

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**METALİK MAGNEZYUM ÜRETİM TESİSİ
CÜRUF ATIĞININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fatih BEL

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Bilimleri Ve Mühendisliği Programı

Aralık 2015

**METALİK MAGNEZYUM ÜRETİM TESİSİ
CÜRUF ATIĞININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Fatih BEL
(501111714)**

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Bilimleri Ve Mühendisliği Programı

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. İbrahim DEMİR
Anabilim Dalı : Herhangi Mühendislik, Bilim
Programı : Herhangi Program**

Aralık 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 50111714 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Fatih BEL, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “METALİK MAGNEZYUM ÜRETİM TESİSİ CÜRUF ATIĞININ DEĞERLENDİRİLMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. İbrahim DEMİR**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Kadir ALP**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Ali Malik GÖZÜBOL
İstanbul Üniversitesi

Teslim Tarihi : 05 Kasım 2015
Savunma Tarihi : 01 Aralık 2015



Aileme ve Yeni Dođan Kıvanç'ıma,



ÖNSÖZ

Hızlı nüfus artışı ve sanayileşme ile gelişimin ve çevreye etkinin kaçınılmaz olduğu günümüzde atıkların çok iyi bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Atıkların yönetimi ve sıfır atık yaklaşımı da bu kapsamda ortaya çıkmış bir anlayıştır. Temel amaç atık oluşumunu kaynağında önleyen, atıkları sıfıra indirgemeye ve oluşan atıkların değerlendirilmeye çalışıldığı yani atık sorununun çevreye en az zararı verecek şekilde yönetilmesidir.

Dünyadaki her kişi ve kurumun üzerine düşen sorumlulukları yerine getirmesi ile gelecek nesillerin temiz bir çevrede yaşamaları mümkün olacaktır.

Tez konusunun seçilmesi ve hazırlanması sırasında yardımları ile çalışmamı yönlendiren tez danışmanım Doç. Dr. İbrahim DEMİR'e, tez çalışmamda beni destekleyen ve bu tezin hazırlanması sırasında çalıştığım firma verilerini kullanmama izin veren İlhan GÖKNEL'e, Magnezyum Projesi'nde yer alan değerli çalışma arkadaşlarıma, yapı laboratuvarı çalışmalarında destekleri için Doç. Dr. Hasan YILDIRIM'a ayrıca çalışmalarında her zaman beni destekleyen değerli eşim Berivan BEL'e ve haklarını asla ödeyemeyeceğim anneme, babama, ablama ve değerli aile büyüklerime teşekkürü bir borç bilirim.

Kasım 2015

Fatih BEL
Çevre Mühendisi



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	1
1.2 Uygulama ve Literatür Araştırması	1
2. MAGNEZYUM	3
2.1 Genel Bilgi	3
2.2 Kullanım Alanları.....	3
2.3 Üretim Yöntemleri ve Hammaddeler	4
2.3.1 Elektroliz ile magnezyum üretimi	6
2.3.2 Termal redüksiyon ile magnezyum üretimi	7
2.3.2.1 Silikotermik yöntemler	7
2.3.2.2 Alümina termik yöntem	9
2.3.3 Karbo termik yöntem	10
2.4 Üretim Verileri	10
2.5 Tüketim Verileri	11
3. DOLOMİT	13
3.1 Tanım ve Sınıflandırma.....	13
3.2 Mineroloji ve Oluşum	13
3.3 Rezervler	14
3.4 Tüketim Alanları	15
3.5 Tesiste Kullanılan Dolomit	17
4. TESİSİN İNCELENMESİ	19
4.1 Üretim Aşamaları	19
4.1.1 İş akışı	20
4.2 Atık/ Yan Ürün Oluşumu ve Analizleri	25
5. GERİ DÖNÜŞÜM ÇALIŞMALARI	27
5.1 Çimento Endüstrisi	28
5.1.1 Giriş ve hammadde özellikleri	28
5.1.2 Cürufun kullanımı	29
5.2 Tuğla ve Kiremit Endüstrisi	33
5.2.1 Giriş ve hammadde özellikleri	33
5.2.2 Cüruf kullanımı	34
5.3 Tarımda Kullanılabilirliği	36
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	37
KAYNAKLAR	39
EKLER.....	41
ÖZGEÇMİŞ.....	53

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ADDDY	: Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik
MAM	: Marmara Araştırma Merkezi
OYB	: Ortalama Yıllık Büyüme
TS	: Türk Standartı
EN	: Avrupa Normu





ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: Termik ve elektrolitik magnezyum yöntemlerinin temel farklılıkları.....	5
Çizelge 2.2: Ülkelere göre magnezyum üretim kapasitesi.....	11
Çizelge 2.3: Ülkelere göre son 5 yıllık magnezyum üretimi.....	11
Çizelge 3.1: Laboratuvar kimyasal analiz sonucu....	17
Çizelge 4.1: Laboratuvar kimyasal analiz sonucu....	26
Çizelge 5.1: Beton test formu özeti.	31
Çizelge 5.2: Genleşme test formu özeti....	31
Çizelge B.1: 7 Günlük beton test formu.....	49
Çizelge B.2: 28 Günlük beton test formu.	50
Çizelge B.3: Genleşme test formu.....	51



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Magnezyumun kullanım yerleri.	4
Şekil 2.2: Magnezyum üretimi şeması.....	6
Şekil 2.3: Pidgeon prosesi.	8
Şekil 2.4: Magnetherm prosesi.	9
Şekil 2.5: 2012 Yılında ülkelere göre magnezyum tüketimi	12
Şekil 2.6: Magnezyum metali Türkiye tüketimi.	12
Şekil 4.1: Metalik magnezyum üretim süreci 1.	20
Şekil 4.2: Metalik magnezyum üretim süreci 2.	20
Şekil 4.3: İş akış şeması.....	21
Şekil 4.4: Kalsinasyon ünitesi.	22
Şekil 4.5: Magnezyum metal harmanı peletler.	23
Şekil 4.6: Redüksiyon fırını ve retort tüpleri..	23
Şekil 4.7: Taç (Crown) magnezyum.	24
Şekil 4.8: İngot döküm.	24
Şekil 5.1: Atık yönetimi hiyerarşisi.	27
Şekil 5.2: Beton numuneleri 1.	29
Şekil 5.3: Beton numuneleri 2.	30
Şekil 5.4: Genleşme Deney Sonucu.....	32
Şekil 5.5: Ortalama Basınç Dayanımının Zamana Göre Değişim Grafiği.	33
Şekil 5.6: Patlama.	35
Şekil 5.7: Çözünme.....	35
Şekil A.1: Cüruf analiz raporu (DEÜ) 1.....	43
Şekil A.2: Cüruf analiz raporu (Tübitak-Mam)2.....	48



METALİK MAGNEZYUM ÜRETİM TESİSİ CÜRUF ATIĞININ DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Dünyadaki sosyal, çevresel ve hızlı nüfus artışının ekonomik sonuçları, ekonomik büyüme ve doğal kaynakların tüketimi ile oluşan önemli kaygılar sonucu sürdürülebilirlik kavramı ortaya çıkmıştır.

Sürdürülebilirlik, dünyada bulunan tüm sistemlerin çeşitlilik ve üretkenlik açısından devamlılığının sağlanmasıdır. Sürdürülebilir kalkınma ise, ekonomik büyüme ve refah seviyesini yükseltme çabalarını, çevreyi ve yeryüzündeki tüm insanların yaşam kalitesini koruyarak gerçekleştirme yöntemidir.

Sanayileşme ile gelişimin kaçınılmaz olduğu günümüzde sürdürülebilir kalkınma amacıyla atıkların çok iyi bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Temel amaç atık oluşumunu kaynağında önleyen, atıkların sıfıra indirgenmeye ve oluşan atıkların değerlendirilmeye çalışıldığı yani atık sorununun çevreye minimum zararı verecek şekilde yönetilmesidir.

AB atık yönetimi politikalarının temelini “atık yönetimi hiyerarşisi” ve “üretici sorumluluğu” ilkesi oluşturmaktadır. Hiyerarşide birincil önceliği, atıkların üretim aşamasında önlenmesi ve atık miktarının ve tehlikelilik düzeyinin azaltılması oluşturmaktadır. Atıkların yeniden kullanım, geri dönüşüm ve enerji elde edilmesi yoluyla geri kazanılması ikinci, geri kazanım olanağı olmayan atıkların çevreye zarar verilmeksizin yakılması ya da güvenli depolanması da son basamağı oluşturmaktadır.

Araştırmaları yapılacak olan örnek tesis metalik magnezyum üretimi gerçekleştirecektir. Magnezyum Metali, temelde iki yöntem ile üretilebilir. Bu yöntemlerden biri elektrolitik yöntem, diğeri silikotermik yöntemdir. Silikotermik yöntem ise Pidgeon, Magnetherm ve Bolzano metodu olmak üzere kendi içerisinde ayrılmıştır. Örnek tesis, üretimini veriminin daha yüksek olduğu Pidgeon Yöntemi ile gerçekleştirmektedir.

Örnek tesis Türkiye’deki ilk metalik magnezyum üretim tesisi olacaktır. Bu nedenle ülkemiz açısından büyük bir öneme sahiptir. Eskişehir’de kurulacak olan Metalik Magnezyum Üretim Tesisi’nde oluşan tehlikesiz cüruf atığına, atık yönetim hiyerarşisi yaklaşımı uygulanmış ve başka bir sektörde kullanım olanakları araştırılmıştır.

Hammaddesi dolomit olan tesisin üretim aşamasında Redüksiyon/ Rafinasyon aşamaları sonrasında, ürün haricinde geriye kalan 154.500 ton/yıl malzemenin cüruf (atık/yan ürün) olarak açığa çıkması beklenmektedir.

Bahsi geçen tesisin inşaa aşamasında olması dolayısıyla, hâlihazırda cüruf çıktısı olmamasından ve benzer tesisin ülkemizde bulunmaması nedeniyle; ancak yurt dışından benzer bir üretim tesisinde Türkiye’de kullanılacak dolomit ile yapılan deneme üretimlerinde çıkan cüruf atığının analizlerinin sonucuna göre çalışmalar yapılmıştır.

Örnek cürufunun analiz sonuçları, fiziksel ve kimyasal özellikler göz önünde bulundurulduğunda tuğla-kiremit ve çimento endüstrisinde katkı malzemesi olarak kullanılabilirliği ile ilgili araştırmalar yapılmıştır.

Tuğla kiremit endüstrisinde faaliyet gösteren özel bir şirketin laboratuvarında testler yapılmıştır. Cüruftaki CaO ve MgO ortam şartlarında bulunan rutubet ile bileşik oluşturarak Ca(OH)_2 ve Mg(OH)_2 oluşturmuştur. Bu oluşum kuvvetli bir hacim büyümesi meydana getirmiş ve pişmiş ürünün yüzeyinde “Kireç Patlaması” olarak adlandırılan hata meydana gelmiştir. Oluşturulan numuneler ile yapılan deneyler cürufun tuğla-kiremit endüstrisi için kullanılmasının sakıncalı olduğu sonucuna varılmıştır.

Çimento endüstrisinde, cürufun çimentoya ikame olarak yani beton katkısı olarak kullanılması için İstanbul Teknik Üniversitesi Yapı Malzemesi Laboratuvarı’nda Çimento deney yöntemleri TS-EN 196 serisi standartlara göre çalışmalar yapılmıştır. 7 ve 28 günlük deney sonuçları genleşme, işlenebilirlik ve basınç açısından değerlendirilmiştir. Yapılan tüm deney sonuçları göz önünde bulundurulduğunda hem genleşme hem de basınç açısından katkı malzemesinin çimentoya ikame olarak belirli oranlarda kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.



RECYCLE THE SLAG WASTE OF METALLIC MAGNESIUM PRODUCTION PROCESS

SUMMARY

Sustainability is how all the system in the world remain diverse and productive. In more general terms, sustainability is the endurance of systems and processes. The organizing principle for sustainability is sustainable development, which includes the four interconnected domains: ecology, economics, politics and culture.

Sustainable development is the organizing principle for sustaining finite resources necessary to provide for the needs of future generations of life on the planet. It is a process that envisions a desirable future state for human societies in which living conditions and resource-use continue to meet human needs without undermining the "integrity, stability and beauty" of natural biotic systems

The 2005 World Summit on Social Development identified sustainable development goals, such as economic development, social development and environmental protection. This view has been expressed as an illustration using three overlapping ellipses indicating that the three pillars of sustainability are not mutually exclusive and can be mutually reinforcing.

While the United Nations Millennium Declaration identified principles and treaties on sustainable development, including economic development, social development and environmental protection it continued using three domains: economics, environment and social sustainability. More recently, using a systematic domain model that responds to the debates over the last decade, the Circles of Sustainability approach distinguished four domains of economic, ecological, political and cultural sustainability. This is in accord with the United Nations Agenda 21, which specifies culture as the fourth domain of sustainable development.

Generally sustainable development consists of balancing local and global efforts to meet basic human needs without destroying or degrading the natural environment. The question then becomes how to represent the relationship between these needs and the environment.

Rapid consumption of natural resources for the purpose of maintenance of modern life, destruction of nature, difficulty of disposal of wastes which are arising from environmental pollution and consumption, imposed people obligation to use resources as optimum. The society and industrial systems must begin to mimic nature and move from being primarily linear to being cyclical. Each material must be used as efficiently as possible and must be chosen so that it may either return safely to a cycle within the environment or remain viable in the industrial cycle.

The vision of Zero Waste can be seen as a solution to these needs and a key to future. Zero solid waste, zero hazardous waste, zero toxic emissions, zero material waste, zero energy waste and zero waste of human resources will protect the environment and lead to a much more productive, efficient, and sustainable future. The use of an endpoint goal of "zero" recognizes that simple making small steps without a goal may not achieve a sustainable future while use of a clear defined goal will lead to more rapid innovative improvements.

Waste Management relies on three principles according to European Union's approach. Main element of Waste Management strategy is to prevent waste. If there is less arising waste there will be less recyclable and/or landfill materials, this is the most important and the first step. Recovery is the second most important principle. The third principle is the treatment of the unrecoverable wastes in suitable conditions.

EU's waste approach strategy is a sound business tool that, when integrated into business processes, provides an easy to understand stretch goal that can lead to innovative ways to identify, prevent and reduce wastes of all kinds. It strongly supports sustainability by protecting the environment, reducing costs and producing additional jobs in the management and handling of wastes back into the industrial cycle.

In this thesis, researches are for the recycle of slag waste of Turkey's first Magnesium Plant which will be constructed in Eskisehir. The plant will be produced magnesium (%99,9 purity) from dolomite via pidgeon process. The Pidgeon process is one of the methods of magnesium metal production, via a silicothermic reduction. The Pidgeon process is a batch process in which finely powdered calcined dolomite and ferrosilicon are mixed, briquetted, and charged in retorts made of nickel-chrome-steel alloy. The hot reaction zone portion of the retort is gas fired in a furnace, while the condensing section equipped with removable baffles extends from the furnace and is water-cooled. Due to distillation, very high purity magnesium crowns are produced, which are remelted and cast into ingots.

The mentioned plant will be produced roughly 154.500 tons of slag from the hot reaction zone (reduction and refining) annually.

A trial production had been made by a similar plant with the raw material from Turkey in China. For this thesis the trial production's waste had been used as a slag source as, the Magnesium Plant was in the construction phase.

The slag was analyzed chemically and physically in Esan and 2 university laboratories. According to the test results, slag was not hazardous. Detailed results are given in the thesis.

In this study the usability of slag as an admixture material had been made in cement and building materials industry considering both its physical and chemical properties.

There had been a test done at a private brick industry company's laboratory which included samples of slag. Calcium oxide and magnesium oxide in samples reacted with water within environment. In this reaction formed calcium hydroxide and magnesium hydroxide compounds. Moreover, there had been a huge increase on the volume of bricks with the reaction which had been disrupted the brick structure. Researchers have concluded that slag usage is not suitable for brick industries.

On the other hand, there had been a test done at Istanbul Technical University Structural Materials Laboratory. Samples included slag as a substitution material for cement. Test methods of studies was conducted according to the TS-EN 196 series standards.

For the cement industry, lots of tests had been carried out with the methods of testing cement (TS-EN 196 series) standards at Istanbul Technical University Structural Materials Laboratory. TS-EN 196-1 standard describes the method for the determination of the compressive and, optionally, the flexural strength of cement mortar. Furthermore, TS-EN 196-3+A1 standard specifies the methods for determining standard consistence, setting times and soundness of cements. All

experiments were performed according to these standards. Test results had been evaluated from many perspectives. Consequently, slag (at a certain rate) could be used as a substitute for cement which are given detailed information in the thesis.





1. GİRİŞ

Sanayileşme ile gelişmenin kaçınılmaz olduğu günümüzde, sürdürülebilir kalkınma amacıyla atıkların çok iyi bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Temel amaç, atık oluşumunu kaynağında önleyen, atıkları sıfıra indirgemeyi esas kabul eden ve oluşan atıkların değerlendirilmeye çalışıldığı, yani atık sorununun çevreye minimum zarar verecek şekilde yönetilmesidir.

AB atık yönetimi politikalarının temelini “atık yönetimi hiyerarşisi” ve “üretici sorumluluğu” ilkesi oluşturmaktadır. Hiyerarşide birincil önceliği, atıkların üretim aşamasında önlenmesi ve atık miktarının ve tehlikelilik düzeyinin azaltılması oluşturmaktadır. Atıkların yeniden kullanımı, geri dönüşümü ve enerji elde edilmesi yoluyla geri kazanılması ikinci, geri kazanım olanağı olmayan atıkların çevreye zarar verilmeksizin yakılması ya da güvenli depolanması da son basamağı oluşturmaktadır.

1.1 Tezin Amacı

Atık yönetim hiyerarşisine bağlı kalarak, kurulacak olan Metalik Magnezyum Üretim Tesisi'nde oluşan tehlikesiz cüruf atığının, tuğla-kiremit ve beton endüstrisinde kullanım olanakları araştırılmıştır. Böylece düzenli depolama ile atıkların bertaraf edilmesi yerine daha faydalı bir biçimde değerlendirilmeleri ve olası en az miktarda atık çıkarılması hedeflenmektedir.

1.2 Uygulama ve Literatür Araştırması

Kurulacak olan Metalik Magnezyum Tesisi'ne eşdeğer ve benzer üretim yapan dünyadaki tesisler ve literatür araştırılmıştır.

Çin'de üretim yapan ve yerinde görülen tesislerde atıkları, atık yönetim hiyerarşisinin son adımı olan, düzenli depolayarak bertaraf ettikleri görülmüştür.

Yapılan literatür taramasında bu atıkların bir takım kimyasal ve ısıl işlemler sonrasında yapı malzemesi ve toprak gübresi olarak kullanılabileceği öğrenilmiştir. (Dehong ve diğerleri, 2011; Fenglan ve diğerleri, 2011). Fakat cüruf atık miktarının çok fazla

olması, üretim uzmanlığından daha farklı bir sektör tarafına geçmesi, en önemlisi ise eşdeğer malzemeler ile maliyet olarak yarışamayacak olması sebebiyle örnek tesis için bu çalışmalar çözüm olamamış sadece yol gösterici olmuştur.

Bu çalışmada örnek tesisin cürufuna herhangi bir işlem yapılmadan, atığa değer kazandırıp ara ürün olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.



2. MAGNEZYUM

2.1 Genel Bilgi

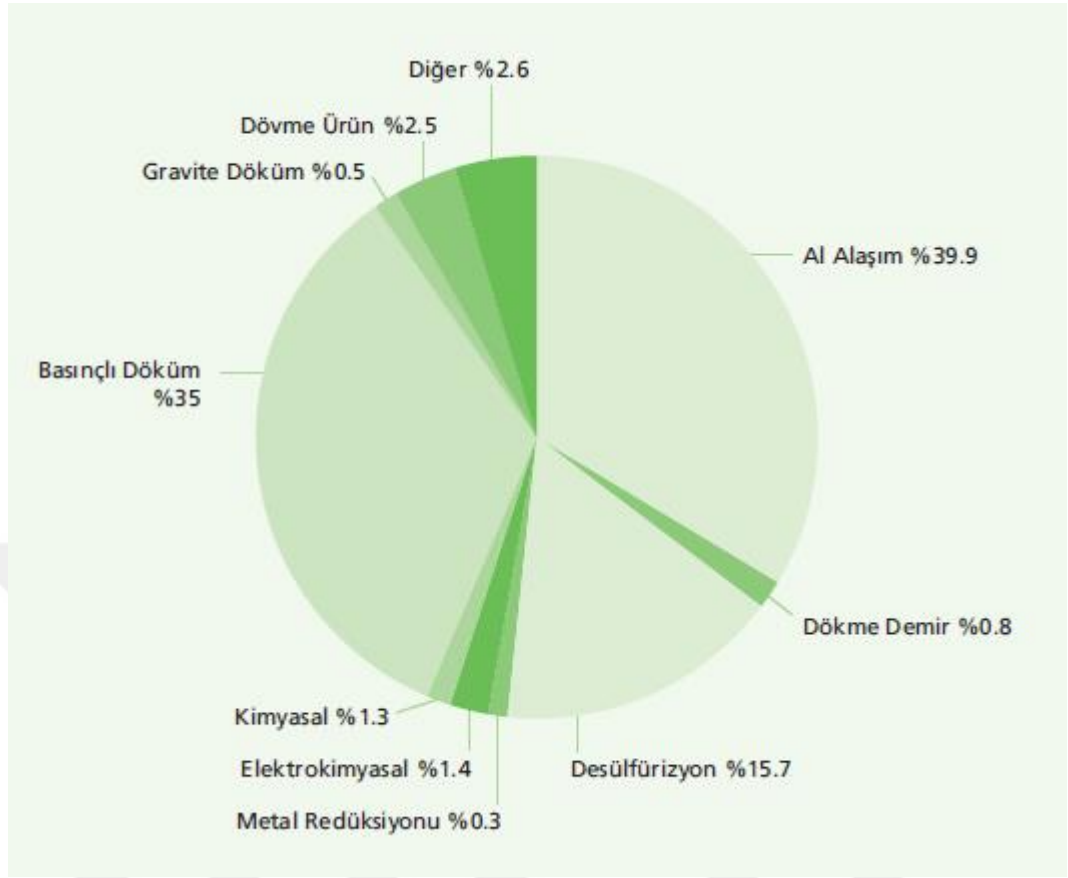
Magnezyum gümüş renkli 13 metalden biridir. Yeryüzünde en sık rastlanan sekizinci element olarak bilinen magnezyumun özgül ağırlığı 1.738 g/cm^3 olup ergime sıcaklığı 650°C ve kaynama sıcaklığı 1107°C 'dir. Açık gümüş renkli magnezyum metalinin en hafif mühendislik malzemeleri arasında olduğu bilinmektedir. Alüminyumdan %33, demirden %75 daha hafiftir. Aynı zamanda magnezyum metali, plastik şekil verme işlemlerinin en kolay uygulandığı metal olarak bilinmektedir. Özellikle alüminyum ile yaptığı alaşımların hafif ve mukavemetli olması sebebiyle otomotiv, havacılık, denizcilik sektöründe yoğun ilgi görmektedir.

2.2 Kullanım Alanları

Magnezyum metali, modern teknolojiye ve ağır sanayideki gelişmeyle beraber daha fazla önem kazanmıştır. Bu sebeple tüketimi sürekli artış göstermektedir.

Magnezyumun hafif ve yüksek mukavemete sahip olması nedeniyle üretimde kullanılmaktadır. Uçak, roket, mermi ve otomotiv sanayinde, çelikten kükürt uzaklaştırılmasında, sfero dökme demirde, Al-Mg benzeri özel alaşımların üretiminde, çelik yapıların, gemilerin, petrol ve gaz boru hatlarının korozyondan korunmasında (anot olarak), havai fişek üretiminde, bor, hafniyum, titanyum, zirkonyum ve uranyum gibi metallerin üretiminde kullanılan magnezyum, günümüz teknolojisindeki gelişmeler ile birlikte önemli bir metal konumuna gelmiştir. Ayrıca 1980'den sonra geliştirilen korozyona dayanıklı alaşımlar bilgisayar bileşenlerinde, cep telefonlarında, bavul iskeletlerinde, tenis raketlerinde geniş çapta kullanım alanı bulmaktadır (Addemir, 2008).

Magnezyumun kullanım yerleri Şekil 2.1 de gösterilmiştir.



Şekil 2.1: Magnezyumun kullanım yerleri (Czerwinski, 2008).

Magnezyum alaşım halinde de çokça kullanılmakta ve piyasaya ingot halinde sunulmaktadır. Otomotiv, uzay ve uçak endüstrisinde son ürün bu külçelerden üretilmektedir. Saf metaller kullanılarak oluşturulan alaşımlar için özel ergitme yöntemlerine ihtiyaç bulunmaktadır. Bu sebeple son dönemlerde yapılan magnezyum konulu konferanslarda alaşım geliştirme konularına ağırlık verilmiştir. Özellikle otomobil endüstrisine yönelik alaşımların korozyon direncinin, mukavemet ve diğer fiziksel özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla bilinen alaşımların özelliklerinin iyileştirilmesi ve yeni alaşımların geliştirilmesi konusunda yoğun araştırma faaliyetleri gerçekleştirilmekte, Çin, Almanya, İsrail, ABD, Kanada, Avustralya ve Ukrayna gibi ülkelerde kısa, orta ve uzun vadede çalışmalar yapılmaktadır (Addemir, 2008).

2.3 Üretim Yöntemleri ve Hammaddeler

Magnezyum üretiminde kullanılan üretim tekniklerinde iki temel yöntemden bahsedilebilir, bunlar metalotermik (termal redüksiyon) ve elektrolitik yöntemleridir.

Bununla beraber proses bakımından onun üzerinde üretim metodu geliştirilmiştir. Yöntemler kullanılan magnezyum kaynağına ve proseste kullanılan diğer hammaddelere göre değişebilmektedir. Metalotermik (termal redüksiyon) ve elektrolitik magnezyum üretim yöntemlerinin temel farkları Çizelge 2.1’de görülmektedir.

Çizelge 2.1: Termik ve elektrolitik magnezyum yöntemlerinin temel farklılıkları.

Yöntem	Elektroliz	Termal Redüksiyon
Hammaddeler	Manyezit, Dolomit, Biskofit, Karnalit, Serpentin, Deniz Suyu	Dolomit, Manyezit
Enerji	Hidroelektrik, Gaz, Fuel-oil	Kömür – Gaz - Elektrik
Enerji İhtiyacı (MWh/ton Mg)	18-28	45-80
Proses	Sürekli	Kesikli
İş Gücü	X	5X
Yatırım Tutarı US \$/ton Magnezyum Kapasitesi	10 000-18 000	≤ 2000

Birincil magnezyum metali üretiminde manyezit ($MgCO_3$), dolomit ($MgCO_3.CaCO_3$), karnalit ($MgCl_2.KCl.6H_2O$), biskofit ($MgCl_2.6H_2O$), serpentin ($3MgO.2SiO_2.2H_2O$) ve deniz suyu (Mg^{2+} (çöz)) hammadde kaynağı olarak kullanılmaktadır. Bu hammaddeler çıkarıldığı kaynaklar ve magnezyum içerikleri bakımından farklılıklar göstermektedir (Aghion ve Golub 2006).

Manyezit dolomitten daha fazla magnezyum içeriğine sahiptir, bununla beraber manyezit kaynakları jeolojik olarak daha kısıtlıdır. Dünyadaki manyezit kaynakları tahminen 12 milyar tonun üzerinde olup, ağırlıklı olarak Çin, Rusya, Kuzey Kore, Avusturalya, Slovakya, Brezilya, Türkiye, Hindistan ve Kanada’da yayılmış durumdadır. Yıllık tahmini manyezit üretimi 19 milyon ton ve bunun %85’inden fazlası mineral katmanlı taş özelliğindedir. Periklas en yüksek magnezyum içeriğine sahiptir, ancak periklas doğada kararsız bir yapıya sahip olduğu için brüsit dönüşmektedir. Periklas hariç tutulursa, brüsit en yüksek magnezyum içeriğine sahip mineral olarak görülmektedir; fakat yüksek tenörlü brüsit ait büyük tonajlı kaynaklar pek yaygın değildir (www.magnesium-elektron.com).

Magnezyum element olarak doğada çok geniş bir dağılıma sahiptir. Seksenin üzerinde mineral, kristal yapısında % 20 üzerinde magnezyum bulundurmaktadır. Buna rağmen

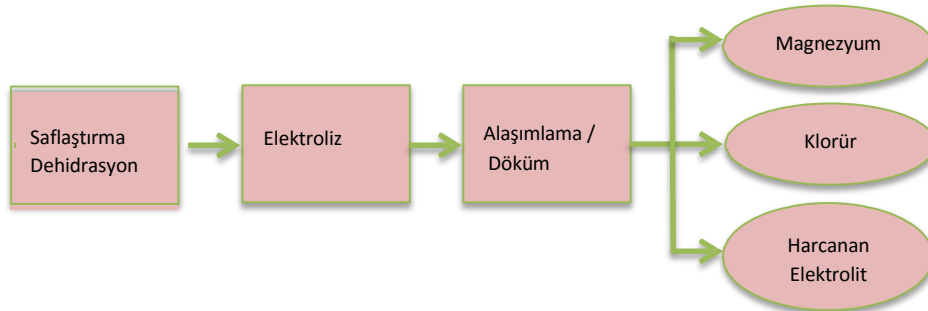
sadece manyezit, dolomit, brüsit, biskofit, karnalit ve olivin metalik magnezyum üretiminde hammadde olarak kullanılmaktadır. Dolomit ve manyezit magnezyum metali üretiminde en yaygın kullanılan cevherlerdir. Dolomit karbonat grubu içinde en yaygınlarından olup Çin’deki metalik magnezyum üretiminin ana kaynağıdır (Kramer, 2001).

2.3.1 Elektroliz ile magnezyum üretimi

Elektroliz ile magnezyum üretimi temelde 2 basamaktan oluşmaktadır. Elektroliz hücrelerine beslenecek magnezyum klorürün hazırlanması ve elektrolizin gerçekleştirilmesi. Tüm elektroliz prosesleri rafinasyon ve döküm işlemleriyle devam etmektedir.

Magnezyumun elektroliz ile üretiminde, elektrolizin başlangıç maddesi her zaman magnezyum klorür ($MgCl_2$)’dir. Bu bileşiğin üretimi, magnezyum oksitli veya hidroksitli bileşikler HCl veya Cl_2 gazı ile sulu $MgCl_2$ ’e dönüştürülmesi ve kristalize edilmesi esasına dayanır. Başlangıç hammaddesi olan magnezyum oksit ve magnezyum hidroksit ne kadar temiz olursa üretilen $MgCl_2$ tuzu da o kadar temiz olacaktır (Addemir, 2008).

Birçok magnezyum üretim yolu olmasına karşın uygulananları, Ig Farben prosesi ve Dow prosesi olarak da anılan deniz suyundan magnezyum üretim teknolojisidir. Elektroliz ile magnezyum üretimi Şekil 2.2’de şematik olarak gösterilmiştir (Addemir, 2008).



Şekil 2.2: Magnezyum üretimi şeması.

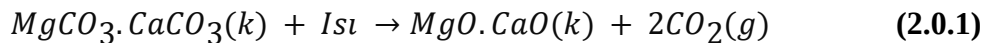
2.3.2 Termal redüksiyon ile magnezyum üretimi

Termal Redüksiyon teknolojisi ile magnezyum üretiminde hammadde olarak sadece dolomit ($MgCO_3.CaCO_3$) ve manyezit ($MgCO_3$) cevherleri kullanılabilmektedir. Bununla beraber indirgeyici (redükleyici) olarak kullanılan hammaddeye (silisyum, alüminyum, karbon) göre metalotermik yöntemler; silikotermik, alüminotermik, karbotermik olmak üzere üçe ayrılmaktadır.

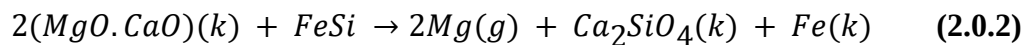
2.3.2.1 Silikotermik yöntemler

Silikotermik redüksiyon yönteminde ana indirgeyici olarak %65-85 silikon içeren ferrosilisyum ($FeSi$) kullanılmaktadır. Proses farklılıklarına bağlı olarak yardımcı hammaddeler kalsiyumflorür (CaF_2), hurda alüminyum ve boksit kullanılabilmektedir. Dünya üzerinde kabul görmüş üç adet silikotermik yöntem bulunmaktadır. Bunlar, (i)Pidgeon Prosesi (ii)Magnetherm Prosesi ve (iii)Balzano Prosesi'dir (Aghion ve Golub 2006).

Pidgeon prosesi: Dünya üzerinde en yaygın kullanılan proses, 1940'lı yıllarda Prof. Pidgeon'ın Kanada'da geliştirdiği Pidgeon Prosesi'dir. Pidgeon prosesi şu an en yaygın biçimde Çin'de kullanılmaktadır. Diğer yöntemlere göre daha düşük sıcaklık ve daha yüksek vakum altında çalışılan Pidgeon prosesinde ton magnezyum başına yatırım maliyetleri de diğer proseslere göre daha düşüktür. Proseste öncelikle, ana hammadde olarak kullanılan dolomit, kalsinasyon işlemine tabi tutulup yapısından karbondioksit uzaklaştırılır (Addemir, 2008).

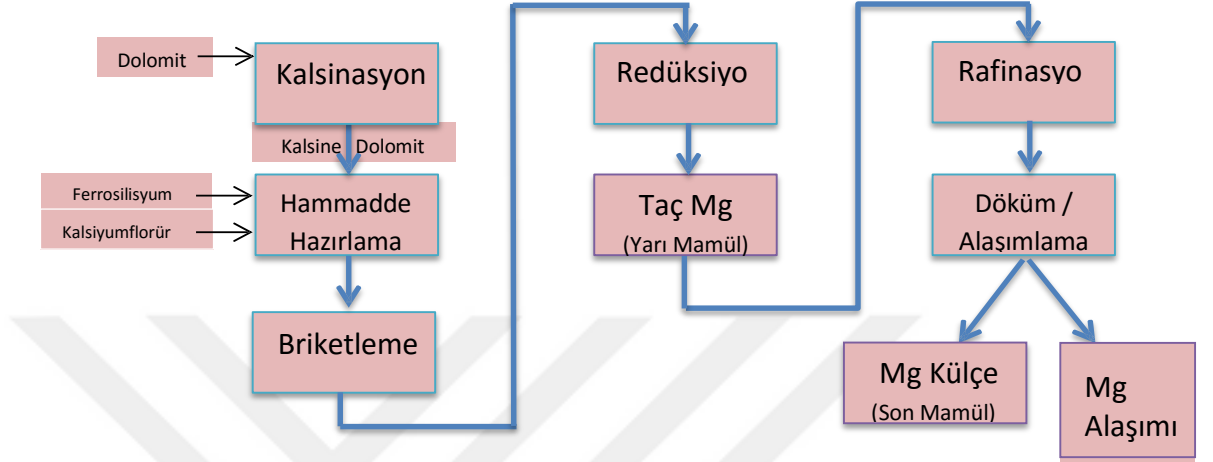


Ardından kalsine dolomit ($MgO.CaO$), redükleyici olan ferrosilisyum ($FeSi$) ve katalizör olarak kalsiyumflorür (CaF_2) ile belli bir tane boyutuna getirildikten sonra belli oranlarda karıştırılarak pelet formuna sokulur. Peletler redüksiyon fırınlarının içine yerleştirilir ve yaklaşık 1200 °C sıcaklık altında 10-12 saatlik bir reaksiyon gerçekleşir.



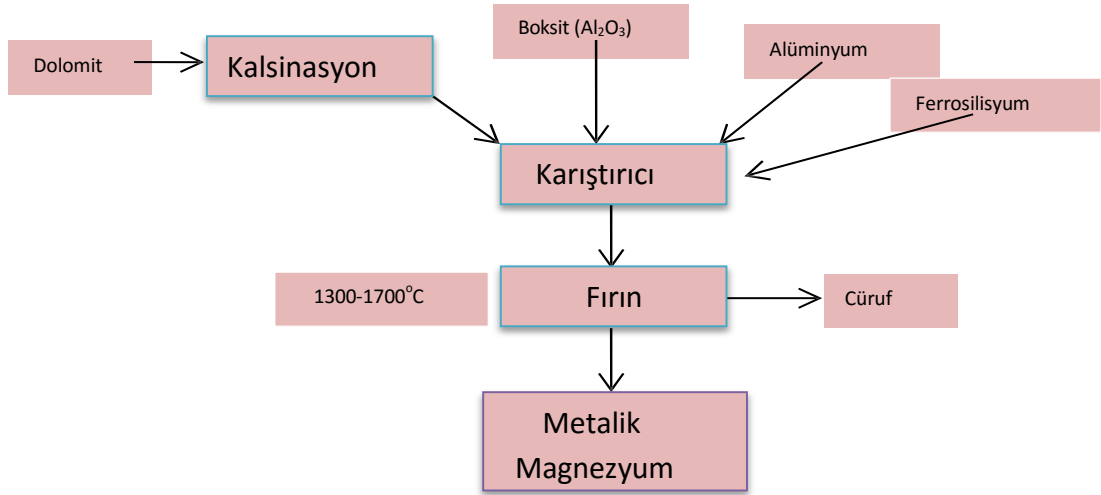
Reaksiyon sırasında buharlaşan metalik magnezyum fırının soğuk kısmına (600 °C) vakum altında ilerleyerek yoğunlaşma kovanlarının çeperinde kristalize olarak katılır. Bu kristalize olmuş magnezyuma taça benzediği için taç magnezyum da

denilmektedir. Taç magnezyum, %90-95 aralığında metalik magnezyum içermektedir, saflık derecesini arttırmak için döküm öncesi bir rafinasyon uygulanabilir. Rafinasyon sonrası çıkan magnezyum %99,95 ve üzeri saflık derecesine sahip olup istenirse diğer metaller ile alaşımlama yapılabilir. Pidgeon Prosesi Şekil 2.3'te şematik olarak gösterilmiştir (NERİ, 2008).



Şekil 2.3: Pidgeon prosesi.

Magnetherm prosesi: Bu teknoloji 1950-1960 yılları arasında büyük bir alüminyum üretim firması olan Pechiney tarafından geliştirilmiş olup ardından Amerika menşeli Northwest Alloys firması tarafından da kullanılmıştır. Bu teknolojinin ana karakteristiği, üretim fırınlarında alternatif akım ile çalışan elektrotların kullanılmasıdır. Böyle bir ısıtma yöntemi elektriği ileten sıvı bir cürufa ihtiyaç duymaktadır. Bu yüzden redüksiyon prosesinde kalsine dolomit ve ferrosilisyuma ek olarak boksit ve hurda alüminyum da eklenmektedir. Magnetherm Prosesi Şekil 2.4'te şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.4: Magnetherm prosesi.

Magnetherm Prosesi'nde fırın sıcaklığı 1300-1700 °C aralığında değişebilmektedir. Bu geniş sıcaklık aralığı prosesteki çeşitli sebeplerden kaynaklanmaktadır. Bunun en büyük sebebi, geniş hacimli fırınlarda alçak basınca ayarlamamanın zorluğu ve redüksiyon reaksiyonunun ancak yüksek sıcaklıklarda gerçekleşebilmesidir. Magnetherm prosesi bir yığın prosesi olup bir üretim döngüsü 16 - 24 saat aralığında gerçekleşmektedir. Fırının elektrotlu ana bölümünde ergiyip buharlaşan magnezyum, yoğunlaştırıcı başka bir bölmede sıvı veya katı olarak toplanmaktadır (Yücel ve diğerleri, 2008; Habashi, 1997; Czerwinski, 2008).

Balzano prosesi: Bu üretim yöntemi İtalya'nın Balzano kasabasındaki bir magnezyum fabrikasında geliştirilmiş olup, şu an Brezilya'daki Brasmag firması tarafından kullanılmaktadır. Balzano Prosesi de diğer silikotermik yöntemlere göre ısıtmada farklılıklar göstermektedir. Kalsine edilmiş dolomit ve indirgeyici olarak ferrosilisyum, büyük bloklar halinde kalıplanır ve elektrikli ısıtma iletkenlerine bağlanır. İletkenler, tüm fırını ısıtmak yerine direkt olarak blokların üzerinden ve arasından geçer. Proses sıcaklığı yaklaşık 1200 0C olup, basınç 3 mm Hg değerindedir (Friedrich ve Mordike, 2006).

2.3.2.2 Alümina termik yöntem

Bu yöntemde indirgeyici olarak alüminyum kullanılmakta olup en yaygın kullanılan proses Heggie Prosesi'dir. Proses temelinde; dolomit ve manyezitin beraber kalsinasyona sokulmasının ardından alüminyum ile redüklenmesi bulunmaktadır. Alümina termik yöntemde diğer yöntemlere göre daha düşük sıcaklıklar

kullanılmaktadır. Redüksiyon reaksiyonu plazma ark ocaklarında, 1 atm basınç altında 1300 °C sıcaklıkta gerçekleşirken, 10 mm Hg basınç altında 900 °C sıcaklıkta kolaylıkla gerçekleşebilmektedir. Yöntemin dezavantajı ise üretim maliyetlerini alüminyumun yükseltmesidir. Bu yüzden bu yöntem kendine ait alüminyum üretimi olan firmalarda ya da yan ürün olarak hurda alüminyum veya alüminyumca zengin atığı olan firmalarda kullanılabilmektedir (Friedrich ve Mordike, 2006).

2.3.3 Karbo termik yöntem

Karbotermik yöntemin temelinde karbonun doğrudan magnezyum oksidi redükleme prensibi bulunmaktadır. Ancak yüksek aktivasyon enerjisi sebebiyle pratik kullanım açısından çok da ekonomik olmayan bir yöntemdir. Reaksiyon 1854 °C sıcaklıkta gerçekleşmektedir. Düşük soğutma hızlarında reaksiyon ters yönde de gerçekleşebildiğinden çok hızlı bir soğutma gereksinimi bulunmaktadır. Bu derece hızlı bir soğutma ile magnezyum metali toz formunda oluşmaktadır ve bu durum üretim prosesinin sürekliliği daha da zorlaşmaktadır (Friedrich ve Mordike, 2006).

2.4 Üretim Verileri

Dünyada toplam magnezyum üretim kapasitesi (Çizelge 2.2) 2013 yılı itibarı ile 1.425.000 ton civarındadır. Bu kapasitenin 1.150.000 tonu Çin'de bulunmaktadır. Toplam kapasitenin aksine 2012 yılında toplam üretim 862.500 ton olarak belirlenmiştir. Dünya magnezyum üretiminin % 81'i Çin'de gerçekleştirilmektedir. 2011 yılı itibarı ile pazara yeni üreticiler girmeye başlamıştır. 2011 yılında Malezya, 2012 yılında Güney Kore, 2014 yılında Avustralya pazara girmiş ve 2016 yılında Eczacıbaşı Esan ile Türkiye pazara girecektir (Esan THD, 2014).

Ülkemizde 16 milyar tona yakın dolomit, 110 milyon ton manyezit rezervi bulunmasına rağmen magnezyum metali üreten tesis mevcut değildir. Bununla birlikte ülkemizin son yıllardaki yıllık magnezyum ithalatı artarak 5.000 - 6.000 tonlardan 11.000 - 12.000 ton seviyelerine yükselmiştir. Çoğunlukla ithal edilen külçeler toz haline getirildikten sonra ya demir-çelik sektörünün kullanımına sunulmakta ya da ihraç edilmektedir (Demiray, 2008).

Ülkelere göre son 5 yıllık magnezyum üretimi çizelge 2.3 'teki gibidir (Esan THD, 2014).

Çizelge 2.2: Ülkelere göre magnezyum üretim kapasitesi.

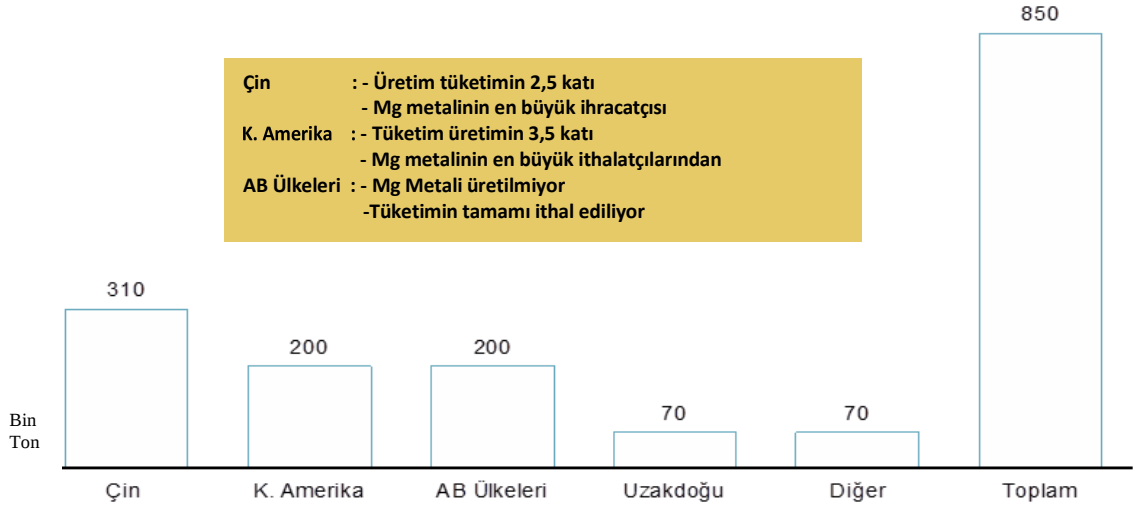
Ülkeler	Kapasite
Brezilya	22.000
Çin	1.150.000
Hindistan	900
İsrail	34.000
Kazakistan	30.000
Güney Kore	10.000
Malezya	15.000
Rusya	80.000
Sırbistan	5.000
Ukrayna	15.000
ABD	70.000
Toplam	1.431.900

Çizelge 2.3: Ülkelere göre son 5 yıllık magnezyum üretimi.

Ülkeler	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Brezilya	15.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000
Kanada	2.000	*	*	*	*	*
Çin	559.000	501.000	654.000	661.000	698.000	800.000
İsrail	32.051	19.045	23.309	26.284	27.000	28.000
Kazakistan	21.000	21.000	21.000	21.000	21.000	21.000
Güney Kore	*	*	*	*	2.500	9.000
Malezya	*	*	*	*	5.000	5.000
Rusya	37.000	29.000	29.000	29.000	29.000	30.000
Sırbistan	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	2.000
Ukrayna	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
ABD	55.000	48.700	51.000	56.000	60.500	63.500
Toplam	724.551	638.245	797.809	812.784	862.500	976.500

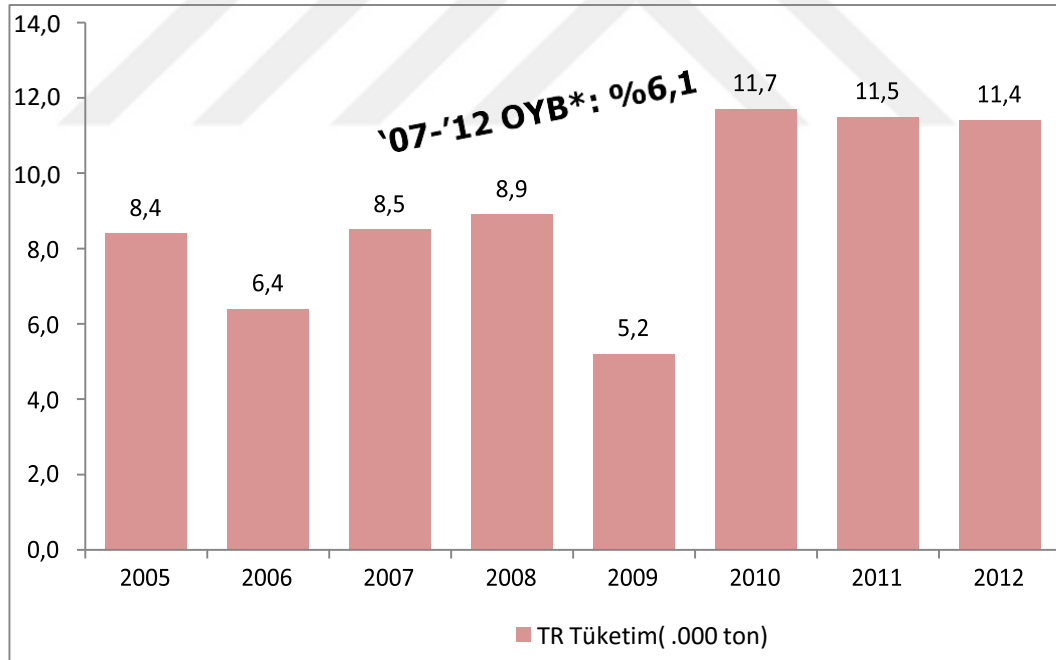
2.5 Tüketim Verileri

Dünya magnezyum tüketiminde (Şekil 2.5), üretimi gibi Çin 300 K ton ile öne çıkmaktadır. Çin'i 200 K ton ile AB ve ABD izlemektedir. Daha önceki grafiklerden de görüldüğü gibi ABD'de üretim 60 K ton ile sınırlı iken Avrupa'da hemen hemen üretim yok denecek kadar azdır. Avrupa'da Pazar, Çin tarafından domine edilirken, ABD dünya magnezyum hurda pazarına hâkim olarak var olan açığını kapatmaya çalışmaktadır (Esan THD, 2014).



Şekil 2.5: 2012 Yılında ülkelere göre magnezyum tüketimi.

Ülkemizde de magnezyum tüketimi yoğunluklu olarak demir çelik sektörüne hizmet etmekle birlikte yıllık 11.000 ton civarındadır. Türkiye’deki yıllık tüketim Şekil 2.6 da gösterildiği gibi 2005 yılından bu yana her yıl ortalama % 6,1’lik bir büyümeye göstermektedir (Esan THD, 2014).



Şekil 2.6: Magnezyum metali Türkiye tüketimi.

3. DOLOMİT

3.1 Tanım ve Sınıflandırma

Bileşimi $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ olan ve bir çift karbon bileşiği olan dolomitin, kalsitten ayrı özellikte bir mineral olduğu ilk kez Fransız Jeolog Dolomiev Sylusion tarafından tespit edilmiştir. Dolomit, kireçtaşlarından kalsiyum oksitin (CaO) yerini kısmen veya tamamen magnezyum oksitin (MgO) alması ile oluşmaktadır. Bu yüzden dolomit bileşimi açısından kireçtaşları ile ilişkisi olup, düşeyde ve yanalda daima kireçtaşları ile geçişlidir. Dolomit bünyesindeki dolomit ve kalsit oranına göre araştırmacılar tarafından aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır.

- % 10'dan az kalsit, % 90'dan fazla dolomit; Dolomit
- % 10-50 kalsit, % 50-90 dolomit; Kalkerli dolomit
- % 50-90 kalsit, % 10-50 dolomit; Dolomitik kireçtaşı
- % 90-95 kalsit, % 5-10 dolomit; Mg'lu kireçtaşı
- % 95'den fazla kalsit, % 5'den az dolomit; Kireçtaşı

Dolomite çeşitli ısı değerlerinde işlemler uygulanabilir. Kalsinasyon işlemi uygulanmamış dolomite "ham dolomit", $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' de ısıtılma tutulmuş dolomite "kalsine dolomit", $1850 - 1950\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında ısıtılma tabi tutulmuş dolomite ise "sinter dolomit" denir (Devlet Planlama Teşkilatı, 2001).

3.2 Mineroloji ve Oluşum

Prensip olarak karbonatlı kayalardan kireçtaşı ve dolomit, endüstride kullanılan en önemli kayalardır. Kireçtaşı, çoğunlukla CaCO_3 içeren sedimanter bir kayadır. Dolomit ise CaCO_3 ve MgCO_3 içeren kayalardır. Aragonit (CaCO_3) kalsitle aynı kimyasal özelliğe sahip olmasına karşın kristal yapısı bakımından farklılık göstermektedir. Aragonit, kalsitin zaman içerisinde altere olması ile oluşmuş bir mineraldir. Diğer karbonatlı mineraller siderit (FeCO_3), ankerit ($\text{Ca}_2\text{MgFe}(\text{CO}_3)$) ve magnezit (MgCO_3) 'dır. Magnezit genellikle kireçtaşı ve dolomitte beraber bulunur ancak bütünü içinde az miktarda yer almaktadır. Benzer özellikleri sebebiyle,

karbonatlı mineralleri bir diğ erinden ayırt etmek pek kolay olmamaktadır. Özgöl ağırlık, renk, kristal formu ve diğ er fiziksel özellikleri, monomineralik kayaç olması koşuluyla, tanımlamalarda yardımcı olmaktadır.

Ekonomik öneme sahip çoğ u karbonatlı kayaçlar, kısmen veya tamamen biyolojik olarak deniz suyundan veya sığ deniz ortamında oluşmuşlardır. İçinde fosil bulunan bir kireçtaşı, kesin olarak oluşumunun biyolojik bir orijinden geldiğ inin kanıtıdır. Ancak herhangi bir tanımlayıcı unsur yoksa ve ince taneli bir yapı ise küçük organizmalardan türediğ i anlaşılmalıdır. Örneğ in kil ve silt boyutlu partiküller, ölü alglerin aragonitik keskin kabukları olabilir. Çekirdek etrafında kalsiyum karbonat birikmesi ile oluşan oolitler, yine alglerin aktivitesi ile oluşmuş olabileceğ i olasılığ ını güçlendirmektedir.

Bazı bölgelerde mercan ve kalkerli algler ki bunlar kireç saklayan organizmalardır, zamanında dalgalara karşı koyan ve resif adı verilen büyük dalga kıran yapılar oluşturuyorlardı. Bu yapıların biyolojik aktif unsurları genellikle sığ denizlerde yer aldıklarından dolayı da oolitik formdan, iç iç e geçmiş kalsiyum karbonatlı konsantrik yumrular oluşturmuşlardır. Zamanla çök elme ortamında biriken bu canlılar karbonatlı kayaçların oluşumuna kaynak olmuşlardır.

Karbonatlı kayaçların oluşumunu sağlayan bu depolanma bölgelerinin çevresi, oluşacak kayaçın saflılığ ını, şeklini ve boyutunu ortaya koyması açısından oldukça önemli olmaktadır. Yüksek enerji zonlarında oluşan ve çok az karbonat dışı metaryal içermeyen kireçtaşları, yüksek saflıktaki karbonat minerallerinin kaynağ ını oluşturmaktadır. Düşük enerji alanlarında oluşan mikrit ise çok kil, silt ve karbonat dışı mineral içermektedir.

Karbonat sedimanları depolama iş lemi sonrası alterasyon ve modifikasyona son derece duyarlı olmaktadırlar. Dolomit'in orijini ekonomik jeologlar tarafından özellikle önemlidir. Bazı dolomitler, deniz suyunun presipitasyonu ile oluşurken, çoğ u dolomitler, yüksek tuzluluktaki sular tarafından kalsiyum karbonatlı sedimanların veya kayaçların alterasyonu ile oluşmuşlardır (Devlet Planlama Teş kilatı, 2001).

3.3 Rezervler

Sedimanter kayaçlar yeryüzünün % 75' ini kaplamaktadır. Bu derece yayılım gösteren sedimanter kayaç grubunun ne kadarını karbonat kayaçlarının oluşturduğ u

bilinmemektedir. Bunun yanında karbonat kayaçlarının oluşumunun Prekambrien'den başlayıp günümüze kadar sürdüğü düşünülecek olursa bu tip kayaçların, dolayısıyla dolomit varlığının çok büyük oranlarda olduğu ortaya çıkmaktadır. Sonuç olarak dünyada pek çok ülkede dolomit rezervi bulunduğu bilinmesine rağmen rakamsal değerlere ulaşamamıştır.

Dolomit en çok bulunan karbonatlı minerallerin en bilinenlerindendir. Ticari olarak dünya üzerinde çok geniş ölçekte üretilir ve çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Ancak refrakter hammadde olarak kullanımı oldukça sınırlıdır. Sadece konusunda uzman birkaç üretici tarafından üretilmektedir. Bu üretici kuruluşlar dünyada bu türdeki hammaddeyi ellerinde tutmaktadırlar. Refrakter kalite ve kalsine dolomit üretimi de aynı kuruluşlar tarafından üretilmektedir. Günümüzde talepte oluşan azalma, daha yüksek refrakter kaliteli ürünlerin üretilmesinde rol oynamıştır. Her şeye rağmen dolomit belli alanlardaki talebi istikrarlı bir şekilde karşılamakta hatta rakip ürünlere karşı da başarı ile konumunu korumaktadır.

Dolomit Türkiye'de, Kambrien'den Tersiyer'e kadar oldukça uzun bir yaş aralığında bulunmaktadır. Coğrafi olarak da oldukça yaygındır. Hemen hemen her yörede az veya çok miktarda dolomit zuhurlarına rastlanabilmektedir. Dolomit, kireçtaşlarında kalsiyumun yerini kısmen magnezyumun alması ile oluşmaktadır. Bu yüzden bu iki kayaç grubu daima beraber bulundukları gibi birinden diğerine de kolaylıkla geçiş göstermektedirler. Kaliteli dolomitte MgO miktarı % 20 civarında olmaktadır. Ülkemizde bulunan dolomitler sanayide kullanılabilir kalitede olup genellikle demir içerikleri de düşüktür. Türkiye'de dolomit coğrafi olarak oldukça geniş yayılım göstermektedir. Dolomit etüdleri devam ettirildiği sürece ortaya daha çok sayıda dolomit yataklarının çıkacağı açıktır. Fakat mevcut yataklar ülke ihtiyacını uzun yıllar rahatlıkla karşılayabilecek durumdadır. Günümüzde üretim yapılan ve yapılmayan değişik büyüklüklerde bir çok dolomit yatağı mevcuttur (Devlet Planlama Teşkilatı, 2001).

3.4 Tüketim Alanları

Dolomit, fiziksel ve kimyasal yapısına bağlı olarak bir çok sektörde kullanılır. Bunların en önemlileri aşağıda belirtilmiştir.

- Yol inşaatlarında ve beton yapımında dolgu maddesi olarak.

- Ziraatte, gübre yapımında dolgu maddesi olarak ve toprak ıslahında.
- Cam ve soda sanayiinde üretimde.
- Boya sanayiinde dolgu maddesi olarak.
- Seramik sanayiinde.
- Kimya sanayiinde beyazlatıcı olarak.
- Suyun filtrasyonunda.
- Kimya sanayiinde Ferrosilikon imalinde.
- Refrakter tuğla ve harçların üretiminde.
- Demir-Çelik sanayiinde demir cevherinin sinterlenmesinde, çelik üretiminde cüruf yapıcı ve refrakter tuğlaları koruyucu olarak.

En önemli kullanım alanları refrakter malzeme imali ve kalsine edildikten sonra çelik üretiminde istenmeyen safsızlıkların cürufa geçmesini sağlamak amacıyla flux olarak kullanımıdır. Bu sebeple, dolomitin en çok tüketildiği endüstriler, cam ve soda, refrakter ve demir-çelik'tir. Esas olarak çoğu refrakterlerin ana pazarı demir çelik endüstrisidir. Ancak bunun yanı sıra dolomit refrakter ürünleri çimento döner fırınlarında, dik kireç fırınlarında ve dolomit döner fırınlarında refrakter malzemesi olarak da kullanılmaktadır (Devlet Planlama Teşkilatı, 2001).

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de karbonatlı kayaçlar birçok endüstri dalında yaygın olarak kullanılmaktadır. Dolomitin büyük bir bölümü demir-çelik sanayiinde kullanılmaktadır. Karbonatlı kayaçlar farklı özellikleri sayesinde birçok endüstri dalında kullanılan hammaddelerdir. Dolomitin fiziksel ve kimyasal yapısına bağlı olarak birçok kullanım alanı mevcuttur. Kimyasal özellikleri göz önüne alındığında dolomit MgO içermesinden dolayı gübre yapımında ve toprak ıslahında, çimento, tuğla, dolomitik sönmemiş kireç soda sanayii ve cam endüstrisinde kullanılmaktadır. Dolgu maddesi olarak da özellikle boya ve kimya endüstrisinde önemli bir yere sahiptir. Ancak en önemli tüketim alanı demir-çelik sanayidir. Bu endüstri dalında cüruf yapıcı ve refrakter malzeme imalinde kullanılmaktadır. Ülkemizde ilk olarak 1954 yılında Türkiye Demir Çelik İşletmeleri tarafından refrakter malzeme olarak kullanılan dolomit, son zamanlarda yüksek fırınların astarlanmasında ateşe dayanıklı tuğla yapımında manyezitin yerini almıştır. Dolomit, demirçelik sanayide cüruf yapıcı olarak kullanıldığında ayrıca başta kükürt olmak üzere bazı safsızlıkların cürufa geçmesini sağlamaktadır. Dolomitin çok büyük bir bölümünü tüketen Erdemir, İsdemir, Kardemir, Şişecam A.Ş. Anadolu Cam Sanayii, Kromsan ve Türkiye Gübre

Sanayi A.Ş' dir. Bu kuruluşların 1988 - 1993 yılları arasındaki ortalama yıllık tüketimi 550 K ton civarındadır (Devlet Planlama Teşkilatı, 2001).

3.5 Tesiste Kullanılan Dolomit

Eskişehir’de kurulacak olan Metalik Magnezyum Tesisinde kullanılacak olan dolomit, tesisin hemen yanındaki açık ocak maden işletmesinden üretilecektir. İşletmeden alınan dolomit numunesinin kimyasal analizi aşağıdaki gibidir.

Çizelge 3.1: Laboratuvar kimyasal analiz sonucu.

Parametre	Konsantrasyon (%)
Kızdırma Kaybı	46,15
CaO	31,28
MgO	20,38
SiO ₂	0,09
Fe ₂ O ₃	0,06
Al ₂ O ₃	0,06



4. TESİSİN İNCELENMESİ

Bu tezde örnek olarak incelenecek ve Eskişehir’de kurulacak olan Metalik Magnezyum Tesisi, veriminin daha yüksek olması sebebiyle, silikotermik yöntemlerden biri olan Pidgeon metodu ile üretim gerçekleştirecektir. Tesisin üretim aşamaları aşağıda detaylı olarak verilmiştir.

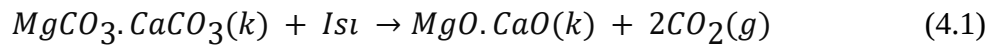
4.1 Üretim Aşamaları

Pidgeon yöntemine göre metalik magnezyum üretimi aşağıdaki gibi olacaktır.

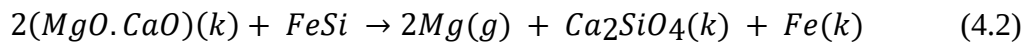
Adım 1: Açık maden işletmesi yöntemi ile tüvenan olarak 600.000 ton/yıl ham dolomit üretilir.

Adım 2: Üretilen ham dolomit kırılıp elenir. 10 mm den büyük fraksiyonlar (yaklaşık % 50) kalsinasyon işlemi için ayrılır, 10 mm den küçük fraksiyonlar endüstriyel uygulamalarda kullanılmak üzere stoklanır.

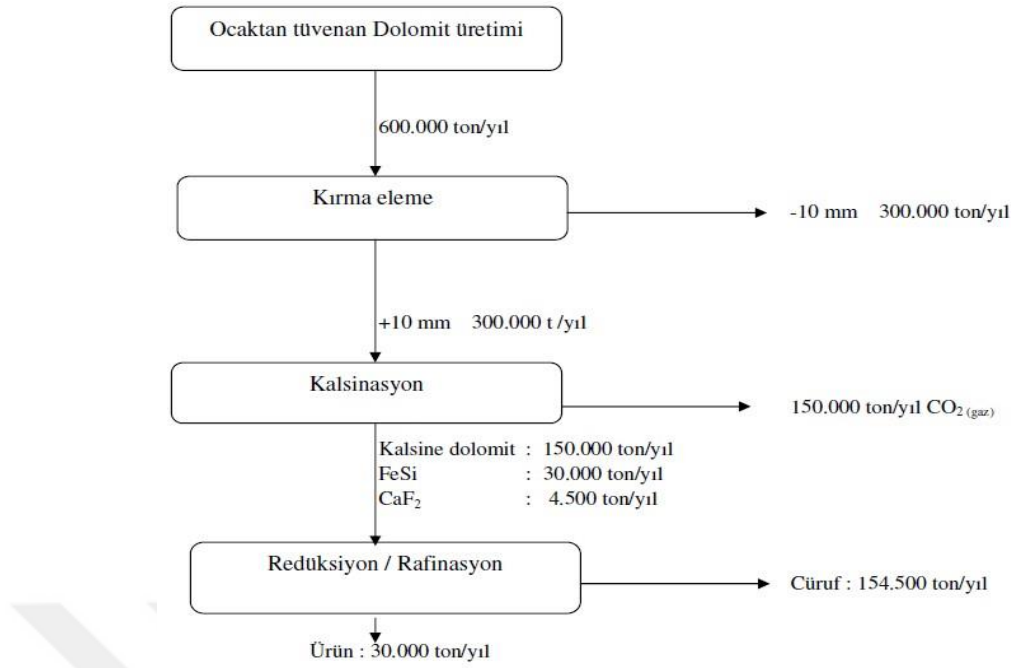
Adım 3: Kalsinasyon işlemine giren 300.000 ton/yıl dolomit kalsinasyon sonrasında 150.000 ton/yıl ton olarak kalsinasyon fırınından çıkar. Kalsinasyon aşamasında emisyon olarak yaklaşık 150.000 ton/yıl CO₂ açığa çıkar (4.1).



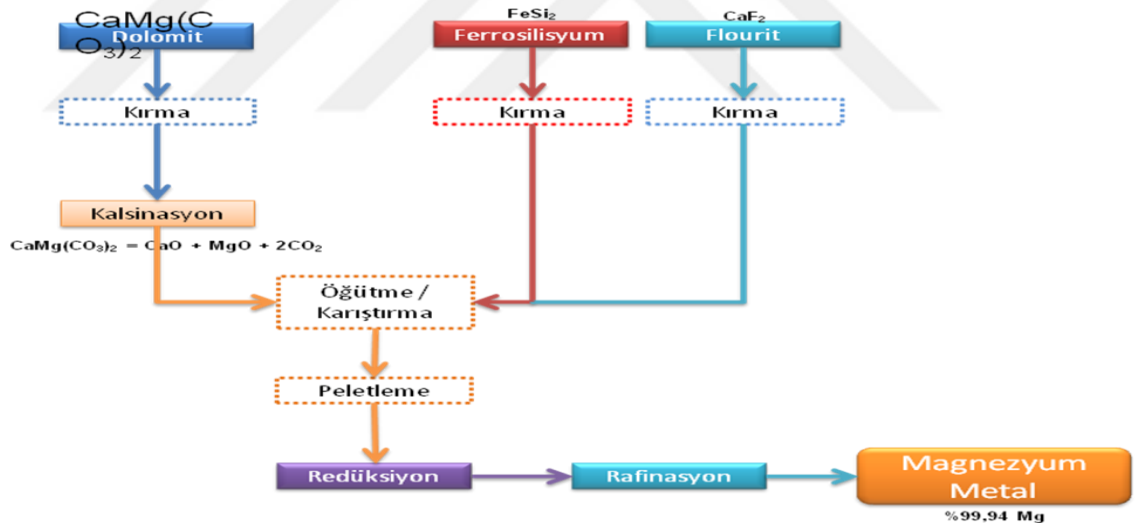
Adım 4: 150.000 ton/yıl kalsine dolomit redüksiyon tüplerine beslenir. Besleme sırasında indirgeyici FeSi (30.000 ton/yıl) ve katalizör CaF₂ (4.500 ton/yıl) ile karıştırılır. Elde edilen ham Mg metali rafinasyon işlemi sonucunda 30.000 ton/yıl ürün halini alır. Ürün haricinde geriye kalan 154.500 ton/yıl malzeme cüruf (atık/yan ürün) olarak açığa çıkar (4.2).



Sonuç olarak 1 ton metalik Mg üretmek için 20 ton tüvenan dolomit üretilir. Oran 1:20 dir. Üretim süreci Şekil 4.1 ve Şekil 4.2 de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.1: Metalik magnezyum üretim süreci 1.

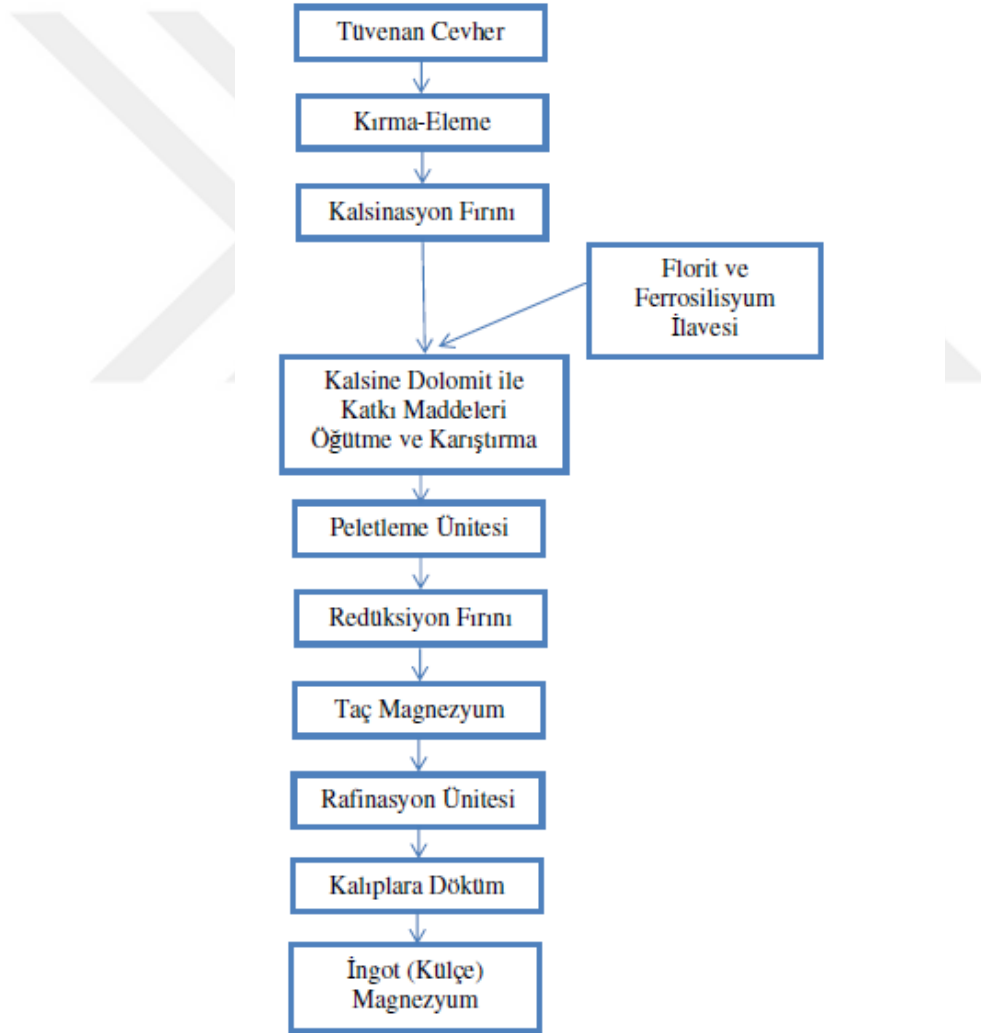


Şekil 4.2: Metalik magnezyum üretim süreci 2.

4.1.1 İş akışı

Dolomit ocağından gelen tüvenan cevher, hammadde stok sahasında stoklanır. Dolomit Kalsinasyon Tesisi ihtiyacı kadar olan miktarda cevher, kırma-eleme ünitesine beslenir. Kırma-eleme ünitesinde boyutlandırılan malzeme kalsinasyon fırınına beslenir. Kalsinasyon fırınında malzeme içerisinde bulunan karbondioksit gazı, emisyon olarak açığa çıkar. Kalan malzemeye ferrosilisyum ve florit eklenir. Karışım

sağlanarak harmanlanır. Harmanlanan malzeme öğütme işlemine tabi tutulur. Öğütülen malzeme, peletleme makinasında pelet haline getirilir. Pelet hale gelen malzeme, retort tüpleri vasıtasıyla redüksiyon fırınına beslenir. Fırında buhar fazına geçen Magnezyum tüpün ucundaki yoğunlaşma bölümünde yoğunlaşıp, taç magnezyum adı altında kristalize olarak retort tüpünün uç kısmında toplanır. Tüpün diğer kısmında kalan malzeme katı atık olarak açığa çıkar. Taç magnezyumlar, rafinasyon ünitesine beslenir. Rafinasyon ünitesinde eriyik hale gelen malzeme cüruf yapıcılar katılarak saflastırılır ve kalıplara dökülür. Kalıplara dökülen malzeme, parlayıcı özelliğinden kurtulması ve parlaklık kazanması için %5' lik asit çözeltisinden geçirilir. Parlak hale gelen ürün, paketlenerek sevk edilir. İş akış şeması Şekil 4.3' te gösterilmiştir.



Şekil 4.3: İş akış şeması.

Örnek olarak yurtdışında bulunan ve aynı üretim yöntemi ile çalışan bir tesise ait fotoğraflar Şekil 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8’ deki gibidir.



Şekil 4.4: Kalsinasyon ünitesi.



Şekil 4.5: Magnezyum metal harmanı peletler.



Şekil 4.6: Redüksiyon fırını ve retort tüpleri.

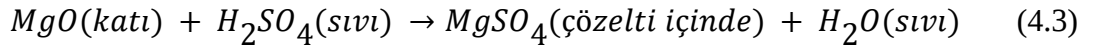


Şekil 4.7: Taç (Crown) magnezyum. 13



Şekil 4.8: İngot döküm.

Magnezyum külçeleri üzerindeki oksit (MgO) tabakasını kaldırmak için uygulanacak asite daldırma işleminde %5'lik seyreltik sülfürik asit (H₂SO₄) çözeltisi kullanılmaktadır. Külçe yüzeyindeki oksit tabakasını temizlemek için seyreltik asit çözeltisi içine daldırılıp çıkartılma süresi yaklaşık 10 saniyedir. Bu süre, seyreltik asit çözeltisinin magnezyum oksit tabakasını aşırıp metale ulaşması için çok kısa olup, bu kadar süre içinde ancak külçe yüzeyindeki oksit tabakası temizlenmektedir. Zaten buradaki asıl amaç, ingot metalin yüzeyindeki oksit tabakasının temizlenerek parlaklık kazandırılmasıdır (4.3).



Bilindiği gibi, bir metalin oksitiyle sülfürik asit reaksiyona girdiğinde, reaksiyon ürünü olarak o metalin sülfat tuzu çözeltisi ve su açığa çıkmaktadır. Yukarıdaki kimyasal reaksiyonda da görüldüğü üzere, magnezyum oksit ile sülfürik asitin reaksiyonundan açığa magnezyum sülfat tuzu (çözelti içinde) ve su (sıvı halde) çıkmaktadır. Reaksiyon süresinin kısa olması, proses gereğidir. Aksi takdirde, elde edilen ürün ile seyreltilmiş sülfürik asit uzun süreli temas ederse ürün yüzeyinde istenilmeyen estetik bozulmalar meydana gelir. Üründeki yüzey bozulmalarını ve değerli metal kaybını engellemek için temas süresi çok kısa tutulmaktadır.

4.2 Atık/ Yan Ürün Oluşumu ve Analizleri

Yapılmakta olan tesiste yukarıda bahsi geçen 4. Adım'da üretim sürecinden geriye kalan 154.500 ton/yıl malzeme cüruf (atık/yan ürün) olarak açığa çıkacaktır. Cüruf atığının değerlendirme çalışmalarının yapılabilmesi için yurt dışında benzer bir üretim tesisinden cüruf getirilmiştir. Bu cürufun Dokuz Eylül Üniversitesi'nde ve Tübitak MAM'da ADDDY' ye göre analizi yaptırılmıştır. ADDDY'ye göre yapılmış analiz sonuçları Ek A'daki gibidir. Tesiste oluşacak cürufun 2 analiz sonucuda ADDDY göre "Ek-2 Atıkların Düzenli Depolanabilmesi İçin Kabul Kriterleri B) Tehlikesiz Atıkların Depolanabilme Kriterleri II. Sınıf Depolama Tesisleri" limit değerlerine uygundur. Tesiste yapılacak olan geçici katı atık alanının sızdırmazlık özellikleri yönetmelik kriterlerine göre sağlanacaktır. Bu alanda proses aşamasında açığa çıkan katı atıklar depolanacaktır.

Ayrıca Esan laboratuvarlarında yapılan tam kimyasal analizin sonucu ise Çizelge 4.1'deki gibi bulunmuştur.

Çizelge 4.1: Laboratuvar kimyasal analiz sonucu.

Parametre	Konsantrasyon (%)	Parametre	Konsantrasyon (%)
CaO	50,50	F	0,25
SiO ₂	19,70	SO ₃	0,05
MgO	3,37	TiO ₂	0,05
Fe ₂ O ₃	2,79	MnO	0,03
Al ₂ O ₃	0,44	P ₂ O ₅	0,03

5. GERİ DÖNÜŞÜM ÇALIŞMALARI

AB atık yönetimi politikalarının temelini “atık yönetimi hiyerarşisi” ve “üretici sorumluluğu” ilkesi oluşturmaktadır. Hiyerarşide birincil önceliği, atıkların üretim aşamasında önlenmesi ve atık miktarının ve tehlikelilik düzeyinin azaltılması oluşturmaktadır. Atıkların yeniden kullanım, geri dönüşüm ve enerji elde edilmesi yoluyla geri kazanılması ikinci, geri kazanım olanağı olmayan atıkların çevreye zarar verilmeksizin yakılması ya da güvenli depolanması da son basamağı oluşturmaktadır. Atık yönetimi hiyerarşisi, Orman ve Su İşleri Bakanlığının görseli ile Şekil 5.1 de verilmiştir (T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2013).



Şekil 5.1: Atık yönetimi hiyerarşisi.

Tesisin cürufunun analiz sonuçları, fiziksel ve kimyasal özellikleri göz önünde bulundurulduğunda çimento ve yapı endüstrisinde katkı malzemesi, toprak endüstrisinde şartlandırıcı olarak kullanılabilirliği ile ilgili araştırmalar yapılmıştır.

5.1 Çimento Endüstrisi

5.1.1 Giriş ve hammadde özellikleri

Çimento, havada ve suda sertleşen, sertleştikten sonra suya karşı dayanıklı olan bağlayıcı özellikteki maddelerdir. Yüksek oranda silisyum, kalsiyum, alüminyum ve demir oksitleri içeren hammaddelerin sinterleşme derecelerine kadar (yaklaşık 1350 °C) pişirilmesi ile elde edilen yarı mamul olan klinkerin, katkı maddesi ilave edilip öğütülmesi ile yapılan, hidrolik bağlayıcı ürün olarak tanımlanabilir (Toker, 2013).

Çimentonun ana hammaddeleri CaO, MgO gibi alkalın ögeler, SiO₂, Al₂O₃ ve Fe₂O₃ gibi hidrolik ögelerden oluşur. Alkalın ve hidrolik ögelerin oranları bağlayıcı maddenin niteliğini belirler. Hammaddeler aşağıda sıralanmıştır.

Kalker : Kimyasal bileşiminde en az %90 CaCO₃ (kalsiyum karbonat), minerolojik bileşiminde ise %90 oranında kalsit içeren kayalara kalker yada kireçtaşı adı verilmektedir.

Kil: Çimento hammadderi olarak kullanılacak killerde minerolojik ve kimyasal özelliklerin yanı sıra homojenite çok önemlidir.

Marn (Kil ve kalsiyum karbonat): Kalker ve kilin doğada, %50-70 oranında kalker ve %30-50 oranında kil karışımından oluşmuş kayaca marn denilmektedir. Çimento klinkeri ortalama %70 kalker ve %30 kil hammadde karışımının öğütüldükten sonra yüksek sıcaklıklarda pişirilmesi ile elde edilmektedir. Marn doğal olarak bu bileşimi taşıdığından veya bu bileşime çok yakın olduğundan ideal bir çimento hammaddesidir. Ayrıca kalkere göre daha yumuşak olması nedeniyle kolay öğütülebilmekte, kırma-öğütme işlemleri sırasında enerji tüketimi düşük olmaktadır (Devlet Planlama Teşkilatı, 2001; Esan THD, 2015).

Çimento içerisine koyulacak katkı maddeleri ham karışımın kimyasal bileşimini düzeltici yönde etkiye sahip; Fe, SiO₂ ya da Al₂O₃ gibi içerikli materyaller olmalıdır. Yüksek fırın cürufu katkı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Cürufur çeşitli metalurji tesislerinden elde edilen atık madde gruplarındandır. Kimyasal bileşimleri ve özellikleri elde edildikleri sanayi kuruluşlarının ürettiği ana ürün tipine ve üretim yöntemine bağlı olarak birbirinden çok farklılık gösterir (Devlet Planlama Teşkilatı, 2001; Esan THD, 2015).

5.1.2 Cürufun kullanımı

Cürufun çimentoya ikame olarak yani beton katkısı olarak kullanılması için İstanbul Teknik Üniversitesi Yapı Laboratuvarı'nda Çimento deney yöntemleri TS-EN 196 serisi standartlara göre çalışmalar yapılmıştır.

Cürufun özgül ağırlığı çimentonunkine eşittir ($3,16 \text{ gr/cm}^3$). Deneylerdeki numuneler aşağıdaki gibi alınmıştır.

Şahit numune : 450 gr çimento, 1.350 gr kum ve 275 gr su.

%5 lik ikame : 427,5 gr Çimento, 22,5 gr katkı (cüruf), 1.350 gr kum, 275 gr su.

%10'luk ikame : 405 gr Çimento, 45 gr katkı (cüruf), 1.350 gr kum, 275 gr su.

%10 luk ilave : 450 gr Çimento, 45 gr katkı (cüruf), 1.312 gr kum, 275 gr su.

Aşağıdaki Şekil 5.2'de görüleceği gibi her reçete için altışar adet $4*4*16 \text{ (cm)}$ boyutunda beton numunesi yapılmıştır.



Şekil 5.2: Beton numuneleri 1.

Çizelge 5.1: Beton test formu özeti.

		7 Günlük				28 Günlük			
No	Numune Tanımı	Ortalama Eğilme D. (Mpa)	Şahite göre değişiklik	Ortalama Basınç D. (Mpa)	Şahite göre değişiklik	Ortalama Eğilme D. (Mpa)	Şahite göre değişiklik	Ortalama Basınç D. (Mpa)	Şahite göre değişiklik
1	Şahit 1	4,87	-	16,8	-	6,48	-	24,45	-
2	Şahit 2								
3	Şahit 3								
4	%5 İkame	4,37	-10,2%	20,22	20,3%	5,40	-16,6%	26,77	9,5%
5	%5 İkame								
6	%5 İkame								
7	%10 İkame	1,76	-63,8%	12,30	-26,8%	2,57	-60,4%	16,40	-32,9%
8	%10 İkame								
9	%10 İkame								
10	%10 İlave	2,34	-52,0%	15,68	-6,6%	2,64	-59,2%	22,02	-10,0%
11	%10 İlave								
12	%10 İlave								

Çizelge 5.2: Genleşme test formu özeti.

No	Numune Tanımı	Kurumuş ve Kaynamış Farkı (mm)	Sonuç
1	Şahit 1	0,61	Uygun
2	Şahit 2	0,26	Uygun
3	%5 İkame	5,38	Uygun
4	%5 İkame	6,46	Uygun
5	%5 İkame	5,6	Uygun
6	%10 İkame	40,6	Uygun Değil
7	%10 İkame	39,91	Uygun Değil
8	%10 İkame	47,78	Uygun Değil
9	%10 İlave	58,46	Uygun Değil
10	%10 İlave	56,92	Uygun Değil
11	%10 İlave	62,88	Uygun Değil



Şekil 5.4: Genleşme deney sonucu.

Deney sonuçları genleşme, işlenebilirlik ve basınç açısından değerlendirilmiştir.

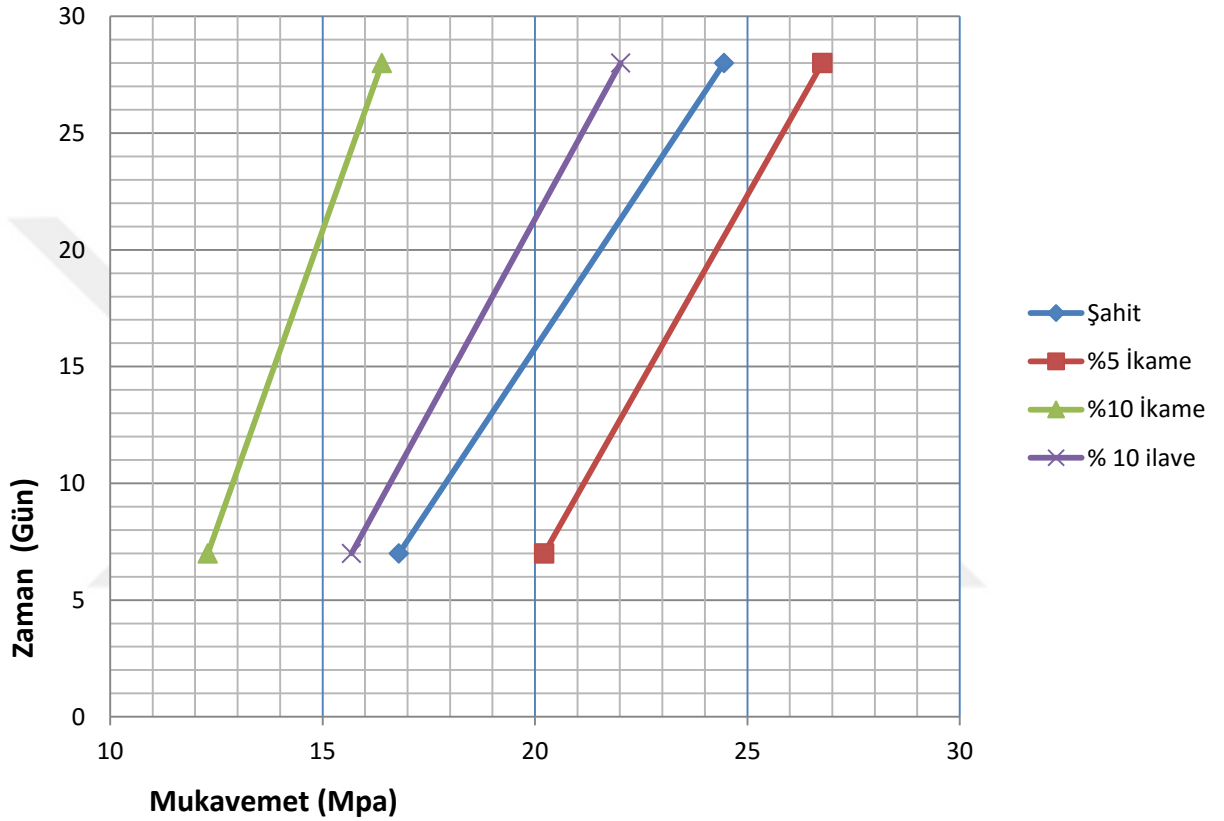
Genleşme açısından; çimento standartında Le chatelier iğne açılması deneyinde maksimum açılmanın (genleşmenin) 10 mm olması ve aşırı çatlamların olmaması istenmektedir. Yapılan deneylerde çimento dozajına göre % 5 katkı katılan numuneler hem çatlamamış hem de standartta istenen 10 mm açıklığı geçmemiştir. Ancak yine de şahite göre kısmen fazla genleşme yaptığından bu malzeme beton üretiminde kullanılacaksa önlem için % 3'ü geçmemeyecek oranda kullanılması doğru olacaktır.

İşlenebilirlik açısından; yapılan yayılma deneyine göre karışımlar arasında önemli derecede fark gözlemlenmemiştir.

Basınç açısından; mukavemetler incelendiğinde çimentodan % 5 azaltıp, % 5 katkı konulduğunda (ikame yapıldığında) katkılı olan karışımın şahite göre % 9,5 mukavemetini artırmıştır. Bu durumda bu malzeme betonda ekonomi yapmak için kullanılabilir görülmektedir. Le chatelier deneyindeki genleşmeler ve eğilme açısından mukavemet düşüşleri göz önünde bulundurulduğunda, basınç ve ekonomi açısından cürufunun beton imalinde % 3 değerini geçmeyecek oranda katılmasının uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu durumun daha da açığa kavuşturulması için katkı malzemeleri ile durabilite (dış ortam etkilerine) testlerinin de yapılması

önerilmektedir. Bu deneylerden elde edilecek sonuçlara göre beton katkısı olarak kullanılabilecek cürufun optimum oranına karar verilmelidir.

Üzerinde çalışılan katkılı numunelerin 7 ve 28 günlük mukavemet grafiği Şekil 5.5’ de verildiği gibidir.



Şekil 5.5: Ortalama basınç dayanımının zamana göre değişim grafiği.

5.2 Tuğla ve Kiremit Endüstrisi

5.2.1 Giriş ve hammadde özellikleri

Pişmiş kilden yapı malzemeleri ve çimento gereçleri sanayiinin bir alt kolu olan tuğla ve kiremit sektöründe hammadde olarak kullanılan kil ve ince milin ocaklarda çıkarılarak, fabrikada kullanıma hazır hale getirilmesi işlemi tuğla ve kiremit endüstrisinin tanımlanmaktadır. Bu işlem sonunda inşaat sektöründe kullanılan malzemeler üretilmektedir (Devlet Planlama Teşkilatı, 2001).

Tuğla ve kiremit yapımında uygun olan topraklar bütün dünya ülkelerinde yaygındır ve sınırsız rezervlere sahiptir. Ülkeler arasında tuğla-kiremit ithalatı ve ihracatı söz konusu olmasına rağmen toprakların dış ticareti yoktur denilebilir. Çünkü bunlar ulusal ve uluslararası değil mahalli pazarların hammaddeleridir.

Günümüzde dünya tuğla üretiminin 100 milyar, kiremit üretiminin ise 9 milyar adet olduğunu kabul ederek tuğla hammaddesi tüketimini hesap etmek mümkündür. Bir ton tuğla için 1,3 ton, bir adet tuğla-kiremit için ise 4 kg hammadde kullanıldığından hareketle üretim-tüketim ve talep rakamlarını 400 milyon ton olarak kabul edebiliriz.

Tuğla-kiremit toprakları 800 - 1000 °C' de patlama ve çatlaklar göstermeden kiremidi renkte pişmelidir. Fazla kireç muhtevası erime ve sinterleşme aralığını daraltarak sorunlara sebebiyet verir. Toprağın plastikliğini ve işlenme kabiliyetini arttıran organik humus asitlerinin tuğla-kiremit hammaddelerinde bulunması makbuldür. Toprağın fazla miktarda pirit ihtiva etmesi ise mahzurludur. Piritin bozulması esnasında çıkan gazlar mamulü çatlatabilir veya pişme şartlarına göre suda çözünen tuzlar oluşturabilir. Bu tuzlarla çiçeklenen tuğla ve kiremidin basınca ve dona mukavemeti azdır. Suda çözünen tuzlar, tuğlalar arasına konan çimento harcına da tesir ederek inşaatın yıkılması gibi tehlikelere sebep olabilir (Devlet Planlama Teşkilatı, 2001).

5.2.2 Cüruf kullanımı

Cürufun, tuğla ve briket yapımında kullanılabilirliği ile ilgili özel bir üretici firmanın ar-ge laboratuvarında denemeler yapılmıştır. % 5'lik cüruf ile hammadde hazırlanarak; vakum preste her sıcaklık pişirimi için 17x70x40 mm ebadında ve 3 adet, 10x60x70 mm ebadında 2 adet deney numunesi hazırlanmıştır. Analiz numuneleri sıfır rutubete gelene kadar kurutma işlemine tabi tutulmuş ve istenen sıcaklık değerleri için pişirim işlemine tabi tutulmuştur. Sonrasında numuneler ortam sıcaklığına kadar soğutulmuştur. Kaynamış su buharına maruz bırakılan numunede Şekil 5.2' deki kireç patlamaları görülmüştür. Bir süre sonra da Şekil 5.3' teki çözünme meydana gelmiştir.

Kimyasal analiz sonucundan da anlaşılabacağı gibi cüruf büyük oranda CaO, SiO₂, MgO bileşiminden oluşmaktadır. CaO ve MgO ortam şartlarında bulunan rutubet ile bileşik Ca(OH)₂ ve Mg(OH)₂ oluşturmuştur. Bu oluşum sonucu kuvvetli bir hacim büyümesi meydana gelmiştir. Bu hacim büyümesi % 100 mertebesinde. Ana yapı içerisinde

bulunan CaO ve MgO tanelerinin büyüklüğüne göre pişmiş ürünün yüzeyinde “Kireç Patlaması” olarak adlandırılan hata meydana gelmiştir. Bu oluşum iri tane boyutu içeren numunelerde pişmiş bünyenin tamamen parçalanmasına da sebep olmuştur. Şekil 5.6’ da ve Şekil 5.7’ de cürufun bünye içerisinde yaptığı hasarlar gösterilmiştir.



Şekil 5.6: Patlama.



Şekil 5.7: Çözünme.

Oluşturulan numuneler ile yapılan deneyler göz önünde bulundurulduğunda, tuğla-kiremit endüstrisinde cürufunun kullanılmasının sakıncalı olduğu sonucuna varılmıştır.

5.3 Tarımda Kullanılabilirliği

Tez araştırma kapsamı dışında olmakla beraber ülkemizde tarım önemli bir iş kolu olduğundan magnezyum cürufunun kullanılabilme olasılığına değinmekte yarar görülmüştür. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından 29 Mart 2014 Cumartesi resmi gazetede yayınlanan (Sayı: 28956) Tarımda Kullanılan Organik, Organomineral Gübreler Ve Toprak Düzenleyiciler İle Mikrobiyal, Enzim İçerikli Ve Organik Kaynaklı Diğer Ürünlerin Üretimi, İthalatı, İhracatı Ve Piyasaya Arzına Dair Yönetmelik’ te, EK 4 Toprak Düzenleyiciler (B mineral toprak düzenleyiciler) kısmında pH değeri düşük toprakların pH değerinin yükseltilmesinde ve iyileştirilmesinde tarım kirecinin kullanılabileceği vurgulanmıştır. İlgili yönetmelikte tarım kirecini; kireç taşı, sönmemiş kireç ve sönmüş tarım kireci şeklinde sınıflamıştır. Sönmemiş kireç için kireç taşını ısıtılarak elde edilen ürün olduğu ve kalsiyum oksit (CaO) en az % 50 olması gerektiği ifade edilmiştir. Çizelge 4.1’ de görüldüğü gibi analizi yapılan materyalin CaO içeriği % 50.50’dir. Bu verilere göre Karadeniz Bölgesi’ nde pH değerinin asidik olduğu alanlarda mineral toprak düzenleyicisi olarak kullanılabilme olasılığı mevcuttur.

Ülkemizde başta Karadeniz Bölgesi olmak üzere bazı bölgelerin toprakları asidik özellik göstermektedir. Asidik topraklarda pH düzenleyici olarak genellikle ısıtılarak elde edilmiş toz kireç kullanılmaktadır. Magnezyum cürufu da ısıtılarak elde edilmiş ve pH’ı yukarıda bahsi geçen mevzuattaki değerleri sağlamaktadır. Bu sebeple magnezyum cürufunun asidik topraklar için pH düzenleyici olarak kullanımı araştırılmalıdır.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada atık yönetim hiyerarşisine bağlı kalarak, kurulacak olan Metalik Magnezyum Üretim Tesisi'nde oluşan tehlikesiz atıkların; ara ürün olarak nitelendirilip, başka bir sektörde kullanım olanaklarının araştırılmıştır.

Örnek tesis Türkiye'deki ilk metalik magnezyum üretim tesisi olarak Eskişehir'de kurulacaktır. Bu nedenle ülkemiz açısından büyük bir öneme sahiptir.

Hammaddesi dolomit olan tesisin üretim aşamasında Redüksiyon/ Rafinasyon aşamaları sonrasında, ürün haricinde geriye kalan 154.500 ton/yıl malzemenin cüruf (atık/yan ürün) olarak açığa çıkması beklenmektedir.

Bahsi geçen tesisin inşaa aşamasında olması dolayısıyla, hâlihazırda cüruf çıktısı olmamasından ve benzer tesisin ülkemizde bulunmaması nedeniyle; ancak yurt dışından benzer bir üretim tesisinde Türkiye'de kullanılacak dolomit ile yapılan deneme üretimlerinde çıkan cüruf atığının analiz sonucuna ve getirilen kısıtlı miktardaki numunelerde çalışmalar yapılmıştır.

Beton imalatında, cürufun çimentoya ikame olarak yani beton katkısı olarak kullanılması için İstanbul Teknik Üniversitesi Yapı Laboratuvarı'nda çalışmalar yapılmıştır. Belirli oranda katkı malzemesi olarak kullanılmak üzere oluşturulan numuneler ile 7 ve 28 günlük deneyler yapılmıştır. Sonuçlar genleşme, işlenebilirlik ve basınç açısından değerlendirilmiştir. Yapılan tüm deney sonuçları göz önünde bulundurulduğunda hem genleşme hem de basınç açısından cürufun çimentoya ikame yani katkı malzemesi olarak %3'e kadar kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Ancak %3'ün üzerinde kullanılması deney sonuçlarından da anlaşıldığı gibi riskli olmaktadır. Bu durumun daha da açığa kavuşturulması için durabilite (dış ortam etkilerine) testlerinin de yapılması ve elde edilecek sonuçlara göre beton katkısı olarak kullanılabilecek cürufun optimum oranına karar verilmelidir.

Cürufun tuğla, kiremit ve briket yapımında kullanılabilirliği ile ilgili yapılan araştırmalar sonucunda araştırmalar yapılmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda ücruf içeriğinde bulunan kalsiyum oksit ve magnezyum oksitin ortam şartlarında bulunan

rutubeti ile birleşerek kalsiyum hidroksit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ve magnezyum hidroksit ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) bileşiklerini oluşturdıkları ve bu oluşum sonucu kuvvetli bir hacim büyümesi meydana geldiği tesbit edilmiştir. Bundan dolayı ana yapı içerisinde bulunan kalsiyum oksit ve magnezyum oksit tanelerinin büyüklüğüne göre pişmiş ürünün yüzeyinde “Kireç Patlaması” olarak adlandırılan hatalar meydana geldiği gözlenmiştir. Bu hatalar iri tane numunelerin tamamen parçalanmasına da sebep olmuştur. Cürufun tuğla ve kiremit endüstrisi için kullanılması söz konusu değildir.



KAYNAKLAR

- Addemir, O.** (2013)Demir Dışı Metal Üretimi Ders Notları. (Yıldız Teknik Üniversitesi)
<<http://www.yarbis1.yildiz.edu.tr/web/userAnnouncementsFiles/dosya/f4e3ba9c27ac2ae2ad1a02f2bd9d6b5b.pdf>> alınabilir. Erişim tarihi 01.08.2015.
- Aghion, E. ve Golub G.** (2006). Production Technologies of Magnesium.
- Czerwinski, F.** (2008). Magesium Injection Molding.
- Dehong, X., Ling, R., Liangze, C.** (2011). Study of Ca-Mg-S-Si Fertilizer Produced by Magnesium Slag, Department of Thermal Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing, PRC, 100083. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.347-353.3166.
- Çetin, A.** (2005). Vakumda Metalotermik Redüksiyonla Magnezyum Üretimine Redükleyici Madde Cinsinin Etkisi (Yüksek Lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Demiray, Y.** (2008) Yerli Kaynaklardan Rafine Magnezyum Metal İngot Üretimi, (Yüksek Lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Devlet Planlama Teşkilatı.** (2001). Madencilik Özel İhtisas Kurulu Raporu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Toprak Sanayii Hammaddeleri II (Rapor No: DPT: 2612-ÖİK: 623). Ankara: Devlet Planlama Teşkilatı.
- Devlet Planlama Teşkilatı.** (2001). Madencilik Özel İhtisas Kurulu Raporu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Toprak Sanayii Hammaddeleri I (Rapor No: DPT: 2612-ÖİK: 626). Ankara: Devlet Planlama Teşkilatı.
- Esan THD Arşivi.** (2014). Metalik Magnezyum Araştırmaları Esan Teknik Hizmetler Direktörlüğü Arşivi, İstanbul.
- Esan THD Arşivi.** (2014). Kritik Metal Olarak Magnezyum Yatırımın Geleceği ve Proje Risk Yönetimi Raporu, İstanbul.
- Esan THD Arşivi.** (2015). Çimento Hammaddeleri Raporu, İstanbul.
- Fenglan, H. & Qixing, Y. & Laner, W. & Shengwei, G.** (2011). Treatments of Magnesium Slag to Recycle Waste from Pidgeon Process, School of Material Science & Engineering, Beifang University of Nationalities, Yinchuan, Ningxia 750021, China, Minerals and Metals Research Laboratory, Luleå University of Technology, SE-971 87, Luleå, Sweden. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.418-420.1657.
- Friedrich, H., Mordike, L.B.** (2006). Magnesium Technology. Metallurgy, Design Data, Applications. doi: 10.1007/3-540-30812-1

- Gwynne, B. & Lyon, P.** (2007). Magnesium Alloys in Aerospace Applications, Past Concerns, Current Solutions, Magnesium Solutions, Triennial International Aircraft Fire & Cabin Safety Research Conference, October 29 – November 1 2007.
- Habashi, F.** (1997). Handbook of Extractive Metallurgy, Vol.II.
- International Magnesium Association (IMA).** (2010). Primary Magnesium Yearbook 1983-2010.
- James, P., Magee L., Scerri A., Steger M.** (2015). Urban Sustainability in Theory and Practice: Circles of Sustainability.
- Kulekci, M.K.** (2008). Magnesium and its Alloys Applications in Automotive Industry, Mersin University, Faculty of Tarsus Technical Education Mersin, doi: 10.1007/s00170-007-1279-2.
- Kramer, D. A.** (2001). Magnesium, Its Alloys and Compounds, US Geological Survey Openfile Report.
- “NERİ”,** (N.E.U. Engineering & Research Institute Co., Ltd). (2008). Summary Report On The Perak Magnesium Smelter By NERI, N.E.U. Engineering&Research.
- T.C.Sayıştay Başkanlığı,** (2007). Türkiye’de Atık Yönetimi, Ulusal Düzenlemeler ve Uygulama Sonuçlarının Değerlendirilmesi, Performans Denetim Raporu, Balgat, Ankara.
- T.C. Bilim, Sanayi Ve Teknoloji Bakanlığı.** (2013). Ulusal Geri Dönüşüm Strateji Belgesi ve Eylem Planı (2014-2017), Ankara.
- TS-EN 196-1.** Çimento Deney Metotları - Bölüm 1: Dayanım Tayini.
- TS-EN 196-3+A1** Çimento Deney Metotları - Bölüm 3: Priz Süreleri ve Genleşme Tayini.
- Toker, M.** (2013). Enerji Tüketimi Ve Emisyonların Düşürülmesi Amacıyla Çimento Üretiminde Mineral Katkıların Kullanımının Optimizasyonu (Yüksek Lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Uggowitzer P., Kaufmann H,** (2011). Magnesium for Transportation Systems, , Institute of Metallurgy Materials Department, ETH Zürich / Light Metals Center of Competence.
- Yücel, O., Derin, O., Demiray, Y.** (2008). Magnezyum ve Alaşımlarının Yerli Kaynaklardan Eldesi ve Geliştirilmesi, proje No: 105M071.
- Url-1** <<http://www.magnesium-elektron.com>>, erişim tarihi 01.07.2015
- Url-2** <<http://www.ima.org>>, erişim tarihi 01.06.2015
- Url-3** <<http://www.magnesiumsquare.com/>, erişim tarihi 15.05.2015

EKLER

EK A: Cüruf Deney Sonuçları

EK B: Yapı Laboratuvarı Test Sonuçları



EK A



DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
ÖLÇÜM LABORATUVARLARI
Tınaztepe Yerleşkesi 35180 BUCA / İZMİR
Tel: 0 232 301 71 00 Faks: 0 232 453 11 43



Belge No:
35/138/2011



Sayı: B.30.2.DEÜ.0.17.11.00/3562

Tarih: 12/12/2014

Deney Raporu Testing Report

Rapor No <i>Report No</i>	ASL.DRP.14 / 2243
Müşteri Adı <i>Customer</i>	Esan Eczacıbaşı Endüstriyel Ham Maddeler San. ve Tic. A.Ş.
Adresi <i>Address</i>	İSTANBUL
Numune Bilgileri <i>Sample Features</i>	
Alındığı Yer/Tarih <i>The Sampling Place/ Date</i>	03.12.2014
Kabul Tarihi <i>The Date of Receipt</i>	03.12.2014
Numune No <i>Sample No</i>	14 / 2243-01
Sayısı/miktarı <i>Number/Amount</i>	1 adet / ~ 0,5 kg
Numuneyi Alan <i>Sampler</i>	Firma elemanları
Numune Şekli <i>Form of sample</i>	Mühürsüz
Numune Türü <i>Sample type</i>	Katı Atık
Numune Özelliği <i>Sample characteristics</i>	Anlık
Raporun Sayfa Sayısı <i>Number of Pages of the Report</i>	2
Bu rapor yalnızca yukarıda bilgileri verilen tesisinin/firmasının ölçümleri için geçerli olup, DEÜ Çevre Mühendisliği Bölümü'nün yazılı izni olmadan ticaret yada reklam amaçlı olarak kısmen yada tamamen kopyalanıp çoğaltılamaz veya yayımlanamaz. Deney raporundaki sonuçlar sadece analizi yapılan numuneyi, örnekleme ve ölçüm yapılan üretim koşullarını temsil eder. İmzasız raporlar geçersizdir. Raporlarda (*) işaretli analizler TÜRKAK akreditasyonuna, (**) işaretli analizler ise TÜRKAK akreditasyonu ile Çevre ve Şehircilik Bakanlığı analiz yeterliliğine sahiptir. Deney ve/veya ölçüm sonuçları, genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri (olması halinde) ve deney metodları bu raporun tamamlayıcı kısmı olan takip eden sayfalarda verilmiştir. Türk Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK) deney raporlarının tanınması konusunda Avrupa Akreditasyon Birliği (EA) ve Uluslararası Laboratuvar Akreditasyon Birliği (ILAC) ile karşılıklı tanıma anlaşmasını imzalamıştır. <i>This report is valid only for the measurements of the mentioned company above and shall not be reproduced, copied, disseminated partially or fully for commercial and advertisement purposes other than in full except with the permission of the DEÜ Environmental Engineering Department. The results in the report represent only analyzed samples and process conditions where sampling and measurements were carried out. Testing report without signature is not valid. The analysis with (*) are accredited by TÜRKAK, The analysis with (**) accredited by TÜRKAK and Ministry of Environment and Forestry. The testing and/or measurement results, the uncertainties (if applicable) with confidence probability and test methods are given on the following pages which are part of this report. The Turkish Accreditation Agency (TÜRKAK) is signatory to the multilateral agreements of the European co-operation for the Accreditation (EA) and of the International Laboratory Accreditation (ILAC) for the Mutual recognition of test reports.</i>	

Deney Sorumlusu
Person in Charge
Yük.Kimyager Cemile YÜCEL

Laboratuvar Sorumlusu
Head of the Testing Laboratory
Dr.Zihni YILMAZ

Onaylayan
Approval
Prof.Dr. Nurdan ALPASLAN

ASL.DRP. 14/2243

Sayfa 1 / 2

Özel numunelerin raporları, çevre mevzuatına ilişkin değerlendirme amacıyla kullanılamaz.

ANALİZ RAPORU

03.12.2014 tarihinde tarihinde Esan Eczacıbaşı Endüstriyel Ham Maddeler San. ve Tic. A.Ş.'den kargo vasıtası ile laboratuvarımıza getirilen katı atık numunesinde "Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik'de verilen Atık Kabul Kriterleri ; Ek-2A , EK-2B ve EK-2C " kapsamında yapılan analizlerin sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Yük.Kimyager Cemile YÜCEL



Tablo : Katı Atık Numunesinin Analiz Sonuçları:

PARAMETRE	Ölçülen Konsantrasyon	ADDY Ek 2 Sınır Değerleri			Analiz Yöntemi
		EK-2A (Sınır Değer)	EK-2B (Sınır Değer)	EK-2C (Sınır Değer)	
Arsenik (As)	< 0,01 mg/L	0,05 mg/L	0,2 mg/L	2,5 mg/L	SM 3120 B
Baryum (Ba)	0,580 mg/L	2 mg/L	10 mg/L	30 mg/L	SM 3120 B
Kadmiyum (Cd)	< 0,004 mg/L	0,004 mg/L	0,1 mg/L	0,5 mg/L	SM 3120 B
Toplam Krom (Cr)	< 0,01 mg/L	0,05 mg/L	1 mg/L	7 mg/L	SM 3120 B
Bakır (Cu)	< 0,01 mg/L	0,2 mg/L	5 mg/L	10 mg/L	SM 3120 B
Civa (Hg)	< 0,001 mg/L	0,001 mg/L	0,02 mg/L	0,2 mg/L	DEU ASL-001
Molibden (Mo)	< 0,01 mg/L	0,05 mg/L	1 mg/L	3 mg/L	SM 3120 B
Nikel (Ni)	< 0,01 mg/L	0,04 mg/L	1 mg/L	4 mg/L	SM 3120 B
Kurşun (Pb)	< 0,01 mg/L	0,05 mg/L	1 mg/L	5 mg/L	SM 3120 B
Antimon (Sb)	< 0,005 mg/L	0,006 mg/L	0,07 mg/L	0,5 mg/L	SM 3120 B
Selenyum (Se)	< 0,005 mg/L	0,01 mg/L	0,05 mg/L	0,7 mg/L	SM 3120 B
Çinko (Zn)	< 0,01mg/L	0,4 mg/L	5 mg/L	20 mg/L	SM 3120 B
Klorür (Cl)	325 mg/L	80 mg/L	1500 mg/L	2500 mg/L	SM 4500 Cl B
Florür (F)	4,40 mg/L	1 mg/L	15 mg/L	50 mg/L	SM 4500 F D
Sülfat (SO ₄)	43 mg/L	100 mg/L	2000 mg/L	5000 mg/L	SM 4500 SO ₄ -2 C
Fenol İndeksi	< 0,1 mg/L	0,1 mg/L	-	-	SM 5530 B D
Çözülmüş Organik Karbon (DOC)	5,503 mg/L	50 mg/L	80 mg/L	100 mg/L	SM 5310 B
Toplam Çözülmüş Katı Madde (TDS)	5900 mg/L	400 mg/L	6000 mg/L	10000 mg/L	SM 2540 C
Toplam Organik Karbon (TOC)	< 780 mg/kg	30000 mg/kg	50000 mg/kg	60000 mg/kg	TS 12089 EN 13137
BTEX	< 0,1 mg/kg	6 mg/kg	-	-	EPA 5021 A
PCB	< 0,1 mg/kg	1 mg/kg	-	-	EPA 8082 A EPA 3540 A
Mineral yağ	240 mg/kg	500 mg/kg	-	-	SM 5520 D
pH	12,05	≥ 6	-	-	SM 4500 H ⁺ B



ASL.DRP. 14/2243

Sayfa 2 / 2

Özel numunelerin raporları, çevre mevzuatına ilişkin değerlendirme amacıyla kullanılamaz.
SM: Standart Methods for Examination of Water and Wastewater 21th Edition, EPA: US Environmental Protection Agency, TS: Türk Standardı, EN: European Norm ISO: International Standard Organization
DEU ASL- 001: Dokuz Eylül Üniversitesi Atıksu Laboratuvarı Laboratuvar Metodu,

Şekil A.1: Cüruf analiz raporu (DEÜ) 1.



AB-0390-T
33
01 - 15

TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK ARAŞTIRMA KURUMU
MARMARA ARAŞTIRMA MERKEZİ
ÇEVRE VE TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ

P.K.21, 41470 GEBZE – KOCAELİ
T 0 262 677 20 00 F 0 262 641 23 09
<http://www.mam.gov.tr>

ANALİZ RAPORU
(Endüstriyel Teknik Destek Hizmeti)

Rapor no : 45924173-181.06.03- 1/33
Rapor tarihi : 05.01.2015
Talep eden : Esan Eczacıbaşı Endüstriyel Hammaddeler San. ve Tic. A.Ş.
Adres : Deri OSB Kazlıçeşme Cad. No: 35 G-5 Özel Parsel Tuzla / İSTANBUL
Konusu : Katı Atık Örneğinin "Atıkların Düzenli Depolanmasına Ait Yönetmelik" Ek-2 Atıkların Düzenli Depolanabilmesi İçin Kabul Kriterleri Parametreleri Doğrultusunda Analizi

Bu raporda yer alan sonuçlar, sadece incelenen numunelere aittir.

Onaylayan

Dr. Özgen ERCAN
Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü
Endüstriyel Hizmet Sorumlusu

Bu rapor ve sonuçları talepte bulunan kuruluş ve müşterilerince ticaret ve reklam amaçları ile kullanılamaz. Rapor tamamen veya kısmen çoğaltılamaz/yayınlanamaz.
Raporda (*) işaretli analizler akredite edilmiştir. İmzasız analiz raporları geçersizdir.
Türk Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK) deney raporlarının tanınması konusunda Avrupa Akreditasyon Birliği (EA) ve Uluslararası Laboratuvar Akreditasyon Birliği (ILAC) ile Karşılıklı Tanınma Anlaşması'nı imzalamıştır.
Deney ve/veya ölçüm sonuçları, genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri (olması halinde) ve deney metodları bu raporun tamamlayıcı kısmı olan takip eden sayfalarda verilmiştir.

Bu rapor 5 sayfa olup, 2 asıl (1 asıl müşteriye, 1 asıl Enstitü arşivine) olarak hazırlanmıştır.

Sayfa 1/5





AB-0390-T
01 - 15

Rapor no	: 45924173-181.06.03- 1 / 33		
Talep eden	: Esan Eczacıbaşı Endüstriyel Hammaddeler San. ve Tic. A.Ş.		
Talep edenin adresi	: Deri OSB Kazlıçeşme Cad. No: 35 G-5 Özel Parsel Tuzla / İSTANBUL		
Örnek	: Katı atık	Son kullanım tarihi	:
Örnek sayısı	: 1	Enstitü örnek kayıt no	: 148/1495/1
Örneğin getiriliş şekli	: Kargo ile.	Kabul tarihi ve saati	: 05/12/2014
Kabul anındaki durumu	: Plastik kap	Analiz tarihi	: 05 - 31 / 12 / 2014
Şahit numune bilgileri	() Müşteriye iade () Şahit numune mevcut (x) Şahit numune alınmamıştır		
Esan Eczacıbaşı Endüstriyel Hammaddeler San. ve Tic. A.Ş. Katı atık örneği analizi konulu talep yazısı TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezine gelmiş ve 10622 evrak numarası ile kayıta alınmıştır. Analiz talep yazısı ekinde, bir (1) adet katı atık örneği TÜBİTAK MAM Çevre Enstitüsü' ne gelmiştir. Talep yazısında, katı atık örneğinin "Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik" Ek-2 Atıkların Düzenli Depolanabilmesi için Kabul Kriterleri kirlilik parametreleri doğrultusunda analiz edilmesi ve depolanma sınıfının belirlenmesi talep edilmiştir. Katı atık örneği TS EN 12457 – 4 standardına uygun olarak analize hazırlanmıştır. Hazırlanan, katı atık örneği eluatının ve orijinal katı atık örneğinin analizi neticesinde elde edilen değerler, ADDDY / Ek - 2' de verilen limit değerleri mukayese edilmiş Tablo 1' de ve devamında, analiz yöntemleri ise Tablo 2' de verilmiştir.			
Açıklamalar:			
Sorumlu İmzalar:			
Bu rapor ve sonuçları talepte bulunan kuruluş ve müşterilerince ticaret ve reklam amaçları ile kullanılamaz. Rapor tamamen veya kısmen çoğaltılamaz/yayınlanamaz. Raporda (*) işaretli analizler akredite edilmiştir. İmzasız analiz raporları geçersizdir.			
Bu rapor 5 sayfa olup, 2 asıl (1 asıl müşteriye, 1 asıl Enstitü arşivine) olarak hazırlanmıştır.			Sayfa 2/5

P.K.21, 41470 GEBZE – KOCAELİ
T 0 262 677 20 00 F 0 262 641 23 09
http://www.mam.gov.tr



AB-0390-T

33

01 - 15

Rapor no: 45924173-181.06.03- 1/33

Tablo 1: Esan Eczacıbaşı Endüstriyel Hammaddeler San. ve Tic. A.Ş. Katı Atık Örneği Analiz Sonuçları ve ADDDY/ Ek-2 Limit Değeri

Parametre / Örnek	Katı Atık	ADDY/ Ek-2		
		A) İnert atıkların Depolanabilme Kriterleri III. Sınıf Depolama Tesisleri İçin Sınır Değerler	B) Tehlikesiz atıkların Depolanabilme Kriterleri II. Sınıf Depolama Tesisleri İçin Sınır Değerler	C) Tehlikeli atıkların Depolanabilme Kriterleri I.Sınıf Depolama Tesisleri İçin Sınır Değerler
Eluate Analiz Parametreleri				
(*)Arsenik (As mg/l)	< 0,0005	0,05	0,2	2,5
(*)Baryum (Ba mg/l)	0,031	2	10	30
(*)Kadmiyum (Cd mg/l)	0,0001	0,004	0,1	0,5
(*)Krom (Cr mg/l)	0,0008	0,05	1	7
(*)Bakır (Cu mg/l)	0,007	0,2	5	10
(*)Cıva (Hg mg/l)	< 0,00013	0,001	0,02	0,2
(*)Molibden (Mo mg/l)	0,0128	0,05	1	3
(*)Nikel (Ni mg/l)	0,0017	0,04	1	4
(*)Kurşun (Pb mg/l)	0,0008	0,05	1	5
(*)Antimon (Sb mg/l)	0,0002	0,006	0,07	0,5
(*)Selenyum (Se mg/l)	0,0103	0,01	0,05	0,7
(*)Çinko (Zn mg/l)	0,012	0,4	5	20
(*)Klorür (Cl ⁻ mg/l)	19,34	80	1500	2500
(*)Florür (F mg/l)	3,33	1	15	50

Açıklamalar:

Sorumlu imzalar:

Bu rapor ve sonuçları talepte bulunan kuruluş ve müşterilerince ticaret ve reklam amaçları ile kullanılamaz. Rapor tamamen veya kısmen çoğaltılamaz/yayınlanamaz.

Raporla (*) işaretli analizler akredite edilmiştir.

İmzasız analiz raporları geçersizdir.

Bu rapor 5 sayfa olup, 2 asıl (1 asıl müşteriye, 1 asıl Enstitü arşivine) olarak hazırlanmıştır.

Sayfa 3 / 5

P.K.21, 41470 GEBZE – KOCAELİ
T 0 262 677 20 00 F 0 262 641 23 09
<http://www.mam.gov.tr>



AB-0390-T

33

01 - 15

Rapor no: 45924173-181.06.03- 1/33

Tablo 1' in devamı (Esan Eczacıbaşı Endüstriyel Hammaddeler San. ve Tic. A.Ş. Katı Atık Örneği Analiz Sonuçları ve ADDDY/ Ek-2 Limit Değeri)

Parametre / Örnek	Katı Atık	ADDY/ Ek-2		
		A) İnert atıkların Depolanabilme Kriterleri III. Sınıf Depolama Tesisleri İçin Sınır Değerler	B) Tehlikesiz atıkların Depolanabilme Kriterleri II. Sınıf Depolama Tesisleri İçin Sınır Değerler	C) Tehlikeli atıkların Depolanabilme Kriterleri I. Sınıf Depolama Tesisleri İçin Sınır Değerler
(*)Sülfat ($SO_4^{=}$ mg/l)	< 1,2	100	2000	5000
(*)Çözünmüş Organik Karbon (ÇOK mg/l)	5,8	50	80	100
(*)Toplam Çözünen Katı Madde (TÇKM mg/l)	1494	400	6000	10000
(*)Fenoller (C_6H_5OH mg/l)	0,07	0,1		
Orijinal Atık Analiz Parametreleri				
(*)Toplam Organik Karbon (TOK mg/kg)	< 1884	30000	% 5	%6
BTEX (benzen, toluen,etilbenzen ve xylene) (mg/kg)	< 0,5	6		
PCBs (mg/kg)	0,178	1		
(*)Mineral Yağ (mg/kg)	< 65	500		
(*)Yanma Kaybı (%)	< 2,3			100000 (%10)
(*) Kuru madde Miktarı (%)	89,33	---	---	---
(*) Nem (%)	10,67	---	---	---

Açıklamalar:

Sorumlu İmzalar:

Bu rapor ve sonuçları talepte bulunan kuruluş ve müşterilerince ticaret ve reklam amaçları ile kullanılamaz. Rapor tamamen veya kısmen çoğaltılamaz/yayınlanamaz.
Raporda (*) işaretli analizler akredite edilmiştir.
İmzasız analiz raporları geçersizdir.

Bu rapor 5 sayfa olup, 2 asıl (1 asıl müşteriye, 1 asıl Enstitü arşivine) olarak hazırlanmıştır.

Sayfa 4/ 5

P.K.21, 41470 GEBZE – KOCAELİ
T 0 262 677 20 00 F 0 262 641 23 09
http://www.mam.gov.tr

Rapor no : 45924173-181.06.03- 1133

Tablo 2: ADDDY/ Ek-2 Analiz Parametreleri ve Analiz Yöntemleri

Parametre	Analiz Yöntemleri
Eluate Analiz Parametreleri	
(*)Arsenik (As mg/l), (*)Baryum (Ba mg/l), (*)Kadmiyum (Cd mg/l), (*)Krom (Cr mg/l), (*)Bakır (Cu mg/l), (*)Molibden (Mo mg/l), (*)Nikel (Ni mg/l), (*)Kurşun (Pb mg/l), (*)Antimon (Sb mg/l), (*)Selenyum (Se mg/l), (*)Çinko (Zn mg/l)	EPA 6020 A (ICP – MS)
(*)Cıva (Hg mg/l)	TS 2537 EN 1483 1999-04
(*)Klorür (Cl ⁻ mg/l), (*)Sülfat (SO ₄ ²⁻ mg/l)	SM- 4110 B İyon Kromatografi
(*)Florür (F mg/l)	4500 – F- C İyon Seçici Elektrot
(*)Çözülmüş Organik Karbon (ÇOK mg/l)	SM- 5310 B Yük. Sic. yakma
(*)Toplam Çözünen Katı Maddeler (TÇKM mg/l)	SM- 2540 C Gravimetrik
(*)Fenoller (C ₆ H ₅ OH mg/l)	SM- 5530 D Fotometrik
Orijinal Atık Analiz Parametreleri	
(*)Toplam Organik Karbon (TOK mg/ kg)	TS 12089 EN 13137
BTEX (benzen, toluen, etilbenzen ve xilenes) (mg/kg)	EPA 8015 C
PCBs (mg/kg)	ISO 10382
(*)Mineral Yağ	EN 14039-2004 GC
(*)Yanma Kaybı (%)	DS/EN 12879
(*) Kuru Madde Miktarı (%)	TS 9546 EN 12280

SM: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater, 22 nd Edition (2012)

Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Esan Eczacıbaşı Endüstriyel Hammaddeler San. ve Tic. A.Ş. Katı Atık örneği analizi neticesinde, katı atığın "Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik" Ek-2 Atıkların Düzenli Depolanabilmesi için kabul kriterleri B) Tehlikesiz atıkların Depolanabilme Kriterleri II. Sınıf Depolama Tesisleri limit değerlere uygun olduğu belirlenmiştir.

Açıklamalar:

Sorumlu İmzalar:

51384

53688

Bu rapor ve sonuçları talepte bulunan kuruluş ve müşterilerince ticaret ve reklam amaçları ile kullanılamaz. Rapor tamamen veya kısmen çoğaltılamaz/yayınlanamaz.
Raporda (*) işaretli analizler akredite edilmiştir.

İmzasız analiz raporları geçersizdir.

Bu rapor 5 sayfa olup, 2 asıl (1 asıl müşteriye, 1 asıl Enstitü arşivine) olarak hazırlanmıştır.

Sayfa 5 / 5

Şekil A.2: Cüruf analiz raporu (Tübitak-Mam) 2.

EK B**Çizelge B.1: 7 Günlük beton test formu.**

No	Numune Tanımı	Alındığı Tarih	Deney Tarihi	Eğilme (kg) (Açıklık 10 cm)	Eğilme Dayanımı (Mpa)	Ortalama Eğilme D. (Mpa)	Şahite göre değişiklik	Kırılma Yükü (kN)	Basınç Dayanımı (Mpa)	Ortalama Basınç D. (Mpa)	Şahite göre değişiklik
1	Şahit 1	10.11.2015	17.11.2015	210	4,83	4,87	-	27,2 28,1	17 17,6	16,8	-
2	Şahit 2	10.11.2015	17.11.2015	225	5,17			30,6 30,6	19,1 19,1		
3	Şahit 3	10.11.2015	17.11.2015	200	4,60			23,6 21,1	14,8 13,2		
4	%5 İkame	10.11.2015	17.11.2015	175	4,02	4,37	-10,2%	30 32,6	18,7 20,4	20,22	20,3%
5	%5 İkame	10.11.2015	17.11.2015	210	4,83			33 32,9	20,6 20,6		
6	%5 İkame	10.11.2015	17.11.2015	185	4,25			32,8 32,8	20,5 20,5		
7	%10 İkame	10.11.2015	17.11.2015	85	1,95	1,76	-63,8%	20,9 20,3	13,1 12,7	12,30	-26,8%
8	%10 İkame	10.11.2015	17.11.2015	60	1,38			19,2 20,9	12 13,1		
9	%10 İkame	10.11.2015	17.11.2015	85	1,95			20,4 17,1	12,8 10,1		
10	%10 İlave	10.11.2015	17.11.2015	90	2,07	2,34	-52,0%	24,2 19,2	15,1 12	15,68	-6,6%
11	%10 İlave	10.11.2015	17.11.2015	100	2,30			25,9 25,6	16,2 16,6		
12	%10 İlave	10.11.2015	17.11.2015	115	2,64			27,7 27	17,3 16,9		

Çizelge B.2: 28 Günlük beton test formu.

No	Numune Tanımı	Alındığı Tarih	Deney Tarihi	Eğilme (kg) (Açıklık 10 cm)	Eğilme Dayanımı (Mpa)	Ortalama Eğilme D. (Mpa)	Şahite Göre Değişiklik	Kırılma Yüğü (kN)	Basınç Dayanımı (Mpa)	Ortalama Basınç D. (Mpa)	Şahite Göre Değişiklik
1	Şahit 1	10.11.2015	10.12.2015	290	6,67	6,48	-	37,6 39,3	23,5 24,6	24,45	-
2	Şahit 2	10.11.2015	10.12.2015	295	6,78			44,1 38,3	27,6 24		
3	Şahit 3	10.11.2015	10.12.2015	260	5,98			37 38,2	23,1 23,9		
4	%5 İkame	10.11.2015	10.12.2015	225	5,17	5,40	-16,6%	39,8 44,7	24,9 27,9	26,77	9,5%
5	%5 İkame	10.11.2015	10.12.2015	245	5,63			45,1 40,3	28,2 25,2		
6	%5 İkame	10.11.2015	10.12.2015	235	5,40			44,6 42,4	27,9 26,5		
7	%10 İkame	10.11.2015	10.12.2015	110	2,53	2,57	-60,4%	27,7 27,1	17,3 16,9	16,40	-32,9%
8	%10 İkame	10.11.2015	10.12.2015	105	2,41			26,3 28,2	16,4 17,6		
9	%10 İkame	10.11.2015	10.12.2015	120	2,76			23,3 25	14,6 15,6		
10	%10 İlave	10.11.2015	10.12.2015	105	2,41	2,64	-59,2%	31,2 31,4	19,5 19,6	22,02	-10,0%
11	%10 İlave	10.11.2015	10.12.2015	110	2,53			36,4 36,5	22,7 22,8		
12	%10 İlave	10.11.2015	10.12.2015	130	2,99			38,3 37,7	23,9 23,6		

Çizelge B.3: Genleşme test formu.

No	Numune Tanımı	Deney Tarihi	Kuru Açıklık (mm)	Kaynamış Açıklık (mm)	Fark	sonuç
1	Şahit 1	01.12.2015	18,96	19,57	0,61	Uygun
2	Şahit 2	01.12.2015	12,27	12,53	0,26	Uygun
3	%5'lik İkame	01.12.2015	18,35	23,73	5,38	Uygun
4	%5'lik İkame	01.12.2015	8,9	15,36	6,46	Uygun
5	%5'lik İkame	01.12.2015	15,98	21,58	5,6	Uygun
6	%10'luk İkame	01.12.2015	17,01	57,61	40,6	Uygun Değil
7	%10'luk İkame	01.12.2015	14	53,91	39,91	Uygun Değil
8	%10'luk İkame	01.12.2015	13,31	61,09	47,78	Uygun Değil
9	%10 luk ilave	01.12.2015	16,88	75,34	58,46	Uygun Değil
10	%10 luk ilave	01.12.2015	10,27	67,19	56,92	Uygun Değil
11	%10 luk ilave	01.12.2015	16,35	79,23	62,88	Uygun Değil



ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad :Fatih BEL

Doğum Yeri ve Tarihi :Üsküdar/1985

E-Posta :fatihbel@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

Lisans :2008, Kocaeli Üniversitesi, Çevre Mühendisliği
Bölümü

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

Kasım,2007'den beri mühendis olarak özel sektörde; son 4 senedir Esan Eczacıbaşı bünyesinde Çevre ve Enerji Uzmanı olarak görev yapmaktayım.