



**KROMUN ZENGİNLEŞTİRME TESİS
ATIKLARINDAN GERİ KAZANIMINDA
KNELSON GRAVİTE KONSANTRATÖRÜN ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS

Bilgin BOZKURT

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Zehra Ebru SAYIN

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Ağustos, 2017

Bu tez çalışması 15.FEN.BİL.28 numaralı proje ile BAPK tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KROMUN ZENGİNLEŞTİRME TESİS ATIKLARINDAN
GERİ KAZANIMINDA KNELSON GRAVİTE
KONSANTRATÖRÜN ETKİSİ

Bilgin BOZKURT

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Zehra Ebru SAYIN

MADEN MÜHENDİSLİĞİ

Ağustos 2017

TEZ ONAY SAYFASI

Bilgin BOZKURT tarafından hazırlanan “ Kromun Zenginleştirme Tesis Atıklarından Geri Kazanımında Knelson Gravite Konsantratörün Etkisi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 07/08/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr Zehra Ebru SAYIN

Başkan : Yrd. Doç. Dr. Zehra Ebru SAYIN
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Üye : Yrd. Doç. Dr. Muhammed Fatih CAN
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Üye : Yrd. Doç. Dr. Özlem KAYA
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
...../...../..... tarih ve
.....sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....

Prof. Dr. İbrahim EROL

Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

07/08/2017


Bilgin BOZKURT

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KROMUN ZENGİNLEŞTİRME TESİS ATIKLARINDAN GERİ KAZANIMINDA KNELSON GRAVİTE KONSANTRATÖRÜN ETKİSİ

Bilgin BOZKURT

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Zehra Ebru SAYIN

Bu araştırmada, krom zenginleştirme tesisi sallantılı masa atıklarından kromun geri kazanımında, yoğunluk farkı bulunan ve ince tane boyutundaki malzemelerde etkili olan, santrifüj kuvvete sahip Knelson Gravite Konsantratör kullanılmıştır.

Araştırma kapsamında, 1 mm tane boyutunun altında, % 2,28 Cr_2O_3 tenörlü atıkla çalışılmıştır. Araştırmada, 3 farklı G kuvveti (90 G, 120 G ve 150 G), 2 psi, 4 psi, 6 psi ve 8 psi su basıncı seviyelerinde, 4 farklı tane fraksiyonunda ve % 25 - 30 katı/sıvı oranında deneyler yapılarak optimum çalışma koşulları belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan denemeler sonucunda, optimum çalışma koşullarına; - 212 mikron tane boyutlu malzeme için; 90 G santrifüj kuvvetinde, 8 psi su basıncında, % 21,5 Cr_2O_3 tenör ve % 73,18 verimle, ve yine aynı tane boyutunda, 120 G santrifüj kuvveti, 8 psi su basıncında, % 19,7 Cr_2O_3 tenör, % 69,99 Cr_2O_3 verimle bir ön konsantre elde edilmiştir.

2017, vii + 50 sayfa

Anahtar Kelimeler: Krom, Kromit, Knelson Gravite Konsantratör.

ABSTRACT
M.Sc.Thesis

THE IMPACT OF KNELSON GRAVITY CONCENTRATOR ON RECOVERY OF
CHROMIUM FROM ENRICHMENT PLANT WASTES

Bilgin BOZKURT

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mining Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Zehra Ebru SAYIN

In this study, the Knelson Gravity Concentrator possessing to centrifugal force, which is in recovering chromium from shaken table device wastes of chromium enrichment plant, effective in materials in having density difference and in fine grain size, was used.

Within the scope of the research, 2.28 % Cr_2O_3 grade wastes were used under 1 mm grain size. In the study, experiments were carried out at 3 different G forces (90 G, 120 G and 150 G), under the 2 psi, 4 psi, 6 psi and 8 psi water pressures, 4 different grain fractions and at 25 - 30 % solid/liquid proportion to be determined. At the end of the tests, optimum operating conditions, - 212 micron grain size material; 90 G, under the 8 psi water pressure, 21.5 % Cr_2O_3 grade and 73.18 % recovery, with the same grain size, 120 G force, under the 8 psi water pressure, 19.7 % Cr_2O_3 grade, 69.99 % Cr_2O_3 recovery pre concentrated.

2017, vii + 50 pages

Keywords: Chrome, Chromite, Knelson Gravity Concentrator.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması süresince bilgi, birikim ve deneyimlerini asla esirgemeyen, aynı zamanda ilgisini üzerimden eksik etmeyen sayın hocam Yrd. Doç Dr. Zehra Ebru SAYIN'a sonsuz teşekkür ederim.

Yüksek Lisans çalışmamı, 15.FEN.BİL.28 numaralı proje ile maddi olarak destekleyen Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne (BAPK) desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Manevi desteklerini esirgemeyen, hep sabırla yanımda olan ve beni bugünlere getiren rahmetli babam Hasan Hüseyin BOZKURT' a, annem Gülay BOZKURT' a, kardeşim Cansu BOZKURT' a ve eşim Fatma BOZKURT' a teşekkür ederim.

Bilgin BOZKURT

AFYONKARAHİSAR, 2017

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	2
2.1 Kromun Kimyasal Özellikleri	3
2.2 Kromun Fiziksel Özellikleri	4
2.3 Krom Mineralleri	5
2.4 Kromit Yataşları	6
2.5 Türkiye’ de Krom Yatakları	6
2.6 Türkiye’ de Krom Tüketim Alanları ve Ürün Standartları	10
2.7 Kromun Kullanım Alanları	13
2.8 Kromun Üretim Yöntemleri ve Teknolojileri	15
2.9 Kromit Zenginleştirme	17
2.9.1 Araştırmada Kullanılan Cihaz: Knelson Gravite Konsantratör ve Özellikleri	19
2.10 Literatür Çalışmaları	26
3. MATERYAL ve METOT	28
3.1 Numune Alma	28
3.2 Karakterizasyon Çalışmaları	29
3.3 Deneysel Çalışmaların Tasarlanması	32
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	37
4.1 Zenginleştirme Çalışmaların	37
4.2 Sonuçların Karşılaştırılması	44
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	46
6. KAYNAKLAR	48
ÖZGEÇMİŞ	50

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Cr_2O_3	Kromit
SiO_2	Silisyum dioksit
Al_2O_3	Aluminyum oksit
Na_2CO_3	Sodyum karbonat
FeO	Demir oksit

Kısaltmalar

BDT	Bağımsız Devletler Topluluğu
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
MGS	Multi Gravite Seperator
XRF	X - Ray Fluorescence
XRD	X - Ray Diffractometer
KGS	Knelson Gravite Konsantratör

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Kromit minerali.....	3
Şekil 2.2 Türkiye krom rezerlerinin bölgelere göre dağılım oranları.....	9
Şekil 2.3 Türkiye krom yatakları.....	10
Şekil 2.4 Knelson Gravite Konsantratör görseli ve çanak yapısı.	21
Şekil 2.5 Knelson Gravite Konsantratör görseli ve şematik görünümü (lab. tip).	22
Şekil 2.6 Knelson Gravite Konsantratör düşey kesiti.....	23
Şekil 2.7 Deneylerde kullanılan lab. tip Knelson Gravite Seperator (MD3 Model).	23
Şekil 2.8 Knelson Gravite Seperatorde çalışma düzeneği	24
Şekil 3.1 Numunenin alındığı maden işletmesinin yeri.....	28
Şekil 3.2 Katlı sallantılı masa.....	28
Şekil 3.3 Sallantılı masa konsantre ayrımı.....	29
Şekil 3.4 Atık numunenin XRD cihazı ile belirlenen mineralojik bileşimi.	30
Şekil 3.5 Tane boyutuna bağlı tenör - dağılım eğrileri.....	32
Şekil 3.6 Deneylerin genel akım şeması.....	33
Şekil 3.7 Bilyalı değirmende öğütme sürelerine göre elek altı oranı grafiği.	34
Şekil 3.8 Knelson Gravite Konsantratör çanağında malzeme yerleşmesinin şematik görünümü	35
Şekil 4.1 Knelson Gravite Konsantratör çanağında biriken krom görseli.	37
Şekil 4.2 + 500 μ 'dan, - 212 μ ' a öğütülerek yapılmış KGS deney sonucu görselleri... 38	
Şekil 4.3 - 500 μ + 212 μ tane fraksiyonlu numunenin KGS deney sonucu görünüm	40
Şekil 4.4 - 500 μ + 212 μ (- 212 μ 'a öğütülmüş) KGS deney sonuçlarının görselleri. .41	
Şekil 4.5 - 212 μ 60 G' de KGS deney sonuçlarının karşılaştırmalı görünüm	43
Şekil 4.6 - 212 μ 90 ve 120 G' de KGS deney sonuçlarının karşılaştırmalı görünüm	43

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Krom elementinin fiziksel ve kimyasal özellikleri	4
Çizelge 2.2 Kromit mineralinin fiziksel özellikleri	5
Çizelge 2.3 Başlıca krom cevheri mineralleri ve özellikleri	5
Çizelge 2.4 Kromitin yataşları.....	6
Çizelge 2.5 Dünya krom cevheri üretimi, rezervler ve baz rezervler	8
Çizelge 2.6 Dünya krom üreticisi ülkeler	8
Çizelge 2.7 Metalürji sanayinde aranan krom bileşimi özellikleri.....	11
Çizelge 2.8 Metalürji sanayinde kullanılan ticari bazda aranan özellikler	12
Çizelge 2.9 Refrakter sanayinde aranan krom konsantresinin özellikleri.....	12
Çizelge 2.10 Kimya sanayinde aranan krom konsantre özellikleri	13
Çizelge 2.11 Türkiye’de üretilen krom cevherlerinin özellikleri ve kullanım alanları ..	15
Çizelge 2.12 Knelson ayırıcısı değişik modelleri ve özellikleri.....	5
Çizelge 3.1 Krom atığının XRF cihazı ile alınan kimyasal analiz sonuçları.	30
Çizelge 3.2 Tane fraksiyonuna göre kimyasal analiz sonuçları	31
Çizelge 3.3 Tane fraksiyonuna göre etkin veriler.	31
Çizelge 3.4 Numunenin elek metal dağılımı.	32
Çizelge 3.5 + 500 μ boyutlu numunenin öğütme süresine bağlı elekaltı oranı.....	34
Çizelge 3.7 Knelson Gravite Konsantratörü ile çalışma parametreleri.	35
Çizelge 4.1 + 500 μ ’ un - 212 μ ’ a öğütülerek kullanıldığı KGS deney sonuçları	39
Çizelge 4.2 - 500 μ + 212 μ tane fraksiyonlu numunenin KGS deney sonuçları.	41
Çizelge 4.3 - 500 μ + 212 μ tane fraksiyonunun - 212 μ ’ a öğütülerek kullanıldığı KGS deney sonuçları	42
Çizelge 4.4 - 212 μ tane fraksiyonlu numunenin kullanıldığı KGS deney sonuçları.....	44
Çizelge 4.5 - 212 μ tane boyutunda elde edilen optimum sonuçların kimyasal analiz sonuçları ile karşılaştırılması	45

1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte üretilen nitelikli makina ve teçhizatlar sayesinde madencilik sektörü de daha verimli ve etkin şekilde üretim yapmaya başlamıştır. Düşük tenörlü cevherlerin üretimi, düşük verimle üretilen malzemelerin daha yüksek verimlerle elde edilmesi gibi etkin sonuçlar ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte sektör ve araştırmacılar tarafından atıkların azaltılması, atıklardan değerli minerallerin geri kazanımı, çevre dostu üretimler gibi madencilik sektörünü kapsayan çalışmalar ve araştırmalarda yapılarak endüstriye ve çevre sağlığına etkin çözümler ortaya konmaya çalışılmaktadır.

Ülkenin ekonomisini doğrudan etkileyen üretim sektörlerinden biri ve belkide en önemlileri arasında olan madencilik sektörü çeşitli sektörlerle hammadde girdisi sağlamakta hatta üretim planlaması yaptırmaktadır. Öyleki nüfus artışıyla birlikte tüketimin artması ve bu duruma bağlı olarak talep artışı gündeme gelmiştir. Talep artışı ise üretim kapasitelerinin artmasını gerektirmiştir. Hammaddeye ihtiyaç arttığından var olan kaynaklarında etkin şekilde değerlendirilmesinin gerekliliğini gündeme getirmiştir.

Türkiye nüfusunun sürekli artışına paralel olarak artan tüketim anlayışı, yeniden oluşması kısa sürede mümkün olmayan maden kaynaklı hammaddelerin hızla azalmaya başlaması, mevcut kaynakların daha ekonomik biçimde kullanılabilirliğini gündeme getirmiştir. Aynı zamanda, endüstriyel üretim işlemlerine bağlı olarak oluşan atık maddeler geleceğin en büyük sorunudur. Atık maddelerin miktarı her geçen gün artmakta, depo edileceği alanlar ise azalmaktadır. Bu atık malzemelerin endüstriye yeniden kazandırılması bu sorunun en önemli çözüm yollarından biridir. Çevre dostu yöntemler ve endüstriyel atıklardan elde edilen hammadde girdisinin popülaritesinin artması yeni araştırmaları gerektirmektedir. Bu kapsamda atıklardan değerli kısımların geri kazanılması önem arz etmektedir.

Çalışmada, krom tesisi sallantılı masa atığı içeriğinde yeralan kromun Knelson Gravite Seperatör ile geri kazanımı araştırılmıştır. Ardından elde edilen bulgular ile tesis performansı değerlendirilmiştir.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

Krom doğada filizleri çok olan bir madendir. Fransız kimyacı Vauquelin tarafından Sibirya'da 1797 yılında bir kurşun filizi içinde bulunmuştur. Kromun bileşikleri (zümrüt, yakut, safir vb) güzel renklerde olduğu için ona bu ad verilmiştir (Yunanca khroma, renk demektir).

Kromit siyah renkli, yarı metal parlaklığında kübik kristal şekilli bir mineraldir. Benzer minerallerden çizgisinin veya tozlarının kahverengi oluşu ve tabiattaki bulunuş durumu ile ayırt edilmektedir. Kromitin erime noktası 1890 °C, kaynama noktası ise 2480 °C'dir.

Kromit havaya karşı çok dayanıklıdır, nemli havada bozulmaz. Bu niteliğinden dolayı, paslanma olasılığı düşüktür. Büyük madenlerden birçoğu ince krom tabakası ile kaplanmaktadır.

Krom, doğada genellikle kristal halde bulunmaktadır. Dünyanın katılaşması sırasında ilk kristalleşen elementlerden biridir. Krom filizi Kromit adını taşır, krom taşı demektir. Çoğunlukla kayalar içinde ince kristaller halinde bulunmaktadır. Kromun birçok filizi bilinmektedir; bunlardan zümrüt, yakut ve safir değerli taşlar olduğundan süs eşyası yapımında kullanılmaktadır. Ama en yaygın krom filizi kromittir.

Krom en başta demiri sertleştirmekte kullanılmaktadır. Krom - Demir alaşımı çok sert olduğundan, ege gibi aşındırıcı aletlerin yapımında ilave edilmektedir. Krom - Nikel alaşımının katıldığı demir ise çok dayanıklı ve esnek bir çelik vermektedir. Bunlardan çeşitli makine parçaları, zırhlar, köprüler, elektrik dirençleri yapılmaktadır.

Krom-Volfram alaşımları ise çok daha serttir, özellikle sert malzemeyi işlemek için kullanılan uçların yapımında kullanılmaktadır. Bu bileşikler 2, 3, 5, 6, 7 değerlidir. Bunlardan krom 2 bileşikleri mavi, krom 3 bileşikleri yeşil, krom 6, 7 bileşikleri sarı, turuncu ve kırmızı renkte olmaktadır. Bu niteliklerinden dolayı krom bileşikleri boya sanayinde de geniş ölçüde kullanılmaktadır.

Harmancık (Bursa) dünyada ilk bulunan krom yataklarındandır. 1848 yılında Amerika'lı jeolog Lawrance Smith tarafından Kozluca Köyü ile Doğanlar Köyü arasındaki koca madende bulunmuştur. Üretim ise 1868 yılında başlamıştır. Çıkarılan bu kromlar develerle Bursa'nın Mudanya ilçesindeki limana taşınmıştır. Harmancık krom yatakları genelde masif cevherlerden oluşmaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Kromit minerali.

2.1 Kromun Kimyasal Özellikleri

Krom cevherinin kimyasal bileşimi cevherin sanayideki kullanım alanlarını belirlemektedir. Kimyasal analizlerde SiO_2 , Cr_2O_3 ve Al_2O_3 yüzdeleri ve Cr/Fe oranı çok belirleyici olmaktadır. Kromit mineralinin doğada bilinen en yüksek Cr_2O_3 içeriği % 68'dir. Krom cevherinin endüstrideki kullanım alanlarına göre kimyasal bileşimi ve fiziksel özellikler ile ilgili sınırlamalar söz konusudur. Teknolojik gelişmelere uygun olarak cevherin kimyasal bileşiminden kaynaklanan kullanım sınırlamaları giderek daha esnek hale gelmektedir. Kimyasal cevher olarak tanımlanan yüksek demirli krom cevheri, gelişen teknolojiyle artık metalurji sanayinde de kullanılabilir (Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) 2001).

2.2 Kromun Fiziksel Özellikleri

Kromit minerali ve krom yatakları kökensel olarak ilişkili oldukları ultrabazik kayalar içinde bulunurlar. Ultrabazik kayanın (dunit, serpantinit) oluşturduğu hamura (gang) gömülü kromit kristalleri krom cevherini oluşturmaktadır. Ultrabazik hamur malzemesi içinde kromit kristallerinin ve/veya tanelerinin bulunuş yoğunluğu, sergiledikleri doku ve yapı özellikleri krom cevherinin masif, saçılmış (dissemine), nodüllü, orbiküler, bantlı, masif bantlı ve dissemine bantlı gibi nitelendirilmelerini sağlamaktadır. Mg, Cr, Fe, Al elementleri kromit mineralini oluşturan elementler olmakla birlikte, gang minerallerinden kaynaklanan silis de krom cevheri analizlerinin ayrılmaz bir parçasıdır (Çizelge 2.1) (DPT 2001).

Çizelge 2.1 Krom elementinin fiziksel ve kimyasal özellikleri (Turgut 1995).

Parametre	Özellik
Sembol	Cr
Atom Numarası	24
Atom Ağırlığı	51,996
Atom Çapı	1,18 Å
Elastisite Modülü	19.000 kg/mm ²
Ergime Noktası	1.857 ± 20 °C
Kaynama Noktası	2.672 °C
Özgül Ağırlığı	7,18 - 7,20 g/cm ³ (20 °C' de)
Özgül Isı	0,108 cal/g

Kromit mineralinin özgül ağırlık, sertlik, renk manyetik duyarlık gibi fiziksel özellikleri Çizelge 2.2' de verilmiştir. Çizelgeden de anlaşılacağı üzere özgül ağırlığı 4,1 - 4,9 g/cm³ arasında değişmektedir.

Çizelge 2.2 Kromit mineralinin fiziksel özellikleri (Turgut 1995).

Parametre	Özellik
Özgül ağırlığı	4,1 - 4,9 g/cm ³
Sertliği	5,5
Rengi	Parlak siyah
Çizgi rengi	Kahverengi
Genelde manyetik özellik taşımaz.	-

2.3 Krom Mineralleri

Krom elementi ihtiva eden ancak ekonomik olarak önem taşıyan tek mineral kromittir. Çizelge 2.3’ de kromit ve diğer krom cevher minerallerine ait özellikler verilmiştir.

Çizelge 2.3 Başlıca krom cevheri mineralleri ve özellikleri (Deniz 1992).

Mineral Adı	Cr ₂ O ₃ (%)	Kristal Sistemi	Renk	Çizgi Rengi	Sertlik (Mohs)	Yoğunluk (g/cm ³)
Kromit	68	Kübik	Gri- Kahve	Koyu Kahve	5,5	4,1 - 4,9
Uvarovit	30,6	Kübik	Zümrüt Yeşili	-	7,5	3,4 - 3,5
Crocoit	30,1	Monoklinik	Sarı Kırmızı	Turuncu	2,5 - 3	5,9 - 6,1
Daubrejite	53,1	-	-	-	-	-
Dietzeite	15,3	Monoklinik	Altın sarısı	-	3 - 4	3,7
Phoeni cochroite	17,5	Ortorombik	Sarı- Kırmızı	Tuğla Kırmızısı	3	5,7
Belitle	17,3	Hexagonal	Sarı- Turuncu	-	2,5	5,5
Kemererit	-	-	Kırmızı - Pembe	-	-	-

2.4 Kromit Yantaşları

Kromitteki gang minerallerin oranı % 5 - 25 arasında değişmektedir; Kromit cevherinin sıcaklığa dayanıklılığı, düşük sıcaklıkta (1650 °C) eriyen yantaşlarının miktarına ve türüne bağlıdır. Saf kromit ($\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$) oksidasyon ve redüklenmeden dolayı, genellikle ergimeden dekompoze olmaktadır (Gence, 1985). Çizelge 2.4’ de kromit yanında en sık rastlanan yantaşları verilmiştir.

Çizelge 2.4 Kromitin yantaşları (Deniz 1992).

Kromit Yantaşları	Kimyasal Formülü	Sertlik (Mohs)	Yoğunluk (g/cm^3)
Serpantin	$3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	3 - 4	2,6
Olivin	$2(\text{Mg, Fe})\text{O} \cdot \text{SiO}_2$	7	3,2 - 4
Kloritler	$5(\text{Mg, Fe})\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	-	-
Feldspatlar	$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	-	-
Proksen Diopsit	$\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$	-	-
Enstatit	$\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$	-	-
Bronzit	$(\text{Mg, Fe})\text{O} \cdot \text{SiO}_2$	-	-

2.5 Türkiye’de Krom Yatakları

Krom yataklarının içinde bulunduğu peridotit genel adıyla anılan ultrabazik kayalar Türkiye’de geniş alanlar kaplamaktadır. Peridotitler, ofiyolit topluluğuna ait kayalar olup Alp orojen kuşağı boyunca yerleşmişlerdir. Türkiye’de bulunan peridotitler ve bunlar içinde bulunan krom yatakları Alpin tip (podiform tip) olarak sınıflandırılmışlardır. Alpin tip krom yataklarının sergiledikleri karmaşık yapı ilişkileri, doku özellikleri ve nispeten küçük boyutlu oluşları bunların belirgin özellikleridir.

Krom yatakları genelde mercek, bant veya düzensiz şekilli kütlelerden oluşmaktadır. Kromitit kütlelerinin boyu birkaç santimetreden, 100 m’ yi geçen uzunluğa kadar

ulaşabilmekteyse de genelde bu uzunluk 4 - 5 m kadardır. Kalınlıklarının ise bazı hallerde 5 m' yi geçebildiği biliniyorsa da bu değer genelde 2 - 3 m kadardır.

Alpin tip krom yataklarında kromititin Cr_2O_3 tenörü stratiform tiptekilere göre daha geniş bir aralıkta değişmekte, buna karşılık FeO (toplam demir) içeriği fazla değişiklik göstermemektedir. Bu tür yataklardan üretilen krom cevheri genel olarak metalurji ve refrakter sanayilerinde kullanılmaktadır. Türkiye'de krom yatakları belirgin bir dağılım düzeni göstermeksizin ultrabazik kayalar içinde ülke geneline yayılmış durumdadır. Türkiye'de 800 kadar tek veya grup halinde krom yatağı ve krom cevheri zuhuru bilinmektedir.

Coğrafi yönden krom yataklarının dağılımını 6 bölgede toplamak mümkündür. Bunlar önem sırasına göre şöyle verilebilir:

- a) Guleman (Elazığ) yöresi
- b) Fethiye - Köyceğiz - Denizli yöresi
- c) Bursa - Kütahya - Eskişehir yöresi
- d) Mersin - Karsantı - Pınarbaşı yöresi
- e) Erzincan - Kopdağ yöresi
- f) İskenderun - Kahramanmaraş yöresi.

Bu altı bölgenin dışında da dağınık bazı krom yataklarının bulunduğu bilinmektedir. Dünyada ilk krom cevheri üretimi 1797 yılında Ural' larda yapılmıştır. Türkiye' de krom cevherinin ilk kez 1848 yılında Harmancık (Bursa) yöresinde bulunduğu bilinmektedir. Krom cevherinin bulunuşuyla birlikte Türkiye dünya krom pazarlarında önemli bir yere sahip hale gelmiştir (Çizelge 2.5 ve 2.6).

Çizelge 2.5 Dünya Krom Cevheri Üretimi, Rezervler ve Baz Rezervler* (x1000 ton) (USGS 2002).

Ülkeler	Maden Üretimi		Rezervler	Baz Rezervler
	2000	2001		
ABD	-	-	-	10.000
Hindistan	1.500	1.500	26.000	56.000
Kazakistan	2.610	2.300	320.000	320.000
Güney Afrika	6.620	5.400	3.000.000	5.500.000
Türkiye (1)	1000	500	8.000	20.000
Diğer Ülkeler	2.640	2.300	250.000	1.600.000
Dünya Toplamı	14.400	12.400	3.600.000	7.600.000

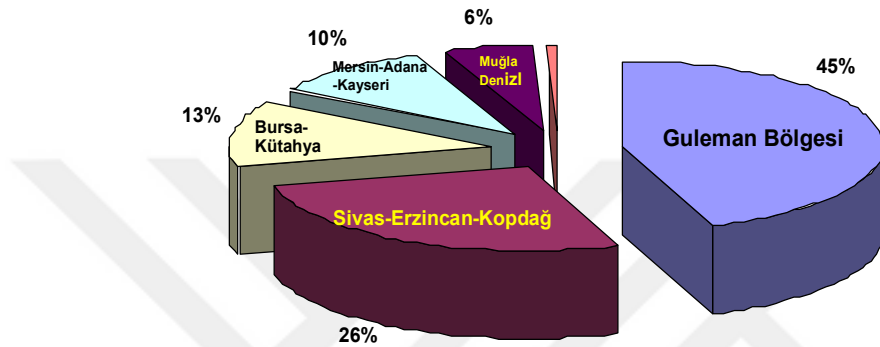
*Rezerv bazı günün koşullarında ekonomik rezervi, ekonomiklik sınırının biraz üstünde (marjinal) ve biraz altında (sub-ekonomik) olan kaynakları içermektedir (Madencilik Özel İhtisas Komisyonu 2001).

Türkiye’ de krom cevheri, ferrokrom ve krom kimyasalları üretimi ağırlıkla ihracata yönelik olarak yapılmaktadır. Bu nedenle krom madenciliği dış pazarlarda oluşan fiyat dalgalanmalarından büyük ölçüde etkilenmektedir. Pazar koşullarının elverişli olmadığı yıllarda üretim düşmekte, fiyatların uygun olduğu yıllarda ise artmaktadır. Üretim 1995 yılında 2 080 043 tona kadar ulaşmış olmakla birlikte, Türkiye de son 25 yılın ortalaması bir milyon ton kadar olmuştur (Şentürk 2009).

Çizelge 2.6 Dünya krom üreticisi ülkeler (DPT 2001).

KİTALAR	ÜLKELER
Avrupa	Finlandiya, Yunanistan, Yugoslavya Slovenya, Makedonya, Hırvatistan
Afrika	Mısır, Madagaskar, Güney Afrika Sudan, Zimbabve
Asya	Kıbrıs, Hindistan, İran, Japonya, Pakistan, Filipinler, Tayland, Myamar, Umman
Amerika	Arjantin, Brezilya, Kolombiya
Okyanusya	Avustralya, Yeni Kaledonya
Diğer Ülkeler	Arnavutluk, Kazakistan, Rusya Vietnam, Küba

Türkiye krom yatakları ile ilgili rezerv bilgilerinin çok sınırlı olmasına karşın, Türkiye pazar koşullarının uygun olduğu durumlarda, bugüne kadar talebi karşılamakta pek sıkıntı çekmemiştir. Üretilen düşük tenörlü krom cevherleri ülkenin çeşitli kesimlerinde kurulu bulunan konsantre tesislerinde zenginleştirildikten sonra pazarlanmaktadır (Şekil 2.2). Krom cevheri fiyatları dünya arz - talep dengesine göre oluşmakta olup, ferrokrom alış fiyatına göre krom cevheri fiyatları hesaplanmaktadır.

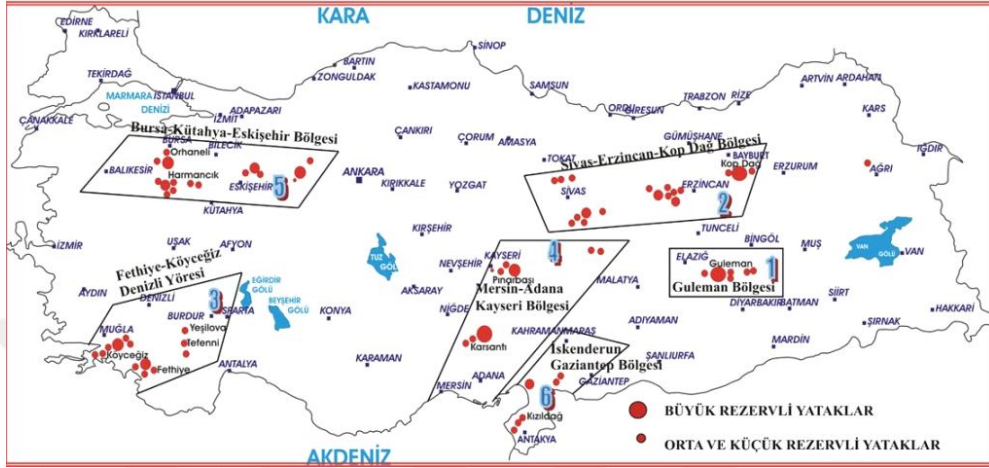


Şekil 2.2 Türkiye krom rezervlerinin bölgelere göre dağılım oranları.

MTA Genel Müdürlüğü, Maden Etüt ve Arama Dairesi bünyesinde, 145 krom yatağında yapılan çalışmalar sonucu, gerek kendisinin derlediği veriler ve gerekse işletmeciler kuruluşlardan derlenen verilerin değerlendirilmesi sonucu % 20 den daha fazla Cr_2O_3 içerikli krom rezervi yaklaşık 26 milyon ton olarak verilmektedir. Krom rezervleriyle ilgili bilgilerin yetersizliğine karşın bugüne kadar, dünya krom pazarlarında olumlu gelişmelerin olduğu dönemlerde Türkiye krom üreticileri artan talebi karşılamakta sıkıntı çekmemişlerdir. Öte yandan, Aladağ (Adana) yöresinde MTA'nın, daha sonra da Etibank'ın arama çalışmaları sonucunda % 5,60 Cr_2O_3 tenörlü 198 100 000 ton düşük tenörlü krom cevheri rezervi ortaya konmuştur. Arama çalışmalarının, Etibank'ın ruhsat sahasının dışına taşırılması durumunda, bu rezerv rakamının daha da artabileceği ve 400 000 000 tona ulaşabileceği düşünülmektedir (MTA 2003).

Ülkemizin krom üretimi açısından en önemli bölgesi Guleman (Elazığ) dır. Batı - Doğu Kef, Sori, Tepebaşı, Uzundamar, gibi önemli ocaklardan parça ve konsantre cevher elde edilmektedir. Üretim yönünden ikinci öncelikli bölge Erzincan - Kopdağ yöresidir. Büyük Ezan (Kopdağ) krom yatağından 1981 - 1993 yılları arasında ortalama 300 bin

ton/yıl cevher üretilmiştir. Bununla birlikte, Eskişehir - Kavak Kromları (Çamaşırılık Ocakları) ile Bursa - Orhaneli ve Harmancık yörelerinden de önemli miktarlarda üretimler söz konusudur (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Türkiye krom yatakları.

2.6 Türkiye’de Krom Tüketim Alanları ve Ürün Standartları

Krom cevherleri ticari olarak yalnızca Cr_2O_3 içeriklerine bakılarak sınıflandırılabilirdiği gibi, kimyasal bileşimleri ve fiziksel özellikleri dikkate alınarak da sınıflandırılabilir. Sadece Cr_2O_3 içeriklerine bakıldığında; birinci, ikinci ve üçüncü kalite şeklinde sınıflandırılırlar.

Cr_2O_3 içeriği % 40’ dan az olanlar (3. kalite),

Cr_2O_3 içeriği % 40 - 46 arasında olanlar (2. kalite),

Cr_2O_3 içeriği % 46’ dan fazla olanlar (1. kalite)

Element içerikleri dikkate alınarak kimyasal bileşimleri ve fiziksel özelliklerine göre metalurji, kimya, refrakter ve döküm endüstrilerinde kullanıma uygun cevherler diye ayrıca sınıflandırılırlar (Şentürk 2009).

Krom cevherinin kimyasal bileşimini, kromit mineralinin kimyasal bileşimi ile kromitin içinde bulunduğu ve genelde olivin, piroksen ve serpantin minerallerinden oluşan

gangın kimyasal bileşimi kontrol etmektedir. Cr, Al, Fe +3, Fe +2 ve Mg, kromit mineralinden kaynaklanan; Si, Mg, Ni ve Ca ise gangdan kaynaklanan elementlerdir (Şentürk 2009).

Krom cevherinin kimyasal bileşimi incelenirken Cr_2O_3 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , MgO , ve SiO_2 değerlerinin dikkate alınması gerekir. Öte yandan, oran olarak az bulunmalarına karşın Ca, P ve S içeriklerinin de, krom cevherinin kullanım alanlarını etkileyen elementler olarak ayrıca incelenmesi gerekebilir (Şentürk 2009).

Metalurji sanayinde kullanılan krom cevherinin ticari bazda kimyasal ve fiziksel özellikleri Çizelge 2.7 ve 2.8’ de verilmiştir.

Çizelge 2.7 Metalurji sanayinde aranan krom bileşimi özellikleri (DPT 2001).

Kimyasal Özellikler	Fiziksel Özellikler
Cr_2O_3 % 46 - 48	Tane Boyutu ; 0 - 2 mm
SiO_2 % 6 - 8	
Al_2O_3 % 8 - 15	
MgO % 15 - 20	
CaO % 0,5 - 2	
Cr/Fe 2,6 - 3 / 1	

Öte yandan, düşük karbonlu ferrokrom üretiminde Cr_2O_3 tenörünün % 46’ nın ve Cr/Fe oranının 3/1’ in üzerinde olması şartı hala geçerliliğini korumaktadır. Peletleme ve briketleme tekniklerinin krom cevherlerine de uygulanır hale gelmesi ve plazma teknolojisi, toz halindeki krom cevherlerinin ferrokrom üretiminde kullanılmasını sağlamıştır.

Çizelge 2.8 Metalurji sanayinde kullanılan ticari bazda aranan özellikleri (DPT 2001).

Kimyasal Özellikler	Fiziksel Özellikler
Cr ₂ O ₃ % 34 - 48	Parça boyu; 0 - 300 mm
SiO ₂ % 8 - 12	
Al ₂ O ₃ % 8 - 15	Toz (- 25 mm), en fazla % 25
MgO % 16 - 22	
CaO % 0,5 - 1	
P+S eser	
Cr/Fe 2 - 3 / 1	

Refrakter sanayinde kullanılan krom cevherinin Cr₂O₃ tenörünün % 30 - 40 arasında, Al₂O₃ içeriğinin % 25 - 32, Cr₂O₃ ve Al₂O₃ içerikleri toplamının (Cr₂O₃ + Al₂O₃) % 60, SiO₂ oranının ise % 10' un altında olması gerekir. Kırılıp elenerek çeşitli boyutlara ayrılan krom cevheri manyezitle karıştırıldıktan sonra kullanım yerine göre şekillendirilir ve pişirilerek krom manyezit tuğlaları oluşturulur. Kromitin yalnız başına refrakter malzeme olarak kullanılması durumunda SiO₂ oranının % 3' ün altında olması gerekir. Refrakter sanayinde kullanılan parça ve konsantre krom cevherinde ticari anlamda aranan özellikler Çizelge 2.9' da verilmiştir.

Çizelge 2.9 Refrakter sanayinde aranan krom konsantresinin özellikleri (DPT 2001).

Refrakter Parça	Refrakter Konsantre
Cr ₂ O ₃ % 48 (en az)	Cr ₂ O ₃ % 50 (en az)
SiO ₂ % 4 (en fazla)	SiO ₂ % 2 (en fazla)
0 - 300 mm boyut	0.5 - 4 mm boyut
(10 mm altı) % 10 - 15	

Cr₂O₃ içeriği % 42 ve daha fazla ve Cr/Fe oranı 2' nin altındaki kırılğan veya toz cevherler kimya sanayisinin geleneksel krom cevheri olarak tanımlanırlar. Kimya sanayinde kullanılan krom konsantresinde ticari anlamda aranan özellikler Çizelge 2.10' da verildiği gibi özetlenebilir.

Çizelge 2.10 Kimya sanayinde aranan krom konsantre özellikleri (DPT 2001).

Cr₂O₃	SiO₂	Cr/Fe	0 - 20 mm boyut
% 48 (baz)	% 6 - 7 (tipik)	3/1 (tipik)	

Dünya’da kromun kullanıldığı sektörlerle göre tüketim payı aşağıda verilmiştir (Ağaçayak 2004).

- Metalurji sanayi : % 50 - 60 tüketim payı
- Refrakter sanayi : % 20 - 25 tüketim payı
- Kimya sanayi: % 15 - 25 tüketim payı

2.7 Kromun Kullanım Alanları

Kromit, cevher ve konsantre ürün olarak birçok kullanım alanına sahiptir. Bunlar arasında refrakter, metalurji, kimya ve döküm kumu sanayileri sayılabilir. Metalurji bu alanlar içerisinde en önemli alandır. Metalurji sanayii içerisinde krom, yüksek karbon (C), orta (ara) karbon, düşük karbon, değişik tip ve özelliklere sahip ferrokrom (FeCr) ürünleri, silisli ferrokrom, metalik krom ürünleri olarak kullanılmaktadır. Bütün bu ürünler paslanmaz çelik, karbon çeliği, alaşımlı çelik ile süper alaşımların yapımında tüketilmektedir. Krom elementi, Metalurji sanayinde, sertleştirilme, darbelere dayanıklılık, aşınmaya, oksidasyona, akmaya, korozyona ve sürtünmeden doğan problemlerin karşılanmasına yönelik özelliklerin artırılması amacıyla kullanılmaktadır. Paslanmaz çelik, krom elementinin kullanıldığı ana ürün olup, mikroyapı ve kimyasal yapı açısından oldukça çeşitlilik gösterir. Korozyona ve oksidasyona karşı gösterdiği üst düzeyde dayanıklılık ve mekanik özellikler bakımından da değişik kompozisyonlara sahip olarak üretilebilir.

Paslanmaz çelik, alaşımlı çelikler olarak tanımlanabilir. En az % 10 Cr içerir. Bu sınır “pasifite” özelliğini sağlamak için gereklidir. % 10 oranı normal kullanımlar için söz konusu olup, korozyona karşı yüksek dayanıklılık için Cr içeriği artırılır. Ancak bu artış paslanmaz çelikte işlenme güçlüğü gibi sorunlar doğurabilir. Paslanmaz çelik östenitik ve ferritik olmak üzere ikiye ayrılır. Yüksek sıcaklıklarda demir çoğunlukla östenit biçimindedir ve çekilebilirliği yüksektir. Sıcaklığın düşmesi durumunda ise yapı

ferritiktir ve bu durumda ise dayanımı artar. Demire % 10.5 oranında Cr ilave edilmesi durumunda, şekillendirilmesi, işlenmesi, fabrikasyonu güç olan ve ferritik paslanmaz çelik adı verilen ürün elde edilir. Krom içeriği düştükçe östenit - ferrit dönüşüm sıcaklığı düşer. Östenit formu, paslanmaz çeliğin daha kullanışlı ve işlenebilir türü olup daha pahalıdır. Östenit formunun oda sıcaklığında korunabilmesi için, çeliğin % 18 Cr, % 8 Ni içermesi gerekmektedir. 302 ve 304 seri alaşımlar olarak bilinen ve % 18 Cr, % 8 Ni içeren ürünler, östenitik çeliğe en uygun fiyatlarda, üretim ve işleme niteliği kazandırılarak, paslanmaz çelikler arasında en çok aranan ürün olarak yer alırlar. Günümüzde kullanımı fazla olmayan ve 200 serisi olarak adlandırılan paslanmaz çelik, 300 serisinden daha az nikel içerir. 400 serisi çelikler esas olarak nikel içermezler ve bu özellikleri nedeniyle daha ucuzdur (Önal ve Özpeker 1995).

Ticari sodyum bikromat; piller, renk giderici ve yağlar, kimyasal ara maddeler, bakır alaşım proseslerinde, deri üretiminde, su işlenmesinde kullanılır. Alüminyum bikromat; renk sabitleyici, katalizör, manyetik bantlar için kromdioksit eldesinde, porselen yapımında, pirotekniklerde, litografik kalıpların işleme çözeltisi olarak kullanılır. Renklendiriciler, kromun kimya endüstrisinde en geniş kullanım alanıdır. Boya ve mürekkep imalinde renklendirici olarak kullanılan krom yeşili, krom oksit yeşili, krom sarısı, molibden turuncusu ve çinko kromat üretiminde tüketilirler.

Kromit; termal şoklara dayanıklı, curuf dayanımı ve yapısal mukavemeti olan, hacimsel duraylılık sağlayan, refrakter tuğla ve harç yapımında da kullanılmaktadır. Bu alanda daha az oranda kromoksit, krom karbid ve krom boritler de refrakter olarak kullanılmaktadır. Kromit refrakterlerinin başlıca uygulama alanları, demir - çelik endüstrisi, demirdışı alaşımları, cam ve çimento endüstrileridir. Kromit kumu ise dökümhanelerde ve demir dökümlerinde kalıp hazırlama işinde kullanılmaktadır. Döküm kumu olarak, silika kumuna avantajı daha yüksek refrakter özellik, ısı iletimi, metal penetrasyonuna direnç ve düşük genleşme katsayısıdır. Kromitten susuz kromyum iyodür veya saf kromik oksit, bu ürünlerden de % 99.996' lık krom metali elde edilir (Çizelge 2.11).

Çizelge 2.11 Türkiye’ de üretilen krom cevherlerinin özellikleri ve kullanım alanları (DPT 2001).

Cevher Çeşitleri	Cr ₂ O ₃ (%)	Cr/Fe	Boyut
Metalurjik Parça	34 - 40	(en az) 2.5/1	0 - 300 mm
Metalurjik Parça	40 veya üstü	(en az) 2/1	0 - 300 mm
Metalurjik Konsantre	46 - 48	(en az) 2.6/1	0 - 2 mm
Metalurjik Jig Ürünü	36 ve üstü	(en az) 2.5/1	0 - 25 mm
Kimyasal Konsantre	40 ve üstü	(en az) 1.5/1	0 - 2 mm
Refrakter Parça	(en az) % 48 Cr ₂ O ₃ , (en çok) % 4 SiO ₂		
Refrakter Parça	Cr ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃ = % 60 (en az), (en çok) % 4 SiO ₂		
Refrakter Konsantre	(en az) % 50 Cr ₂ O ₃ , (en çok) % 2 SiO ₂		
Döküm Kumu	Cr ₂ O ₃ (en az) % 44, SiO ₂ (en çok) % 4 Fe ₂ O ₃ (en çok) % 26, CaO (en çok) % 0,5		

2.8 Kromun Üretim Yöntemleri ve Teknolojileri

Türkiye’ de krom madenciliği başlangıç yıllarında daha çok sahil şeridine yakın, ulaşımı kolay kesimlerde mostra madenciliği şeklinde başlamıştır. İşletmeler, kromit bant ve merceklerinin kalınlıkları, tenörleri ve izlenebilir devamlılıklarına bağlı olarak mostra madenciliği ve açık işletmeciliğe dayandırılmış, ileri aşamada da yeraltı işletmeciliğine dönüştürülmüştür.

1950’ li yıllara kadar Türkiye’de krom madenciliği genelde mostra veya açık işletme madenciliği şeklinde yapılmıştır. Açık işletme yöntemleriyle alınabilecek krom cevherlerinin giderek azalması karşısında 1960’ lı yıllardan başlayarak, krom yataklarının yeraltı madencilik metodlarıyla işletilmeleri giderek artmaya başlamıştır. Bugünlerde Türkiye’ de işletilebilecek özelliklere sahip el değmemiş krom mostrası bulabilme şansı oldukça sınırlıdır. Açık işletmeyle işletilebilen krom yatağı sayısı da geçmişe oranla daha azdır. Şimdilerde krom cevheri üretiminin büyük kısmı yeraltı madenciliği metodlarıyla yapılmaktadır.

Gerek Gölalan ve gerekse Büyük Ezan gibi büyük açık işletmelerin boyutları, Türkiye'deki krom madenlerinde genelde rastlanan açık işletmelerin boyutlarının çok üstündedir. Açık krom işletmeciliği yapılan krom yataklarının boyutları genelde birkaç on metre mertebesinde olup yıllık üretimler de birkaç bin ton ile birkaç on bin ton düzeyindedir. Buna karşılık Türkiye' deki krom yatakları içinde boyutları bakımından ayrı bir konumu olan Büyük Ezan (Kopdağ) krom yatağından 1981 - 1993 arasında yılda ortalama 300 bin ton cevher üretilmiştir.

Kromit merceklerinin eğim yönü devamlılıkları genelde doğrultuları boyunca olan devamlılıklarından daha azdır. Örneğin nispeten düzenli sayılabilecek yapı ilişkileri sergileyen Guleman (Elazığ) yöresi krom yataklarından Tepebaşı, Uzun damar, Batı Kefde kromitit merceklerinin doğrultu boyunca devamlılıkları sırasıyla 1350 m, 1600 m, 1000 m olmasına karşın eğim yönündeki devamlılıkları yine sırasıyla 485 m, 340 m, 350 m dir. Bu genellemeye uymayan ve mağmatik oluşum sürecinde kanal dolgusu şeklinde geliştiği görüşü savunulan "hortum" veya "boru" şeklindeki krom yataklarında kromitit mercek veya merceklerinin eğim yönündeki devamlılıkları doğrultuları boyunca olan devamlılıklarından çok daha fazladır. Bunun en tipik örneklerinden Çamaşırılık (Mihalıçcık, Eskişehir) krom yatağında Çamaşırılık 2 merceğinin doğrultusu boyunca olan devamlılığı 130 m, eğim yönündeki devamlılığı ise 400 m kadardır (kod farkı 330 m).

Krom yataklarında mostra madenciliği veya açık işletme yöntemleriyle yapılan madencilik çalışmalarıyla cevherin üretilmesinin ardından, koşulların uygun olması halinde (kalınlık, devamlılık, tenör, doku, topoğrafya vb) krom yatağının yeraltı madencilik metotlarıyla işletilmesi sürdürülür. Genelde ana galeriler (katlar) arasındaki yükselti farkı 25 - 30 m olarak alınır. Krom yatağının konumuna göre desandre ya da kuyu açılarak işletmenin sürdürüldüğü durumlar yaygındır.

2.9 Kromit Zenginleştirme

Cevher maden yatağından çıkarıldıktan sonra sahip olduğu fiziksel ve kimyasal özelliklerinden baskın olan karakteristik verilerine göre cevher hazırlama ve zenginleştirme yöntemleri ile satılabilir tenörlerine getirilir. Sanayinin ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte artan nüfusun katkısıyla talep edilen madenlerin miktarıda artmış buna karşın yüksek tenörlü maden yataklarının tükenme eğiliminde olması düşük tenörlü cevherlerin üretilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur. Bu kapsamda yapılacak çalışmalar; cevher hazırlama ve zenginleştirme işlemlerinden uygun olanlar tercih edilir.

Kromit asit ve bazlara karşı dayanıklı bir mineraldir. Kimyasal yöntemler açısından değişik uygulamalar söz konusudur. Asit ve alkali liçi, ergitme yöntemi kromitin zenginleştirilmesinde kullanılan kimyasal yöntemlerdir (Karadeniz 1996).

Kromit cevherlerinin zenginleştirilmesi;

- Kromitin serbestleşme tane iriliği,
- Cevherden üretilebilecek kromit konsantresindeki; Al_2O_3 , SiO_2 , FeO ve Cr_2O_3 tenörleri, Cr/Fe faktörü,
- Gang mineralleri ile kromit mineralinin arasındaki fiziksel ve fizikokimyasal özellik farklarına bağlı olarak değerlendirilmekte ve tercih edilmektedir.

Kromit yukarıda bahsedilen özelliklerine göre genel olarak;

- Özgül ağırlık farkına göre zenginleştirme
- Manyetik ayırma ile zenginleştirme
- Flotasyon ile zenginleştirme
- Kimyasal zenginleştirme yöntemlerinden birinin veya birkaçının tercihi şeklinde sıralayabiliriz.

Cevher, ocaktan çıkarıldıktan sonra cevher hazırlama, zenginleştirme veya olduğu hali ile ilgili sektörlere satılır. Zengin maden yataklarının azalması ve tüketim alanlarında standart ham maddeler talep edilmesi neticesinde, düşük tenörlü fakir cevherlerin

yapılarına giren kıymetli minerallerin ayrılarak, standart şartlara uygun konsantreler halinde ilgili sektöre sunulması gerekmektedir.

% 32 - 34' ün üzerinde Cr_2O_3 içeren parça cevherlerde kullanım alanı bulabilmektedir. % 32' den düşük Cr_2O_3 içeren cevherlerin değerlendirilmesi ve endüstrinin istediği bileşime getirilmesi için zenginleştirilmesi gerekmektedir (Güney 1990).

Kromit birlikte bulunduğu gang minerallerine oranla yoğunluğu yüksek bir mineraldir. Serbestleşme tane boyutu olanak sağladığı sürece, en uygun zenginleştirme yöntemi gravite ayırmasıdır. Cevher iri boyutta serbestleşiyorsa ağır ortam veya jig ile ayırma yapılabilir. Sallantılı masa ile zenginleştirme daha ince boyutlarda serbestleşme sağlandığında tercih edilmektedir. Kromit ile gang mineralleri arasındaki manyetik duyarlılık az olduğundan, önceleri olumlu sonuçlar alınmayan manyetik zenginleştirme, geliştirilen yeni manyetik ayırıcılarla, bazı tesislerde kullanılır olmuştur (Karadeniz 1996).

Özgül ağırlık farkına göre zenginleştirme yönteminde; kromit ile gang mineralleri arasındaki özgül ağırlık farkından ve bu özelliği ile akışkan ortamdaki hareket farklılığı göz önüne alınarak birbirinden ayrılması sağlanır.

İçerisinde yan kayaç olarak yüksek oranda peridotit kayaç parçaları ve özellikle olivin (yoğunluğu $3,5 - 4 \text{ g/cm}^3$) içeren cevherin yoğunluğuna göre zenginleştirilmeleri mümkün olmaktadır. Ancak cevherdeki olivin oranı az ise özgül ağırlık farkına göre üretilen konsantre, manyetik ayırıcı ile temizlenerek daha yüksek Cr_2O_3 tenörlü nihai konsantre üretilebilir. Olivin mineralinin olmadığı durumlarda kromit ve gang mineralleri arasındaki yoğunluk farkı oldukça fazla olduğundan manyetik zenginleştirme yöntemleriyle zenginleştirme yapılır. Gravite ile zenginleştirmenin verimi konsantrasyon kriterine bağlıdır.

2.9.1 Araştırmada Kullanılan Cihaz: Knelson Gravite Konsantratör ve Özellikleri

Knelson Gravite Ayırıcısı (KC) Byron Knelson tarafından 1988 yılında Kanada’da patenti alınmış, dünyada damar tipi ve alüvyal altın üretiminde uygulama alanına sahip yüksek hızlı santrifüj seperatördür. Standart Knelson ayırıcısı, 6 mm ya da daha az üst besleme boyutuyla çalışabilmektedir (Patchejieff vd 1995). Basit yapısı, yüksek kapasite, geniş tane boyutu aralığında çalışabilmesi ve çok yüksek zenginleştirme oranlarında ayırım yapabilmesi en büyük avantajlarını oluşturmaktadır.

Knelson konsantratörde yapılan zenginleştirme işlemi ile ince veya çok ince taneli ağır mineraller ile hafif minerallerin birbirinden ayrılmasında üstün özellikli bir cihazdır. Malzeme kazanımında santrifüj kuvvetin uygulanması ayırımın etkin bir hale getirilmesi ile özellikli bir teknolojik gelişimdir. Tane üzerine etkiyen santrifüj kuvvet gravite kuvvetin 50 katıdır. Uygulanan santrifüj kuvvetin siddeti arttıkça kazanılan tanelerin boyutu daha ince olmaktadır. Santrifüj ayırıcısında oluşturulan santrifüj kuvvet (F_c): aşağıdaki denklemde verildiği şekilde ifade edilmektedir (Magumbe 2002):

$$F_c = \left(\frac{\pi}{6}\right) \cdot (d_p)^3 \cdot (\delta_s - \delta_l) \cdot r \cdot w^2 \quad (2.1)$$

Burada;

- ✓ F_c : Santrifüj kuvvet, g.cm.s⁻²
- ✓ r : Tanenin dönme ekseninden bulunduğu yer arasındaki değişirme mesafesi, cm
- ✓ d_p : Tanenin çapı, cm
- ✓ δ_s : Tanenin yoğunluğu, g.cm³
- ✓ δ_l : Ortamın yoğunluğu, g.cm³
- ✓ w : Tanenin açısal hızı, radyan.sn⁻¹

Merkez kaç kuvvetiyle etkilenen tane boyutu oluşturulan santrifüj kuvvete bağlıdır. Santrifüj film tabakasında askıda kalan kritik tane boyutu aşağıda verilmektedir (Xiao, 1998):

$$d_{cr} = k_0 \sqrt[4]{\frac{g}{w^2 r}} \quad (2.2)$$

Burada;

- ✓ d_{cr}: kritik tane boyutu, cm
- ✓ k₀: oransal sabit
- ✓ r: tanenin dönme eksenine bulunduğ yeri arasındaki mesafe, cm
- ✓ w: tanenin açısal hızı, radyan.sn⁻¹
- ✓ g: gravite kuvveti, m.sn⁻²

KC dönme işlemini gerçekleştiren üniteyle birlikte, yüksek hızda dönen bir yataktan oluşur. Üstten beslenen pülpün santrifüj kuvvetinin etkisiyle ağır taneler konsantre olarak yatağın oluklarına takılır. Gang mineralleri ise atık olarak pülpün üst akısıyla birlikte atılır. Besleme standart model Knelson konsantratörün haznesi içine düşey bir tüp vasıtasıyla yapılmaktadır. Besleme % 0 - 70 pülp yoğunluğunda yapılabilir. Konsantratör haznesinin dibinde beslemeyi dağıtacak olan bir pervane mevcuttur (Knelson ve Jones 1993). KC' nin ana operasyon değişkenleri; yıkama suyu hızı, besleme pülp yoğunluğu ve alıkonma süresidir. Knelson ayırıcısı altın cevherleri için ön zenginleştirici olarak dizayn edilmistir ve yerçekimi ivmesinin ortalama 60 katı kadar bir santrifüj kuvvet oluşturabilmektedir (Huang 1996).

Haznenin içindeki paralel olukların içindeki küçük deliklerden hazneye su enjekte edilerek malzemenin hem yıkanması hem de haznenin dibinde toplanması sağlanır. Diğer santrifüj ayırıcılarıyla kıyaslandığında ayırma mekanizması ya da dizayn özellikleri açısından oldukça farklıdır. Jigler ve spiraller gibi gravite ile zenginleştirme yapan araçlara göre daha ince altın taneleri kazanılabilmektedir (Zhang 1998).

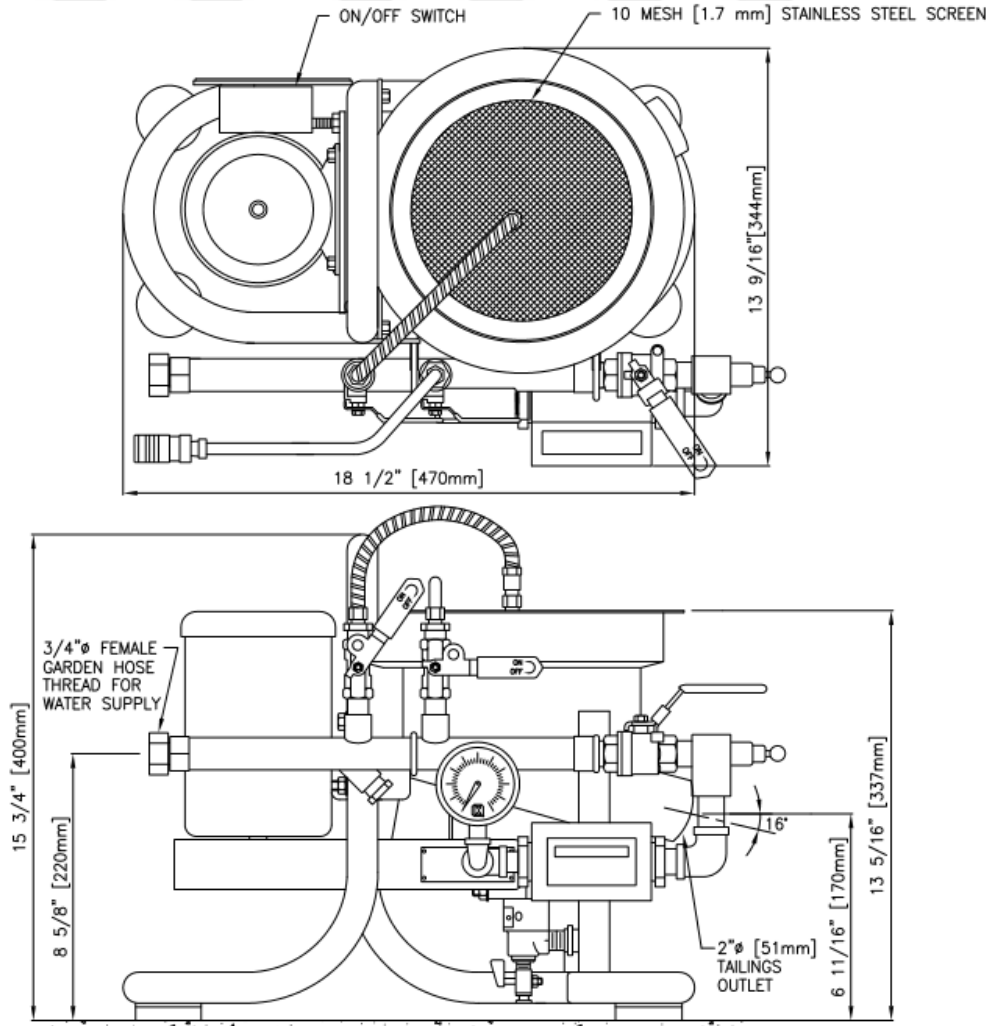
Knelson'un diğer avantajı şlam uzaklaştırma yapmaksızın malzemeyi zenginleştirmesidir. Knelson ayırıcısının etkinliği gangin yoğunluğu ve besleme hızının etkisiyle değişmektedir. Besleme boyut dağılımının, (gang yoğunluğunun düşük olması şartıyla) Knelson ayırıcısı ile zenginleştirme üzerine çok az etkisi olduğu belirlenmiştir. Knelson ayırıcısı (Şekil 2.9 - 2.10), konsantrenin otomatik ve elle boşaltma esasına

göre; kesikli ve sürekli olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Knelson ayırıcıları metalurjik atıklardan, nehir kumlarından ve farklı cevherlerden değerli metallerin kazanımı için endüstride yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca plaser ya da cevherlerdeki serbest altın tanelerinin kazanımında da etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Şekil 2.4 ve 2.5), (Knelson ve Jones 1993).

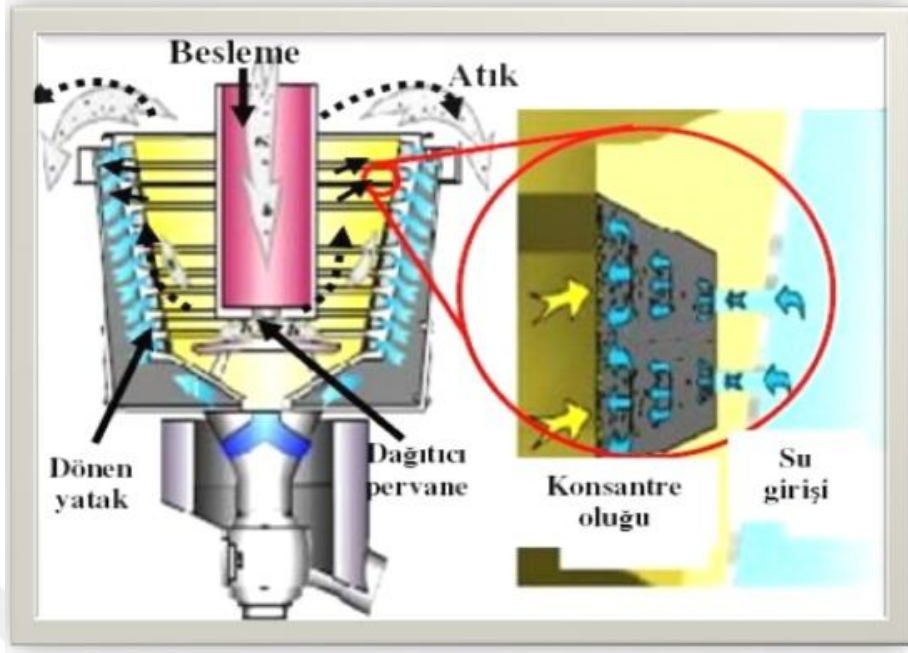


Şekil 2.4 Knelson Gravite Konsantratör görseli ve çanak yapısı.

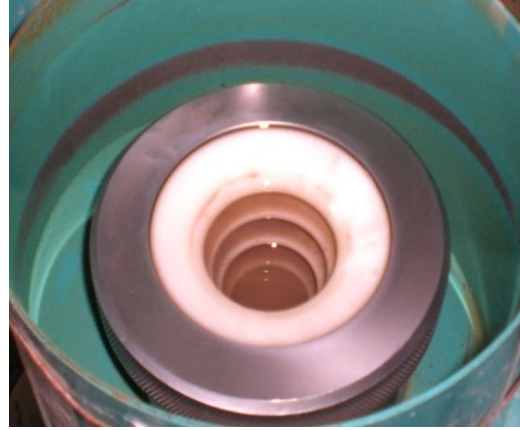
Şekil 2.6’ da Knelson Gravite Seperatörün düşey kesiti görülmektedir. Santrifüj kuvveti düşey eksenle oluşturularak çanağa verilmektedir. Pülp dikey yönde çanağın en dip noktasına merkezden konumlanarak bir boru ile ulaştırılmaktadır. Oluşturulan gravite kuvvetin etkisiyle çeper boyunca sınıflandırılmaktadır. Deneylerde kullanılan laboratuvar tip Knelson Gravite Seperatör (MD3 Model) ise Şekil 2.7’ de, çalışma düzeneği ise Şekil 2.8’ de verilmiştir.



Şekil 2.5 Knelson Gravite Konsantratör görseli ve şematik görünümü (laboratuvar tip).



Şekil 2.6 Knelson Gravite Seperator düşey kesiti (Ling 1998).



Şekil 2.7 Deneylerde kullanılan laboratuvar tip Knelson Gravite Seperator (MD3 Model).



Şekil 2.8 Knelson Gravite Seperatörde çalışma düzeneği.

Haznenin içindeki paralel olukların içindeki küçük deliklerden hazneye su enjekte edilerek malzemenin hem yıkanması hem de haznenin dibinde toplanması sağlanır. Diğer santrifüj ayırıcılarıyla kıyaslandığında, ayırma mekanizması ya da dizayn özellikleri açısından oldukça farklıdır. Jigler ve spiraller gibi gravite ile zenginleştirme yapan araçlara göre daha ince krom taneleri kazanılabilmektedir (Knelson ve Jones 1993).

Knelson Gravite Seperatör'ün diğer avantajı, şlam uzaklaştırma yapmaksızın malzemeyi zenginleştirmesidir. Knelson ayırıcısının etkinliği gangın yoğunluğu ve besleme hızının etkisiyle değişmektedir. Besleme boyut dağılımının, (gang yoğunluğunun düşük olması şartıyla) Knelson ayırıcısı ile zenginleştirme üzerine çok az etkisi olduğu belirlenmiştir. Knelson ayırıcısı, konsantrenin otomatik ve elle boşaltma esasına göre; kesikli ve

sürekli olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Boşaltma şekline göre manuel boşaltma, merkezi boşaltma (CD) ve değişken boşaltma modelleri olarak sınıflandırılmaktadır. Knelson ayırıcıları metalurjik atıklardan, nehir kumlarından ve farklı cevherlerden değerli metallerin kazanımı için endüstride yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca plaser ya da cevherlerdeki serbest altın tanelerinin kazanımında da etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Knelson ve Jones 1993). Altın, platin, krom, kurşun, gümüş ve bakır gibi metallerin kazanımında uygulama alanı bulmuştur (Knelson ve Jones 1993).

Knelson başlangıçta alüviyal uygulamalar için dizayn edilmiş olmasına rağmen kayaçların zenginleştirilmesinde de kullanılmaktadır. Elde edilen konsantre genellikle sallantılı masaya gönderilirken, atıklar hidrosiklon beslemesine yada siyanürleme işlemine gönderilmektedir. Gravite kazanımının tek kazanım yöntemi olduğu alüviyal zenginleştirmeleri için metalurjik kazanım çok önemli olmaktadır. Knelson ayırıcısının Laboratuvar tip MD3 modelinin operasyon parametreleri Çizelge 2.12’ de verilmektedir (Knelson ve Jones 1993).

Çizelge 2.12 Knelson ayırıcısı değişik modelleri ve özellikleri.

	Model (D, inch)	Güç (HP)	Koninin Santrifüj Hızı (d/dk)	Kapasite (t/h)	Pülp Yoğunluğu (% Ağırlık)	Maks. Tane Boyutu (mm)
Standart Konsantratör Parametreleri	3	1/6	1200	0,065	0 - 75	2

2.10 Literatür Çalışmaları

Deniz (1992), Burdur - Yeşilova kromit yataklarından alınan % 30,81 Cr_2O_3 tenörlü kromit cevher numunesi ile yapmış olduğu çalışmada, Sallantılı masada yapılan çalışmada -0,425 + 0,300 mm fraksiyonunda % 48,22 Cr_2O_3 ve % 75,26 verimle, -0,180 + 0,106 mm fraksiyonunda % 50,41 Cr_2O_3 tenör ve % 57,19 verimle, - 0,106 + 0,075 mm fraksiyonunda % 49,51 Cr_2O_3 tenör ve % 61,13 verimle konsantre elde edilmiştir. MGS ile yapılan deneylerde ise % 41,72 Cr_2O_3 tenör ve % 66,99 verimle konsantre elde edilmiştir.

Turgut (1995), çalışmada % 22,54 Cr_2O_3 tenörlü Karaburhan kromit cevherinin gravite yöntemleri ile zenginleştirme yöntemleri araştırmıştır. Laboratuvar ölçekte, sallantılı masa ve MGS deneyleri sonucunda; (- 0,425 + 0,210 mm) ve (0,210 mm) tane iriliğindeki masa artığı, ara ürün ile birleştirilerek MGS'de zenginleştirilmiştir. Sallantılı masa ve MGS deneyleri sonucunda, % 52,13 Cr_2O_3 tenörlü konsantre % 72,60 verimle elde edilmiştir.

Kurşun (1993), Sivas - Karanlıkdere mevkiinde bulunan bir tesiste yaptığı çalışmada % 22,47 Cr_2O_3 tenörlü kromit cevherlerini manyetik ayırıcı ile zenginleştirmeye tabi tutmuş çalışması sonunda % 31,39 Cr_2O_3 tenörlü ve % 94,35 verim ile konsantre elde etmiştir.

Kurşun (1993), diğer çalışmada ise yine Sivas - Karanlıkdere mevkiinde ki tesiste yaptığı çalışmada, jig, sallantılı masa, manyetik ayırma ve flotasyonla optimum koşullarda zenginleştirme imkanı araştırmış ve % 22,47 Cr_2O_3 içeren kromit cevherini % 52,60 ağırlık ve % 48,43 Cr_2O_3 tenörlü konsantreyi % 88,14 verim ile elde etmiştir.

Özdağ ve diğ., (1994), MGS kullanarak şlam ve masa artıklarından kromitin geri kazanılması araştırmıştır. Şlam % 19,6 Cr_2O_3 , masa artığı % 16,6 Cr_2O_3 tenörlü numuneler üzerinde yıkama suyu miktarı, salınım genliği, salınım frekansı, eğim açısı ve tambur dönme hızı gibi bazı kritik değişkenlerin etkilerini incelemiştir. MGS performansını etkileyen en önemli değişkenin tamburun dönme hızı olduğunu; şlam ve

masa artıklarından sırasıyla % 56,8 ve % 58,8 Cr_2O_3 tenörlü konsantreler % 60,0 ve % 48,3 Cr_2O_3 kazanma verimiyle elde etmiştir.

Özkan ve ark. (2001), Yaptıkları çalışmalarda ince kromit artıklarının zenginleştirmesine için Üçköprü madeninden temsili örnekler alarak yaptıkları çalışmalar sonucunda temsili numunelerin % 12,8 Cr_2O_3 içerdiğini tespit etmişlerdir. MGS ünitesinde zenginleştirmeye çalışmışlardır. Deneyler sonucunda optimum şartların; eğimin 2° , frekansın 5,7 dev/sn, genliğin 15 mm ve tambur hızının 230 dev/dk olduğunu tespit etmişlerdir. - 0,038 mm fraksiyonda % 47 Cr_2O_3 tenörlü % 72 verimli konsantre elde etmişlerdir.



3. MATERYAL VE METOT

3.1 Numune Alma

Üzümlü (Fethiye) yöresinde kurulu olan, Gür - Ak Maden İşletmesinin, krom zenginleştirme tesisinden, sallantılı masa ile üretim esnasında (Şekil 3.1, 3.2 ve 3.3), atık olarak alınan ve doğaya geri verilen, kayıp olarak nitelenen % 2,00 - 2,50 Cr_2O_3 tenörlü atıktan, yaklaşık 100 kg numune alınmıştır.



Şekil 3.1 Numunenin alındığı maden işletmesinin yeri (Gür - Ak Maden, 2011).



Şekil 3.2 Katlı sallantılı masa (Gür - Ak Maden, 2011).



Şekil 3.3 Sallantılı masa konsantre ayırımı (Gür - Ak Maden, 2011).

3.2 Karakterizasyon Çalışmaları

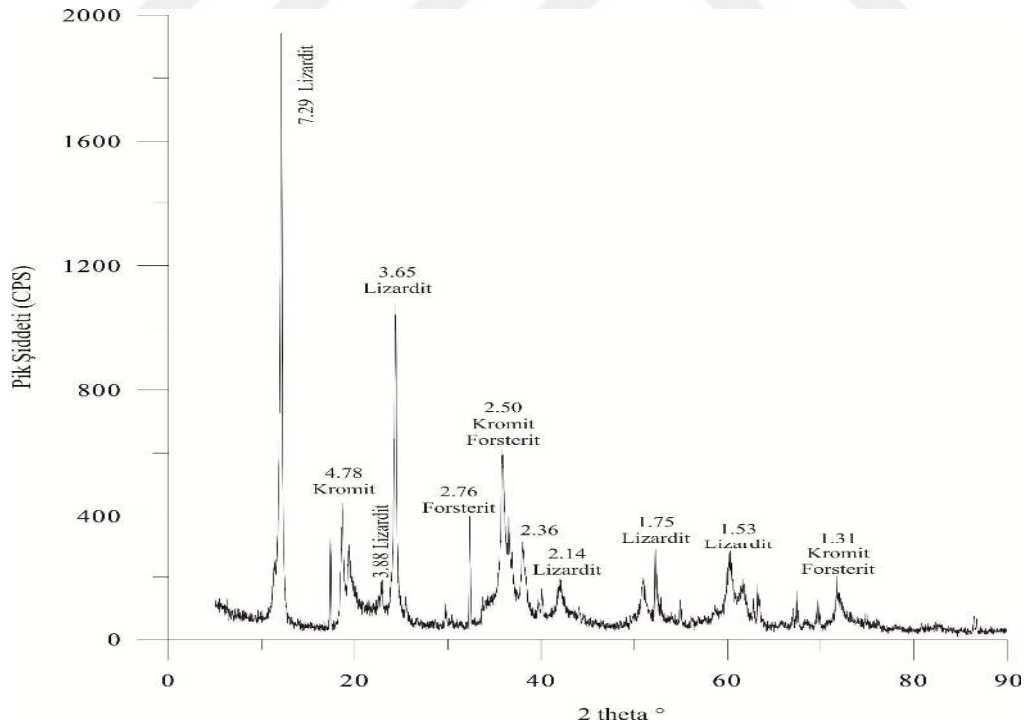
Sallantılı masa atığı olarak alınan ve 2 mm' lik elekten elenmesi sonucu malzemenin % 90' ının 2 mm' nin altında kaldığı tespit edilmiştir. Söz konusu atıktan kromun ekonomik geri kazanımını sağlamak amacıyla çalışmada Knelson Gravite Konsratörün kazanıma etkisi araştırılmıştır.

Alınan numune laboratuvara getirildikten sonra karakterizasyon çalışmaları için önce 100 °C' de kurutma dolabında kurutulmuştur. Kurutulan numuneler kürekleme yoluyla önce harmanlanmış ardından Jones Riffle tip numune bölücüleri kullanılarak eş numuneler hazırlanmıştır. Bu numunelerden; elek analizleri, kimyasal analizler, mineralojik analizler de yapılmıştır.

Alınan eş numunelere; Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi Laboratuvarlarında, Bruker Marka D 8 Advance Model X Işınları Kırınımı (XRD) cihazı ile mineralojik analiz, Maden Mühendisliği Bölümü Akredite Doğaltaş Analiz Laboratuvarlarında ise Rigaku Marka ZSX Primus II model XRF cihazı ile kimyasal analiz yaptırılmıştır. XRD cihazı ile yapılan mineralojik analiz sonuçları Şekil 3.4' de, XRF analizi sonucunda elde edilen numunenin kimyasal bileşimi ise Çizelge 3.1' de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Krom atığının XRF cihazı ile alınan kimyasal analiz sonuçları.

Kimyasal İçeriği	%
F	0,152
Na ₂ O	0,0088
MgO	39,80
Al ₂ O ₃	0,328
SiO ₂	36,35
P ₂ O ₅	0,0032
SO ₃	0,0338
Cl	0,0350
K ₂ O	0,0074
CaO	0,284
TiO ₂	0,0124
Cr ₂ O ₃	2,02
MnO	0,102
Fe ₂ O ₃	6,65
Co ₂ O ₃	0,0170
NiO	0,512
ZnO	0,0053
Kızdırma Kaybı	13,68



Şekil 3.4 Atık numunenin XRD cihazı ile belirlenen mineralojik bileşimi.

Analizlerin yanısıra numune elek analizine tabi tutulmuştur. Numuneler; + 1mm, - 1mm + 0,500 mm, - 0,500 mm + 0,212 mm, - 0,212 mm tane boyutlarına göre elenerek sınıflandırılmış, tartılmış ve kimyasal analiz için ayrı ayrı 0,106 mm altına halkalı değirmende öğütülmüştür. Her fraksiyonu için kimyasal analiz sonuçları Çizelge 3.2’ de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Tane fraksiyonuna göre kimyasal analiz sonuçları.

Bileşen	Tane Boyut Fraksiyonu, mm ; Tenör %			
	+ 1	- 1 + 0.500	- 0.500 + 0.212	- 0.212
SiO ₂	34.71	35.4	35.39	34.54
Fe ₂ O ₃	6.05	5.95	5.81	6.31
CaO	0.151	0.167	0.238	0.339
MgO	42.71	42.46	41.87	41.33
Al ₂ O ₃	0.287	0.321	0.435	0.71
F	0.162	0.128	0.178	0.145
Cl	0.0294	0.252	0.237	0.0228
MnO	0.0968	0.962	0.0919	0.0973
NiO	0.439	0.440	0.441	0.407
SO ₃	0.0264	0.0211	0.0217	0.0257
Co ₂ O ₃	0.0140	0.0136	0.0156	0.0157
Cr ₂ O ₃	1.81	1.80	2.02	4.83
LOI	13.5	13.52	13.43	11.17

Çizelge 3.3 Tane fraksiyonuna göre etkin veriler.

Tane Boyutu(μ)	Ağırlık(g)	Ağırlık(%)	%Cr₂O₃	%MgO	%Fe₂O₃	%SiO₂
+ 1000	672	6,76	1,81	42,71	6,05	34,71
- 1000 + 500	3750	37,76	1,80	42,46	5,95	35,04
- 500 + 212	4250	42,79	2,02	41,87	5,81	35,39
- 212	1260	12,69	4,83	41,33	6,31	34,54
Toplam	9932	100	2,28			

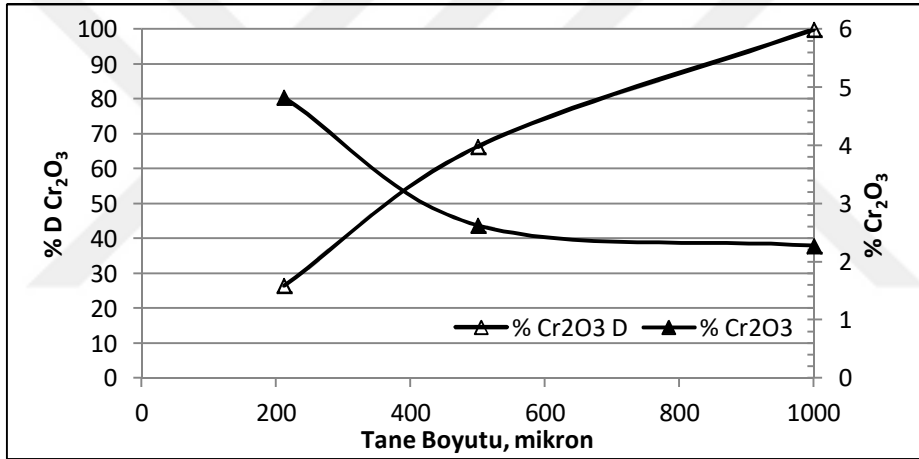
Analizler incelendiğinde, atık numunenin tenörünün % 2 - 2,5 Cr₂O₃ arasında olduğu tespit edilmiştir. Ancak, tane fraksiyonu açısından elde edilen veriler incelendiğinde; 212 μ tane boyutunun altında kalan malzemedeki krom tenörünün % 4,83 Cr₂O₃ ile en yüksek değere sahip olduğu, numunenin ağırlık olarak % 44,52’ si 500 μ üstünde ve % 1,81 Cr₂O₃ tenörüne sahip olduğu görülmüştür (Çizelge 3.3).

Elek analizi ve kimyasal analizlerin ardından 500 μ üzerinde düşük tenöre sahip olan iki fraksiyonun birleştirilmesine karar verilmiştir. 20 kg krom zenginleştirme tesisi

sallantılı masa atığı deneylerde kullanılmak üzere + 500, 500 - 212 ve - 212 mikron tane fraksiyonlarına elenerek alınmıştır. Tane fraksiyonuna göre dağılımlar Çizelge 3.4' de gösterilmektedir. Şekil 3.5' de ise tane boyutuna bağlı tenör - dağılım eğrileri verilmektedir.

Çizelge 3.4 Numunenin elek metal dağılımı.

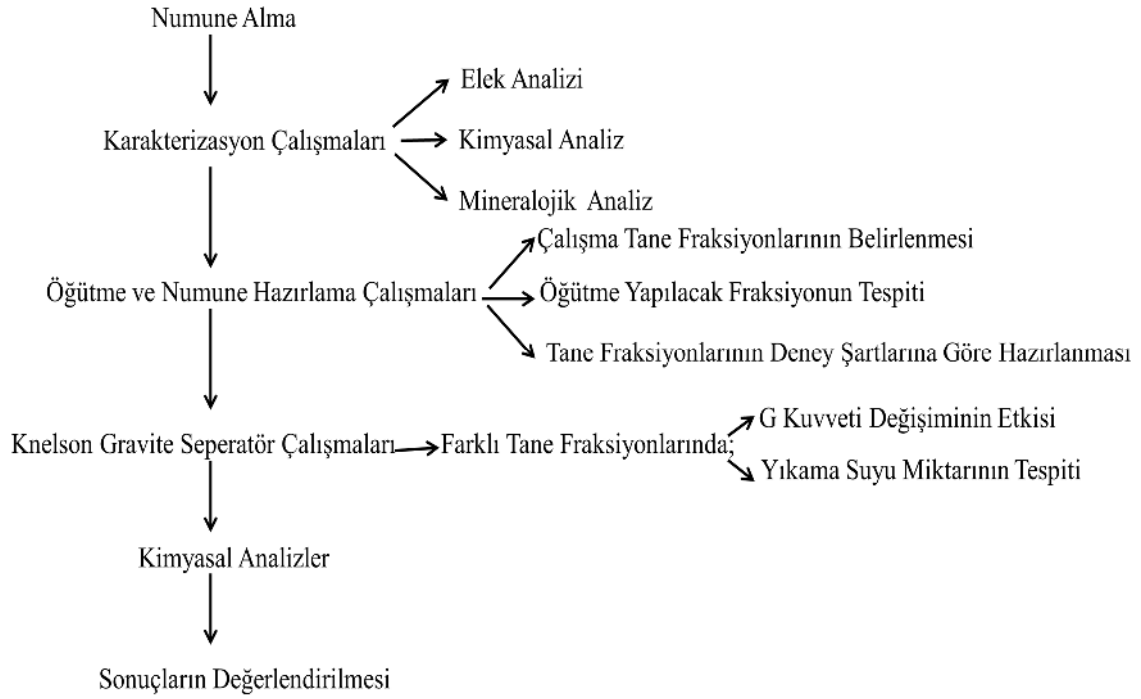
Tane Fraksiyonu, mikron	Ağırlık		%Cr ₂ O ₃	Dağılım	Kümülatif Elek Altı		
	(g)	(%)			% Ağ	%Cr ₂ O ₃	% Dağılım
+ 500	8500	42,5	1,80	33,59	100,00	2,28	100,00
500 - 212	9000	45	2,02	39,91	57,50	2,63	66,41
- 212	2500	12,5	4,83	26,50	12,50	4,83	26,50
TOPLAM	20000	100	2,28	100	-	-	-



Şekil 3.5 Tane boyutuna bağlı tenör - dağılım eğrileri

3.3 Deneysel Çalışmaların Tasarlanması

Karakterizasyon çalışmalarının ardından deneylere 4 farklı malzeme ile gerçekleştirmeye karar verilmiştir. Çalışmanın genel aşamaları Şekil 3.6' da verilmektedir.



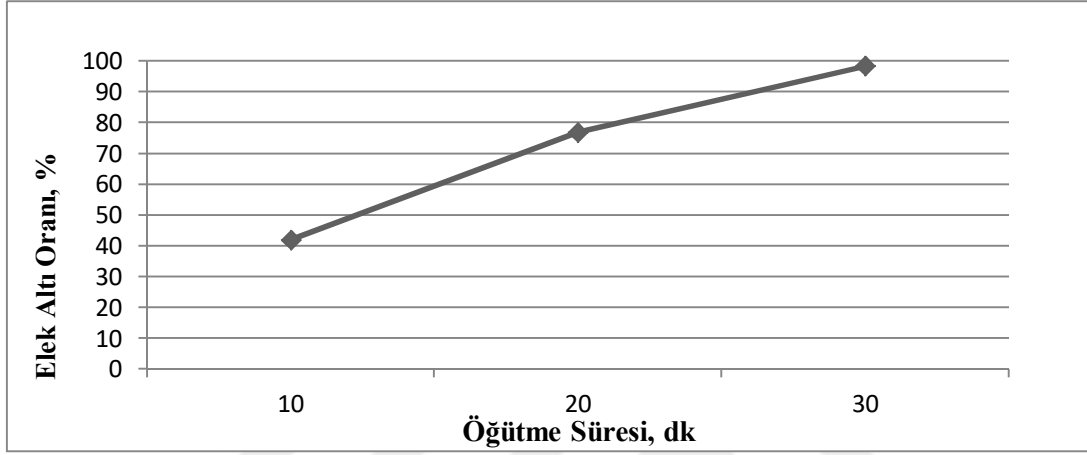
Şekil 3.6 Deneylerin genel akım şeması.

+ 0,500 mm boyutundaki numune içinde % 7 kadar 1 mm' den büyük boyutlu tanelerin bulunduğu tespit edilmiştir. Serbestleşme boyutu da diğer boyutlara nazaran oldukça düşüktür. Tenörü % 1,81 olan bu fraksiyonda yer alan malzemenin Knelson Gravite Konsantratör ile çalışılmasında tane boyutunun göreceli olarak iri kalması ve serbestleşmenin yeterli olmaması nedeniyle bilyalı değirmende 212 μ altına öğütülmüştür. Bu fraksiyon için çalışmada sadece öğütülmüş hali kullanılmıştır.

Ufalamada kullandığımız bilyalı değirmenin çalışma parametrelerinden kritik hız literatürde verilen bilgiler ışığında % 75 seçilmiştir. Bilyalı değirmende çalışmak için 170 dev/dk olarak hesaplanan hızda, 14 mm ve 16 mm boyutunda bilyalar harmanlanarak % 40 şarj oranında değirmene beslenmiştir. 1 kg numune de değirmene beslenmiştir. 10, 20 ve 30 dakikalık sürelerde ayrı ayrı yapılan öğütme çalışmalarında malzemenin - 212 μ elek altına geçme durumu araştırılmıştır. Elektaltı oranı incelenerek optimum çalışma süresi 30 dakika olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.5, Şekil 3.7).

Çizelge 3.5 + 500 μ boyutlu numunenin öğütme süresine bağlı elekaltı oranı.

Tambur Dönme Süresi (dk)	Elekaltı Oranı (%)
10	42
20	76.9
30	98.4



Şekil 3.7 Bilyalı değirmende öğütme sürelerine göre elek altı oranı grafiği.

Hazırlama işlemlerinin sonunda 500 μ üstünde tane boyutuna sahip numune bilyalı değirmende 30 dakikada 212 μ altına indirilmiştir.

- 500 + 212 μ fraksiyonundaki numunenin yarısı orijinal boyutunda, diğer yarısı bilyalı değirmende 30 dakika, 170 dev/dk hızda - 212 μ altına öğütülmüştür. Böylece öğütmenin serbestleşmeye katkısı ve zenginleştirmedeki etkisi irdelenecektir.

Çizelge 3.6' da cevher hazırlama işlemlerinin sonucunda Knelson Gravite Konsantratörüne beslenecek kromit numunelerinin tane fraksiyonuna göre % ağırlık ve % Cr_2O_3 tenörleri verilmektedir.

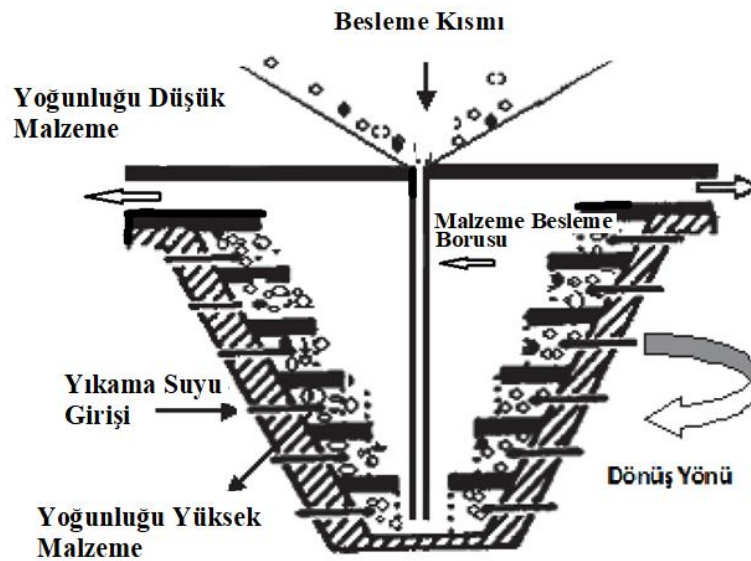
Çizelge 3.6 Knelson Gravite Konsantratörüne beslenecek numuneler ve tenör değerleri.

Tane Boyutu (μ)	Ağırlık (g)	Ağırlık (%)	Cr ₂ O ₃ (%)
+ 500 $\rightarrow$ - 212 öğütülecek	8500	42,5	1,80
- 500 + 212	4500	22,5	2,02
- 500 + 212 $\rightarrow$ - 212 öğütülecek	4500	22,5	2,02
- 0.212 mm	2500	12,5	4,83
Toplam	20000	100	2,28

Knelson Gravite Konsantratörü için uygun tane boyutu ve serbestleşme oranı sağlamak amacıyla + 500 ve - 500 + 212 μ tane fraksiyonlarını bilyalı değirmende - 212 μ tane boyutuna indirerek hazırlık işlemlerini tamamladıktan sonra; Santrifüj kuvvetleri “60, 90, 120, 150” G, su basınçları ise “2, 3, 4, 5, 6, 8” psi olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.7).

Çalışmalar esnasında 2 psi su basıncının efektif olmadığı görülmüş ve bu basınçta çalışmanın uygun olmadığı kanısıyla bu parametre devam eden çalışmalar için iptal edilmiştir.

Numuneler, Knelson Gravite Konsantratöre beslenirken katı sıvı oranı, besleme hızı, besleme miktarı sabit tutulmuştur. Hazırlanan pülp, bir mekanik karıştırıcı ile karıştırılarak pülp yoğunluğunun tüm besleme boyunca sabit kalması sağlanmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Knelson Gravite Konsantratör çanağında malzeme yerleşmesinin şematik görünümü.

Çizelge 3.7 Knelson Gravite Konsantratörü ile çalışma parametreleri.

Tane Boyutu (µ)	Santrifüj Kuvveti (G)	Su Basıncı (psi)	Besleme Süresi (dk)
+ 500 Öğütülmüş (- 212)	90	2	1
		4	1
		6	1
		8	1
	120	2	1
		4	1
		6	1
		8	1
	150	2	1
		4	1
		6	1
		8	1
	- 500 + 212	-	-
		4	1
		6	1
		8	1
		-	-
		4	1
		6	1
		8	1
	150	-	-
		-	-
		-	-
		-	-
- 500 + 212 Öğütülmüş (- 212)	90	-	-
		4	1
		6	1
		8	1
	120	-	-
		4	1
		6	1
		8	1
	150	-	-
		-	-
		-	-
		-	-
	- 212	3	1
		4	1
		5	1
		8	1
		-	-
		4	1
		6	1
		8	1
	120	-	-
		-	-
		-	-
		-	-

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1 Zenginleştirme Çalışmaları

Kromitin özgül ağırlığı 4,5 - 4,8 g/cm³ ve yan taşının özgül ağırlığı 2,6 - 3,8 g/cm³'tür. Numunelerde bulunan kromit ρ_{krom} 4,8 g/cm³ ve kromiti bünyesinde barındıran mineraller $\rho_{\text{serpantin}}$ 2,6 g/cm³ ve ρ_{olivin} 3,2 - 3,8 g/cm³ arasında belirgin bir yoğunluk farkı bulunmaktadır. Cevherin yoğunluk farkı etkisini arttırmak amacıyla, ince tane boyutlarında etkin ayırma yapabilen Knelson Gravite Konsantratörü tercih edilmiştir.

Numuneler Knelson Gravite Konsantratöre uygun şartlarda beslendikten sonra hazne içerisinden alınan konsantreler (yoğun malzeme, Şekil 4.1) kurutularak tartılmıştır. Numuneler renk farkı dikkate alınarak görsel açıdan incelenmiş ve krom miktarının fazla olduğu tahmin edilen örnekler XRF yöntemiyle kimyasal analize tabi tutulmuştur. Sonuçlar, Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4' de verilmiştir.



Şekil 4.1 Knelson Gravite Konsantratör çanağında biriken krom görseli.

Şekil 4.2' de + 500 μ ' un - 212 μ 'a öğütülerek kullanıldığı KGS deney sonuçlarının karşılaştırmalı görünüşleri verilmiştir. Görseller her çalışma sonucunda konsantrelerin 105 °C' de kurutulması ile elde edilmiştir. Görsellerden de anlaşıldığı üzere 90 G 6 ve 8 psi ve 120 G' de 8 psi' da yapılan çalışmalar diğer çalışmalara nispeten % Cr₂O₃ tenör değerinde artış gözlenmiş ve sayısal ifadeler elde edebilmek amacıyla XRF analizine gönderilmiştir.

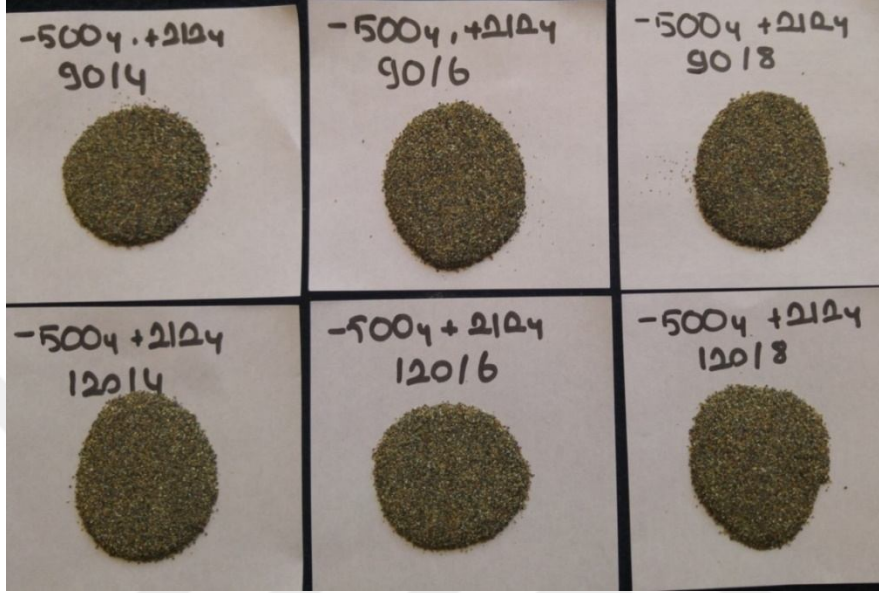


Şekil 4.2 + 500 μ ' dan, - 212 μ ' a öğütülerek yapılmış KGS deney sonucu görselleri.

Çizelge 4.1 +500 µ' un -212 µ' a öğütülerek kullanıldığı KGS deney sonuçları.

G Kuvveti	Su basıncı (psi)	Ürün	Ağırlık		Tenör (% Cr ₂ O ₃)	İçerik	Verim (%)
			g	%			
90	2	Konsantre	78,4	7,84	-	-	-
		Atık	921,6	92,16	-	-	-
		BM	1000	100	1,81	181	100
	4	Konsantre	82,1	8,21	-	-	-
		Atık	917,9	91,79	-	-	-
		BM	1000	100	1,81	181	100
	6	Konsantre	84,9	8,49	13	110,37	60,98
		Atık	915,1	91,51	0,77	70,63	39,02
		BM	1000	100	1,81	181	100
	8	Konsantre	83,1	8,31	13,05	108,86	60,14
		Atık	916,9	91,69	0,78	72,14	39,86
		B.M.	1000	100	1,81	181	100
120	2	Konsantre	78,7	7,87	-	-	-
		Atık	921,3	92,13	-	-	-
		BM	1000	100	1,81	181	100
	4	Konsantre	83,4	8,34	-	-	-
		Atık	916,6	91,66	-	-	-
		BM	1000	100	1,81	181	100
	6	Konsantre	85,5	8,55	8,27	70,71	39,07
		Atık	914,5	91,45	1,21	110,29	60,93
		BM	1000	100	1,81	181	100
	8	Konsantre	81	8,1	13,08	106,11	58,62
		Atık	919	91,9	0,81	74,89	41,38
		BM	1000	100	1,81	181	100
150	2	Konsantre	180,5	18,05	-	-	-
		Atık	819,5	81,95	-	-	-
		BM	1000	100	1,81	181	100
	4	Konsantre	78,4	15,68	-	-	-
		Atık	421,6	84,32	-	-	-
		BM	500	100	1,81	181	100
	6	Konsantre	70,8	14,16	-	-	-
		Atık	429,2	85,84	-	-	-
		BM	500	100	1,81	181	100
	8	Konsantre	77,3	15,46	-	-	-
		Atık	422,7	84,54	-	-	-
		BM	500	100	1,81	181	100

Şekil 4.3' de ve Çizelge 4.2' de - 500 + 212 μ ' un kullanıldığı KGS deney sonuçlarının karşılaştırmalı görünümleri verilmiştir. Görsellerden de anlaşıldığı üzere krom değerinde artış gözlenmemiş ve XRF analizine gönderilmemiştir.



Şekil 4.3 - 500 μ + 212 μ tane fraksiyonlu numunenin KGS deney sonucu görünümleri.

Çizelge 4.2 - 500 μ + 212 μ tane fraksiyonlu numunenin KGS deney sonuçları.

G Kuvveti	Su basıncı (psi)	Ürün	Ağırlık		Tenör (%Cr ₂ O ₃)	İçerik	Verim (%)
			g	%			
90	4	Konsantre	71,9	14,38	-	-	-
		Atık	428,1	85,62	-	-	-
		BM	500	100	2,02	202	-
	6	Konsantre	73,4	14,68	-	-	-
		Atık	426,6	85,32	-	-	-
		BM	500	100	2,02	202	-
	8	Konsantre	73,3	14,66	-	-	-
		Atık	426,7	85,34	-	-	-
		BM	500	100	2,02	202	-
120	4	Konsantre	70,7	14,14	-	-	-
		Atık	429,3	85,86	-	-	-
		BM	500	100	2,02	202	-
	6	Konsantre	72	14,4	-	-	-
		Atık	428	85,6	-	-	-
		BM	500	100	2,02	202	-
	8	Konsantre	71,7	14,34	-	-	-
		Atık	428,3	85,66	-	-	-
		BM	500	100	2,02	202	-

Şekil 4.4 ve Çizelge 4.3’ de, - 500 + 212 μ ’ un - 212 μ ’ a öğütülerek kullanıldığı KGS deney sonuçlarının karşılaştırmalı görünüşleri verilmiştir. Görsellerden de anlaşıldığı üzere, çalışmada 90 G ve 120 G’ de, 6 ve 8 psi’ da yapılan çalışmalarda diğer çalışmalara nispeten krom tenör değerlerinde artış gözlenmiş ve XRF analizine gönderilmiştir.

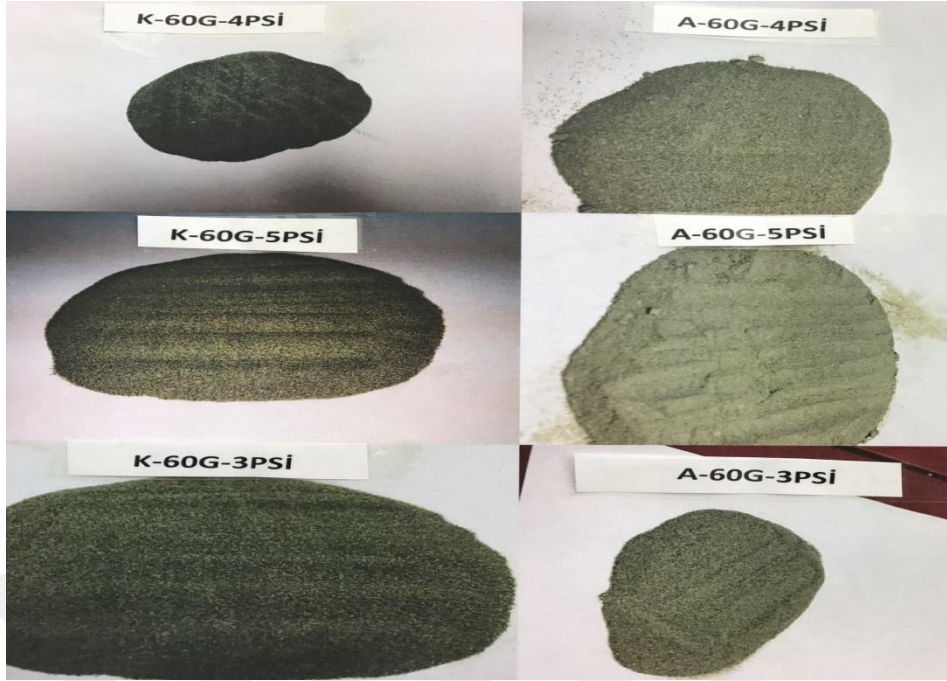


Şekil 4.4 - 500 μ + 212 μ (- 212 μ ’ a öğütülmüş) KGS deney sonuçlarının görselleri.

Çizelge 4.3 - 500 μ + 212 μ tane fraksiyonunun - 212 μ ' a öğütülerek kullanıldığı KGS deney sonuçları.

G Kuvveti	Su basıncı (psi)	Ürün	Ağırlık		Tenör (%Cr₂O₃)	İçerik	Verim (%)
			g	%			
90	4	Konsantre	81,4	16,28	-	-	-
		Atık	418,6	83,72	-	-	-
		BM	500	100	2,02	202	100
	6	Konsantre	70,2	14,04	7,57	106,28	52,62
		Atık	429,8	85,96	1,11	95,72	47,38
		BM	500	100	2,02	202	100
	8	Konsantre	61,7	12,34	9,49	117,11	57,97
		Atık	438,3	87,66	0,97	84,89	42,03
		BM	500	100	2,02	202	100
120	4	Konsantre	82,3	16,64	-	-	-
		Atık	417,7	83,54	-	-	-
		BM	500	100	2,02	202	100
	6	Konsantre	77,2	15,44	7,59	117,19	58,01
		Atık	422,8	84,56	1,00	84,81	41,99
		BM	500	100	2,02	202	100
	8	Konsantre	70,6	14,12	8,54	120,58	59,69
		Atık	429,4	85,88	0,95	81,42	40,31
		BM	500	100	2,02	202	100

Şekil 4.5 ve Şekil 4.6 ile Çizelge 4.4' de - 212 μ ' un kullanıldığı KGS deney sonuçlarının karşılaştırmalı görünüşleri verilmiştir. Görsellerden de anlaşıldığı gibi bu grupta yapılan çalışmalardan 90 G ve 120 G' de, 6 ve 8 psi' da diğer çalışmalara nispeten krom tenör değerinde artış gözlenmiş ve XRF analizine gönderilmiştir.



Şekil 4.5 - 212 μ 60 G' de KGS deney sonuçlarının karşılaştırmalı görünüm.



Şekil 4.6 - 212 μ 90 ve 120 G' de KGS deney sonuçlarının karşılaştırmalı görünüm.

Çizelge 4.4 - 212 μ tane fraksiyonlu numunenin kullanıldığı KGS deney sonuçları.

G Kuvveti	Su basıncı (psi)	Ürün	Ağırlık		Tenör (%Cr ₂ O ₃)	İçerik	Verim (%)
			g	%			
60	3	Konsantre	21,7	4,34	14,8	64,23	45,3
		Atık	478,3	95,66	3,1	296,54	54,7
		BM	500	100	4,83	483	100
	4	Konsantre	20,2	4,04	20,3	82,012	65,4
		Atık	479,8	95,96	2,12	203,43	34,6
		BM	500	100	4,83	483	100
	5	Konsantre	9,1	1,82	9,75	17,74	50,46
		Atık	490,9	98,18	3,19	313,19	49,6
		BM	500	100	4,83	483	100
90	4	Konsantre	83,2	16,64	-	-	-
		Atık	416,8	83,36	-	-	-
		BM	500	100	4,83	483	100
	6	Konsantre	87,3	17,46	16,07	281,11	58,2
		Atık	412,7	82,54	2,45	201,89	41,8
		BM	500	100	4,83	483	100
	8	Konsantre	82,2	16,44	21,55	353,46	73,18
		Atık	417,8	83,56	1,55	129,54	26,82
		BM	500	100	4,83	483	100
120	4	Konsantre	78,1	15,62	-	-	-
		Atık	421,9	84,38	-	-	-
		BM	500	100	4,83	483	100
	6	Konsantre	75,5	15,1	6,87	103,74	21,48
		Atık	424,5	84,9	4,47	379,26	78,52
		BM	500	100	4,83	483	100
	8	Konsantre	85,8	17,16	19,73	338,05	69,99
		Atık	414,2	82,84	1,75	144,95	30,01
		BM	500	100	4,83	483	100

4.2 Sonuçların Karşılaştırılması

Knelson Gravite Separator ile yapılan deneyler kapsamında optimum sonuçlara - 212 μ tane boyutunda ulaşılmıştır. Elde edilen optimum sonuçlara ait kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.5’ de verilmiştir. Sonuçlar karşılaştırıldığında; SiO₂, MgO tenörlerinde ve kızdırma kaybı değerinde düşüş gözlenmiştir. Bu duruma karşın Al₂O₃ tenöründe ise nispeten bir artış olduğu tespit edilmiştir. Bu durum % Cr₂O₃ tenörünün ise artmasına neden olmuştur.

Çizelge 4.5. - 212 µ tane boyutunda elde edilen optimum sonuçların kimyasal analiz sonuçları ile karşılaştırılması.

Bileşen	- 212 µ tane boyut fraksiyonu, optimum KGS sonuçları; Tenör %			
	120 G / 8 psi	60 G / 4 psi	90 G / 8 psi	- 0.212 µ
SiO ₂	24,53	24,83	23,27	34,56
Fe ₂ O ₃	9,80	9,84	10,00	6,31
CaO	0,28	0,35	0,26	0,34
MgO	37,33	35,5	36,88	41,34
Al ₂ O ₃	2,60	2,41	2,49	0,71
F	0,16	0,25	0,09	0,15
Cl	0,02	0,03	0,02	0,03
MnO	0,14	0,13	0,15	0,10
NiO	0,37	0,34	0,36	0,41
SO ₃	0,06	0,06	0,04	0,03
Co ₂ O ₃	0,03	0,02	0,02	0,02
Cr ₂ O ₃	19,73	20,30	21,55	4,83
Na ₂ O	0,03	0,02	0,05	-
P ₂ O ₅	0,01	0,01	0,00	-
K ₂ O	0,01	0,01	0,00	-
TiO ₂	0,09	0,08	0,08	-
V ₂ O ₅	0,02	0,04	0,37	-
Kızdırma Kaybı	4,79	5,69	4,37	11,18

5 . TARTIŞMA ve SONUÇ

Üzümlü (Fethiye) yöresinde kurulu olan, bir maden işletmesinin, krom zenginleştirme tesisinde, sallantılı masa ile üretim esnasında, atık olarak alınan ve doğaya geri verilen malzeme ile çalışılmıştır. % 2,00 - 2,50 Cr_2O_3 arası tenörlü, kayıp olarak nitelenen bu malzeme ile Knelson Gravite Seperatör cihazında farklı tane boyutu baz alınarak deneyler yapılmıştır. Deneyler sonucunda en yüksek % 73,18 verim ile % 21 Cr_2O_3 tenörlü konsantre elde edilmiştir. Çalışma sonucunda atığa giden değerli krom cevherin % 16,44' ünün düşük tenörlü' de olsa Knelson Gravite Seperatör cihazı ile geri kazanılabileceği kanısı oluşmuştur. Nüfus artışı, ürün çeşitliliği ve bunun yanı sıra üretimde konfor arayışı ile beraber krom cevheri ihtiyacı artacağından ve en önemlisi üretim teknolojisinin gelişmesiyle atıl halde kalan önemli madenlerin geri kazanımında artış olacağı şüphesizdir. Bu bağlamda atığa gönderilen değerli krom minerali kayıplarının tesis bazında çalışmalar yapılarak geri kazanımının sağlanabilirliği yolunda ki çalışmaların artırılması önemli bir yaklaşımdır.

Knelson Gravite Konsantratörü ile yapılan çalışmalar;

- ✓ + 500 μ (- 212 μ a öğütülmüş) , - 500 μ + 212 μ , - 500 μ + 212 μ (- 212 μ a öğütülmüş) ve - 212 μ tane boyutlarında,
- ✓ 60 G, 90 G, 120 G, 150 G gravite kuvvetlerinde,
- ✓ 2 psi, 3 psi, 4 psi, 5 psi, 6 psi ve 8 psi su basınçları kombinasyonlarında gerçekleştirilmiştir.
- ✓ Çalışmada serbestleşme tane boyutuna ulaşabilmek adına öğütme testleride yapılmıştır.

En uygun sonuca, - 212 μ tane boyutunda, nispeten yüksek tenörlü olmasında (% 4,83 Cr_2O_3 tenör) katkısıyla;

- ✓ 60 G - 4 psi (% 20,3 tenör, % 65,4 verim)
- ✓ 90 G - 8 psi (% 21,5 tenör, % 73,18 verim)
- ✓ 120 G - 8 psi (% 19,7 tenör, % 69,99 verim) parametlerinde ulaşılmıştır.

+ 500 μ (Öğütülmüş) numunelerle yapılan deneylerde;

- ✓ 90 G yerçekimi kuvvetinde 6 psi, 8 psi su basınçlarında % 13 ve % 13,1 Cr₂O₃ tenörleri ile, sırasıyla % 60,98 ve % 60,14 verim değerlerinde elde edilmiştir.
- ✓ 120 G yerçekimi kuvvetinde 6 psi, 8 psi su basınçlarında % 39,07 ve % 58, 62 olmak üzere su basıncının artışıyla artan % verim değerleri elde edilmiştir.

- 500 μ + 212 μ tane boyutu fraksiyonu gravite konsantratörüne öğütme olmaksızın beslendiğinde hiçbir şekilde bir ayırım gerçekleşmemiş, öğütülerek beslenildiğinde (% 2,02 Cr₂O₃ tenörde); Artan (90 G, 120 G) yerçekimi kuvvetleri ve artan (6 psi, 8 psi) su basınçlarıyla verim artış göstermiştir.

- ✓ 90 G - 6 psi; % 52,62 verim / 90 G - 8 psi; % 57,97 verim
- ✓ 120 G - 6 psi; % 58,01 verim / 120 G - 8 psi; % 59,69 verim

Tüm bu verilerin ışığında serbestleşmenin sağlandığı - 212 μ tane boyutlarında nispeten bir zenginleştirmeye ulaşıldığı ancak tenör satılabilir değere getirilememiştir. Elde edilen bilgiler ışığında yeni çalışmaların yapılmasının ülke kaynaklarının etkin kullanımı açısından önemli bir yaklaşım olduğu düşünülmektedir. Çalışmanın başlangıcında beklenti ön konsantre elde etmek ardından yapılacak bir öğütme ile nihai zenginleştirmeye ulaşmaktı ancak bu durum etkin olarak gerçekleştirilememiştir. Yeni planlanacak çalışmalarda bu durumun yeniden değerlendirilmesi önemli bir husustur.

6. KAYNAKLAR

- Ağaçayak, T. (2004). Topraktepe (Yeşildağ – Beyşehir - Konya) Kromitlerinin Zenginleştirme Yöntemlerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Deniz, V. (1992). Burdur Zenginleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Eskişehir.
- Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), (2001). Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Metal Madenler Alt Komisyonu Krom Çalışma Grubu Raporu, Sekizinci 5 Yıllık Kalkınma Planı Ankara 2001, DPT: 2626 - ÖİK: 637.
- Gence N., (1985). Elazığ Kafdağı Kromitlerinin Zenginleştirilmesi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Eskişehir.
- Güney A., (1990). Etibank Üç köprü Krom Zenginleştirme Tesisi Artıklarından Küçük Boyutlu Kromitin Zenginleştirilmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Huang, L., (1996). Upgrading of Gold Gravity Concentrates: A Study of the Knelson Concentrator, Doktora Tezi, Department of Mining and Metallurgical Engineering McGill University, Montreal.
- Karadeniz M., (1996). Cevher Zenginleştirme Tesis Artıkları, Çevreye Etkileri, Önlemler, İstanbul Ofset Basım Yayınevi, İstanbul, 39 - 90.
- Knelson, B. ve Jones, R., (1993). A New Generation of Knelson Concentrators a Totally Secure System Goes on Line, Mineral Engineering, 7, 201 - 207.
- Kurşun H., (1993). Karanlıkdere Düşük Tenörlü Kromit Cevherinin Optimum Zenginleştirme Koşullarının Araştırılması Çalışmaları, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 55.
- Ling, J., (1998). A study of a variable speed 3-in Knelson Concentrator, Doktora Tezi, Department of Mining and Metallurgical Engineering, McGill University, Montreal. Ling, P., 1994, A Kinetic Study of Gold Ore by Cyanidation, Yüksek Lisans Tezi, University of Toronto.

Magumbe, L., (2002). Process Desing for Gold Recovery from The Chester Deposit, Yüksek Lisans Tezi, Laurentian Üniversitesi.

Önal, G., Özpeker, I., (1995). Türkiye Krom Envanteri, İMİB.

Patchejieff, B., Gaidarjiev, S. ve Lazarov, D. (1995). Opportunities for Fine Gold Recovery from a Copper Flotation Circuit using a Knelson Concentrator, Minerals Engineering, 7, 2/3, (405 - 409)

Turgut, B., (1995). Düşük tenörlü Karaburhan kromitlerinin zenginleştirilebilirliğinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir.

Zhang, B., (1998). Recovering Gold from High Density Gangues with Knelson Concentrator, Yüksek Lisans Tezi, McGill Üniversitesi , Kanada.

Xiao, J., (1998). Testing a New Gold Centrifugal Concentrator, Yüksek Lisans Tezi, Department of Mining and Metallurgical Engineering , McGill University, Montreal, Kanada.

İnternet kaynakları

1-www.knelson.com, (05.09.2017).

2-http://www.mta.gov.tr/v2.0/default.php?id=maden_rezervleri&m=5, (16.09.2017).

3-<http://www.ardasenturk.com/krom-ve-kromit-minerali.html>, (24.09.2017).

4-<http://www.gurakmaden.com/tr/>, (30.09.2017).

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Bilgin BOZKURT
Doğum Yeri ve Tarihi : Sivaslı - 01/01/1989
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon/e-posta) : 05544344306 / bilgin.myth@gmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Köyceğiz Anadolu Lisesi - 2007
Lisans : Cumhuriyet Üniversitesi - 2012
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı - 2017

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Seydikemer Belediyesi - 2016