

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DIATOMİT, SEPIYOLİT VE MİKALİ KUM'UN KURU
ZENGİNLEŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Şenel TEMEL

Cevher Hazırlama Mühendisliği Anabilim Dalı

Cevher Hazırlama Mühendisliği Programı

MAYIS 2014

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DİATOMİT, SEPIYOLİT VE MİKALİ KUM'UN KURU
ZENGİNLEŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Şenel TEMEL

(505931031)

Cevher Hazırlama Mühendisliği Anabilim Dalı

Cevher Hazırlama Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ayhan Ali Sirkeci

MAYIS 2014

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 505931031 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Şenel TEMEL**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**DİATOMİT, SEPIYOLİT VE MİKALİ KUM'UN KURU ZENGİNLEŞTİRİLMESİ** ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Ayhan Ali Sirkeci**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Şafak Özkan**
İstanbul Üniversitesi

Doç. Dr. Alim Gül
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **5 Mayıs 2014**
Savunma Tarihi : **27 Temmuz 2014**

Dilek ve Ceren'e,

ÖNSÖZ

“Diatomit, Sepiyolit ve Mikalı Kum’un Kuru Zenginleştirilmesi” konulu Yüksek Lisans Tezim’in hazırlanmasında ve deneylerin yapılmasında başta bölüm başkanımız Sayın Prof. Dr. Gündüz Ateşok’a, bilgi birikimini benimle paylaşan ve her türlü sabrı ve desteği gösteren Sayın Prof. Dr. Ayhan Ali Sirkeci’ye, tez’ime görüşleri ile destek veren Sayın Prof.Dr. Şafak Özkan’a, deneylerde desteğini benden esirgemeyen Sayın Doç.Dr Alim Gül’e, cevher hazırlama tesisi içinde her türlü çalışmada destek veren Sayın Dr. Mustafa Özer’e, deneylerde yoğun iş temposuna rağmen yardımlarını esirgemeyen Petrol Mühendisliği araştırma görevlisi Sayın Ali Ettehadî Osgouei’ye, analiz sonuçlarının alınmasında yardımını esirgemeyen Sayın Hasan Toprak’a, analizlerin yapılmasında destek veren Sayın Dr. Orhan Yavuz’a, bilgi birikimlerinden yararlandığım değerli bölüm hocalarıma, ve değerli dostlarıma, sevgili aileme teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim

Mayıs 2014

Şenel Temel

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	ixii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY	xixii
1. GİRİŞ	1
2. CEVHER ZENGİNLEŞTİRME	3
2.1 Cevher Zenginleştirme Nedir?.....	3
2.2 Cevher Zenginleştirmenin Tarihi Gelişimi	3
2.3 Cevher Zenginleştirmeyi Gerektiren Nedenler	4
2.3.1 Teknolojik nedenler	4
2.3.2 Ekonomik nedenler	4
2.4 Cevher Zenginleştirmenin Çalışma alanı	4
2.5 Cevher Hazırlamada Yararlanılan Mineral Özellikleri	4
2.5.1 Fiziksel özellikler	4
2.5.2 Fiziko-kimyasal özellikler	4
2.5.3 Kimyasal özellikler	4
3. CEVHER ZENGİNLEŞTİRME YÖNTEMLERİ.....	5
3.1 Zenginleştirme Yöntemi Seçimi	5
3.2. Cevherin İçerdiği Minerallerin Özellikleri	5
3.3. Serbestleşme Boyutunun Saptanması	5
4. KURU ZENGİNLEŞTİRME YÖNTEMLERİ	7
4.1 Boyuta Göre Ayıklama İle Zenginleştirme	7
4.1.1. Boyuta göre sınıflama.....	7
4.1.2. Ayıklama ile zenginleştirme	7
4.2. Gravite İle Zenginleştirme.....	7
4.3. Manyetik Ayırma ile Zenginleştirme	7
4.4. Elektrostatik Ayırma ile Zenginleştirme	8
5. HAVALI SEPERATÖRLER	9
5.1 Giriş	9
5.2 Statik Havalı Ayırıcılar	10
5.3 Dinamik Havalı Ayırıcılar	12
5.3.1. Dinamik havalı ayırıcılarda tane boyutu kontrolü	12
5.3.2. Dinamik havalı ayırıcı hattı tasarım parametreleri	14

5.3.2.1. Ayırıcı rotor çapı	15
5.3.2.2. Ayırıcı hattı tasarımı	17
5.3.2.2.1. Siklonlu ayırıcı hattı	17
5.3.2.2.2. Siklonsuz ayırıcı hattı	18
5.4 Sonuçlar.....	18
6. DİATOMİT VE ENDÜSTRİYEL KULLANIMI HAKKINDA BİLGİ	19
6.1 Genel Bilgiler	19
6.2 Diatomitin Kullanım Alanları	20
6.3 Diatomitin Üretim Yöntemi ve Teknolojisi	22
6.4 Türkiye’de Durum	22
6.4.1. Diatomitin Türkiye’de bulunuş şekli	22
6.4.2. Rezervler	22
7. SEPIYOLİT VE ENDÜSTRİYEL KULLANIMI HAKKINDA BİLGİ.....	25
7.1 Tanımı ve Özellikleri	25
7.2 Sepiyolitın Kullanım Alanları	25
7.3 Sepiyolitın Oluşumu.....	26
7.4 Sepiyolitın Üretim Teknolojisi	27
7.5 Türkiye’de Tabakalı Sepiyolit.....	28
8. KUM’UN ENDÜSTRİYEL KULLANIMI HAKKINDA BİLGİ	29
8.1. Ürün Tanımı	29
8.2. Üretim Yöntemi ve Teknoloji	29
8.3. İnşaat Sektöründe Kullanılan Kum İçin İstenen Özellikler	29
9. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	31
9.1. Sepiyolit’in Havalı Seperatör ile Kuru Zenginleştirilmesi	31
9.2. Diatomit’in Havalı Seperatör ile Kuru Zenginleştirilmesi	44
9.3. Mikalı Kum’un Havalı Seperatör ile Kuru Zenginleştirilmesi	58
10. SONUÇLAR	61
10.1. Sepiyolit İçin Sonuçlar	61
10.2. Diatomit İçin Sonuçlar	62
10.3. Kum İçin Sonuçlar	62
KAYNAKLAR.....	65
ÖZGEÇMİŞ.....	67

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 5.1 : Ayırıcı rotor çapı-adedi ile tane boyut aralıkları kapasitesi ve gerekli hava miktarı arasındaki ilişki	16
Çizelge 7.1 : Tabakalı sepiyolit (sanayi sepiyoliti) fiziksel özellikleri	27
Çizelge 9.1 : Sepiyolit ; fan hava miktarı 179 m ³ /saat sepertaör 1153,1349,1438 deneyleri.....	32
Çizelge 9.2 : Sepiyolit ; fan hava miktarı 179 m ³ /saat sepertaör 1153,1349,1438 kasyon değiştirme kapasitesi (KDK) deneyleri.....	32
Çizelge 9.3 : Sepiyolit ; fan hava miktarı 207 m ³ /saat sepertaör 1153,1349,1438 deneyleri.....	35
Çizelge 9.4 : Sepiyolit ; fan hava miktarı 207 m ³ /saat sepertaör 1153,1349,1438 kasyon değiştirme kapasitesi (KDK) deneyleri.....	36
Çizelge 9.5 : Sepiyolit ; fan hava miktarı 252 m ³ /saat sepertaör 1153,1349,1438 deneyleri.....	39
Çizelge 9.6 : Sepiyolit ; fan hava miktarı 252 m ³ /saat sepertaör 1153,1349,1438 kasyon değiştirme kapasitesi (KDK) deneyleri.....	39
Çizelge 9.7 : Sepiyolit ; fan hava miktarı 179,207,252 m ³ /saat sepertaör 1153,1349,1438 rpm için d50ve d90 ve KDK sonuçları çizelgesi	43
Çizelge 9.8 : Sepiyolit viskozite 600 rpm devirde görünür viskozite değerleri	44
Çizelge 9.9 : Diatomit fan hava miktarı; 179 m ³ /saat seperatör 1153,1349,1438 rpm deneyleri	45
Çizelge 9.10: Diatomit fan hava miktarı; 207 m ³ /saat seperatör 1153,1349,1438 rpm deneyleri.....	48
Çizelge 9.11: Diatomit fan hava miktarı; 252 m ³ /saat seperatör 1153,1349,1438 rpm deneyleri.....	52
Çizelge 9.12: Diatomit için d50 ve d90 boyut analizleri	56
Çizelge 9.13: Diatomit laboratuvar analzi sonuçları	57
Çizelge 9.14: Mikalı Kum için elek analiz sonuçları	58
Çizelge 9.15: Mikalı Kum için tüvenan -0,5+0,3 mm mikroskop sonuçları	59
Çizelge 9.16: Mikalı Kum fan hava miktarı 297m ³ /saat seperatör hızı 344 rpm , besleme hızı 600 gr/dk deneyi ve analizi sonuçları	59
Çizelge 9.17: Mikalı Kum fan hava miktarı 297 m ³ /saat seperatör hızı 549 rpm , besleme hızı 600 gr/dk deneyi ve analizi sonuçları	60
Çizelge 9.18: Mikalı Kum fan hava miktarı 297 m ³ /saat seperatör hızı 743 rpm , besleme hızı 600 gr/dk deneyi ve analizi sonuçları	60

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 5.1 : Statik havalı ayırıcı kesit görünümü.....	11
Şekil 5.2 : Dinamik havalı ayırıcı kesit ve görünümü	12
Şekil 5.3 : Yatay yataklı dinamik ayırıcı kullanılan basit öğütme devresi	15
Şekil 5.4 : Altı rotorlu yatay yataklı dinamik ayırıcı ALPINE turboplexi	16
Şekil 5.5 : Silikonlu açık devre ayırıcı hattı ve deneyde kullanılan hat görüntüsü ...	17
Şekil 5.6 : Silikonsuz açık devre ayırıcı filtre fan	18
Şekil 9.1 : Fan hava miktarı 179 m ³ /saat, seperatör hızı 1153 rpm iri elek altı grafığı	32
Şekil 9.2 : Fan hava miktarı 179 m ³ /saat, seperatör hızı 1153 rpm ince elek altı grafığı	33
Şekil 9.3 : Fan hava miktarı 179 m ³ /saat, seperatör hızı 1349 rpm iri elek altı grafığı	33
Şekil 9.4 : Fan hava miktarı 179 m ³ /saat, seperatör hızı 1349 rpm ince elek altı grafığı	34
Şekil 9.5 : Fan hava miktarı 179 m ³ /saat, seperatör hızı 1438 rpm iri elek altı grafığı	34
Şekil 9.6 : Fan hava miktarı 179 m ³ /saat, seperatör hızı 1438 rpm ince elek altı grafığı	35
Şekil 9.7: Fan hava miktarı 207 m ³ /saat, seperatör hızı 1153 rpm iri elek altı grafığı	36
Şekil 9.8: Fan hava miktarı 207 m ³ /saat, seperatör hızı 1153 rpm ince elek altı grafığı	37
Şekil 9.9: Fan hava miktarı 207 m ³ /saat, seperatör hızı 1349 rpm iri elek altı grafığı	37
Şekil 9.10: Fan hava miktarı 207 m ³ /saat, seperatör hızı 1349 rpm ince elek altı grafığı	38
Şekil 9.11: Fan hava miktarı 207 m ³ /saat, seperatör hızı 1438 rpm iri elek altı grafığı	38
Şekil 9.12: Fan hava miktarı 207 m ³ /saat, seperatör hızı 1438 rpm ince elek altı grafığı	39
Şekil 9.13: Fan hava miktarı 252 m ³ /saat, seperatör hızı 1153 rpm iri elek altı grafığı	40
Şekil 9.14: Fan hava miktarı 252 m ³ /saat, seperatör hızı 1153 rpm ince elek altı grafığı	40

Şekil 9.15: Fan hava miktarı 252 m ³ /saat, seperatör hızı 1349 rpm iri elek altı grafiği	41
Şekil 9.16: Fan hava miktarı 252 m ³ /saat, seperatör hızı 1349 rpm ince elek altı grafiği	41
Şekil 9.17: Fan hava miktarı 252 m ³ /saat, seperatör hızı 1438 rpm iri elek altı grafiği	42
Şekil 9.18: Fan hava miktarı 252 m ³ /saat,seperatör hızı 1438 rpm ince elek altı grafiği	42
Şekil 9.19: Diatomit Fan hava miktarı 179 m ³ /saat, seperatör 1153 rpm iri elek altı grafiği	45
Şekil 9.20: Diatomit Fan hava miktarı 179 m ³ /saat, seperatör 1153 rpm ince elek altı grafiği	46
Şekil 9.21: Diatomit Fan hava miktarı 179 m ³ /saat, seperatör 1349 rpm iri elek altı grafiği	46
Şekil 9.22: Diatomit Fan hava miktarı 179 m ³ /saat, seperatör 1349 rpm ince elek altı grafiği	47
Şekil 9.23: Diatomit Fan hava miktarı 179 m ³ /saat, seperatör 1438 rpm iri elek altı grafiği	47
Şekil 9.24: Diatomit Fan hava miktarı 179 m ³ /saat, seperatör 1438 rpm ince elek altı grafiği	48
Şekil 9.25: Diatomit Fan hava miktarı 207 m ³ /saat, seperatör 1153 rpm iri elek altı grafiği	49
Şekil 9.26: Diatomit Fan hava miktarı 207 m ³ /saat, seperatör 1153 rpm ince elek altı grafiği	49
Şekil 9.27: Diatomit Fan hava miktarı 207 m ³ /saat, seperatör 1349 rpm iri elek altı grafiği	50
Şekil 9.28: Diatomit Fan hava miktarı 207 m ³ /saat, seperatör 1349 rpm ince elek altı grafiği	50
Şekil 9.29: Diatomit Fan hava miktarı 207 m ³ /saat, seperatör 1438 rpm iri elek altı grafiği	51
Şekil 9.30: Diatomit Fan hava miktarı 207 m ³ /saat, seperatör 1438 rpm ince elek altı grafiği	51
Şekil 9.31: Diatomit Fan hava miktarı 252 m ³ /saat, seperatör 1153 rpm iri elek altı grafiği	52
Şekil 9.32: Diatomit Fan hava miktarı 252 m ³ /saat, seperatör 1153 rpm ince elek altı grafiği	53
Şekil 9.33: Diatomit Fan hava miktarı 252 m ³ /saat, seperatör 1349 rpm iri elek altı grafiği	53
Şekil 9.34: Diatomit Fan hava miktarı 252 m ³ /saat, seperatör 1349 rpm ince elek altı grafiği	54
Şekil 9.35: Diatomit Fan hava miktarı 252 m ³ /saat, seperatör 1438 rpm iri elek altı grafiği	54
Şekil 9.36: Diatomit Fan hava miktarı 252 m ³ /saat, seperatör 1438 rpm ince elek altı grafiği	55

DIATOMİT, SEPIYOLİT VE MİKALİ KUM'UN KURU ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

ÖZET

Yüksek lisans bitirme tezimde farklı özelliklere sahip endüstriyel kullanımı olan Türkiye’de ve Dünyanın farklı ülkelerinde yüksek hacimde üretim imkanı olan diatomit, sepiyolit ve mikalı kum’un kuru zenginleştirilmesi üzerinde çalışılmıştır. Yaşanan ekonomik gelişimlerle talebi her geçen gün artan sepiyolit, diatomit ve kum, endüstride genellikle kuru tercih edilmektedir. Yapılan kuru zenginleştirme ile istenen ürünün elde edilmesi ve eş şartlarda (fan hava miktarı, seperatör hızı, besleme hızı) ürünlerin boyut, şekil ve özgül ağırlık farklarına göre ayrışması gözlemlenmiştir. Çıkan numunelerin kimyasal ve boyut analizleri yapılmıştır.

Deneyler, İTÜ cevher hazırlama pilot tesisi içinde bulunan havalı seperatör ile yapılmıştır. Sepiyolit ve diatomit içi numune -0,5 mm altına öğütülmüş olup, endüstride genellikle -1+0,3 mm olarak istenen kum numunesi için ise havalı seperatörün kullanım şartları gereği -0,5 +0,3 mm aralıklarında elenmiş numune kullanılmıştır. Havalı seperatörden, iri malzeme ve ince ürün numuneler alınmış, ürün içerikleri ve boyut analizleri, kimyasal ve elek analizleri ile belirlenmiştir. Deneylerde havalı seperatörün fan hava miktarı ve seperatör hızları ile optimum ayırma şartları belirlenmeye çalışılmıştır.

Sepiyolit ve diatomit için hava miktarları 179 , 207 ve 252 m³/saat kullanılmış, mikalı kum’un farklı özellikleri sebebi ile daha iyi bir ayırma yapabilmek için, hava miktarı 297 m³/saat kullanılmıştır. Aynı şekilde diatomit ve sepiyolit’te seperatör hızları 1153,1349 ve 1438 rpm alınırken mikalı kum için seperatörde 344,549 ve 743 rpm hızları denenmiştir. Ürünü besleme hızı olarak diatomit ve sepiyolitte 500 gr/dk, mikalı kumda ise 600 gr/dk besleme hızları denenmiştir.

Yapılan deneyler sonunda çıkan sepiyolit ve diatomit numuneleri için boyut dağılımları ile d₅₀ ve d₉₀ değerleri belirlenmiş ve toplam elek altı garfikleri her bir deney için çizilmiştir.

Diatomit için yapılan kimyasal analizlerde ürünlerin Fe₂O₃, Al₂O₃, SiO₂,MgO ve CaO değerlerine bakılmıştır. Sepiyolit için ise havalı seperatörden çıkan numuneler üzerinde centipoise biriminden vizkozite ve meq/100 gr biriminde Katyon Değiştirme Kapasiteleri (KDK) bulunmuştur. Mikalı kum için yapılan havalı seperasyon sonucu elde edilen numuneler, trinokuler mikroskop ile incelenmiş, mika, kuvars+feldspat ve diğer ürünlerin yüzdeleri belirlenmiştir.

Deneylerde Denizli Sarayköy Tırkaz köyü bölgesi diatomit, Trakya Çatalca Binkılıç bölgesi kum ve Eskişehir bölgesi sepiyolit numuneleri kullanılmıştır

DRY ENRICHMENT OF DIATOMITE, SEPIOLITE AND SAND

SUMMARY

My master's graduate thesis, was studied on dry enrichment of Diatomite, Sepiolite and micaceous Sand which have different characteristics of industrial use and also which has production facilities with multiple units in different countries of the world and in Turkey With each passing day, increase in the demand of sepiolite, diatomite and sand is preferred generally dry. With dry concentrating to obtain the desired product and charge conditions (air quantity, separator speed, feed rate) of the product size, shape and differentiation was observed according to differences in specific gravity. The chemical and size analysis of the resulting samples were made.

The experiments were performed with air separator in the mineral processing pilot plant of İTÜ. The sepiolite and diatomite samples were to be ground below -0.5 mm. In the industry usually -1 +0.3 mm micaceous sand sample for the desired use of the air separator as per the requirements of the diluted sample was used to -0.5 +0.3 mm range. From the air separator, coarse material and slim product samples were taken, and the product content and size of product analysis, was determined with chemical and sieve analysis. In the experiments, air separator of air quantity and with the separator speed the optimum separation conditions have tried to be determined.

For the sepiolite and diatomite, the amount of air 179, 207 and 252 m³/hr used, due to the different characteristics of micaceous sand to make a better distinction amount of air 297 m³/hr. has been used. In the same way, diatomite and sepiolite separator speed 1153, 1349 and 1438 rpm were used, and for micaceous sand in the separator, 344, 549 and 743 rpm speed were tested. To feed the products speed rate, for diatomite and sepiolite 500 g/min, and for the micaceous sand 600 g / min were tested.

At the end of the experiments, for the samples of sepiolite and diatomite, with size distribution the d₅₀ and d₉₀ values determined and total sieve undersize was graphed for each experiment.

Chemical analysis for the diatomite products, Fe₂O₃, Al₂O₃, SiO₂, MgO, CaO values were measured.

For the sepiolite, over the samples which has occurred from air separator, viscosity and meq/100g of Cationic Exchange Capacity was found from the centipoise unit. For the micaceous sands, the samples which was obtained by air separation.

Examined with the binocular microscope and mica, quartz + feldspar and other percent of the products were determined. In the experiments, Denizli Saraykoy Tırkaz village region diatomite, Trakya Çataca Binkilic region sand and Eskisehir region sepiolite samples were used.

As a result of the experiments, the administrative use in more animal feed additives, cat litter, oil industry sepiolite used as an additive in the mud, the CEC values are expected to be between 10-20 meq/100gr. Generally, the higher CEC values are defined as higher quality sepiolite. Also high viscosity sepiolites are preferred in the petroleum industry. Therefore, in the experiments conducted with sepiolite different fan speed of the air amount and the size distribution of coarse and slim products obtained in the separator speed, the products with high CEC values and CEC value were investigated. Increasing the amount of fan air for sepiolite size distribution d90 and d50 of coarse mesh sizes of samples falling (e.g. for 179,207,252 m³/hour fan air amount d90 value was measured 203,179,177). Thin samples do not vary (e.g., for 179,207,252 fan air amount d90 value was measured 59,53,62). In the separator speed changes, d90 value remains the same for 1153, 1438 rpm, but increases at 1,438 rpm (e.g. such as air speed velocity 252 and separator speeds 1153, 1349 and 1438 rpm and for 1438 rpm d90 values has changed as 177, 171 and 267). Thin samples did not change.

Because of the height of CEC values for sepiolite is a desirable feature, for each sieve analysis CEC values were measured (Table 9,7). In the experiments, high CEC values have been reached at thin samples, for these samples, the highest values were achieved as seen in (Table 9.7) F179/S1153, F207/S1153, F207/S1349 and the low CEC values F252/S1438 and for the tüvenan sample viscosity measurements experiments were made.

The viscosity experiments were performed for both thin and large samples with high CEC values. Especially, for the product which is desired high viscosity used in the oil industry, for the large sample of viscosity at hand, with fan air flow rate 207 m³/hr and separator speed 1349 rpm was has been the highest viscosity (88cp). As a result, it is possible to use the products of which the distinction is made by the air separator. While, the highest CEC is preffered for cat litter, for the oil mud additives the highest product viscosity may be preferred.

In the industrial sense, the high proportion (84-90%) SiO₂ of diatomite products are preferred. Although not very significant differences are seen in the analysis, which is the highest rate of SiO₂ experiments, the amount of fan air 207 m³/hr and the slim product experiment of which seperator speed is 1438 rpm. The experiment of which fan air quantity of 179 m³ and separator speed 1153 rpm and also in which the slim sample is used is very close to the best value.

In the experiments, for the diatomite desirable is far from industrial use (desirable SiO₂ 84% and above, in experiments maximum SiO₂ 45%) of a product emerged, where in 18 different samples for chemical analysis (Table 9.13) of the desirable SiO₂ rate has no significant change (highest 44.9% SiO₂ and fan air quantity of 207 m³ per hour, separator speed 1438 rpm thin sample and lowest amount with 38.99% SiO₂ thin specimens and the fan air amount 252m³/hr separator speed 1349 rpm large sample) In the experiments, samples of thin samples' SiO₂ ratio varies in the range of 1-5% compared to the large samples, but this is not a sufficient distinction. Experiments with diatomite was not observed significant variations in the enrichment method and there has not been an improvement in the ratio of SiO₂.

Analysis results for sand was examined from mica side. Maximum 3% mica in the construction industry is required. In the tüvenan sample, size in the range -0.5 +0.3 mm 5% mica, with the air separator tests four times could be reduced to 2%.

297 m³/hour and 549 rpm for the fan air quantity obtained in experiments 97% quartz, most significant results have been obtained. The lowest mica content obtained in this assay variation, higher sand loss (22%), respectively. Highest sand recovery (96%) is provided with the amount of fan air of 297 m³ and is provided at a rate of 743 rpm separator speed. Mica rate is realized as 4.3%, but this rate is over the desired rate of 3%. As a result of the increasing rate of separation speed, constant amount of air in the fan have prevented the loss of sand, although the rate of mica has increased. The optimum ratio of the fan air volume of 297 m³ and the experiments which is made by 549 rpm. Here mica rate of 2.6% was lower than the expected 3% rate, within the limits of sand loss was 9%. At the request of the construction sector increasing day by day in order to meet the needs of mid specially qualified sand needs, where aqueous method is not possible to dry separator is believed that the removal of mica.

1.GİRİŞ

Endüstride farklı kullanım alanları olan sepiyolit, mikalı kum ve diatomit, son dönemlerde talebinde artması ile ön plana çıkan özellikte ürünler olmuşlardır. Kullanım yerleri itibarı ile genellikle kuru tercih edilen bu ürünlerin, değerlerinin artması ile kuru zenginleştirme yöntemleri ile zenginleştirilmesi her geçen gün önem kazanmaktadır. Yaygın olarak bulunabilen ve piyasa değerleri düşük olan bu ürünlere olan talebin artması, onların gün geçtikçe farklı ve pahalı şartlarda zenginleştirilmesine imkan tanınmaktadır.

Filtre-Yardımcı malzemesi (süzme),Dolgu malzemesi, İzolasyon malzemesi (ısı, ses, elektrik),absorbent, aşındırıcı ve yüzey temizleyici, katalizör taşıyıcı, hafif yapı malzemesi, refrakter imalatı, kimyasal maddelerin üretiminde silis kaynağı olarak, gübrelerde taşıyıcı ve topraklanmayı önleyici olarak kullanılan diatomit son dönemlerde ihtiyacın artması ile birlikte ön plana çıkmıştır özellikle inşaat, filtrasyon ve gübre sanayinde kullanımı gün geçtikçe artmaktadır.

Sepiyolit, Yüksek porozitesi nedeniyle gaz ve sıvıların temizlenmesinde absorban olarak, leke çıkartma amacıyla, otomobil sanayiinde yakıt temizleme ve korozyona dayanıklı oto boyası imalinde, füze ve diğer uzay araçlarının yalıtılmasında, hafif yapı malzemesi olarak, ülsere karşı ilaç olarak, iyon değiştirici olarak, parafinlerin ayrılmasında, evcil hayvanların altına yaygı malzemesi olarak ve petrol endüstrisinde çamur katkı maddesi olarak kullanılır.

İnşaat kumu ise gelişen inşaat sektörünün farklı kullanım alanlarındaki ihtiyacını karşılamak için en önemli dolgu malzemesi (agrega) olarak kullanılmaktadır. Yapılacak inşaatın beton ihtiyacına göre farklı özellikte inşaat kumları tercih edilmektedir.Genel olarak mika oranı ve beton içindeki demire zarar verici mineralleri düşük kum tercih edilmektedir. Özellikle yüksek kaliteli beton yapımında kullanılacak kum'un özellikleri TSE tarafından belirlenmiş olup, deprem kuşağında olan ülkemizde bu standartlar yakından takip edilmektedir.

2.CEVHER ZENGİNLEŞTİRME

2.1.Cevher Zenginleştirme Nedir?

Cevher Zenginleştirme, cevher hazırlama işlemlerine tabi olmuş ürünün; flotasyon, ağır mayi, manyetik, elektrostatik vb. usullerin uygulanması suretiyle metalurjik işlemler yapılabilir veya satılabilir niteliğe getirilmesini sağlamak amacıyla yapılması gereken işlemler topluluğudur.

Bir cevherdeki çeşitli mineralleri, cevher hazırlama işlemlerini uygulayarak, endüstrinin gereksinimine en uygun hammadde haline getirmek ve ekonomik değer taşıyanları, ekonomik değer taşımayanlardan ayırmak için yapılan işlemlerin tümüne cevher zenginleştirme denir.

2.2 Cevher Zenginleştirmenin Tarihi Gelişimi

İnsanlar tarafından ilk uygulanan cevher hazırlama işlemi, elle ayıklamadır. Elle ayıklamadan sonra uygulanan diğer bir yöntem yıkamadır. Daha sonra minerallerin ayrı ayrı elde edilmesi için, cevherin boyutunun küçültülmesi ve minerallerin serbest hale getirilmesi gerektiği anlaşıldı. Bu yargı, kırma adı verilen boyut küçültme işlemini ortaya çıkardı. İlk kırma işlemleri balyoz ile gerçekleştirildi. Çok büyük cevher parçaları ise önce ısıtılıp sonra su dökülerek, ani soğuma sonucu ortaya çıkan çatlama ve patlamalardan yararlanılarak kırılmıştır. Yıkama yönteminde sonraki adım ise özgül ağırlık farkına göre ayırma yöntemi geliştirilmiştir.

Kırma işlemleri için; insan, hayvan veya su gücü ile çalıştırılan tokmaklı kırıcılar öğütme için de un değirmenleri gibi çalışan ve biri sabit diğeri dönen iki taş silindir arasında öğütme yapan değirmenler kullanılmıştır. Yine bu dönemde, jig denilen zenginleştirme aygıtının basit bir şekli ilk kez kullanılmıştır. En büyük gelişme 19.yy sonları ile 20.yy başlarında ortaya çıkmıştır. Kırma işlemleri için konkasör adı verilen mekanik kırıcılar, öğütme işlemleri için de aktarılan ortamla çalışan değirmenler kullanılmaya başlanmıştır. Kırma ve öğütme tekniğindeki gelişmeler, kırılmış, öğütülmüş cevherin boyuta göre sınıflandırılmasını zorunlu kılmış ve hareketsiz eleklerden başlayarak sarsıntılı, titreşimli elekler, küçük boyutlu malzeme içinde klasifikatör adı verilen makineler geliştirilmiştir. Bu arada Wilfley tarafından geliştirilen sarsıntılı masa kullanılmaya başlanmıştır. 20. yy başlarından itibaren

mineralleri birbirinden ayırmak için özgül ağırlık farkından başka özelliklerden de yararlanılmaya başlanmıştır. 1890 lardan başlayarak kullanılan, altın ve gümüş kazanmaya yönelik siyanürizasyon ve amalgamasyon, kimyasal ayırma yöntemlerinin ilk uygulamasıdır.

2.3.Cevher Zenginleştirmeyi Gerektiren Nedenler

2.3.1. Teknolojik nedenler

Hammaddeyi tüketim yerinin teknolojik gereğine uygun hale getirmek cevher hazırlamanın ve kullanmayı mümkün kılmak Örneğin; Cam endüstrisinin ana maddesi olan kuvars kumunun, tane büyüklüğü 0,1-0,5 mm ve Fe_2O_3 içeriği %0,05 in altında olması, optik camda %0,02 Fe_2O_3 den az olması teknolojisinin gereğidir.

2.3.2. Ekonomik nedenler

Bu konu iki yönden ele alınır. Birincisi,cevher üretildiği şekliyle ekonomik değere sahiptir. Cevher hazırlama ile o cevherin ekonomik değeri artırılır. Örneğin; yüksek köllü kömür, orta tenörlü demir veya krom. İkincisi, cevher üretildiği haliyle ekonomik değildir. Cevher hazırlama ile ekonomik değer kazanır Örneğin; Cevher içerisinde gr/ton mertebesinde bulunan altın ve gümüş metallerinin değer kazanabilmesi için cevher hazırlama gerekmektedir.

2.4. Cevher Zenginleştirmenin Çalışma Alanı

Cevher hazırlama tesisini besleyecek cevherin sağlanması,cevherdeki değerli minerallerin boyut küçültme ile serbest hale getirilmesi,boyut küçültme ile yeterli mineral serbestleşmesi sağlanan cevherin zenginleştirilmesi, zenginleştirme sonunda elde edilen ürünler üzerindeki işlemler

2.5.Cevher Hazırlamada Yararlanılan Mineral Özellikleri

2.5.1 Fiziksel özellikler

Sertlik, gevreklik, yapı ve kırılış şekli, renk ve parlaklık, özgül ağırlık, manyetik duyarlılık,elektrik iletkenliği, flouresans ve fosforesans,radioaktivite

2.5.2.Fiziko-kimyasal özellikler

Yüzey ve ara yüzey özellikleri

2.5.3. Kimyasal özellikler

Isıl özellikler,farklı çözünürlük

3. CEVHER ZENGİNLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

Boyut küçültme ve boyuta göre sınıflandırmayı izleyen ve cevher içindeki değerli mineral veya mineral gruplarını, değersizlerden ayırmayı amaçlayan, işlemlerin tümüne zenginleştirme (konsantrasyon) adı verilir. Bir cevheri oluşturan çeşitli minerallerin birbirinden ayrılması, mineraller arasındaki fiziksel ve kimyasal özellik farklarına dayanılarak geliştirilen zenginleştirme yöntemleri ile mümkün olmaktadır.

3.1. Zenginleştirme Yöntemi Seçimi

Zenginleştirme yöntemini, cevherdeki değerli ve değersiz tüm minerallerin cinsine, fiziksel, kimyasal, fizikokimyasal özelliklerindeki farklılıklara ve boyut dağılımlarına bağlı olarak seçilmektedir. Temsili cevher numunesi üzerinde, aşağıda belirtilen incelemeler yapılmalıdır.

- a) Cevherin İçerdiği Minerallerin tanımlanması: Optik veya elektron mikroskobu, XRD, XRF, DTA ve kimyasal analiz yöntemleri ile belirlenir.
- b) Tanımlanan minerallerin özelliklerinin saptanması:
- c) Zenginleştirmede yararlanılacak özellik farklılıklarının belirlenmesi
- d) Tane serbestleşme boyutunun saptanması

3.2 Cevherin İçerdiği Minerallerin Özellikleri;

Minerallerin, farklı sertlik, gevreklik, dilinim gibi özellikleri, ufalama sırasında birinin diğerine göre daha fazla incelmesi sonucu daha fazla serbest kalması, piritkalkozin ve galen-kuvarsın ayrılmalarında bu durum vardır. O halde boyut küçültme sonucunda, hem faz sınırlarından kopma hem faz boyutu küçülmesi ortak etkisiyle serbestleşme gerçekleşmektedir.

3.3.Serbestleşme Boyutunun Saptanması

Tane serbestleşmesinin sağlanmasının zenginleştirme işlemlerinin başarısı açısından son derece önemlidir. Zenginleştirme öncesinde serbestleşme boyutunun saptanması verimli bir zenginleştirme yapılabilmesi ve zenginleştirme yönteminin

seçimine ışık tutması bakımından zorunlu olmaktadır. Zenginleştirme yöntemi başlıca iki deneysel yöntemle saptanmaktadır.

a) Zenginleştirme yöntemi (pratik yöntem) Zenginleştirilecek cevherden alınan temsili numuneler, değişik boyutlara indirilerek, her numune ile zenginleştirme deneyleri yapılır, sonuçlar değerlendirilir ve en iyi sonucu veren deneydeki cevher boyutu serbestleşme boyutu olarak kabul edilir.

b) Tane sayımı yöntemi (teorik yöntem) Farklı boyuttaki cevher numunelerinin tane sayımı ile serbestleşme dereceleri bulunur ve en uygun serbestleşme derecesini veren boyut saptanır. Tane sayım yöntemi, istatistik temele dayanır, doğru sonuç için, ISO standartlarına göre, her grupta en az 625 tanenin sayılması gerekir.

Sayım işlemi, çıplak gözle, optik mikroskop, X-ışınları mikro analiz yöntemi gibi yöntemlerle yapılabilmektedir.

- Serbest ve bağlı taneler sayılır.
- Bağlı taneler 20'de oran olarak tahmin edilir.
- Mikroskopla yapılan sayımda, iz düşüm nedeniyle bağlı tanelerin sayısı %40 az görülebilir. Onun için bulunan sonuç bağlılık faktörü (1.4) ile çarpılır.

$$SG = \text{Serbest G tane sayısı} / \text{Toplam G tane sayısı} * 100 \quad (3.1)$$

Sayım sonuçlarından yararlanarak, cevher mineral ve buna bağlı olarak element tenörleri de kabaca hesaplanabilir. Örnek; Galen: G için miktar hesabı;

$$\text{Toplam G miktarı} = \text{Toplam G tane sayısı} * G\text{'nin özg. ağı.} \quad (3.2)$$

(bağlı tane sayıları hesabında bağlı. faktörü kullanılmaz) Her mineral için aynı şekilde miktar hesabı yapılır. Mineral Tenörü:

$$\%G = \text{Toplam G miktarı} / \text{Cev. içindeki büt. min. top. mik.} * 100 \quad (3.3)$$

$$\text{Tenör} = \% \text{ Pb} = \text{Galen Tenörü} * \text{Galen içindeki Pb \% oranı} * 100 \quad (3.4)$$

4. KURU ZENGİNLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

4.1. Boyuta Göre Sınıflandırma, Ayıklama İle Zenginleştirme

4.1.1. Boyuta göre sınıflandırma

Cevherler boyut küçültme aşamasında farklı minerallerden oluşması nedeniyle farklı büyüklük ve şekillerde kırılabilmektedir. Farklı minerallerin kırılmaya karşı gösterdikleri farklı direnç, birbirlerinden farklı şekilde kırılmalarına neden olur ve bu özellik iri veya ince tanelerin birbirinden ayrılarak önmeli ölçüde zenginleştirmesine neden olur.

4.1.2. Ayıklama ile zenginleştirme

Diğer adıyla triyaj madenciliğin ilk uygulamalarından olup halen günümüzde de devam etmektedir. El ile ayırmanın yanı sıra otomatik ve optik ayıklayıcılar da günümüzde uygulanmaktadır. Minerallerin fiziksel özelliklerinden (şekil, renk, parlaklık, radyo aktivite ve fosforesans özellikleri ve x-ışınları) yararlanılarak faydalı mineral faydasız olandan ayrılabilir.

4.2. Gravite (özellik farkı) ye Göre Kuru Zenginleştirme

Minerallerin özgül ağırlıklarının farklı olmasından yararlanılarak yapılan bir zenginleştirme yöntemidir. Hava akışı ile taneler, özgül ağırlıklarına göre ayırma işlemi yapılır ve kuru olarak gerçekleştirilmektedir. Havalı masalar, havalı jigler, kuru ağır ortam v.b. ayırma cihazları bu zenginleştirmede kullanılır. Deneylerde kullanacağımız havalı seperatörler bu şekilde kuru zenginleştirme yapan zenginleştirme sistemleri olup pek çok alanda yaş zenginleştirmeye göre avantajlar sağlarlar. Gravite ile birlikte beslenen numunelerin şekil özellikleri de havalı seperatörlerde ayırma için sıklıkla kullanılır.

4.3. Manyetik Ayırma İle Zenginleştirme

Manyetik ayırma, minerallerin manyetik duyarlılığına bağlı olarak yapılan bir zenginleştirme yöntemidir. Mineralleri manyetik ayırıcılarla zenginleştirebilen (paramanyetik) ve zenginleştirilemeyen (diamanyetik) mineraller olarak ayırabiliriz.

Çok kuvvetli manyetik özellik gösteren paramanyetik mineraller ferromanyetik olarak adlandırılırlar.

4.4. Elektrostatik Ayırma İle Zenginleştirme

Minerallerin iletkenlik farkına bağlı olarak uygulanan bir yöntemdir. Bu yöntem minerallerin farklı şiddette ve çoğunlukla da farklı elektrik yükü ile yüklendikten sonra, farklı özelliklerdeki elektrostatik ayırıcılardan geçirilerek ayırım gerçekleştirilir.

5. HAVALI SEPERATÖRLER

Günümüzde mikronize öğütme tesisleri, yüksek hızlı dinamik havalı ayırıcıların (separatör) gelişmesi ve yaygın olarak kullanılmaya başlamasıyla birlikte özellikle kalsit, talk, barit gibi orta sertlikteki (<mohs'3) endüstriyel hammaddelerin d97 25µm (d50 5µm), hatta daha düşük tane boyutlarına kadar (d97 6µm) bilyalı değirmenler vasıtasıyla verimli bir şekilde öğütülmesine imkan tanımaktadır. Bu ekipmanları diğer sınıflandırıcılardan ayıran başlıca özellikleri, bir ana santrifüj fan ile hızlandırılıp basıncı artırılmış hava kullanmaları ve ürünü bir siklon ve/veya jet-filtre ile durdurmalarıdır. Sisteme fan ve filtre girdiğinden dolayı da tasarım parametreleri daha karmaşıktır. Bu çalışmada; havalı ayırıcılar ve tasarım parametreleri ele alınarak uygulamadan örnekler sunulacaktır.

5.1. Giriş

Havalı sınıflandırma (ayırma), hava akışı ile taneleri boyutuna, şekline ve özgül ağırlığına göre ayırma işlemidir ve kuru olarak gerçekleştirilmektedir. Ayırma işlemi d50 boyutu ile karakterize edilmektedir. d50'nin üzerindeki taneler "iri" fraksiyonu, altındakiler ise "ince" fraksiyonu ifade eder. Ayırmanın performansı elde edilen ürünlerdeki her bir fraksiyonun kütle içerikleriyle belirlenir

Günümüz mikronize (ince ve çok ince) öğütme tesisleri, yüksek hızlı dinamik havalı ayırıcıların (separatör) gelişmesi ve yaygın olarak kullanılmaya başlamasıyla birlikte özellikle kalsit, talk, barit gibi orta sertlikteki (<mohs'3) endüstriyel hammaddelerin d97 25µm (d50 5 µm), hatta daha düşük tane boyutlarına kadar (d97 6 µm) bilyalı değirmenler vasıtasıyla verimli bir şekilde öğütülmesine imkan tanımaktadır. Gelişen dinamik havalı ayırıcılarla, güvenilirlikleri, düşük bakım ve işletme maliyetleri ile yumuşak ve orta sert hammaddelerin kuru ince öğütme uygulamalarında d97 6 µm düzeyine kadar kullanılan bilyalı değirmenler, enerji verimlerinin nispeten düşük olmasına karşın, sektörde hala lider konumundadır. İnce-kalın malzeme sınıflandırmasının ilk olarak eleklerle yapıldığı; en basit ve etkin havalı sınıflandırmanın ise binlerce yıldır harmanlarda dirgenlerle samanla karışık buğdayı havaya savurarak gerçekleştirildiği söylenebilir. Günümüz modern dinamik havalı ayırmanın esası ise temel prensip olarak aynıdır. Fan tarafından belirli hıza ulaşmış

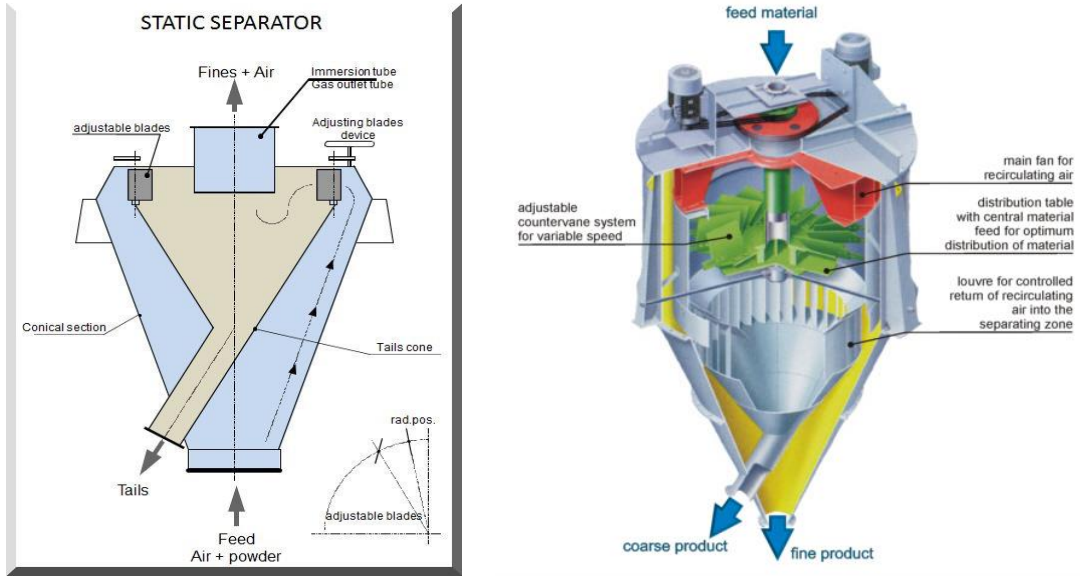
hava, bir rotorun merkezkaç kuvvetiyle aksi yönden gelen tanelerle karşılaşır; ince taneler merkezkaç kuvvetinin etkisiyle rotorun dışına taşınırken iri taneler dışarıdan fan tarafından hızlandırılmış havanın etkisiyle rotorun merkezinde kalarak ayrılırlar.

Bir mikronize öğütme tesisi tasarım aşamasında, öğütülmesi istenen hedef tane boyut aralığı için kullanılacak değirmenin çapı-boyu, boşaltım mekanizması, seçilecek ayırıcının cinsi, tipi, yataklama şekli, rotor çapı, ürünü durduracak durdurucu siklon ve/veya jet filtre ve en önemlisi ana fan uyumlu olmalıdır. Bu parametrelerden biri ya da birkaçı uyumsuzluk gösterdiğinde, hedeflenen tane boyutunun elde edilememesi, istenilen kapasitede ürün alınamaması, enerji verimliliğinin düşük olması gibi sonradan çözülmesi çok zor ve pahalı sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Bazı durumlarda ise tesisin gerçek kapasitesinin bu olduğu varsayılarak uzun süre düşük verimde çalıştırılabilmektedir. Bu tür olumsuzlukları yaşamamak için hem tasarımcının, hem de işletmecinin adı geçen parametrelerle ilgili bilgi sahibi olması gerekmektedir.

5.2. Statik Havalı Ayırıcılar

Statik havalı ayırıcılar, dar tane boyut dağılımına çok ihtiyaç duyulmayan, az da olsa iri tane kaçağının fazla önemslenmediği yaklaşık 20 yıl öncesine kadar kuru öğütme sistemlerinin en çok kullanılan sınıflandırıcısı konumundaydılar. Günümüzde özellikle d97 45–250 µm tane boyut aralığında ürün elde edilmesinde kullanılabilmelerine karşın, artık yerlerini fan-filtre destekli dinamik havalı ayırıcılara bırakmışlardır. Özellikle kalsit, talk, kaolin, barit vb. dolgu maddeleri üreten yeni mikronize öğütme tesislerinde neredeyse tümüyle ortadan kalkmıştır. Günümüzde basit kullanımı dışında statik havalı ayırıcıların çok fazla kullanım alanları kalmamıştır.

Değirmen çıkışı malzeme, ayırıcının içinde en üst kısmında bulunan dağıtım plakası üzerine beslenir. Burada merkezkaç kuvvetinin etkisiyle bir altta bulunan döner plakanın üzerine dökülen malzemenin iri taneleri merkezkaç kuvvetinin etkisiyle dış kısımda kalır ve yerçekimiyle aşağı dökülüp geri beslemeye verilir veya ayrılır. İnce olanlar ise dönen plakaların etkisiyle oluşan hava sirkülasyonuna kapılarak yukarı taşınır ve ince tane konisinde birikerek dışarı nihai ürün olarak alınır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1: Statik havalı ayırıcı kesit ve görünümü.

Statik havalı sınıflandırıcıların başlıca avantajları şu şekilde sıralanabilir:

-Kurulumları ve yapıları basittir,basit yapılarıyla dinamik ayırıcı sistemlerine kıyasla son derece düşük ilk yatırım maliyetleri vardır.

-İlave bir fan ve filtre sistemine ihtiyaç duymadıkları için toplam enerji tüketimi dinamik ayırıcılara nazaran oldukça düşüktür. (1/10-1/15 oranında)

-Basit yapılarından dolayı bakım ve işletme maliyetleri yok denecek kadar azdır.

-Tesis içinde montaj için gerekli yer ve yükseklik ihtiyacı azdır.

-Montajı ve sökülmesi kolay olduğundan tesis tasarımında ve operasyonda kolaylık sağlar ve tane boyut aralığı üretimi kesmeden değiştirilebilir.

-Aşırı yüklenmelere karşı dayanıklıdır; bir başka deyişle herhangi bir sebepten ortaya çıkabilecek aşırı yükte tıkanma ve bozulma gibi bir sorunu yoktur.

Sayılan tüm avantajlara rağmen aşağıda belirtilen konulardaki yetersizlikleri, statik sınıflandırıcıların kullanımını ciddi ölçüde sınırlamaktadır:

- -45 μm tane boyunun altında ayırma yapamamaktadır.

- İnce ve İri tane karışımı olduğundan endüstride giderek daha az tercih edilir.

-Ayırdığı iri tanenin içine, değirmen geri beslemesine fazla miktarda ince kaçağı bırakmaktadır. Bu durum da prosesin genel enerji verimliliğini düşürmekte, aşırı öğütülmüş tane miktarını artırmaktadır.

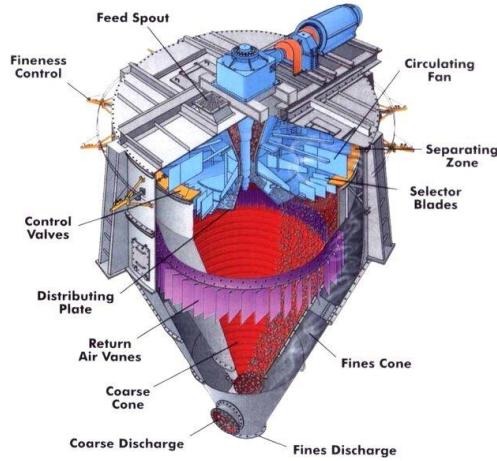
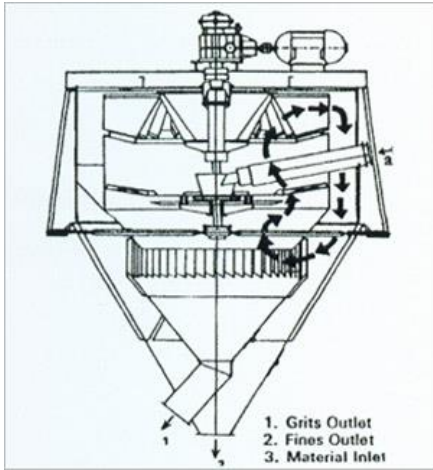
-Sınıflandırmada tane boyut dağılım eğrisi dik değildir. Ürün tane boyutu, geniş bir aralıkta dağılım gösterir.

- En önemlisi de ayırdığı üründe az da olsa iri tane kaçağı bulunmaktadır.

Ancak yukarıda sayılan dezavantajların fazla önemli olmadığı, örneğin liç öncesi kuru öğütme gibi uygulamalarda hala statik havalı sınıflandırıcılar kullanım alanı bulmaktadır.

5.3. Dinamik Havalı Ayırıcılar

Dinamik havalı ayırıcılar son 30 yıl içinde kuru öğütme sistemlerinde en çok tercih edilen sınıflandırıcılardır. Bu ekipmanları diğer sınıflandırıcılardan ayıran başlıca özellikleri, bir ana santrifüj fan ile hızlandırılıp basıncı artırılmış hava kullanmaları ve ürünü bir siklon ve/veya jet-filtre ile durdurmalarıdır. Sisteme fan ve filtre girdiğinden dolayı da tasarım parametreleri daha karmaşıktır.



Şekil 5.2 : Dinamik havalı ayırıcı kesit ve görünümü.

5.3.1. Dinamik havalı ayırıcılarda tane boyutu kontrolü

Dinamik havalı ayırıcılarda ürün tane boyutu, ayırıcı rotorunun devir hızıyla rotor çevresinde radyal olarak sirküle eden ana fan hava hızının; dolayısıyla fan basıncının bir fonksiyonudur. Ürün tane boyu üst sınırı uygun rotor devir hızı ile fan hava miktarının seçimiyle gerçekleşir.

Ürün tane boyutu ayarlanmasında iki ana kural vardır. Bunlar sırasıyla;

1. Kural: Sabit Fan Hava Akım Hızı ve Fan Basıncı için :

Yüksek Rotor Hızı —————► İnce tane boyu

Düşük Rotor Hızı —————► İri tane boyu

2. Kural: Sabit Rotor Hızı için:

Yüksek hava akım hızı ve fan basıncı —————► İri tane boyutu

Düşük hava akımı hızı ve fan basıncı —————► İnce tane boyutu

sonucunu verirler.

Hava akımı ve rotor hızı ile tane boyu üst sınırı arasında aşağıdaki eşitlik kurulabilir:

$$Dt = (C * V) / n^2 \quad (5.1)$$

Dt : Tane boyutu üst sınırı (cut point)

V : Fan hava akımı m³/saat

n : rotor hızı (dev/dak)

C : Ürüne ve ölçüm sistemine göre değişen sabit katsayı

C katsayısını hesaplamak için tane boyutu ve rotor hızı bilinen bir sistemde;

$$C = (Dt * n^2) / V \quad (5.2)$$

eşitliğinden hesaplanarak formülde yerine konabilir.

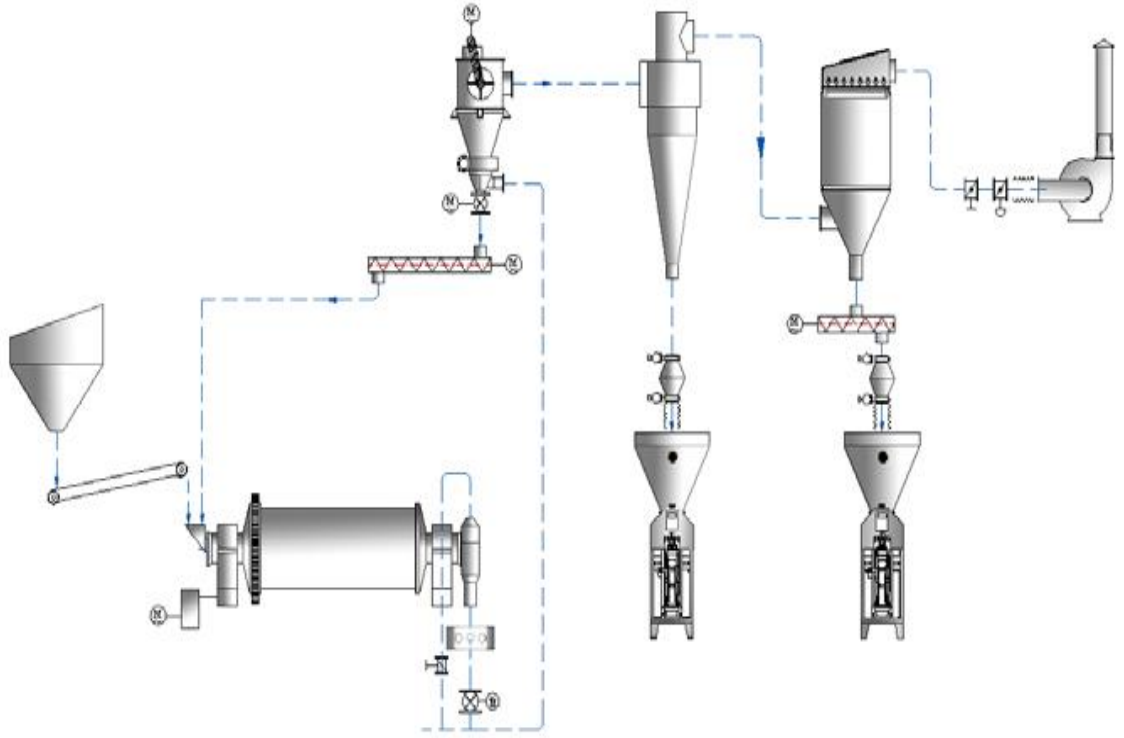
Uygulamada operatörler, fan hava klapelerini %75-85 aralığında sabit tutarak tane boyutunu rotor hızıyla ayarlamayı tercih etmektedirler. Ancak bazı özel durumlarda; örneğin dar tane aralığında ürün elde edilmek istendiğinde, klapelerle fan hava akımı artırılıp sınıflandırıcı hızı yükseltilmektedir. Böylece daha yüksek bir d50 değeri ve daha düşük yüzey alanına sahip bir ürün ortaya çıkmaktadır. Aynı şekilde rotor hızı ve fan basıncı düşürülerek tane boyut dağılım eğrisi yataya yaklaştırılabilir; yani daha düşük bir d50 değeri olan, yüzey alanı daha yüksek daha ince ürün elde edilebilir.

Bütün bu uygulamalar, çalışma esnasında sürekli tane boyutu ölçümleriyle optimize edilir ve dalgalanmalar en aza indirilmeye çalışılır. Günümüz dinamik sınıflandırıcıların en önemli üstünlüklerinden biri de sahip oldukları kontrol parametreleriyle söz konusu dalgalanmaları en aza indirgemiş olmalarıdır. Konuyla ilgili yapılan çalışmalarda fan klapesinin açılıp yüksek hava akımı ve yüksek rotor hızında öğütme veriminin arttığı gözlemlenmiştir .

Genel olarak uygulamada fan hava miktarları sabitlenerek ayırıcı rotor devri düşürülüp yükseltilerek istenen tane boyutu elde edilir. Önceleri bu uygulama ayırıcı rotorunun kasnağının değiştirilmesiyle sağlanırken, günümüzde frekans kontrol üniteleriyle ayırıcı rotor hızı üretimde hiçbir durdurma ve kesintiye gitmeden çok hassas bir şekilde ayarlanabilmektedir.

5.3.2. Dinamik ayırıcı hattı tasarım parametreleri

Bir kuru öğütme hattının tasarlanmasında ve işletilmesinde en önemli kriter, işletme için amaçlanan hedef tane boyuta üretim kapasitesi ile değirmen ve ayırıcının uyumluluğudur. Bu uyum gözetilirken öncelikle değirmenin saatlik çıkış kapasitesi göz önünde bulundurulmalıdır. Değirmen kapasitesi yüksek, fakat ayırıcı kapasitesi düşük tutulduğunda (genelde yapılan hata budur) değirmende bir miktar atıl kapasite ortaya çıkmakta ve genel elektrik verimi bu şekilde büyük ölçüde düşmektedir veya ayırıcı(lar) aşırı yüklenerek verimsiz bir sınıflandırma yapmaya zorlanmaktadır. Sisteme sonradan ayırıcı ilave etmenin de pek çok teknik ve mali zorlukları vardır. Şekil 5.3'te görülen, tek değirmenli, tek sınıflandırıcı, hava taşımalı bir öğütme devresi, tasarım ve işletim olarak kolaydır ancak rotor çapı 630 mm olan bir ayırıcıyla d97 25 µm boyutunda 3 ton/saat için d97 10 µm düzeyinin altına inmek mümkün değildir.



Şekil 5.3 : Yatay yataklı dinamik ayırıcı kullanılan basit öğütme devresi.

5.3.2.1. Ayırıcı rotor çapı

Ürünlerin fiyatları ve katma değerleri tane boyutu küçüldükçe arttığından her işletmecinin birincil amacı en ince tane boyutundan en yüksek kapasitede üretim elde etmektir. Ancak ayırıcının rotor çapı bunu sınırlayan önemli bir parametredir. Rotor çapı, dolayısıyla kapasitesi büyüdükçe ayırım yapabileceği tane boyut aralığı yükselir.

Rotor çapı ve ayırıcı kapasitesi ile sınıflandırılabilir tane boyut aralığı ters orantılıdır. Örneğin 750 mm rotor çapına sahip bir ayırıcı, kalsit öğütmede en düşük d₉₇ 12 µm düzeyine inebilmekte ve kapasitesi de 1500 kg/saat'e gerilemektedir. Rotor çapı 630 mm'ye düştüğünde ürün tane boyutu 10 µm, kapasitesi ise 1200 kg/saat olarak gerçekleşmektedir. Bu ekipmanlar d₉₇ 6 µm düzeyine ise hiç yaklaşamamaktadır. D₉₇ 6 µm eldesi için rotor çapının 315 mm'ye düşmesi gerekmektedir. Bu defa da kapasite d₉₇ 10 µm için 350 kg/saat'e kadar düşmektedir. Bir başka deyişle aynı değirmen önüne 750 mm rotor çaplı tek ayırıcı yeterli gelirken hedef tane boyu d₉₇ 6 µm olduğunda bu sayı 6'ya çıkmaktadır. Bu da 6 adet ayırıcı, 6 adet fan ve filtre; hepsine yetecek kadar da basınçlı hava demektir ki işletme genel verimliliği oldukça düşük gerçekleşecektir (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1 : Ayırıcı rotor çapı-adedi ile tane boyu aralıkları, kapasitesi ve gerekli hava miktarı arasındaki ilişki.

Rotor çapı/adedi	200/1	200/4	315/1	315/3	315/6	500/1	500/4	630/1	750/1
Tane boyutu aralığı	5-120	5-120	6-150	6-150	6-150	8-150	8-150	9-200	10-200
Kapasite (kg/saat) :									
d ₉₇ 6 µm	120	480	300	900	1800	-	-	-	-
d ₉₇ 10µm	180	720	500	1500	3000	1150	4600	1800	2500
d ₉₇ 20µm	280	1120	700	2100	4200	1750	7000	2800	3900
Fan kapasitesi (m ³ /saat) 1000	4000	2500	7500	15000	7500	30000	10000	14000	

1-Çizelgedeki değerler d=2,7 gr/cm³ olan CaCO₃ ince öğütme uygulamaları içindir.

2- Değirmen çıkış malzemesi içinde yaklaşık %70 d₉₇ değeri olan ince ürün bulunduğu varsayılmıştır. Bu ikilemi üreticiler, 6 adet ayırıcı rotorunu tek bir hazne üzerine yerleştirerek aşmışlardır. Böylelikle kısaca 315/6 olarak adlandıracağımız çok rotorlu yatay yataklı ayırıcılar ortaya çıkmış, yüksek tane boylarında yüksek kapasiteler elde edilirken d₉₇ 6 µm gibi aşılamayacak bir sınır da aynı ayırıcı tarafından aşılarak konvansiyonel bilyalı değirmenler tarafından üretilmeye başlanmıştır (Şekil 5.4).



Şekil 5.4 : Altı rotorlu yatay yataklı dinamik ayırıcı ALPINE Turboplex 315/6.

5.3.2.2. Ayırıcı hattı tasarımı

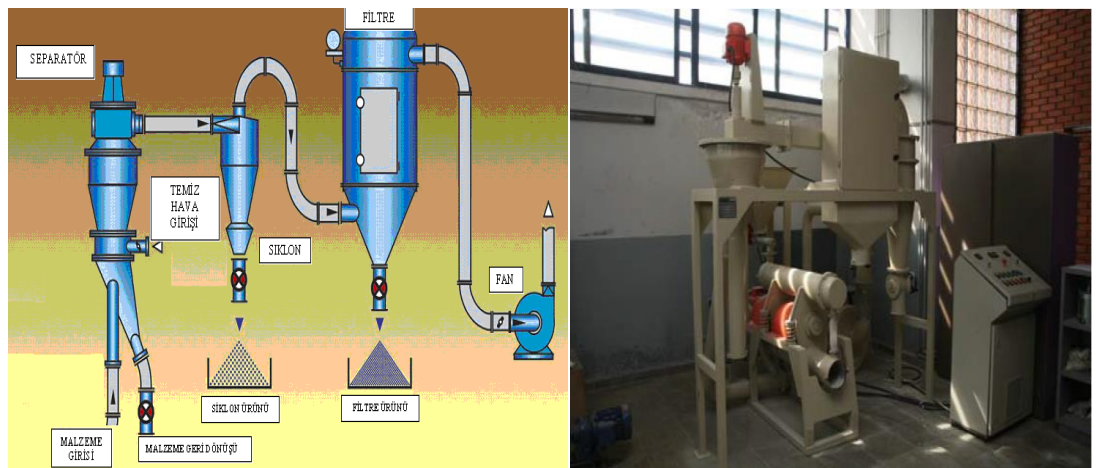
Cevher hazırlama tesislerinde, separatör hatları, siklonlu, siklonsuz; açık devre ya da kapalı devre olarak düzenlenmektedir. Aşağıda siklonlu ve siklonsuz açık devre ayırıcı hatları üzerinde durulacaktır.

5.3.2.2.1. Siklonlu ayırıcı hattı

Ana fanın ayırıcıdan yüksek hızda çektiği ince ürünü durdurmak ve stoklamak için siklon ve jet-filtrenin birlikte kullanıldığı sistemlerdir (Şekil 5.5). Nispeten kaba ürün eldesi için daha uygundurlar, çünkü siklonlar belli tane boyutlarının altında ürünü durduramamaktadır. Siklonun durduramadığı ince ürün filtre tarafından yakalanıp çöktürülür. Bundan dolayı bu tür sistemlerde siklondan elde edilen malzeme nispeten daha kaba filtreden elde edilen malzeme nispeten daha incedir. Özellikle bu tip bir ürün istenmiyorsa her iki ürün tek siloya beslenerek karıştırılır.

Siklonlu hatların en önemli avantajı, daha küçük bir jet filtreye ihtiyaç duymalarıdır. Bu şekilde ilk yatırım maliyeti düşeceği gibi filtrenin harcayacağı basınçlı hava miktarı da oldukça azalmaktadır. Önemli dezavantajı ise siklonun ortaya çıkardığı ek basınç kaybının ayırıcı verimini düşürmesidir.

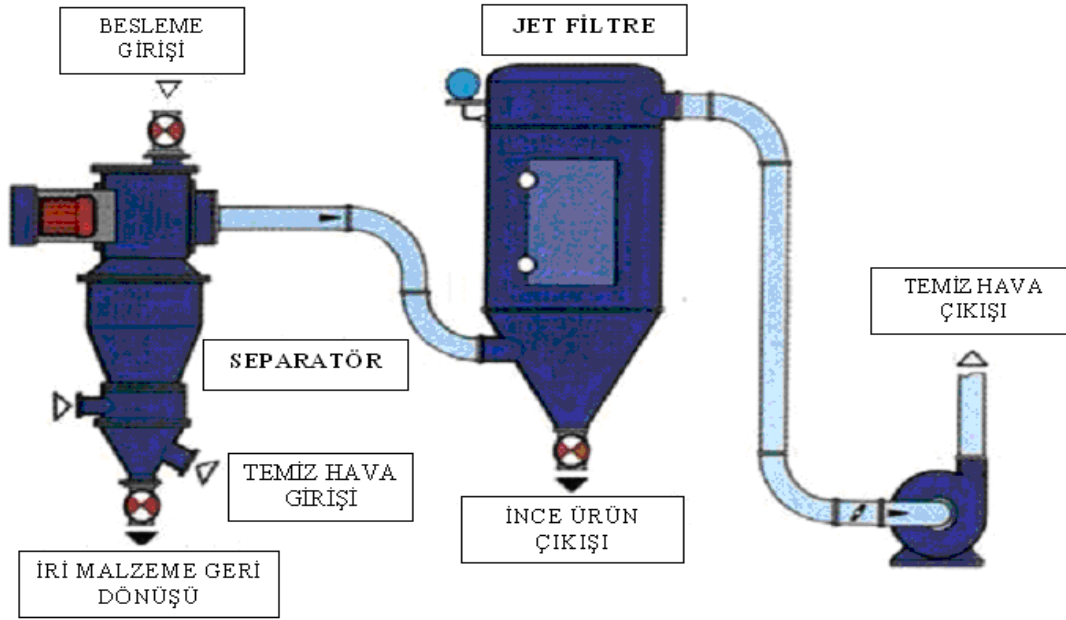
Sepiyolit, diatomit ve mikalı kum'un kuru zenginleştirilmesi deneylerinde aşağıda şekli görülen siklonlu açık devre ayırıcı hattı kullanılmış olup kullanılan hattın görüntüsü aynı şekilde yer almaktadır. Resimde görünen kırma ünitesi deneylerde kullanılmamıştır.



Şekil 5.5 :Siklonlu açık devre ayırıcı hattı ve Deneylerde kullanılan hattın görüntüsü.

5.3.2.2.2. Siklonsuz ayırıcı hattı

Ayırıcıdan fan tarafından emilen ürünün tek başına jet filtre tarafından durdurulduğu sistemlerdir (Şekil 5.6). Ana fan basınç kaybı sadece jet filtrede oluşur ve siklonlu hatta göre daha azdır. Bundan dolayı dar tane fraksiyonunda mikronize öğütme prosesleri için daha uygundur. Ayrıca filtre haznesinde biriken ürün üniform bir yapıya sahiptir. En önemli dezavantajı ise büyük ve yüksek basınca dayanıklı filtregereksinimidir. Bu da filtrenin temizleme devresinin harcayacağı basınçlı hava miktarının yüksek olması, dolayısıyla tesiste daha büyük bir kompresöre ihtiyaç duyulacağından ilk yatırım ve işletme maliyetinin artmasına neden olmaktadır. Ancak bu dezavantaj, elde edilecek dar tane fraksiyonunun getireceği efektif öğütme ile karşılanabilmektedir. Tesis tasarımında bu iki kriter birlikte ele alınıp değerlendirilmelidir.



Şekil 5.6 : Siklonsuz açık devre ayırıcı-filtre-fan.

5.4. Sonuçlar

Günümüz şartlarında mikronize kuru öğütme tesislerinde ayırıcı tasarım parametrelerinin, gerek ilk kuruluş, gerekse işletme aşamasında bilinmesi, ampirik yaklaşımların ortaya çıkardığı/çıkaracağı muhtemel kayıpların en aza indirgenmesi bakımından önemlidir. Yukarıda kısaca irdelemeye çalıştığımız başlıklar, tesis tasarım ve işletilmesinde analitik bir yaklaşım sağlayacaktır. Hedeflenen tane boyu aralığı ve kapasitesi ile seçilecek havalı ayırıcı özelliklerinin uyumlu olması, etkin bir ayırma/öğütme sağlayacaktır.

6. DİATOMİT VE ENDÜSTRİYEL KULLANIMI HAKKINDA BİLGİLER

6.1.Genel Bilgiler

Özellikle Avrupada kaliteli ve işletilmeye elverişli kaynakları giderek azalan ve yurdumuzda oldukça bol ve kaliteli rezervleri bulunan bu maddenin gereği gibi değerlendirilebilmesi için üretimden tüketime kadar her safhada gerekli ilgi ve desteğin sağlanması, özellikle pazarlama ve ihracat imkanlarının araştırılarak artırılması gerekmektedir. Memleketimizdeki mevcut ve muhtemel diatomit rezervlerinin de araştırılması, nicelik ve nitelik bakımından gerekli tespitlerin bir an önce yapılarak rezerv potansiyelimizin güvenilir rakamlarla ortaya konulması tutarlı üretim programlarının yapılabilmesi, maliyetlerin düşürülmesi ve kalitenin daha da yükseltilebilmesi açısından çok önemli görülmektedir.

Aktif diatomit üretiminde kullanılan hammadde Almanca "Kieselgur", veya İngilizce "Diatomite" olarak adlandırılan endüstriyel bir mineraldir. Libya kaynaklı diatomitler resmi dokümanlarda "Tripoli", Danimarka'nın killi diatomitleri ise "maler toprağı" olarak adlandırılmaktadır. Diatomit, algler sınıfından su canlıları olan diatomelerin silisli kabuklarının birikimiyle oluşmuş fosil karakterli bir sedimanter kayadır. Diatome içinde yaşadığı çevre suyundan temin ettiği silisten yapılmış kabuk veya kavkı içinde yerleşmiş çok küçük bir protoplazmadır. Geniş ve sığ havzalar, çok miktarda suda erimiş silis ve temiz sular, gelişmesini sağlayan ve hızlandıran faktörlerdir. Sayıları 16.000 e ulaşan farklı diatome çeşitleri tatlı sularda, denizlerde veya hafif tuzlu sularda gelişmektedirler. Ölen diatomelerin dibe çöken kabukları birikerek diatomit yataklarını oluşturmaktadır. Çok aktif diatome kolonileri yılda birkaç milimetre kalınlık yaratacak bir çökme hızına ulaşabilmektedirler. Diatomeler ilk defa 65-135 milyon yıl önce Kretase çağında çok büyük miktarlara ulaşmışlar ve bugün ticari değeri olan yatakların çoğunu ise Miyosen çağında (7-27 milyon yıl önce) meydana getirmişlerdir.

Diatomeler bugün de denizlerde ve göllerde yaşamlarını sürdürmektedirler. Diatome kavkısı amorf silis ($\text{SiO}_2 \times n\text{H}_2\text{O}$) yapısındadır. Rezervler, oluşma ortamının yapısı ve şartlarına bağlı olarak, genellikle kil, volkanik kül, kum ve organik kalıntılar ihtiva ederler. Kimyasal olarak diatomitlerin ticari değere sahip olması için SiO_2 içeriklerinin %84 - 94 arasında olması ve uygun miktarda Fe_2O_3 ve Al_2O_3 'ünde

bulunması gereklidir. Diatome kavkısının opal sertliği 4,5-6,0 arasında olmakla birlikte kayacın sertliği 1,5 ten fazla değildir. Genellikle gevşek yapılı ve hafif olup rengi beyazdan açık bej, gri ve koyu kahverengiye kadar değişebilir. Absorpsiyon kabiliyeti yüksek olup ağırlığının üç katı su emebilir. En önemli özelliklerinden birisi de % 85-90 lık bir porozite sağlayan yüksek gözenekli yapısıdır. Isı iletkenliği 100-300 °C de 0,08 KCal/m2.°C.h., 800 °C ve yukarısında ise 0,11 Kcal/m2.°C.h mertebesindedir. Ergime noktası ihtiva ettiği safsızlıklara bağlı olarak 1000-1590 °C arasında değişir. Diatomit birçok kimyasal maddeye karşı inert olup yalnız yüksek sıcaklıkta kuvvetli bazlardan ve asit olarak ta sadece HF (hidroflorik asit) ten etkilenir.

Ham diatomitin çeşitli şekillerde işlenmesiyle elde edilen aktif diatomit ürünleri tabii (naturel), kalsine, flaks-kalsine olmak üzere başlıca üç gruba ayrılır. Bunlarda kendi aralarında tane iriliği dağılımları, fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre yeniden sınıflandırılırlar. Ham diatomitin sadece kurutulması ve içindeki yabancı maddelerin kaba olarak ayrılmasıyla tabii (naturel) ürün elde edilir. Bu ara ürünün döner fırında 600-1000 °C de kalsinasyona tabi tutulmasıyla kalsine ve kalsinasyon esnasında flaks maddesi olarak eriyebilen alkali bir tuz ilavesi ile de flaks-kalsine ürünler elde edilir.

6.2. Diatomitin Kullanım Alanları

Diatomit ürünleri sanayide birçok işlemlerde ara ve yardımcı malzeme olarak kullanılmaktadır.

Başlıca tüketim alanları önem sırasına göre şöyle sıralanabilir :

- Filtre-Yardımcı malzemesi (süzme),
- Dolgu malzemesi,
- İzolasyon malzemesi (ısı, ses, elektrik),
- Absorbent,
- Aşındırıcı ve yüzey temizleyici,
- Katalizör taşıyıcı,
- Hafif yapı malzemesi, refrakter imalatı,
- Gübrelerde taşıyıcı ve topraklanmayı önleyici olarak.

Diatomitin % 85-90 gözeneklilik derecesine sahip bir doku meydana getirebilecek özel yapısı, kimyasal inörtülüğü ve steril özelliği nedeniyle en çok tüketildiği ve ikame ürünlere göre hemen hemen rakipsiz olduğu kullanım alanı, süspansiyon halindeki katı tanecikleri sıvılardan ayırmak amacıyla uygulanan filtrasyon işlemleridir. Bu uygulamada filtre yardımcı malzemesi bez, elek gözenekli taş veya metalden yapılan destek yüzeyleri üzerine biriktirilerek filtrasyon keki oluşturmak suretiyle veya doğrudan doğruya süzülecek sıvıya ilave edilerek kullanılır. Filtrasyon işlemi sırasında süzölmekte olan sıvıya kontrollü olarak dozajlama şeklinde ilave edilmek suretiyle kekin gözenekliliği korunur. Böylece istenilen süzme hızı ve berraklık derecesini elde etmek mümkündür.

Yardımcı malzeme kullanılması süzme periyodunu uzatmakta, istenilen hız ve berraklıkta süzme yapılabilme imkanını sağlamakta ve işlemi kolaylaştırmaktadır. Diatomit filtre yardımcı malzemeleri ham şeker şerbeti, bira, viski, şarap, yüzme havuzu suları, kuru temizleme solventleri, eczacılık mamülleri, meyve ve sebze suları, endüstriyel atıklar, kimyasal maddeler, vernik ve lakeler, madeni ve nebati yağların filtrasyon işlemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Diatomit ürünlerinin ikinci büyük kullanım alanı fonksiyonel dolgu işlemleridir. Burada kullanılan dolgu malzemesi nihai mamülün özelliklerini geliştirerek performansını artırmaktadır. Bu amaç için diatomitin hafiflik, dayanıklılık, kimyasal inörtülük, ısı-ses-elektrik izolasyon kabiliyeti, yüksek gözeneklilik ve emicilik özelliklerinden yararlanılmaktadır.

Diatomitin fonksiyonel dolgu işlemi için kullanıldığı en önemli uygulamalar boya, plastik, lastik, kağıt, ilaç, kozmetik, cila, kibrit, diş macunu ve kimya sanayileridir. Bazı diatomit çeşitleri % 94'e ulaşan yüksek silis muhtevalarına sahiptirler. Bu sebeple kimyasal reaksiyonların büyük çoğunluğuna karşı ilgisizdirler. 1430 ° C civarındaki yüksek ergime sıcaklığı ise aşırı sıcaklıklara karşı dayanıklılık sağlar. Bu sebeple diatomit ürünleri hem katalizör taşıyıcısı, hem de izolasyon elemanı olarak kullanılırlar. Katalizör taşıyıcı uygulamasının en önemli örnekleri hidrojenasyon prosesindeki nikel katalizörler ve sülfürik asit üretimindeki vanadyum katalizörlerdir.

Ayrıca çimentoda su mutevası fazlalığını giderme ve homojeniteyi ıslah etmek amacıyla kullanılabilir. Betona % 3 oranında diatomit ilavesinin betonun basınç direncini % 20, çekme direncini ise % 10 oranında artırdığı gözlenmiştir.

6.3 Diatomitin Üretim Yöntemi ve Teknolojisi

Dünyada diatomit yatakları genel olarak üç şekilde işletilmektedir. Bunlar galeri, açık işletme ve sualtı metotlarıdır. Galeri ve sualtı metotları, çok derinde ve oluşum yeri henüz kurumamış nisbeten genç damarlara ulaşmak için kullanılmaktadır. Fakat dünyada ve yurdumuzda en yaygın olarak uygulanan şekil açık işletmecilik metodudur. Açık işletmecilikte önce damarın üst örtü tabakası açılmakta sonra madenin yumuşak karakterli olması sebebiyle, herhangi bir patlatma işlemine gerek kalmaksızın direkt olarak buldozer ve ekskavatörlerle kazma işi yapılmaktadır.

Kazılan maden istif sahasına taşınmakta, burada eğer damarlar arasında renk, yoğunluk, rutubet, saflık ve filtrasyon özellikleri bakımından farklılıklar var ise tercihen bu farklılıklarda gözetilerek gruplandırmak suretiyle istiflenmektedirler. Kurak ve güneşli geçen mevsimler, çıkarılan maddenin % 60 a kadar çıkabilen rutubetinin güneşte kurutularak düşürülmesi için büyük fırsatlardır. Bu suretle madenin rutubeti % 20'ye kadar düşebilir. Bundan sonra sıra madenin işlenmesine gelmektedir.

6.4. Türkiye’de Durum

6.4.1. Ürünün Türkiye’de bulunuş şekilleri

Yurdumuzda oldukça bol ve kaliteli ham diatomit rezervleri mevcuttur. 1974 yılına kadar Türkiyede diatomit üretimi sadece madencilik seviyesinde olmuştur. 1972 yılında ise Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Şeker Enstitüsü’nde aktif diatomit üretimi için başlatılan çalışmalar olumlu sonuç verince 1974 yılında bir pilot tesis kurulmuş ve bu tesisin kapasitesi 1976 yılında 2 ton/güne çıkarılarak Diatomit Fabrikası haline getirilmiştir. 1980 den itibaren ise kapasitenin üzerine çıkılarak günlük üç ton üretime ulaşılmıştır. Şeker teknolojisinde kullanılması sebebiyle aktif diatomit üretimine başından beri ilgi duyan Şeker Şirketinin artan ihtiyacının karşılanması amacı ile, şirketin Etimesgut Tesisleri sahasında kurulan 3.000 ton/yıl kapasiteli yeni Diatomit Fabrikası 1992 yılı sonunda deneme kampanyasına alınarak üretim faaliyetlerine başlamıştır. Bu fabrika çeşitli nedenlerle 1994 yılında kapanmış, diatomit yerine perlit kullanılmaya başlanmıştır.

6.4.2. Rezervler

Türkiyede diatomit rezervi araştırma çalışmaları önce Maden Tetkik Arama (MTA) tarafından başlatılmış, daha sonra Etibank ta sınırlı bir girişimle bu çalışmalara katılmıştır. MTA tarafından hazırlanan rezerv envanterlerine göre ülkemiz, diatomit

rezervi bakımından oldukça zengin sayılmaktadır. Etibank, 1970 yıllarında Aksaray ve İhlara vadisi yöresinden alınan üç numuneyi tetkik için Johns Manville firmasına göndermiştir. 1974 yılında gönderilen raporda bunlardan sadece bir tanesinin işletilebilecek kalitede olduğu bildirilmişse de, bu güne kadar Etibank'ın bir girişimi olmamıştır.

Üretim faaliyetleri yanında kalitenin sürekli geliştirilmesi prensibiyle rezerv araştırma çalışmaları da yapan T.Ş.F.A.Ş. Diatomit Fabrikası, kısa sayılabilecek bir süre içerisinde daha önce bilinen Aydın-Karacasu madenine ilaveten Afyon-Tınaztepe, Niğde, Aksaray, Çanakkale, Sivas, Kayseri, Konya, Ayvalık, Bingöl gibi yörelerde bulunan diatomit rezervlerinin de ortaya çıkarılmasına yardımcı olarak buralardan getirilen numuneleri muhtelif test ve denemelerden geçirmiş, evsaf ve fiziksel özelliklerini araştırarak bazı tespitler yapmıştır. Ancak yapılan bütün bu nitelik tespit çalışmalarına karşılık, nicelik olarak ülkemizin diatomit rezerv potansiyelini ortaya koyacak kesin bir değer henüz elde edilememiştir. Fakat nitelik olarak çeşitli amaçlara yönelik olarak kullanılabilecek evsafta oldukça kaliteli kaynaklarımız olduğu ve toplam miktarın tahmini olarak 100 milyon tonu aştığı söylenebilir. Tespit edilebilen yataklarımızın bulunduğu iller şunlardır. Afyon, Ankara, Aydın, Balıkesir, Bingöl, Çanakkale, Çankırı, Denizli, Eskişehir, Kayseri, Konya, Kütahya, Niğde, Sivas ve Vandır. Kayseri-Hırka diatomit yatağı 50 milyon ton rezervi ile Türkiye'nin en büyük yatağıdır.

Çankırı diatomit yataklarının toplam rezervi ise 25 milyon ton civarındadır. Aydın-Karacasu'da bulunan 90 m kalınlıktaki iyi kalite diatomit yatağı zaman zaman işletilmiştir. Erzurum-Tortum diatomitinin de iyi kaliteli olduğu, rezervinin ise 50 milyon tona ulaşabileceği ifade edilmektedir.

7. SEPIYOLİT VE ENDÜSTRİYEL KULLANIMI HAKKINDA BİLGİLER

7.1. Tanımı ve Özellikleri

Sepiyolit fillosilikat grubundan bir kil mineralidir. Bu ad ilk kez 1847 yılında Glocker tarafından kullanılmış olup, Yunanca "mürekkep balığı" anlamındaki kelimeden türetilmiştir. Sepiyolit başlığı altındaki ticari killer ülkemizde lületaşı ve sepiyolitik kil olmak üzere iki ayrı grupta değedendirilmektedir.

Lületaşı, yurdumuzda Eskişehir yöresine özgü sepiyolit türüdür. Doğada amorf, kompakt halde ve değişik boyda patates yumruları şeklinde bulunur ve genellikle süs eşyası, biblo veya pipo yapımında kullanılır. Dış görünüş ve rengi ile deniz köpüğünü andırdığı için MEERSCHAUM olarak bilinen bu tip sepiyolit lifli yapıda olup alfa (α)-sepiyolit adını alır. Böyle kompakt tip sepiyolite Türkiye dışında Somali, Tanzanya, Madagaskar, Fas, Fransa, Yunanistan, Yugoslavya, İspanya., Avusturya ve Kenya'da da rastlanır. Kenya'daki yataklar ekonomik olarak işletilebilecek rezervlere sahiptir. Ancak Kenya yumrulu sepiyolitleri düşük kaliteleri, ile, Türk Lületaşı ile karşılaştırılmaz. Türk lületaşları kaliteleri nin üstünlüğü ile Dünya'da rakipsizdir.,

Sepiyolitik kil ise süs eşyası yapımına uygun olmayan, tabakalı sepiyolit tipi olup laminalı (pulsu) bir yapı gösterir ve beta (β)-sepiyolit olarak, da bilinir Beta-scpiyolit, oluşumu, bileşimi, özellikleri ve kullanım alanı ile alfa-sepiyolitten farklıdır. Bu tip sepiyolit sanayi scpiyoliti olarak tanınmaktadır. Sanayi sepiyoliti konusunda Dünya'daki en büyük üretici İspanya'dır. Az miktarda Türkiye, Çin ve ABD'nin de üretiminden söz edilir.

Lületaşı suda yüzdüğü halde, sepiyolitik kil suda kolayca dağılır. Sepiyolitik kilin SiO₂ ve MgO içeriği, lületaşına oranla daha az, buna karşılık Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO içeriği ve ateş kaybı daha fazladır.

7.2. Sepiyolitın Kullanım Alanları

Lületaşı gibi yumrular halinde bulunan, sepiyolitler genelde süs eşyası ve pipo yapımında kullanılırlar. Yüksek porozite özelliğiyle, absorban olarak, gaz ve sıvıların arıtımında kullanılan sepiyolitik kilin az bulunur ve pahalı oluşu, çevre koruma amacı

ile (atıkların temizlenmesinde) kullanımını engeller. İşte sepiyolitik kile ihtiyaç ve sepiyolitik killerin değerlendirilmesi gereği bu noktada başlar.

Sepiyolitik kil şu alanlarda kullanılmaktadır.

- Yüksek porozitesi nedeniyle gaz ve sıvıların temizlenmesinde absorban olarak,
- Leke çıkartma amacıyla,
- Otomobil sanayiinde yakıt temizleme ve korozyona dayanıklı oto boyası imalinde,
- Füze ve diğer uzay araçlarının yalıtılmasında,
- Hafif yapı malzemesi olarak,,
- Ülserle karşı ilaç olarak,
- İyon değiştirici olarak,
- Parafinlerin ayrılmasında
- Evcil hayvanların altına yaygı malzemesi olarak kullanılır.

Japonya, ABD'den satın aldığı sepiyolitik kili inşaat sektöründe kullanmayı denemektedir. Sepiyolitik kil ilaçların bozulmasına sebep olan demiri denetleyebilmesi bakımından (özellikle hidrokortizon gibi ilaçların oksitlenerek bozulmasını önlediğinden) eczacılıkta kullanım alanı bulur. Ayrıca elektrik sanayiinde katalizör imalinde, nebati ve madeni yağlarla, şurupların arıtılmasında, petrol arama sondajlarında, askeri mühimmat imalinde, kağıt ve porselen sanayilerinde kullanılmaktadır.

7.3. Sepiyolitin Oluşumu

Sepiyolitik kil gibi mağnezyumlu killerin oluşumu, özel koşullar gerektirir. Söz konusu killer, sığ denizel çökellerde ekonomik boyutlu yataklar ise, daha çok kapalı gölssel havzalarda, silisçe zengin alkali ortam ve kurak iklim koşullarında oluşurlar. Bunların bileşimlerine az çok dolomit de girebilmektedir. Bu tür gölssel havzalarda sık sık fasiyes değişikliği meydana geldiğinden, kil yataklarının kalitesi, sedimantasyon havzasını çevreleyen kayaçların petrografik ve kimyasal durumu ile yakından ilgilidir. Bunun yanısıra çökme esnasındaki tektonik hareketlerin devamlılığı da önemlidir.

7.4. Sepiyolit Üretim Teknolojisi

Dünyanın en büyük tabakalı sepiyolit ve sepiyolitik kil üreticisi olan İspanya'da uygulanan üretim yöntemi bütünüyle cevheri kurutarak nem oranını düşürmeye ve öğütülüp sınıflandırmaya dayalıdır, %45'den fazla nem içeren cevhere önce güneşte kurutma uygulanır. Sonra ısıt işlemlerle nem içeriği %32'den %12'ye düşürülür. Daha sonra çeşitli derecelerde sınıflandırılıp, paketlenir.

Sepiyolit ticari olarak lületaşı, sedimenter sepiyolit (sanayi tipi) ,hidro termal sepiyolit ve aliminyumlu sepiyolit olarak kullanım yerleri mevcuttur. Sanayi tipi sepiyolitte %55-60 SiO₂, %20-25 MgO ve %1-2 Al₂O₃ istenmektedir. Ayrıca sanayi tipi sepiyolit için istenen diğer özellikler aşağıdaki çizelgede (Çizelge 7.1) verilmiştir.

Çizelge 7.1: Tabakalı Sepiyolit (Sanayi Sepiyoliti) Fiziksel Özellikleri.

YAPI	Lifsi, toprağımsı
GÖRÜNÜM	Kaygan
RENK	Beyaz, krem, kahverengi, gri veya pembe, açık sarı
LİF BOYUTLARI	
Uzunluk x Genişlik x Kalınlık	100 Å-3 ile 5 µm x 100-300 Å x 50-100 Å
GÖZENEK BOYUTLARI	
mikropor çapı	15 Å
mezopor yarıçapı	15-45 Å
YOĞUNLUK	2-2.5 g/cm ³
SERTLİK (Mohs'a göre)	2-2.5
KIRILMA İNDEKSİ	1.50

Sepiyolitte katyon değişim kapasitesi (KDK) ile ilgili literatür verileri oldukça değişkendir. Bu veriler aşığıdaki araştırmacılar tarafından;

- Grim (1968) 3-15 meq/100 g,
- Weaver ve Pollard (1973) 25 meq/100 g,
- Otsuka (1973) 31.6 meq/100 g,
- Galan (1979) 26.0 meq/100 g
- Caillere(1982) 20-30 meq/100 g,

olarak belirlenmiştir. Verilerdeki bu değişiklikler, farklı sepiyolitlerin değişen kristal kompozisyonlarına bağlı olabilir. Katyon değişim kapasitesi, Si+4 'in üç değerlikli katyonlarla yer değiştirmesi sonucu aşığa çıkan ve büyük ölçüde kristal içi yer değiştirmelerle dengelenmeye çalışılan elektriksel yükün kompanse edilmesi ihtiyacına ve lif kenarlarındaki kırılmış bağların varlığına dayalıdır. Soz konusu kırılmış kimyasal bağlar, özellikle daha iyi kristalin formlar gösteren sepiyolitlerde, katyon değişim kapasitesinin en önemli etkenidir. Sanayide kullanımı yaygın olan hayvan yemi için kullanılan sepiyolitler için istenen KDK 10-20 meq/100 gr seviyelerindedir.

7.5. Türkiyede Tabaklı Sepiyolit

Hem ticari değeri, hem de kullanım alanları her geçen gün daha da artan ve Türkiye'de ekonomik olarak, değerlendirilebilecek sepiyolitik kil (sanayi tipi veya katmansı sepiyolit) yatakları, daha çok Eskişehir, Çanakkale, Bursa, Kütahya ve Isparta'da bulunmaktadır.

8. İNŞAAT KUMU'NUN ENDÜSTİYEL KULLANIMI HAKKINDA BİLGİLER

8.1. Ürün Tanımı

Kum, çakıl ve mıcır, inşaat sektöründe agrega olarak da adlandırılan, belirli tane sınıflarına ve kırma ve doğal olmak üzere ikiye ayrılan, organik olmayan malzemelerdir. Bu malzemeler beton, hafif beton üretiminde, yol dolgusu ve kaplamasında, inşaat sıvasında yoğun olarak kullanılmaktadır.

Yapı malzemesi olarak kum 0.063-2 mm. tane boyutunda gevşek dokulu klastik bir sedimandır. Tane boyutu 0.063-0.25 mm. arasında ince kum, 0.25-1 mm. arasında orta dereceli kum, 1-2 mm. arasında ise kum deyimi kullanılmaktadır. Kum, kuvars, feldspat taneleri, kayaç artıkları, mika ve glokon gibi minerallerin bir karışımıdır. Tanelerin yüzey özellikleri, sertliği, kil ve silt fraksiyonlarına oranı, kumun özelliğini belirleyen faktörlerdir. Bunun yanında, kalker (CaCO_3) kökenli kayaçların kırılması ve sınıflandırılması ile elde edilen yapay kumlar (taş unu) yaygın olarak kullanılmaktadır. Kökenleri, üretim şekilleri ve tane büyüklüklerine bağlı olarak, ülkeler ve bölgeler arasında önemli standart ayrılıkları ve isimlendirme farklılıkları mevcuttur.

8.2. Üretim Yöntemi ve Teknoloji

İnşaat sektöründe betonlarda dolgu malzemesi (agrega) olarak adlandırılan sınıf içine giren kumun üretimi aynı amaçla kullanılan çakıl taşı ve kırmataş üretimi gibi genellikle açık işletme yöntemi ile gerçekleştirilmektedir. Üretim, genellikle üretim yerinin topografyasına bağlı olarak tekli veya çoklu basamaklar dizayn edilerek yapılmaktadır. Plaser kökenli kum ocaklarında delme patlatma işlemine gerek kalmadan ekskavatörler yardımı ile kazma ve yükleme işlemi gerçekleştirilir.

8.3. İnşaat Sektöründe Kullanılan Kum İçin İstenen Özellikler

İnşaat sektöründe beton kumları için özgül ağırlığı minimum 2550 kg/m³ olması beklenir. Ayrıca Organik madde olarak Sodyum hidroksit çözeltisinde 24 saat tutulan numunenin rengi standart referans çözeltisi rengine veya daha açık renkte olmalıdır. Çamurlu madde miktarı max %5, Şu emme miktarı max %2 seviyelerinde istenmektedir. Ayrıca kum içinde su alınca şişen tabakalaşan maddeler ağırlıkça en

çok %0,25 olmalıdır. Deneyle saptanan yumuşak taneler (mika v.b.) ise ağırlıkça en çok %3 olmalıdır.

9. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

9.1. Sepiyolit Havalı seperatör ile kuru zenginleştirilmesi

Deneysel çalışmalarda Cevher hazırlama tesisi içinde bulunan havalı seperatör kullanılmıştır. Seperatörde fan hava miktarı ve seperatör hızları değiştirilmiş. besleme hızı tüm deneylerde kullanılacağı üzere 500 gr/dakika kullanılmıştır

Fan hava miktarı olarak 179,207 ve 252 m³/saat değerlerinin her biri için seperatör rotor dönüş hızı olarak 1153,1349,1418 rpm değerleri denenmiştir. Boyuta göre ayırmanın yüzdesel olarak dağılımı ve yapılan boyut analizlerinin sonuçları aşağıdadır. Her bir seperatör hızı deneyinden sonra, hem iri, hem ince numuneden analiz yapmak için 100 gr numune alınmıştır. Elde edilen her bir ürünün Katyon değişim kapasiteleri (KDK) hesaplanmıştır. Tüvenan'ın KDK'sı 17,66 olarak bulunmuştur. Ayrıca Sepiyolit numunelerinin viskozite değerleri de hesaplanmıştır. Sepiyolit numunesi için yapılan farklı Fan ve seperatör hızlarında yapılan deneylerin elek altı grafikleri aşağıdadır.

Çizelge 9.1 : Sepiyolit; fan hava miktarı 179 m³/saat seperatör hızları 1153,1349,1438 rpm deneyleri.

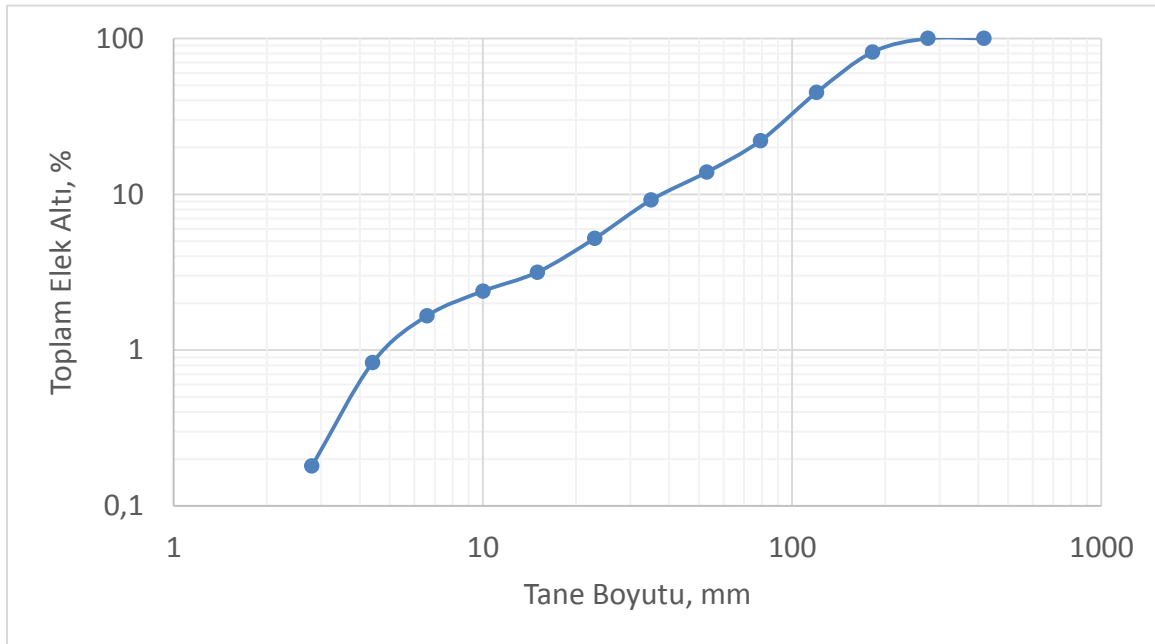
Seperatör Hızı rpm	İri Numune%	İnce Numune %
1153	58,2	41,8
1349	63,5	36,5
1438	60,8	39,2

Her seperatör hızında 100 gr iri, 100 gr ince toplam 200 gr numune alınmıştır.

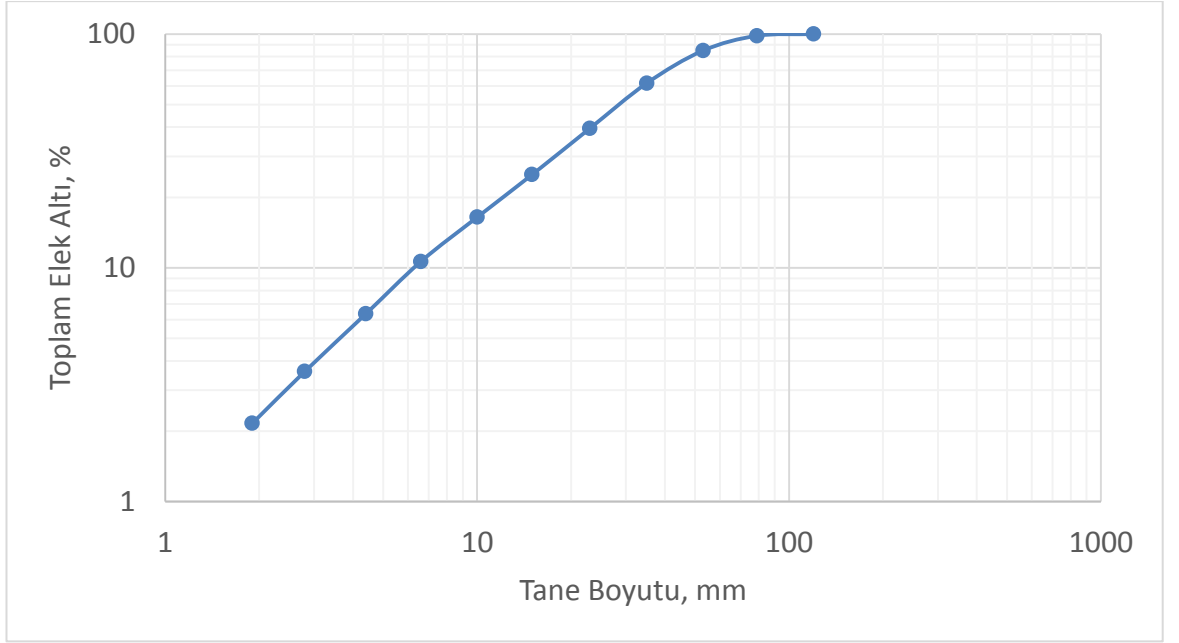
Çizelge 9.2: Sepiyolit; fan hava miktarı 179 m³/saat seperatör hızları 1153,1349,1438 rpm Katyon Değiştirme Kapasitesi (KDK) deneyleri.

Seperatör Hızı	İri KDK	İnce KDK
1153	13,60	21,70
1349	16,30	17,66
1438	13,59	17,66

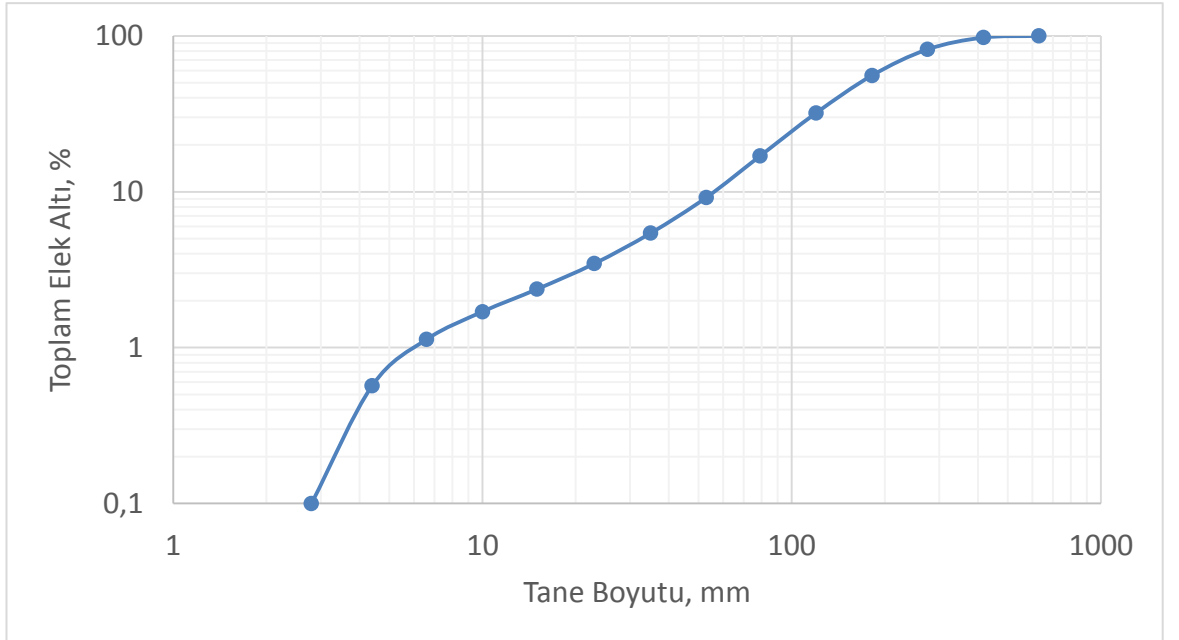
Fan hava miktarı 179 m³/saat ile yapılan farklı seperatör hızı ile yapılan deneylerde en yüksek KDK değerine 1153 rpm seperasyon hızında ulaşılmıştır. Düşük seperatör hızında en yüksek KDK değerine ulaşılmıştır.



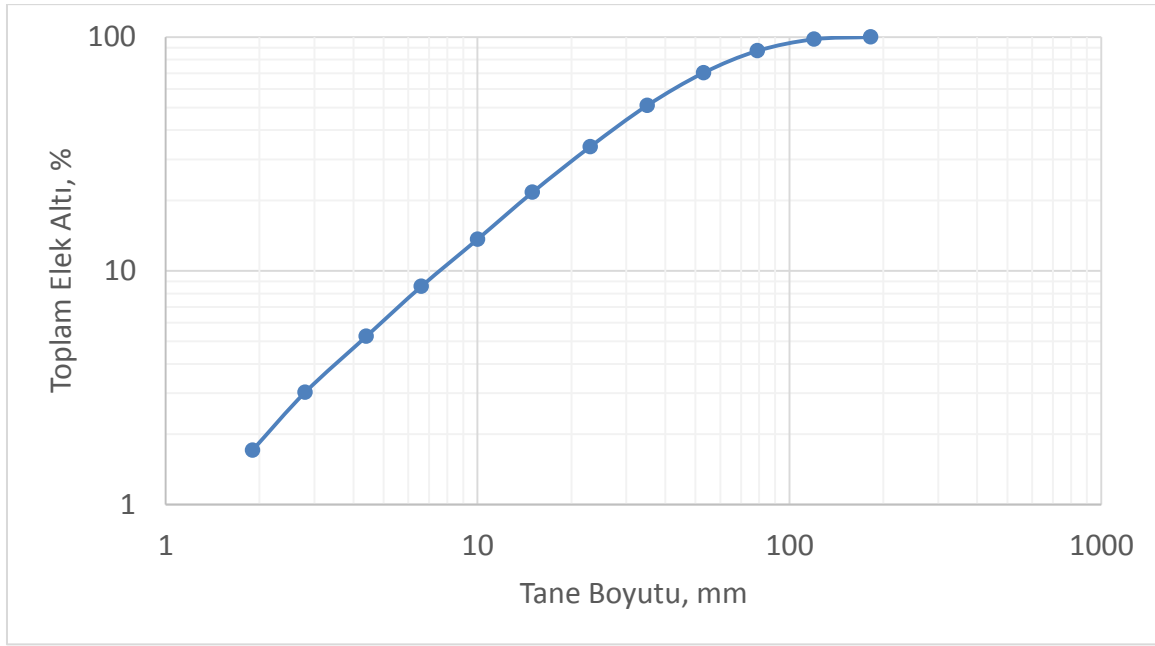
Şekil 9.1: Hava miktarı 179 m³/saat, Seperator hızı 1153 rpm İri toplam elek altı.



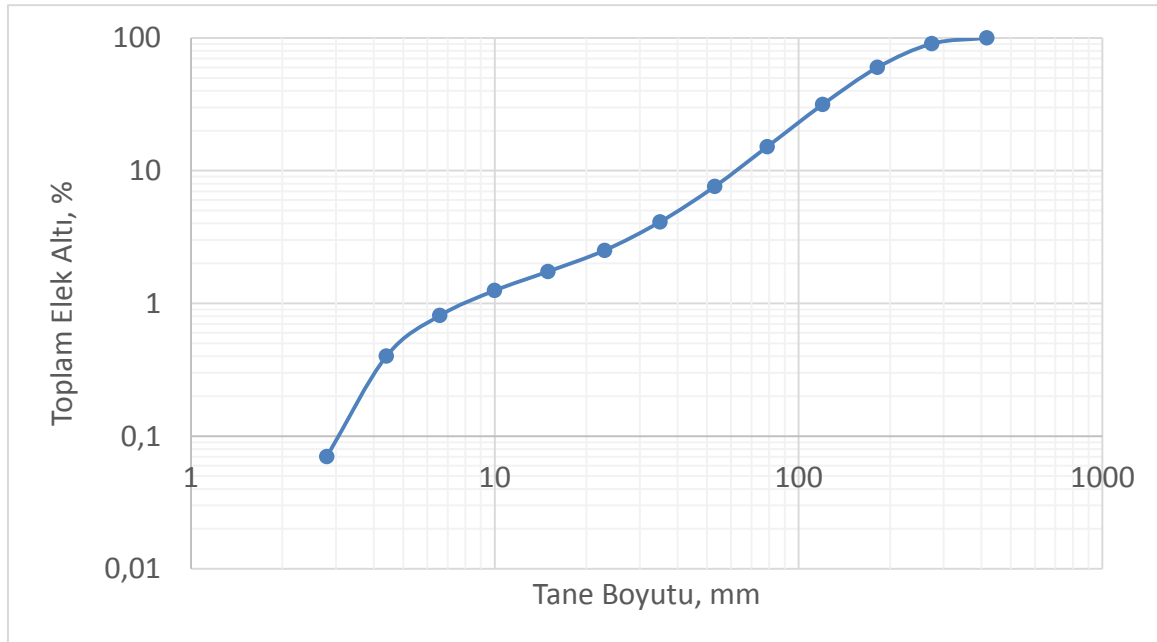
Şekil 9.2 : Hava miktarı 179 m³/saat, Seperator hızı 1153 rpm ince toplam elek altı.



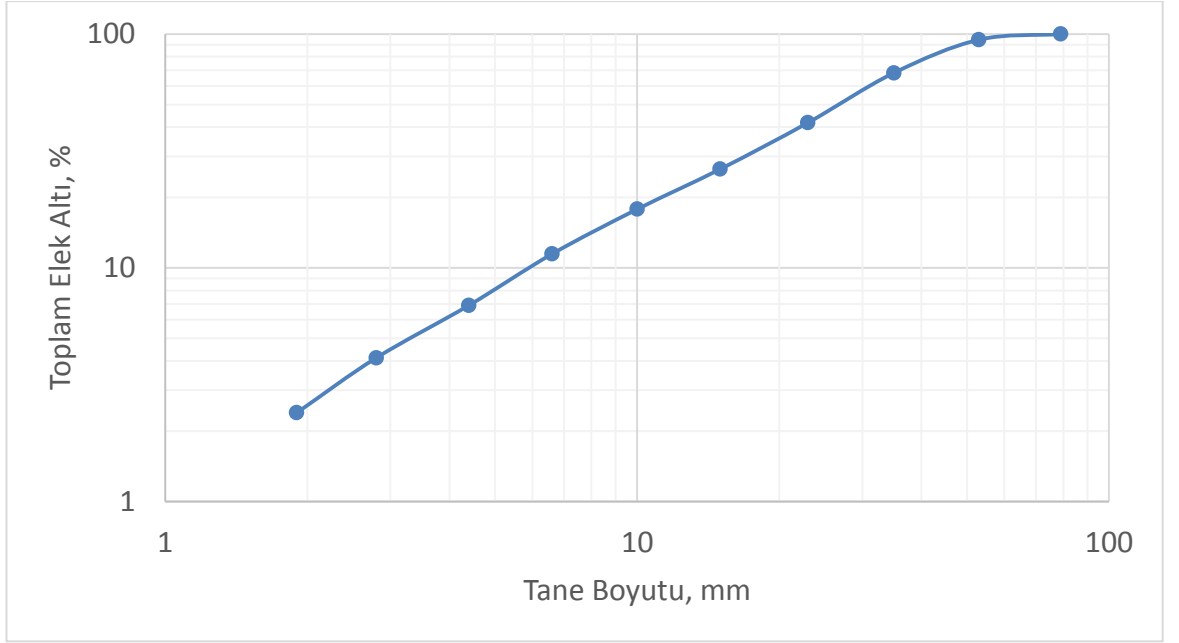
Şekil 9.3 : Hava miktarı 179 m³/saat, Seperator hızı 1349 rpm İri toplam elek altı.



Şekil 9.4 : Hava miktarı 179, Seperator hızı 1349 rpm İnce toplam elek altı.



Şekil 9.5 : Hava miktarı 179 m³/saat, Seperator hızı 1438 rpm İri toplam elek altı.



Şekil 9.6: Hava miktarı 179 m³/saat, Seperator hızı 1438 rpm İnce toplam elek altı.

Çizelge 9.3: Sepiyolit;fan hava miktarı 207 m³/saat seperatör hızları 1153,1349,1438 rpm deneyleri.

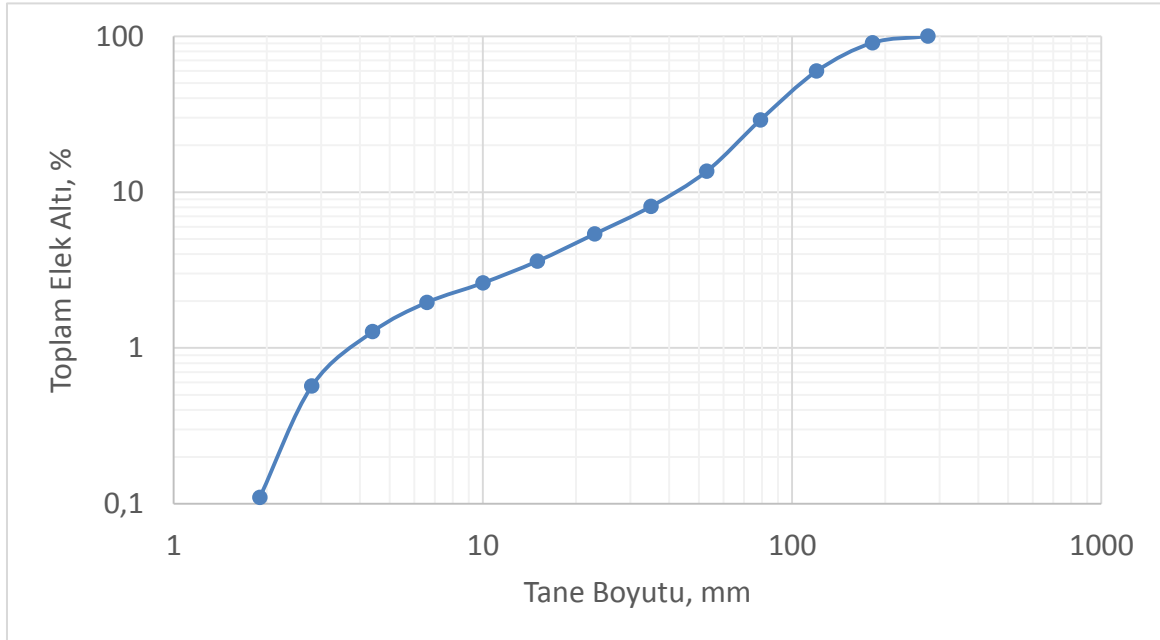
Seperator Hızı rpm	İri Numune%	İnce Numune %
1153	56,8	43,2
1349	73,3	26,7
1438	70,7	29,3

Her seperatör hızında 100 gr kalın, 100 gr ince toplam 200 gr numune alınmıştır.

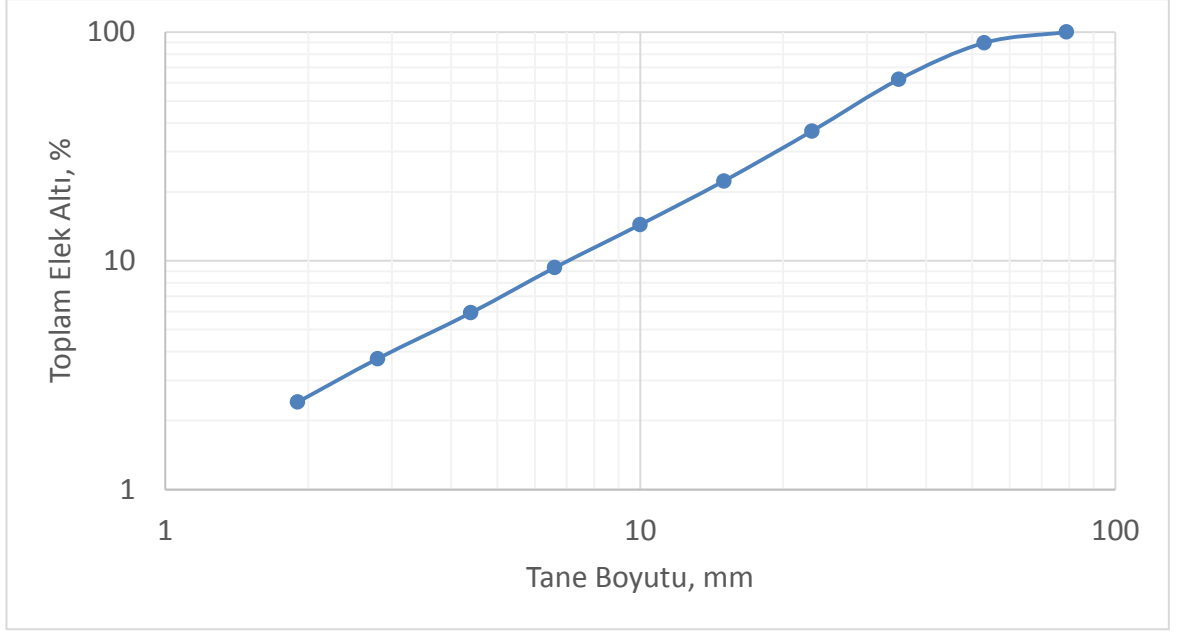
Çizelge 9.4: Sepiyolit; fan hava miktarı 207 m³/saat, seperatör hızları 1153,1349,1438 rpm Katyon Değişirme Kapasitesi (KDK) deneyleri.

Seperatör Hızı	İri KDK	İnce KDK
1153	14,94	19,02
1349	13,60	19,00
1438	14,24	21,70

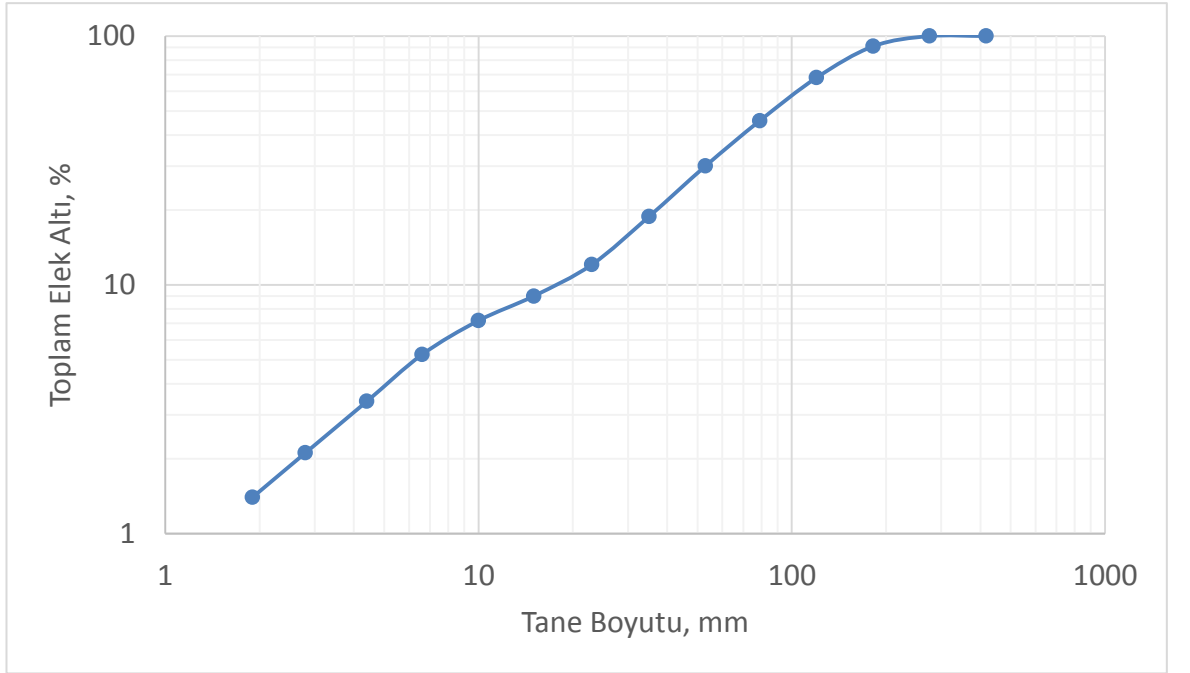
Fan hava miktarı 207 m³/saat ile yapılan farklı seperatör hızı ile yapılan deneylerde en yüksek KDK değerine 1438 rpm seperasyon hızında ulaşılmıştır. Sepiyolitın kullanım alanı olan endüstrilerde KDK oranı yüksek olması ürünün değerini artırmaktadır. İkinci deney sonucunda seperatör hızı arttıkça ince numune de KDK oranının arttığı gözlenmiştir.



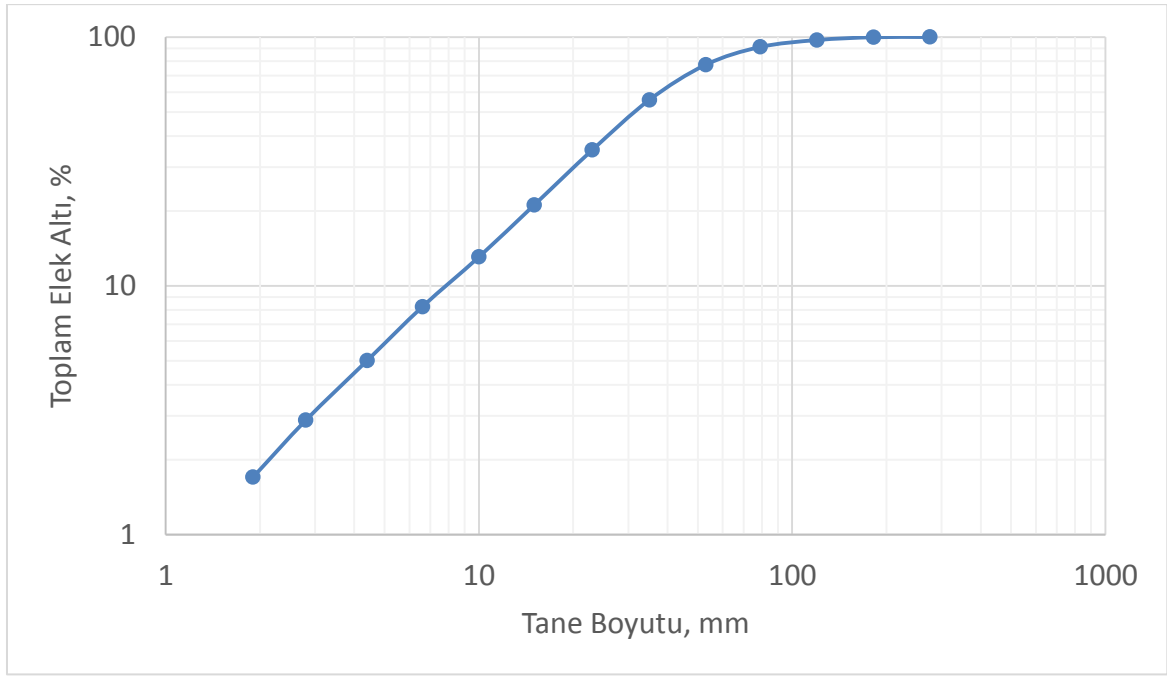
Şekil 9.7: Hava miktarı 207 m³/saat, Seperator hızı 1153 rpm İri toplam elek altı.



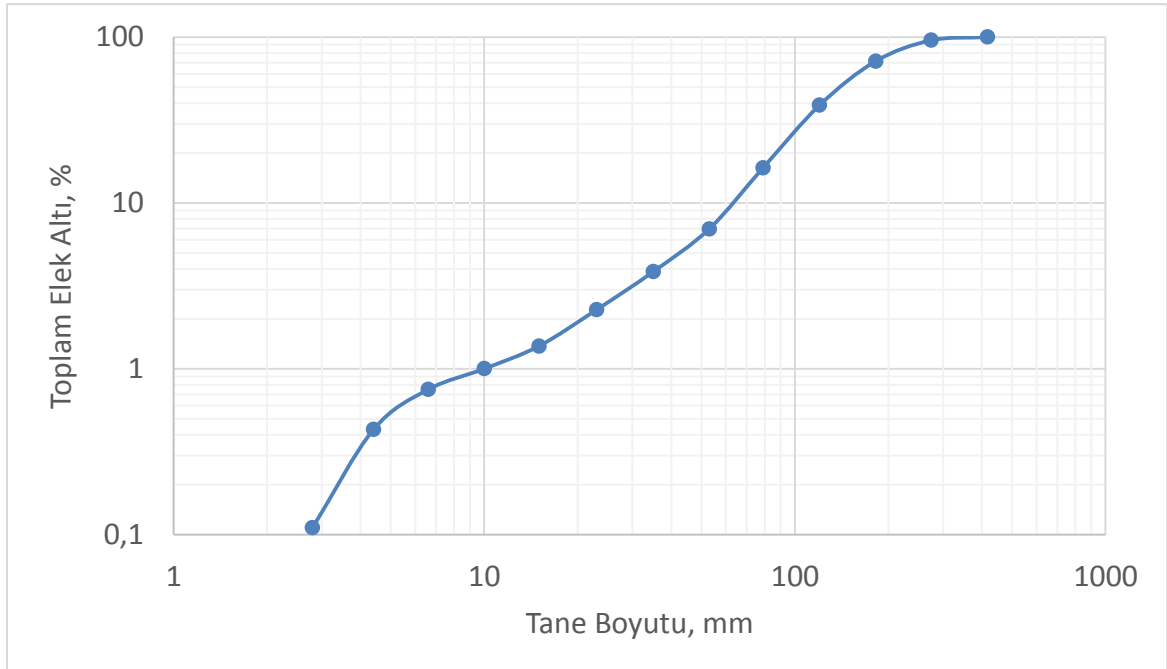
Şekil 9.8: Hava miktarı 207 m³/saat, Seperator hızı 1153 rpm İnce toplam elek altı.



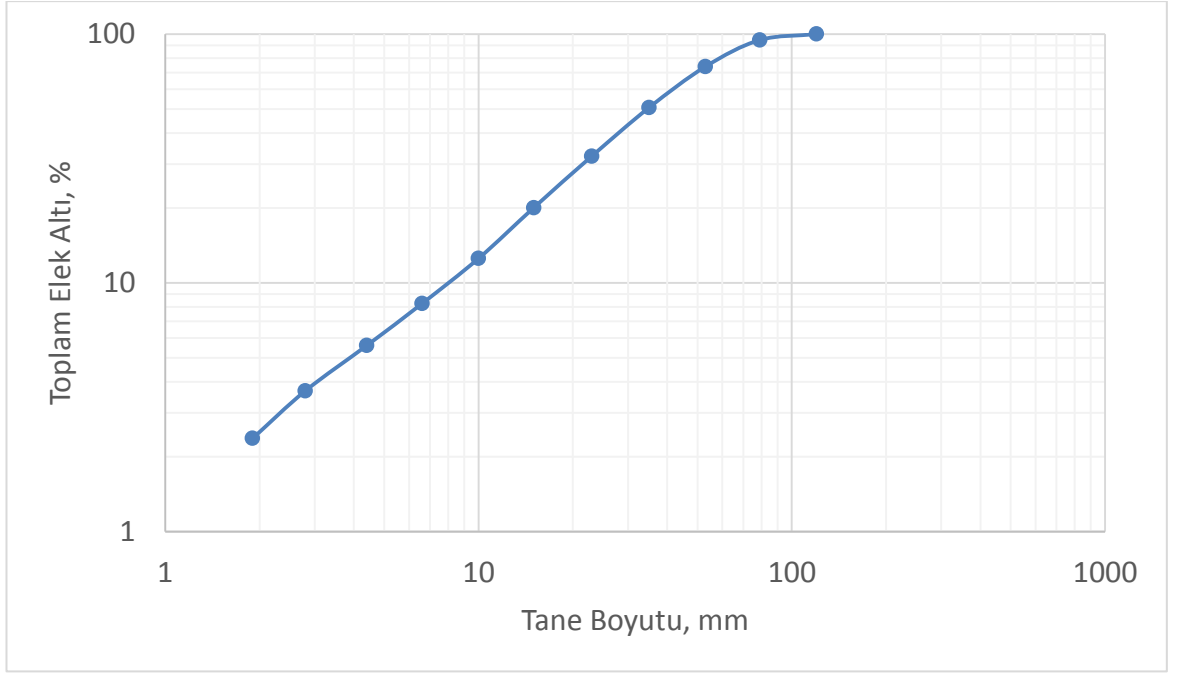
Şekil 9.9 : Hava miktarı 207 m³/saat, Seperator hızı 1349 rpm İri toplam elek altı.



Şekil 9.10: Hava miktarı 207 m³/saat, Seperator hızı 1349 rpm İnce toplam elek altı.



Şekil 9.11: Hava miktarı 207 m³/saat, Seperator hızı 1438 rpm İri toplam elek altı.



Şekil 9.12: Hava miktarı 207 m³/saat, Seperator hızı 1438 rpm İnce toplam elek altı.

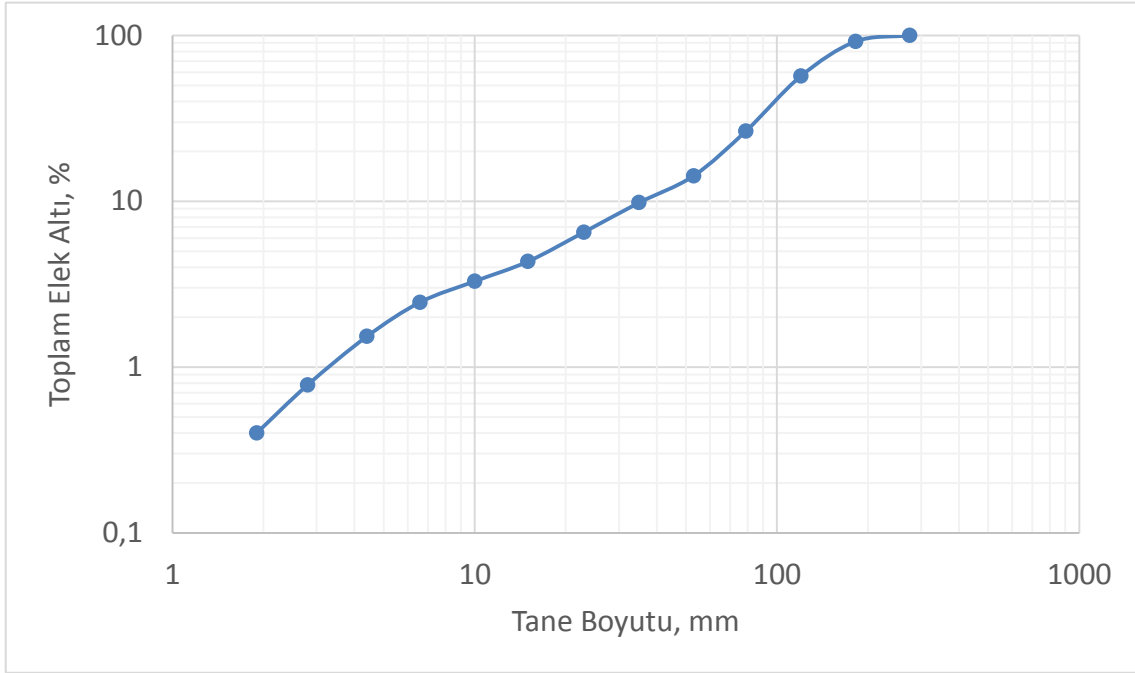
Çizelge 9.5: Sepiyolit; fan hava miktarı 252 m³/saat, seperatör hızları 1153, 1349, 1438 rpm deneyleri.

Seperator Hızı rpm	İri Numune%	İnce Numune %
1153	63,6	36,4
1349	65,8	34,2
1438	69,3	30,7

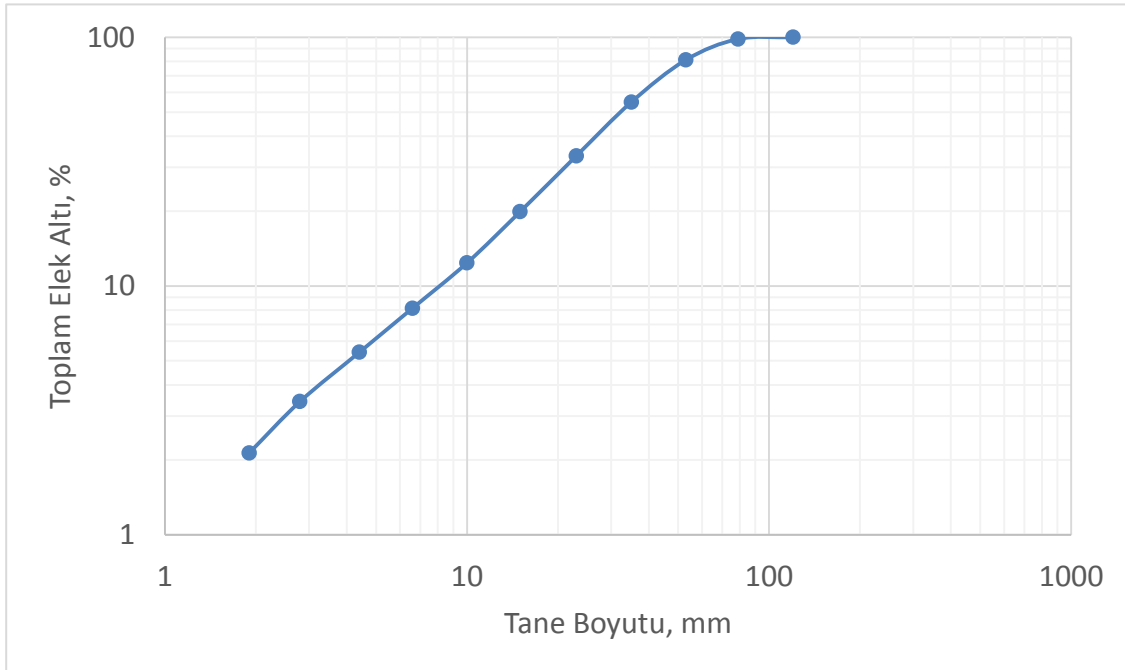
Çizelge 9.6: Sepiyolit; fan hava miktarı 252 m³/saat, KDK deneyleri.

Seperator Hızı	İri KDK	İnce KDK
1153	13,60	17,66
1349	17,66	20,38
1438	14,94	16,30

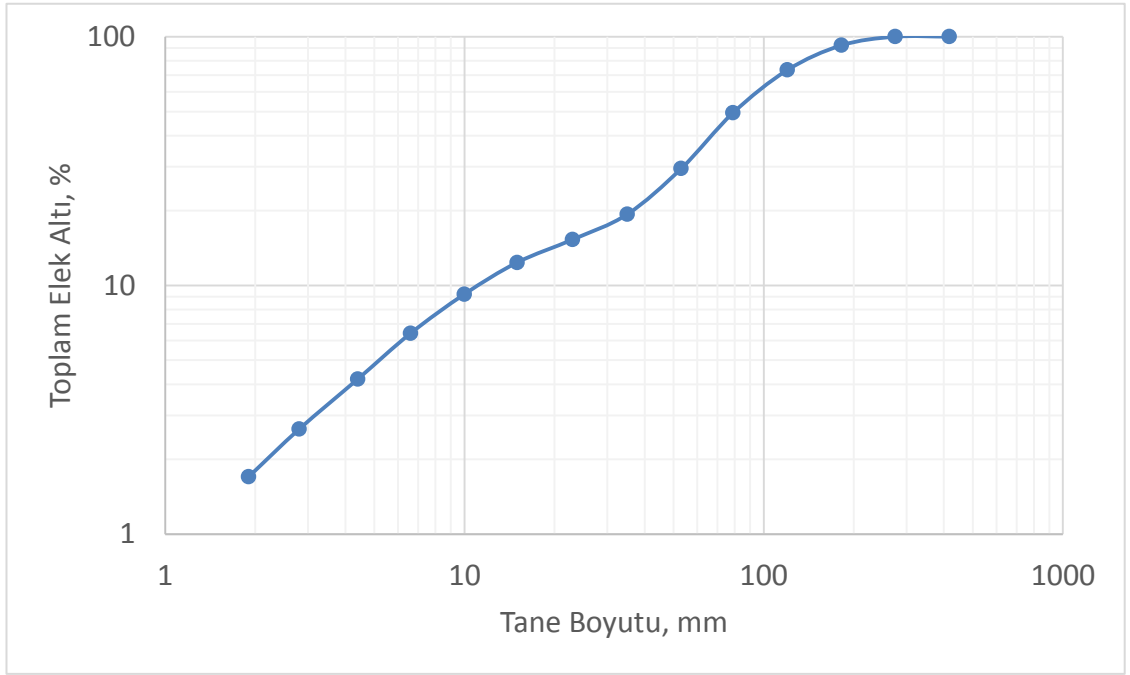
Fan hava miktarı 252 m³/saat ile yapılan farklı seperatör hızı ile yapılan deneylerde en yüksek KDK değerine 1349 rpm seperasyon hızında ulaşılmıştır. Bu deneyde diğer deneylerden farklı olarak en yüksek KDK değerine orta seperatör hızında ulaşılmıştır.



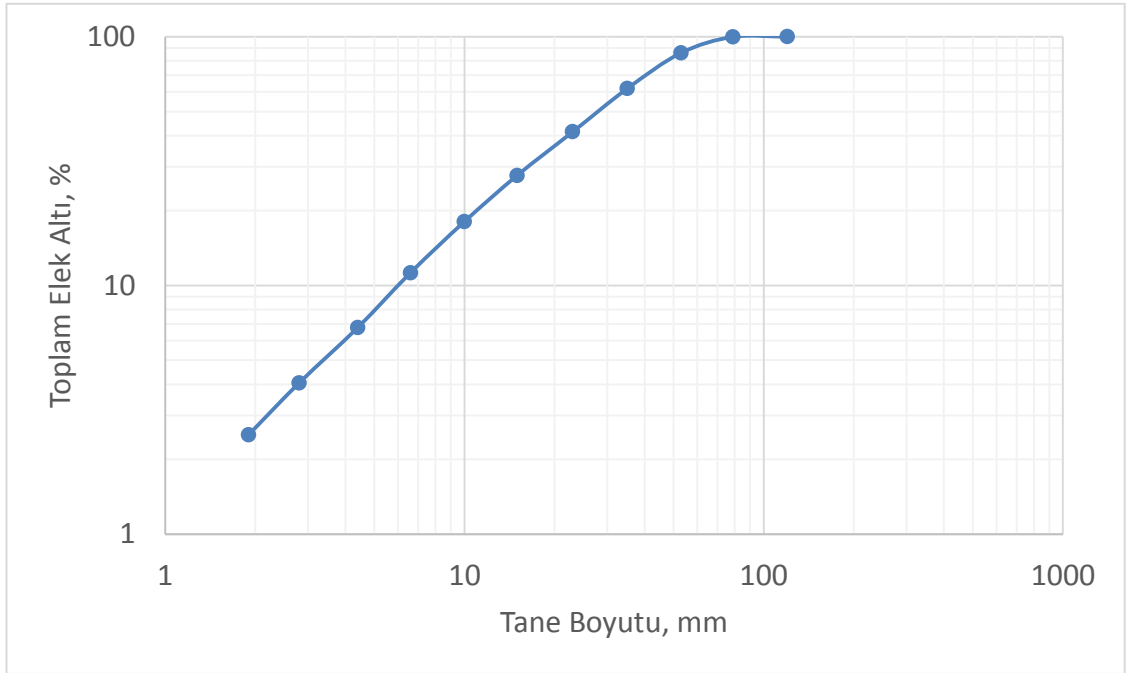
Şekil 9.13: Hava miktarı 252 m³/saat, Seperator hızı 1153 rpm İri toplam elek altı.



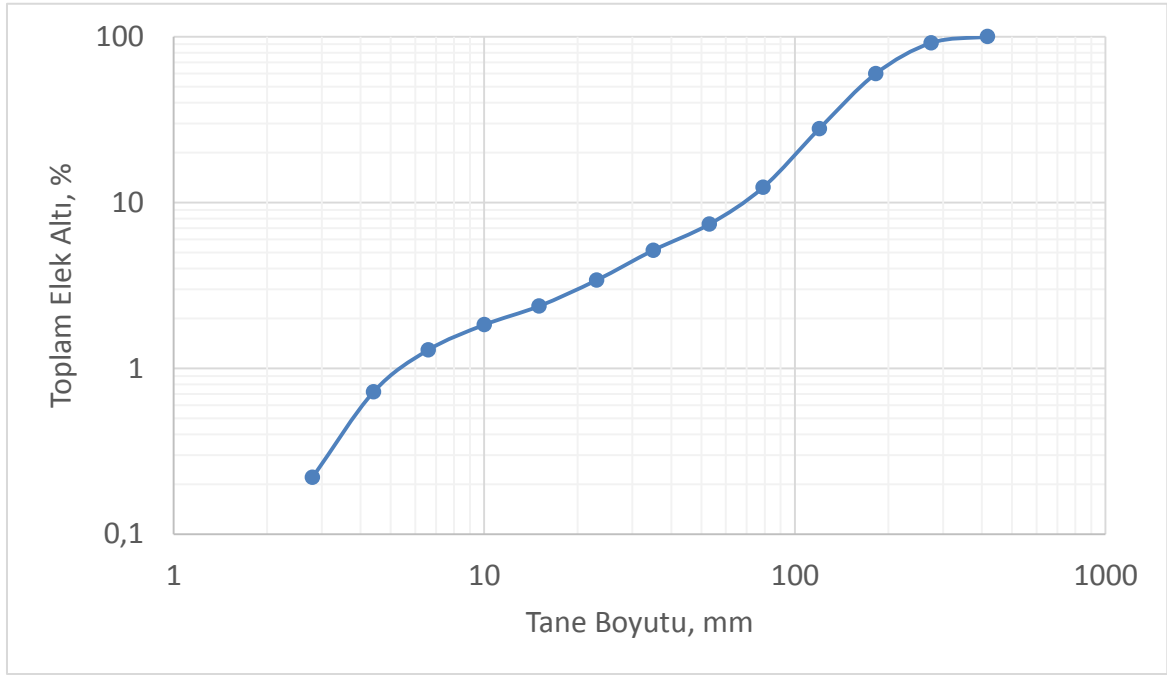
Şekil 9.14: Hava miktarı 252 m³/saat, Seperator hızı 1153 rpm İnce toplam elek altı.



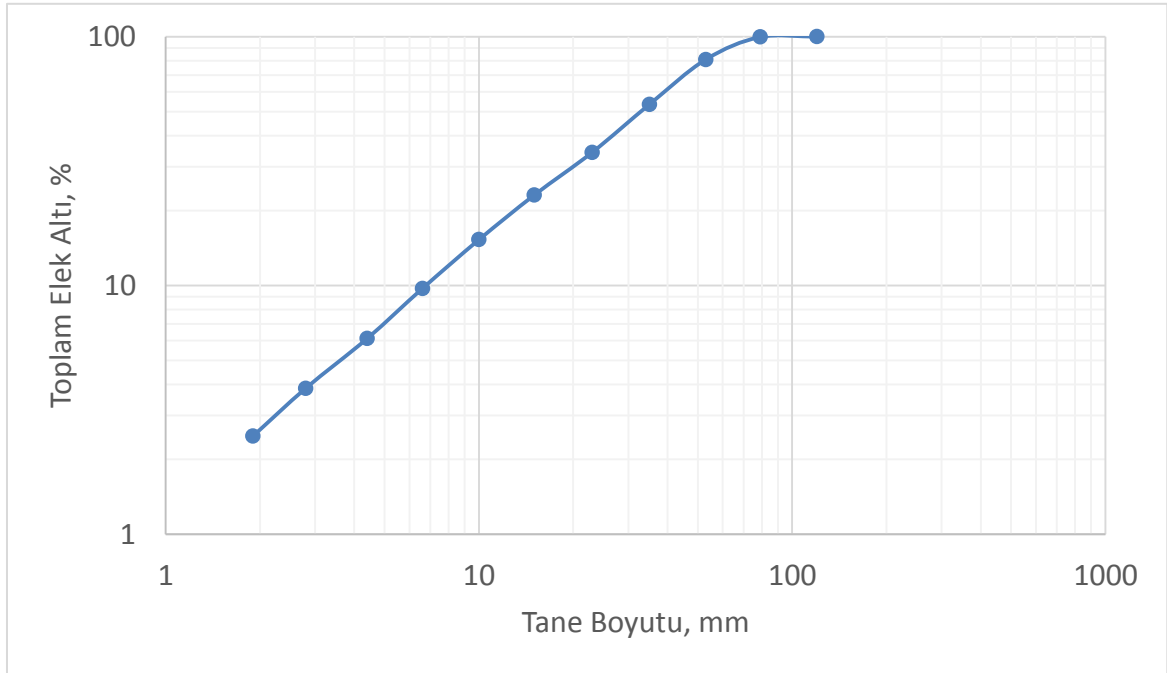
Şekil 9.15: Hava miktarı 252 m³/saat, Seperator hızı 1349 rpm İri toplam elek altı.



Şekil 9.16: Hava miktarı 252 m³/saat, Seperator hızı 1349 rpm İnce toplam elek altı.



Şekil 9.17: Hava miktarı 252 m³/saat, Seperator hızı 1438 rpm İri toplam elek altı.



Şekil 9.18: Hava miktarı 252 m³/saat, Seperator hızı 1438 rpm İnce toplam elek altı.

Çizelge 9.7: Sepiyolit; fan hava miktarı 179,207,252 m3/saat ve seperatör hızları 1153,1349,1438 rpm için D50-D90 ve KDK sonuçları.

	Miktar %	d50 (micron)	d90 (micron)	KDK
F:179 S:1153 İRİ	58,2%	127	203	13,60
F:179 S:1143 İNCE	41,8%	28	59	21,70
TOPLAM	100,0%			16,99
F:179 S:1349 İRİ	63,5%	166	323	16,30
F:179 S:1349 İNCE	36,5%	34	86	17,66
TOPLAM	100,0%			16,80
F:179 S:1438 İRİ	60,8%	160	273	13,59
F:179 S:1438 İNCE	39,2%	27	48	17,66
TOPLAM	100,0%			15,19
F:207 S:1153 İRİ	56,8%	107	179	14,94
F:207 S:1153 İNCE	43,2%	29	53	19,02
TOPLAM	100,0%			16,70
F:207 S:1349 İRİ	73,3%	87	178	13,60
F:207 S:1349 İNCE	26,7%	31	76	19,00
TOPLAM	100,0%			15,04
F:207 S:1438 İRİ	70,7%	139	240	14,24
F:207 S:1438 İNCE	29,3%	34	71	21,70
TOPLAM	100,0%			16,42
F:252 S:1153 İRİ	63,6%	111	177	13,60
F:252 S:1153 İNCE	36,4%	32	62	17,66
TOPLAM	100,0%			15,08
F:252 S:1349 İRİ	65,8%	80	171	17,66
F:252 S:1349 İNCE	34,2%	28	57	20,38
F55S35 TOPLAM	100,0%			18,59
F:252 S:1438 İRİ	69,3%	163	267	14,94
F:252 S:1438 İNCE	30,7%	33	61	16,30
TOPLAM	100,0%			15,36
tüvenan				17,66

Çizelge 9.8: Sepiyolit 600 rpm görünür viskozite değerleri (centipoise cp).

600 rpm de görünür viskozite (cp)	
F:179 S:1143 İRİ	71,00
F:179 S:1153 İNCE	34,00
F:207 S:1153 İRİ	82,00
F:207 S:1153 İNCE	39,00
F:252 S:1438 İRİ	83,00
F:252 S:1438 İNCE	39,00
F:207 S:1349 İRİ	88,00
F:207 S:1349 İNCE	37,00
Tüvenan	57,00

Sepiyolitte viskozite deneyleri iri ve ince numuneler arasına KDK ları en yüksek olan üç numune ve bir de düşük KDK değerli numune olmak üzere dört numune ölçülmüştür. Ayrıca Tüvenan için de viskozite ölçümü yapılmıştır. En yüksek viskozite değerine fan hava hızı 207 m3/saat ve seperatör hızı 1349 rpm iri değerinde ulaşılmıştır. İri numunelerin viskozitesi ince numunelere göre oldukça yüksektir.

Fan hava miktarı 179 m3/saat ve seperatör hızı 1153 rpm, ince ve iri sepiyolit numunesinde, ince ve iri numunelerin analizi yapılmış olup, ince ve iri sırasında yüzde değerleri bileşimlerin yanına eklenmiştir; Fe₂O₃ (%0,9-%0,9), Al₂O₃ (%2,2-%2), SiO₂ (%49,7-%48,5), MgO (%23,4-%22,5), CaO (%6,5-%5,3), K₂O(%0,2-%0,2) ve Na₂O (%0,1-%0,1) değerlerinden görüleceği üzere havalı seperasyonun sepiyolit farklılaşması üzerine ciddi bir etkisi olmamıştır.

9.2. Diatomitin Havalı Seperatör İle Kuru Zenginleştirilmesi

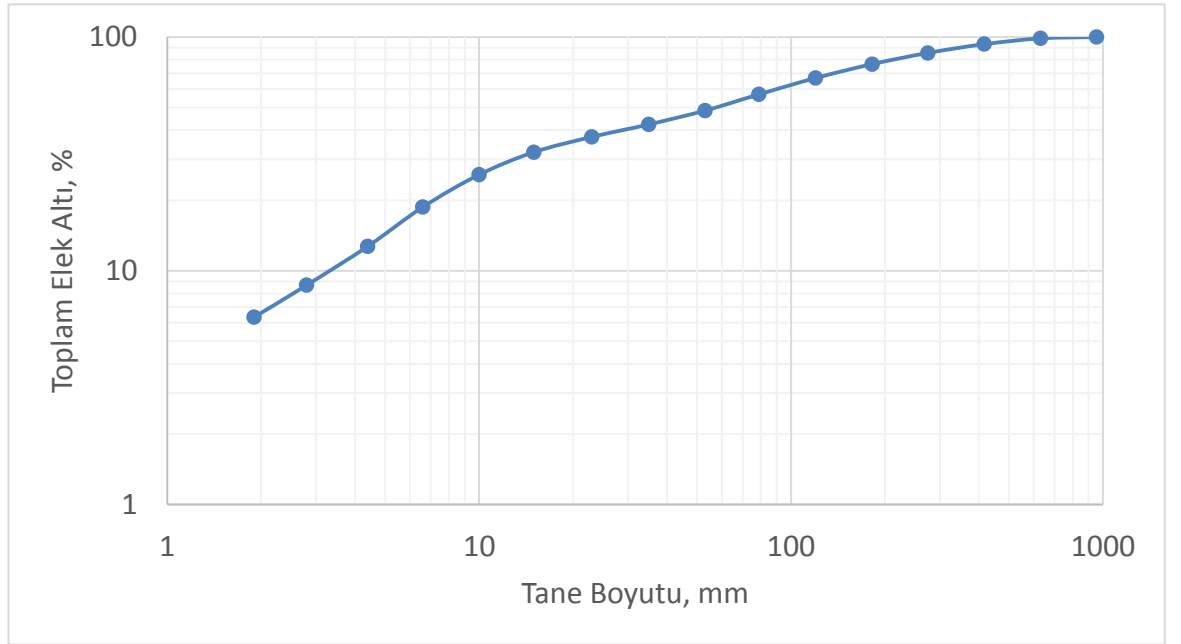
Deneyisel çalışmalarda Cevher hazırlama tesisi içinde bulunan havalı seperatör kullanılmıştır. Seperatörde Fan hava miktarı ve Seperatör hızları değiştirilmiş. Besleme hızı tüm deneylerde kullanılacağı üzere gösterge değeri 20 brim (500 gr/dk) de bırakılmıştır

Fan hava miktarı olarak 179,207 ve 282 m3/saat ve 1153, 1349 , 1438 rpm speratör dönüş hızları denenmiştir. Boyut ayırımının yüzdesel olarak dağılımı ve bu dağılımdan çıkan ürünlerin tane boyutu analizleri ve grafikleri aşağıdadır. Ayrıca her bir deney için laboratuvar analizleri yapılmış ve tabloların içine eklenmiştir.

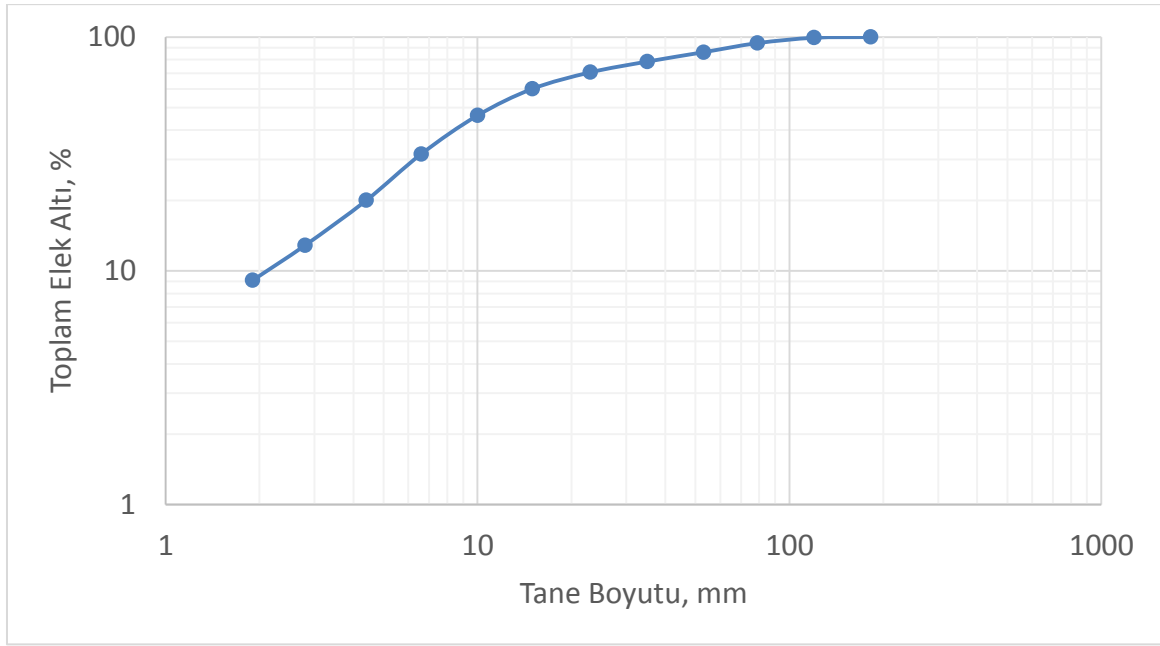
Çizelge 9.9: Diatomit;fan hava miktarı 179 m³/saat, seperatör hızları 1153, 1349, 1438 rpm deneyleri.

Seperatör Hızı (rpm)	İri numune %	İnce numune %
1153	58,4	41,6
1349	61,7	38,3
1438	58,4	41,6

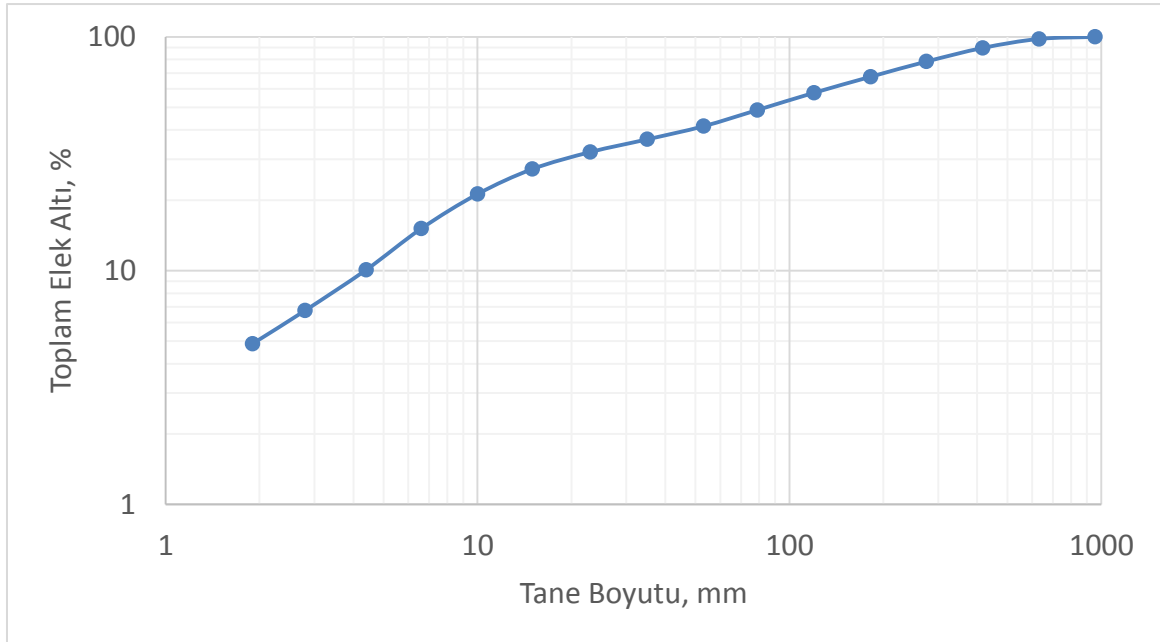
Diatomit her bir numune için yapılan elek altı analiz grafikleri aşağıdadır.



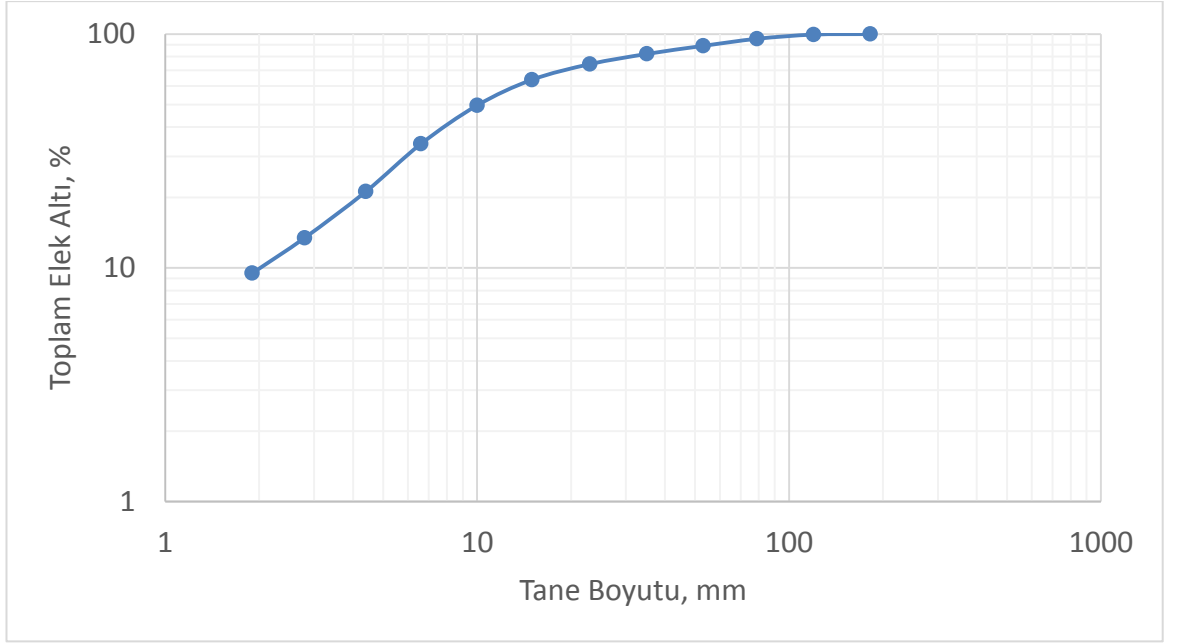
Şekil 9.19: Diatomit hava miktarı 179 m³/saat, Seperator hızı 1153 rpm İri toplam elek altı.



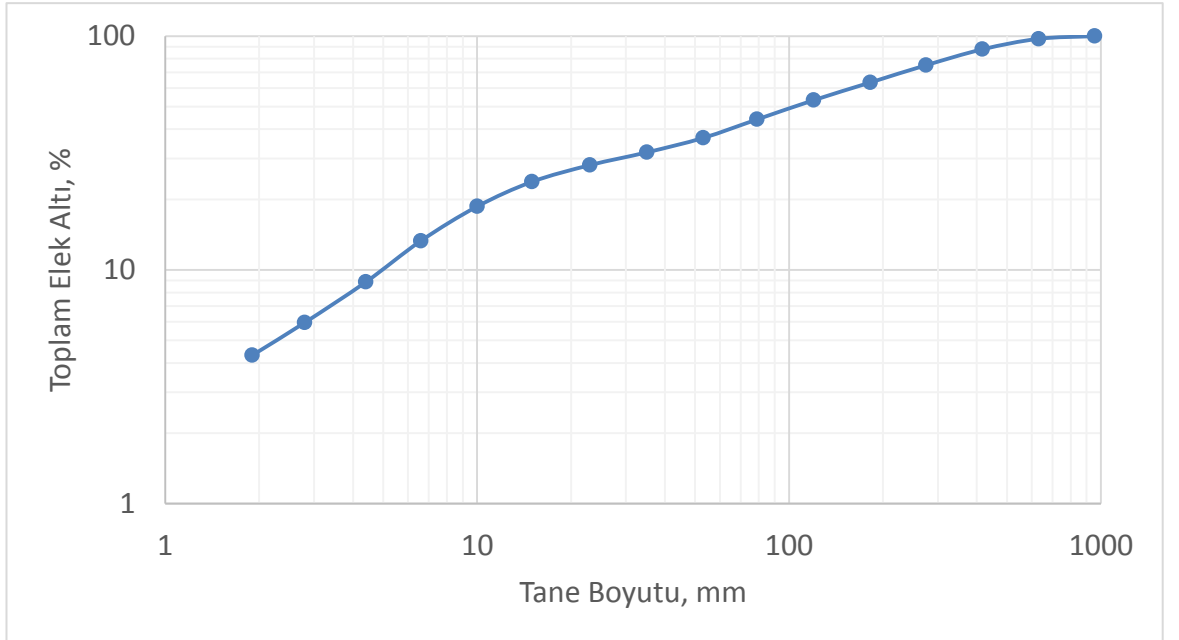
Şekil 9.20: Diatomit hava miktarı 179 m3/saat, Seperator hızı 1153 rpm İnce toplam elek altı.



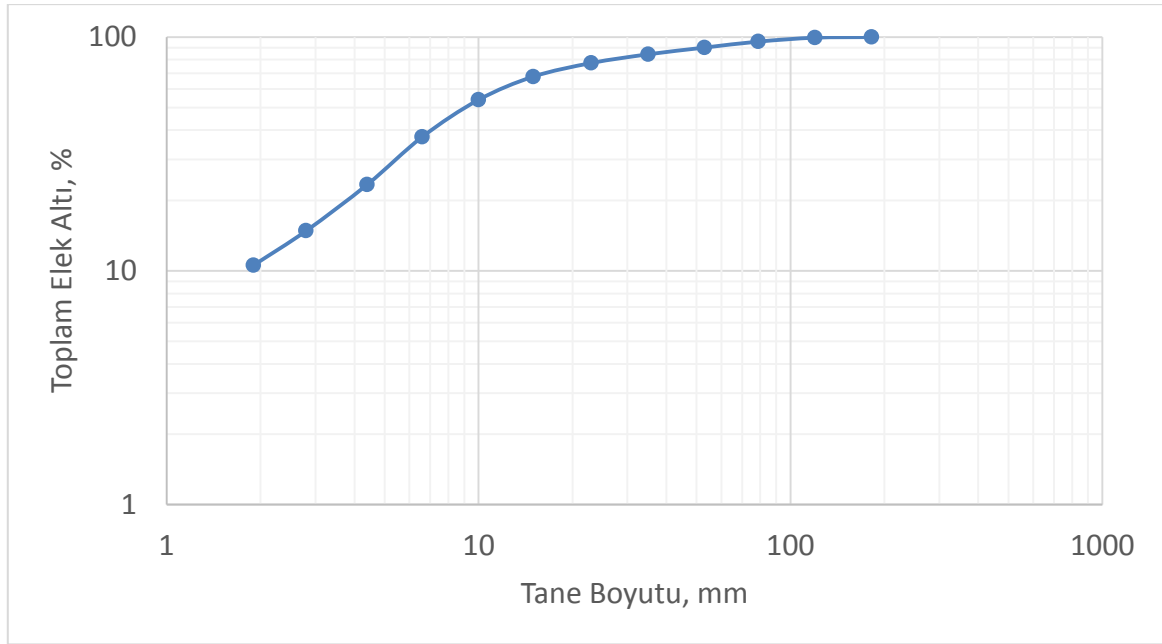
Şekil 9.21: Diatomit hava miktarı 179 m3/saat Seperator hızı 1349 rpm İri toplam elek altı.



Şekil 9.22: Diatomit hava miktarı 179 m³/saat, Seperator hızı 1349 rpm İnce toplam elek altı.



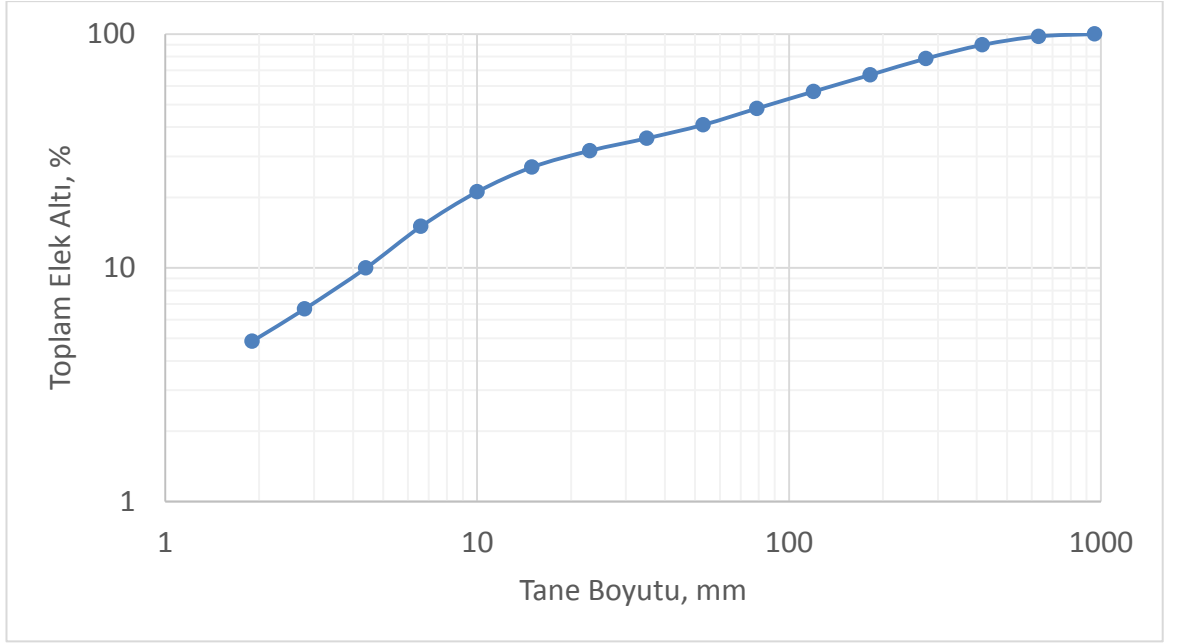
Şekil 9.23: Diatomit hava miktarı 179 m³/saat, Seperator hızı 1438 rpm İri toplam elek altı.



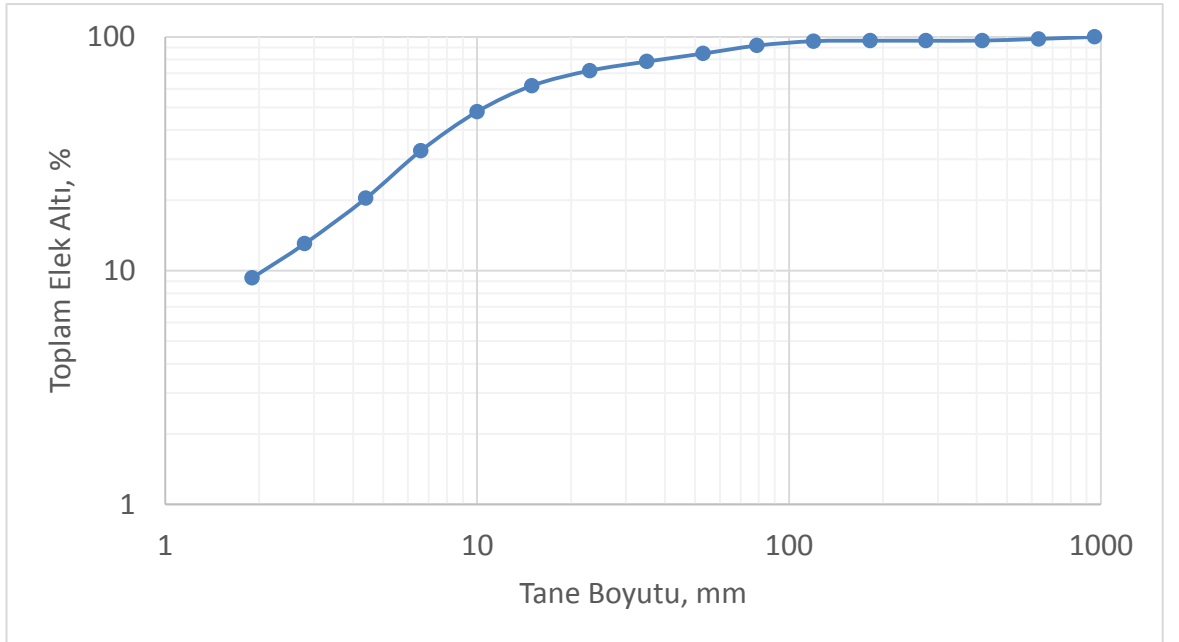
Şekil 9.24: Diatomit fan hava miktarı 179 m³/saat, Seperator hızı 1438 rpm İnce toplam elek altı.

Çizelge 9.10: Diatomit fan hava miktarı 207 m³/saat seperatör hızları 1153,1349,1438 rpm deneyleri.

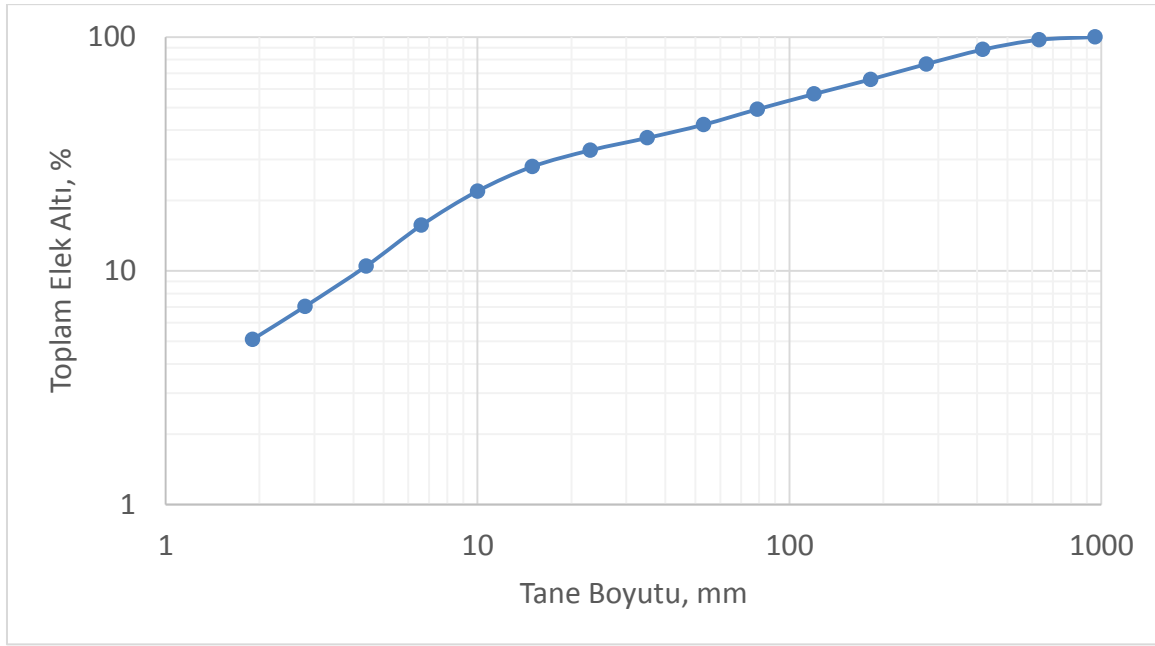
Seperatör Hızı (rpm)	İri numune %	İnce numune %
1153	63,8	36,2
1349	68,1	31,9
1438	72,1	27,9



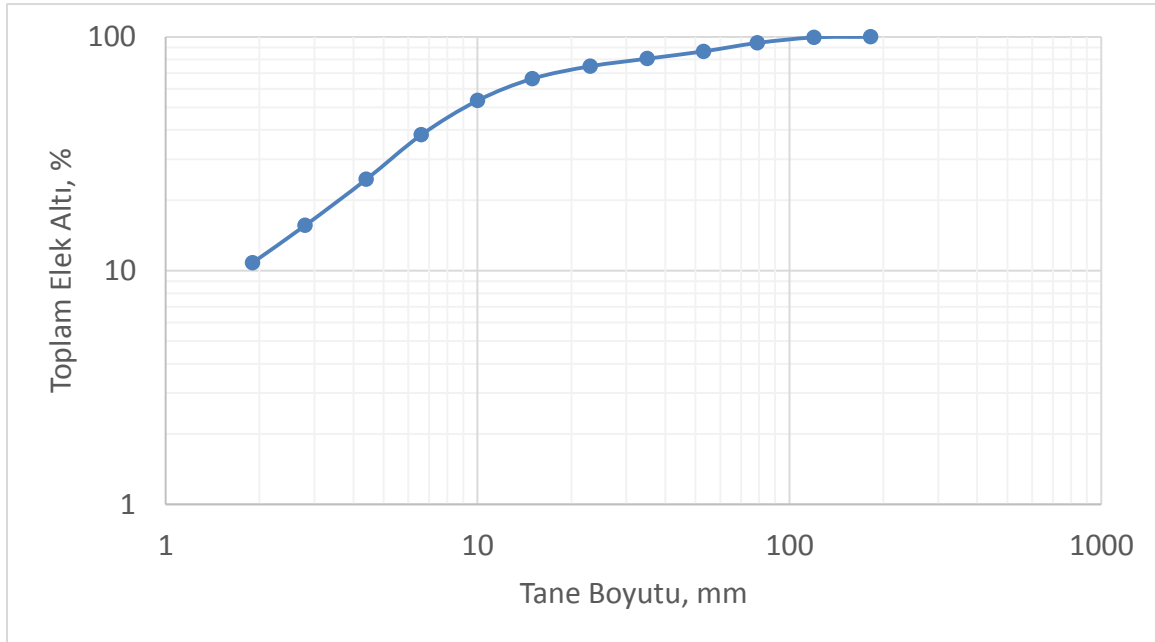
Şekil 9.25: Diatomit fan hava miktarı 207 m³/saat, Seperator hızı 1153 rpm İri toplam elek altı.



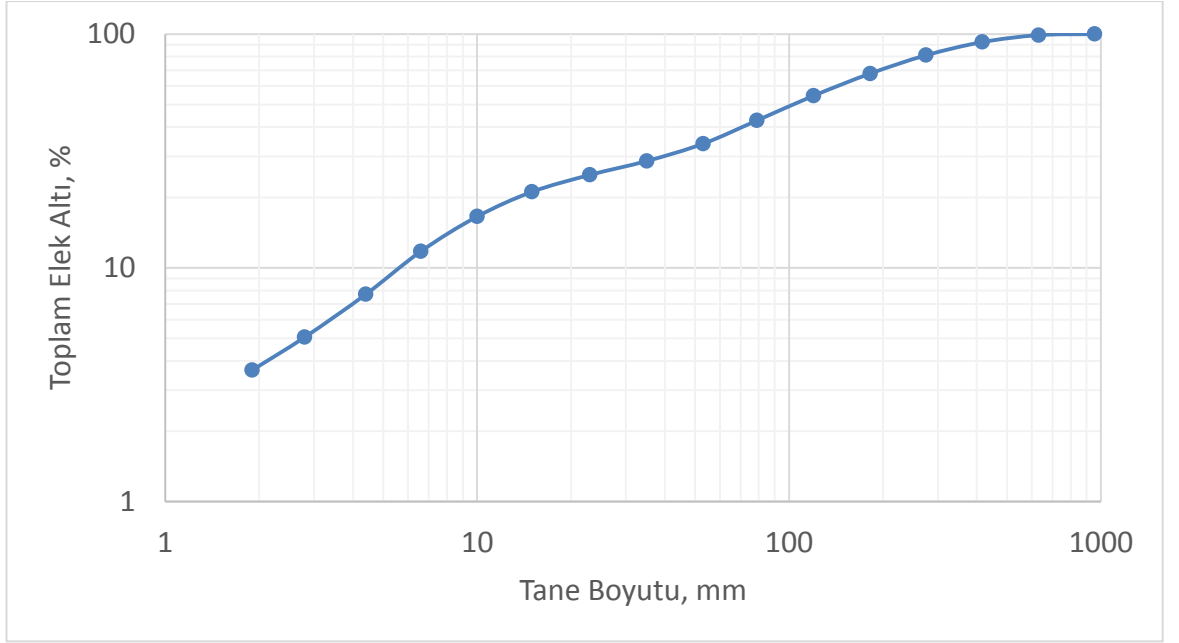
Şekil 9.26: Diatomit fan hava miktarı 207 m³/saat, Seperator hızı 1153 rpm İnce toplam elek altı.



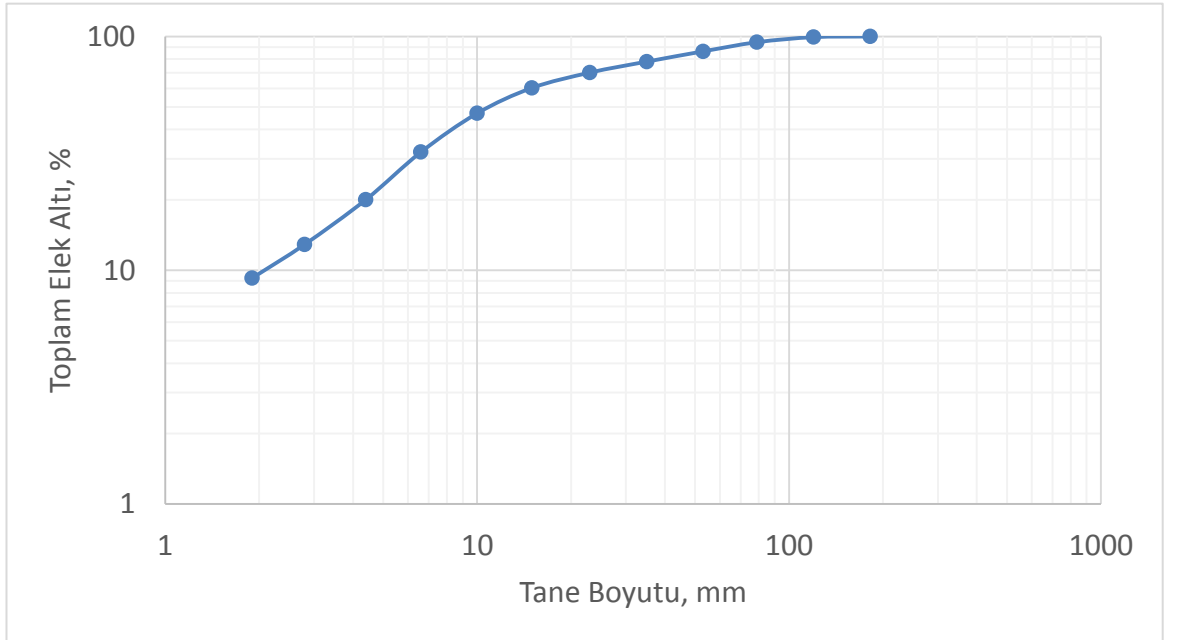
Şekil 9.27: Diatomit fan hava miktarı 207 m³/saat, Seperator hızı 1349 rpm İri toplam elek altı.



Şekil 9.28: Diatomit fan hava miktarı 207 m³/saat, Seperator hızı 1349 rpm İnce toplam elek altı.



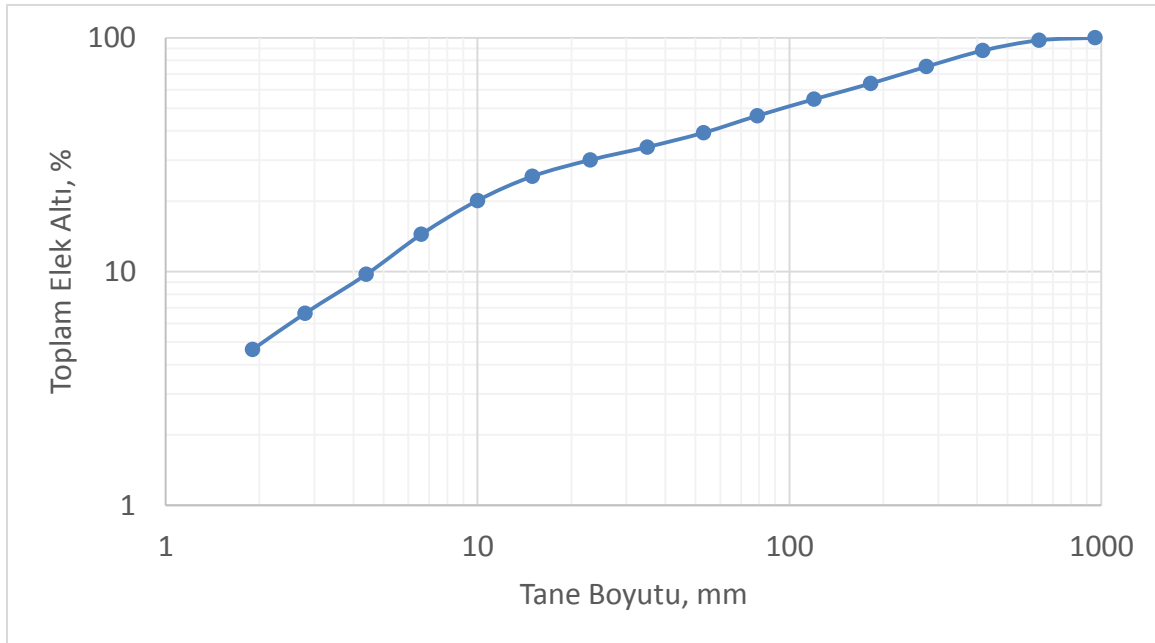
Şekil 9.29: Diatomit fan hava miktarı 207 m³/saat, Seperator hızı 1438 rpm İri toplam elek altı.



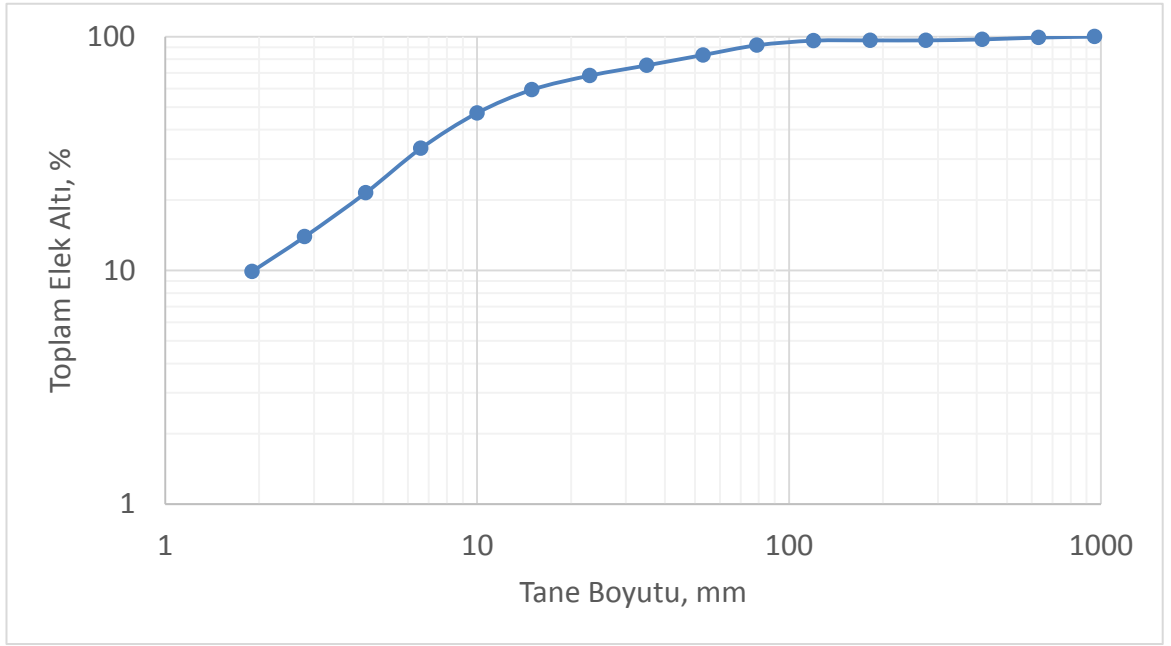
Şekil 9.30: Diatomit fan hava miktarı 207 m³/saat, Seperator hızı 1438 rpm İnce toplam elek altı.

Çizelge 9.11: Diatomit; fan hava miktarı 252 m³/saat seperatör hızları 1153, 1349, 1438 rpm deneyleri.

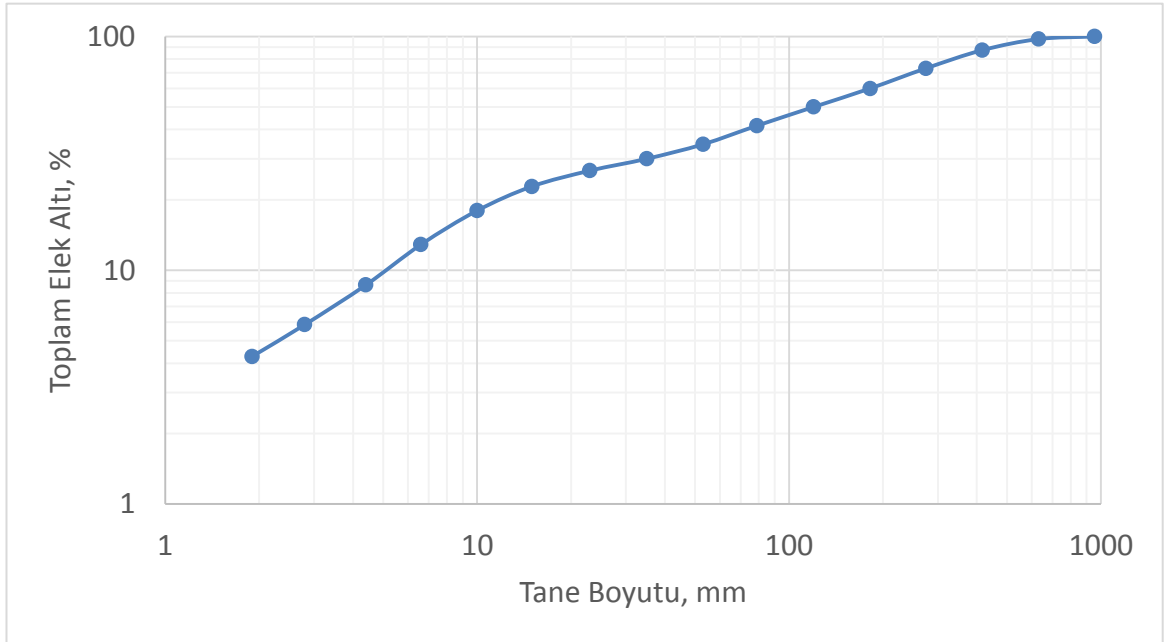
Seperatör Hızı (rpm)	İri numune %	İnce numune %
1153	70,9	29,1
1349	73,1	26,9
1438	73,4	26,6



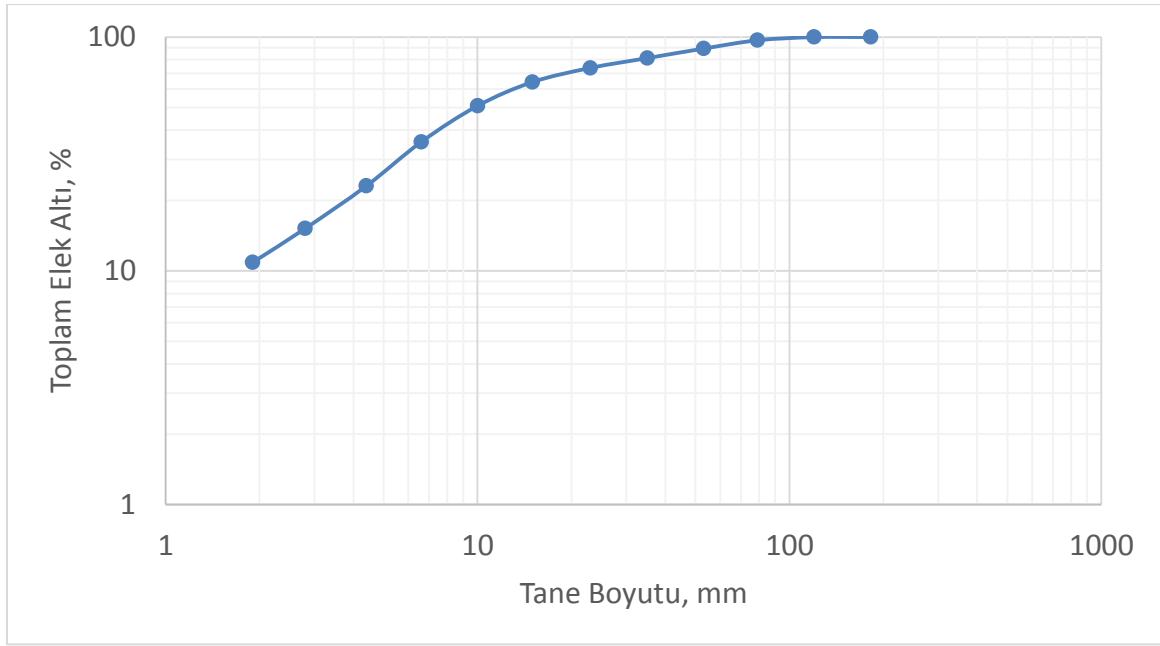
Şekil 9.31: Diatomit fan hava miktarı 252 m³/saat, Seperator hızı 1153 rpm İri toplam elek altı.



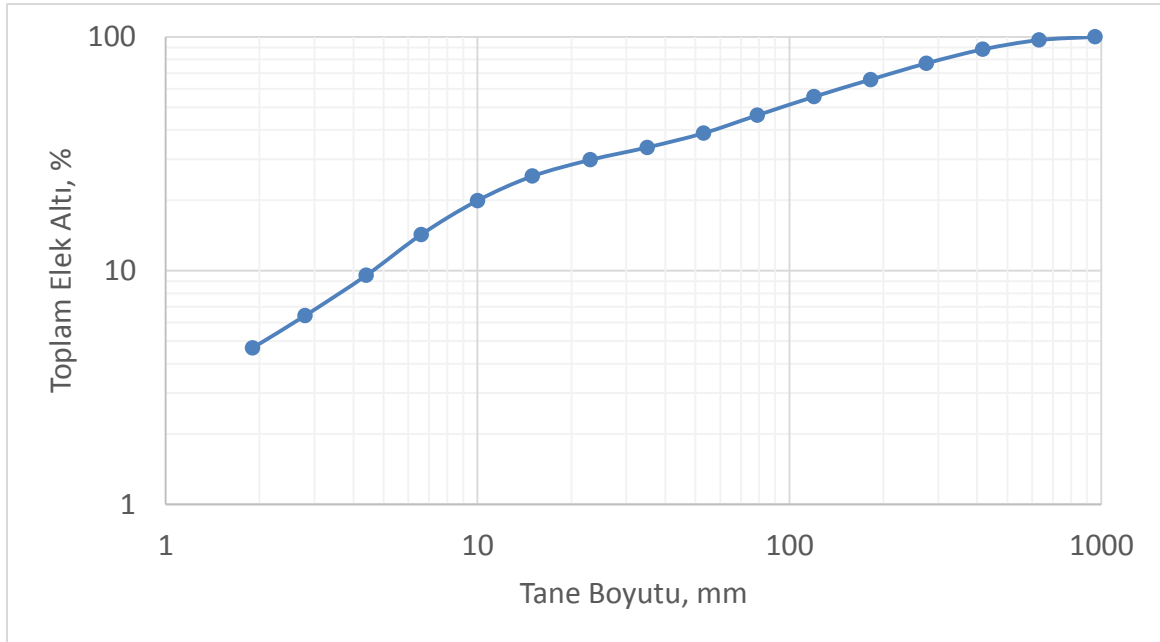
Şekil 9.32: Diatomit fan hava miktarı 252 m³/saat, Seperator hızı 1153 rpm İnce toplam elek altı.



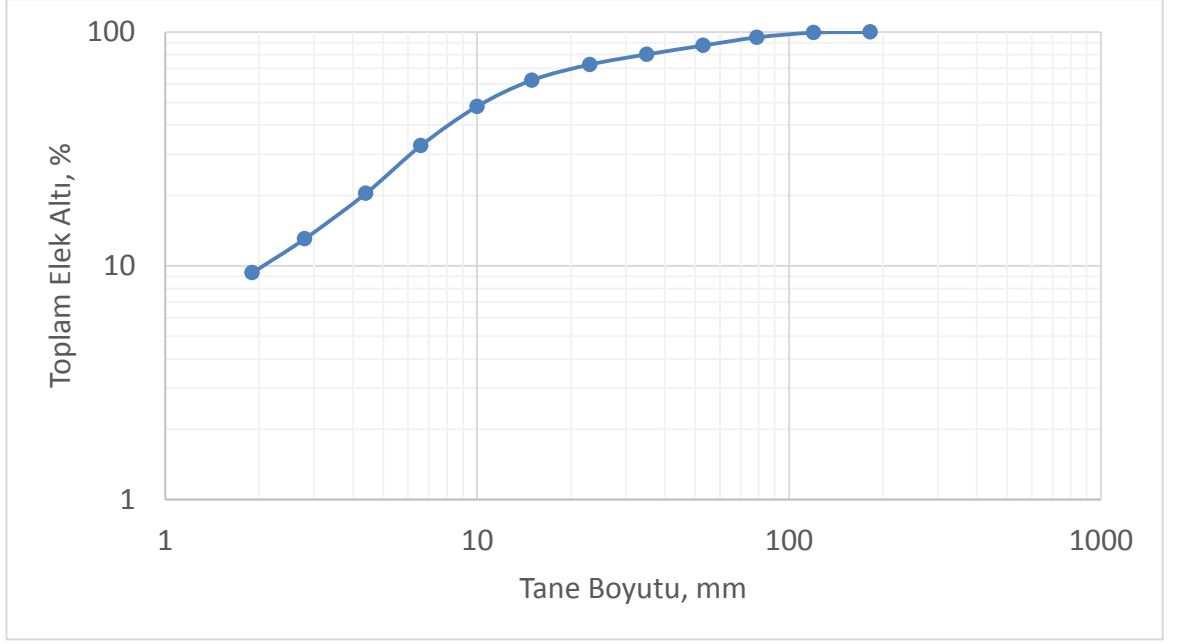
Şekil 9.33: Diatomit fan hava miktarı 252 m³/saat, Seperator hızı 1349 rpm İri toplam elek altı.



Şekil 9.34: Diatomit fan hava miktarı 252 m³/saat, Seperator hızı 1349 rpm İnce toplam elek altı.



Şekil 9.35: Diatomit fan hava miktarı 252 m³/saat, Seperator hızı 1438 rpm İri toplam elek altı.



Şekil 9.36: Diatomit fan hava miktarı 252 m³/saat, Seperator hızı 1438 rpm İnce toplam elek altı

Diatomit için yapılan deneylerde malzemenin farklı fan hava hızları ve seperasyon hızlarında iri ve ince numunede yüzdece ağırlık oranları, toplam elek altı eğrileri, buradan çıkan numunelerin SiO₂ yüzdeleri incelenmiştir. Yapılan deneylerde fan hava hızı ve seperatör hızı arttıkça iri numune yüzde ağırlık oranında artış gözlenmiştir. Boyut dağılımı ise iri numunelerde d₅₀ ve d₉₀ değerleri fan hava hızının artması ile artış göstermiştir.

Çizelge 9.12: Diatomit için d50 ve d90 boyutları analizi F: fan hava miktarı 179,207,252 m3/saat S: seperatör hızı 1153,1349,1438 rpm .

	Miktar %	d50 (micron)	d90 (micron)
F:179 S:1153 İRİ	58,4%	57	347
F:179 S:1153 İNCE	41,6%	11	64
F:179 S:1349 İRİ	61,7%	85	422
F:179 S:1349 İNCE	38,3%	10	56
F:179 S:1438 İRİ	58,4%	104	450
F:179 S:1438 İNCE	41,6%	9	52
F:207 S:1153 İRİ	63,8%	88	419
F:207 S:1153 İNCE	36,2%	11	71
F:207 S:1349 İRİ	68,1%	83	444
F:207 S:1349 İNCE	31,9%	9	63
F:207 S:1438 İRİ	72,1%	103	376
F:207 S:1438 İNCE	27,9%	11	63
F:252 S:1153 İRİ	70,9%	95	444
F:252 S:1153 İNCE	29,1%	11	72
F:252 S:1349 İRİ	73,1%	121	454
F:252 S:1349 İNCE	26,9%	10	55
F:252 S:1438 İRİ	73,4%	95	444
F:252 S:1438 İNCE	26,6%	11	60

Çizelge 9.13: Diatomit laboratuvar analiz sonuçları F: hava miktarı 179,207,252 m3/saat S: seperatör hızı 1153,1349,1438 rpm değerlerine karşılık gelmektedir.

	Fe2O3	Al2O3	SiO2	Mgo	CaO	TOPLAM
F:179 S:1153 İRİ	0,87%	1,81%	40,60%	5,33%	21,76%	70,37%
F:179 S:1153 İNCE	0,94%	1,93%	43,75%	6,46%	20,73%	73,81%
F:179 S:1349 İRİ	0,88%	1,81%	40,96%	5,47%	21,79%	70,91%
F:179 S:1349 İNCE	0,92%	1,93%	43,45%	6,54%	20,80%	73,64%
F:179 S:1438 İRİ	0,87%	1,79%	40,47%	5,18%	22,08%	70,39%
F:179 S:1438 İNCE	0,92%	1,90%	43,04%	6,42%	20,56%	72,84%
F:207 S:1143 İRİ	0,90%	1,77%	41,29%	5,35%	21,35%	70,66%
F:207 S:1143 İNCE	0,91%	1,91%	42,36%	6,44%	21,50%	73,12%
F:207 S:1349 İRİ	0,90%	1,79%	40,35%	5,31%	21,97%	70,32%
F:207 S:1349 İNCE	0,93%	1,92%	43,48%	6,24%	20,76%	73,33%
F:207 S:1438 İRİ	0,87%	1,81%	40,60%	5,33%	21,76%	70,37%
F:207 S:1438 İNCE	0,94%	1,98%	44,90%	6,68%	21,47%	75,97%
F:252 S:1153 İRİ	0,91%	1,85%	40,06%	4,33%	22,67%	69,82%
F:252 S:1153 İNCE	0,93%	1,86%	42,43%	5,48%	22,26%	72,96%
F:252 S:1349 İRİ	0,89%	1,77%	38,99%	4,42%	22,42%	68,49%
F:252 S:1349 İNCE	0,92%	1,84%	42,02%	5,67%	21,46%	71,91%
F:252 S:1438 İRİ	0,87%	1,77%	39,57%	4,94%	22,38%	69,53%
F:252 S:1438 İNCE	0,91%	1,87%	41,14%	5,93%	21,89%	71,74%
Tüvenan	0,96%	1,75%	41,33%	4,42%	23,20%	71,66%

9.3. Mikalı Kum'un Havalı Seperatör İle Kuru Zenginleştirilmesi

Deneyisel çalışmalarda Cevher hazırlama tesisi içinde bulunan havalı seperatör kullanılmıştır. Seperatörde Fan hava miktarı kum'un tane boyutunun göreceli olarak iri olması sebebi ile en yüksek makine fan hava miktarı olan 297 m³/saat de bırakılmıştır. Seperatör hızları değiştirilmiş. Besleme hızı tüm deneylerde yaklaşık 600 gr/dk de seviyesinde bırakılmıştır.

Seperatör dönüş hızları diğer iki deneyden farklı olarak 344,549,743 rpm olarak kullanılmıştır. Deneylerde -0,5+0,3 mm boyut aralığındaki malzemede mikanın ayrımını daha net görmek için her seperasyondan çıkan iri numune, dört kere daha havalı seperatöre beslenmiş ve ince üründen alınan numuneler analizleri yapılmak üzere ayrılmıştır. İnce numunelerin tamamı, kalın numuneden ise 50 gr analiz için kimya laboratuarına gönderilmiştir.

İnşaat kumu için istenen boyut aralığının -1+0.3 mm olduğu bilinmektedir ancak tesislerdeki havalı seperatörün 0.5 mm üstünü düşük hava hızlarında ayırma performansı düşü olduğu için deneyler -0.5+0.3 mm boyut aralığında yapılmıştır. Ayrıca Sepiyolit ve Diatomitte ayırmanın tane boyutuna göre, mikalı kum örneğinde ise dar bir boyut aralığında malzeme beslemesi yapıldığı için ayırmanın tane şekline göre olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 9.14: Mikalı kum için elek analizi sonuçları

Boyut aralığı	Ağırlık %
+2mm	4,4
-2+1 mm	10,4
-1+0,5mm	36,8
-0,5+0,3 mm	33,9
-0,3 mm	14,6

Kum numuneleri üzerinde mika oranını tespit etmek amacıyla trinokuler mikroskop ile tane sayımı yöntemi uygulanmış ve sonuçlar aşağıdaki çizelgelerde gösterilmiştir.

Çizelge 9.15: Mikali kum için Tüvenan -0,5+0,3 mm trinokuler mikroskop sonuçları.

Mika (%)	Kuvars+ Feldspat (%)	Diğer (%)	Toplam
5	92	3	100

Mikalı Kum için havalı seperatörle yapılan 297 m³/saat fan hava miktarında ve 344,549,743 rpm seperatör hızında yapılan deney sonuçlarında elde edilen değerler ve trinokuler mikroskopla ölçülen içerik bilgileri aşağıdadır

Çizelge 9.16 : Mikalı kum ; fan hava miktarı 297 m³/saat, seperatör hızı 344 rpm, besleme hızı 600 gr/dk deneyi ve analizi sonuçları.

Ürün	Ağırlık (%)	Mika (%)	Kuvars+ Feldspat (%)	Diğer (%)	Toplam (%)
İri	78	2	97	1	100
İnce 1	6	15	84	1	100
İnce 2	6	12	87	1	100
İnce 3	6	13	85	2	100
İnce 4	5	10	88	2	100
Toplam	100				

Çizelge 9.17: Mikalı kum ; fan hava miktarı 297 m3/saat, seperatör hızı 549 rpm, besleme hızı 600 gr/dk deneyi ve analizi sonuçları

Ürün	Ağırlık (%)	Mika (%)	Kuvars+ Feldspat (%)	Diğer (%)	Toplam (%)
İri	91	2,6	96,4	1	100
İnce 1	2	16	83	1	100
İnce 2	2	14,5	84	1,5	100
İnce 3	2	10	89	1	100
İnce 4	2	14,5	84	1,5	100
Toplam	100				

Çizelge 9.18: Mikalı kum ; fan hava miktarı 297 m3/saat, seperatör hızı 743 rpm, besleme hızı 600 gr/dk deneyi ve analizi sonuçları

Ürün	Ağırlık (%)	Mika (%)	Kuvars+ Feldspat (%)	Diğer (%)	Toplam (%)
İri	96	4,3	95,7	2	100
İnce 1	1	40	57	3	100
İnce 2	1	50	47	3	100
İnce 3	1	36	60	4	100
İnce 4	1	45	50	5	100
Toplam	100				

10. SONUÇLAR

10.1. Sepiyolit için sonuçlar

Ticari kullanımı daha çok hayvan yemine katkı, kedi kumu, petrol endüstrisinde çamur katkı malzemesi olarak kullanılan sepiyolitlerde, KDK değerlerinin 10-20 meq/100gr arasında olması beklenmektedir. Genellikle KDK değeri yüksek sepiyolitler daha kaliteli olarak nitelendirilmektedir. Ayrıca petrol endüstrisinde viskozitesi yüksek sepiyolitler tercih edilmektedir. Bu sebeple sepiyolit ile yapılan deneylerde farklı fan hava miktarı ve seperatör hızlarında elde edilen iri ve ince ürünlerinin boyut dağılımları, KDK değerleri ve KDK değeri yüksek ürünlerin viskoziteleri incelenmiştir. Sepiyolt için boyut dağılımı fan hava miktarının artması ile iri numunelere d90ve d50 elek boyutları düşmekte (örneğin 179,207,252 m3/saat fan hava miktarı için d90 değeri 203,179,177 şeklinde ölçülmüştür) . İnce numunelerde değişiklik göstermemektedir (örneğin 179,207,252 fan hava miktarı için d90 değeri 59,53,62 olarak ölçülmüştür). Seperatör hızı değişikliklerinde ise d90 değeri 1153,1438 rpm için aynı kalmakta ancak 1438 rpm de yükselmektedir (örneğin fan hava hızı 252 ve seperatör hızları 1153,1349 ve 1438 rpm için d90 değerleri 177,171 ve 267 olmuştur) İnce numuneler için farklılık olmamıştır.

Sepiyolit için KDK değerinin yüksekliği istenen bir özellik olması sebebi ile her bir elek analizi için KDK ölçümleri yapılmıştır (Çizelge 9,7). Yapılan deneylerde yüksek KDK değerlerine ince numunelerde ulaşılmış olup bu numuneler içinde (Çizelge 9.7) de görüleceği üzere en yüksek KDK değerlerine ulaşılan F179/S1153 ,F207/S1153, F207/S1349 ile KDK değeri düşük olan F252/S1438 ve tüvenan numune için viskozite ölçüm deneyleri yapılmıştır (Çizelge 9.8).

KDK değerleri yüksek numunelerin hem ince hem iri numuneleri ile viskozite deneyleri yapılmıştır. Özellikle petrol endüstrisinde kullanılan ürün için yüksek viskozite istendiğinden eldeki numune için Fan hava miktarı 207 m3/saat ve Seperatör hızı 1349 rpm olan iri ürünün viskozitesi (88cp) en yüksek çıkmıştır. Sonuç olarak endüstrinin ihtiyacına göre havalı seperatörleri ile ayrımı yapılan ürünlerin kullanımı mümkündür. Kedi kumu için KDK sı en yüksek tercih edilirken, petrol çamur katkısı olarak viskozitesi en yüksek ürün tercih edilebilir.

10.2. Diatomit için sonuçlar

Endüstriyel anlamada yüksek oranda (%84-90) SiO₂ barındıran diatomit ürünü tercih edilmektedir. Yapılan analizlerde çok ciddi farklılık olmamakla birlikte SiO₂ oranı en yüksek olan deney, fan hava miktarı 207 m³/saat ve seperatör hızı 1438 rpm olan ince boyutlu numune deneyidir. Burada

SiO₂ %44,9,

Al₂O₃ %1,98

Fe₂O₃ 0,94

olarak ölçülmüştür.

Fan hava miktarı 179 m³/saat ve seperatör hızı 1153 rpm olan ince boyutlu numunenin kullanıldığı deneyde ise en iyi değere oldukça yakın

SiO₂ %43,75,

Al₂O₃ %1,93

Fe₂O₃ 0,94

sonuçları bulunmuştur.

Deneylerde diatomit için istenen endüstriyel kullanıma çok uzak (istenen SiO₂ %84 ve üstü, deneylerde maksimum SiO₂ %45) bir ürün ortaya çıkmış olup 18 farklı numune için yapılan kimyasal analizlerde (Çizelge 9.13) istenen SiO₂ oranında önemli bir değişiklik olmadığı gözlenmiştir (en yüksek SiO₂ %44,9 ile fan hava miktarı 207 m³/saat, seperatör hızı 1438 rpm ince numune ve en düşük SiO₂ %38,99 ile fan hava miktarı 252 m³/saat ve seperatör hızı 1349 rpm iri numune). Deneylerde ince numunelerin SiO₂ oranı İri numunelere göre %1-5 aralığında farklılık göstermekle birlikte bu yeterli bir ayrıma değildir. Diatomit ile yapılan deneylerde önmeli bir farklılaşma gözlenmemiş olup kullanılan zenginleştirme yöntemi ile SiO₂ oranında bir iyileşme gerçekleştirilememiştir.

10.3. Kum için sonuçlar

Kum için analiz sonuçları mika açısından incelenmelidir. İnşaat sektöründe Maksimum %3 mika istemektedir. Tüvenan numunede boyut aralığı -0,5+0,3 mm olan numunede

%5'lik bir mika, 4 kere peş peşe yapılan havalı seperatör deneyleri ile %2 seviyesine indirilebilmiştir.

Fan hava miktarı 297 m³/saat ve 549 rpm deneyde elde edilen %97 kuvars, elde edilen en yüksek değerli sonuç olmuştur. En düşük mika içeriği bu deneyde elde

edilmiş olmakla birlikte burada kum kaybı daha yüksek olmuştur (Çizelge 9.15 ağırlıkça kayıp %22) . En yüksek kum kazanımı ise 297 m³/saat fan hava miktarı ve 743 rpm seperatör hızında sağlanmıştır (Çizelge 9.17 kayıp %4). Ancak burada mika oranı %4,3 olarak gerçekleşmiş olup bu oran istenen %3 lük orandan yüksektir. Sonuç olarak seperasyon hızının artması sabit fan hava miktarında kum kaybını engellemiş olmakla birlikte mika oranını artırmıştır. En optimum oran fan hava mikatı 297 m³/saat ve 549 rpm ile yapılan deney olmuştur. Burada mika oranı %2,6 ile beklenen %3 lük orandan düşük olmuş, kum kaybı ise %9 sınırında kalmıştır. İnşaat sektörünün talebi doğrultusunda gün geçtikçe artan orta özel nitelikli kum ihtiyacının karşılanabilmesi için sulu yöntemlerin mümkün olmadığı yerlerde kuru seperatörle mikanın uzaklaştırılabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Anon. A.** (1999) Circoplex Classifier Mill Operating Manual BA 1235/5 E Hosokawa-Alpine, Page, 31-32.
- Anon. A.** (1996) Alpine Handbook of Mechanical Processing Technology. 1996.*
- Alp S.** (2004) İSTANBUL TİCARET ODASI Kum , Kil ve Taşocakları Sektör Raporu . Sayfa 3-8.
- Altun, O. , Benzer, H.** (2010) Decreasing specific energy consumption of a cement plant by adjusting the seperator parameters IMPS'10. Page 99-108.
- Can .G,** (1992) MTA Fizibilite Etüdleri Dairesi, ANKARA Dünyada ve Türkiyede Sepiyolitik Kil. Jeoloji Mühendisliği Sayı 41, Sayfa 166-170.
- Hacıhafızoğlu H.**(2012) Madencilik, Cilt 51, Sayı 2-3, Sayfa 29-42, Kuru Kömür Zenginleştirme Yöntemlerinin Tanıtılması ve Bazı Türk Kömürlerinin Temizlenmesi İçin FGX Cihazının Denenmesi.
- İ.Bentli** (2001) Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Kütahya. Kütahya - Alayunt Diatomit Cevherinin Zenginleştirilebilirliğinin Araştırılması. 4.Endüstriyel Hammadeler Sempozyumu 19 ekim 2001 İzmir Türkiye . Sayfa 119-126.
- Kahraman F ,** (2009) “Cevher Hazırlama Yöntemleri “ sunumu 2009 Sayfa, 2-6.
- Mes Madencilik.** (2012) Tırkaz köyü (Sarayköy Denizli) ve civarında yer alan diatomeli sedimentlerin endüstriyel hammadde olanaklarının belirlenmesi hakkında etüd raporu Aralık 2012. Sayfa, 1-3.
- Sabah E.** (1999) Afyon Kocatepe Üniversitesi Afyon Meslek Yüksekokulu, Cevher Hazırlama Programı, AFYON **M. S. Çelik:** İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi, Cevher ve Kömür Hazırlama Anabilim Dalı, İSTANBUL 3.Endüstriyel Hammadeler Sempozyumu/14-15 Ekim 1999, İzmir, Türkiye. Sepiyolit: Özellikleri ve Kullanım Alanları, Sayfa, 132-146
- Shapiro, M. ,Galperin, V.** (2005) Air classification of solid particles: a review. *Chemical Engineering and Processing*, Vol. 44, Page, 279-285.
- Toraman Ö.Y. , Sönmez A. T** (2012) Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 1, Sayı 2, Sayfa 30-36 Mikronize Öğütmede Havalı Ayırıcıların Tasarım Değişkenleri.
- Url-1** <http://www.bikudo.com/airclassifier> _ alındığı tarih 14.04.2014
- Url-2** <http://www.varlikmakina.com/kompletesisler> _ alındığı tarih 03.02.2014

Url-3 [http://marbleport.com/madencilik-kulturu/331/cevher-zenginlestirme - yontemleri](http://marbleport.com/madencilik-kulturu/331/cevher-zenginlestirme-yontemleri) Deniz ÖZTÜRK Doç.Dr alındığı tarih 03.02.2014

Url-4 <http://marbleport.com/dogal-kaynaklar/38/diatomit>-alındığı tarih 12.05.2014

ÖZGEÇMİŞ

VESİKALIK
FOTO

Ad-Soyad: Şenel TEMEL

Doğum Tarihi ve Yeri: 22.07.1972

E-posta: senol.temel@aksigorta.com.tr

ÖĞRENİM DURUMU:

Lisans: 1993 İTÜ Maden Fakültesi Cevher Hazırlama Bölümü

Yükseklisans: 2014 İTÜ Cevher Hazırlama Anabilim Dalı Cevher
Hazırlama Programı