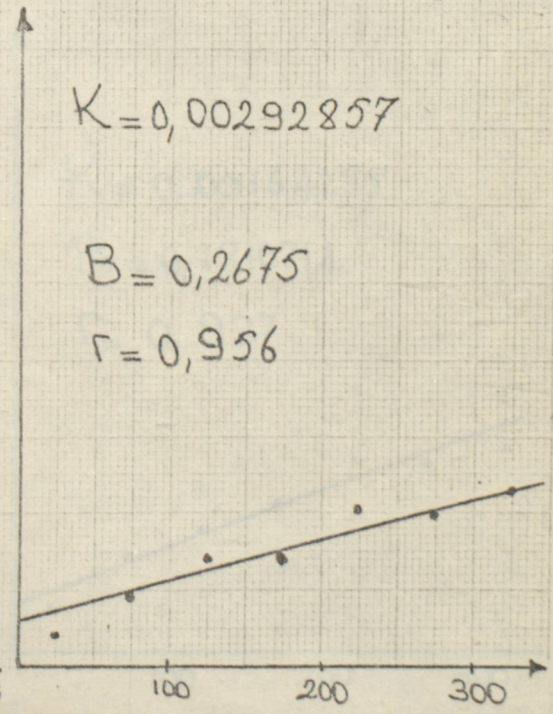
DENEY 4 - 2 grafiği



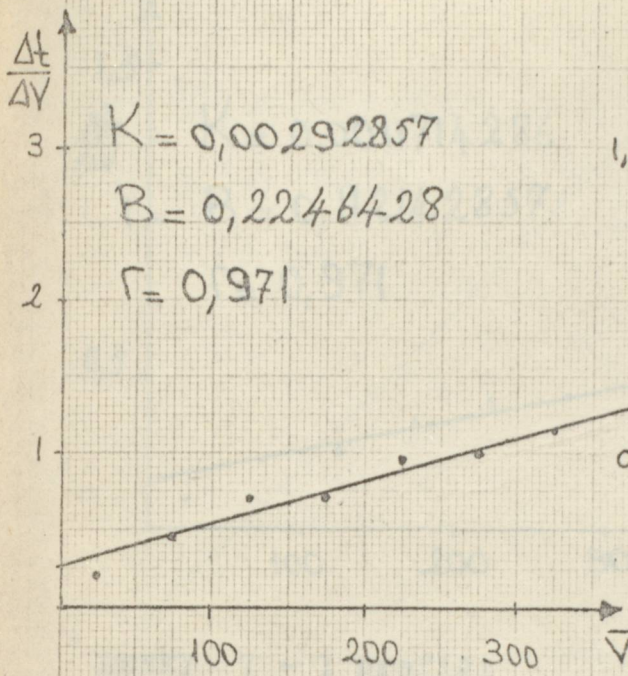
DENEY 4 - 3 grafiği



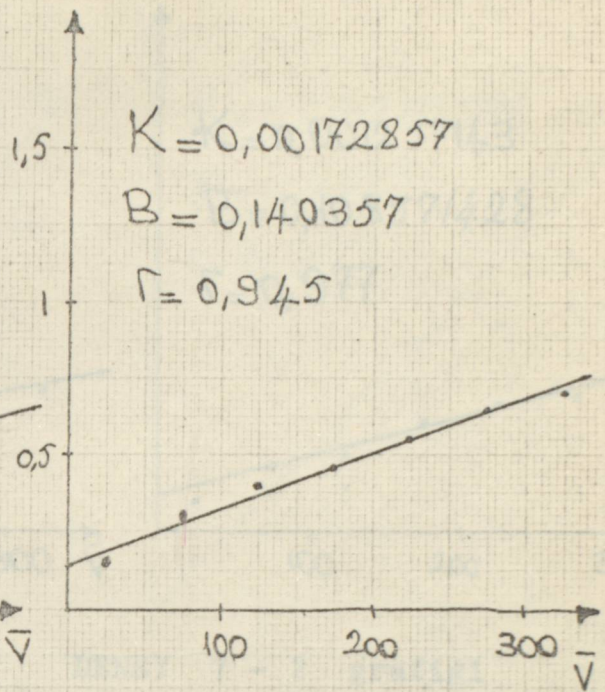
DENEY 5 - 1 grafiği



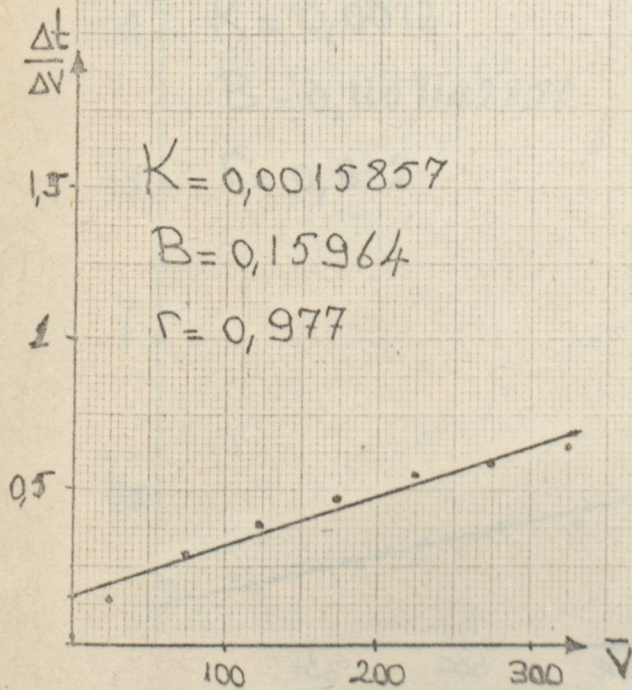
DENEY 5 - 2 grafiği



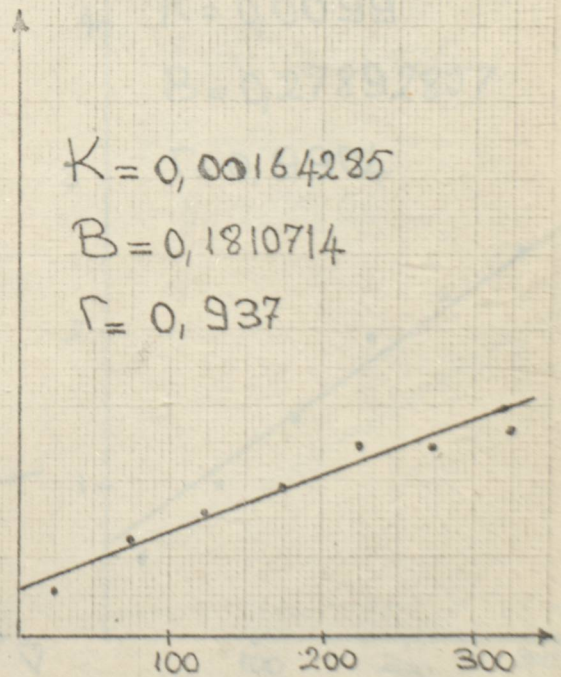
DENEY 5 - 3 grafiği



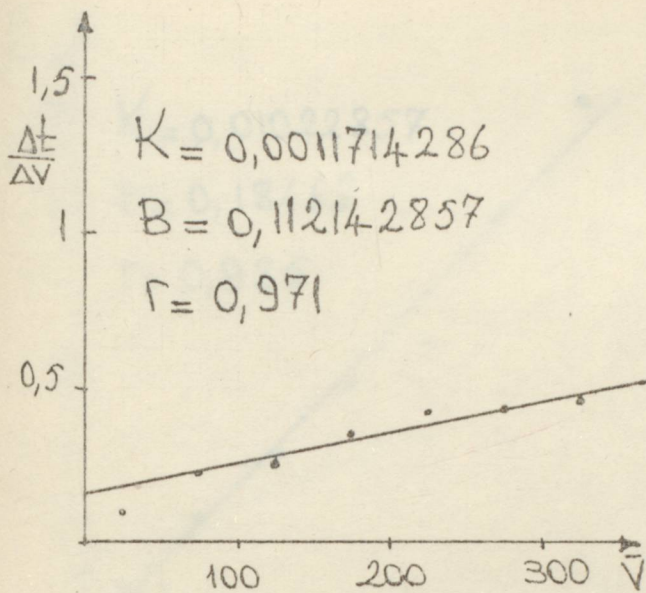
DENEY 6 - 1 grafiği



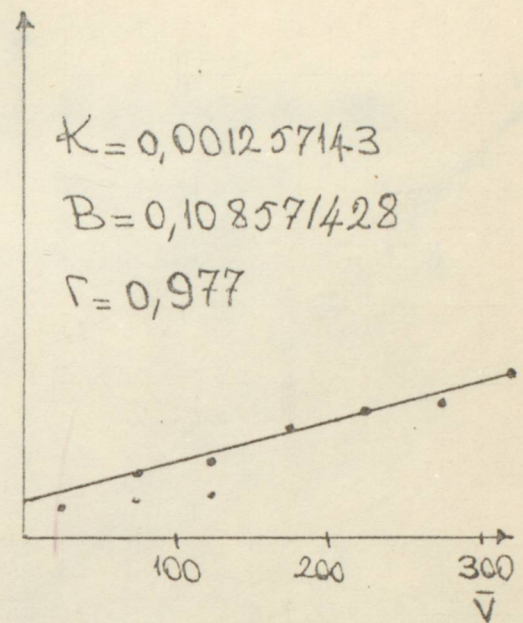
DENEY 6 - 2 grafiği



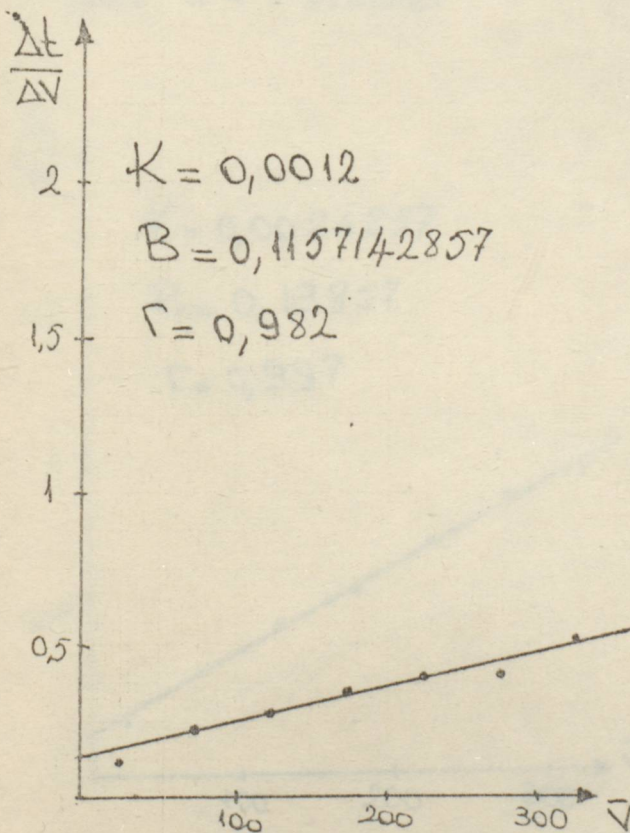
DENEY 6 - 3 grafiği



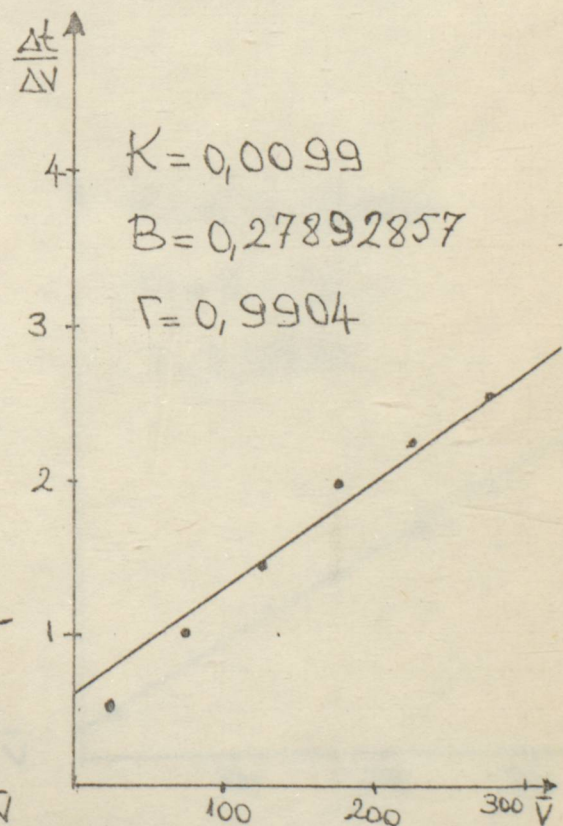
DENEY 7 - 1 grafiği



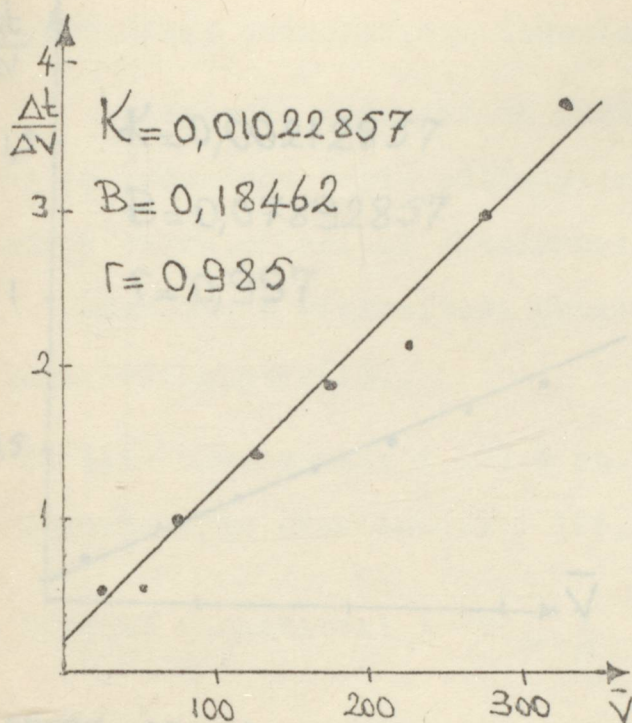
DENEY 7 - 2 grafiği



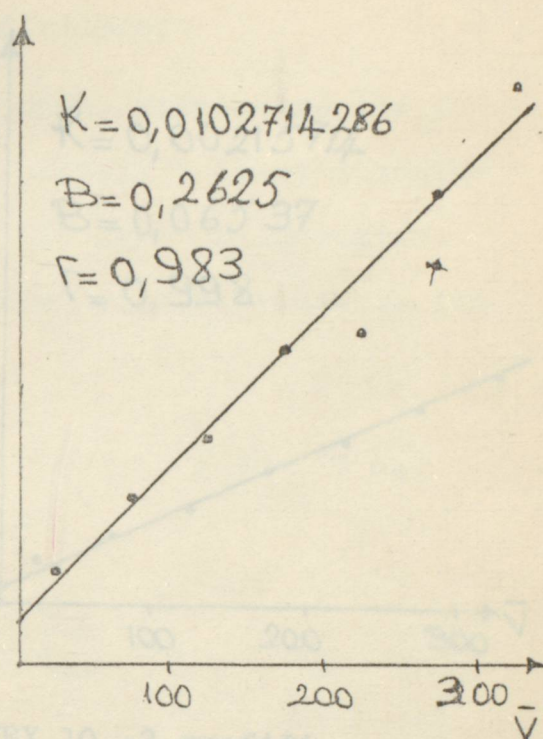
DENEY 7 - 3 grafiği



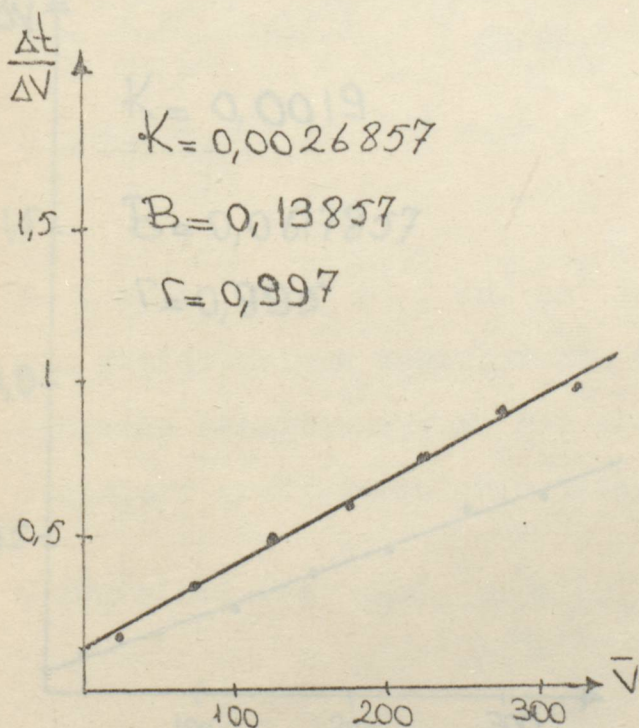
DENEY 8 - 1 grafiği



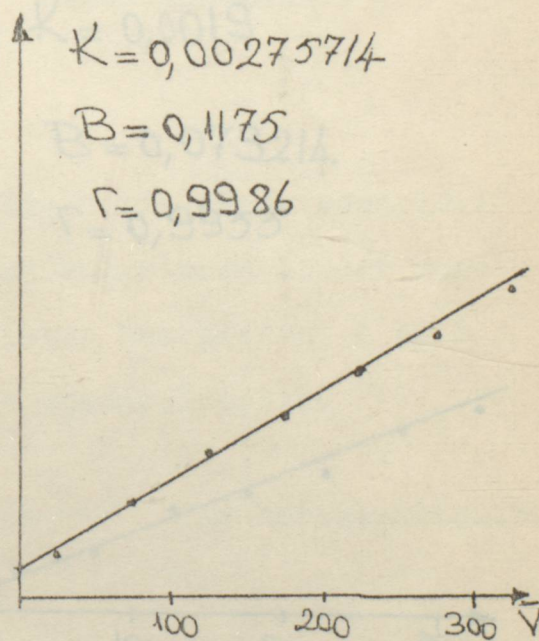
DENEY 8 - 2 grafiği



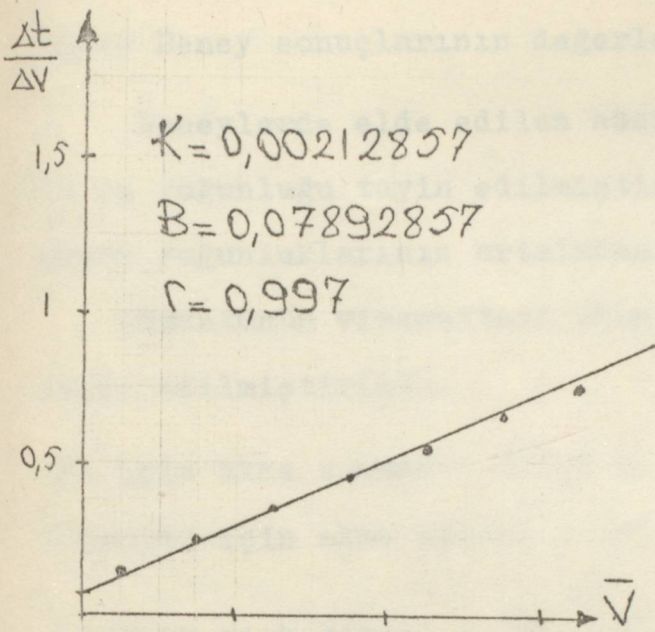
DENEY 8 - 3 grafiği



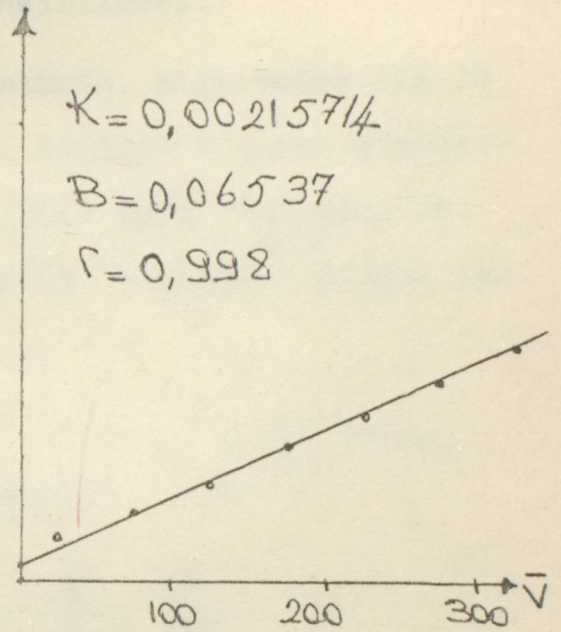
DENEY 9 - 1 grafiği



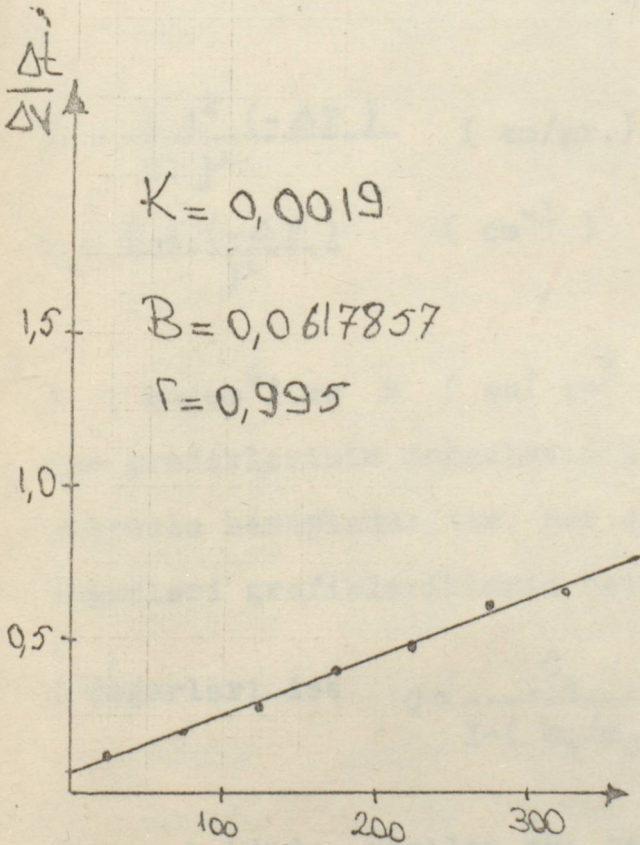
DENEY 9 - 2 grafiği



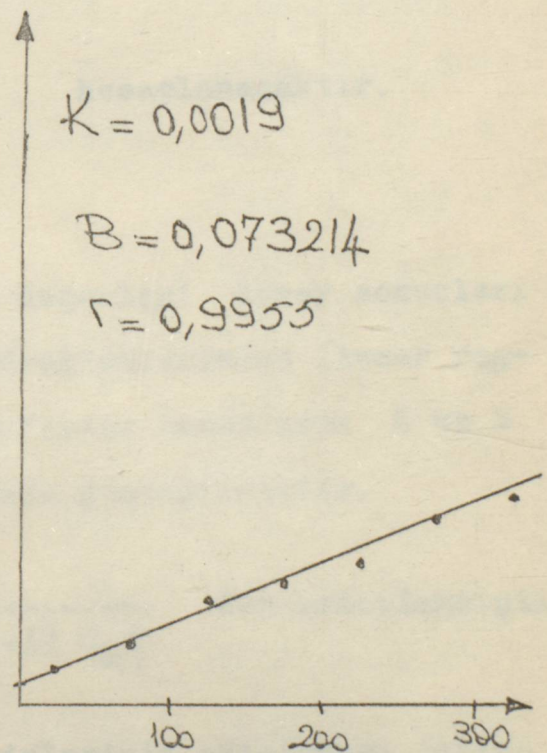
DENEY 10 - 1 grafiği



DENEY 10 - 2 grafiği



DENEY 11 - 1 grafiği



DENEY 11 - 2 grafiği

3.6.6 Deney sonuçlarının değerlendirilmesi:

Deneylerde elde edilen süzüntünün, piknometre ile 20 °C da yoğunluğu tayin edilmiştir. Değişik 5 deney süzüntüsünün yoğunluklarının ortalaması 1060 kg/m^3 bulunmuştur.

Süzüntünün viskozitesi Ubbelohde viskozite cihazı ile tayin edilmiştir(17).

Su için akma zamanı : 107,6 sn. (20 °C da)

Süzüntü için akma zamanı : 126,8 sn.

Süzüntü viskozitesi : $\mu = \frac{\rho}{\rho_{su}} \cdot \frac{t}{t_{su}} \cdot \mu_{su}$

$$\mu = \frac{(1060)(126,8)}{(998,2)(107,6)} \cdot 1,002 \cdot 10^{-3} = 1,2539 \cdot 10^{-3} \text{ kg/ m sn}$$

$$\alpha = \frac{K \cdot A^2 \cdot (-\Delta P)}{C \cdot \mu} \quad (\text{ cm/gr.})$$

hesaplanacaktır.

$$R_m = \frac{B \cdot A \cdot (-\Delta P)}{\mu} \quad (\text{ cm}^{-1})$$

K (sn/cm⁶) ve B (sn/ cm³) değerleri deney sonuçlarının grafiklerinin doğrularının denklemlerinden lineer regresyonla hesaplanmıştır. Her grafikten hesaplanan K ve B değerleri grafikleriklerin üstünde gösterilmiştir.

C değerleri ise $C = \frac{C_s}{1 - (m_F/m_C - 1) C_s/\rho}$ den hesaplanmıştır.

Filtre kekinde yapılan nem tayinlerinin ortalaması alınmış ve yaklaşık % 30 nem bulunmuştur.

Tablo: 3-5 Toplu deney sonuçları:

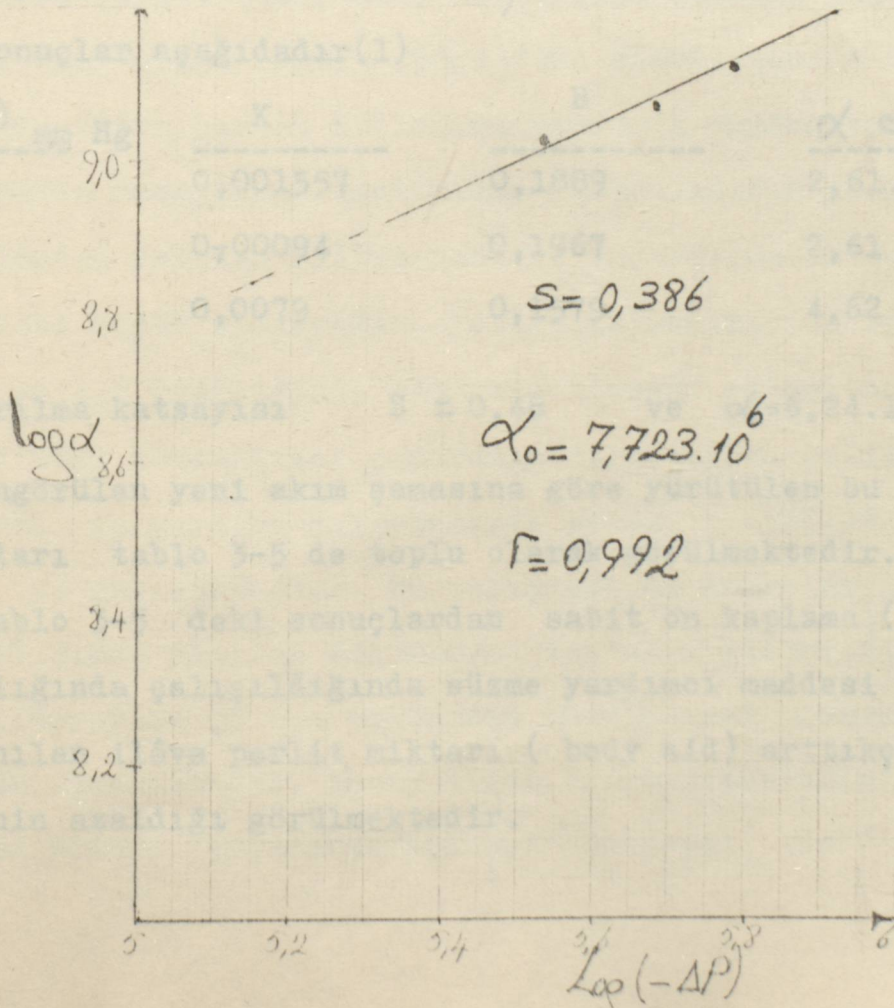
DENEY NO	K (sn/cm ⁶)	B (sn/cm ³)	r	C (gr/cm ³)	α (cm/gr)	R _m (1/cm)
1-1	0,0110468	0,3964	0,983	0,101175	5,5810 ⁹	4,8.10 ⁸
1-2	0,0104228	0,3765	0,988	"	5,56 "	4,6 "
1-3	0,0104	0,32667	0,987	"	5,54 "	4,0 "
2-1	0,013234	0,3548	0,987	0,11195	6,38 "	4,3 "
2-2	0,013314	0,2528	0,993	"	6,42 "	3,2 "
2-3	0,0132228	0,3265	0,987	"	6,38 "	4,0 "
3-1	0,0094057	0,3591	0,978	0,1235	4,12 "	4,4 "
3-2	0,00976	0,376	0,976	"	4,16 "	4,6 "
3-3	0,0102857	0,3771	0,977	"	4,42 "	4,6 "
4-1	0,0053	0,3296	0,995	0,1358	2,1 "	4,0 "
4-2	0,005195	0,4234	0,989	"	2,06 "	5,1 "
4-3	0,0046285	0,3493	0,983	"	1,94 "	4,3 "
5-1	0,0032	0,2628	0,956	0,14905	1,16 "	3,2 "
5-2	0,002928	0,2675	0,957	"	1,06 "	3,3 "
5-3	0,002928	0,2246	0,973	"	1,06 "	2,7 "
6-1	0,001728	0,1403	0,945	0,16328	0,56 "	1,8 "
6-2	0,0015857	0,1596	0,977	"	0,52 "	2,0 "
6-3	0,0016428	0,1811	0,938	"	0,54 "	2,2 "
7-1	0,0011714	0,1121	0,972	0,17865	0,36 "	1,4 "
7-2	0,00125714	0,1086	0,977	"	0,36 "	1,3 "
7-3	0,001200	0,1157	0,983	"	0,36 "	1,4 "
8-1	0,009900	0,2789	0,991	0,1235	4,32 "	3,4 "
8-2	0,0102285	0,1846	0,985	"	4,44 "	2,3 "
8-3	0,0102714	0,2625	0,984	"	4,48 "	3,2 "

9-1	0,0026857	0,1385	0,997	0,1358	$1,068 \cdot 10^9$	$1,7 \cdot 10^8$
9-2	0,002757	0,1175	0,998	"	1,088 "	1,44 "
10-1	0,002128	0,0789	0,997	"	1,172 "	1,34 "
10-2	0,002157	0,0654	0,998	"	1,184 "	1,11 "
11-1	0,00190	0,0618	0,995	"	1,334 "	1,34 "
11-2	0,00190	0,0732	0,996	"	1,334 "	1,58 "

Bastırılma katsayısının hesabı: $\alpha = \alpha_0 \cdot (-\Delta P)^S$

$\log \alpha = \log \alpha_0 + S \log (-\Delta P)$ şeklinde yazılabilir.

Absise $(-\Delta P)$ değerleri (dyn/cm^2), ordinata değerleri konularak çizilen logaritmik grafiğin eğiminden bastırılma katsayısı, ordinatı kestiği noktadan değeri hesaplanır. Korelasyon katsayısı (r) grafiğin doğru olduğunu göstermektedir.



4. TARTIŞMA VE SONUÇ.

4,1. ELDE EDİLEN SONUÇLARIN İNCELENMESİ.

Tinkal çözeltisinin doğrudan doğruya filtrasyonu hemen hemen imkânsız olmaktadır. Ancak süzme yardımcı maddesi olarak perlit kullanılması ile işlemde süzme kolaylığı gayet belirgin olmaktadır. Nitekim süzme yardımcı maddesi kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen grafiksel noktaların oluşturduğu doğrular çok daha lineer olmaktadır(15)

TÜBİTAK tarafından başlatılan tinkal konsantresi çamuru nun süzülmesi çalışmalarının sonuçları ile bu çalışmada elde edilen sonuçların karşılaştırılması yapılacaktır.

TÜBİTAK taki çalışmalarda floküle edilen tinkal konsantresinin berrak kısmı (yarısı) dekanete edilmiş, çökelti içeren diğer yarısı sıcakta (60 °C), vakumda filtre edilmiştir. Alınan sonuçlar aşağıdadır(1)

$(-\Delta P)$ mm Hg	K	B	α cm/gr	R_m cm ⁻¹
160	0,001557	0,1889	$2,61 \cdot 10^9$	$1,710^8$
260	0,00094	0,1967	2,61 "	2,9 "
560	0,0079	0,1579	4,62 "	5,1 "

Bastırılma katsayısı $S = 0,48$ ve $\alpha_0 = 6,24 \cdot 10^6$ cm/gr.

Öngörülen yeni akım şemasına göre yürütülen bu çalışmanın sonuçları tablo 3-5 de toplu olarak görülmektedir.

Tablo 3-5 deki sonuçlardan sabit ön kaplama (precoat) kalınlığında çalışıldığında süzme yardımcı maddesi olarak kullanılan ilâve perlit miktarı (body aid) arttıkça kek direncinin azaldığı görülmektedir.

Precoat	Body aid (kg/ton tinkal)		(cm/gr)
-----	-----	-----	-----
4 mm perfil 2	50	Perfil 2	$2,06.10^9$
4 mm perfil 2	60	"	1,18 "
4 mm perfil 2	70	"	0,56 "
4 mm perfil 2	80	"	0,36 "
4 mm perfil 2	50	Perfil 1	1,068 "

Bastırılma katsayısı $S = 0,386$ ve $\alpha_0 = 7,723.10^6$ cm/gr

Aynı vakumda, 4 mm ön kaplama kalınlığında yapılan çalışmada bulunan kek direncinin

50 kg/ton tinkal Perfil 2 kullanılması ile 1,25 katı

80 kg/ton " " " " 7,5 katı

50 " " Perfil 1 " " 2,5 katı

azaldığı görülmektedir.

İlâve perlit (body aid) miktarının artması ile kek direncinin azalmasına rağmen 50 kg/ton tinkal perlit değerinin üstünde ilâve perlit kullanımı ekonomik olmamaktadır. Bu çalışmada hesaplanan bastırılma katsayısının perlit kullanılmadan yapılan filtrasyondaki bastırılma katsayısından daha küçük olduğundan, perlit kullanımı ile kekin bastırılabilir özelliğinin azaltılabileceği anlaşılmaktadır.

Tinkal konsantresi çamurunun filtrasyonu çalışmalarında TÜBİTAK ça yapılan çalışmalarda yüksek sıcaklıklarda (60°C) çalışılmıştır. Bu çalışmada ki sonuçlar ise çevre sıcaklığında yapılan filtrasyon dan elde edilmiştir.

Filtrasyona pH nın etkisinin incelenmesi proses açısından mümkün olmamaktadır. Ancak diğer bor bileşiklerinin üretim proseslerinde yapılacak çalışma sonuçları ile bu

çalışmanın sonuçlarının karşılaştırılması mümkün olabilecektir.

4.2. SONUÇ VE ÖNERİLER.

Borik asit üretiminin bu çalışmada öngörülen yeni akım şemasına göre yapılması, ~~kek~~ kek direncinin azalması, daha temiz bir atık elde edilmesi, filtrasyon kolaylığı sağlama açısından uygulamada daha avantajlı görülmektedir.

Vakum filtrasyonu sürekli çalışan filtrelerin (vakum band filtre ve döner filtre) kullanılmasına olanak sağladığından endüstride tercih edilmektedir. Otomatik basınçlı filtreler henüz yeni gelişmektedir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlarla saatte 1 ton tinkal konsantresi kullanan üretim tesisinde filtre yüzeyinin hesaplanması yapılabilir.

saatte 1 ton tinkal konsantresi için :

200 gr. Flokulan (Magnafloc R-351)

90 kg perlit (40 kg Perfil 2 precoat, 50 kg perfil 1 body aid)

Keçesan pamuklu filtre bezi kullanıldığında ve $(-\Delta P) = 260$ mm Hg şartlarında :

$$A = \frac{V}{t_c} \cdot \left[\frac{C \cdot t_c \cdot \mu \cdot \alpha}{2 \cdot f \cdot (-\Delta P)} \right]^{1/2}$$

$$\frac{V}{t_c} = \text{Besleme hızı} \left(\frac{C_s}{C} \right)$$

C_s : 85 kg/m³ ve C 135,8 kg/m³ değerleri kullanılarak

$$\frac{V}{t_c} = \frac{2}{3600} \frac{m^3}{sn} \frac{85}{135,8} = \underline{\underline{3,477 \cdot 10^{-4} \frac{m^3}{sn}}}$$

$$f = 1/3 \quad t_c = 5 \text{ dak} = 300 \text{ sn.} \quad \alpha = 1,088 \cdot 10^{10} \text{ m/kg}$$

$$A = 3477 \cdot 10^4 \left[\frac{135,8 \cdot 300 \cdot 1,2539 \cdot 10^3 \cdot 1,088 \cdot 10^{10}}{2(1/3) \cdot (34662)} \right]^{1/2} = \underline{\underline{1,705 \text{ m}^2}}$$

Bu yüzey sınıf olarak uygulanabilir bir yüzeydir.

Yeni akım şemasının uygulanması, 1 ton tinkal başına 1 ton ilâve evaporasyon yüküne, pompaj masraflarında bir miktar artışa ve bazı reaktör hacimlerinde büyümeye neden olmaktadır. Proseste üretilen ürünlerin kâr marjları ilk bakışta bu masrafları rahatlıkla karşılayacak düzeyde görülmektedir. Ancak her iki proses için daha detaylı fizibilite etüdlerinin yapılması gereklidir.

Ayrıca bu çalışmada vakumda yapılan ön kaplamalı ve perlit ilâveli yöntemin basınçlı filtrasyon denemeleri yapılarak en avantajlı süzme yönteminin belirlenmesi çalışmalarına devam edilmelidir.

Sonuç olarak uzun yıllardan beri filtrasyonu bir sorun olarak kabul edilmiş, tinkal konsantresi çamurunun endüstriyel filtrasyonunda önemli ve yeni bilimsel sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar TÜBİTAK ın başlattığı filtrasyon çalışmalarına katkı mahiyetindedir. Filtrasyonun kesinlikle olanaklı olduğu bu çalışmalarda açıkça belirlenmiştir.

Bu çalışmada, yeni bir filtrasyon yöntemi ile üretime geçilmesi halinde, kimyasal verimin daha artacağı, çevre kirlenmesinin önleneyeceği ortaya konmuştur. Bu çalışmada öngörülen filtrasyon yöntemi küçük adaptasyonlarla boraks üretimi,

perborat üretimi, pentaborat üretimi gibi tıkal konsantresi kullanan diğer üretim yöntemlerinde de kullanılabilir olacaktır.

Bu çalışma sonucu geliştirilen yöntemin ülkemiz ekonomisine olumlu katkılarda bulunacağını ümit etmekteyiz.

Engineering, sayfa 157-162, Tokyo, Kogakusha 1967.

- 3) Mc Cabe, W.L., Smith, J.C., Unit Operations of Chemical Engineering, sayfa 86-92, Tokyo, Kogakusha 1967
- 4) Saydam, T., Akışkanların Gözenekli Ortamdaki Akışı, sayfa 3-11, İstanbul, Çağlayan Basınevi, 1973
- 5) Emir, B.D., Filtrasyon Teorisine Genel Bakış, TÜBİTAK, Ankara, Ocak 1976.
- 6) Mc Cabe, W.L., Smith, J.C., Unit Operations of Chemical Engineering, Sayfa 891-904, Kogakusha 1967.
- 7) Teren, H.N., Anorganik Sıvı Kimya, sayfa 470-480, İstanbul, Ken Dağıtımçılık, 5. baskı 1984.
- 8) Teren, H.N., Gürgey, I., Kimya ve Sanayi 44, sayfa 155 1960.
- 9) Orr, C., Filtration (Principles and Practices), sayfa 214-225, Marcel Dekker Inc., Newyork 1972.
- 10) Orr, C., Filtration, sayfa 226-231, Newyork, 1977.
- 11) Atak, S., Flotasyon İlkeleri ve Uygulamaları, İstanbul, İ.T.Ü. yayını 1982.
- 12) Çataltepe, I., Kimya Mühendisliğine Giriş cilt 2, çeviri, sayfa 693-694, İnkılâp-Aka Kitabevi, İstanbul 1973
- 13) Orr, C., Filtration, sayfa 236-242, Newyork 1977.

KAYNAKLAR.

- 1) Emir,B.D.,Tolun,R., Tinkal Konsantresinden Borik Asit ve Sodyum Sülfat Üretimi,TÜBİTAK, 0718017801 Kocaeli, mart 1979.
- 2) Mc Cabe,W.L., Smith,J.C., Unit Operations of Chemical Engineering, sayfa 157-162, Tokyo, Kogakusha 1967.
- 3) Mc Cabe,W.L.,Smith,J.C., Unit Operations of Chemical Engineering, sayfa 86-92 , Tokyo, Kogakusha 1967
- 4) Saydam,T., Akışkanların Gözenekli Ortamdaki Akışı, sayfa 3-11 , İstanbul, Çağlayan Basımevi, 1973
- 5) Emir,B.D., Filtrasyon Teorisine Genel Bakış, TÜBİTAK, Kocaeli, ocak 1976.
- 6) Mc Cabe,W.L.,Smith,J.C., Unit Operations of Chemical Engineering, Sayfa 891-904, Kogakusha 1967.
- 7) Terem,H.N., Anorganik Sıvı Kimya, sayfa 470-480, İstanbul, Kan Dağıtımcılık , 5. baskı 1984.
- 8) Terem,H.N., Gürgey,İ., Kimya ve Sanayi 44, sayfa 155 1960.
- 9) Orr,C., Filtration (Principles and Practices) , sayfa 214-225, Marcel Dekker Inc. , Newyork 1977.
- 10) Orr,C., Filtration , sayfa 226-231, Newyork, 1977.
- 11) Atak,S., Flotasyon İlkeleri ve Uygulamaları, İstanbul, İ.T.Ü. yayını 1982.
- 12) Çataltaş,İ., Kimya Mühendisliğine Giriş cilt 2, çeviri, sayfa 693-694, İnkılâp-Aka Kitabevi, İstanbul 1973
- 13) Orr,C., Filtration, sayfa 236-242, Newyork 1977.

- 14) Emir, B.D., Balkan, A., Öktem, Ü., Tolun, R., Tinkal Konsantresinden Sülfürik Asit Kullanımı ile Borik Asit ve Sodyum Sülfat Elde Edilmesi Prosesinin Kütle Akımlarının Hesaplanması ve Sistemin Sayısal Simülasyonu, TÜBİTAK MAE, 307-7502 No lu rapor, haziran 1977 .
- 15) Konuray, M., Tinkal Konsantresinin Süzülmesi ve Perlit Katkısının Etkisi, TÜBİTAK, VI. Bilim Kongresi, Mühendislik Araştırma grubu Tebliğleri, İzmir, ekim 1977.
- 16) Evranuz, Ö., Teke, İ., Pabalk Ticaret ve Perlit Sanayi A.Ş. nin Perlitten Elde Ettiği Süzme yardımcı Maddeleri Üzerine Bir Araştırma, TBİTAK, Proje 2816, ekim 1976.
- 17) Alpar, S.R., Hakdiyen, İ., Bigat, T., Sinaî Kimya Analiz Metodları, sayfa 69-71 , İ.Ü. yayını (2127), İstanbul 1976.

TINKAL 1984 BASIC BİLGİSAYAR PROGRAMI NOTASYONU:

- B : Borik asit miktarı
- S : Sodyum sülfat miktarı
- N : Boraks (susuz) miktarı
- K : Çözünmeyen (katı) miktarı
- H : Su miktarı
- T : Toplam miktar
- A : Tinkal çözme reaktöründe $\text{Na}_2\text{O} / \text{B}_2\text{O}_3$ mol oranı.
- NO : Reaksiyondan önceki $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ mol sayısı.
- BO : Reaksiyondan önceki H_3BO_3 mol sayısı.
- NN : 1. reaktörde nötralleşen $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ mol sayısı.
- HS₁ : 1. reaktöre gerekli Sülfat asidi miktarı.
- HS₂ : 2. reaktöre gerekli " " "
- Y : Adiyabatik kristalizörde kristallenen Borik asit miktarı
- L : Kristalize borik asit miktarı.
- BS : Borik asit safiyeti.
- KSH : Kristalize $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ miktarı.
- KH : Kristallenen " deki su miktarı.
- CH : Çözeltideki su miktarı.
- KS : Kristaldeki sodyum sülfat miktarı.
- CS : Çözeltideki " " "
- SC : Çözeltideki " " " (akım 38 de)
- SK : Kristalize " " "
- SS : Sodyum sülfat safiyeti.

TINKAL 1984 BASİC BİLGİSAYAR PROGRAMI

10 REM TINKAL KONSANTRESİNDEN SODYUM SÜLFAT VE BORİK
ASİT ÜRETİMİ.

20 REM PROGRAM: KİM. MÜH. RAHİM YILDIRIM.

30 DIM T (45): DIM H(45): DIM B(45): DIM S(45):
DIM N(45): DIM K (45)

40 FOR I:1 TO 42

50 LET H(I):0 : LET K(I):0 : LET N(I):0 : LET S(I):0
LET B(I):0 : LET T(I):0

60 NEXT I

70 LET P:0 : LET QQ:0

80 READ TT, C₁, C₂, C₃, C₄, A, H(9), H(11), H(20)

90 DATA 1000, .1, .0488, .453, .25, TT, .3TT, TT

100 LET H(1):(.4345858)(TT): LET N(1):(.4854142)(TT):
LET K(1):(.08)(TT)

110 LET H(24):TT : LET T(24): H(24)+B(24)+S(24) :

120 LET H(36):(2)(TT) : LET T(36):H(36)+B(36)+S(36)+N(36)

130 LET NO:(N(1)+N(36))/201,22

LET BO:(B(24)+B(36))/61,83 : LET NN:(1-2A)(NO)-A/2(BO)

140 LET HS1:NN(98,1) : LET H(2): HS1(2/98):

LET T(2): H(2)+HS1

150 LET H(4):H(1)+H(24)+H(36)+H(2)-(90,075)(NN)

160 LET B(4):B(24)+B(36)+(NN)(4)(61,83)

170 LET S(4): S(24)+S(36)+(NN)(142,04)

180 LET N(4): N(1)+N(36)+(-)(NN)(201,22)

190 LET K(4):K(1)

200 LET T(4): H(4)+B(4)+S(4)+N(4)+K(4)

210 LET H(5): 0,2(TT) : LET T(5): H(5)

220 LET H(6): H(4)+H(5) : LET T(6): T(4)+T(5)
 230 LET N(6):N(4) : LET B(6): B(4) : LET S(6): S(4):
 LET K(6): K(4)
 240 LET H(8):(0,8)(H(6) : LET B(8): (0,8)(B(6) :
 LET N(8):(0,8)(N(6) : LET K(8):0 : LETS(8):0,8(S(6)
 250 LET T(8): H(8)+B(8)+S(8)+N(8)+K(8)
 260 LET H(7):0,2(H(6)): LETB(7): (0,2)(B(6)):
 LET S(7): (0,2)(S(6)) : LET N(7): (0,2)(N(6))
 LET K(7): K(6)
 270 LET T(7):H(7)+B(7)+S(7)+N(7)+K(7)
 280 LET T(9): H(9)
 290 LET H(10):H(7)+H(9) : LET B(10): B(7) LET S(10):S(7)
 LET N(10): N(7) LET K(10): K(7)
 300 LET T(10): H(10)+ B(10)+ S(10)+N(10)+K(10)
 310 LET T(11): H(11)
 320 LETH(12): H(11)+H(10) : LET B(12): B(10)
 LET S(12): S(10) LET N(12):N(10) LET K(12):0
 330 LET T(12):H(12)+B(12)+S(12)+N(12)
 340 LET H(14): H(12)+H(8): LET B(14): B(12)+B(8):
 LET S(14):S(12)+S(8): LET N(14): N(12)+N(8)
 350 LET T(14): H(14)+B(14)+S(14)+N(14)
 360 LET HS2:(N(14)(98,1)/ 201,22 : LET H(3):HS2(2/98):
 LET T(3):HS2+H(3)
 370 LET H(15): H(3)+H(14)-(0,447644)(N(14))
 LET B(15):B(14)+(1,2291)(N(14))
 LET S(15):S(14)+0,70(N(14))
 LET T(15): H(15)+B(15)+S(15)

380 LET E: (35/577)(H(15)): LET F: B(15)-C₁(H(15))
 390 LET Y: (E.C₁+F)/(1-0,1513626)(C₁)
 400 LET H(16): E+0,1513626(Y) : LET T(16): H(16)
 410 LET H(17): H(15)-H(16) : LET B(17): B(15)
 LET S(17): S(15): LET T(17): H(17)+B(17)+S(17)
 420 LET D: (0,05.Y)/(T(17)-Y) LET B(19): Y+D(B(17)-Y):
 610 LET S(19): D(S(17)) : LET H(19): D(H(17))
 430 LET T(19): B(19)+S(19)+H(19)
 440 LET H(18): H(17)-H(19): LET B(18): B(17)-B(19):
 620 LET S(18): S(17)-S(19)
 450 LET T(18): H(18)+B(18)+S(18)
 460 LET H(21): H(20)+H(19) : LET T(20): H(20)
 470 LET B(21): B(19) : LET S(21): S(19)
 480 LET T(21): H(21)+B(21)+S(21)
 490 LET H(22): H(21) : LET S(22): S(21):
 LET L: B(21)-H(22)(C₂) : LET B(22): B(21) :
 LET T(22): B(22)+S(22)+H(22)
 500 LET Q: (0,05.L)/(T(22)-L) : LET H(23): Q(H(22))
 510 LET B(23): L+Q.H(22).C₂ : LET S(23): Q.S(22)
 LET T(23): H(23)+B(23)+S(23)
 520 LET H(24): H(22)-H(23) : LET B(24): B(22)-B(23)
 LET S(24): S(22)-S(23) : LET T(24): H(24)+B(24)+S(24)
 530 LET H(25): H(23) : LET T(25): H(25)
 540 LET B(26): B(23) : LET S(26): S(23) :
 720 LET T(26): B(26)+S(26) LET BS: (B(26)/T(26)).100
 550 LET C: 0,17144(B(18)) : LET T(28): C
 560 LET G: 0,0711628(B(18)): LET T(28): G


```

570 LET H(29):H(18)+0,17479(B(18)) +
    LET B(29): 0,6.B(18) : LET S(29):S(18):
    LET N(29):0,32544(B(18))
580 LET T(29): H(29)+B(29)+S(29)+N(29)
590 LET H(30): H(39)+H(29): LET B(30):B(29)+B(39)
    LET S(30):S(29)+S(39) : LET N(30):N(29)+N(39)
600 LET T(30): H(30)+B(30)+S(30)+N(30)
610 LET H(31):H(30) : LET B(31):B(30):
    LET N(31):N(30): LETS(31):S(30): LETT(31):T(30)
620 LET CH : ( H(31)-0,033875.H(31)-1,491268.S(31)/1-1,49C3
630 LET CS: CH(C3)
640 LET KS: S(31)+(-CS) : LET KH: KS(1,2683)
650 LET H(32): H(31)-KH-CH LET T(32):H(32)
660 LET KSH : KH+KS : LET H(33):CH+KH :
    LET S(33):KS+CS : LET B(33):B(31):
    LET N(33):N(31)
670 LET T(33): KSH+CH+CS+B(33)+N(33)
680 LET U: (0,05.KSH)/(T(33)-KSH)
690 LET H(37):KH+CH(U): LET B(37):B(33)(U) :
    LET S(37): KS+CS(U) : LET N(37): N(33)(U)
700 LET T(37):H(37)+B(37)+S(37)+N(37)
710 LET H(38):H(37) : LET S(38):S(37) :
    LET N(38):N(37) : LETB(38):B(37) + LET T(38):T(37)
720 LET SC: H(38)(C4) : LET SK: S(38)-SC
730 LET R: (0,05.SK)/(T(38)-SK)

```



```
740   LET H(40):H(38)(R):      LET B(40): B(38).R :
      LET S(40): SK+R.SC :      LET N(40): R.N(38)
750   LET T(40):H(40)+B(40)+S(40)+N(40)
760   LET H(39): H(38)-H(40):      LET B(39):B(38)-B(40) :
      LET S(39):S(38)-S(40) :      LET N(39)+ N(38)-N(40)
770   LET T(39): H(39)+B(39)+S(39)+N(39)
780   LET H(41):H(40) :      LET T(41):H(41)
790   LET B(42):B(40):      LET S(42):S(40):      LET N(42):N(40)
800   LET T(42): N(42)+B(42)+S(42):      LET SS: S(42)/T(42)
810   LET H(34):CH(1-U) :      LET B(34)B(33)-B(37) :
      LET S(34):S(33)-S(37) :      LET N(34): N(33)-N(37)
820   LET T(34):H(34)+B(34)+S(34)+N(34)
830   LET H(35): H(34)-2(TT):      LET T(35):H(35)
840   LET H(36): 2(TT) :      LET N(36):N(34) :
      LET B(36):B(34) :      LET S(36): S(34)
850   LET T(36):H(36)+B(36)+S(36)+N(36)
860   LET P: P+1 :      PRINT AT 0,0,P
880IF LET DIF : 0,001 THEN GO TO 1000
880   LET DIF: ABS (T(39)-QQ )
890   LET QQ: T(39)
900   PRINT AT 1,1, DIF, T(39)
910   GO TO 100
1000  PRINT AT 0,0,P
1010  For I: 1 TO 42
1020  PRINT"BORAKS: ", N(I), "N(",I,")"
1030  PRINT " SU " , H(I),"H(",I,")"
1040  PRINT " BORİK ASİD":", B(I),"B(",I,")"
```


ÖZGEÇMİŞ

Rahmi Yıldırım 1952 yılında Trabzon'un Ovacık Köyünde doğdu. İlk öğrenimini Ovacık Köy İlkokulunda (1958-1963) orta öğrenimini Çağlayan Orta okulunda (İstanbul) (1965-1968) ve Atatürk Erkek Lisesinde (1968-1971) tamamladı. İ.D.M.M.A. Galatasaray Mühendislik Yüksek Okulu Kimya Bölümünü (1971-1975) bitirdi. Bir süre dershanelerde ve özel çalıştıktan sonra, yedek subay olarak askerlik görevini (1979-1981) tamamladı. 1982 yılında Yıldız Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Kimya Mühendisliği dalında Yüksek Lisans öğrenimine başladı. 1983 yılında Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü'nde Termodinamik ve Temel İşlemler Ana Bilim Dalı araştırma görevlisi olarak çalışmaya başladı. Halen bu görevini sürdürmekte olan Rahmi Yıldırım evli ve 2 çocuk babasıdır.

