

**Asmaş Manyezit İşletmesi  
Triyaj Ara Ürünü Ve -20 mm  
Manyezit Atıklarının Değerlendirilmesi**

Uğur etin

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Mayıs-2010

Beneficiation Of Triage Middlings  
And -20 Mm Waste Products Of Asmas Magnesite Mine Plant

Uğur Çetin

**MASTER OF SCIENCE THESIS**

Department of Mining Engineering

May-2010

**Asmaş Manyezit İşletmesi  
Triyaj Ara Ürünü Ve -20 Mm  
Manyezit Atıklarının Değerlendirilmesi**

Uğur etin

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca  
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı  
Cevher Hazırlama Bilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Prof. Dr. Ender Sönmez

Mayıs-2010

## ONAY

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Uğur etin'in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Asmaş Manyezit İşletmesi Triyaj Ara Ürünü ve -20 mm Manyezit Atıklarının Değerlendirilmesi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

**Danışman** : Prof. Dr. Ender Sönmez

### **Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:**

**Üye** : Danışman Prof. Dr .Ender SÖNMEZ

**Üye** : Prof. Dr. Hüseyin ÖZDAĞ

**Üye** : Prof. Dr. Muammer KAYA

**Üye** : Prof. Dr. Haldun KURAMA

**Üye** : Prof. Dr. Hüseyin KOCA

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..... tarih ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Nimetullah BURNAK

Enstitü Müdürü

## ÖZET

Asmaş manyezit işletmesinde -20 mm altı tüvenan cevher tambur tipi manyetik ayırıcıdan geçirilmekte, konsantre satılmakta, artık ise stoklanmaktadır. Ayrıca triyaj verilen +20 mm tüvenan cevherin ara ürünü ya satıcıya geri verilmektedir veya sahada stoklanmaktadır.

Bu çalışmada, yukarıda konu edilen -20 mm altı cevherin ve triyaj ara ürünün zenginleştirilerek değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

Bu amaçla, -20 mm altı cevher beş grupta sınıflandırıldıktan sonra her bir grup manyetik ayırmaya tabi tutulmuş ve sonucunda %92,57 MgO, %2,34 CaO, %2,85 SiO<sub>2</sub>, %0,75 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörlü konsantre %90,50 verimle kazanılmıştır.

Aynı şekilde triyaj ara ürünü de beş grupta sınıflandırıldıktan sonra her bir grup manyetik ayırmaya tabi tutulmuş ve sonucunda %83,97 MgO, %3,20 CaO, %10,78 SiO<sub>2</sub>, %0,46 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörlü konsantre % 80,34 verimle kazanılmıştır.

Tesiste atık depolama ve su sıkıntısı da vardır. Bu konuda tesisin sulu atıkları ile çalışılmıştır. Flokülant kullanılarak çöktürme deneyleri yapılmış, tesisin su ihtiyacını karşılayacak tikiner dizayn edilmiştir.

Flokülasyon deneylerinde, SNF flokülantı 35gr/ton katı oranında kullanımı en iyi sonucu vermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Flokülasyon, katı-sıvı ayrımı, manyetik zenginleştirme, manyezit, tikiner, triyaj

## SUMMARY

In Asmaş magnesite mine, run of mine below 20 mm is fed to drum type magnetic separator. Obtained concentrate is sold, tailing is stocked. Also, run of mine above 20 mm is fed to triage and middle product is whether sent back to the seller or stocked on site.

In this study, the aim of this study is to add value to run of mine below 20 mm and middle product of triage by enrichment.

For this purpose, samples were classified in five groups, and then each group was subjected to the magnetic separation. As a result, 92,57 % MgO, 2,34 % CaO, 2,85 % SiO<sub>2</sub>, 0,75 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> grade concentrate was obtained with a recovery of 90,50 %.

Also, middlings product of triage was classified in five groups, and then each group was subjected to the magnetic separation. As a result, 83,97 % MgO, 3,20 % CaO, 10,78 % SiO<sub>2</sub>, 0,46 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> grade concentrate was obtained with a recovery of 80,34 %.

In the plant, there are tailing stockpiling and water supply problems. Therefore, the tailings in the form of slurry were studied. Precipitation tests were carried out by using flocculant, and a thickener was designed to supply the water to the plant.

In flocculant tests, SNF flocculant gave the best results at the rate of 35 gr per ton.

**Keywords:** flocculation, magnetic enrichment, magnesite, solid-liquid separation, tikiner, triage

## TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının hazırlanmasında, değerli bilgi ve deneyimleriyle beni yönlendiren Sayın hocam Prof. Dr. Ender SÖNMEZ'e teşekkür ederim.

Araştırmalarım aşamasında yardımlarını esirgemeyen Asmaş Ağır Sanayi Malzemeleri İmal ve Ticaret A.Ş., Fabrika Müdürü Sayın Nadir EREN, Kalite Kontrol Mühendisi Sayın Onur ÇALIŞIR'a ve kimyasal analiz aşamasında olanak ve yardımlarını esirgemeyen AR-GE Laboratuvar Sorumlusu Sayın Burhan DÜNDAR'a, ayrıca tane boyut analizi aşamasında olanak ve yardımlarını esirgemeyen Kütahya Porselen, Hammadde Kontrol Takım Lideri Sayın Selman AKOĞLU'na saygılarımı sunarım.

Çalışmalarım boyunca yardımcı ve destek olan Osmangazi Üniversitesi Cevher Hazırlama Laboratuvarı Sorumlusu, Sayın Haydar ŞAHAN'a ve Osmangazi Üniversitesi Maden Mühendisli Araştırma Görevlileri, Sayın H.Serkan GÖKÇEN ve Serkan ÇAYIRLI'ya teşekkür ederim.

Öğrenim hayatım boyunca maddi manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili aileme sevgi,saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|   |             |
|---|-------------|
| <b>ÖZET</b> .....   | <b>.v</b>   |
| <b>SUMMARY</b> .....  | <b>.vi</b>  |
| <b>TEŞEKKÜR</b> .....   | <b>.vii</b> |
| <b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....  | <b>.xi</b>  |
| <b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....  | <b>.xii</b> |
| <br>  |             |
| <b>1. GİRİŞ</b> .....   | <b>1</b>    |
| <br>  |             |
| <b>2. GENEL BİLGİLER</b> .....  | <b>2</b>    |
| 2.1. Manyezit Tarihçesi .....   | 2           |
| 2.2. Manyezit Tanımı.....   | 3           |
| 2.3. Manyezitin Sınıflandırılması.....                                    | 5           |
| 2.3.1. Ekonomik yönden manyezit yataklarının sınıflandırılması.....       | 5           |
| 2.3.1.1. Kriptokristalin manyezit yatakları.....                          | 5           |
| 2.3.1.2. İri kristalli manyezit yatakları.....                            | 7           |
| 2.3.2. Hammade kökenine göre manyezit yataklarının sınıflandırılması..... | 8           |
| 2.3.2.1. Doğal manyezitler.....   | 8           |
| 2.3.2.2. Sentetik manyezitler.....  | 10          |
| 2.4. Önemli Magnezyum Elementleri .....                                   | 11          |
| 2.5. Magnezyum Üretimi Yapılabilen Diğer Magnezyumlu Mineraller.....      | 13          |
| 2.5.1. Dolomit.....   | 13          |
| 2.5.2. Olivin.....  | 13          |
| 2.5.3. Brusit.....  | 14          |
| 2.5.4. Evaportik magnezyum mineralleri.....                               | 14          |
| 2.5.5. Diğer magnezyum bileşikleri.....                                   | 15          |
| 2.6. Üretim ve Zenginleştirme Yöntemleri.....                             | 15          |



## İÇİNDEKİLER (devam)

|   | <b><u>Sayfa</u></b> |
|---|---------------------|
| 2.6.1. Arama ve Üretim.....                                       | 15                  |
| 2.6.2. Zenginleştirme.....  | 16                  |
| 2.6.2.1. Elle ayıklama (triyaj-tavuklama) ile zenginleştirme..... | 17                  |
| 2.6.2.2. Elektronik/otomatik ayıklama ile zenginleştirme.....     | 18                  |
| 2.6.2.3. Türevsel ufala ile zenginleştirme.....                   | 18                  |
| 2.6.2.4 Flotasyon ile zenginleştirme.....                         | 18                  |
| 2.6.2.5. Ağır ortam ile zenginleştirme.....                       | 20                  |
| 2.6.2.6. Manyetik ayırma ile zenginleştirme.....                  | 20                  |
| 2.6.2.7. Isıl işlem sonrası zenginleştirme.....                   | 21                  |
| 2.6.2.8. Aglomerasyon ve flokülasyon ile zenginleştirme.....      | 21                  |
| 2.6.2.8.1. Flokülantların tanımı ve flokülant türleri.....        | 22                  |
| 2.6.2.8.2. Flokülasyon yöntemleri.....                            | 26                  |
| 2.7. Manyezit Ekonomisi.....                                      | 29                  |
| 2.7.1. Fiyatlandırmayı etkileyen faktörler.....                   | 29                  |
| 2.7.1.1. Kimyasal bileşim.....                                    | 29                  |
| 2.7.1.2. CaO/SiO <sub>2</sub> Faktörü.....                        | 31                  |
| 2.7.1.3. Dökme özgül ağırlık.....                                 | 31                  |
| 2.7.1.4. Periklas kristal boyutu.....                             | 31                  |
| 2.7.1.5. Magnezyum oksit oranı.....                               | 32                  |
| 2.7.1.6. Bor oranı.....   | 32                  |
| 2.7.2. Manyezitin ve magnezyumun kullanım alanları .....          | 33                  |
| <b>3.TÜRKİYEDE MANYEZİT.....</b>                                  | <b>35</b>           |
| 3.1. Asmaş Ağır Sanayi Malzemeleri İmal ve Ticaret A.Ş.....       | 40                  |
| 3.1.1. Cevher hazırlama tesisleri.....                            | 40                  |
| 3.1.2. Yıkama tesisi ve triyaj.....                               | 43                  |

## İÇİNDEKİLER (devam)

|   | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| <b>4. DÜNYADA MANYEZİT.....</b>                                     | <b>45</b>    |
| <b>5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....</b>                                  | <b>48</b>    |
| 5.1. Manyetik Ayırma Deneyleri.....                                 | 48           |
| 5.1.1. Malzeme.....   | 48           |
| 5.1.2. Yöntem.....  | 51           |
| 5.1.3. Bulgular.....  | 60           |
| 5.1.3.1. Elek altı ürün ile yapılan deneyler.....                   | 60           |
| 5.1.3.2. Triyaj ara ürün ile yapılan deneyler.....                  | 63           |
| 5.2. Atık Su Arıtma Deneyleri .....                                 | 66           |
| 5.2.1. Malzeme.....   | 66           |
| 5.2.2. Yöntem.....  | 67           |
| 5.2.3. Bulgular.....  | 71           |
| 5.2.3.1. Atık su numunesi çöktürme deneyleri.....                   | 71           |
| 5.2.3.2. Atık su numunesi çökme ara yüzey yüksekliği deneyleri..... | 77           |
| 5.2.3.3. Flokülantsız Çözelti, SNF ve HYDROFLOC Karşılaştırması.... | 83           |
| 5.2.5. Tikiner dizaynı.....   | 85           |
| <b>6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....</b>                                 | <b>87</b>    |
| <b>KAYNAKLAR.....</b>   | <b>90</b>    |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

| <u>Şekil</u>   | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| Şekil 2.1. Kriptokristalin Manyezit Yataklarının Oluşumu.....                  | 5            |
| Şekil 2.2. Brusit Oluşumu.....   | 14           |
| Şekil 2.3. Büzülme Suretiyle Salkımların Formasyonu.....                       | 24           |
| Şekil 2.4. Çıkıntıların Çarpışması Suretiyle Flok Formasyonu.....              | 24           |
| Şekil 2.5. Polimer Köprü Teşekkülü İle Askıda Katı Tanelerin Flokülasyonu..... | 28           |
| Şekil 3.1. Türkiye Manyezit Haritası.....                                      | 35           |
| Şekil 3.2. Bunker.....   | 40           |
| Şekil 3.3. Çeneli Kırıcı.....  | 41           |
| Şekil 3.4. Koruyucu Elek.....  | 42           |
| Şekil 3.5. Yıkama Tamburu.....   | 43           |
| Şekil 3.6. Toz Elek.....   | 44           |
| Şekil 5.1. Blake Tipi Çeneli Kırıcı.....                                       | 52           |
| Şekil 5.2. Elek Analizi.....   | 52           |
| Şekil 5.3. Permroll Doğal Mıknatıslı Tamburlu Manyetik Ayırıcı.....            | 53           |
| Şekil 5.4. Ürünleri Manyetik Özelliklerine Göre Ayırma.....                    | 54           |
| Şekil 5.5. Laboratuar Tipi Bilyeli Değirmen.....                               | 55           |
| Şekil 5.6. 0,150 mm Elek ile Eleme İşlemi.....                                 | 55           |
| Şekil 5.7. Karelaj Yöntemi Uygulanarak Temsili Numune Alma.....                | 56           |
| Şekil 5.8. Füzyon Makinesinde Numune Eritme.....                               | 57           |
| Şekil 5.9. -20 mm Elek Altı Ürün Zenginleştirme Akım Şeması.....               | 58           |
| Şekil 5.10. Triyaj Ara Ürün Zenginleştirme Akım Şeması.....                    | 59           |
| Şekil 5.11. Atık Su -0,15 mm Katı Malzeme Tane Boyu Analizi.....               | 67           |
| Şekil 5.12. HYDROFLOC Çözeltisi Hazırlama ve Manyetik Karıştırıcı.....         | 69           |

**ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)**

| <u>Şekil</u>   | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| Şekil 5.13. Zamana Bağlı Ara Yüzey Yüksekliklerinin İşaretlenmesi.....   | 70           |
| Şekil 5. 14. Zaman - Çökme Hızı Grafiği (SNF Flocculant ).....   | 73           |
| Şekil 5.13. Zaman - Çökme Hızı Grafiği (HYDROFLOC 9170 LV).....  | 76           |
| Şekil 5.14. Zaman – Ara Yüzey Yüksekliği Grafiği (SNF Flocculant).....   | 79           |
| Şekil 5.15. Zaman – Ara Yüzey Yüksekliği Grafiği (HYDROFLOC 9170 LV).....  | 82           |
| Şekil 5.16. Ara Yüzey Yüksekliği Karşılaştırma Grafiği.....  | 84           |
| Şekil 5.17. Triyaj Ara Ürün ve -20 mm Elek Altı Ürünlerin Kazanılması İçin Önerilen<br>Sistemin Akım Şeması..... | 89           |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

| Çizelge  | Sayfa |
|--|-------|
| Çizelge 2.1. Manyezit Bilgi Tablosu .....  | 4     |
| Çizelge 2.2. Bazı Önemli Magnezyum Mineralleri.....  | 12    |
| Çizelge 2.3. Flokülanların Molekül Ağırlıklarına Göre Sınıflandırılması.....                                     | 26    |
| Çizelge 2.4. Ham Manyezit Cevheri ve Sinter Ürünlerin Özellikleri.....   | 30    |
| Çizelge 3.1. Türkiye Manyezit Rezervleri ve MgO İçerikleri.....  | 36    |
| Çizelge 3.2. Türkiye Manyezit Rezervlerinin İllere Göre Dağılımı.....  | 37    |
| Çizelge 3.3. Manyezit Sektörü Yıllara Göre Üretim Miktarı.....   | 38    |
| Çizelge 3.4. Manyezit Sektörü Yıllara Göre Üretim Artış Oranları.....  | 38    |
| Çizelge 3.5. Manyezit Sektörü Yıllara Göre Üretim Değerleri.....   | 38    |
| Çizelge 3.6. Manyezit Sektörü Yıllara Göre Üretim Değeri Artış Oranları.....                                     | 38    |
| Çizelge 3.7. Türkiye Refrakter Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı.....   | 39    |
| Çizelge 3.8. Türkiye Manyezit İhracatı.....  | 39    |
| Çizelge 3.9. Türkiye Manyezit İthalatı.....  | 40    |
| Çizelge 4.1. Dünya Görünür ve Potansiyel Manyezit Rezervleri.....  | 46    |
| Çizelge 4.2. Dünya Yıllık Magnezya Üretim Kapasiteleri.....  | 47    |
| Çizelge 5.1. -20 mm Elek Altı Numunesi Elek Analizi.....   | 49    |
| Çizelge 5.2. Triyaj Ara Ürünü Elek Analizi.....  | 49    |
| Çizelge 5.3. Çeneli Kırıcıdan Geçirilen Elek Altı Ürünün Elek Analizi ve Kimyasal<br>Analiz Toplu Sonuçları..... | 50    |
| Çizelge 5.4. Elek Analizi Sonrası Oluşturulan Fraksiyonlar.....  | 51    |
| Çizelge 5.5. Elek Altı Ürün Numunesinin Manyetik Zenginleştirme Deneyleri<br>Toplu Sonuçları.....                | 61    |

**ÇİZELGELER DİZİNİ (Devam)**

| <u>Çizelge</u>   | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| Çizelge 5.6. Elek Altı Ürün Numunesi İle Yapılan Manyetik Zenginleştirme Sonrası Metalürjik Denge Tablosu .....                        | 62           |
| Çizelge 5.7. Elek Altı Ürün Numunesi İle Yapılan Manyetik Zenginleştirme Sonrası Metalürjik Denge Tablosu (Ara Ürün Dağıtılmış).....   | 62           |
| Çizelge 5.8. Triyaj Ara Ürün Numunesinin Manyetik Zenginleştirme Deneyleri Toplu Sonuçları.....  | 64           |
| Çizelge 5.9. Triyaj Ara Ürün Numunesi İle Yapılan Manyetik Zenginleştirme Sonrası Metalürjik Denge Tablosu.....                        | 65           |
| Çizelge 5.10. Triyaj Ara Ürün Numunesi İle Yapılan Manyetik Zenginleştirme Sonrası Metalürjik Denge Tablosu (Ara Ürün Dağıtılmış)..... | 65           |
| Çizelge 5.11. Atık Su Katı Malzeme Elek Analizi.....   | 66           |
| Çizelge 5.12. Zaman - Çökme Hızı Tablosu (SNF Flocculant ).....  | 72           |
| Çizelge 5.13. Zaman - Çökme Hızı Tablosu (HYDROFLOC 9170 LV).....  | 75           |
| Çizelge 5.14. Zaman – Ara Yüzey Yüksekliği Tablosu (SNF Flocculant).....   | 78           |
| Çizelge 5.15. Zaman – Ara Yüzey Yüksekliği Tablosu (HYDROFLOC 9170 LV).....  | 81           |
| Çizelge 5.16. Ara Yüzey Yüksekliği Karşılaştırma Tablosu.....  | 83           |

## 1. GİRİŞ

Manyezit Refrakter malzemeler çok yüksek sıcaklıklarda üretim yapan, demir üretim tesislerinin yüksek fırın ve diğer yerlerinde, çelik üretim tesislerinin Siemens-Martin ocakları ve oksijen konverterlerinde, çelik dökümhanelerinin elektrik ark ocaklarında ve ısıl işlem fırınlarında, çimento fabrikaları döner fırın-soğutucu-siklon-sıcak hava ocağı ve diğer yerlerinde, kok fırınlarında, cam ergitme fırınlarında, seramik ve pişmiş kilden gereç yapan fabrikaların her türlü fırınlarında, termik santral kazanlarında, alüminyum tesislerinde, kireç fırınlarında ve daha birçok önemli sanayi kuruluşlarında kullanılarak onlara üretim imkanı sağlaması açısından oldukça önemli bir yere sahiptir.

Yukarıda sayılan işletmelerin sürekli Refrakter malzemelere ihtiyacı vardır. Refrakter malzemelerin belirli bir kullanım ömürleri olduğundan, belirli aralıklarda fırın ve benzeri yerlerdeki örgü ve örtülerin yenilenmesi gerekmektedir. Bu nedenle bir sanayi tesisi, kullanılacağı tip ve kalitedeki Refrakter malzemeyi her hangi bir sebeple zamanında temin edemez ise, tüm üretimini durdurmak zorunda kalır. Bir ülke Refrakter malzemeyi ithalat yoluyla karşılıyorsa, ithalatın herhangi bir nedenle kesilmesi durumunda, ülke sanayinin hemen hemen tamamının durmasına yol açacağı ortadadır. Bu açıdan Refrakter malzemeler temel sanayi için stratejik önem taşır. Refrakter işletme malzemesi olup, üretim maliyeti içindeki payı düşük olmasına rağmen üretimin emniyet içinde yapılabilmesi için hayati öneme sahiptir.

Manyezit ( $MgCO_3$ ) minerali ve ürünleri yaygın kullanım alanına sahiptir. Üretilen manyezitin % 90'dan fazlası Sinter ve Kostik Kalsine Manyezite dönüştürülür. Bunun nedeni ise sinter manyezitin bazik Refrakter malzeme üretiminin ana hammaddesi olmasıdır.

Çelik yapımında kullanılan bazik refrakterlerin hammaddesi sinter manyezit ( $MgO$ ), çoğunlukla yüksek kaliteli manyezit cevherlerinden elde edilir. Bu amaçla kullanılacak sinter manyezitte, yüksek  $MgO$  içeriği ( $> \% 95 MgO$ ), 2:1  $CaO/SiO_2$  oranı

ve düşük demir içeriği (<%1 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>); kostik kalsine manyezitte ise % 80-90 MgO, % 2.5 CaO, maksimum % 3.5 SiO<sub>2</sub> ve % 5 ateş kaybı gibi özellikler aranmaktadır.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Manyezit Tarihçesi

Manyezit minerali bulunmadan önce 1795 yılında J.E. Delanetherie, Magnezyum Karbonat, Sülfat, Nitrat ve Klorit gibi tuzlara “Manyezit” adını vermiştir. A. Brongmart ise aynı terimi magnezyum karbonatlar ve silikatlar için kullanmış. 1803 yılında C.F. Ludwing Moravia’ da tabii magnezyum ve 1808 yılında D.L.G. Karsten magnezyum karbonata “Manyezit” adı vermiştir.

Manyezitin metalürjik işlemlerde Refrakter olarak kullanımına ait ilk bilgiler 1866-1868 yıllarına aittir. 1890 yılında manyezit, Avrupa da Besemel ve açık fırınlarda astar olarak kullanılmaya başlanmıştır. 1913 yılında Pensilvanya’da (ABD) dolomitten magnezya (MgO) üretimi yapılmıştır. 1885 yılında Fransa da deniz suyundan magnezyum hidroksit çökeltilecek sentetik manyezit elde edilmiştir.

M.T.A enstitüsü raporlarına göre, Türkiye de manyezit aramaları ilk olarak 1808 yılında “Fransa Elektore Coulant” firması tarafından Sakarya’da yapılmıştır. İlk manyezit üretimi ise 1929 yılında başlamıştır. 1962 yılına kadar artarak devam etmiştir. 1962 yılından itibaren süratle artmıştır. Kalsine manyezit üretimi 1940 yılında başlamıştır. 1964 yılına kadar önemli bir artış göstermemiş, bu tarihten itibaren üretimin arttığı gözlemlenmiştir.

1960’lı yıllarda Eskişehir merkez ilçe Sepetçi köyü ve Margı (Kozlubel) köyünde Fransız ve Avusturyalılar tarafından kalsine manyezit üretmek amacıyla bir tesis kurulmuştur ancak bu tesisler şu anda çalışmamaktadır (Erdoğan ve Yıldız, 1995).



## 2.2. Manyezitin Tanımı

Manyezit; formülü  $MgCO_3$  olup, teorik olarak bileşiminde % 52.3  $CO_2$ , % 47.7  $Fe_2O_3$  bulunan, sertliği 3.4-4.5 arasında, özgül ağırlığı 2.9-3.1 olan mineraldir. Rengi beyaz, sarı ve kahverengi arasında değişir. Doğada Kripto kristalin (jel/amorf) ve Kristalen (iri kristalli) olmak üzere iki şekilde oluşur. Sert ve karmaşık bir mineral olup, serpantin veya benzeri kayaların alterasyonu veya dolamitlerin kontakt metamorfizması sonucu oluşur. Sedimenter oluşumlu manyezit yatakları da vardır. Kripto kristalin manyezit, genellikle saf olarak bulunmakla beraber, bir miktar demir, kireç, alümin ve çok az serbest silis karışmış olabilir. Cevherin kalitesi de içerdiği bileşenlerin miktarlarına göre artar ya da azalır. Erzincan'da yaklaşık 30 m kalınlığa erişen zonda killi seviyeler manyezite eşlik etmektedir.

Kalsit ve dolamit'te olduğu gibi, manyezit ısıtılınca  $CO_2$  içeriğini kaybetmektedir (dekompoze olmaktadır). 700-1000 °C arasında ısıtılarak kostik kalsine manyezit, 1450-1750 °C arasında yapılan ısıl işlem % 0.5  $CO_2$  içeren oldukça yoğun ve sert sinter manyezit, %0.1'in altında Fe içeren saf manyezit elektrik fırınlarında 1700°C'nin üstünde ısıl işleme tabi tutularak çakmaktaşına benzer yoğun bir madde olan ergitilmiş magnezyum oksit (fused magnesit) elde edilir. Fused manyezitin özgül ağırlığı 3.65 olup çok yüksek sıcaklıklara dayanabilmektedir.

Magnezyum, gerek metal olarak, gerekse bileşik halinde bugünkü teknolojinin önemli bir hammaddesidir. En geniş magnezyum tüketimi magnezyum bileşikleri şeklinde gerçekleşmektedir ( $MgO$ ,  $MgCl_2$ ,  $Mg(OH)_2$ ,  $MgSO_4$  vb). Bütün bunların başında toplam dünya tüketiminin %80'ini kapsayan magnezya adı verilen  $MgO$  (Sinter Manyezit) bulunmaktadır. Zira  $MgO$  yüksek ergime noktası nedeni ile Refrakter malzeme endüstrisinin en önemli girdisi durumundadır. İşte bu magnezyanın bileşiklerinin en önemli kaynağı manyezit'tir.

Çizelge 2.1. Manyezit Bilgi Tablosu.

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>KİMYASAL BİLEŞİMİ</b>   | MgCO <sub>3</sub>  |
| <b>KRİSTAL SİSTEMİ</b>     | Hekzagonal   |
| <b>KRİSTAL BİÇİMİ</b>      | Kristalleri yaygın değildir; genellikle rombohedral;nadiren prizmatik; levhamsı,masif,kompakt,orta-ince taneli,tebeşirimsi, bazen lamelli ya da lifsi.   |
| <b>SERTLİK</b>             | 3.5 - 4.5  |
| <b>ÖZGÜL AĞIRLIK</b>       | 3.0 - 3.1  |
| <b>DİLİNİM</b>             | (10 - 11) Mükemmel   |
| <b>RENK VE ŞEFFAFLIK</b>   | Renksiz, beyaz,gri,sarımsı kahverengi; şeffaf-yarı şeffaf  |
| <b>ÇİZGİ RENGİ</b>         | Beyaz  |
| <b>PARLAKLIK</b>           | Camsı-donuk-mat  |
| <b>AYIRICI ÖZELLİKLERİ</b> | Kalsitte olduğu gibi, soğuk seyreltik HCl'den etkilenir ve köpürerek çözünür   |
| <b>BULUNUŞU</b>            | Kalsite göre daha az bulunur ve genellikle sedimanter kayalarda oluşur. Magnezyumca zengin metaformik ve magmatik kayaların karbonik asit içeren sularla altere edilmesi sonucu meydana gelir. Serpantinleşmiş kaya kütlelerine sıkça rastlanır. Talk,şist gibi magnezyumca zengin metamorfik kayalardaki damarlarda oluşur. |

Manyezit bir magnezyum karbonat minerali olup doğada sık rastlanan bileşiklerden bir tanesidir. Manyezite doğada kullanım alanlarının gereksinimlerine uygun özelliklerde rastlamak çok zordur (Erdoğan ve Yıldız, 1995). Çünkü herhangi bir yabancı elementin manyezitin içerisinde %0.1 derecesinden az veya çok bulunması, manyezitin bugünkü teknoloji ile ekonomik olarak değerlendirilip değerlendirilemeyeceğini belirleyebilmektedir.

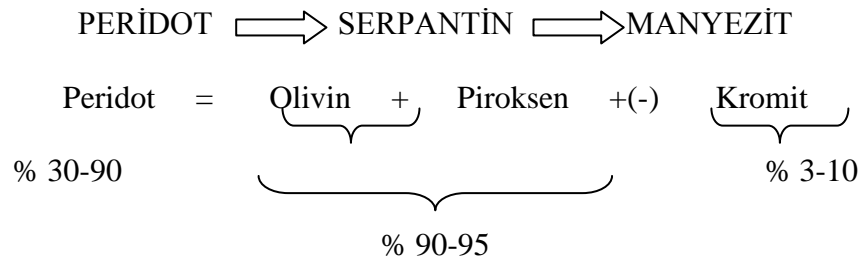
Ancak ülkemiz dünyanın en kaliteli manyezitlerini bünyesinde bulundurması yönünden çok şanslıdır. Manyezitte düşük porozite, yüksek refrakterlik, yüksek mukavemet, hacim istikrarı, kimyasal dayanıklılık aranır. Özgül ağırlığı 3.0 gr/cm<sup>3</sup> den büyük, bor oranı ise en fazla % 0.17 olmalıdır. Kaliteli amorf manyezitler Türkiye'den başka Yunanistan, Yugoslavya ve Brezilyada bulunmaktadır (Erdoğan ve Yıldız, 1995).

## 2.3. Manyezitin Sınıflandırılması

### 2.3.1. Ekonomik yönden manyezit yataklarının sınıflandırılması

#### 2.3.1.1. Kriptokristalin (Amorf/Jel) manyezit yatakları

Çok ince kristalli, hatta yer yer amorf olan, hemen hemen hiç demir içermeyen bu tip yataklar, çoğunlukla serpantin kayaçları içinde çeşitli şekil ve boyutlarda bulunur. Serpantin kütlelerini kat eden filon, damar, ağ şeklinde olabileceği gibi serpantin kayaçları üzerindeki kapalı basenler içinde tortul horizonlar şeklinde de bulunabilirler. En önemli örneklerine Türkiye Yugoslavya ve Brezilya'da rastlanmaktadır.



**Şekil 2.1. Kriptokristalin Manyezit Yataklarının Oluşumu**

Bu tip manyezitlerin oluşu tartışılmaktadır ve bu konuda iki ayrı görüş vardır.

Birinci teoride serpantin yüzey suları, atmosfer ve biyosferin etkisi ile alterasyonu ve bu alterasyon esnasında mobilize olan  $Mg^{+2}$  iyonlarının çatlak sistemleri boyunca ayrışması temel kabul edilmektedir. Bu teori Dessandan teori (yukarıdan aşağıya doğru oluşum) olarak adlandırılır. İkinci ve çoğunlukla Avusturyalı araştırmacılar tarafından benimsenen teoride serpantin kütlelerinin derinlerdeki  $CO_2$  içeren termal suların etkisi ile ayrışması ve açığa çıkan  $Mg^{+2}$  iyonlarının bu sular vasıtasıyla serpantin içindeki çatlak sistemleri boyunca manyezit yataklarını oluşturması esas alınmaktadır. Bu teori asendan teori (aşağıdan yukarıya doğru oluşum) olarak adlandırılır.

Son yapılan araştırmalar ışığında kriptokristalin manyezit yataklarının oluşunu şöyle özetlenebilir;

Önemli miktarda CO<sub>2</sub> kapsayan yağmur suları, atmosfer ve yer yer biyojen olayların etkisiyle ultrabazik kayaç kütlelerini alterasyona uğramaktadır. De Vietter'in (1995) Küba'da, Schellamann'ın (1968) Yeni Kaledonya serpantin kütlelerinde yaptığı araştırmalarda ispatladığı gibi, bu alterasyonda ilk mobilize olup suda erir duruma gelen iyon Mg<sup>+2</sup> katyonu olmaktadır. Geride ise SiO<sub>2</sub> ve oksitlenmiş halde alüminyum ve demir kalmakta ve böylece magnezyum ekstraksiyonu gerçekleşebilmektedir. Serpantin kütlelerinden ayrılan Mg<sup>+2</sup> katyonları yağmur suları ile mevcut çatlak sistemleri boyunca ya yer altı suyuna karışmakta veya yerüstü su sistemi vasıtasıyla denize ulaşmaktadır.

Özellikle magnezyumlu suyun çatlaklar boyunca yeraltı suyuna karışması esnasında çevredeki serpantinden magnezyum ekstraksiyonu gittikçe artarak doyum noktasına erişmektedir. Böylece magnezyumun bir kısmı yağmur suyundan gelen CO<sub>2</sub> ile birleşerek manyezit, bir kısmı da Mg(OH)<sub>2</sub> şeklinde çatlağı doldurmaktadır.

Bu oluşumu etkileyen en önemli faktörlerden biri bölgenin jeotektoniğidir. Eğer bölgede sıkışma tektoniğı olursa çatlak sistemleri sıkıştırılacağından manyezitin çatlak sistemleri boyunca yataklanması engellenmiş olur. Ayrıca, mevcut tektoniğın ne hızlı ne de yavaş bir erozyona elverişli olmaması gerekir. Zira birinci halde ultrabazik kütlelerden magnezyum ayrışması için yeterli zamanı olmayacaktır. İkinci halde ise birim zaman başına ayrışan magnezyum miktarı çok düşük olacağından kalıcı bir yataklanma önlenmiş olur.

Manyezit oluşumunda en uygun şartlar Oligosende Türkiye'de gerçekleşmiştir. Anadolu'nun büyük bir kısmı blok halinde yükselirken, temelleri daha önce belirlenen tektonik yapılar genişleyerek daha iyi bir yataklanmaya sebep olmuştur. Bunun yanında blok halinde yükselme ölçülü hizadaki erozyonu gerçekleştirerek en uygun oluşum şartlarından birini sağlamıştır. Böylece Türkiye'de metrelerce kalınlıkta manyezit damarlarının oluşması mümkün olmuştur.

Jeotektoniğin yanında iklim de diğer önemli bir faktördür. Manyezit oluşumuna en uygun iklim yazları nispeten kurak, kışları yağışlı ve subtropik değişim iklimi olduğu tespit edilmiştir. Ancak bu iklim sayesinde, magnezyumu diğer bileşkenlerden (Fe,Si,O<sub>2</sub>,Al,Ca ve nispeten Cr) ayırmanın mümkün olduğu bilinmektedir.

Mobilize olan magnezyumlu yerüstü sularının kapalı havzalarda toplanması ve çökmesi sonucu sedimenter manyezit yatakları da oluşabilmektedir. Ancak buradaki nihai manyezit oluşumu daha çok diyajenetik safhada gerçekleşmektedir. Türkiye’de bu tipte manyezit yatağı mevcuttur. Denizli’nin Çardak ilçesinde Hırsızdere-Çambaşıköy’de, Erzincan ili Çayırılı ilçesi Aravans köyü civarında sedimenter manyezit yatakları bulunmaktadır (Erdoğan ve Yıldız, 1995).

### 2.3.1.2. İri kristalli (spatik) manyezit yatakları

Bu tip manyezite, iri kristalli, çoğunlukla bol demir içeren ve büyük yataklar şeklinde daha çok yaşlı kayaçlarla beraber bulunan manyezit yatakları dahildir. Yataklanmanın yer aldığı kayaçlar genellikle dolomit, kireçtaşı ve grafitçe zengin kumlu killi ve silisli şistler ile yer yer evaporitlerdir. Bu tip örnekleri Pireneler, Doğu Alpler, Karpatlar ve Urallar ile Sibiryaya ve Çin’de bulunur.

Bu tip manyezit yataklarının oluşumu tartışmalıdır. Bu tartışmalar iki grupta toplanır;

- a. **Replasman veya metasomatoz teorisi:** Clar(1931) ve Frederich(1968) tarafından ileri sürülen bu teoriye göre iri kristalli manyezit yatakları, kireçtaşı veya dolomit gibi karbonat kayaçların magnezyum metasomatozu sonucu oluşur. Bu yatakların manyezit oluşumunu gerçekleştiren magnezyum eriyiklerinin derinlerdeki basınç artışı nedeniyle magnezyumun mobilize olması ve daha yukarılara taşınması sonucu oluştuğu ileri sürülmektedir.
- b. **Sedimenter Teori :** Daha çok Litmeier(1953), Siegl(1969) ve Lesko(1972) tarafından benimsenen bu teoriye göre, spatik manyezit yatakları, kireçtaşı, dolomit veya kaya tuzu oluşumlarında olduğu gibi primer bir tortudan başka

bir şey değildir. Kimyasal verilerin yanında yataklardaki tabakalı yapı bu teoriye kanıt olarak ileri sürülmektedir. Ancak araştırmacılar manyezit oluşumunun bir sulu hidromanyezit ana safhasından sonra gerçekleştiğini de kabul etmektedir.

Magnezyayı ( MgO) deniz ve göl sularında bulunan  $MgCl_2$  tuzundan da elde etmekte mümkündür. Bu tip magnezya, bazen sentetik magnezya olarak da adlandırılır. Dünyanın 9 Milyon ton dolayındaki toplam magnezya üretiminin % 27'si deniz ve göl sularından, % 63'ü kristalin manyezitten, % 10'u kriptokristalin manyezitten üretilmektedir (Erdoğan ve Yıldız, 1995).

### **2.3.2. Hammadde kökenine göre manyezit yataklarının sınıflandırılması**

#### **2.3.2.1. Doğal manyezitler**

Doğada direkt olarak dört fiziksel formda bulunurlar.

- a. Kristalli manyezit yatakları
- b. Kriptokristalli manyezit yatakları
- c. Damar dolduran sedimanter manyezit yatakları
- d. Evaporitik manyezit yatakları

#### **a. Kristalli Manyezit Yatakları**

Bunlar makro kristalli, spatik veya kemik manyezitlerde denir. Temel özellikleri:

- Geniş yataklar
- En yaygın yatak tipi
- Yüksek demir (Fe) içerir. (sadece kimyasal olarak uzaklaştırılabilecek katı solüsyon halinde)
- Yan taş genellikle dolomit ve kireçtaşı
- Genç kayalar içinde bulunur

- Karbonatlı kayalarda kireçtaşı/dolamitin yer değiştirmesiyle oluşur
- Açık işletmeye uygundur
- Yoğunluğu 3.02 gr/cm<sup>3</sup>
- Sertliği 3.5-4
- Mermere benzer kristal yapısı gösterir
- Sinter gözenek açıklıkları içerir
- Yüksek yoğunluk özel işlemlerle yapılır
- Nihai rn kimyası kontrolü zordur
- Avusturya,Rusya,Kore,Mançurya,Brezilya,Kanada,İspanya,Avustralya, Nepal ve ABD’de yaygın bulunur

#### **b. Kriptokristalli Manyezit Yatakları**

Bunlara yalancı, ince kristalli, amorf veya jel manyezitler de denir. Temel zellikleri:

- Küçük fakat çok sayıda bulunur
- Serpantin kayalarının karbonatlı sularla alterasyonuyla oluşur
- Yaşlı kayalar içinde bulunur
- Düşük demir (Fe) içerir
- Yüzeysel açık işletme metotları uygulanır
- Yoğunluğu 2.9-3.0 gr/cm<sup>3</sup>
- Sertliği 3.5-5
- Yüksek yoğunluklu, düşük gözenekli sinter verir
- Konkoidal kırıklık verir
- Porselene benzer yapı gösterir
- Yunanistan,Türkiye,Yugoslavya ve Hindistan’da bulunur

#### **c. Damar Dolduran Sedimanter Manyezit Yatakları**

Birincil manyezit yataklarından ikincil klastik ve kimyasal sedimanter yataklar oluşmaktadır. Temel zellikleri:

- Çok nadir görülürler
- Ekonomik önemi diğer manyezit çeşitleriyle birlikte bulunursa olur
- Brusit yatakları bu tipe girer
- Brezilya ve Yugoslavya'da bulunurlar

#### **d. Evaporitik Manyezit Yatakları**

Bu tip yataklarda MgO şeklinde oluşum söz konusudur. Bazı MgCl ve sülfatlar evopritik yataklarda bulunur. Bunlar potas üretiminde yan ürün olarak çözelti madenciliğiyle elde edilir. Bu magnezyum bileşikleri ve metalik Mg üretiminde kullanılır. Almanya'nın doğusunda bu tip yataklar vardır ( Kaya, 1993).

#### **2.3.2.2. Sentetik manyezitler**

Deniz, göl veya nehir suları veya doymuş tuz çözeltisinden elde edilirler.

##### **Avantajları:**

- Yüksek saflık
- Müşteri isteğine göre kimyasal analiz ayarlanabilir
- Yüksek yoğunluğa sinterlenebilir
- Kireç/Silika oranı kolaylıkla ayarlanabilir

##### **Dezavantajları:**

- Yüksek boron içerir (özel yöntemlerle azaltılabilir)
- Enerji tüketimi doğal kökenli manyezitlere göre 4 kat fazladır



## 2.4. Önemli Magnezyum Elementleri

Çizelge 2.2. de sıralanmış olan magnezyumlu minerallerin hepsinden magnezyum elde etmek ekonomik olarak imkansızdır. Hammadde olarak magnezyum üretimi yapılabilen mineraller Manyezit ( $MgCO_3$ ), Dolomit ( $MgCO_3 \cdot CaCO_3$ ), Olivin ( $(Mg,Fe)_2SiO_4$ ), Brusit  $Mg(OH)_2$ , Evaporitik Magnezyum mineralleri ve az sayıda bazı diğer minerallerdir.

Magnezyum elementinin kayalar içerisindeki dağılımı incelendiğinde, büyük farklılıklar göze çarpmaktadır. Magmatik kayalar içerisinde ortalama Mg oranı en fazla olan kayaç grubu, %34'lük bir değerle peridotitlerdir.

Kayaçların  $SiO_2$  oranı arttıkça, yani asitleştikçe Mg oranı hızla azalmaktadır. Ayrıca, püskürük kayalarda, derinlik eşdeğerine nazaran daha az Mg bulunur. Örneğin derinlik kayacı Diyorit'te ortalama % 6,42 Mg oranı mevcut iken, onun püskürük eşdeğeri olan Andezit'ler de bu oran % 5,49'dur. Ancak derin ve püskürük kayalardaki Mg farkı, kayaçların asitleşmesi ile gittikçe azalmaktadır. Örneğin Diyorit ile Antrasit arasındaki fark % 0,93 iken asidik Granit ile Riyolit arasındaki fark sadece % 0,25'tir. Gerek Ultrabazik kayalardaki yüksek Mg oranı ve gerekse derinlik kayalarında püskürük kayalara nazaran daha fazla Mg rastlanmasının tek nedeni Mg elementinin oksijene karşı çok yüksek afiniteye sahip olması (Litofil olması) ve bu özelliği sonucu meydana gelen MgO'nun yüksek ergime sıcaklığına sahip olmasıdır. Böylece MgO ve onun meydana getirmiş olduğu bileşiklerle (önce silikatlar) magmatik diferansiyasyonun (meydana geliş hareketinin) daha ilk safhalarda kristalleşerek konsantre olmasıdır.

Aynı şey oluşum sıcaklığı yüksek olan ultrabazik magmalar içinde geçerlidir. Oluşum sıcaklığı düşük olan asidik magmada Mg çok az bulunur.

Çizelge 2.2. Bazı Önemli Magnezyum Mineralleri

| MİNERAL ADI         | BİLEŞİMLERİ                            |
|---------------------|--|
| Karnalit            | $KCl.MgCl_2.6H_2O$                     |
| Bisofit             | $MgCl_2.6H_2O$                         |
| Periklas (Magnezya) | $MgO$                                  |
| Sellait             | $MgF_2$                                |
| Spinel Grubu        | $MgO.Al_2O_3$                          |
| Brusit              | $Mg(OH)_2$                             |
| Manyezit            | $MgCO_3$                               |
| Dolomit             | $MgCO_3.CaCO_3$                        |
| Ankerit             | $(Mg,Fe)Ca(CO_3)_2$                    |
| Artinit             | $Mg_2(CO_3)(OH)_2.3 H_2O$              |
| Hidromanyezit       | $Mg_2(CO_3)(OH)_2.4 H_2O$              |
| Epsomit             | $MgSO_4.6H_2O$                         |
| Asarit              | $MgHBO_3$                              |
| Borasit             | $5MgO.MgCl_2.7B_2O_3$                  |
| Ludvigit            | $(Mg,Fe)_2Fe(BO_3)O_2$                 |
| Forsterit           | $Mg_2SiO_4$                            |
| Olivin              | $(Mg,Fe)_2SiO_4$                       |
| Hümit               | $Mg_7(SiO_4)_3(OH,F)_2$                |
| Pirop               | $Mg_2Al_2(SiO_4)_3$                    |
| Enstatit            | $MgSiO_3$                              |
| Tremolit            | $Ca_2Mg_5(SiO_{11})_2(OH)_2$           |
| Aktinolit           | Demirli Tremolit                       |
| Sepiyolit           | Lületaşı- $Mg_2Si_4O_{11}.H_2O.n H_2O$ |
| Talk                | $Mg_3(Si_4O_{10})(OH)_8$               |
| Serpantin           | $Mg_6(Si_4O_{10})(OH)_8$               |
| Flogopit            | Mg'lu mika                             |
| Biyotit             | Mg'lu mika                             |
| Penin               | Mg'lu klorit                           |
| Vermikülit          | Mg kili                                |
| Kainit              | $KClMgSO_4.11/4 H_2O$                  |
| Polihalit           | $K_2SO_4.Mg_5O_4.2CaSO_4.2 H_2O$       |

Metamorfik kayalardaki ortalama Mg oranları da oldukça değişik olup, genel olarak metamorfizmasının şiddeti arttıkça kayalardaki Mg oranında artmaktadır.

Tortul kayalarda ise en yüksek Mg oranı karbonatlardır. Dolomit bu grupta olup % 23'e kadar MgO içerebilmektedir. Genelde normal karbonatlar % 4,7 Mg içerirken deniz karbonatlarında bu oran % 4'e düşer ki bu da deniz diplerini oluşturan tortullar içerisindeki Kalsit'in bol olması ve Mg'un kalsitin oluşumu sırasında kalsit kristal kafesine güç girebilmesi ile açıklanabilir (Erdoğan ve Yıldız, 1995).

## **2.5. Magnezyum Üretimi Yapılabilen Diğer Magnezyumlu Mineraller**

### **2.5.1. Dolomit (Mg,Ca)CO<sub>3</sub>**

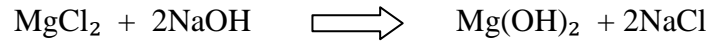
Bir kalsiyum-magnezyum karbonattır. Teorik olarak % 45,65 MgCO<sub>3</sub> içerir. Pratikte bu oran % 10 ile % 40 arasında değişmektedir. Dolomitten MgO elde etmek için önce Ca ayrılmakta (yani manyezit bileşenleri elde edilmekte) daha sonra ise MgO elde edilmektedir. Bu metot ilk olarak 1913'de ABD 'de kullanılmıştır. Ancak bugün için dolomit Mg endüstrisinde daha çok deniz suyunda magnezya (MgO) eldesinde katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (Fransa, Belçika, Japonya, İngiltere ve ABD) (Erdoğan ve Yıldız, 1995).

### **2.5.2. Olivin (Mg,Fe)<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>**

Bu magnezyum-demir silikat olan ve teorik olarak % 23,4 MgO içeren Magnezya (MgO) eldesinden ziyade Forsterit (2MgO.SiO<sub>2</sub>) üretiminde kullanılır. Forsterit (Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>) ve Fayalit (Fe<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>) katı eriyik karışımından ibarettir. Rengi yeşil olduğundan İngilizce Zeytin (olive) adını almıştır. Mg/Fe oranı 16 arasındadır. Çoğu cevher % 43-49 MgO ve % 24-43 SiO<sub>2</sub> içerir. Forsterit, alüminyum ve magnezyum döküm işlerinde, kalıp yapmada yararlanılan özel kum ve gübre olarak kullanılmaktadır (Erdoğan ve Yıldız, 1995).

### 2.5.3. Brusit Mg(OH)<sub>2</sub>

Magnezyum hidroksit, magnezyum tuzları iles NaOH çözeltilerinden meydana gelir.



**Şekil 2.2. Brusit Oluşumu.**

20°C’de suda % 35 çözünen magnezyum klorür ile (suda iyi çözünen) hidroksit çözeltilsinin tepkimesi sonucunda magnezyum hidroksit elde edilir. Suda az miktarda çözünen magnezyum hidroksit, fazla miktarda iyonlarına ayrıştığında kuvvetli asitleri nötrleşmeye yeterlidir.

Fazla miktarda nem kapıcı özelliği olan magnezyum klorür su ile kaynadığı taktirde yavaş yavaş hidroliz olarak HCl gazı çıkar ve geriye Mg(OH)<sub>2</sub> kalır. Bir magnezyum hidroksit olan brusit, teorik olarak % 69,1 MgO içermektedir. Ekonomik olarak nadiren işletilir. Bilinen en büyük brusit yatakları Alüminyum olup 1929-1960 yılları arasında ALCAN (Alüminyum Co. Of Canada) tarafından işletilmiş olup 1968’de kapatılmıştır (Erdoğan ve Yıldız, 1995).

### 2.5.4. Evaporitik magnezyum mineralleri

Başta Kemalit, Kieserit, Kainit, Polihalit olmak üzere bünyesinde Mg bulunan bazı magnezyum klorür ve sülfatlar evaporit yatakları içerisinde bulunurlar ve üretimde yan ürün olarak “Çözelti Madenciligi” yöntemi ile sondaj eriyiklerinden elde edilebilirler. Ancak bu yolla elde edilen evaporitik magnezyum mineralleri, daha metalik magnezyum eldesinde kullanılır

Magnezyum ve magnezyum bileşikleri üretiminde hammadde olarak en çok manyezit cevheri üretilmekle birlikte, deniz suyundan magnezya ve sonrada magnezyum klorür eldesinde katkı maddesi olarak dolomit, forsterit malzeme

üretiminde olivin ve metalik magnezya eldesi için de evaporitik magnezyum mineralleri üretilmektedir. Deniz ve göl sularından da çeşitli proseslerle metalik magnezyum üretilmektedir (Erdoğan ve Yıldız, 1995).

### **2.5.5. Diğer magnezyum bileşikleri**

Magnezyum sülfat ve epsom tuzu, çeşitli kaynaklı magnezyanın (MgO), sülfürik asitle muamelesi ve suya azaltılarak kişileştirilmesi veya  $Mg(OH)_2$  çamuru içerisinde  $SO_2$  gazının geçirilmesi elde edilir.

Bazı kullanım alanları için doğada bulunan magnezyum karbonatın çok saf olması istenir. Bu durumda, magnezyum karbonat, ham manyezitten ziyade, endüstriyel magnezyum sülfat çözeltisinin sodyum karbonat ile muamelesi ile elde edilir. Buna da hızlandırılmış magnezyum karbonat adı verilir.

Endüstride kullanılan diğer magnezyum bileşikleri  $MgCl_2$ ,  $Mg(OH)_2$  ve MgO ise genel olarak magnezyum teknolojisinin ana ürünleridir. Bunun için özel bir teknoloji yoktur (Erdoğan ve Yıldız, 1995).

## **2.6. Üretim ve Zenginleştirme Yöntemleri**

### **2.6.1. Arama ve Üretim**

Kristalin manyezit yatakları kireçtaşı veya dolomitli bölgelerde kıvrım veya magma aktivitesi olan bölgelerde olur. Kriptokristalin yataklar ultrabazik kayaların serpentine aşırı alterasyon gösterdiği bölgelerde bulunur. Manyezit formasyonları hava şartlarına daha dirençli olduklarından üzerlerinde bitki örtüsü bulunmaz ve arazide sarp mostralara verirler.

Ticari ve ticari olmayan manyezit yatakları soğuk seyreltik HCl ile arazide belirlenir. Kireçtaşı asitle kayarken, manyezit kaynamaz. Jolly terazisi yoğunluk belirlemede kullanılabilir. Manyezitin yoğunluğu 3 ve dolomitin yoğunluğu 2,85 'tir.

Ön incelemeden sonra, elmaslı sondaj programıyla ticari yatak potansiyeli değerlendirilmelidir. Değerlendirme yatağın boyut, lokasyon ve safsızlıklara (Slika,kireç, demir-oksit ve alümina) dayanarak yapılır. Manyezitin ticari önemi olabilmesi için en az % 95 MgCO<sub>3</sub> içermelidir. Bu % 90-94 MgO içeren sinter magnezya verir.

Manyezit yatağının işletme şekli cevherin dağılımına, şekline, tipine ve yatağın boyutuna göre değişir. Büyük masif yataklar genellikle açık işletme, dar ve derin yataklar yarmalar ve yer altı işletmesi şeklinde işletilirler. Ülkemizde açık işletme metodu uygulanmaktadır. Çin,Kuzey Kore, Rusya, İspanya, ABD, Kanada, Avusturya ve Çek Cumhuriyetinin dağlık bölgelerinde yer altı işletmeleri vardır. Oda-topuk yöntemiyle 60 metre yükseklikte odalar ve 80 tonluk elektrikli kepçeler ve yer altı taşıma kamyonları kullanılır. Çıkarılan cevher ham manyezit olarak kullanılmayacak ise refrakter veya kostik kalsine üretimi için tesislere yollanır (Kaya, 1993).

### **2.6.2. Zenginleştirme**

Manyezit cevheri genellikle manyezite ilaveten dolomit, kalsit, tremolit, forsterit, brusit, hidromanyezit, serpantin, talk, kuvars, olivin, alümina, bileşikleri ve çözünebilir tuzları içerir. Türkiye'deki yataklarda yan kayaç genellikle serpantin, Avrupa'daki yataklarda ise yan kayaç genellikle olivindir.

Manyezit zenginleştirme yöntemlerinin başlıcaları ;

- Elle Ayıklama ( Tavuklama)
- Otomatik Optik Ayırma
- Ağır Ortam ile Ayırma
- Manyetik Ayırma
- Flotasyon

Günümüzde flotasyon ile zenginleştirme, zorunlu olmadığı haller dışında ve cevherin izin verdiği oranda, yerine giderek daha da artan miktarda manyetik ayırmaya bırakmıştır. Bunun en önemli sebebi ilerleyen teknoloji ile birlikte manyetik ayırmanın

giderek daha ekonomik hale gelmesi fakat buna karşılık flotasyon işleminin ve gerekli reaktiflerin ekonomikliğini giderek kaybetmesidir.

### **2.6.2.1. Elle ayıklama (triyaj-tavuklama) ile zenginleştirme**

Manyezit ile gang mineralleri arasındaki renk farkından yararlanılarak el işçiliği yardımıyla yapılan zenginleştirmedir (Manyezit, 1973).

El ile ayıklama triyaj ya da tavuklama olarak da bilinmektedir. El ile ayıklama ya yerde saha içerisinde ya da hareketli yüzeyler üzerinde yapılabilir. Yerde yapılan ayıklamada lastik tekerlekli yükleyici ocaktan delme patlatma ile çıkarılan malzemeyi triyaj işçilerinin önüne kovasının genişliğinde sergi şeklinde serer. İşçilerde renk farkından yararlanarak kalite grubuna göre ayırım yaparlar. Hareketli yüzeyler üzerinde yapılan ayıklama bant konveyörler veya sarsıntılı yüzeyler olup, elle ayıklama işlemi daha verimli ve daha büyük kapasitede yapılır. Ayıklama işlemi dakikada 10–12 metre hızla ilerleyen, tek veya çift tarafta duran ya da oturan triyaj işçileri tarafından yapılır. Ayıklanan gang parçaları yan tarafta bulunan oluğa veya konveyöre atılarak siloya gitmeleri sağlanır (Kaya, 1993).

El ile ayıklamaya tabi tutulacak cevherlerde birbirinden ayrılması arzulanan mineraller arasında belirgin renk, parlaklık, şekil veya ağırlık farkı olmalıdır. Tane boyutu 6–30 cm. arasında olmalı ve birbirine yakın boyutlarda gruplandırılarak ayrı ayrı ayıklamaya tabi tutulmalıdır. Ayrıca tanelerin iyi tanınması için, tane yüzeylerini kaplayan toz ve çamurları uzaklaştırmak yani ayıklama öncesinde cevheri yıkamak gerekir (Kaya, 1993). Ülkemiz ve dünyada yaygın olarak uygulanmaktadır.

### 2.6.2.2. Elektronik/otomatik ayıklama ile zenginleştirme

Otomatik ayırma makineleri elle ayırma hatlarının yerini almaktadır. Bir çok operasyonda başarılarına rağmen, geniş bir kullanım alanı bulamamıştır. Bunun en önemli nedenleri kapital ve işletme giderlerinin fazlalığıdır. Elektronik ayırma mekaniğe besleme, algılama, elektronik, ayırma ve diğer birimlerden oluşur. Ayırma işleminin yapılabilmesi için parça boyutunun 0.5-20 cm arasında olması gerekmektedir. Algılama için kullanılan bazı malzeme özellikleri aşağıdaki gibidir (Kaya, 1993);

- Radyoaktif bozuşma
- Yaratılan radyoaktivite
- X-ışını geçirgenliği
- X-ışını flüoresans
- Fotometri

### 2.6.2.3. Türevsel ufalama ile zenginleştirme

Bazı manyezit cevherlerinde gang mineralleri saf manyezit kadar sert olmadıklarından öğütme esnasında daha fazla ufalanarak inceye geçerler. Bu özellikten manyezitin kaba olarak temizlenmesinde yararlanır ve bu suretle  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , demir içeriği önemli miktarda azalır (Çetintaş, 2006).

### 2.6.2.4. Flotasyon ile zenginleştirme

En kısa ifadeyle cevherleri yüzdürme yoluyla zenginleştirme yöntemidir. Sulu ortamda bir cevherin içinde bulunan minerallerden bazılarını su yüzeyine çıkararak suyun dibinde kalan diğer minerallerden ayırma işlemidir. Sudan ağır olan minerallerin tanelerinin suyun yüzeyine çıkabilmeleri mineral tanelerinin yüzey geriliminin etkisi ile sağlanır, bu da mineral yüzeyinin ne dereceye kadar ıslanmama özelliğinde olduğuna bağlıdır. Mineralin yoğunluğu ve bunun gibi tamamıyla fiziksel olaylar flotasyon ayırmasında önemli rol oynamazlar. Tane büyüklüğü 100 veya 150 mikrondan daha



küçük olan ince öğütülmüş cevherler için en iyi zenginleştirme metodu ve en çok kullanılan metot flotasyon metodudur.

Manyezit ve dolomitin benzer yüzey özelliklerine sahip olması flotasyon ile zenginleştirme yönteminde seçimli ayırmayı zorlaştırmaktadır. Bu nedenle manyezit ve/veya dolomitin yüzey özelliklerinin değiştirilmesi gerekmektedir.

Flotasyon çalışmalarında: flotasyon ile zenginleştirilmesi istenilen minerallerin  $pH_{zpc}$  değerlerini ve değişik pH'lardaki elektrokinetik potansiyellerini bilmek flotasyon yönteminin hangi pH'larda uygulanabileceğini ve ne tür flotasyon reaktiflerinin kullanılabilceğini belirlemek açısından önemlidir (Gence, Özbay ve Yerel, 2006).

Türkiye'de bugün manyezit cevherleri için flotasyon kullanılmamaktadır. Manyezitlerin z.p.c.'si (zero point of charge) pH 5-6 civarındadır. Bu pH'ın üstünde negatif yüzey şarjı gösterir.  $Mg^{+2}$  ve  $Ca^{+2}$  potansiyel belirleyen iyonlardır. Flotasyon için uygun tane boyutu 0-1,2 mm'dir. Düz flotasyon yapılacaksa manyezit yüzdürülürken, silikatlar bastırılır. Düz flotasyon için gerekli şartlar ve reaktifler aşağıdaki gibidir.

**Toplayıcı:** Yağ asitleri (Na-oleat, Lipol)

**pH:** Hafif alkali (8-9)

**Bastırıcı:** Soda, Calgon,  $Na_2 SiO_3$

**Flotasyon Zamanı:** 15 dakika

**Köpürtücü:** Kullanılmaz

Ters flotasyon işleminde ise silikatlar yüzdürülürken manyezit bastırılır. Düz flotasyondan farklı olarak ters flotasyonda toplayıcı olarak aminler kullanılır (Kaya, 1998).

### **2.6.2.5. Ağır ortam ile zenginleştirme**

Manyezit ile gang mineralleri arasındaki yoğunluk farkından yararlanarak yapılan zenginleştirme yöntemidir. Manyezit için bu işlem flotasyon için gerekli olan 0-1,2 mm tane boyutunun sağlanamadığı ve cevherin boyutunun bu değerlerin üzerinde kaldığı durumlarda kullanılır.

Ağır ortam kabı olarak koni tambur ve siklon kullanılmaktadır. Ağır ortam oluşturmak için 6.7-6.9 gr/cm<sup>3</sup> yoğunlukla atomize ferrosilikon kullanılmaktadır. Daha çok silikat kökenli gang minerallerin ayrılmasında başarılıdır (Çetintaş, 2006).

### **2.6.2.6. Manyetik ayırma ile zenginleştirme**

Özellikle gang olarak içinde çeşitli şekillerde manyetit bulunan, serpantin içeren manyezitlerde uygulanmaktadır. Uygun tane iriliklerinde serpantin ile manyetik olmayan manyezit birbirinden ayrılmaktadır. Ancak gang olarak bulunan serpantin az altere olmuş olması ve dolayısıyla manyetik özelliğini yitirmemiş olması gerekmektedir.

Geleneksel olarak kuvvetli manyetik özellik gösteren minerallerin zenginleştirilmesinde kullanılan bu yöntem, son zamanlarda zayıf manyetik özellik gösteren mineraller içinde gittikçe yaygınlaşan kullanım alanı bulmuştur.

Manyetik ayırıcılar boyca ve ağırlıkça oldukça iri parçaları ayırmakta kullanılabildiği gibi, çok ince parçaların ayrılmasında da kullanılırlar. Ayrılması istenen mineralin manyetik özelliğine bağlı olarak uygulanan alan şiddetine göre düşük veya yüksek alan şiddetli olarak sınıflandırılan manyetik ayırıcılar, ayırma tane boyutuna göre yaş veya kuru olarak çalışırlar.

Manyezit cevherleri ocaktan çıkarıldığı şekli ile önce ön zenginleştirme olarak elle ayıklama ve manyetik ayırmaya daha sonra yüksek alan şiddetli sabit mıknatıslı manyetik ayırıcılarda final zenginleştirmeye tabi tutulurlar. Final zenginleştirmede ise yüksek MgO ve düşük SiO<sub>2</sub> tenörlü konsantre elde etmek amacıyla ara ürün alınır (Çetintaş, 2006).

#### **2.6.2.7. Isıl işlem sonrası zenginleştirme**

Manyezit cevherinin ısıl işlem sonrası zenginleştirilmesi çalışmaları genel olarak öncelikle kalsinasyon işlemi yapılması ve ardından cevherin geleneksel zenginleştirme yöntemleri ile zenginleştirilmesi esasına dayanır. Bu yöntemlerden bazıları aşağıdaki gibi özetlenebilir (Kaya, 1993).

- Kalsinasyon + Manyetik Ayırma
- Kalsinasyon + Flotasyon
- Kalsinasyon + Ufalama
- Kalsinasyon + Ağır Ortam
- Kalsinasyon + Yıkama-Eleme

#### **2.6.2.8. Aglomerasyon ve flokülasyon ile zenginleştirme**

Jel manyezitte serbestleşme çok ince boyutta (-200 mesh) olur. Bu şartta alışılmış zenginleştirme yöntemleri kullanılmaz. Seçimli aglomerasyon tek yöntem olabilir. Bu yöntemde ince öğütülmüş ham cevher bir katı süspansiyon durumunda hazırlanmakta ve bileşenlerden manyezit suda çözülebilen polimerlerin katkısıyla çöktürülmekte ve dolgu katı asıntıda bırakılmaktadır (Kaya, 1993).

İnce öğütülmüş mineral parçaları ile suyun meydana getirdiği süspansiyonlarda, partiküller bazen bu karışım içinde tek başlarına ayrı ayrı bulunurlar, bazen de birbirlerine yapışarak daha büyük taneler meydana getirirler. Birinci hale dispersiyon, ikinci hale de flokülasyon adı verilir. Bu iki durumdan hiçbirisi pülpün normal hali

değildir, her ikisi de suni olarak yaratılabilir. Katı ve suyun birlikte bulunduğu çeşitli cevher hazırlama sistemlerinde bu iki durum daima mevcuttur. Bazı sistemlerde, örneğin klasifikatörlerde mineral tanelerinin disperse edilmesine, bazı sistemlerde ise, örneğin çöktürme tanklarında, mineral tanelerinin floküle edilmesine çalışılır.

Flokülasyon terimi genel olarak koagülasyon ile aynı anlamda kullanılmaktadır. Bunlar arasındaki fark koagülasyonun elektrostatik kökenli olması ve elektriksel çekim kuvvetleri ile kontrol edilen bir salkımlaşma olması, flokülasyon ise yüksek molekül ağırlıklı organik maddelerin etkisiyle partiküller arasında fiziksel bir köprü meydana getirerek elde edilmesidir.

Mineral süspansiyonlarında dengeyi kontrol eden iki çeşit kuvvet vardır.

**1- Çekim kuvveti:** Çekim kuvvetleri moleküller içindeki dipol veya farklı şarjlardan meydana gelmektedir. Bu kuvvetin en önemlisi “London Van Der Walls” kuvvetidir. Bu kuvvet partiküller birbirlerine çok yakıştıkları zaman hâkim duruma geçmektedir.

**2- İtme kuvveti:** Elektriksel şarjlar itme kuvvetlerini oluşturan en önemli etkenlerdir. Katı yüzeyinin ölçülebilen potansiyeline elektrokinetik potansiyel (zeta potansiyeli) denir. Zeta potansiyelinin azaltılması flokülasyona (koagülasyon), arttırılması ise dispersiyona neden olmaktadır.

#### **2.6.2.8.1. Flokülantların tanımı ve flokülant türleri**

Flokülantlar organik esaslı polimerler veya polielektrolitlerdir. En önemli özellikleri çok yüksek molekül ağırlığına sahip olmalarıdır (molekül ağırlıkları 20.000.000’a kadar çıkabilmektedir).

Flokülantlar genel olarak 3 şekilde sınıflandırılabilir.

- 1- Flokülant kaynağına göre sınıflandırma
- 2- İyonizasyon durumuna göre sınıflandırma
- 3- Molekül ağırlığına göre sınıflandırma

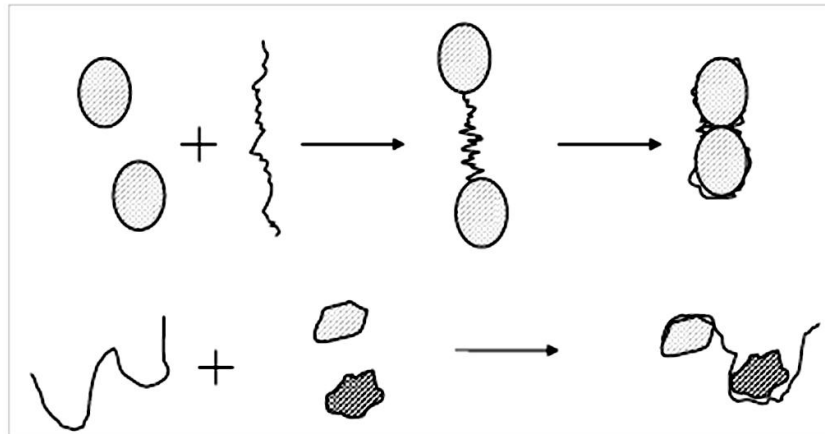
**1-Flokülant Kaynağına Göre Sınıflandırma:** Flokülantlar kaynağına göre 2 sınıfa ayrılır.

a-) Doğal Flokülantlar: Nişasta, reçine, aljinat (deniz yosunu) veya çeşitli bitki ve sebze tohumlarından elde edilen doğal organik maddelerdir (Gregory, 1989). Fakat bunların molekül ağırlıkları sentetik flokülantlara göre çok düşük ve flokülasyon kabiliyeti daha zayıftır. Bu yüzden pratikte en çok kullanılanlar aşağıda anlatılan sentetik flokülantlardır.

b-) Sentetik Flokülantlar: Sentetik flokülantlar sıvı, emülsiyon veya katı (granül) olarak üç farklı fiziksel formda üretilebilmektedir. Mermer atık su arıtımında genelde katı granül haldeki sentetik flokülantlar kullanılmaktadır. Sentetik olarak elde edilen en önemli ve en yaygın flokülant poliakrilamid (PAA) ve onun türevleridir. PAA akrilamidin sulu polimerizasyonu ile elde edilmektedir.

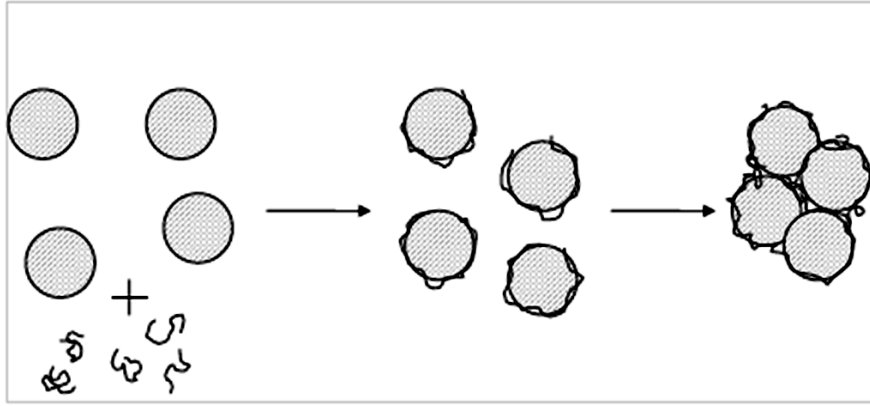
Sentetik polimerlerin taneleri bağlamaları ile ilgili iki teori ortaya atılmıştır.

1. Polimer molekülü iki parça arasında köprü kurarak onların etrafını sarmaktadır. (Şekil2.3.)



**Şekil 2.3. Büzülme Suretiyle Salkımların Formasyonu**

2. Su içerisinde dağılmış durumda bulunan her polimer molekülü, yine su içerisinde bulunan dağılmış durumdaki mineral tanesi üzerine adsorblanır. Polimer molekülleri ile adsorblanmış bulunan dağılmış mineral taneleri süspansiyonun karıştırılması ile çarpışırlar ve bu çarpışma sırasında birbirleriyle birleşirler. Bu yolla daha fazla sayıda tanenin bir araya gelmesi sağlanarak daha etkin bir çökeltme sağlanmış olur. (Şekil 2.4.)



Şekil 2.4. Çıktıların Çarpışması Suretiyle Flok Formasyonu

**2- İyonizasyon Durumuna Göre Sınıflandırma:** Flokülantlar iyonizasyon durumuna göre 3 sınıfa ayrılır.

a- ) Non-iyonik Flokülantlar: Non-iyonik flokülantlardan en önemli ve en yaygın kullanılanı PAA esaslı flokülantlardır . Bundan başka kullanılacak diğer tür non-iyonik flokülantlar da Polivinil alkol (PVA), Polietilen oksitlerdir (PEO) (Gregory 1989).

b-) Anyonik Flokülantlar: Bir çok arıtma atık sularının (süspansiyonunun) flokülasyonunda genellikle yüksek molekül ağırlıklı anyonik flokülantlar kullanılmaktadır. Yukarıda da ifade edildiği gibi günümüzde en çok kullanılan flokülant olan poliakrilamid (PAA) esas itibariyle iyonik olmayan (non-iyonik) bir flokülant olup anyonik tip flokülantlar (mesela sodyum poliakrilat) bu poliakrilamidin bazı amid

gruplarının (-NH<sub>2</sub>) bazik ortamda (mesela NaOH ile) hidroliziyle veya akrilikasit (CH<sub>2</sub>=CHOOH) ile kopolimerizasyonu (bir arada polimerleşmesi) sonucu elde edilebilmektedir.

Gerek hidroliz ve gerekse kopolimerizasyon reaksiyonları kontrol edilebilmekte olup, bu sayede istenilen anyoniklik derecesinde (negatif yük yoğunluğunda) ve istenilen molekül ağırlığında flokülant elde edilebilmektedir (Gregory 1989). Anyonik flokülantlar anyoniklik derecesine göre Zayıf Anyonik, Orta Anyonik ve Güçlü Anyonik flokülant gibi sınıflara da ayrılabilirler. PAA esaslı bu anyonik flokülantlardan başka kullanılacak anyonik flokülantlar ise şöyle sıralanabilir; Sodyum polystiren sülfonat, Akrilamido-metilpropan ve Sülfonik asitin kopolimerizasyonundan elde edilen ürünlerdir.

c-) Katyonik Flokülantlar: Poliakrilamid'den anyonik flokülant türetildiği gibi uygun bir katyonik monomer (genellikle dimetil-aminoetil akrilat veya metil akrilat gibi akrilamidin amin türevleri) ile kopolimerizasyonu sonucu katyonik PAA yani katyonik tür flokülant elde edilebilir. Flokülantın yapısına giren bu amin türevleri polimerizasyon sonucu kuaterner amin formuna dönüşmektedir.

Anyonik PAA de olduğu gibi katyoniklerde de polimerizasyon reaksiyonları kontrol edilerek istenilen katyoniklik derecesinde ve molekül ağırlığında PAA elde edilebilir. PAA esaslı bu flokülantlardan başka kullanılacak katyonikler: Polietilen amin, Polidialydimetilamonyum klorit (Catfloc) (Gregory 1989). Katyonik flokülantlar katyoniklik derecesine göre Zayıf katyonik, Orta katyonik ve Güçlü katyonik gibi sınıflara ayrılabilirler.

**3- Flokülantların Molekül Ağırlıklarına Göre Sınıflandırılması:** Flokülantlar molekül ağırlıklarına göre Çizelge 2.3.'daki gibi sınıflandırılırlar.

**Çizelge 2.3. Flokülantların Molekül Ağırlıklarına Göre Sınıflandırılması**

| <b>MOLEKÜL AĞIRLIĞI</b> | <b>GENEL TANIMLAMALAR</b> |
|-------------------------|---------------------------|
| 10 milyon ve Üstü       | Çok yüksek                |
| 1-10 milyon             | Yüksek                    |
| 200,000-1 milyon        | Orta                      |
| 100,000-200,000         | Düşük                     |
| 50,000-100,000          | Çok düşük                 |
| 50,000 'den az          | Çok çok düşük             |

#### 2.6.2.8.2. Flokülasyon yöntemleri

Katı - Sıvı karışımlarında katı parçacıkların bir araya gelmesi olayı aşağıdaki dört mekanizmanın biri ya da bir kaçının ortak etkisi ile olabilir. Bu mekanizmalar;

1. Elektrolitik eklenmesiyle salkımlaşma (koagülasyon) ,
2. Hidrofobik bağlama ile salkımlaşma,
3. Polimer köprüleri ile salkımlaşma,
4. Manyetik bağlama ile salkımlaşma.

**1-Elektrolit Eklenmesiyle Salkımlaşma (Koagülasyon) :** Mineral süspansiyonuna uygun ölçülerde elektrolit eklenmesi ile mineral parçacıkları arasındaki elektrostatik itme azaltılır. Kolloidal dengeliliği teorisine uygun olarak kümeleşme sağlanır. Elektrolitik salkımlaşma; elektrolit adı verilen ve parçacıklar arasındaki itici güçleri nötralleştiren sülfürik asit vb. gibi maddeler etkisi ile meydana gelir. Bu durum Vander Waals çekici güçlerinin baskın olmalarını sağlar ve parçalar bir birine bağlanarak salkımlar oluştururlar. Hepper'e göre elektrolitik salkımlaşmanın amacı; sistemin elektrokinetik potansiyelini mümkün olduğu kadar sıfıra yaklaştırmaktır. Sistemdeki iyonların değerliliği ile elektro kinetik potansiyel ters orantılıdır.

En çok kullanılan inorganik elektrolitler;



**Alüm:** Kısaca alüm olarak ifade edilen bileşiğin kimyasal formülü (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>.18H<sub>2</sub>O)'dur. Suda kolayca çözünebilir. Alüm ile koagülasyon düşük pH'larda (pH < 4) genellikle yük nötralizasyonu ile gerçekleşirken, nötral pH'larda (pH: 6-8) sıyırma (sweep) mekanizmasıyla gerçekleşmektedir. Çünkü düşük pH'larda süspansiyonda bol miktarda serbest Al<sup>+3</sup> iyonları bulunurken orta ve yüksek pH'larda hidroksilli Al bileşiği olan Al(OH)<sub>3</sub> çökeleği oluşur. Diğer yandan süspansiyona giren alüm dozajının da süspansiyon pH'sı üzerinde ve dolayısıyla da çökelek oluşumunda etkili olduğu ve 30 mg/L den daha yüksek dozajlarda genellikle sıyırma mekanizmasının etkili olduğu ifade edilmektedir.

**Alüminyum klorit:** AlCl<sub>3</sub>. 6H<sub>2</sub>O – Alüminyum iyonlarının diğer bir kaynağıdır. Alüminyum klorhidrat olarak da isimlendirilir. Hidrolizi sonucu ortaya HCl çıktığından korozif etkisi vardır. Bu nedenle lastik, cam veya plastik kaplar içinde saklanmalıdır.

**Polialüminyum klorit:** Polialüminyum klorit (PAK) alüminyum kloritin kontrollü şartlar altında kısmi nötralizasyonu ve polimerizasyonu ile elde edilmektedir. Eğer yük nötralizasyonu ile koagülasyon söz konusu ise PAK kullanımı daha avantajlı olabilir. Yaklaşık kimyasal formülü [Al(OH)<sub>15</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>0.125</sub>Cl<sub>1.25</sub>]<sub>n</sub> dir.

**Demir Klorit ve Demir Sülfat:** Klorürlü bileşikler FeCl<sub>3</sub> veya FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O ve sülfatlı olanları ise FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O kimyasal formülüne sahiptir ve genellikle granül halde üretilir. Alüm' e oranla kullanımı daha azdır.

**2-Hidrofobik Bağlama ile Salkımlaşma :** Read'e göre yüzey aktif maddeler mineral-su ara yüzeyinde soğurulur ve bu durum katıyı hidrofobik kılar. Sonuçta da bu hidrofobik parçacıklar arasında çekici kuvvetler etkin duruma geçerek parçacıkların birbirine bağlanmasına neden olurlar.

**3-Polimer Köprü Teşekkülü ile Flokülasyon :** Flokülasyon işleminin ağırlıklı olarak polimer köprü teşekkülü mekanizmasıyla gerçekleşebileceği söylenebilir. Uzun zincirli (yüksek molekül ağırlıklı) polimerler bu zincirleri sayesinde birden fazla tane üzerine

adsorplanabilmekte ve böylece taneler arasında bir köprü teşekkül ederek taneler birbirlerine bağlanmakta yani flok oluşturmaktadır (Şekil 2.5.).



**Şekil 2.5. Polimer Köprü Teşekkülü İle Askıda Katı Tanelerin Flokülasyonu**

Köprü teşekkülü ile flokülasyon oluşumu için polimerlerin oldukça yüksek molekül ağırlıklarında (genellikle birkaç milyon değerinde) olmaları gerekir. Bu yüksek molekül ağırlığı sebebiyle bir tane üzerine birkaç noktadan adsorplanabilmektedir. Bu yöntemle elde edilen floklar büyük boyutlu olup çökme hızları yüksektir (Ruehrwein and Ward, 1952).

**4-Manyetik Bağ İle Salkımlaşma :** Koiloidal parçacıklardan oluşan bir süspansiyon, dışarıdan uygulanan bir manyetik alana maruz bırakıldığında, elektriksel çift tabaka ve Vander Waals çekici kuvvetleri yanında üçüncü bir kuvvet manyetizma çekici kuvvet söz konusu olur ki bu kuvvet salkımlaşmayı arttırıcı yönde etki yapar. Bu tür parçalar tanelerin sistem içinde yeniden düzenlenmesine yetecek şiddette bir manyetik alanın etkisinde kaldıktan sonra bu etkilenmeyle mıknatıslanmayı korurlar. Böylece parçacıklar küçük birer mıknatısmış gibi davranırlar ve uçlarından birbirini çekerler. Büyük salkımlar oluştururlar. Olay “Manyetik Salkımlaşma” olarak adlandırılır. (Alptekin, 2006)

## 2.7. Manyezit Ekonomisi

### 2.7.1. Fiyatlandırmayı etkileyen faktörler

#### 2.7.1.1. Kimyasal bileşim

Burada söz konusu olan manyezitin içerdiği % CaO, % SiO<sub>2</sub> ve Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oranlarıdır. Bazı refrakter malzeme üretiminin temel hammaddesi olan manyezit cevherinin, refrakter malzeme üretiminde kullanılabilmesi için;

**Jel manyezitte ortalama** : max % 1 SiO<sub>2</sub>, max % 1,5 CaO ve max % 0,5 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
**Kristalli manyezitte** : max % 3 SiO<sub>2</sub>, max % 2,0 CaO ve max % 6,0 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Bulunması istenmektedir (Yıldız ve Erdoğan, 1995). Verilen değerler ham jel manyezit ve ham kristalli manyezit için değişiktir. Görüldüğü gibi jel manyezitlere konulan spesifikasyonlar, gerçekleştirilmesi daha zor nitelik taşımaktadır. Yalnızca bu nedenle değil, jel manyezitlerden elde edilen ürünlerin daha kaliteli ve maliyetinin nispeten düşük olması nedeniyle, ham jel manyezitler ham kristalli manyezitlere göre daha iyi fiyatlandırılmaktadırlar.

İstenen bu rakamlar cevher zenginleştirme tekniklerinin gelişmesiyle değişebilir. Bu oranların artması halinde cevher kullanılamaz hale gelir.

Manyezit cevherlerinin ve sinter ürünlerinin kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken özellikler Çizelge 2.4.'da verilmektedir.

Çizelge 2.4. Ham Manyezit Cevheri ve Sinter Ürünlerin Özellikleri

| İÇERİK                         | H.M<br>%  | K.K.M.<br>900-1100°C<br>% | S.M.<br>>1650°C<br>% | F.M.<br>>2000°C<br>% | D.S.S.M<br>% |
|--------------------------------|-----------|---------------------------|----------------------|----------------------|--------------|
| MgO                            | 45,0-46,6 | 82,0-93,5                 | 93,0-96,0            | 96,0-99,9            | 96,00-99,0   |
| CaO                            | 0,40-1,20 | 2,00-2,50                 | 1,50-3,50            | 0,50-1,50            | 0,70-2,30    |
| SiO <sub>2</sub>               | 0,40-4,00 | 2,50-9,00                 | 1,20-2,50            | 0,05-0,50            | 0,10-0,70    |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,03-1,00 | 0,10-0,60                 | 0,30-0,50            | 0,04-0,12            | 0,10-0,20    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,20-1,00 | ----                      | 0,10-0,50            | ----                 | 0,10-0,30    |
| Ateş Zaiyatı                   | 48,5-51,5 | ----                      | ----                 | ----                 | ----         |
| CaO/SiO <sub>2</sub>           | 0,30-1,00 | 0,30-0,80                 | 1,00-2,00            | 1,00-3,00            | 1,00-7,00    |
| Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> ) | 2,90-3,00 | ----                      | 3,30-3,40            | 3,50-3,60            | 3,30-3,40    |

**H.M.:** Ham Manyezit      **S.M.:** Sinter Manyezit      **D.S.S.M.:** Deniz Suyu Sinter Manyezit  
**K.K.M.:** Kostik Kalsine Manyezit      **F.M.:** Fused Manyezit

Çizelge 2.4. üzerinden de görüleceği gibi Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, CaO içeriğinin fiyatlandırma üzerinde büyük etkisi vardır. Bu etkiler kısaca şöyle özetlenebilir;

**1- Demir Oksidin (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) Etkisi :** İyi bir sinterleşme için manyezitin % 4-8 oranında demir oksit içermesi yeterlidir. Bu oranın % 2-3 olması halinde tuğlanın ateşe ve ani sıcaklık değişmelerine karşı mukavemeti artar. Oran % 10 civarında ise tuğlanın erime noktası 2000°C 'ye kadar düşer. Manyezit sinterleşmesi demir oranı azaldıkça güçleşir .

**2-Silisin (SiO<sub>2</sub>) Etkisi :** Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yumuşama noktasına çok az etki yapar. CaO içeriği yumuşama noktasını düşürür. Silis miktarının artması ise yine aynı etkiyi yapar ve tuğlanın erime noktasının düşmesine neden olur. Böylece sıcaklık değişmelerine karşı tuğlanın mukavemeti azalır.

**3- Kalsiyum Oksidin (CaO) Etkisi :** Refrakter tuğla üretiminde manyezit cevherinin içerdiği kalsiyum oksidin serbest halde tuğlaya geçmemesi gerekmektedir. Kalsiyum oksit etkisine karşı tuğlanın mukavemetini azaltır .

### 2.7.1.2. CaO/SiO<sub>2</sub> Faktörü

Bu oranın refrakterin davranışı üzerinde önemli bir etkisi olduğu gözlenmiştir. Yani CaO ve SiO<sub>2</sub>'nin değişik oranlarında, değişik bileşikler olmakta ve bu bileşiklerin özelliklerine bağlı olarak refrakter nitelikleri etkilenmektedir. Örneğin CaO/ SiO<sub>2</sub> oranı genellikle 2 dolaylarında tutulmak istenmektedir. Nedeni, bu oranda oluşan 2 CaO, SiO<sub>2</sub> bileşiğinin 2130 °C gibi yüksek ergime sıcaklığına sahip olmasıdır. Ayrıca özellikle ısıya dayanımı azaltan bor mineralinin etkisini daha az göstermektedir. Bu nedenle fiyatlandırmada bu nitelik çok önemlidir. Diğer yandan bu oranda oluşan Ca<sub>2</sub> SiO<sub>4</sub> bağlayıcılık görevi de yapmaktadır.

### 2.7.1.3. Dökme özgül ağırlık

Dökme özgül ağırlık, refrakter malzemenin fiziksel dayanıklılığı için önemli bir faktör olup, fiyatlandırmada 3,39 gr/cm<sup>3</sup> 'ün üzerinde olması halinde prim verebilmektedir .

### 2.7.1.4. Periklas kristal boyutu (kristalin)

Büyük kristal tane boyu MgO 'nun cürufa karşı reaktivitesini azaltmakta ve aşınma direncini arttırmaktadır. Bu nedenle özellikle refrakter amaçlı Sinter manyezitlerde kristallerin mümkün olduğunca büyük fakat düzensiz bir dağılım içinde bulunması istenir ve fiyatlandırmada kristalinite göz önüne alınır.

### 2.7.1.5. Magnezyum oksit (mgo) oranı

Refrakter olarak kullanılan sinter manyezitte ergime sıcaklığının çok yüksek olması nedeniyle (2800°C) kimyasal yapı olarak MgO oranı sinter manyezitte yapıda bulunan SiO<sub>2</sub>, CaO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oranına bağlı olarak %92 ile %96 arasında değişmektedir.

### 2.7.1.6. Bor oranı

Doğal jel manyezitte bu oran için bir problem bulunmamaktadır. Bor içeriği problemi deniz suyundan üretilen sinter manyezit için geçerlidir. Refrakter malzeme üretiminde bu oran azami % 0,1 olarak kabul edilir. Bu oranın altında veya üzerindeki değerler için prim veya ceza uygulanmaktadır.

Dünya ticaretine konu olan manyezitin büyük bir bölümü Demir-Çelik sanayisinde refrakter malzeme olarak kullanılmaktadır. Dünya ekonomik krizi nedeniyle çelik üretimi azalmakta, diğer yandan yeni geliştirilen yeni teknolojiler ile (örneğin Japonların geliştirdiği su ile soğutma yöntemi) çelik sanayisinde ihtiyaç duyulan manyezit miktarı azalmaktadır. Bu yıllarda manyezit piyasasında Türkiye kendini göstermeye başlamıştır. Ancak genelde daha saf mamullere doğru bir gidiş vardır. Ruhsat sahalarının çok dağınık olması, atıl işletilmesi kaliteli ham manyezit temininde sorun yaratmaktadır.

(D.P.T., 1995)

### 2.7.2. Manyezitin ve magnezyum kullanım alanları

**1-Sinter Manyezit:** Manyezitin 1400°C üzerinde kalsinasyonu ile sinter manyezit elde edilir. Dünyada sinter manyezitin % 75'i manyezit minerallerinden elde edilmektedir.

- % 65-80'i refrakter sanayisinde kullanılır.
- En önemli tüketicisi demir ve çelik endüstrisidir.
- Fırın astarlarında kullanılan manyezit refrakterler yüksek ısıda bazik cürufa dirençlidir.

**2-Kostik Kalsine Manyezit:** Kostik Kalsine Manyezit 900°C civarında kalsinasyon işlemiyle elde edilir.

- Sorel çimentosu ve oksisülfat çimentosu
- Çimento, kalsine manyezit ve magnezyum klorit eriyiğinin karıştırılmasıyla elde edilir.
- Suni ipek ve suni gübre
- Refrakter malzemeler
- Kimya endüstrisi (lastik, asit nötralizatörü vs.)
- Kağıt endüstrisi (İnce kağıt yapımı)
- Su arıtma

**3-Özel Kostik Kalsine Manyezit:**

- Kauçuk
- Dolgu malzemesi (eczacılıkta ilaç yapımı, boya vs)
- Gübre
- Elektrik izolasyonu
- Çimento
- Sülfür ve gaz temizleme

**4-Çökeltili Magnezyum Karbonat:**

- İzolasyon ve cam
- Mürekkep
- Seramik malzeme
- Kimya ve gübre sanayi

**5-Magnezyum Hidroksit:**

- Şeker rafinasyonu
- İlaç endüstrisi
- Magnezyum oksit eldesinde

**6-Magnezyum Klorür:**

- Metalik magnezyum eldesi
- Çimento
- Seramik malzemeler
- Tekstil
- Kağıt
- Kimya

**7-Magnezyum Sülfat:**

- İlaç
- Boya
- Patlayıcı madde

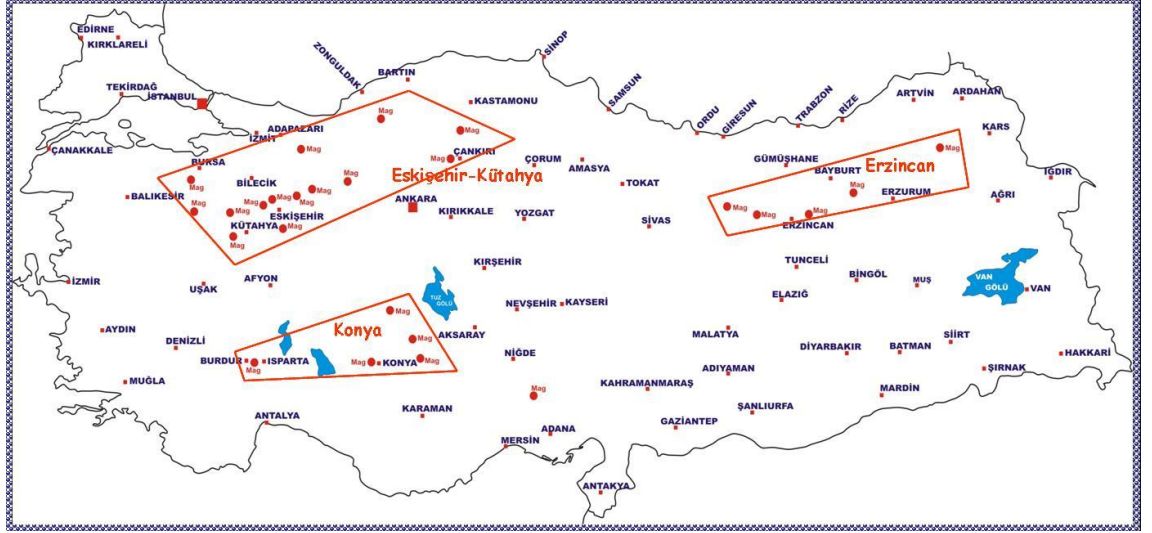
**8-Metalik Magnezyum:**

- Alüminyum ve magnezyum alaşımlarında
- Uçak, makine, alet yapımında

(Kaya, 1993).



### 3. TÜRKİYE'DE MANYEZİT



Şekil 3.1. Türkiye Manyezit Haritası

Türkiye'nin yüzölçümünün % 8 inden fazlası ultrabazik kayalarla kaplıdır. Krom ve manyezit yataklanmasında önemli olan bu yan kayaçta, krom madenciliği yüzyıllardır yapılmasına rağmen, manyezitlerle ilgili bilgi 1944'e kadar gidebilmektedir. Bunun sebepleri;

- Ham manyezitin kroma göre ucuz olması
- 1979 yılına kadar sahillere yakın yerlerde zengin yatakların bulunamaması

Türkiye'nin manyezitlerinin önemi ancak 1960 yılından başlayarak yabancı şirketlerin ilgisini çektikten sonra anlaşılmıştır. Manyezit içeren alan Mihallıçık'tan 80 km Eskişehir'in doğusunda, Eskişehir, Kütahya ve Bursa bölgesine uzanır. Bu zonda bazı büyük ve çok sayıda küçük yataklar vardır. En yüksek kaliteli manyezit Eskişehir-Kütahya arasında bulunur. Bu bölgede kazanılabilir tüm manyezit rezervi 5-10 milyon ton civarındadır. Sahalara çoğunlukla KÜMAŞ ve MAŞ sahiptir. Eskişehir ve Kütahya illerindeki rezervler % 1'in altında silis ve % 1-1.5 kireç içerir. Meram bölgesinde silis % 6-8'dir ve C/S oranı 1.5-2'dir.

En geniş manyezit oluşumu Konya bölgesindedir. Konya Krom Manyezit Tuğla San. AŞ. bu sahalara sahiptir. Silika oranının yüksek olmasından dolayı sınırlı işletilmektedir. Diğer geniş bir oluşum Sivas-Kangal civarındadır. Silika ve demir içerikleri yüksektir. Üretim yapılmamaktadır. Erzincan ve Erzurum arasında küçük boyutlu farklı kalitelere manyezit yatakları bulunur. Balıkesir-Dursunbey, Bolu-Mudurnu, Adana-Seyhan-Haruniye , Muğla-Datça-Kızlar Köyü, Muğla-Fethiye-Göçek, ve Isparta-Değirmendere bölgelerinde de manyezit oluşumları vardır.

MTA Enstitüsünün Türkiye Maden Envanterine göre manyezitin görünür+muhtemel rezervi 2000 yılında 111 milyon tondur. Bu manyezitin ortalama tenörü % 41-48 MgO'dur (Kaya, 1993).

Şekil 3.1.' da verilen haritada, kırmızı ile belirtilmiş olan ve Türkiye'deki en büyük rezervlere sahip illerimizin rezerv miktarları ve bu rezervlerin MgO içerikleri Çizelge 3.1.'de verilmiştir (M.M.O., 2002).

**Çizelge 3.1. Türkiye Manyezit Rezervleri ve MgO İçerikleri**

| <b>YERİ</b>                       | <b>REZERV (MİLYON TON)</b> | <b>KALİTE (MGO)</b> |
|-----------------------------------|----------------------------|---------------------|
| Eskişehir-Yukarı Kartal           | 46,313                     | 47,63               |
| Konya-Meram                       | 23,200                     | 46,47               |
| Kütahya-Sobran-Türkmentepe        | 22,000                     | 46,42               |
| Eskişehir-Dutluca                 | 12,000                     | 46,80               |
| Eskişehir-Ballık II               | 11,486                     | -----               |
| Erzincan-Çayırılı-Çataksu-Aravans | 8,745                      | 44,46               |
| Konya-Çayırbağ I                  | 8,500                      | 41,98-47,54         |
| <b>TOPLAM</b>                     | <b>111,368</b>             |                     |

Eskişehir-Yukarı Kartal mevki gerek sahip olduğu 46 milyon tonluk rezervle gerekse % 47,63 MgO içeriği ile en önemli manyezit üretim bölgesidir.

Görünür rezerve ve muhtemel rezerve sahip olan illerimiz ile bu illere ait rezerv miktarları Çizelge 3.2'de verilmiştir (M.M.O., 2002).

Çizelge 3.2. Türkiye Manyezit Rezervlerinin İllere Göre Dağılımı

| ŞEHİR         | GÖRÜNÜR REZERV (ton) | MUHTEMEL REZERV (ton) | MÜMKÜN REZERV (ton) | TOPLAM             | POTANSİYEL       |
|---------------|----------------------|-----------------------|---------------------|--------------------|------------------|
| Ankara        | 57.087               | 18.814                | 15.000              | 90.901             | 65.000           |
| Antalya       | -----                | 120.000               | -----               | 120.000            | -----            |
| Bilecik       | 96.572               | 128.000               | -----               | 224.822            | -----            |
| Burdur        | -----                | 85.000                |                     | 85.000             | -----            |
| Bursa         | 160.000              | 470.000               |                     | 68.000             | -----            |
| Bolu          | -----                | 14.000                | ----                | 14.000             | 4.300.000        |
| Çankırı       | -----                | 3.055.220             | 418.000             | 3.473.000          | 510.000          |
| Denizli       | -----                | 1.110.000             |                     | 1.110.000          | -----            |
| Erzincan      | 4.200.000            | 128.600               | 5.200.000           | 9.528.600          | -----            |
| Erzurum       | -----                | 50.667                | 389.000             | 439.667            | 400.000          |
| Eskişehir     | 12.487.000           | 18.209.000            |                     | 30.696.000         | -----            |
| Konya         | 16.905.000           | 22.850.000            | 39.861.000          | 79.616.000         | -----            |
| Kütahya       | 10.154.000           | 8.958.560             | 9.713.000           | 28.825.560         | -----            |
| Muğla         | -----                | 150.000               | 60.000              | -----              | -----            |
| <b>TOPLAM</b> | <b>44.059.659</b>    | <b>55.198.111</b>     | <b>55.747.000</b>   | <b>155.199.520</b> | <b>5.335.000</b> |

Türkiye manyezit madenciliği sektörüne bakıldığında 1999-2005 yılları arasında TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) verilerine göre manyezit üretim miktarları Çizelge 3.3.'de ve yıllara göre artış oranları Çizelge 3.4.'de verilmiştir (DPT, 2007).

Üretim miktarlarına göre manyezit değeri Çizelge 3.5'de ve yıllara göre artış oranları Çizelge 3.6.'da verilmiştir (DPT, 2007).

Türkiye'de refrakter malzemelerin kullanıldığı sektörler ve bunların yüzdesel olarak değerleri Çizelge 3.7.'de verilmiştir (İnel, 1999). Tablodan da görüleceği gibi bu malzemelerin en çok kullanıldığı sektör Demir-Çelik 'tir. Bunun sebebi eritme fırınlarının iç ve dış kaplamasının yalnız refrakter tuğla ile yapılabilir olması ve bunların sık sık değiştirilmesi gerekliliğidir.

**Çizelge 3.3. Manyezit Sektörü Yıllara Göre Üretim Miktarı (x1000 ton)**

| MANYEZİT ÇEŞİDİ | YILLAR |       |       |       |       |       |       |
|-----------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                 | 1999   | 2000  | 2001  | 2002  | 2003  | 2004  | 2005  |
| TÜVENAN         | 2.743  | 2.688 | 2.599 | 3.044 | 3.224 | 3.733 | 4.000 |
| SİNER           | 149    | 284   | 236   | 255   | 240   | 265   | 290   |
| KALSİNE         | 15     | 10    | 8     | 15    | 15    | 16    | 20    |

**Çizelge 3.4. Manyezit Sektörü Yıllara Göre Üretim Artış Oranları (%)**

| MANYEZİT ÇEŞİDİ | YILLAR |        |       |       |       |      |
|-----------------|--------|--------|-------|-------|-------|------|
|                 | 2000   | 2001   | 2002  | 2003  | 2004  | 2005 |
| TÜVENAN         | -2%    | -3,3%  | 17,1% | 5,9%  | 15,8% | 7,2% |
| SİNER           | 91%    | -17,1% | 8,3%  | -5,9% | 10,4% | 9,4% |
| KALSİNE         | -38%   | -13,1% | 75,1% | 1,7%  | 10,2% | 9,4% |

**Çizelge 3.5. Manyezit Sektörü Yıllara Göre Üretim Değerleri (Cari Fiyatlarla, x1.000 TL)**

| MANYEZİT ÇEŞİDİ | YILLAR |        |        |         |         |         |         |
|-----------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
|                 | 1999   | 2000   | 2001   | 2002    | 2003    | 2004    | 2005    |
| TÜVENAN         | 44.846 | 69.465 | 71.544 | 115.998 | 142.383 | 180.012 | 213.143 |
| SİNER           | 12.952 | 33.757 | 48.228 | 72.260  | 78.823  | 95.041  | 114.928 |
| KALSİNE         | 832    | 927    | 1.537  | 3.727   | 4.394   | 5.286   | 7.009   |

**Çizelge 3.6. Manyezit Sektörü Yıllara Göre Üretim Değeri Artış Oranları (%)**

| MANYEZİT ÇEŞİDİ | YILLAR |       |        |       |       |       |
|-----------------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|
|                 | 2000   | 2001  | 2002   | 2003  | 2004  | 2005  |
| TÜVENAN         | 54,9%  | 3%    | 62,1%  | 22,7% | 26,4% | 18,4% |
| SİNER           | 160,6% | 42,9% | 49,8%  | 9,1%  | 20,6% | 20,9% |
| KALSİNE         | 11,5%  | 65,8% | 142,4% | 17,9% | 20,3% | 32,6% |

**Çizelge 3.7. Türkiye Refrakter Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı**

| <b>SEKTÖR</b> | <b>%</b>      |
|---------------|---------------|
| Demir-Çelik   | 69,10         |
| Çimento       | 8,90          |
| Bakır         | 0,40          |
| Blister Bakır | 1,60          |
| Metalürji     | 1,20          |
| Şişe-Cam      | 1,70          |
| Kireç (Şeker) | 0,90          |
| Kireç         | 0,40          |
| Döküm         | 0,90          |
| Diğer         | 14,90         |
| <b>Toplam</b> | <b>100,00</b> |

Ülkemizin 1997-2003 yılları arasında yapmış olduğu manyezit ihracatlarının miktar ve parasal değerleri Çizelge 3.8.'de verilmektedir. Görüleceği gibi ihracat miktarları genel olarak bir artış içindedir. İhracattan elde ettiğimiz gelir ise 35-40 milyon \$ arasında değişmektedir (M.M.O., 2002,2004)

**Çizelge 3.8. Türkiye Manyezit İhracatı**

| <b>YILLAR</b> | <b>MİKTAR(TON)</b> | <b>DEĞER (x10<sup>3</sup> \$)</b> |
|---------------|--------------------|-----------------------------------|
| 1997          | 192.361            | 38.437                            |
| 1998          | 206.470            | 38.155                            |
| 1999          | 227.098            | 37.556                            |
| 2000          | 235.273            | 35.399                            |
| 2001          | 229.899            | 35.840                            |
| 2002          | 266.688            | 37.598                            |
| 2003          | 242.146            | 38.658                            |

Çizelge 3.9'da Türkiye'nin manyezit ithalatını göstermektedir . Görüleceği gibi 2001-2003 yılları arasında ithalatımız artış göstermiştir. Rezerv açısından dünya üzerinde 7. olan ülkemizin ithalatının artmasının sebebi bazı uç ürünlerin ülkemizde üretilmemesidir (M.M.O., 2004)

**Çizelge 3.9. Türkiye Manyezit İthalatı**

| İthal Edilen    | 2001         |                             | 2002         |                             | 2003         |                             |
|-----------------|--------------|-----------------------------|--------------|-----------------------------|--------------|-----------------------------|
|                 | Miktar (ton) | Değer (x10 <sup>3</sup> \$) | Miktar (ton) | Değer (x10 <sup>3</sup> \$) | Miktar (ton) | Değer (x10 <sup>3</sup> \$) |
| <b>Manyezit</b> | 23.373       | 8.805                       | 50.247       | 16.138                      | 56.035       | 20.556                      |

### 3.1. Asmaş Ağır Sanayi Malzemeleri İmal ve Ticaret A.Ş.

Asmaş Ağır Sanayi Malzemeleri İmal ve Ticaret A.Ş., Türkiye ve uluslararası Demir ve Çelik sektörü için tandış refrakter çözümleri üreten önemli bir firma konumundadır. Asmaş merkez ofisi İstanbul'da bulunmaktadır. Kütahya ve Gebzedeki fabrikalarında Demir Çelik sektörüne dayanıklı refrakter malzemeler üretmektedirler.

#### 3.1.1. Cevher hazırlama tesisleri

**1-Bunker (Besleme Silosu):** Tüvenan cevherin sisteme verilmesi için döküldüğü bölümdür (Şekil 3.2.).



**Şekil 3.2. Bunker**

**2-Vargelli Besleyici:** Bunkerden dökülen malzemelerin geldiği ikinci bölüm olup ızgaralı eleğe sürekli malzeme besler.

**3-Çeneli Kırıcı:** Gelene tüvenan cevherin 100 mm altına indirmek için kullanılır (Şekil 3.3.).



**Şekil 3.3. Çeneli Kırıcı**

**4-Koruyucu Elek:** -100+20 mm boyutundaki cevherlerin manyetik separatöre beslenmesi için kullanılır(Şekil 3.4.).

**5-Manyetik Separatör:** -100+20 mm tane boyutundaki cevherlerin, manyetik özellikli artıklarından ayrılması için kullanılır.



**Şekil 3.4. Koruyucu Elek**

Cevher hazırlama tesisinin çalışma sistemi kısaca şöyle anlatılabilir ;

Ocaklardan çıkarılan ham cevher kamyonlar ile stok alanına getirilerek sınıflandırılır. Daha sonra bu ham cevher besleme silosuna boşaltılır. Besleme silosundan gelen cevher -100 mm boyutuna kırılmak için çeneli kırıcıya bantlar yardımıyla beslenir. -100 mm tane boyutuna indirilen cevher koruyucu eleğe beslenir.

Koruyucu elek -100+20 mm tane boyutundaki cevherleri manyetik seperatöre besler. +100 mm tane boyutundaki cevherler tekrar çeneli kırıcıya beslenir. -20 mm tane boyutundaki cevher ise stok sahasında depolanır.

Koruyucu elekten manyetik seperatör'e beslenen cevher içindeki serpantin triyaja beslenmesi engellenir. Manyetik seperatörden geçen cevher yıkama silosuna beslenir.



### 3.1.2. Yıkama tesisi ve triyaj

**1-Yıkama Silosu :** Cevher hazırlama tesisinden gelen cevher yıkama tamburuna beslenmek için yıkama silosuna gelir.

**2-Yıkama Tamburu :** Gelen malzeme tambur içinde triyajda daha sağlıklı bir ayırım yapabilmek için yıkanır (Şekil 3.5.).



**Şekil 3.5. Yıkama Tamburu**

**3-Toz Elek :** Yıkama tamburunda hareket den dolayı ufalanma gerçekleşir. Ufalanma sebebiyle triyaja gidecek cevherin -10 mm tane boyutundaki ürünlerin ayrılmasını sağlar (Şekil 3.6.).

**4-Triyaj :** Triyaj tesisinde işçiler manyezit ve pasayı ayırırlar. Triyaj (elle ayıklama/tavuklama); manyezit ve gang mineralleri arasındaki optik özellik farkından (renk, yapı, ışık kırma/yansıtma) yararlanılarak, manyezit ve gang mineralleri birbirinden ayrılır.



**Şekil 3.6. Toz Elek**

Yıkama tesisinin çalışma sistemi kısaca şöyle anlatılabilir ;

Cevher hazırlama tesisinden gelen  $-100+20$  mm tane boyutundaki cevherler önce yıkama silosunda depolanır. Daha sonra yıkama tamburuna beslenir.

Yıkama tamburu dönme hareketi ve iç çeperindeki bıçaklar sayesinde beslenen cevheri boşaltım ağzına taşıırken, yıkamada kullanılan su tamburun eğiminden dolayı çamur havuzuna boşaltılır.

Yıkama tesisinin hareketinden dolayı cevherde ufalanmalar meydana gelir. Tane boyutu  $-100+0$  mm olur. Bu boyut içerisindeki  $-10$  mm'lik tanelerin triyaja girmesini engellemek için toz elek kullanılır. Toz elekten elenen  $-100+10$  mm tane boyutundaki cevher triyaja beslenir.

Triyaj tesisinde işçiler, beslenen cevherin optik özellik farklarından (renk, yapı, ışık kırma/yansıtma) yararlanarak manyeziti pasadan ayırırlar. Ayrılan manyezit fırınlara beslenirken, pasa triyaj ara ürün olarak adlandırılır. Triyaj ara ürün ya satıcıya geri verilir ya da sahada stoklanır.

Triyaj tesisinden çıkan ham manyezit sinterleme işlemi yapılmak üzere dikey fırınlara beslenir. Dikey fırınlarda sinterleşen manyezit, demir-çelik sektöründe kullanılan refrakter malzeme üretiminde kullanılmak üzere stoklanır.

#### 4. DÜNYADA MANYEZİT

Dünya manyezit cevherlerinin 5 milyar tonu Çin, 3 milyar tonu Kuzey Kore ve 3 milyar tonu Rusya 'dadır. Avrupa'nın toplam rezervi 360 milyon ton civarındadır. Dünyada bilinen manyezit kaynakları 10,2-12,9 milyar ton arasındadır.

Yerkabuğunun en büyük magnezyum birikimi denizlerdir. Denizlerdeki  $MgCl_2$  miktarı ortalama %0,13 oranında ve deniz yüzeyindeki konsantrasyonu iki katına (%0,26) yükselmektedir. Denizlerdeki magnezyum rezervi 1968 yılında dünyanın bilinen doğal manyezit yatakları rezervinin 700 bin katıdır. İsrail'deki Ölü Deniz'inde 22 milyar tonluk ve %10,1 tenörlü  $MgCl_2$  rezerviyle dünyanın en büyük magnezyum kaynağıdır [4].

1977 yılı başında dünya toplam manyezit üretimi 8,8 milyon ton civarındadır. Üretim miktarı dikkate alındığında 1980'e nazaran üretim artışı 11 ülkede olmuş, 4 ülkede ise azalmıştır. Rusya, Çin, Kore, Avusturya ve Yunanistan 1 milyon tonun üstünde üretim kapasitesine sahiptir.

Dünya manyezit ticaretinde ülkeler ihracatçı ve ithalatçı olmak üzere ikiye ayrılırlar. Ancak hem ithalatçı hem ihracatçı durumda olan bazı ülkelerde vardır. Bunlar ham manyezit alıp işlenmiş işlenmiş ürün satarlar. Yunanistan, Çin, İrlanda, İtalya ve Avusturya en büyük ihracatçı ülkelerdir.

1972-1982 yılları arasında en büyük ihracat artışı Çin ve Fransa'da gerçekleşmiştir. 1998'de Türkiye'nin dünya manyezit ihracatı 206.470 tondur. Dünyanın önemli manyezit ithalatçısı ülkeleri Almanya, Avusturya, Japonya ve ABD'dir. manyezit dünya piyasasına aşağıdaki ticari şekillerde sunulmaktadır;

- Ham parça manyezit (crude lump)
- Öğütülmüş kostik kalsine manyezit (ground-calsined)
- Normal sinter manyezit tozu (sinter powder)
- Refrakter sinter manyezit (pellet)
- Kalsine, tarım (calsined, agricultural)
- Kalsine, endüstriyel, deniz suyu (calsined, industry, sea water)
- Sinter, bakım (dead burned, maintenance)
- Sinter, tuğla (dead burned, brick making)

Manyezit üretimi yapan belli başlı ülkelerin görünür ve potansiyel rezervleri Çizelge 4.1'de verilmektedir (M.M.O., 2002).

**Çizelge 4.1. Dünya Görünür ve Potansiyel Manyezit Rezervleri**

| ÜLKELER               | GÖRÜNÜR REZERV           | %          | POTANSİYEL REZERV        |
|-----------------------|--------------------------|------------|--------------------------|
| BİRLEŞİK DEVLETLER    | 10.000.000 ton           | 0.4        | 15.000.000 ton           |
| KANADA                | 30.000.000 ton           | 1.2        | 40.000.000 ton           |
| BREZİLYA              | 140.000.000 ton          | 5.5        | 180.000.000 ton          |
| AVUSTURYA             | 15.000.000 ton           | 0.6        | 20.000.000 ton           |
| SLOVAKYA              | 20.000.000 ton           | 0.8        | 30.000.000 ton           |
| YUNANİSTAN            | 30.000.000 ton           | 1.2        | 30.000.000 ton           |
| TÜRKİYE               | 10.000.000 ton           | 0.4        | 15.000.000 ton           |
| RUSYA                 | 650.000.000 ton          | 25.4       | 730.000.000 ton          |
| SİRBİSTAN             | 5.000.000 ton            | 0.2        | 10.000.000 ton           |
| DİĞER AVRUPA ÜLKELERİ | 25.000.000 ton           | 0.9        | 30.000.000 ton           |
| AFRİKA                | 5.000.000 ton            | 0.2        | 10.000.000 ton           |
| ÇİN                   | 750.000.000 ton          | 29.3       | 1.050.000.000 ton        |
| HİNDİSTAN             | 30.000.000 ton           | 1.2        | 50.000.000 ton           |
| KUZAY KORE            | 450.000.000 ton          | 17.6       | 750.000.000 ton          |
| DİĞER                 | 300.000.000 ton          | 11.7       | 310.000.000 ton          |
| OKYANUSYA             | 90.000.000 ton           | 53.4       | 150.000.000 ton          |
| <b>TOPLAM</b>         | <b>2.560.000.000 ton</b> | <b>100</b> | <b>3.420.000.000 ton</b> |

Dünya üzerinde manyezit üretimi yapan ülkelerin üretim kapasiteleri Çizelge 4.2.'de verilmiştir (DPT,2001).

**Çizelge 4.2. Dünya Yıllık Magnezya Üretim Kapasiteleri (x1000 ton)**

| ÜLKE          | SİNER       | FUSED      | TİP       |
|---------------|-------------|------------|-----------|
| Kanada        |             | 14         | D         |
| Meksika       | 170         | 4          | BR, DS    |
| ABD 3         | 360         | 30         | BR, DS, D |
| Avusturya     | 330         |            | D         |
| Fransa        |             | 7          | DS        |
| Yunanistan    | 200         |            | D         |
| İran          | 30          |            | D         |
| İrlanda       | 90          |            | DS        |
| İsrail        | 60          | 13         | BR        |
| İtalya        | 130         |            | DS        |
| Hollanda      | 130         |            | BR        |
| Polonya       | 10          |            | D         |
| Rusya (CIS)   | 2222        |            | D         |
| Sırbistan     | 200         |            | D         |
| Slovakya      | 301         |            | D         |
| İspanya       | 70          |            | D         |
| Türkiye       | 259         |            | D         |
| Ukrayna       | 120         |            | D         |
| İngiltere     | 80          | 23         | DS        |
| Çin           | 1765        | 300        | D         |
| Hindistan     | 249         |            | D         |
| Japonya       | 350         | 13         | DS        |
| Kuzey Kore    | 500         |            | D         |
| Güney Kore    | 50          | 7          | DS        |
| Nepal         | 50          |            | D         |
| Avustralya    | 90          | 30         | D         |
| Güney Afrika  | 80          |            | D         |
| Brezilya      | 360         | 4          | D         |
| <b>Toplam</b> | <b>8256</b> | <b>445</b> |           |

D-DS: Deniz Suyu BR: Brine (Eriyik) CIS: Birleşik Devletler Topluluğu

## 5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Asmaş manyezit işletmesinde zenginleştirme sırasında oluşan atıkların manyetik ayırma yöntemiyle zenginleştirme deneyleri ve yıkama suyundaki katı atıkların çöktürülerek tesisten kolayca taşınabilir hale getirilmesi, tesisin ihtiyacı olan temiz suyun sağlanması amacıyla çöktürme deneyleri yapılmıştır.

### 5.1. Manyetik Ayırma Deneyleri

#### 5.1.1. Malzeme

Manyetik zenginleştirme deneylerinde iki farklı numune kullanılmıştır. Bunlardan ilki 20 mm elek altı üründür. Kuzfındık ve Eceköy sahalarından gelen ham cevher çeneli kırıcıda kırılarak 20 mm'lik elekten geçirilmektedir. -20 mm ürün manyetik ayırıcıdan geçirilerek konsantre Kümaş'a satılmaktadır. -20 mm'lik ürün alınarak deneysel çalışmalar yapılmıştır. Bu numune ilerleyen bölümlerde "elek altı ürün" olarak tanımlanacaktır.

Diğer numune triyaj tesisinde ayrılan ara ürünlerden alınmıştır. Tesiste triyajda ayrılan ara ürün değerlendirilmemektedir. Ya satıcıya iade edilmekte veya stok sahasına bırakılmaktadır. Bu numune de ilerleyen bölümlerde "triyaj ara ürün" olarak tanımlanacaktır.

Alınan numuneler ileride ayrıntılı olarak anlatılacağı şekilde kırma, eleme ardından manyetik ayırma işlemlerine tabi tutulmuştur.

Deneylerde kullanılan numunelere ait elek analizi sonuçları çizelgelerde verilmiştir.

20 mm altı numune oda sıcaklığında kurutulduktan sonra elek analizine tabi tutulmuştur. Sonuçları Çizelge 5.1'de verilmiştir. Daha sonra numune çeneli kırıcıdan geçirilmiş ve kırılmış numune elek analizine tabi tutulmuştur. Her fraksiyona kimyasal analizler yapılarak sonuçları Çizelge 5.3'de verilmiştir.

Triyaj ara ürün de oda sıcaklığında kurutulduktan sonra çeneli kırıcıda kırılmış, daha sonra elek analizi yapılmıştır. Sonuçları çizelge 5.2.'de verilmiştir.

**Çizelge 5.1. –20 mm Elek Altı Numunesi Elek Analizi.**

| <b>Tane Boyu<br/>(mm)</b> | <b>Dağılım<br/>(%)</b> |
|---------------------------|------------------------|
| +16                       | 23,80                  |
| -16+8                     | 49,22                  |
| -8+4,75                   | 18,25                  |
| -4,75+2                   | 4,82                   |
| -2+1                      | 0,59                   |
| -1                        | 3,32                   |
| <b>Toplam</b>             | <b>100</b>             |

**Çizelge 5.2. Triyaj Ara Ürünü Elek Analizi**

| <b>Tane Boyu<br/>(mm)</b> | <b>Dağılım<br/>(%)</b> |
|---------------------------|------------------------|
| +4,75                     | 20,42                  |
| -4,75+3,35                | 22,02                  |
| -3,35+2                   | 18,47                  |
| -2+1                      | 16,54                  |
| -1+0,5                    | 5,63                   |
| -0,5                      | 16,92                  |
| <b>Toplam</b>             | <b>100</b>             |

**Çizelge 5.3. Çeneli Kırıcıdan Geçirilen Elek Altı Ürünün Elek Analizi ve Kimyasal Analiz Toplu Sonuçları.**

| Fraksiyon<br>(mm) | Dağılım<br>(%) | MgO<br>(%)   | Dağılım<br>(%) | CaO<br>(%)  | Dağılım<br>(%) | SiO <sub>2</sub><br>(%) | Dağılım<br>(%) | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub><br>(%) | Dağılım<br>(%) | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub><br>(%) | Dağılım<br>(%) |
|-------------------|----------------|--------------|----------------|-------------|----------------|-------------------------|----------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------------------|----------------|
| +4,75             | 9,01           | 88,00        | 9,34           | 2,36        | 8,66           | 7,25                    | 8,56           | 1,76                                  | 8,53           | 0,30                                  | 7,43           |
| -4,75+3,35        | 23,00          | 87,00        | 23,57          | 2,40        | 22,48          | 7,34                    | 22,11          | 1,71                                  | 21,16          | 0,36                                  | 22,76          |
| -3,35+2           | 30,73          | 83,80        | 30,33          | 2,42        | 30,29          | 7,30                    | 29,38          | 1,70                                  | 28,11          | 0,29                                  | 24,50          |
| -2+1              | 28,25          | 83,45        | 27,77          | 2,54        | 29,23          | 7,47                    | 27,64          | 2,02                                  | 30,71          | 0,48                                  | 37,27          |
| -1+0,5            | 4,69           | 83,53        | 4,62           | 2,53        | 4,83           | 10,47                   | 6,43           | 2,36                                  | 5,96           | 0,31                                  | 4,00           |
| -0,5              | 4,32           | 78,19        | 4,37           | 2,56        | 4,51           | 10,39                   | 5,88           | 2,38                                  | 5,53           | 0,34                                  | 4,04           |
| <b>Toplam</b>     | <b>100,00</b>  | <b>84,89</b> | <b>100,00</b>  | <b>2,46</b> | <b>100,00</b>  | <b>7,63</b>             | <b>100,00</b>  | <b>1,86</b>                           | <b>100,00</b>  | <b>0,36</b>                           | <b>100,00</b>  |



### 5.1.2. Yöntem

**Numune Hazırlama** : Tesisten alınan elek altı ürün numunesi ve triyaj ara ürünü numunesi oda sıcaklığında kurutulmuştur. Kurutma işleminden sonra elek altı ürün numunesi için elek analizi yapılmıştır. Daha sonra elek altı ürün numunesi ve triyaj ara ürün numunesinin tamamı cevher hazırlama laboratuvarında, tek mafsallı blake tipi çeneli kırıcıda -5 mm altına indirilmiştir (Şekil 5.1.).

-5 mm tane boyutuna indirilen elek altı ürün ve triyaj ara ürünlerin elek analizleri yapılmıştır. Her fraksiyondan numuneler alınarak kimyasal analiz sonuçları Çizelge 5.3.'de verilmiştir.

Elek altı ürün ve triyaj ara ürün numuneleri 4,75 mm - 3,35 mm - 2 mm - 1 mm - 0,5 mm'lik eleklerde elenerek fraksiyonlara ayrılmıştır (Çizelge 5.4.)(Şekil 5.2.). Ayrılan bu numuneler ile manyetik ayırma deneyleri yapılmıştır.

**Çizelge 5.4. Elek Analizi Sonrası Oluşturulan Fraksiyonlar.**

| Fraksiyonlar |
|--------------|
| +4,75        |
| -4,75+3,35   |
| -3,35+2,00   |
| -2,00+1,00   |
| -1,00+0,50   |



**Şekil 5.1. Blake Tipi Çeneli Kırıcı.**



**Şekil 5.2. Elek Analizi**

**Manyetik Ayırma :** Manyetik ayırma deneylerinde kullanılmak üzere hazırlanan her bir boyut grubu ayrı ayrı manyetik ayırıcıda zenginleştirilerek konsantreler kazanılmıştır. Alınan konsantreler bir kez daha manyetik ayırıcıda zenginleştirilerek daha temiz konsantre kazanılması sağlanmıştır. Manyetik ayırma deneylerinde Permroll marka yüksek alan şiddetli, doğal mıknatıslı, tamburlu manyetik ayırıcı kullanılmıştır (Şekil 5.3.). Manyetik ayırıcı laboratuvar tipi olup besleme hızı ve ayırma bıçaklarının konumu ayarlanabilmektedir.

Manyetik ayırıcıda manyetik olmayan ürün (konsantre), ara ürün ve manyetik olan ürün (artık) elde edilmiştir. Bu ürünlerin ayrı ayrı kimyasal analizleri yapılmış ve metalürjik denge tabloları oluşturulmuştur.

Son olarak ara ürün hesaplama yoluyla dağıtılarak yeni metalürjik denge tabloları oluşturulmuştur.



**Şekil 5.3. Permroll Doğal Mıknatıslı Tamburlu Manyetik Ayırıcı.**



**Şekil 5.4. Ürünleri Manyetik Özelliklerine Göre Ayırma.**

**Numune Öğütme** : Kimyasal analiz için öncelikle manyetik ayırımı yapılmış tüm fraksiyonlardaki ürünlerden konileme-dörtleme yöntemi uygulanarak numuneler alınmıştır. Alınan numuneler -0,150 mm tane boyutunun altına indirmek için öğütme işlemine tabi tutulmuştur.

Öğütme işlemi çelik bilyeli değirmende yapılmıştır (Şekil 5.5.). Laboratuar tipi değirmen 6 litre hacme sahiptir. Dış yüzey çelikten imal edilmiştir. İç yüzeyde kaldırma çıkıntıları vardır. Öğütme ortamı olarak çelik bilyeler kullanılmıştır.

Numuneler çelik bilyeli değirmene doldurularak 1.5 saat öğütülmüştür. Öğütülen numuneler 0,150 mm (100 mesh)'lik elek kullanılarak elenmiştir (Şekil 5.6.). Elek üstünde kalan malzeme tamamı 100 mesh'in altına geçirilene kadar tekrar öğütülmüştür.



**Şekil 5.5. Laboratuvar Tipi Bilyeli Değirmen.**



**Şekil 5.6. 0,150 mm Elek ile Eleme İşlemi.**

**Kimyasal Analiz:** -0,150 mm tane boyutundaki numunelerden karelaj yöntemi uygulanarak temsili numuneler alınmıştır (Şekil 5.7.). Alınan temsili numunelere kimyasal analiz yapılmıştır.

Kimyasal analiz Asmaş manyezit işletmesi AR-GE laboratuvarında yapılmıştır. Alınan temsili numuneler porselen krozede öncelikle nem kaybı tayini için etüve, daha sonra ateş zayıyatı tayini için fırına koyulmuştur. Fırından çıkarılan numuneler soğuması için 30 dakika bekletilmiştir. Soğuyan numuneler porselen krozeden platin krozeye alınmıştır. Eritme işlemi için füzyon makinesine kullanılmıştır (Şekil 5.8.). Eritme sırasında eritme hızlandırıcı olarak Lityum borat, yapışmayı engelleyici olarak lityum iyodür kimyasalları katılmıştır. Füzyon makinesinde eriyen numuneler spectro ıq cihazına koyularak kimyasal analizi yapılmıştır.



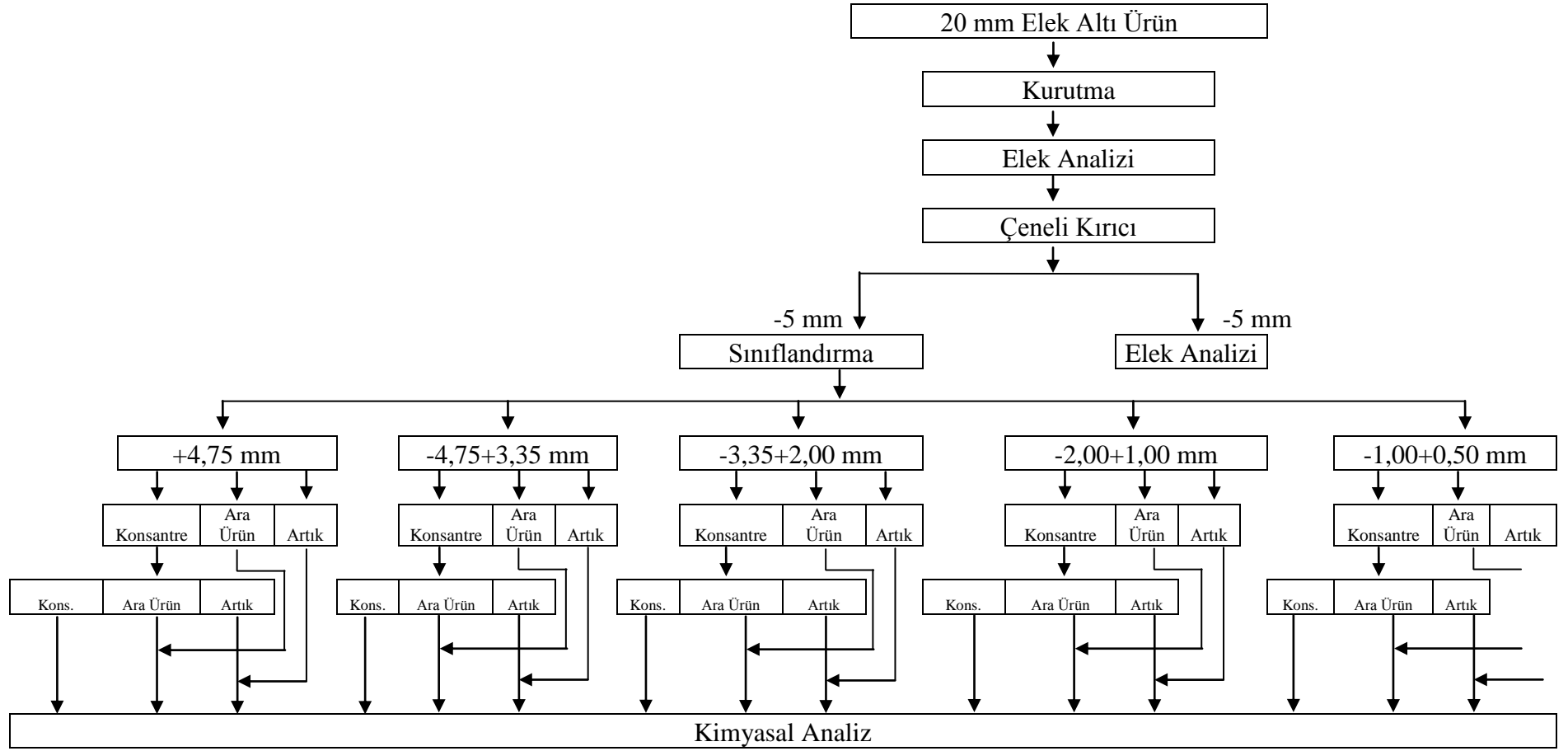
**Şekil 5.7. Karelaj Yöntemi Uygulanarak Temsili Numune Alma.**





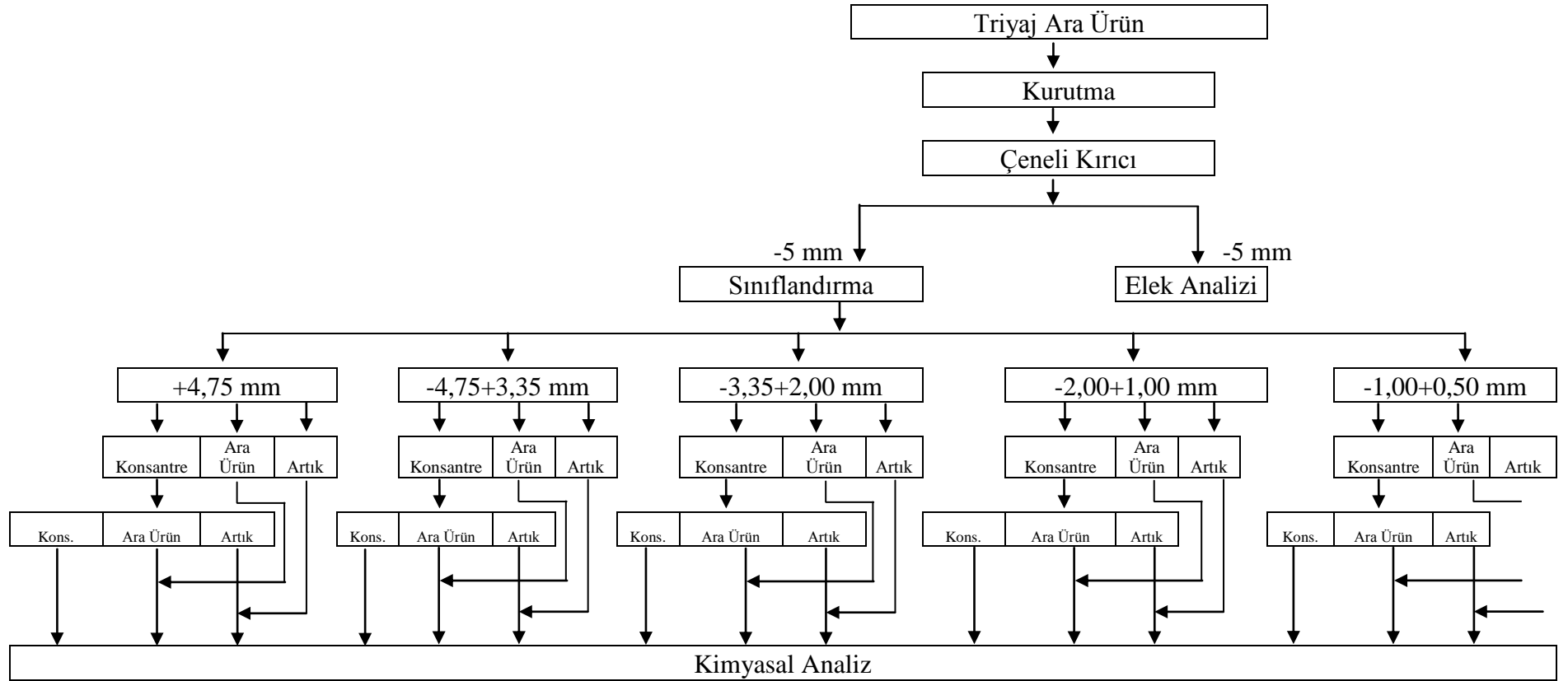
**Şekil 5.8. Füzyon Makinesinde Numune Eritme.**

Numune hazırlama ve zenginleştirme deneylerini toplu olarak gösteren akım şemaları Şekil 5.9. ve Şekil 5.10.' da verilmiştir.



Şekil 5.9. -20 mm Elek Altı Ürün Zenginleştirme Akım Şeması.





Şekil 5.10. Triyaj Ara Ürün Zenginleştirme Akım Şeması.

### 5.1.3. Bulgular

#### 5.1.3.1. Elek altı ürün ile yapılan deneyler

Cevher zenginleştirme işlemlerinde beslenen cevherdeki tane boyutları birbirine ne kadar yakınsa o kadar sağlıklı zenginleştirme yapılacağı açıktır. Bu nedenle daha önce +4,75mm, +4,75-3,35mm, +3,35-2mm, +2-1mm, -1+0,5mm boyut gruplarına ayrılan numuneler ile manyetik zenginleştirme deneyleri yapılmıştır. Manyetik zenginleştirme sonucunda konsantre, ara ürün ve artık elde edilmiştir. Her boyut ve ürün grubuna (konsantre,artık ve ara ürün) kimyasal analiz yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 5.5.'de verilmiştir.

#### Manyetik Zenginleştirme:

##### **Deney Şartları:**

|                          |   |                                    |            |
|--------------------------|---|------------------------------------|------------|
| Besleme Boyutu ve tenörü | : | +4,75 mm                           | %88,00 MgO |
|                          |   | -4,75+3,35 mm                      | %87,00 MgO |
|                          |   | -3,35+2,00 mm                      | %83,80 MgO |
|                          |   | -2,00+1,00 mm                      | %83,45 MgO |
|                          |   | -1,00+0,50 mm                      | %83,53 MgO |
| Tambur Hızı              | : | 80 RPM                             |            |
| Besleme Ayarı            | : | 4                                  |            |
| Bıçak Ayarları           | : | 1. Bıçak : +30°<br>2. Bıçak : -10° |            |

Her bir ürün gurubu yukarıdaki deney şartlarında ayrı ayrı manyetik ayırıcıda zenginleştirilerek konsantreler kazanılmıştır. Kazanılan konsantreler aynı deney şartlarında bir kez daha manyetik ayırıcıda zenginleştirilerek daha temiz bir konsantrasyon kazanılması sağlanmıştır. Çizelge 5.5.' de deney sonuçları toplu olarak verilmiştir.

Çizelge 5.5. Elek Altı Ürün Numunesinin Manyetik Zenginleştirme Deneyleri Toplu Sonuçları.

| Fraksiyon     | Ürün            | Ağırlık (%)   | MgO (%)      | Dağılım (%)   | CaO (%)     | Dağılım (%)   | SiO <sub>2</sub> (%) | Dağılım (%)   | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%) | Dağılım (%)   | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%) | Dağılım (%)   |
|---------------|-----------------|---------------|--------------|---------------|-------------|---------------|----------------------|---------------|------------------------------------|---------------|------------------------------------|---------------|
| +4,75 mm      | Konsantre       | 84,87         | 91,92        | 89,47         | 2,39        | 85,21         | 3,42                 | 39,70         | 0,93                               | 44,77         | 0,28                               | 77,12         |
|               | Ara ürün        | 6,78          | 77,95        | 5,29          | 2,83        | 8,06          | 14,10                | 13,08         | 3,77                               | 14,50         | 0,51                               | 11,22         |
|               | Artık           | 8,35          | 46,45        | 3,89          | 1,92        | 6,73          | 41,35                | 47,22         | 8,60                               | 40,73         | 0,43                               | 11,66         |
|               | <b>BESLENEN</b> | <b>100,00</b> | <b>87,19</b> | <b>100,00</b> | <b>2,38</b> | <b>100,00</b> | <b>7,23</b>          | <b>100,00</b> | <b>1,76</b>                        | <b>100,00</b> | <b>0,31</b>                        | <b>100,00</b> |
| -4,75+3,35 mm | Konsantre       | 81,09         | 92,94        | 86,39         | 2,36        | 79,86         | 2,80                 | 30,46         | 0,78                               | 36,94         | 0,33                               | 74,69         |
|               | Ara ürün        | 9,06          | 76,59        | 7,96          | 3,13        | 11,83         | 15,75                | 19,14         | 3,34                               | 17,67         | 0,49                               | 12,39         |
|               | Artık           | 9,85          | 50,04        | 5,65          | 2,02        | 8,31          | 38,14                | 50,40         | 7,89                               | 45,39         | 0,47                               | 12,92         |
|               | <b>BESLENEN</b> | <b>100,00</b> | <b>87,23</b> | <b>100,00</b> | <b>2,40</b> | <b>100,00</b> | <b>7,45</b>          | <b>100,00</b> | <b>1,71</b>                        | <b>100,00</b> | <b>0,36</b>                        | <b>100,00</b> |
| -3,35+2 mm    | Konsantre       | 77,44         | 93,18        | 83,03         | 2,33        | 73,78         | 2,49                 | 25,40         | 0,73                               | 31,99         | 0,23                               | 66,62         |
|               | Ara ürün        | 10,84         | 81,67        | 10,18         | 3,43        | 15,20         | 11,36                | 16,22         | 2,60                               | 15,95         | 0,38                               | 15,41         |
|               | Artık           | 11,72         | 50,32        | 6,79          | 2,30        | 11,08         | 37,82                | 58,38         | 7,85                               | 52,06         | 0,41                               | 17,97         |
|               | <b>BESLENEN</b> | <b>100,00</b> | <b>86,91</b> | <b>100,00</b> | <b>2,46</b> | <b>100,00</b> | <b>7,59</b>          | <b>100,00</b> | <b>1,77</b>                        | <b>100,00</b> | <b>0,27</b>                        | <b>100,00</b> |
| -2+1 mm       | Konsantre       | 63,78         | 91,11        | 69,48         | 2,36        | 59,83         | 3,13                 | 32,31         | 0,60                               | 19,07         | 0,57                               | 72,92         |
|               | Ara ürün        | 19,74         | 85,44        | 20,17         | 3,15        | 24,71         | 8,03                 | 11,60         | 2,00                               | 19,67         | 0,40                               | 15,84         |
|               | Artık           | 16,48         | 52,53        | 10,35         | 2,36        | 15,46         | 35,90                | 56,09         | 7,46                               | 61,26         | 0,34                               | 11,24         |
|               | <b>BESLENEN</b> | <b>100,00</b> | <b>83,64</b> | <b>100,00</b> | <b>2,51</b> | <b>100,00</b> | <b>7,50</b>          | <b>100,00</b> | <b>2,01</b>                        | <b>100,00</b> | <b>0,50</b>                        | <b>100,00</b> |
| -1+0,5 mm     | Konsantre       | 52,08         | 93,58        | 58,33         | 2,28        | 46,63         | 2,43                 | 12,11         | 0,69                               | 15,36         | 0,27                               | 44,66         |
|               | Ara ürün        | 26,20         | 87,58        | 27,46         | 3,24        | 33,33         | 6,56                 | 16,45         | 1,65                               | 18,47         | 0,35                               | 29,12         |
|               | Artık           | 21,72         | 54,63        | 14,21         | 2,35        | 20,04         | 34,37                | 71,44         | 7,13                               | 66,17         | 0,38                               | 26,22         |
|               | <b>BESLENEN</b> | <b>100,00</b> | <b>83,55</b> | <b>100,00</b> | <b>2,55</b> | <b>100,00</b> | <b>10,45</b>         | <b>100,00</b> | <b>2,34</b>                        | <b>100,00</b> | <b>0,31</b>                        | <b>100,00</b> |

Toplu sonuçları görebilmek için her fraksiyondaki konsantre, ara ürün ve artık verilerinden faydalanarak hesaplama yoluyla metalürjik denge tablosu oluşturulmuştur (Çizelge 5.6.). Daha sonra ara ürün dağıtılmıştır metalürjik denge tablosu yapılmıştır (Çizelge 5.7.).

**Çizelge 5.6. Elek Altı Ürün Numunesi İle Yapılan Manyetik Zenginleştirme Sonrası Metalürjik Denge Tablosu.**

|               | Ağırlık (%) | Dağılım        |              |
|---------------|-------------|----------------|--------------|
|               |             | MgO Tenörü (%) | Verim (%)    |
| Konsantre     | 73,74       | 92,57          | <b>79,30</b> |
| Ara Ürün      | 13,41       | 83,41          | <b>12,99</b> |
| Artık         | 12,85       | 51,62          | <b>7,71</b>  |
| <b>TOPLAM</b> | <b>100</b>  | <b>86,08</b>   | <b>100</b>   |

**Çizelge 5.7. Elek Altı Ürün Numunesi İle Yapılan Manyetik Zenginleştirme Sonrası Metalürjik Denge Tablosu (Ara Ürün Dağıtılmış).**

|               | Ağırlık (%) | Dağılım        |              |
|---------------|-------------|----------------|--------------|
|               |             | MgO Tenörü (%) | Verim (%)    |
| Konsantre     | 84,15       | 92,57          | <b>90,50</b> |
| Artık         | 15,85       | 51,62          | <b>9,50</b>  |
| <b>TOPLAM</b> | <b>100</b>  | <b>86,08</b>   | <b>100</b>   |

Deney sonuçlarından, manyetik zenginleştirme ile , %92,57 MgO tenörlü konsantrenin, %90,50 verimle kazanılmasının mümkün olduğu gözükmektedir.

### 5.1.3.2. Triyaj ara ürünü ile yapılan deneyler

İşletmeden alınan triyaj ara ürünü numunesi, +4,75mm, - 4,75+3,35mm, - 3,35+2mm, -2+1mm, -1+0,5mm boyut gruplarına ayrılmış ve bu numuneler ile manyetik zenginleştirme deneyleri yapılmıştır. Manyetik zenginleştirme sonucunda konsantre, ara ürün ve artık elde edilmiştir. Her boyut ve ürün grubu için (konsantre, ara ürün ve artık) kimyasal analizler yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 5.8.'de verilmiştir.

#### **Manyetik Zenginleştirme:**

##### **Deney Şartları:**

|                |   |                 |
|----------------|---|-----------------|
| Besleme Boyutu | : | +4,75 mm        |
|                |   | -4,75+3,35 mm   |
|                |   | -3,35+2,00 mm   |
|                |   | -2,00+1,00 mm   |
|                |   | -1,00+0,50 mm   |
| Tambur Hızı    | : | 80 RPM          |
| Besleme Ayarı  | : | 4               |
| Bıçak Ayarları | : | 1. Bıçak : +30° |
|                |   | 2. Bıçak : -10° |

Her bir ürün gurubu yukarıdaki deney şartlarında ayrı ayrı manyetik ayırıcıda zenginleştirilerek konsantreler kazanılmıştır. Kazanılan konsantreler aynı deney şartlarında bir kez daha manyetik ayırıcıda zenginleştirilerek daha temiz bir konsantre kazanılması sağlanmıştır. Çizelge 5.8.' de deney sonuçları toplu olarak verilmiştir.

Çizelge 5.8. Triyaj Ara Ürün Numunesinin Manyetik Zenginleştirme Deneyleri Toplu Sonuçları.

| Fraksiyon     | Ürün            | Ağırlık (%)   | MgO (%)      | Dağılım (%)   | CaO (%)     | Dağılım (%)   | SiO <sub>2</sub> (%) | Dağılım (%)   | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%) | Dağılım (%)   | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%) | Dağılım (%)   |
|---------------|-----------------|---------------|--------------|---------------|-------------|---------------|----------------------|---------------|------------------------------------|---------------|------------------------------------|---------------|
| +4,75 mm      | Konsantre       | 62,70         | 83,03        | 74,16         | 3,14        | 68,53         | 11,57                | 30,53         | 0,48                               | 17,74         | 0,24                               | 98,26         |
|               | Ara ürün        | 13,29         | 65,13        | 12,33         | 3,48        | 16,10         | 28,97                | 16,20         | 1,41                               | 11,05         | 0,02                               | 1,74          |
|               | Artık           | 24,01         | 39,50        | 13,51         | 1,84        | 15,38         | 52,72                | 53,27         | 5,03                               | 71,21         | 0,00                               | 0,00          |
|               | <b>BESLENEN</b> | <b>100,00</b> | <b>70,20</b> | <b>100,00</b> | <b>2,87</b> | <b>100,00</b> | <b>23,76</b>         | <b>100,00</b> | <b>1,70</b>                        | <b>100,00</b> | <b>0,15</b>                        | <b>100,00</b> |
| -4,75+3,35 mm | Konsantre       | 58,14         | 83,67        | 68,51         | 3,30        | 61,77         | 10,92                | 27,92         | 0,49                               | 17,04         | 0,20                               | 81,18         |
|               | Ara ürün        | 15,86         | 73,77        | 16,48         | 3,70        | 18,89         | 20,29                | 14,15         | 1,07                               | 10,15         | 0,17                               | 18,82         |
|               | Artık           | 26,01         | 40,98        | 15,01         | 2,31        | 19,34         | 50,65                | 57,93         | 4,68                               | 72,81         | 0,00                               | 0,00          |
|               | <b>BESLENEN</b> | <b>100,00</b> | <b>71,00</b> | <b>100,00</b> | <b>3,11</b> | <b>100,00</b> | <b>22,74</b>         | <b>100,00</b> | <b>1,67</b>                        | <b>100,00</b> | <b>0,14</b>                        | <b>100,00</b> |
| -3,35+2 mm    | Konsantre       | 49,18         | 84,33        | 57,54         | 3,43        | 50,45         | 10,66                | 24,44         | 0,53                               | 14,19         | 0,24                               | 71,51         |
|               | Ara ürün        | 21,37         | 80,18        | 23,77         | 3,58        | 22,88         | 14,23                | 14,18         | 0,90                               | 10,47         | 0,22                               | 28,49         |
|               | Artık           | 29,44         | 45,74        | 18,68         | 3,03        | 26,68         | 44,72                | 61,38         | 4,70                               | 75,34         | 0,00                               | 0,00          |
|               | <b>BESLENEN</b> | <b>100,00</b> | <b>72,07</b> | <b>100,00</b> | <b>3,34</b> | <b>100,00</b> | <b>21,45</b>         | <b>100,00</b> | <b>1,84</b>                        | <b>100,00</b> | <b>0,17</b>                        | <b>100,00</b> |
| -2+1 mm       | Konsantre       | 41,54         | 85,35        | 48,76         | 3,16        | 41,78         | 9,88                 | 24,20         | 0,42                               | 9,51          | 0,21                               | 43,74         |
|               | Ara ürün        | 26,17         | 83,01        | 29,87         | 3,51        | 29,24         | 11,19                | 11,91         | 0,78                               | 11,12         | 0,33                               | 43,30         |
|               | Artık           | 32,29         | 48,13        | 21,37         | 2,82        | 28,98         | 43,56                | 63,88         | 4,51                               | 79,37         | 0,08                               | 12,95         |
|               | <b>BESLENEN</b> | <b>100,00</b> | <b>72,72</b> | <b>100,00</b> | <b>3,14</b> | <b>100,00</b> | <b>20,07</b>         | <b>100,00</b> | <b>1,83</b>                        | <b>100,00</b> | <b>0,20</b>                        | <b>100,00</b> |
| -1+0,5 mm     | Konsantre       | 38,08         | 84,97        | 44,99         | 2,99        | 34,77         | 10,89                | 19,16         | 0,39                               | 7,30          | 0,22                               | 47,03         |
|               | Ara ürün        | 23,84         | 83,00        | 27,51         | 4,01        | 29,19         | 10,95                | 12,06         | 0,88                               | 10,32         | 0,30                               | 40,15         |
|               | Artık           | 38,08         | 51,94        | 27,50         | 3,10        | 36,04         | 39,09                | 68,78         | 4,40                               | 82,38         | 0,06                               | 12,83         |
|               | <b>BESLENEN</b> | <b>1,00</b>   | <b>71,92</b> | <b>100,00</b> | <b>3,28</b> | <b>100,00</b> | <b>21,64</b>         | <b>100,00</b> | <b>2,03</b>                        | <b>100,00</b> | <b>0,18</b>                        | <b>100,00</b> |

Toplu sonuçları görebilmek için her fraksiyondaki konsantre, ara ürün ve artık verilerinden faydalanarak hesaplama yoluyla metalürjik denge tablosu oluşturulmuştur (Çizelge 5.9.). Daha sonra ara ürün dağıtılmış, metalürjik denge tablosu yapılmıştır (Çizelge 5.10.).

**Çizelge 5.9. Triyaj Ara Ürün Numunesi İle Yapılan Manyetik Zenginleştirme Sonrası Metalürjik Denge Tablosu.**

|               | Ağırlık (%) | Dağılım        |              |
|---------------|-------------|----------------|--------------|
|               |             | MgO Tenörü (%) | Verim (%)    |
| Konsantre     | 52,50       | 83,97          | <b>61,68</b> |
| Ara Ürün      | 19,11       | 77,29          | <b>20,67</b> |
| Artık         | 29,39       | 44,43          | <b>17,65</b> |
| <b>TOPLAM</b> | <b>100</b>  | <b>71,74</b>   | <b>100</b>   |

**Çizelge 5.10. Triyaj Ara Ürün Numunesi İle Yapılan Manyetik Zenginleştirme Sonrası Metalürjik Denge Tablosu (Ara Ürün Dağıtılmış).**

|               | Ağırlık (%) | Dağılım        |              |
|---------------|-------------|----------------|--------------|
|               |             | MgO Tenörü (%) | Verim (%)    |
| Konsantre     | 68,38       | 83,97          | <b>80,34</b> |
| Artık         | 31,62       | 44,43          | <b>19,66</b> |
| <b>TOPLAM</b> | <b>100</b>  | <b>71,74</b>   | <b>100</b>   |

Manyetik zenginleştirme sonrası, MgO tenörü %83,97 olan konsantre, %80,34 verimde kazanılması mümkündür.

## 5.2. Atık Su Arıtma Deneyleri

### 5.2.1. Malzeme

Atık su arıtma deneylerinde, işletmenin yıkama tesisi atık su havuzlarından alınan numune kullanılmıştır. Numune yıkama tesisi çalışırken atık havuzlarından her saat başında 1 litre olmak üzere toplamda 8 litre numune alınmıştır.

Alınan numuneler ileride ayrıntılı olarak anlatılacağı şekilde eleme, çöktürme, kurutma ardından da flokülasyon işlemlerine tabi tutulmuştur.

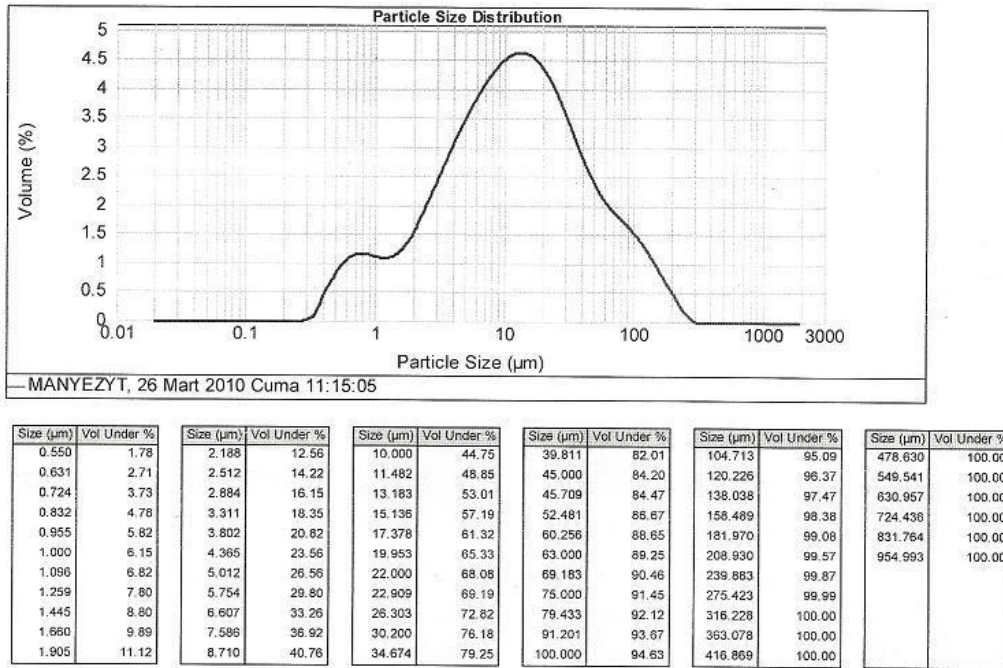
Deneylerde kullanılan numunenin elek analizi sonucu çizelge 5.11.'de verilmiştir. Ayrıca -0,150 mm ürünün tane boyut dağılımı mastersizer2000 marka particle size analysis cihazında yapılmıştır<sup>1</sup>. Sonuçları Şekil 5.11.'de verilmiştir.

**Çizelge 5.11. Atık Su Katı Malzeme Elek Analizi .**

| Tane Boyu<br>(mm) | Dağılım<br>(%) |
|-------------------|----------------|
| +1,00             | 0,39           |
| -1,00+0,50        | 3,47           |
| -0,50+0,25        | 5,95           |
| +0,25-0,15        | 5,69           |
| -0,15             | 84,50          |
| Toplam            | 100            |

<sup>1</sup> Tane boyut analizi Kütahya Porselen cevher hazırlama laboratuvarında yapılmıştır.





**Şekil 5.11. Atık Su -0,15 mm Katı Malzeme Tane Boyu Analizi.**

Deney sonuçlarından, numunenin tamamının 275 µm'nin altında olduğu gözükmektedir.

### 5.2.2. Yöntem

**Numune Hazırlama :** Tesisten alınan atık su numunesi içerisindeki katı malzeme miktarının belirlenmesi için öncelikle 1 mm - 0,5 mm - 0,25 mm ve 0,15 mm elekler kullanılarak eleme işlemi yapılmıştır. Elek üstünde kalan numuneler oda sıcaklığında kurutulduktan sonra tartılmışlardır.

Elek altına geçen -0,15 mm boyutundaki çökelekli atık su numunesi dinlendirilerek katı malzemenin çökmesi sağlanmıştır. Çökelek üzerindeki su sifonlama yöntemiyle boşaltılmıştır. Katı çökelek önce oda sıcaklığında, daha sonra etüvde kurutulmaya bırakılmış, sonra tartımları alınmıştır.

Kurutulmuş -0,15 mm tane boyundaki katı malzemeler ile deneylerde kullanılmak üzere %14 katı oranındaki pülp hazırlanmıştır.

**Pülp Hazırlama :** Flokülasyon deneylerinde atık su havuzları içerisindeki pülpü temsil etmesi için, alınan atık su numunesi içerisindeki katı-sıvı malzeme yoğunlukları belirlenmiştir. Belirlenen bu oranlar doğrultusunda %14 katı malzeme yoğunluğuna denk gelen 69,65 gr katı malzeme suya katılmıştır.

Pülp hazırlanırken mezüre önce katı malzeme konmuş, üzerine pülp hacmi 500 ml olacak şekilde su ilave edilmiştir.

**Flokülan Çözeltisi Hazırlama :** Flokülasyon deneyleri, 2 çeşit flokülant çözeltisi ile yapılmıştır

- **SNF Flocculant Çözeltisi**

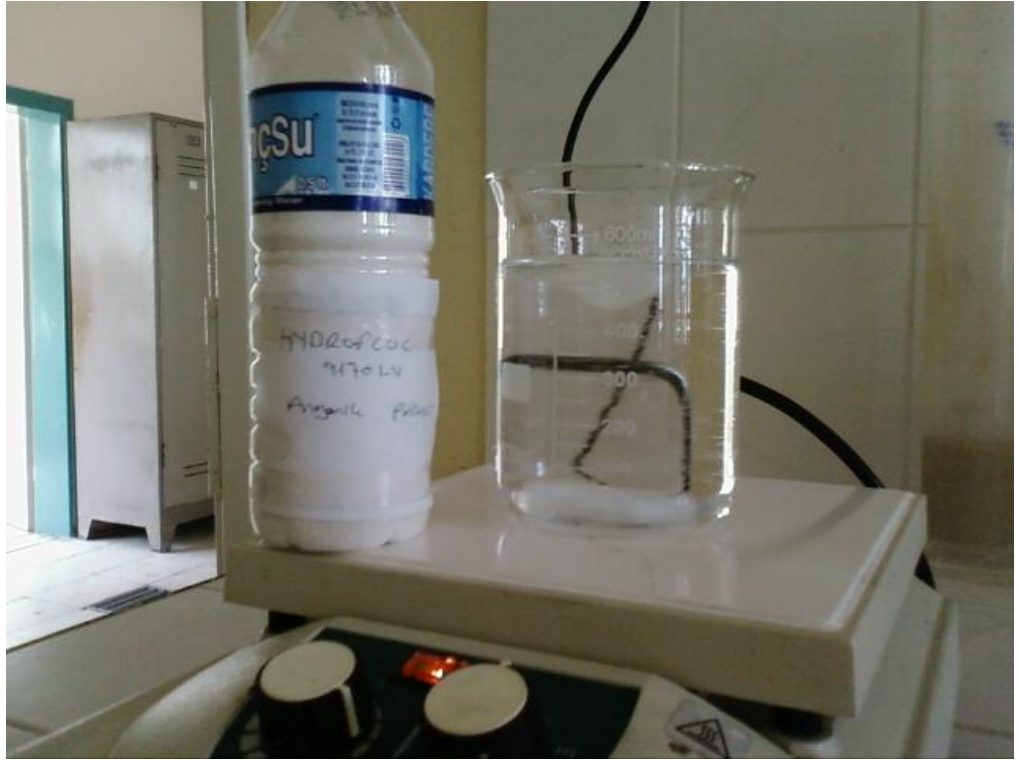
SNF flocculant çözeltisi hazırlanmasında kullanılan SNF flokülant; molekül ağırlığı yüksek, 4-12 pH değerine sahip, viskozitesi yüksek, anyonik bir flokülant çeşididir. Karıştırma süresi 240 dakika olup beyaz renkli toz formundadır.

Flokülan çözeltisi hazırlanırken, 500 ml'lik beher içerisine 500 ml saf su koyulmuştur. Saf suyun içerisine % 0,5 çözelti konsantrasyonuna denk gelen 0,25 gr flokülant ilave edilmiştir. Hazırlanan çözelti manyetik karıştırıcıda 240 dakika karıştırılmıştır. 240 dakika sonunda flokülant saf suyun içerisinde tamamen çözünerek viskozitesi yüksek çözelti elde edilmiştir.

- **HYDROFLOC Çözeltisi**

HYDROFLOC çözeltisi hazırlanmasında kullanılan HYDROFLOC 9170 LV flokülant, molekül ağırlığı yüksek, 6-13 pH değerine sahip, viskozitesi yüksek, anyonik bir flokülant çeşididir. Karıştırma süresi 60 dakika olup beyaz renkli toz formundadır.

Flokülant çözeltisi hazırlanırken, 500 ml'lik beher içerisinde 500 ml saf su koyulmuştur. Saf suyun içerisinde % 0,5 çözelti konsantrasyonuna denk gelen 0,25 gr flokülant ilave edilmiştir. Hazırlanan çözelti manyetik karıştırıcıda 60 dakika karıştırılmıştır. 60 dakika sonunda flokülant saf suyun içerisinde tamamen çözünerek viskozitesi yüksek çözelti elde edilmiştir (Şekil 5.12.).



**Şekil 5.12. HYDROFLOC Çözeltisi Hazırlama ve Manyetik Karıştırıcı.**

**Flokülasyon Denevleri :** Flokülasyon deneyleri için önceden hazırlanan flokülant çözeltileri, belirli pülpe pipet yardımıyla ilave edilmiştir. Pülp ve flokülantın karışması için silindirik mezür 10 kere alt üst edilmiştir. Daha sonra mezür düz bir zemine oturtulup, çeperine yapıştırılmış milimetrik kağıt üzerinde zamana bağlı olarak çökme ara yüzey yüksekliklerinin okumaları yapılmıştır (Şekil 5.13.).



**Şekil 5.13. Zamana Bağlı Ara Yüzey Yüksekliklerinin İşaretlenmesi.**

Milimetrik kağıt üzerine işaretlenen ara yüzey yüksekliklerinden çökme hızları ( $Yol = Hız \times Zaman$  formülüyle) hesap edilmiştir . Deneylere her iki flokülant çözeltisi için hazırlanan püplere farklı oranlarda ilave edilerek devam edilmiştir. Deneyler 30 dakika sürmüştür. 30 dakika sonunda işaretlenen ara yüzey yüksekliği, çökme yüksekliği olarak kabul edilmiştir. Ayrıca kıyaslama yapabilmek için pülpe flokülant katılmadan çökme ara yüzey yüksekliklerinin kayıt altına alındığı bir çöktürme deneyi daha yapılmıştır.

### 5.2.3. Bulgular

#### 5.2.3.1. Atık su numunesi çöktürme deneyleri

Yapılan deneylerde milimetrik kağıt üzerine, belirli sürelerde çökme ara yüzeyleri işaretlenmiştir. Bu veriler kayıt altına alınıp birim zamanda çökme hızı hesaplanmıştır. Sonuçlar Çizelge 5.12 ve Çizelge 5.13.' de verilmiştir. Bu verilerden faydalanılarak zamana bağlı çökme hızı grafiği çizilmiştir. Sonuçlar Şekil 5.14 ve Şekil 5.15'de verilmiştir.

#### **SNF Flocculant İle Yapılan Çöktürme Deneyleri :**

##### **Deney Şartları :**

Flokülant çözeltisi : %0,5'lik

Flokülant çözme süresi : 240 dakika

Karıştırıcı tipi: Manyetik karıştırıcı

Flokülant miktarı : 1,2,3,4,5,6,7,8 ml

Pülp yoğunluğu : % 14 Katı - % 86 Sıvı

Pülp hacmi : 500 ml

Deney süresi: 30 dakika

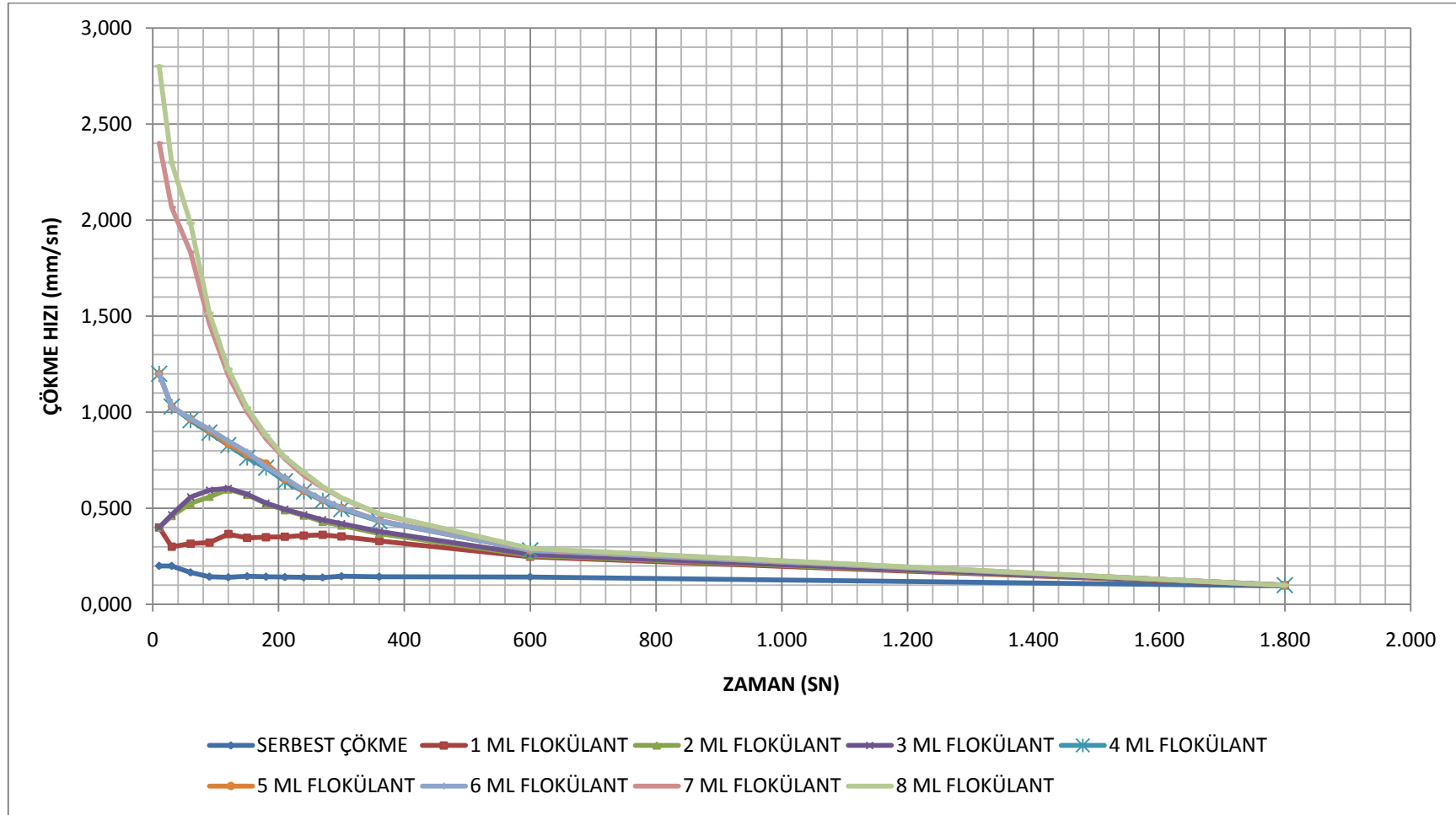
Yukarıda belirtilen şartlarda yapılan deneylerin sonuçları Çizelge 5.12.'de, bu sonuçlara bağlı olarak zaman-çökme hızı grafiği ise Şekil 5.12.'de verilmiştir.

**Çizelge 5.12. Zaman - Çökme Hızı Tablosu (SNF Flocculant )**

| SÜRE<br>(sn) | SERBEST<br>ÇÖKME<br>HIZ (mm/sn) | 7 gr/ton<br>FLOKÜLANT<br>HIZ (mm/sn) | 14 gr/ton<br>FLOKÜLANT<br>HIZ (mm/sn) | 21 gr/ton<br>FLOKÜLANT<br>HIZ (mm/sn) | 28 gr/ton<br>FLOKÜLANT<br>HIZ (mm/sn) | 35 gr/ton<br>FLOKÜLANT<br>HIZ (mm/sn) | 42 gr/ton<br>FLOKÜLANT<br>HIZ (mm/sn) | 49 gr/ton<br>FLOKÜLANT<br>HIZ (mm/sn) | 56 gr/ton<br>FLOKÜLANT<br>HIZ (mm/sn) |
|--------------|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 10           | 0,200                           | 0,400                                | 0,400                                 | 0,400                                 | 1,200                                 | 1,200                                 | 1,200                                 | 2,400                                 | 2,800                                 |
| 30           | 0,200                           | 0,300                                | 0,460                                 | 0,466                                 | 1,030                                 | 1,030                                 | 1,030                                 | 2,066                                 | 2,300                                 |
| 60           | 0,166                           | 0,316                                | 0,525                                 | 0,558                                 | 0,958                                 | 0,966                                 | 0,966                                 | 1,833                                 | 1,983                                 |
| 90           | 0,144                           | 0,322                                | 0,560                                 | 0,594                                 | 0,894                                 | 0,905                                 | 0,911                                 | 1,461                                 | 1,516                                 |
| 120          | 0,141                           | 0,366                                | 0,598                                 | 0,604                                 | 0,829                                 | 0,834                                 | 0,850                                 | 1,191                                 | 1,225                                 |
| 150          | 0,146                           | 0,346                                | 0,570                                 | 0,573                                 | 0,763                                 | 0,780                                 | 0,793                                 | 1,000                                 | 1,023                                 |
| 180          | 0,144                           | 0,350                                | 0,524                                 | 0,527                                 | 0,711                                 | 0,733                                 | 0,716                                 | 0,861                                 | 0,880                                 |
| 210          | 0,142                           | 0,352                                | 0,490                                 | 0,495                                 | 0,640                                 | 0,652                                 | 0,657                                 | 0,757                                 | 0,766                                 |
| 240          | 0,141                           | 0,358                                | 0,462                                 | 0,466                                 | 0,587                                 | 0,593                                 | 0,595                                 | 0,670                                 | 0,687                                 |
| 270          | 0,140                           | 0,362                                | 0,430                                 | 0,440                                 | 0,540                                 | 0,542                                 | 0,544                                 | 0,607                                 | 0,612                                 |
| 300          | 0,146                           | 0,353                                | 0,410                                 | 0,420                                 | 0,496                                 | 0,503                                 | 0,503                                 | 0,553                                 | 0,555                                 |
| 360          | 0,144                           | 0,330                                | 0,368                                 | 0,379                                 | 0,433                                 | 0,436                                 | 0,436                                 | 0,469                                 | 0,472                                 |
| 600          | 0,143                           | 0,248                                | 0,254                                 | 0,260                                 | 0,281                                 | 0,281                                 | 0,281                                 | 0,290                                 | 0,291                                 |
| 1800         | 0,096                           | 0,099                                | 0,100                                 | 0,100                                 | 0,100                                 | 0,100                                 | 0,100                                 | 0,099                                 | 0,099                                 |

Deney sonuçlarından, 500 ml pülp için 35 gr/ton flokülant çözeltisinin en ideal miktar olduğu görülmektedir (% 0,5'lik).

% 0,5'lik flokülant ve 70 gr katı malzeme miktarından yola çıkarsak, 1 ton katı malzeme için 7 gr flokülant kullanılacağı hesaplanmıştır.



Şekil 5. 14. Zaman - Çökme Hızı Grafiği (SNF Flocculant )

**HYDROFLOC Cözeltisi Denev Bulguları :****Denev Şartları :**

Flokülanı çözeltisi : % 0,5'lik

Flokülanı çözme süresi : 60 dakika

Karıştırıcı tipi: Manyetik karıştırıcı

Flokülanı miktarı : 2,3,4,5,6,8 ml

Pülp yoğunluğu : % 14 Katı

Pülp hacmi : 500 ml

Denev süresi: 30 dakika

Yukarıda belirtilen şartlarda yapılan denevlerin sonuçları Çizelge 5.13.'de, bu sonuçlara bağılı olarak zaman-çökme hızı grafiğı ise Şekil 5.13.'de verilmiştir.

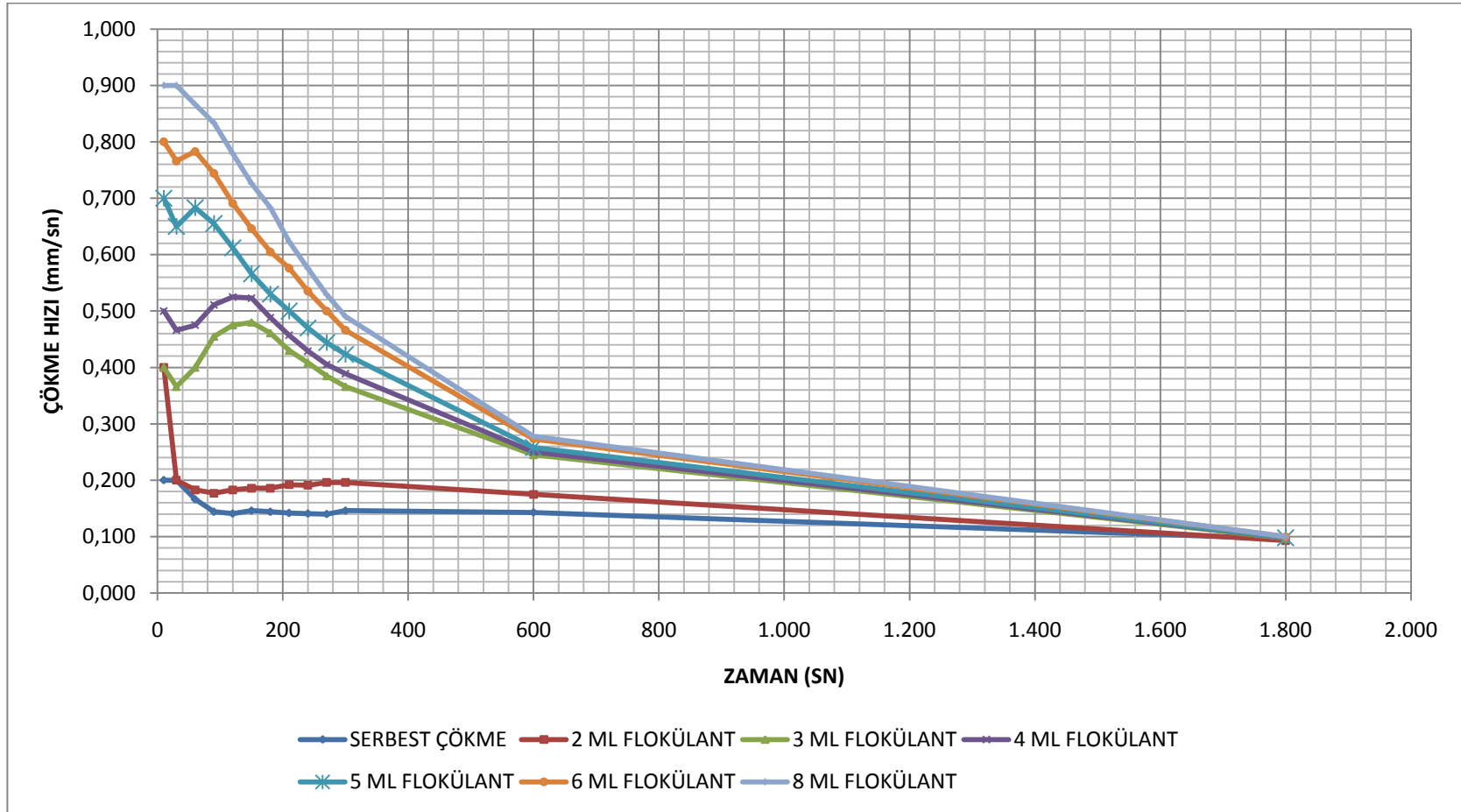


**Çizelge 5.13. Zaman - Çökme Hızı Tablosu (HYDROFLOC 9170 LV)**

| SÜRE<br>(sn) | SERBEST<br>ÇÖKME<br>HIZ<br>(mm/sn) | 14 gr/ton<br>FLOKÜLANT<br>HIZ (mm/sn) | 21 gr/ton<br>FLOKÜLANT<br>HIZ (mm/sn) | 28 gr/ton<br>FLOKÜLANT<br>HIZ (mm/sn) | 35 gr/ton<br>FLOKÜLANT<br>HIZ (mm/sn) | 42 gr/ton<br>FLOKÜLANT<br>HIZ (mm/sn) | 56 gr/ton<br>FLOKÜLANT<br>HIZ (mm/sn) |
|--------------|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 10           | 0,200                              | 0,400                                 | 0,400                                 | 0,500                                 | 0,700                                 | 0,800                                 | 0,900                                 |
| 30           | 0,200                              | 0,200                                 | 0,366                                 | 0,466                                 | 0,650                                 | 0,766                                 | 0,900                                 |
| 60           | 0,166                              | 0,183                                 | 0,400                                 | 0,475                                 | 0,683                                 | 0,783                                 | 0,866                                 |
| 90           | 0,144                              | 0,177                                 | 0,455                                 | 0,511                                 | 0,655                                 | 0,744                                 | 0,833                                 |
| 120          | 0,141                              | 0,183                                 | 0,475                                 | 0,525                                 | 0,612                                 | 0,691                                 | 0,779                                 |
| 150          | 0,146                              | 0,186                                 | 0,480                                 | 0,523                                 | 0,566                                 | 0,646                                 | 0,726                                 |
| 180          | 0,144                              | 0,226                                 | 0,461                                 | 0,488                                 | 0,530                                 | 0,605                                 | 0,683                                 |
| 210          | 0,142                              | 0,192                                 | 0,430                                 | 0,457                                 | 0,500                                 | 0,576                                 | 0,623                                 |
| 240          | 0,141                              | 0,191                                 | 0,408                                 | 0,429                                 | 0,470                                 | 0,535                                 | 0,575                                 |
| 270          | 0,140                              | 0,196                                 | 0,385                                 | 0,405                                 | 0,444                                 | 0,500                                 | 0,529                                 |
| 300          | 0,146                              | 0,196                                 | 0,366                                 | 0,389                                 | 0,423                                 | 0,466                                 | 0,490                                 |
| 600          | 0,143                              | 0,175                                 | 0,245                                 | 0,250                                 | 0,258                                 | 0,273                                 | 0,278                                 |
| 1800         | 0,096                              | 0,093                                 | 0,097                                 | 0,098                                 | 0,098                                 | 0,100                                 | 0,100                                 |

Deney sonuçlarından, 500 ml pülp için 35gr/ton flokülant çözeltisinin en ideal miktar olduğu görülmektedir (% 0,5'lik).

% 0,5'lik flokülant ve 70 gr katı malzeme miktarından yola çıkarsak, 1 ton katı malzeme için 7 gr flokülant kullanılacağı hesaplanmıştır.



Şekil 5.13. Zaman - Çökme Hızı Grafiği (HYDROFLOC 9170 LV)

### 5.2.3.2. Atık su numunesi çökme ara yüzey yüksekliği deneyleri

#### SNF Flocculant Çözeltisi İle Yapılan Cöktürme Deneyleri :

##### **Deney Şartları :**

Flokülant çözeltisi : % 0,5'lik

Flokülant çözme süresi : 60 dakika

Karıştırıcı tipi: Manyetik karıştırıcı

Flokülant miktarı : 2,3,4,5,6,8 ml

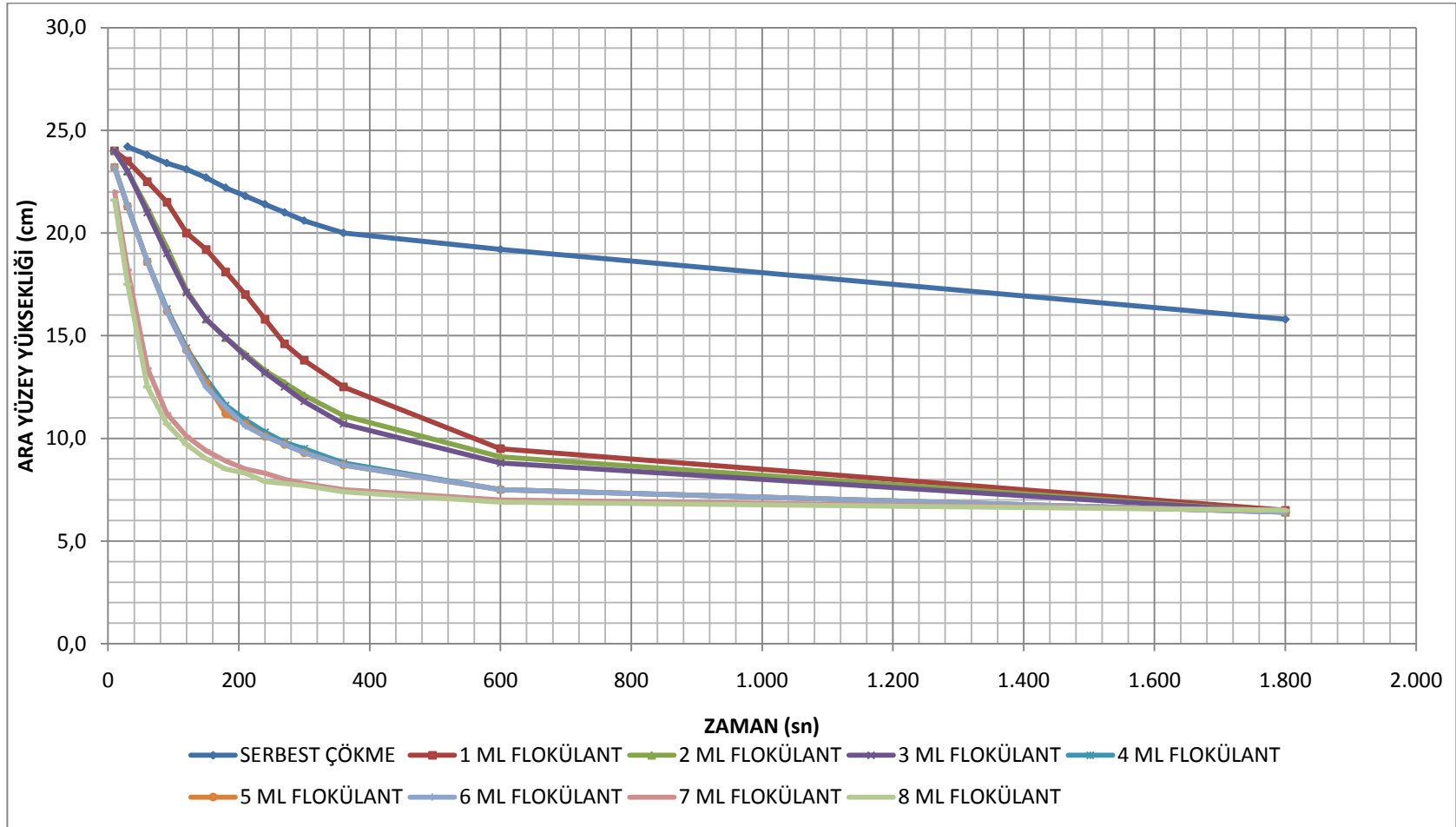
Pülp yoğunluğu : % 14 Katı

Pülp hacmi : 500 ml

Deney süresi: 30 dakika

Yukarıda belirtilen şartlarda yapılan deneylerin sonuçları Çizelge 5.14.'de, bu sonuçlara bağlı olarak zaman- ara yüzey yüksekliği grafiği ise Şekil 5.14.'de verilmiştir.





Şekil 5.14. Zaman – Ara Yüzey Yüksekliği Grafiği (SNF Flocculant)

**HYDROFLOC Cözeltisi İle Yapılan Cöktürme Denevleri:****Deney Şartları :**

Flokülanı cözeltisi : % 0,5'lik

Flokülanı cözme süresi : 60 dakika

Karıştııcı tipi: Manyetik karıştııcı

Flokülanı miktarı : 2,3,4,5,6,8 ml

Pülp yoğunluğu : % 14 Katı

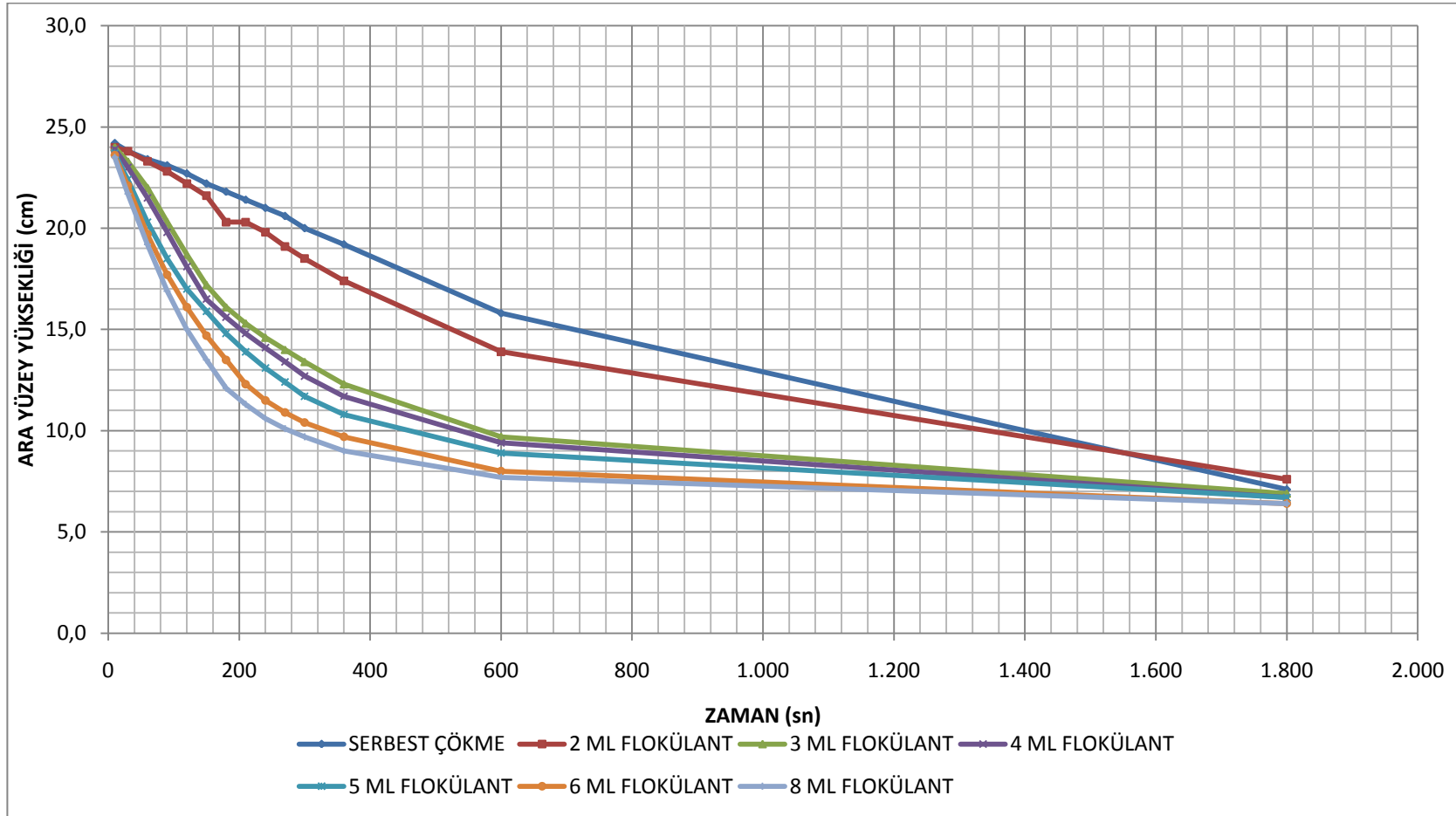
Pülp hacmi : 500 ml

Deney süresi: 30 dakika

Yukarıda belirtilen şartlarda yapılan denevlerin sonuçları Çizelge 5.15.'de, bu sonuçlara bağılı olarak zaman- ara yüzey yüksekliğı grafiğı ise Şekil 5.15.'de verilmiştir.

**Çizelge 5.15. Zaman – Ara Yüzey Yüksekliği Tablosu (HYDROFLOC 9170 LV)**

| SÜRE (SN) | SERBEST ÇÖKME ARA YÜZEY YÜKSEKLİĞİ (cm) | 14 gr/ton FLOKÜLANT ARA YÜZEY YÜKSEKLİĞİ (cm) | 21 gr/ton FLOKÜLANT ARA YÜZEY YÜKSEKLİĞİ (cm) | 28 gr/ton FLOKÜLANT ARA YÜZEY YÜKSEKLİĞİ (cm) | 35 gr/ton FLOKÜLANT ARA YÜZEY YÜKSEKLİĞİ (cm) | 42 gr/ton FLOKÜLANT ARA YÜZEY YÜKSEKLİĞİ (cm) | 56 gr/ton FLOKÜLANT ARA YÜZEY YÜKSEKLİĞİ (cm) |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|
| 10        | 24,2                                    | 24,0  | 24,0  | 23,9  | 23,7  | 23,6  | 23,5  |
| 30        | 23,8                                    | 23,8  | 23,3  | 23,0  | 22,4  | 22,1  | 21,7  |
| 60        | 23,4                                    | 23,3  | 22,0  | 21,5  | 20,3  | 19,7  | 19,2  |
| 90        | 23,1                                    | 22,8  | 20,3  | 19,8  | 18,5  | 17,7  | 16,9  |
| 120       | 22,7                                    | 22,2  | 18,7  | 18,1  | 17,0  | 16,1  | 15,0  |
| 150       | 22,2                                    | 21,6  | 17,2  | 16,5  | 15,9  | 14,7  | 13,5  |
| 180       | 21,8                                    | 20,3  | 16,1  | 15,6  | 14,8  | 13,5  | 12,1  |
| 210       | 21,4                                    | 20,3  | 15,3  | 14,8  | 13,9  | 12,3  | 11,3  |
| 240       | 21,0                                    | 19,8  | 14,6  | 14,1  | 13,1  | 11,5  | 10,6  |
| 270       | 20,6                                    | 19,1  | 14,0  | 13,4  | 12,4  | 10,9  | 10,1  |
| 300       | 20,0                                    | 18,5  | 13,4  | 12,7  | 11,7  | 10,4  | 9,7   |
| 360       | 19,2                                    | 17,4  | 12,3  | 11,7  | 10,8  | 9,7   | 9,0   |
| 600       | 15,8                                    | 13,9  | 9,7   | 9,4   | 8,9   | 8,0   | 7,7   |
| 1800      | 7,1                                     | 7,6   | 6,9   | 6,7   | 6,7   | 6,4   | 6,4   |



Şekil 5.15. Zaman – Ara Yüzey Yüksekliği Grafiği (HYDROFLOC 9170 LV)



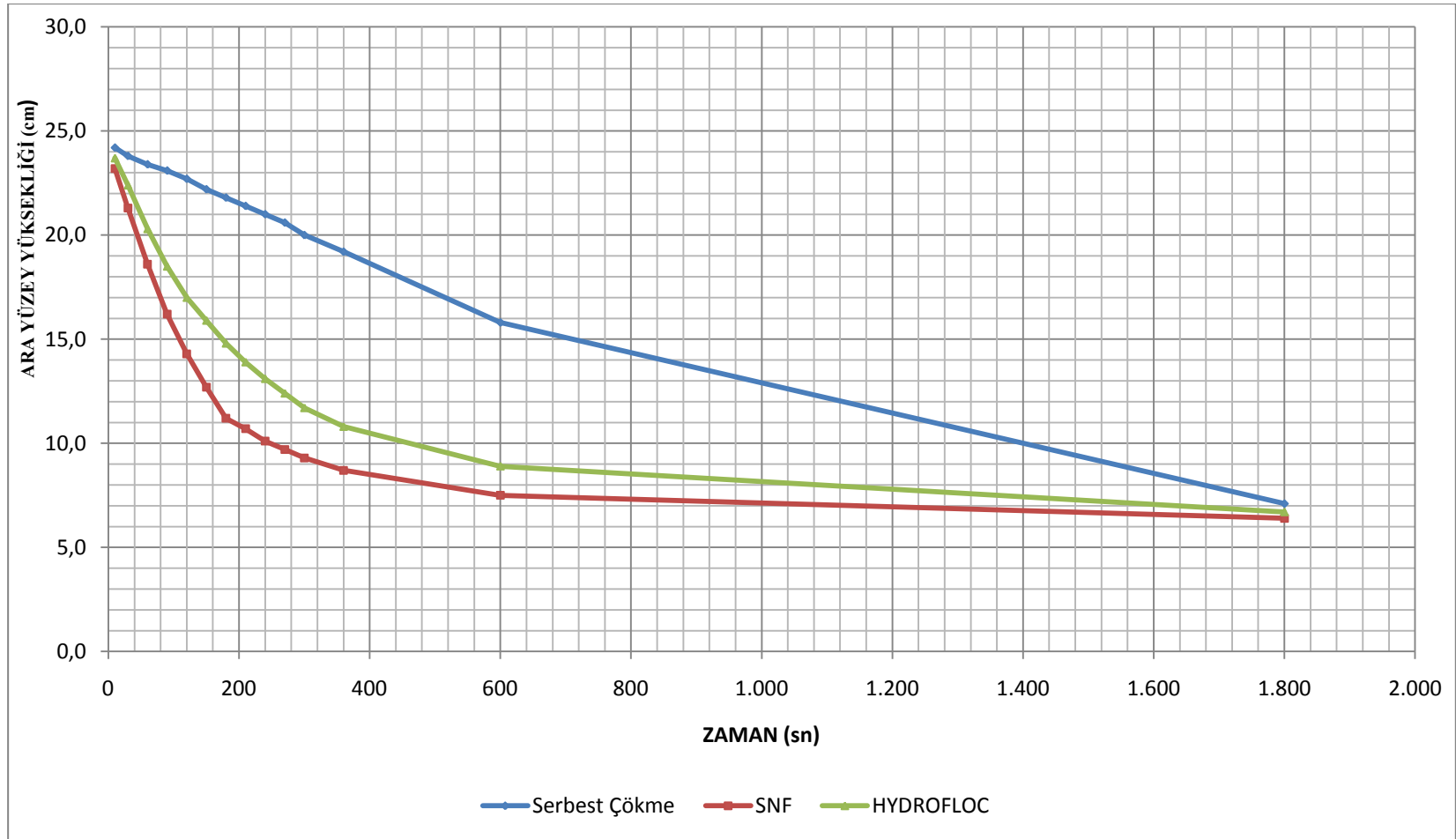
### 5.2.3.3. Flokülantsız çözelti , SNF ve HYDROFLOC karşılaştırması

SNF ve HYDROFLOC ile yapılan, 35 gr/ton flokülant miktarına göre en iyi sonucun alındığı ve flokülantsız ortamda yapılan deneylerin karşılaştırıldığı sonuçları Çizelge 5.16.'da ve Şekil 5.16.'da verilmiştir.

**Çizelge 5.16. Ara Yüzey Yüksekliği Karşılaştırma Tablosu**

| Zaman<br>(sn) | Serbest<br>Çökme<br>Ara Yüzey<br>Yüksekliği<br>(cm) | 35 gr/ton SNF<br>Çökme Ara<br>Yüzey<br>Yüksekliği<br>(cm) | 35 gr/ton<br>HYDROFLOC<br>Çökme Ara Yüzey<br>Yüksekliği<br>(cm) |
|---------------|---|---|---|
| 10            | 24,2  | 23,2  | 23,7  |
| 30            | 23,8  | 21,3  | 22,4  |
| 60            | 23,4  | 18,6  | 20,3  |
| 90            | 23,1  | 16,2  | 18,5  |
| 120           | 22,7  | 14,3  | 17,0  |
| 150           | 22,2  | 12,7  | 15,9  |
| 180           | 21,8  | 11,2  | 14,8  |
| 210           | 21,4  | 10,7  | 13,9  |
| 240           | 21,0  | 10,1  | 13,1  |
| 270           | 20,6  | 9,7   | 12,4  |
| 300           | 20,0  | 9,3   | 11,7  |
| 360           | 19,2  | 8,7   | 10,8  |
| 600           | 15,8  | 7,5   | 8,9   |
| 1800          | 7,1   | 6,4   | 6,7   |

Bu sonuçlara göre, SNF flokülant ile yapılan deneyde çökme ~10 dakikada gerçekleşirken, HYDROFLOC flokülantı ile yapılan deneyde çökme ~14 dakikada gerçekleştiği görülmüştür. Flokülantsız ortamda yapılan deneyde ise çökmenin 30 dakika sonunda tamamlanmadığı görülmüştür.



Şekil 5.16. Ara Yüzey Yüksekliği Karşılaştırma Grafiği.

#### 5.2.4. Tikiner dizaynı

Flokülasyon deneyleri sonrası elde edilen verilerden en ideal flokülant çözelti miktarı 5 ml kabul edilerek Asmaş manyezit işletmesine tikiner dizaynı yapılmıştır.

#### Veriler :

1 saatte atık su havuzlarına atılan pülp miktarı : 6,12 ton

24 saatte atık su havuzlarına atılan pülp miktarı : ~150 ton

Pülp içindeki katı malzeme oranı : % 14

Pülp içindeki katı miktarı : 21 ton/gün

Pülp içindeki katı miktarı (Q) : 0,875 ton/saat

Katı malzeme özgül ağırlığı ( $\rho_k$ ): 2,8

Çökme tamamlanma süresi ( $T_s$ ) : 30 dakika = 0,5 saat

Çökme ara yüzey yüksekliği ( $H_s$ ) : 6,4 cm = 0,064 metre

Deney başlangıç ara yüzey yüksekliği ( $H_0$ ) = 24,4 cm = 0,244 metre

35gr/ton flokülant deneyleri zaman - ara yüzey yüksekliği sonuçları :

| SÜRE (SN)   | 10   | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 300 | 600 | 900 | 1200 | 1500 | 1800 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|------|------|------|
| 35 gr/ton FLOKÜLANT<br>ARA YÜZEY YÜKSEKLİĞİ<br>(cm) | 23,2 | 21,3 | 18,6 | 16,2 | 14,3 | 12,7 | 11,2 | 9,3 | 7,5 | 7,1 | 6,5  | 6,4  | 6,4  |

**Hesaplamalar:**

$$C_0 = \text{Katı Ağırlığı}/(\text{Katı Hacmi}+\text{Sıvı Hacmi})$$

$$\text{Katı Hacmi} : 14/2,8 = 5$$

$$\text{Sıvı Hacmi} : 86/1 = 86$$

$$C_0 = 14/(5+86) = 14/91 = 0,154 \text{ ton/m}^3 \text{ (Başlangıç katı konsantrasyonu)}$$

KYNC teorisine göre ;

$$C_0 * H_0 = C_s * H_s$$

$$C_s = (C_0 * H_0) / H_s = (0,154 * 0,244) / 0,064 = 0,0376 / 0,064 = 0,587 \text{ ton/m}^3 \text{ (5 ml SNF flokülant ile yapılan deneyler sonucunda elde edilecek katı konsantrasyonu)}$$

Alan =  $(Q * T_s) / (C_0 * H_0)$  formülünden ;

$$\text{Alan} = (0,875 * 0,5) / (0,154 * 0,244) = 0,437 / 0,0376 = 11,62 \text{ m}^2$$

Çap (D) ise

Alan =  $(\pi * D^2) / 4$  formülünden ;

$$D^2 = (A * 4) / \pi = (11,62 * 4) / 3,14 = 14,80$$

$$D = 3,85 \text{ metre} = \sim 4 \text{ metre alınabilir}$$

Yükseklik (h) ise

$$h = [(Q * t_s) / A] * [(1/p_k) + (x/p)]$$

x: Besleme ve çökelen kısımdaki sıvı/katı oranı ortalaması

$$\text{Besleme malında sıvı/katı oranı} = (0,875 * 0,86) / (0,875 * 0,14) = 0,75 / 0,12 = 6,25$$

$$\text{Çökelen kısımda sıvı/katı oranı} = (0,875 * 0,413) / (0,875 * 0,587) = 0,36 / 0,51 = 0,70$$

$$x = (6,25 + 0,70) / 2 = 3,47$$

p = 1 (sıvı malzeme yoğunluğu)

$$h = [(0,875 * 0,5) / 11,62] * [(1/2,8) + (3,47/1)] = (0,44 / 11,62) * (0,36 + 3,47) = 0,038 * 3,83 = 0,26 \text{ metre hesaplanır.}$$

Bu hesaplamayla bulunan yüksekliğe, tikinerin dip kısmının eğimi nedeniyle 0,5 metre, besleme havuzu derinliği için 0,6 metre ve kapasite fazlalığında emniyet payı olarak 0,5 metre ilave ederek toplam Tikiner yüksekliği (h) [İpekoğlu, 1997] ;

$$H = 0,26+0,5+0,6+0,5 = 1,86 \text{ metre} = \sim 2 \text{ metre alınır}$$

Bu sonuçlardan :

Yüksekliği 2 metre , çapı 4 metre bir tikiner kurulabilir.

## 6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

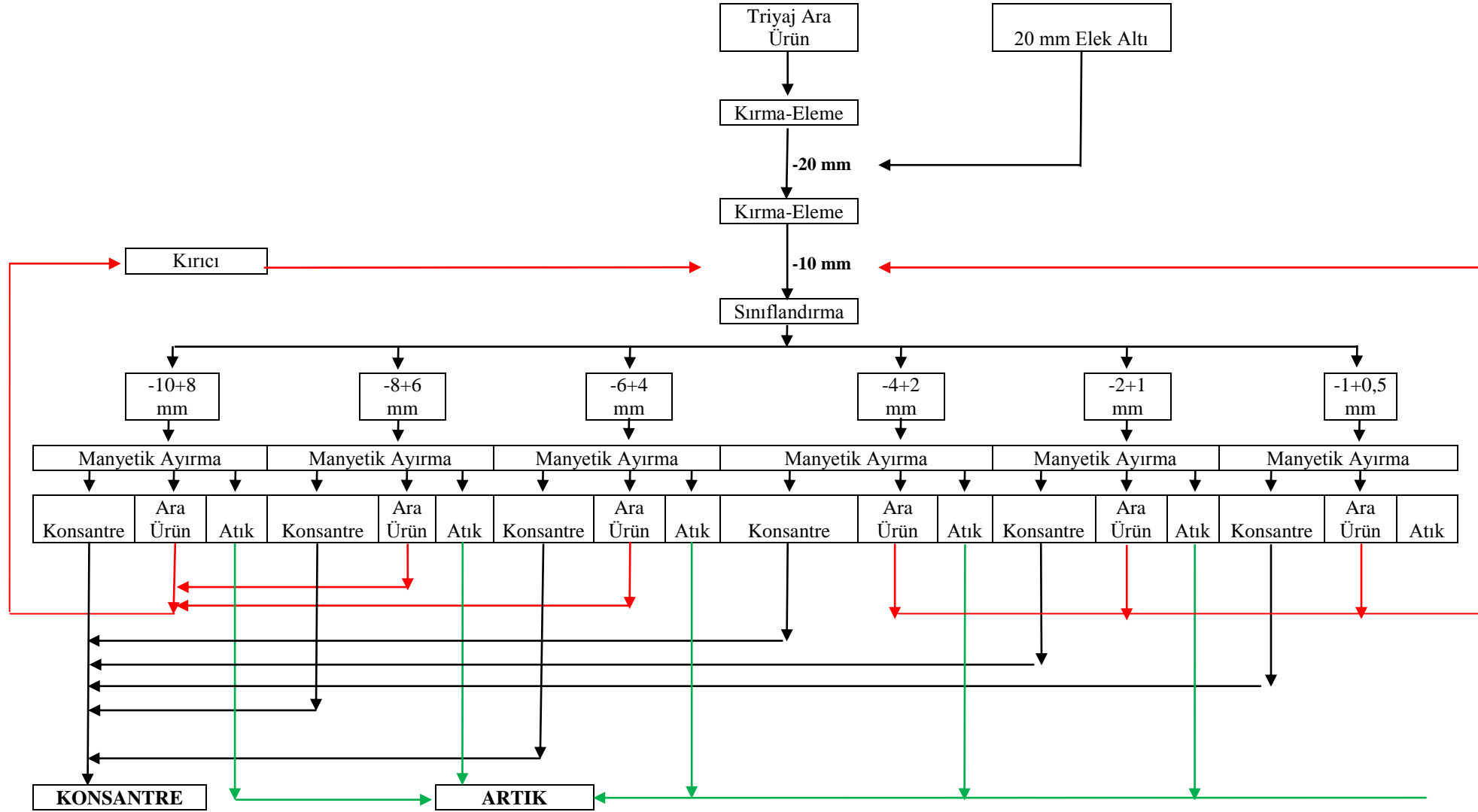
### Sonuçlar:

- Elek altı ürünleri ile yapılan deneylerde, manyetik zenginleştirme çalışmaları sonrasında MgO tenörü % 92,57 olan, % 90,50 verime sahip konsantre ürün elde edilmiştir.
- Triyaj ara ürünleri ile yapılan deneylerde, manyetik zenginleştirme sonrası, MgO tenörü % 84,07 olan, % 80,44 verime sahip konsantre ürün elde edilmiştir.
- Atık su numunesi ile yapılan flokülant deneylerinde çökme hızları referans alındığı zaman, iki farklı flokülant çeşidinden SNF Flocculant ile yapılan deneylerde HYDROFLOC ile yapılan deneylere göre çökme hızı daha yüksek olmuştur. Dolayısı ile çökme sürelerinin SNF Flocculant ile daha kısa olduğu görülmüştür.

- Her iki flokülant ile yapılan deneylerde en ideal flokülant miktarının 35gr/ton olduğu gözlemlenmiştir. 35 gr/ton flokülant ile yapılan deneylerde çökme hızı ortalaması, SNF Flocculant çözeltisi 0,522 mm/sn iken, HYDROFLOC çözeltisi 0,398 mm/sn olmuştur. Pülp içindeki katı malzemelerin çöktürülmesinde SNF Flocculant ticari markalı flokülant daha iyi bir performans göstermiştir.
- Her iki flokülasyon deneyinde de 35 gr/ton flokülant miktarının uygun sonuç verdiği görülmüştür.
- 49 gr/ton – 56 gr/ton flokülant ilavesiyle çökme başta hızlı olsa da, 3. dakikadan itibaren 35 gr/ton flokülant ilavesi ile aynı değerler göstermiştir. Fazla sarfiyatın olumsuz etkileri düşünüldüğünde 35 gr/ton flokülant miktarının uygun bir sonuç olduğu söylenebilir.

### **Öneriler :**

- Elek altı numunesi ve triyaj ara ürün ile yapılan deneylerden elde edilen sonuçlara göre, işletmede yapılacak yatırımlarla değerlendirilebileceği görülmüştür. Bu ürünlerin değerlendirilebilmesi için kırma-eleme-manyetik ayırmadan oluşan bir sistem kurmak yeterli gözükmektedir. Önerilen sistemin akım şeması Şekil 5.19'da verilmiştir.
- Yapılan flokülant deneyleri sonucunda elde edilen veriler ve mevcut atık su havuz kapasitesi göz önüne alınarak bir tikiner dizaynı yapılmıştır. Bu hesaba göre çapı 4 metre, yüksekliği 2 metre ve yaklaşık alanı 11,62 metre<sup>2</sup> ölçülerinde bir tikinerin yeterli olabileceği gözükmektedir.
- Kurulacak tikiner ile, işletmenin temiz su ihtiyacı karşılanabilecek, çöken katı malzemeler pres filtreden geçirildikten sonra kolayca nakledilebilir hale gelecektir.



Şekil 5.17 Triyaj Ara Ürün ve 20 mm Elek Altı Ürünlerin Kazanılması İçin Önerilen Sistemin Akım Şeması.

## KAYNAKLAR

1. Alptekin, A.M., 2006, “Doğal Taş Atıklarının Flokülasyon/Koagülasyon Yöntemiyle Arıtılması”, Yüksek Lisans Tezi, Afyon.
2. Çetintaş, E., 2006, “Magnesit A.Ş. Atıklarından Manyezit Cevherinin Kazanılması”, Gravimetrik Ayırma Çözümlenmeleri Dönem Ödevi, Eskişehir.
3. DPT, 1995, “Seramik-Refrakter-Cam Hammaddeleri”, VII. Beş Yıllık Kalkınma Planı Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.
4. DPT, 2001, “Toprak Sanayi Hammaddeleri”, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.
5. DPT,2007, “Madencilik”, Dokuzuncu Kalkınma Planı 2007/2013 Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.
6. Erdoğan, N., Yıldız, R.,1995, “Manyezit ve Bazik Refrakter Malzeme Teknolojisi”, Kütahya
7. Gence,N., Özbay, N., Yerel, S., 2006, “Magnezit ve Dolomit Minerallerinin Elektrokinetik Potansiyeli ile pH Arasındaki İstatistiksel İlişki”, Anadolu Üniversitesi Bozüyük Meslek Yüksekokulu, Bilecik.
8. Gregory, J., 1989, “Fundamental of Flocculation”, Critical Reviews in Environmental Controls,
9. İnel, İ., 1999, “ Teknoloji ve Refrakter Hammaddeler”, MTA dergisi, Ankara.
10. Kaya, M., 1993, “Magnezit ve Bazik Refrakter Teknolojisi”, Anadolu Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayın No:57, Eskişehir.
11. Kaya, M., 1998, “ Flotasyon El Kitabı 1”, Anadolu Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayın No:56, Eskişehir.
12. MMO, 2002, “Madencilik Sektörü 2002”, Maden Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara.



13. MMO, 2004, “Madencilik Ürünleri İstatistikleri”, Maden Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara.
14. Ruerhwein, R.A., Ward, A., 1952, “Mechanism of Clay Aggregation by Polielectrolytes”, Soil Sci., 73, 485-492.
15. <http://www.die.gov.tr>
16. <http://www.kumasref.com.tr>
17. <http://www.maden.org.tr>
18. <http://www.minteq.com>