

**T.C.**  
**DİCLE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ**

**MERMER TOZ ATIKLARININ DERZ DOLGU MALZEMESİ  
OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Çimen DAĞLI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DİYARBAKIR**  
**Haziran – 2014**

T.C.  
DİCLE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ  
DİYARBAKIR

Çimen DAĞLI tarafından yapılan ‘‘Mermer Toz Atıklarının Derz Dolgu Malzemesi Olarak Kullanılabilirliğin Araştırılması’’ konulu bu çalışma, jürimiz tarafından Maden Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Mustafa AYHAN

Üye : Doç. Dr. Askeri KARAKUŞ (Danıřman)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Abdulhalim KARAŐİN

Tez Savunma Sınavı Tarihi: 06.06.2014

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

.... /06/2014

Doç. Dr. Mehmet YILDIRIM

Enstitü Müdürü

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmalarımın danışmanlığını kabul ederek, bu tezi hazırlayabilmeme olanak sağlayan, bu çalışmanın her aşamasında bana yön veren, değerli görüşlerini esirgemeyen tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Askeri KARAKUŞ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın materyali olan mermer toz atığını temin etmemde yardımlarını esirgemeyen DİMER A.Ő. mühendislerinden Sayın Maden Yüksek Mühendisi Felat GÖKTAS'a, çalışmanın deneysel aşamasında laboratuvar olanaklarını sağlayan Öz Dicle Alçı Fabrikası yöneticisi Sayın Muhittin BAL nezinde bütün çalışanlarına, laboratuvar çalışmalarını gerçekleştirmem konusunda hiçbir yardımını esirgemeyen değerli arkadaşım Sayın Kimya Teknikeri Şükran AŐKIN'a, Sayın İbrahim BARUT'a ve proje süresince manevi desteğini esirgemeyen değerli arkadaşım Sayın Maden Yüksek Mühendisi Mahmut AKATAY'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez yazım aşamasında bana yardımcı olan Araştırma görevlisi Sayın Dr. Sümeyra CEVHEROĞLU ÇIRA'ya teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

DÜBAP 11-MF-23 nolu proje ile maddi katkı sağlayarak yardımda bulunan Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Başkanlığına ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEŞEKKÜR .....	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ÖZET .....	V
ABSTRACT .....	VI
ÇİZELGE LİSTESİ .....	VII
ŞEKİL LİSTESİ .....	IX
KISALTMA VE SİMGELER .....	XI
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ</b> .....	<b>3</b>
2.1 Dünyada ve Türkiye’de Mermer .....	3
2.1.1 Bilimsel Tanım .....	3
2.1.2. Ticari Tanım .....	3
2.1.3 Dünyada Mermer .....	3
2.1.4 Türkiye’de Mermer ve Genel Durumu .....	4
2.2 Mermer Atık Oluşumu ve Üretim Kayıpları .....	6
2.2.1 Mermerin Üretimi Esnasında Oluşan Kayıplar .....	7
2.2.2 Mermerin Doğal Yapısından Kaynaklanan Kayıplar .....	8
2.2.3 Ocaklarda Oluşan Kayıplar .....	8
2.2.4 Fabrikalarda Oluşan Kayıplar .....	9
2.3 Mermer Toz Atıkları .....	10
2.4 Mermer İşleme Tesislerinde Atık Su Arıtımı .....	13
2.4.1 Ardışık Havuz Sistemleri Yöntemi .....	13
2.4.2 Sedimentasyon (Flokülasyon) Yöntemi .....	14
2.4.3 Hidrosiklonlarla Ayırma - Sınıflandırma Yöntemi .....	15
2.5 Mermer İşletmecilerinin Çevre Kanunu’na Göre Yükümlülükleri .....	15
2.6 Mermer Toz Atıklarının Değerlendirilmesi .....	16
2.7 Mermer Toz Atıkları Elek Analizi ve Beyazlık Testleri.....	18

<b>3.</b>	<b>MATERYAL ve METOD</b> .....	21
3.1	Materyal .....	21
3.1.1	Materyal Temini .....	21
3.2	Metod .....	22
3.2.1	Deney Numunelerinin Hazırlanması .....	22
3.2.2	Numunelere Uygulanan Deneyler .....	27
3.2.2.1	Su Emme Deneyi .....	27
3.2.2.2	Aşınmaya Dayanım Direnci Deneyi .....	28
3.2.2.3	Büzülme Deneyi .....	30
3.2.2.4	Yüzey Sertlik Deneyi .....	31
3.2.2.5	Eğilme Dayanımı Deneyi .....	32
3.2.2.6	Basınç Dayanımı Deneyi .....	33
3.2.2.7	Donma-Çözülme Çevirimi Deneyi .....	34
<b>4.</b>	<b>BULGULAR ve TARTIŞMA</b> .....	35
4.1.1	Su Emme Deneyi Sonuçları.....	36
4.1.2	Aşınmaya Dayanım Direnci Deneyi Sonuçları .....	37
4.1.3	Büzülme Deneyi Sonuçları .....	37
4.1.4	Yüzey Sertlik Deneyi Sonuçları .....	38
4.1.5	Eğilme Dayanımı Deneyi Sonuçları .....	38
4.1.6	Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları .....	39
4.1.7	Donma-Çözülme Çevirimi Deneyi Sonuçları .....	39
4.2	Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....	40
4.2.1	Su Emme Deneyi .....	40
4.2.2	Aşınmaya Dayanım Direnci Deneyi .....	41
4.2.3	Büzülme Deneyi .....	42
4.2.4	Yüzey Sertlik Deneyi .....	43
4.2.5	Eğilme Dayanımı Deneyi .....	44
4.2.6	Basınç Dayanımı Deneyi .....	45
4.2.7	Donma-Çözülme Çevirimi Sonrası Eğilme Dayanımı Deneyi.....	46

4.2.8	Donma-Çözülme Çevirimi Sonrası Basınç Dayanımı Deneyi.....	47
<b>5.</b>	<b>SONUÇ ve ÖNERİLER</b> .....	<b>49</b>
<b>6.</b>	<b>KAYNAKLAR</b> .....	<b>51</b>
	<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>53</b>

## ÖZET

### MERMER TOZ ATIKLARININ DERZ DOLGU MALZEMESİ OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

#### YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çimen DAĞLI

DİCLE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2014

Bu çalışmada, mermer toz atıklarının derz dolgu maddesinin yapımında kullanılan kalsit yerine kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Çalışma kapsamında öncelikle Diyarbakır Organize Sanayi Bölgesinde bulunan Dimer A.Ş Mermer Fabrikasından 200 kg atık mermer tozu temin edilmiştir. Daha sonra nem oranı istenilen düzeye getirilen mermer toz atığı, derz dolgu üretiminin hammaddesi olan kalsitin tane boyutuna (160 µ ve altı) gelmesi için öğütme ve eleme işlemine tabii tutulmuştur. Kullanıma hazır hale getirilen mermer toz atığı farklı oranlarda (%25, %50, %75, %100) kalsit tozu yerine çap verici, kıvamlaştırıcı, topak önleyici ve su itici kimyasal maddelerde karıştırılarak derz dolgu maddesi hazırlanmıştır. Hazırlanan derz dolgu maddesinin bazı önemli malzeme özelliklerinin belirlenmesi için TS EN 12808 (2010) standartlarına uygun numuneler hazırlanmıştır.

Deney numunelerinin hazırlanma aşamasında genel olarak mermer atık tozunun artmasıyla derz dolgu maddesinin renginde koyulaşma, daha mat bir görüntü ve topaklanma meydana geldiği gözlenmiştir.

Hazırlanan deney numuneleri üzerinde; su emme, büzülme, yüzey sertlik, aşınma direnci, eğilme dayanımı, basma dayanımı, donma-çözülme çeviriminden sonra basınç dayanımı ve donma-çözülme sonrası eğilme dayanımı değerlerinin belirlenmesi için deneyler yapılmıştır. Deneyler sonucunda elde edilen veriler tekli regresyon analiz yöntemiyle değerlendirilmiş ve TS EN 12808 (2010)'da belirtilen derz dolgu malzemesi sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır. Değerlendirme sonucunda Mermer toz atıkları kullanılarak elde edilen derz dolgu maddesinin TS EN 12808 (2010)'da belirtilen sınır değerleri karşıladığı ve bu nedenle mermer toz atıklarının derz dolgu maddesi olarak kullanılabilirdiği kanaatine varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Atık, Derz Dolgu, Mermer Tozu, Çevre, Kalsit

## ABSTRACT

### A RESEARCH OF USABILITY OF MARBLE POWDER WASTES AS GROUTING MATERIAL

M.Sc. Thesis

Cimen DAGLI

DEPARTMENT OF MINING ENGINEERING  
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES  
UNIVERSITY OF DICLE

2014

In this study; the usability of marble powder waste in production of grouting materials as substitute for calcite was investigated.

Within this study firstly 200 kg wasted marble powder was supplied from Dimer A. Ş Marble Factory located in Diyarbakır Organized Industry Zone. Then, marble powder waste of which humidity rate was taken the demanded level, was processed in grinding and screening in order to become as the same grain size of calcite (16 µ and lower) which is the raw material of grouting material. Marble powder waste which is made ready-to-use is mixed with several chemicals rather than calcite powder such as; thickener, water-repellent and slimicide chemicals and prepared as grouting material. In order to determine some important material features of the prepared grouting material; samples in comply with TS EN 12808 (2010) standards.

In the stage of preparing samples, it was observed that the color of grouting material becomes darker and paler, and aggregation occurred by increasing the volume of marble powder.

Several experiments were made in order to determine values of pressure resistance and bending resistance after freezing- melting cycle, water absorbtion, contraction, surface durability, abrasion durability, bending durability and Compression strength. Data obtained as a result of those experiments, were evaluated with single regression method and the grouting material stated in TS EN 12808 (2010) was compared with limit values. As a result of this evaluation, it was decided that the grouting material that is made by using marble powder wastes meets limit values stated in TS EN 12808 (2010) and thus marble powder wastes could be used as grouting materials.

**Keywords:** Waste, Grouting Material, Marble Powder, Environment, Calcite



## ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge No</u>		<u>Sayfa</u>
<b>Çizelge 2.1</b>	Dünya doğal taş üretiminde ilk 10 ülke ve üretim miktarları (milyon ton)	4
<b>Çizelge 2.2</b>	Türkiye mermer rezerv miktarları	5
<b>Çizelge 2.3</b>	Türkiye'deki yıllık toplam mermer ve doğal taş atık malzeme miktarı	6
<b>Çizelge 2.4</b>	Mermer çamurunun fiziksel özellikleri	11
<b>Çizelge 2.5</b>	Mermer çamurunun kimyasal özellikleri	11
<b>Çizelge 2.6</b>	Mermer çamurunun kimyasal özellikleri	12
<b>Çizelge 2.7</b>	Çeşitli alanlarda mermer toz atıklarının kullanım oranları	17
<b>Çizelge 2.8</b>	Diyarbakır'da faaliyet gösteren bazı işletme fabrikalarından alınan toz örneklerinin elek analizi	18
<b>Çizelge 2.9</b>	Mermer toz örneklerinin kimyasal analiz ve beyazlık testi sonuçları	19
<b>Çizelge 3.1</b>	%100 Mermer toz atığından oluşacak karışım için gerekli malzeme miktarları	23
<b>Çizelge 3.2</b>	%75 Mermer toz atığından oluşacak karışım için gerekli malzeme miktarları	23
<b>Çizelge 3.3</b>	%50 Mermer toz atığından oluşacak karışım için gerekli malzeme miktarları	24
<b>Çizelge 3.4</b>	%25 Mermer toz atığından oluşacak karışım için gerekli malzeme miktarları	24
<b>Çizelge 3.5</b>	Kalsit tozu karışımı için gerekli malzeme miktarları	24
<b>Çizelge 3.6</b>	Numuneler için şartlandırma süresi tolerans değerleri	26
<b>Çizelge 3.7</b>	Değer eşitliği	30
<b>Çizelge 4.1</b>	TSE Standartları 'Derz Dolgu' standart deney değerleri	35
<b>Çizelge 4.2</b>	Su emme deneyi verileri (gr), (30 dk)	36
<b>Çizelge 4.3</b>	Su emme deneyi verileri (gr), (240 dk)	36
<b>Çizelge 4.4</b>	Aşınma dayanımı deneyi verileri (mm <sup>3</sup> )	37
<b>Çizelge 4.5</b>	Büzülme deneyi verileri (mm/m)	37
<b>Çizelge 4.6</b>	Yüzey sertlik deneyi verileri	38
<b>Çizelge 4.7</b>	Eğilme dayanımı deneyi verileri (MPa)	38
<b>Çizelge 4.8</b>	Basınç dayanımı deneyi verileri (MPa)	39



## ŞEKİL LİSTESİ

<u>Sekil No</u>		<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1	Türkiye mermer sahaları	5
Şekil 2.2	Mermer ocak işletmelerinin etrafındaki atık yığınları	9
Şekil 2.3	Elmas lamalı katrakta oluşan parça atıklar	10
Şekil 2.4	Vadilere dökülen atık mermer çamurları	12
Şekil 3.1	Mermer toz atığı	21
Şekil 3.2	Beyaz çimento	22
Şekil 3.3	Karışımın mikserle gerekli kıvama getirilmesi	25
Şekil 3.4	Numune hazırlamak için kullanılan farklı kalıplar	26
Şekil 3.5	Aşınmaya dayanım deneyi için numune hazırlama	26
Şekil 3.6	Su içine yerleştirmek için hazırlanan numune	28
Şekil 3.7	Aşınma dayanım direnci tespit cihazı	29
Şekil 3.8	Büzülme ölçüm deneyi	31
Şekil 3.9	Yüzey sertlik ölçümü yapılan numune	32
Şekil 3.10	Eğilme dayanımı ölçümü	33
Şekil 3.11	Eğilme dayanımı ölçümü	33
Şekil 3.12	Basınç dayanımı ölçüm cihazı	34
Şekil 4.1	Derz dolgu malzemesindeki mermer toz atık oranı ile su emme miktarı arasındaki ilişki (Su emme deneyi (30 dk.))	40
Şekil 4.2	Derz dolgu malzemesindeki mermer toz atık oranı ile su emme miktarı arasındaki ilişki (Su emme deneyi (240 dk.))	41
Şekil 4.3	Derz dolgu malzemesindeki mermer toz atık oranı ile aşınma dayanımı arasındaki ilişki	42
Şekil 4.4	Derz dolgu malzemesindeki mermer toz atık oranı ile büzülme dayanımı arasındaki ilişki	43
Şekil 4.5	Derz dolgu malzemesindeki mermer toz atık oranı ile yüzey sertliği arasındaki ilişki	44
Şekil 4.6	Derz dolgu malzemesindeki mermer toz atık oranı ile eğilme dayanımı arasındaki ilişki	45
Şekil 4.7	Derz dolgu malzemesindeki mermer toz atık oranı ile basınç dayanımı arasındaki ilişki	46

<b>Şekil 4.8</b>	Derz dolgu malzemesindeki mermer toz atık oranı ile donma-çözülme çevirimi sonrası eğilme dayanımı arasındaki ilişki	47
<b>Şekil 4.9</b>	Derz dolgu malzemesindeki mermer toz atık oranı ile donma-çözülme çevirimi sonrası basınç dayanımı arasındaki ilişki	48

## KISALTMA ve SİMGELER

<b>m<sup>2</sup></b>	: Metrekare
<b>m<sup>3</sup></b>	: Metreküp
<b>mm</b>	: Milimetre
<b>mm<sup>3</sup></b>	: Milimetreküp
<b>cm<sup>3</sup></b>	: Santimetreküp
<b>gr</b>	: Gram
<b>g</b>	: Yerçekimi ivmesi
<b>kg</b>	: Kilogram
<b>dk</b>	: Dakika
<b>μ</b>	: Mikron
<b>μm</b>	: Mikrometre
<b>N</b>	: Newton kuvveti
<b>R<sup>2</sup></b>	: Korelasyon katsayısı
<b>°C</b>	: Santigrat derece
<b>CaO</b>	: Kalsiyum oksit
<b>MgO</b>	: Magnezyum oksit
<b>SiO<sub>2</sub></b>	: Silisyum oksit
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	: Aliminyum oksit
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	: Demir III oksit
<b>NaO</b>	: Sodyum oksit
<b>TiO<sub>2</sub></b>	: Titanyum dioksit
<b>SO<sub>3</sub></b>	: Kükürt trioksit
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	: Kalsiyum karbonat
<b>W<sub>mt</sub></b>	: Emilen su miktarı
<b>m<sub>t</sub></b>	: Kuru ağırlık
<b>m<sub>d</sub></b>	: Suda bekletildikten sonraki ağırlık

## 1. GİRİŞ

Çevresel kirliliklerin dünyamız için yarattığı sorunların oldukça yaygın olduğu, enerji kaynaklarının hızla tükendiği ve sorunların çözümü için alternatiflerin arandığı bu zamanda geri dönüşümün ülkemiz için oldukça önemli olduğu ortadadır. Ülke kaynaklarının verimli kullanılması ise ancak atıkların geri dönüşümünün sağlanması ile mümkün olacaktır.

Ülkemizde ve yurt dışında mermere olan talep hızla artmakta ve bunun sonucu olarak mermer madenciliği sektörü ile uğraşan işletmelerinin de sayısının artmasına neden olmaktadır. Mermer madenciliği, diğer madencilik faaliyetlerine göre daha az çevresel etkiye sahip bir madencilik faaliyeti olsa da gerek ocaklarda ki blok işletmeciliği gerekse de mermer işletme tesislerinde doğal taşların işlenmesi sırasında, bu işletmelerin büyüklüğü ve yoğunluğuna bağlı olarak çamur ve parça mermer atıkları açığa çıkmaktadır. Mermer atıklarının kullanılabilir tarım arazilerine boşaltılması çevre, sağlık ve doğal görünümü bozucu bir etki yaratmakta ve çevrecilik açısından olumsuz bir tepki oluşturmaktadır.

Mermer madenciliği yapılan alanlarda, yüksek miktarda mermer tozu atığı üreten kesme birimleri bulunmaktadır. Açık alanlara atılan mermer toz atıkları çok ince parçacık boyutunda olmasından dolayı birçok sağlık ve çevre sorununa sebebiyet vermektedir. Çok kolaylıkla havada karışır hale gelebilmekte, özellikle yaz dönemleri havada asılı kalan parçacık miktarı artmaktadır (Misra ve Gupta 2009).

Mermer işletmeciliğinde yüksek hacimde ortaya çıkan çamur atıklarının depolanması için arazilere olan gereksinim işletme sahipleri için ciddi oranda bir maliyet oluşturmaktadır.

Mermer çamurları içerisindeki mikron boyutunda bulunan partiküller toprağın havalanmasını ve su geçişini sağlayan küçük delikleri kapatmakta, böylelikle tarım arazilerini verimsiz ve kullanılamaz hale getirmektedir (Yıldız 2008).

Mermer çamur ve parça atıkları, değerlendirilmeyi bekleyen ve büyük hacim kaplayan endüstriyel malzemelerdir. Bunların geri kazanımı ülke ekonomisine büyük katkılar sağlayacaktır. Her türlü mermer atığının farklı yöntem kullanılarak farklı alanlarda ekonomiye kazandırılması mümkün olmasına rağmen mermer madenciliği sektöründe oluşan atıkların çok küçük bir kısmı değerlendirilebilmekte, ocak ve işleme

tesislerinin yoğunlaştığı bölgelerde her geçen gün önemli ölçüde artan bir görsel kirlilik meydana gelmektedir.

Ülke kaynaklarının verimli olarak kullanılabilmesi ancak atıkların geri dönüşümünün sağlanabilmesi ile mümkündür. Bu şekilde ekonomiye de büyük bir katkı sağlanacaktır. Bir maddenin, hammaddelerin işlenerek elde edilmesiyle daha ekonomik olacağı çok iyi bilinmesine rağmen, atıkların yeniden üretime katılması ile hammadde israfının önüne geçileceği de ortadadır.

Bu çalışma ile mermer fabrikası toz atıklarının geri dönüşümü sağlanarak, inşaat sektöründe yoğun olarak kullanılan derz dolgu malzemesinin hammaddesi olan kalsitin yerine kullanılması hedeflenmektedir. Laboratuvar ortamında gerçekleştirilen deneyler sonucunda elde edilen bilgilerle çevresel bir sorun olan mermer toz atıklarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1. Dünyada ve Türkiye’de Mermer

#### 2.1.1. Bilimsel Tanım

Kalker ( $\text{CaCO}_3$ ) ve dolomitik kalkerlerin ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)$ ) ısı ve basınç altında metamorfizmaya uğrayarak tekrar kristalleşmesi sonucu oluşan yapıya mermer denir.

#### 2.1.2. Ticari Tanım

Ticari standartlara uygun boyutlarda blok verebilen, kesilip parlatılabilen ya da yüzeyi işletilebilen ve taş özellikleri (malzeme özellikleri) kaplama taşı normlarına uygun olan her türden taş (tortul, magmatik ve metamorfik) ticari dilde mermer olarak bilinmektedir. Bu tanım uyarınca kalker, traverten, kumtaşı gibi tortul; gnays, mermer, kuvarsit gibi metamorfik; granit, siyenit, serpantin, andezit, bazalt gibi magmatik kayalar da mermer olarak adlandırılır.

#### 2.1.3. Dünyada Mermer

Doğal taşların, yapı dekorasyon malzemesi olarak kullanılmaya başlanması dünya doğal taş üretiminin artmasına neden olmuştur. Özellikle son yıllarda görülen artış, kazanım ve işleme teknolojisindeki gelişmelerle paralellik göstermektedir. Giderek daha mükemmel hale getirilen işleme teknikleri ile taş, daha kolay ve ekonomik olarak istenen şekilde işlenmekte ve birçok yeni kullanım alanı bulmaktadır.

Dünyada mermer rezervleri incelendiğinde, genel hatlarıyla Alp-Himalaya kuşağı içinde kalan Portekiz, İspanya, İtalya, Yunanistan, İran, Pakistan gibi ülkelerde karbonatlı kayaç (mermer, kireçtaşı, traverten ve oniks) rezervlerinin fazla olduğu görülmektedir (Çizelge 2.1.).

İşletilebilir magmatik kayaç (sert taş) rezervlerinin İspanya, Norveç, Finlandiya, Ukrayna, Rusya, Pakistan, Hindistan, Çin, Brezilya ve Güney Afrika’da toplandığı görülmektedir (Bilensoy 2010).



## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

**Çizelge 2.1.** Dünya doğal taş üretiminde ilk 10 ülke ve üretim miktarları (milyon ton), (Uyanık 2008)

Ülkeler	2003	2004	2005
Çin	18.6	20.6	22
Hindistan	11.2	11.2	12.5
İran	10	10.4	10.4
İtalya	10.8	10.9	10.2
İspanya	7.6	8.6	8.7
<b>Türkiye</b>	<b>6.2</b>	<b>7.7</b>	<b>8.2</b>
Brezilya	6	6.4	6.9
Portekiz	2.8	3	3
Mısır	2	2.2	2.5
Yunanistan	2.1	2.1	2.1

### 2.1.4. Türkiye’de Mermer ve Genel Durumu

Ülkemiz büyük doğal taş rezervlerine sahiptir. Jeolojik rezerv içindeki işletilebilir (görünür) rezervin oranı ülke geneli için belli değildir. Türkiye’ de masif niteliği gösteren metamorfik temeller içinde küçük ya da büyük yayımlı mercek şeklinde mermer yatakları bulunmaktadır. Buna ek olarak ülkeye dağılmış durumda Devoniyen, Triyas, Jura, Kretase ve Paleojon yaşlı kireç taşları yüzeylenmektedir. Traverten ve Oniks rezervleri ülkemizin bilinen kırık hatları boyunca gelişmiştir. Ayrışma, kırıklı yapı, anklav içeriği, renk ve homojenlik yönünden sorunlu olan magmatik taş rezervlerimiz için ayrıntılı araştırma yapılmamıştır. Kırklareli, Kapıdağ, Ezine, Ayvalık, Kırşehir, Yozgat, Aksaray, Ordu, Giresun, Rize ve Artvin dolaylarında açılan çok sayıdaki ocak işletmesinden Kırşehir ve Aksaray’dakilerden olumlu sonuç alınmıştır.

Magmatik taş rezervlerinin artırılması açısından ülkemizin çok sayıda araştırmaya ihtiyacı vardır (DPT 2001). Ülkemiz mermer rezerv miktarları Çizelge 2.2., ülkemiz mermer sahaları ise Şekil 2.1.’de verilmiştir.



### 2.2. Mermer Atık Oluşumu ve Üretim Kayıpları

Mermer kesme ve işleme fabrikalarında ortaya çıkan atıklar, üretim kayıplarının sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Ülkemizdeki mermer rezervlerinin büyüklüğü ve günümüzde mermer kullanımının yaygınlaşması mermer fabrika ve işleme tesislerinin hızla artmasına neden olmuştur. Artan üretimle birlikte fabrika ve işleme tesislerinde mermer atıklarının oluşumunda da artış olmuştur. Ülkemizde kesilen ve işlenen doğal taşların %30 oranında atık olarak ortaya çıkmaktadır. Bu atıkların çevreye olumsuz etkilerinin yanında ekonomik olarak da kayıp oluşturdukları bir gerçektir.

Türkiye'deki mermer ve diğer doğal taşların, blok ve işlenmiş taş üretiminde, 2007 tahmini üretim verileri Çizelge 2.3.'de verilmiştir (Acar 2009).

**Çizelge 2.3.** Türkiye'deki yıllık toplam mermer ve doğal taş atık malzeme miktarı

Atık Türü	Atık Miktarı (ton/yıl)	Atık Miktarı (m <sup>3</sup> )
Moloz	10 000 000 ton/yıl	3.70 milyon m <sup>3</sup>
Toz Atık	10 000 000 ton/yıl	3.45 milyon m <sup>3</sup>
Kesilmiş/Kırılmış Parça Atık	5 000 000 ton/yıl	1.85 milyon m <sup>3</sup>
<b>TOPLAM</b>	<b>25 000 000 ton/yıl</b>	<b>9 milyon m<sup>3</sup></b>

Mermer ocak işletmeciliği ve işleme tesislerinde ortaya çıkan parça ve toz boyutundaki atıklar satılabilir ürün miktarına oranla oldukça fazla miktarlarda ortaya çıkmaktadır. Sadece mermer işleme fabrikalarında işlenen mermerlerin yaklaşık %30'u toz atık olarak ortaya çıkmaktadır. Günümüzde 1000 tonluk bir mermer rezervinden, ocakta üretimi, işleme fabrikasında işlenmesi ve paketlenmesi sürecine kadar gecen aşamalarda oluşan kayıplarla yaklaşık 70 ton satılabilir ticari ürün elde edilmektedir. Bu da 1000 ton mermer rezervinden yaklaşık 930 ton mermer atığı oluştuğu anlamına gelmektedir. Çok büyük miktarlarda ortaya çıkan bu atık miktarının azaltılması hem doğal kaynakların optimal kullanımı hem de çevresel etkilerin azaltılması yönünden büyük önem taşımaktadır. Avrupa birliği ülkelerinde uygulanan dolgu (güçlendirme)

teknolojileri ile işleme tesislerinde %70'ler düzeyinde olan verimlerin %90'lara çıkarılması hedeflenmektedir (Onargan 2007).

Bilimsel olarak mermer sahalarında uygulanacak üretim yönteminin jeolojik yapıya göre belirlenmesi ve mermer özelliklerine bağlı olarak en uygun kesme-işleme ekipman teknolojisinin seçilmesi oluşacak kayıpları ve dolayısıyla atıkları önemli ölçüde azaltmaktadır. Dünya ortalamalarına bakıldığında üretilen doğal taş kütlelerinin %60'ı net blok, %40'ı ise atık olarak gerçekleşmektedir. Ülkemizdeki mermer ocaklarında yaklaşık %15–25 oranında net blok üretimi, %75–85 oranında ise atık üretimi gerçekleşmektedir. Bunun en önemli nedenlerinden birisi jeolojik yapı olsa da diğer önemli bir faktör yanlış işletmecilik ve uygun makine ekipman seçiminin yapılmamasından kaynaklanmaktadır (Onargan 2005).

### **2.2.1. Mermerin Üretimi Esnasında Oluşan Kayıplar**

Mermer doğada blok üretimi yapılarak çıkarılır. Bulunduğu yerde sayalama makineleri ile boyutlandırılması yapılan mermer bloklar mermer kesme ve işleme tesislerinde işlenerek plaka, yer karosu, fayans ve değişik amaçlarda kullanıma sunulmaktadır. Bu süreç içinde geride birçok atık kalmaktadır. Bu atık parçalarının ve tozlarının şekil ve boyutlarına göre değişik amaçlarla kullanılması kısıtlı olsa yapılmaktadır.

Mermer işleme tesislerinde bol miktarda ortaya çıkan katı parçacık içeren atık suların arıtımında yaygın olarak fiziko-kimyasal yöntemler kullanılmaktadır. Mermer atıkları genel olarak CaO, MgO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NaO, TiO<sub>2</sub> gibi bileşenleri içermektedir. Kullanım yerlerinde veya stok alanlarında değişen atmosfer şartlarında, asidik veya bazik ortamlarda çevreye kalıcı hiçbir etkisi olmamaktadır (Ayhan ve ark. 2009).

Katraklarda blok kesimi sırasında taşın mineralojik yapısına bağlı olarak 1mm'nin altında, ST'ler de 2 mm'nin altında, silme-cilalama ünitelerinde genellikle 500 mikronun altında toz artık oluşmaktadır. Köprü kesme, monolama, alt ve yan kesmelerden oluşan atıklar mozaik, karo vb. üretimi amaçlı kullanılabilir.

Baş kesme ve köprü kesme makinelerinde iri boyutlu parça atıklar oluşmakta ve bunlar yer dökmesinde kullanılabilir atık niteliği taşımaktadır (Ayhan ve ark. 2009).

### **2.2.2. Mermerin Doğal Yapısından Kaynaklanan Kayıplar**

- Kırık ve çatlaklar
- Damarlar
- Boşluklar
- Kristal dokusu
- Foliasyon
- Fosiller

### **2.2.3. Ocaklarda Oluşan Kayıplar**

Mermer ocaklarında bulunan sorunlar (fay, çatlak, yarık) blok üretimi sırasında blok elde edilememesine, dolayısıyla da irili ufaklı molozların açığa çıkmasına sebep olmaktadır. Bu tür mermer atıklarına, ocağın jeolojik yapısına ve kristal yapısına uygun üretim yöntemi seçmemek, yani yanlış üretim yöntemi uygulamak atıkların oluşumuna sebep olur. Mermer tozu çoğu zaman ocaklardan patlatma yöntemi ile özel olarak da elde edilen moloz büyüklüğündeki mermer parçalarının kırılıp öğütülmesiyle elde edilir.

Ocaklarda mermer atıkların oluşmasında diğer bir etkende sayalama işlemleridir. Ocakların tektonik yapısına uygun olarak elde edilen çok büyük ve şekilsiz parçalar, çeşitli yöntemlerle istenilen ebatlarda alt, üst ve yanlardan kesilirler. Kesim sonucu ortaya çıkan bu atıklara da ocakta oluşan tüm diğer atıklar gibi bir tarafta biriktirilirler. Genel olarak pasa adı verilen bu atıklar, yükleyiciler vasıtasıyla kamyonlara yüklenecek ocak pasa döküm sahasına dökülerek yığın oluşturulur (Bilensoy 2010).

Yaklaşık ocak üretimi miktarının % 50'sini oluşturan bu atıkların tamamının değerlendirilmesi şu ana kadar mümkün olmadığından, mermer ocak işletmelerinin etrafında bir taş toprak yığını halinde bekletilmektedir (Şekil 2.2.) (Lappa ve ark. 1997).



Şekil 2.2. Mermer ocak işletmelerinin etrafındaki atık yığınları

#### 2.2.4. Fabrikalarda Oluşan Kayıplar

Fabrikalarda kesilen bloklardan belirli ebatlarda plakalar elde edilmektedir. Elde edilen bu plakaların baş kesme ve yan kesmelerde uygun ölçülerde boyutlandırma yapılır. Parlatma ve cilalama işlemlerine tabi tutulur. Bu işlemler sırasında çok küçük boyutlardaki mermer tozu atıkları ve pasa olarak nitelendirilen parça atıklar oluşmaktadır (Şekil 2.3.). Bu işlemler sulu olarak yapıldığında açığa çıkan atıklar su ile birlikte taşınmakta ve genelde havuz yöntemi kullanılarak toplanmaktadır. Bu suyun geri kazanılması sonucunda atık tozlar geri kazanılmaktadır.

Fabrikalarda oluşan atıklar aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Onargan 2007).

- Kesme makinelerindeki kayıplar
  1. Monolamada oluşabilecek kayıplar
  2. Elmas lamalı katrakta oluşabilecek kayıplar (%30–45)
  3. S/T ile blok kesmede oluşabilecek kayıplar (%20–30)
  4. Ebatlama makinelerinde oluşabilecek kayıplar (kafa kesiciler, yan kesme)
- Silme ve parlatma sırasında oluşan kayıplar (%5)



Şekil 2.3. Elmas lamalı katrakta oluşan parça atıklar

### 2.3. Mermer Toz Atıkları

Mermer toz atıkları özellikle fabrikalarda işleme sırasında ortaya çıkan ve hacimsel olarak oldukça fazla miktarda bulunan bir malzemedir. Hemen hemen her kesim makinesinden çıkmakla birlikte ağırlıklı olarak katrak, ST, yarma, silme-cilalama ünitelerinden meydana gelir.

Mermer bloklar testere takımıyla kesilirken, su bir soğutucu olarak kullanılır. Testerelerin bıçak kalınlığı yaklaşık 5 mm olup bloklar normal olarak 20 mm kalınlıklı levhalar halinde kesilir. Böylece mermer bloğun kesim yapılan yüzey alanına göre her 25 mm kalınlıkta 5 mm'si toz haline dönüşür. Bu toz mermer, çamur olarak su ile birlikte akar böylece toplam işlenmiş mermer ağırlığının %20'ye yakını mermer çamuru olarak ortaya çıkar. Açığa çıkan mermer çamuru yaklaşık olarak %35–45 su içeriğine sahiptir (Yıldız 2008).

Mermer çamurunun fiziksel özellikleri Çizelge 2.4.'de, kimyasal özellikleri de Çizelge 2.5. ve 2.6.' da verilmiştir.

**Çizelge 2.4.** Mermer çamurunun fiziksel özellikleri  
(Vijayalakshmi 2001)

Özellik	Sonuç
Hacim Yoğunluğu (gr/cm <sup>3</sup> )	1.3
Gerçek Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	3.6
Partikül Boyut Dağılımı (µm)	300-45
Yüzey Alanı (m <sup>2</sup> /g)	6.37
Nemlilik (%)	8

Mermer çamurunun kimyasal analizleri 200 µm'in altındaki partiküllerin %90'nın kalsiyum ve magnezyum karışımı olduğunu göstermektedir (Vijayalakshmi 2001).

**Çizelge 2.5.** Mermer çamurunun kimyasal özellikleri  
(Vijayalakshmi 2001)

Yapılan Test	Test Sonuçları (%)
Tutuşma Kaybı	40.6
MgO	20.6
CaO	29.8
SiO <sub>2</sub>	8.5
FeO <sub>3</sub>	1.3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.3

Mermer çamurunun kimyasal özellikleri, mermerlerin ve kesimde kullanılan aletlerin yapısına göre farklılık gösterebilmektedir (Çizelge 2.6.).



## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

**Çizelge 2.6.** Mermer çamurunun kimyasal özellikleri  
(Almeida 2007)

Yapılan Test	Test Sonuçları (%)
Tutuşma Kaybı	43.34
MgO	0.30
CaO	54.59
SiO <sub>2</sub>	8.5
FeO <sub>3</sub>	0.40
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.72
SO <sub>3</sub>	0.09
Cl <sup>-</sup>	0.03

Fabrikalardan çıkan mermer toz atıkları sulu çamur halinde ya da filtre preslerden geçirilerek kısmen suyu alınmış olarak boş arazilere ve ya vadilere dökülür (Şekil 2.4.). Dökülen tonlarca malzemenin ancak çok az bir kısmı farklı sanayi kollarında ham madde olarak kullanılabilir. Yapılan bu çalışmada mermer toz atıklarının inşaat sektöründe derz dolgu malzemesi olarak kullanılabilirliği test edilmiştir.



**Şekil 2.4.** Vadilere dökülen atık mermer çamurları

## 2.4. Mermer İşleme Tesislerinde Atık Su Arıtımı

Mermer işleme tesislerinin kesim ve parlatma ünitelerinde oluşan mermer toz tanecikleri, bu işlemler sırasında kullanılan su ile birlikte kanallardan geçerek tanklarda ya da çökeltme havuzlarında biriktirilmektedir. Atık suyun kanallardan geçişi sırasında iri boyutlu tanecikler kanallarda birikirken, askıda kalabilen küçük boyutlu tanecikler ise çökertme havuzuna ya da tanklara gelmektedir.

Toplanan atık sularının içerisindeki partiküllerin çöktürülmesini gerçekleştirmek için değişik ticari isimler taşıyan flokülant-flokülasyon (çökeltme sırasında taneciklerin dibe çökmesi) maddeler eklenmektedir. Çöktürme işleminde oluşan fiziko-kimyasal karakterli çamur, tank dibine çökmekte, ön çamur karıştırıcıya aktarılmakta ve buradan susuzlaştırmak amacıyla filtre preslere gönderilmektedir.

Mermer işleme tesislerinde kullanılan su, arıtılmadan kullanıldığında özellikle parlatma işleminde problem oluşturmaktadır. Atık su içerisinde bulunan 10 µm'den büyük silikatlı taneler parlatılan mermer yüzeyini çizerek mermer yüzeylerinde olumsuz etki yapmaktadır. Bu nedenle arıtma işlemlerinde maksimum 10 µm boyutlu, içinde silikatlı tanecik bulunmayan temiz su kazanımı amaçlanır (Büyüksağış 1995).

### 2.4.1. Ardışık Havuz Sistemleri Yöntemi

Bu yöntemde fabrika sahası içerisinde ardışık ve birbirine bağlantılı olarak yapılan havuzlardan yararlanılmaktadır. Havuzların derinlik ve boyutları fabrikada kullanılan suyun miktarına göre belirlenir. Havuz sayısı ise genellikle 4–6 ve üstüdür. İlk 2 havuz diğerlerine göre daha küçük olmalıdır. İlk havuza verilen fabrika atık suyunun iri taneleri, özgül ağırlığa bağlı olarak havuz dibine çökmekte, havuz yüzeyindeki su taşıma yoluyla ikinci havuza geçmektedir. Bu işlem bütün havuzlarda aynı şekilde gerçekleşerek son havuzda ince taneli, nispeten arıtılmış su elde edilmektedir. Bu su tekrar kullanılmak üzere son havuzdan pompa aracılığıyla fabrikaya verilmektedir. Bu yöntemde elde edilen suyun içerisindeki mermer tozu tane boyutu 20 µm civarındadır ve teorik ayırma verimliliği %30 olarak hesaplanmıştır (Büyüksağış 1995).

Ardışık havuz sistemleri yöntemi tam bir arıtma sağlamadığı için özellikle cila ünitelerinde sorun yaratmaktadır. Mermer işleme tesisleri atık sularında mermer taneciklerinin yanı sıra, kesme ve parlatma ünitelerinde oluşan aşındırıcı tanecikler, ardışık havuz sistemiyle tam olarak ayırlanamamaktadır. Fabrikaya tekrar verilen bu nitelikteki su, cilalama esnasında mermer yüzeyini çizmekte ve parlatma verimini olumsuz etkilemektedir. Bu sorun, ürün kalitesinin düşmesine neden olmaktadır.

Bu sistemde gözlerin çabuk dolması ve sık sık bunların boşaltılması için tesisin durdurulması gerektiğinden dolayı tam ve sürekli bir arıtma sağlanamaması dezavantajı, düşük maliyet ve işletme giderleri ise avantajlıdır. Cilalama üniteleri olmayan küçük ve orta ölçekli mermer işleme tesislerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Büyüksağış 1994).

### **2.4.2. Sedimentasyon (Flokülasyon) Yöntemi**

Fabrikadan çıkan atık su, pompa vasıtası ile bir tanka verilmekte ve çöktürme işlemine tabi tutulmaktadır. Bu yöntemde atık suyun içerisindeki katı tanecikler yerçekimi etkisi ile tankın dibine çökerek birikmektedir. Bunun yanı sıra çökmeyi arttırmak ve hızlandırmak amacı ile flokleşmeyi (yumaklaşmayı) sağlayan kimyasal maddelerde kullanılır. Çöken kısım çamur filtre presine verilmek üzere pnömomatik bir vana vasıtası ile ayrı bir havuza alınır. Buradan pompa vasıtası ile çamur filtre (su içeriğini %80 den %20 ye indiren sistem) verilerek susuzlaştırılmış kek elde edilir. Böylece fabrikadan gelen atık su arıtılarak içerisindeki taneciklerden arındırılmış olur. Elde edilen temiz su tekrar üretimde kullanılmak üzere fabrikaya verilir. Bu işlem sürekli tekrar eder (Yıldız 2008).

Sedimentasyon yönteminde elde edilen arıtılmış su içerisindeki mermer tozu boyutu ortalama 7,5 µm olup teorik ayırma verimliliği %64 olarak hesaplanmıştır (Büyüksağış 1995).

Bu yöntemin ilk yatırım maliyeti, işleme ve enerji giderleri diğer yöntemlere göre daha fazladır. Fakat cilama üniteleri ve fayans hatları bulunan tesislerin kaliteli ürün elde edebilmesi için tercih etmesi gereken bir yöntemdir (Ceylan 2000).

### 2.4.3. Hidrosiklonlarla Ayırma - Sınıflandırma Yöntemi

Hidrosiklonlar özellikle ince tane boyutundaki ayırma işlemlerinde çok verimli çalışan ve genel olarak sınıflandırma, kıvamaştırma ve zenginleştirme işlemlerinde kullanılan sistemlerdir. Mermer fabrikalarının atık sularında bulunan ince taneciklerin ayrılmasında da verimli bir şekilde kullanılırlar. Bu yöntemde atık su, basınç altında hidrosiklonla beslenerek bir dönme hareketi kazanır. Bu dönme hareketi, bir santrifüj kuvvet oluşturarak suyun içindeki taneciklerin çökerek ebat ve özgül ağırlıklarına göre ayrılmasına neden olur (İpekoğlu ve Tanrıverdi 1997).

Bu yöntemde teknolojik gelişmeler sonucu alt ayırma sınırı, 2 µm' e kadar inmiştir. Teorik ayırma verimliliği ise %88'dir (Büyüksağış 1995). Hidrosiklon yönteminin sedimentasyon yöntemine göre hem ilk yatırım maliyeti düşük hem de işletme ve enerji giderleri daha azdır. Bu nedenle en ekonomik en verimli yöntemdir (Ceylan 2000).

### 2.5. Mermer İşletmecilerinin Çevre Kanunu'na Göre Yükümlülükleri

Mermer ve çevre ilişkisi, mermerin aranması ile birlikte başlamaktadır. Arama faaliyetleri sadece arazi gezilerini değil, sondaj, kazı ve deneme kesimi yapılması gibi faaliyetleri de gerektirmektedir. Daha arama aşamasında sahanın genel bir incelenmesi, değerlendirilmesi yapılmadan, sondaj, kazı gibi işlemler, hatta deneme üretimi amaçlı çalışmalar yapılmakta, yollar açılmaktadır. Bu çalışmalar sonucunda üretime geçilmesi halinde çok fazla sorun çıkmamakta, ancak istenilen sonuçların elde edilememesi halinde ise her şey olduğu gibi bırakılıp terk edilmektedir. Açılan yollar ve kazı alanları her türlü kontrol dışında birer çevre ucubesi olarak ortada kalmaktadır.

Üretim aşamasında ise, üretimden kaynaklanan çevre sorunları dışında, giderek büyüyen atıklar ve stoklama önemli bir çevre sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durumda 1 birim işletme için 10 birim atık ve stok sahası alanı gereksinimi doğmaktadır. Diğer taraftan aynı işletme içinde birden fazla üretim aynası olması halinde problem katlanarak büyümektedir ( Mutlutürk ve Altındağ 2009).

Ülkemizde 09.08.1983 tarihinde yürürlüğe giren çevre kanununun 8. maddesinde, “Her türlü atık ve artığı çevreye zarar verecek şekilde, ilgili yönetmeliklerden belirlenen standartlara ve yöntemlere aykırı olarak doğrudan ve dolaylı biçimde alıcı ortama vermek, depolamak, taşımak, uzaklaştırmak ve benzeri faaliyetlerde bulunmak yasaktır. Kirlenme ihtimalinin bulunduğu durumda ilgililer kirlenmeyi engellemekle meydana geldiği hallerde kirlenmeyi durdurmak, kirlenmenin etkilerini gidermek ve ya azaltmak için gerekli tedbirleri almakla yükümlüdürler.” Şeklinde bir hüküm mevcuttur. Bu maddeye göre, mermer toz ve parça atıklarının belirlenen standart ve yöntemler dışında alıcı ortama verilmesi yasaklanmıştır. Çevre kanununun bu maddesi, mermer fabrika atık sularının su kirliliği kontrol yönetmeliğinin standartlarına göre arıtıldıktan sonra, parça atıklarının da katı atıkların kontrolü yönetmeliğine göre bertarafını zorunlu hale getirmektedir.

### **2.6. Mermer Toz Atıklarının Değerlendirilmesi**

Mermer toz atıklarının değişik alanlarda kullanılabilmesini belirleyen en önemli faktörler; kimyasal özellikler, kimyasal içeriği, tane boyutu ve beyazlık derecesidir. Mermer tozlarının yüksek  $\text{CaCO}_3$  oranına sahip olması kullanım alanlarını genişletmekte endüstride yoğun ihtiyaç duyulan kalsitin yerine kullanılabilmesini mümkün kılmaktadır. Ancak kalsit amaçlı kullanılacak mermer tozunun tane boyutunun kullanım alanına göre 1-2 mikrondan 50-100 mikrona kadar küçük boyutlarda, beyazlık derecesi ve  $\text{CaCO}_3$  yüzdesinin oldukça yüksek olması gerekmektedir (Ayhan ve ark. 2009).

Mermer toz atıklarının kullanılabilmesi bazı alanlarda yıllık üretim veya ihtiyaç miktarları ve kolaylıkla kullanabilecekleri mermer toz atıklarının oranı (2007 yılı tahminleri) ile kullanılacak artık çeşitleri aşağıdaki Çizelge 2.7.’de gösterilmiştir

Çizelge 2.7. Çeşitli alanlarda mermer toz atıklarının kullanım oranları (Acar 2009)

SEKTÖR	Sektörel Üretim	Teknik Olarak Mermer ve Diğer Doğal Taş Katılabilme Oranı ve Şekli	Mevcut Durumda Kullanılan Oran	Mevcut Durumda Kullanılan Miktar (ton)	Katkı Oranı Teknik Olarak Mümkün Olana Çıkartılırsa Kullanılacak Miktar (ton)
İnşaat Dolgu Malzemesi	15 milyon m <sup>3</sup>	%50	%1	400 000	20 000 000
Hazır Beton ve Prekast Beton Üretimi	75 milyon m <sup>3</sup>	%10 öğütülmüş temiz artık ve %5 pres keki olmak üzere toplam %15 kullanılabilir.	%0.5	1 000 000	30 000 000
Zirai Kireç Olarak Kullanımı	5 milyon ton (İhtiyaç)	%100 (öğütülmüş temiz taş ya da pres keki olabilir. Kalsiyum karbonat oranı yüksek taşlar tercih edilir)	%5	250 000	5 000 000
<b>TOPLAM</b>				<b>1 650 000</b>	<b>55 000 000</b>

Toz atıkların değerlendirilme alanları farklılık göstermektedir. Bu atıkların doğrudan farklı endüstri dallarında kullanılabilme imkânı bulunmaktadır. Mermer toz atığının değerlendirilebildiği alanlar aşağıdaki şekilde sıralanmıştır.

#### **Mermer toz atıkları;**

- Zirai kireçtaşı-zirai toprak ve zemin ayarlayıcı
- Çimento üretimi
- Kireç üretimi
- Curuf yapıcı malzeme
- Asit nötürleştirme
- Kâğıt üretimi
- Boya sanayi
- Kimya sanayi

- Yem ve mineralli besinler
- Sıva malzemesi
- Kalsine dolomit üretimi
- Refrakter malzeme
- Cam üretimi
- Şeker rafinasyonu
- Metalurji sanayi
- Baca gazından kükürt giderimi

Bunların dışında mermer toz atıkları; kimya sanayinde, lastik, kauçuk, patlayıcı madde, şeker, temizlik maddesi, süs eşyası ve biblo yapımında belirli miktarlarda kullanılması söz konusudur.

### 2.7. Mermer Toz Atıkları Elek Analizi ve Beyazlık Testleri

Diyarbakır ilinde faaliyet gösteren farklı mermer işleme fabrikalarından alınan mermer tozlarının elek analizleri Çizelge 2.8.'de verilmiştir. Mermer işleme fabrikalarının şlam havuzlarından alınan temsili atık toz örnekleri ve daha sonra alınan bu örneklerin Homojen karışımından elde edilen ve genel karışımı temsil eden örneklerin her biri için kimyasal analiz ve beyazlık testleri D.Ü. Fen Edebiyat Fakültesi kimya bölümü laboratuvarları'nda yapılmıştır (GAP-GİDEM 2007). Sonuçlar Çizelge 2.9.'da gösterilmiştir.

**Çizelge 2.8.** Diyarbakır'da faaliyet gösteren bazı işletme fabrikalarından alınan toz örneklerinin elek analizi (GAP-GİDEM 2007)

<b>Tane Boyutu (mm)</b>	<b>Ağırlık (gr)</b>	<b>Ağırlık (%)</b>
+ 0.212	18	0.76
- 0.212 + 0,106	43	1.81
- 0.106 + 0.075	40	1.68
- 0.075 + 0.053	47	1.98
- 0.053 + 0.038	6	0.25
- 0.038	2221	93.52
<b>Toplam</b>	<b>2375</b>	<b>100</b>

Çizelge 2.9. Mermer toz örneklerinin kimyasal analiz ve beyazlık testi sonuçları (GAP-GİDEM 2007)

	% CaO	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% SiO <sub>2</sub>	% MgO	% CaCO <sub>3</sub>	% Beyazlık
<b>Beden</b>	54.880	0.0627	0.0789	0.905	0.446	98.00	90.26
<b>Toprak</b>	54.990	0.0478	0.0620	0.787	0.324	98.19	94.92
<b>Dimer</b>	54.200	0.1180	0.0928	1.720	0.640	96.78	92.56
<b>Arı</b>	54.843	0.0561	0.0610	0.710	0.739	97.92	89.73
<b>Asenka</b>	54.500	0.1332	0.1200	1.320	0.597	97.32	93.11
<b>Genel Karışım</b>	54.615	0.1065	0.1088	1.175	0.583	97.51	93.20

Yapılan kimyasal analiz ve beyazlık testi sonucunda Diyarbakır'daki mermer işleme fabrikalarında oluşan toz atıkların CaCO<sub>3</sub> yüzdesinin ortalama %97.51 civarında olduğu belirlenmiştir. Bu oran kalsit olarak kullanılmaya uygunluk arz etmektedir. Ancak söz konusu örneklerin beyazlık testi değerlerinin kalsit olarak kullanıma gerekli olan %95 sınır değerinin altındadır. Bu durumun iki nedeni vardır. Birincisi bölge taşının yapısındaki kil, damar ve dolgular, ikincisi ise mermer işleme fabrikalarında aynı tür taşın kesilmeyip farklı yapı renk ve kimyasal içeriğe sahip farklı bölgelerden gelen blokların kesiliyor olmasıdır (GAP-GİDEM 2007).





### 3. MATERYAL ve METOD

#### 3.1. Materyal

Bu çalışmada mermer işleme tesislerinde oluşan mermer toz atıklarının derz dolgu malzemesi yapımında kullanılan kalsit yerine kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla kalsit tozu yerine değişik oranlarda (%25, %50, %75, %100 ) mermer toz atıkları kullanılarak farklı derz dolgu malzemeleri elde edilmiştir. Daha sonra elde edilen derz dolgu malzemelerinin önemli bazı malzeme özelliklerini belirlemiş ve bu değerler derz dolgu malzemesinde aranan standart değerlerle karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

##### 3.1.1. Materyal Temini

Çalışmada Diyarbakır ili organize sanayi bölgesinde faaliyet gösteren DİMER mermer işleme fabrikasından yarı nemli halde 200 kg mermer toz atığı temin edilmiştir. (Şekil 3.1.). Beyaz çimento ve gerekli diğer kimyasallar, mermer toz atığının deneylerde kullanılabilmesi için gerekli laboratuvar koşullarını sağlayan Öz Dicle Alçı fabrikasından temin edilmiştir (Şekil 3.2.).



Şekil 3.1. Mermer toz atığı



Şekil 3.2. Beyaz Çimento

#### 3.2. Metod

Değişik oranlarda mermer toz atığı eklenerek elde edilen derz dolgu numunelerinin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacı ile planlanan deneyler için gerekli numuneler TS EN 12808 (2010)'a göre istenilen şekilde hazırlanmıştır. Hazırlanan deney numuneleri üzerinde; su emme, büzülme, yüzey sertlik, aşınma dayanımı direnci, eğilme dayanımı, basma dayanımı, donma çözülme çeviriminden sonra basınç dayanımı ve donma çözülme sonrası eğilme dayanımı değerlerinin belirlenmesi için deneyler yapılmıştır.

##### 3.2.1. Deney Numunelerinin Hazırlanması

Mermer işleme fabrikasından getirilen yarı nemli haldeki mermer toz atığının deneylerde kullanılabilir hale getirilmesi için etüvde bekletilerek standart olan % 18–20 nemlilik değerine getirilmiştir. Nem oranı istenilen düzeye getirilen mermer toz atığı, derz dolgu üretimi hammaddesi olan kalsitin tane boyutuna (160  $\mu$  ve altı) gelmesi için öğütülme ve eleme işlemine tabi tutulmuştur. Deneylerde kullanılmak için hazır hale gelen mermer toz atığı farklı oranlarda (%25, %50, %75, %100) kalsit tozu ile karıştırılarak deney için gerekli numuneler elde edilmiştir.

Mermer tozu ve kalsite ek olarak, uygun karışımı elde edebilmek için çap verici, kıvamlaştırıcı, topak önleyici ve su itici kimyasal maddelerde karışıma eklenmiştir. Farklı oranlardaki karışımlar, Çizelge 3.1., Çizelge 3.2., Çizelge 3.3., Çizelge 3.4. ve Çizelge 3.5.'te verilmiştir.

**Çizelge 3.1.** %100 mermer toz atığından oluşacak karışım için gerekli malzeme miktarları

<b>%100 Mermer Toz Atığı İçin</b>	<b>Miktar (g)</b>
Mermer Tozu	<b>570</b>
Kalsit Tozu	-
Beyaz Çimento	430
Çap Verici	8.6
Kıvamlaştırıcı	2.9
Su İtici	0.1
<b>Toplam</b>	<b>1000</b>

**Çizelge 3.2.** %75 mermer toz atığından oluşacak karışım için gerekli malzeme miktarları

<b>%75 Mermer Toz Atığı İçin</b>	<b>Miktar (g)</b>
Mermer Tozu	<b>427,5</b>
Kalsit Tozu	142.5
Beyaz Çimento	430
Çap Verici	8.6
Kıvamlaştırıcı	2.9
Su İtici	0.1
<b>Toplam</b>	<b>1000</b>

### 3. MATERYAL ve METOD

**Çizelge 3.3.** %50 mermer toz atığından oluşacak karışım için gerekli malzeme miktarları

<b>%50 Mermer Toz Atığı İçin</b>	<b>Miktar (g)</b>
Mermer Tozu	<b>285</b>
Kalsit Tozu	285
Beyaz Çimento	430
Çap Verici	8.6
Kıvamlaştırıcı	2.9
Su İtici	0.1
<b>Toplam</b>	<b>1000</b>

**Çizelge 3.4.** %25 mermer toz atığından oluşacak karışım için gerekli malzeme miktarları

<b>%25 Mermer Toz Atığı İçin</b>	<b>Miktar (g)</b>
Mermer Tozu	<b>142.5</b>
Kalsit Tozu	427.5
Beyaz Çimento	430
Çap Verici	8.6
Kıvamlaştırıcı	2.9
Su İtici	0.1
<b>Toplam</b>	<b>1000</b>

**Çizelge 3.5.** Kalsit tozu karışımı için gerekli malzeme miktarı

<b>%100 Kalsit Tozu İçin</b>	<b>Miktar (g)</b>
Mermer Tozu	-
Kalsit Tozu	570
Beyaz Çimento	230
Çap Verici	8.6
Kıvamlaştırıcı	2.9
Su İtici	0.1
<b>Toplam</b>	<b>1000</b>

Karışımın kıvamını alabilmesi için 1 kg'lık numuneler baz alınarak kalsit tozundan yapılan numuneye %40, farklı oranlardaki mermer tozu numunelerine ise %45 oranında su ilave edilmiştir. Su ilave edilen bu karışımlar laboratuvar tipi mikserle 2 dk boyunca karıştırılarak uygun kıvam elde edilmiştir (Şekil 3.3.).



Şekil 3.3. Karışımın mikserle gerekli kıvama getirilmesi

Karışımın dökülebilmesi için çelik prizma kalıplar yağlanarak (numunenin kalıptan kolaylıkla çıkarılabilmesi için kullanılmıştır) hazır hale getirilmiştir. Uygulanacak olan deneylerden yüzey aşınma ve büzülme deneylerinin her birisi için farklı kalıplar kullanılmıştır. Bunun yanında basınç ve eğilme dayanımı, su emme, aşınmaya dayanım ve donma-çözülme deneyleri için hazırlanacak numunelerde ise aynı kalıplar kullanılmıştır (Şekil 3.4. ve Şekil 3.5.).

TS EN 12808 (2010)'a göre derz dolgu test numunelerinin şartlandırma süreleri ve tolerans değerleri Çizelge 3.6.' da verilmiştir.

Hazırlanan kalıplar laboratuvar koşullarında 24 saat bekletildikten sonra kalıplardan çıkarılarak gerekli sürelerde (24 saat, 7 gün, 14 gün, 21 gün, 28 gün) bekletilmek üzere kuru depolama ünitesine (23 °C) yerleştirilmiştir.

### 3. MATERYAL ve METOD

**Çizelge 3.6.** Numuneler için şartlandırma süresi tolerans değerleri

<b>Şartlandırma Süresi</b>	<b>Tolerans (Saat)</b>
24 Saat İçin	$\pm 0.5$
7 Gün İçin	$\pm 3$
14 Gün İçin	$\pm 6$
21 Gün İçin	$\pm 9$
28 Gün İçin	$\pm 12$



**Şekil 3.4.** Numune hazırlamak için kullanılan farklı kalıplar



**Şekil 3.5.** Aşınmaya dayanım deneyi için numune hazırlama

### 3.2.2. Numunelere Uygulanan Deneyler

#### 3.2.2.1. Su Emme Deneyi

Su emme deneyi belirlenen sürelerde (30 dk, 240 dk) su içinde bekletilen numunenin ne kadar su emdiğini saptamak amacıyla yapılır. Bu deneyde kullanılan araç ve gereçler; ölçüm (kompas) aleti (0.1 mm. Hassasiyetle), terazi (0.1 gr hassasiyetle), cetvel, kür tankı ve kuru depolama ünitesi (23°C) dir.

Hazırlanan 3 adet deney örneği kalıptan çıkarıldıktan sonra sıcaklığı 23°C olan kuru depolama ünitesinde deneyin yapılacağı süre baz alınarak (24 saat, 7 gün, 14 gün, 21 gün, 28 gün) bekletilmiştir. Bu üniteden çıkarılan numunelerin hassas terazide ağırlık ölçümü yapılarak kaydedilmiştir. Ağırlık ölçümünden sonra numunelerin parlak yüzeyine paralel bir şekilde bir cetvel yardımıyla 5 mm ve 10 mm'lik işaretlemeler yapılmıştır (Şekil 3.6.). Sonra parlak yüzeyi alta gelecek şekilde 5 mm'lik kısma kadar su içine gelecek şekilde kür tankına yerleştirilmiş, burada 30 dk bekledikten sonra çıkarılıp ıslak yüzeyi nemli bir bezle silinerek tekrar hassas terazide ölçümü yapılmıştır. Değerin kaydedilmesiyle birlikte numune tekrar suya daldırılmış ve 240 dk daha su içinde tutulmuştur. Süre dolunca çıkarılan numunenin ıslak yüzeyi nemli bir bezle silinerek tekrar hassas terazide ölçümü yapılmış ve bu ağırlıkta kaydedilmiştir.

Bu deneyle ilgili veriler aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır.

$$W_{mt} = m_t - m_d$$

$W_{mt}$  : Emilen su miktarı (gr)

$m_t$  : Kuru ağırlık (gr)

$m_d$  : Suda bekletildikten sonraki ağırlık (gr)





Şekil 3.6. Su içine yerleştirmek için hazırlanan numune

#### 3.2.2.2. Aşınmaya Dayanım Direnci Deneyi

Bu deneyde amaç numunenin aşınma işlemine tabi tutulmasıyla birlikte ortaya çıkacak direncin belirlenmesidir. Bu deneyde kullanılan araç ve gereçler; ölçüm (kompas) aleti (0.1 mm. hassasiyetle), aşındırma tozu (tane boyutu 80) , yüzey aşındırma cihazı ve kuru depolama ünitesi (23°C) dir.

Aşınma dayanımının tespiti için hazırlanan kare şeklindeki numune, yüzey aşınma cihazının içine sabitlendi (Şekil 3.7.). Cihazın üzerinde bulunan huni şeklindeki bir hazneye aşındırma tozu dolduruldu ve alt bölmedeki kapağı açılıp eş zamanlı olarak cihaz çalıştırıldı. Cihazın çalışmasıyla silindir, üst bölgesinden akan aşındırma tozu ile birlikte numune yüzeyini aşındırmaya başlamıştır. Silindirin toplamda 75 dönüş almasıyla birlikte işlem tamamlanmış oldu. Üç adet numuneye aynı işlem tekrar edildi. Sabitlendiği yerden çıkarılan numunenin üzerinde oluşmuş çukurun uzunluğu kompasla ölçüldükten sonra kaydedilmiştir. Ölçülen bu uzunluk değerinin TS EN 10808-2’de verilen ‘Değer Eşitliği’ cetvelinde karşılığı bulunarak aşınmaya dayanım değeri hesaplanmıştır (Çizelge 3.7.).



Şekil 3.7. Aşınma dayanım direnci tespit cihazı

### 3. MATERYAL ve METOD

Çizelge 3.7. Değer eşitliği (TS EN 10808–2)

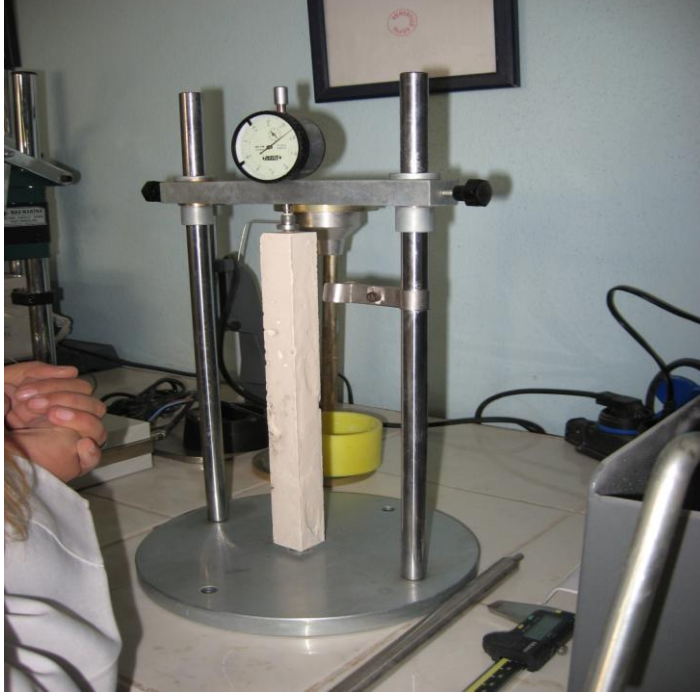
<i>L</i>	<i>V</i>	<i>L</i>	<i>V</i>	<i>L</i>	<i>V</i>	<i>L</i>	<i>V</i>	<i>L</i>	<i>V</i>
(mm)	(mm <sup>3</sup> )	(mm)	(mm <sup>3</sup> )	(mm)	(mm <sup>3</sup> )	(mm)	(mm <sup>3</sup> )	(mm)	(mm <sup>3</sup> )
20.0	67	30.0	227	40.0	540	50.0	1 062	60.0	1 851
20.5	72	30.5	238	40.5	561	50.5	1 094	60.5	1 899
21.0	77	31.0	250	41.0	582	51.0	1 128	61.0	1 947
21.5	83	31.5	262	41.5	603	51.5	1 162	61.5	1 996
22.0	89	32.0	275	42.0	626	52.0	1 196	62.0	2 046
22.5	95	32.5	288	42.5	649	52.5	1 232	62.5	2 097
23.0	102	33.0	302	43.0	672	53.0	1 268	63.0	2 149
23.5	109	33.5	316	43.5	696	53.5	1 305	63.5	2 202
24.0	116	34.0	330	44.0	720	54.0	1 342	64.0	2 256
24.5	123	34.5	345	44.5	746	54.5	1 380	64.5	2 310
25.0	131	35.0	361	45.0	771	55.0	1 419	65.0	2 365
25.5	139	35.5	376	45.5	798	55.5	1 459	65.5	2 422
26.0	147	36.0	393	46.0	824	56.0	1 499	66.0	2 479
26.5	156	36.5	409	46.5	852	56.5	1 541	66.5	2 537
27.0	165	37.0	427	47.0	880	57.0	1 583	67.0	2 596
27.5	174	37.5	444	47.5	909	57.5	1 625	67.5	2 656
28.0	184	38.0	462	48.0	938	58.0	1 669	68.0	2 717
28.5	194	38.5	481	48.5	968	58.5	1 713	68.5	2 779
29.0	205	39.0	500	49.0	999	59.0	1 758	69.0	2 842
29.5	215	39.5	520	49.5	1 030	59.5	1 804	69.5	2 906

#### 3.2.2.3. Büzülme Deneyi

Bu deneyin amacı hazırlanan numunenin kuru depolama sonrasında büzülme miktarının tespit edilmesidir. Bu deneyde kullanılan araç ve gereçler; ölçüm (kompas) aleti (0.1 mm. Hassasiyetle), kuru depolama ünitesi (23°C) ve büzülme ölçüm aletidir.

Numuneler kuru depolama cihazından çıkarılarak kompasla vida boyları ölçülmüştür. Vida boyları kaydedildikten sonra büzülme ölçüm cihazının kalibrasyonu

gerçekleştirildi. Yapılan kalibrasyon sonrasında numune cihaza yerleştirildi ve göstergedeki değer okunarak kaydedildi (Şekil 3.8.). Vida boylarının toplamı cihazda okunan değerden çıkarılarak büzülme miktarı tespit edilmiştir.



Şekil 3.8. Büzülme ölçüm deneyi

#### 3.2.2.4. Yüzey Sertlik Deneyi

Bu deneyin amacı uygulanacak noktasal bir yüke karşı, numunenin dayanımının tespit edilmesidir. Bu deney gerçekleştirilirken yüzey sertlik cihazı kullanılır.

Numune cihazın sabitleyici kısmına yerleştirilmiş, cihaz açılarak kol kuvvetiyle numune üzerine basınç uygulanmıştır. Basınç uygulama işlemi cihazın ekranındaki değer sabitlenene kadar devam eder. Sabitlenen değer ekrandan okunarak kaydedildi (Şekil 3.9.). Bu değer numunenin basınca gösterdiği dirençtir.

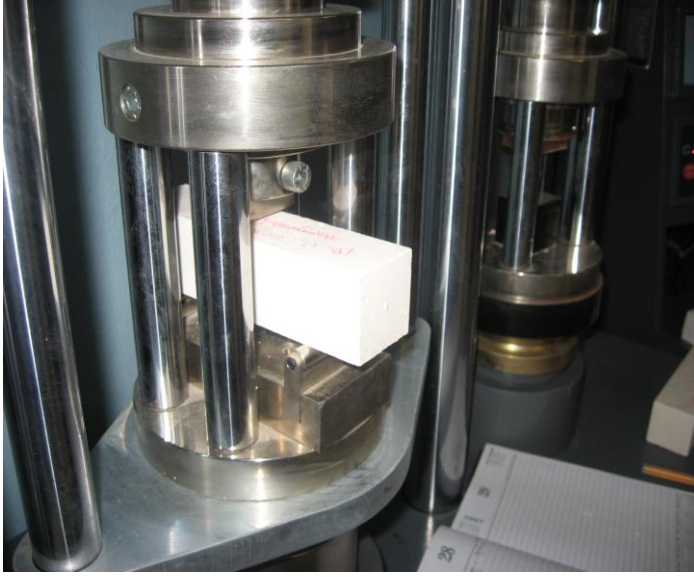


Şekil 3.9. Yüzey sertlik ölçümü yapılan numune

#### 3.2.2.5. Eğilme Dayanımı Deneyi

Bu deney yapılırken kullanılacak araç, eğilme dayanımı ölçüm cihazıdır. Bilgisayarlı bir sisteme sahip olan cihaz otomatik ve manüel tercihli çalışabilmektedir.

Hazırlanan numuneler cihazdaki bölmeye yerleştirildi (Şekil 3.10.). Bilgisayardan komut verilerek cihaz çalıştırıldı (Şekil 3.11.). Birkaç saniye süren işlem sonrasında sonuç bilgisayar ekranına geldi. Elde edilen sonuç numunenin eğilmeye dayanımını gösterir. Bu işlem üç numuneye uygulandı.



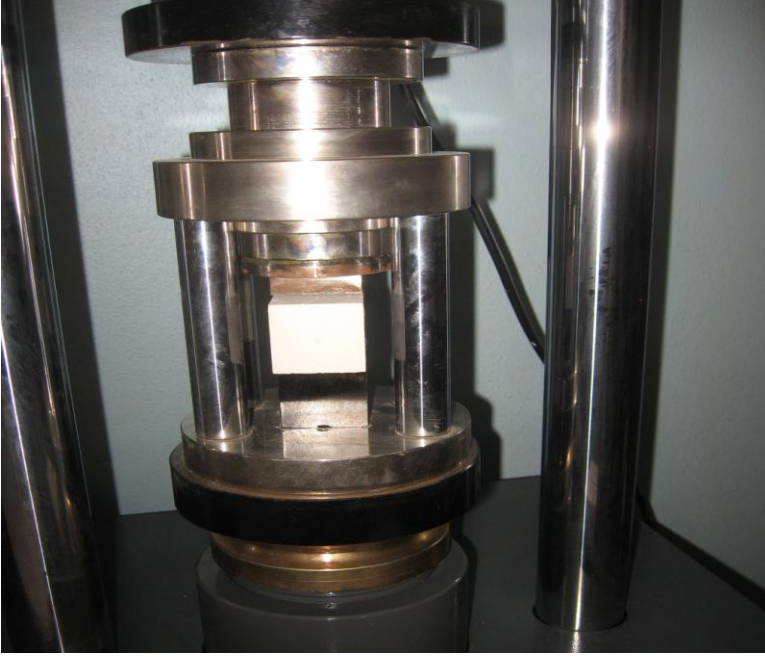
Şekil 3.10. Eğilme dayanımı ölçümü



Şekil 3.11. Eğilme dayanımı ölçümü

### 3.2.2.6. Basınç Dayanımı Deneyi

Bu deney yapılırken kullanılan araç basınç dayanımı ölçüm cihazıdır. Bilgisayarlı bir sisteme sahip olan bu cihaz otomatik ve manüel tercihi çalışabilmektedir. Hazırlanan numuneler cihazdaki bölmeye yerleştirildi (Şekil 3.12.). Bilgisayardan komut verilerek cihaz çalıştırıldı. Birkaç saniye süren işlem sonrasında sonuç bilgisayar ekranına geldi. Elde edilen sonuç numunenin basınç dayanımını göstermiştir. Bu işlem üç numuneye uygulandı.



Şekil 3.12. Basınç dayanımı ölçüm cihazı

#### 3.2.2.7. Donma-Çözülme Çevirimi Deneyi

TS EN 10808 (2010)'a uygun olarak numuneler üzerinde donma-çözülme deneyi yapılmıştır. Bu deney için sulu çalışan otomatik donma-çözülme cihazı kullanılmıştır. Değişik oranlarda mermer tozuyla hazırlanmış her bir grup için 3 adet numune 21 gün süreyle suda bekletilerek numuneler doymun hale getirilmiş ve donma-çözülme deneyi için cihaza yerleştirilmiştir. Cihazın haznesi su ile doldurulmuştur. Cihazın ekranından yapılacak çevirim sayısı ve max / min sıcaklık değerleri standart seviyelere getirilmiştir.

TS EN 10808 (2010)'a uygun olarak,  $-15 \pm 3$  °C' de dondurularak, oda sıcaklığındaki  $20 \pm 3$  °C' de suda çözdürülmüştür. Her döngü toplam 6 saat sürmüş, 1 günde 4 döngü tamamlanmıştır. Ve sonuç olarak donma-çözülme deneyi için bir döngüsü 6 saat süren toplam 25 döngü gerçekleştirilmiştir.

Donma-çözülme çevirimleri tamamlandıktan sonra numuneler üzerinde TS EN 10808-3'ye uygun olarak tekrar basınç dayanımı ve eğilme dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir.

#### 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Farklı oranlarda (%25, %50, %75, %100) mermer atık tozu ve sadece kalsit tozundan hazırlanan deney numunelerine; su emme (30 dk ve 240 dk), yüzey aşındırma, büzülme, yüzey sertlik, eğilme dayanımı, basınç dayanımı, donma-çözülme sonrası eğilme dayanımı ve donma-çözülme sonrası basınç dayanımı deneyleri uygulanarak sonuçlar elde edilmiştir. Bu bölümde farklı oranlarda kullanılan mermer tozu ve kalsit tozundan elde edilen numunelere TS EN 12808 (2010)'a göre şekillenen periyotlarda (24 saat, 7 gün, 14 gün, 21 gün, 28 gün) deneyler uygulanarak sonuçlar elde edilmiştir.

TS EN 12808 (2010)'a göre Derz dolgu numunelerine yapılacak deneylerde istenilen değer aralıkları standartları Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** TSE Standartları 'Derz Dolgu' standart deney değerleri

<b>Deneyler</b>	<b>Standart Değerler</b>	<b>TSE Standartları</b>
Su Emme (30 dk)	$\leq 5$ gr	EN 12808-5
Su Emme (240 dk)	$\leq 10$ gr	EN 12808-5
Aşınmaya Dayanım	$\leq 2000$ mm <sup>3</sup>	EN 12808-2
Büzülme	$\leq 3$ mm/m	EN 12808-4
Yüzey Sertlik	$\geq 40$	EN 12808
Eğilme Dayanımı	$\geq 2.5$ N/mm <sup>2</sup>	EN 12808-3
Basınç Dayanımı	$\geq 15$ N/mm <sup>2</sup>	EN 12808-3
Donma-Çözülme Son. Eğilme Dayanımı	$\geq 2.5$ N/mm <sup>2</sup>	EN 12808-3
Donma-Çözülme Son. Basınç Dayanımı	$\geq 15$ N/mm <sup>2</sup>	EN 12808-3



#### 4.1.1. Su Emme Deneyi Sonuçları

Derz dolgu için su emme deneyleri TS EN 12808 (2010)'a göre, bölüm 5'te istenilen standartlara göre yapılmıştır. Numuneler belirlendiği üzere istenilen periyodlar süresince kuru depolama ünitesinde (23°C) tutulmuş ve deney işlemine hazır hale getirilmiştir. Deney süresince 30 dk ve 240 dk boyunca su içine yerleştirilerek sonuçlar belirlenmiştir. Çizelge 4.2. ve Çizelge 4.3.'de farklı oranlarda ki mermer tozu ve sadece kalsit tozundan yapılmış örneklerin sonuçları gösterilmiştir.

**Çizelge 4.2.** Su emme deneyi verileri (gr), (30 dk)

	24 Saat	7 gün	14 gün	21 gün	28 gün
<b>%100 Mermer Atık Tozu</b>	11.27	8.32	3.51	1.25	<b>1.02</b>
%75 Mermer Atık Tozu	12.87	10.04	4.98	2.53	<b>1.86</b>
%50 Mermer Atık Tozu	13.76	12.08	6.29	4.26	<b>3.14</b>
%25 Mermer Atık Tozu	14.90	13.95	8.59	6.56	<b>4.31</b>
<b>%100 Kalsit Tozu</b>	16.01	15.03	8.92	7.01	<b>4.99</b>

**Çizelge 4.3.** Su emme deneyi verileri (gr), (240 dk)

	24 Saat	7 gün	14 gün	21 gün	28 gün
<b>%100 Mermer Atık Tozu</b>	17.19	13.92	7.91	3.88	<b>2.37</b>
%75 Mermer Atık Tozu	17.68	14.06	8.52	4.71	<b>3.44</b>
%50 Mermer Atık Tozu	18.18	15.65	9.78	6.02	<b>4.81</b>
%25 Mermer Atık Tozu	18.47	16.34	11.05	8.49	<b>6.25</b>
<b>%100 Kalsit Tozu</b>	19.17	17.61	12.23	9.42	<b>7.36</b>

#### 4.1.2. Aşınmaya Dayanım Deneyi Sonuçları

Derz dolgu için aşınmaya dayanım deneyleri TS EN 12808 (2010)'a göre yapılmıştır. Bölüm 2'de istenilen standartlara uygun olarak yapılan aşınmaya dayanım deneyinin verileri Çizelge 4.4. verildiği gibidir.

Çizelge 4.4. Aşınma dayanımı deneyi verileri (mm<sup>3</sup>)

	24 Saat	7 gün	14 gün	21 gün	28 gün
<b>%100 Mermer Atık Tozu</b>	490	355	337.5	309	<b>232.5</b>
%75 Mermer Atık Tozu	471.5	368.5	309	295	<b>268.5</b>
%50 Mermer Atık Tozu	471.5	401	309	309	<b>295</b>
%25 Mermer Atık Tozu	471.5	401	401	309	<b>309</b>
<b>%100 Kalsit Tozu</b>	510	433.5	433.5	401	<b>401</b>

#### 4.1.3. Büzülme Deneyi Sonuçları

TS EN 12808 (2010)'a uygun olarak yapılan boy uzama deneylerinde bölüm 4'de istenilen standartlar esas alınmıştır. Büzülme deneyinin verileri Çizelge 4.5.'de verildiği şekildedir.

Çizelge 4.5. Büzülme deneyi verileri (mm/m)

	24 Saat	7 gün	14 gün	21 gün	28 gün
<b>%100 Mermer Atık Tozu</b>	0.82	1.23	1.31	1.44	<b>1.51</b>
%75 Mermer Atık Tozu	0.91	1.35	1.43	1.52	<b>1.62</b>
%50 Mermer Atık Tozu	1.06	1.47	1.56	1.67	<b>1.73</b>
%25 Mermer Atık Tozu	1.17	1.55	1.69	1.79	<b>1.91</b>
<b>%100 Kalsit Tozu</b>	1.29	1.69	1.81	1.93	<b>2.02</b>

#### 4.1.4. Yüzey Sertlik Deneyi Sonuçları

Derz dolgu numunelerinin yüzey sertliğini ölçmeyi amaçlayan bu deney TS EN 12808 (2010)'a uygun olarak yapılmıştır. Bu deney istenilen periyotlarda (24 saat, 7 gün, 14 gün, 21 gün, 28 gün) kuru depolama (23°C) yapılan numunelere uygulanmıştır. Bu deneyin verileri Çizelge 4.6.'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Yüzey sertlik deneyi verileri

	24 Saat	7 gün	14 gün	21 gün	28 gün
<b>%100 Mermer Atık Tozu</b>	36.71	39.13	41.56	43.55	<b>44.13</b>
%75 Mermer Atık Tozu	36.85	39.21	41.71	43.67	<b>44.27</b>
%50 Mermer Atık Tozu	36.91	39.34	41.93	43.88	<b>44.36</b>
%25 Mermer Atık Tozu	37.08	39.47	42.21	44.01	<b>44.44</b>
<b>%100 Kalsit Tozu</b>	37.19	39.59	42.40	44.11	<b>44.53</b>

#### 4.1.5. Eğilme Dayanımı Deneyi Sonuçları

Bu deneyde derz dolgu numunelerinin eğilme dayanımı deneyleri TS EN 12808 (2010)'a uygun bir şekilde, bölüm 3' ün standartları esas olarak yapılmıştır. Eğilme dayanımı deneylerinin verileri Çizelge 4.7.'de verildiği gibidir.

Çizelge 4.7. Eğilme dayanımı deneyi verileri (MPa)

	24 Saat	7 gün	14 gün	21 gün	28 gün
<b>%100 Mermer Atık Tozu</b>	2.32	3.41	4.05	4.33	<b>4.43</b>
%75 Mermer Atık Tozu	2.41	3.53	4.11	4.45	<b>4.47</b>
%50 Mermer Atık Tozu	2.53	3.62	4.14	4.57	<b>4.50</b>
%25 Mermer Atık Tozu	2.65	3.74	4.17	4.63	<b>4.54</b>
<b>%100 Kalsit Tozu</b>	2.77	3.82	4.19	4.74	<b>4.57</b>

#### 4.1.6. Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları

TS EN 12808 (2010)'a uygun olarak yapılan basınç dayanımı deneylerinde bölüm 3'de istenilen standartlar esas alınmıştır. Basınç dayanımı deneyinin verileri Çizelge 4.8.'de verildiği şekildedir.

Çizelge 4.8. Basınç dayanımı deneyi verileri (MPa)

	24 Saat	7 gün	14 gün	21 gün	28 gün
<b>%100 Mermer Atık Tozu</b>	9.96	19.09	16.06	17.10	<b>18.73</b>
%75 Mermer Atık Tozu	10.33	13.41	16.73	17.63	<b>19.26</b>
%50 Mermer Atık Tozu	10.68	19.69	17.29	18.24	<b>19.72</b>
%25 Mermer Atık Tozu	11.22	13.83	17.88	18.79	<b>20.29</b>
<b>%100 Kalsit Tozu</b>	11.83	13.97	18.41	19.83	<b>21.53</b>

#### 4.1.7. Donma-Çözülme Çevirimi Deneyi Sonuçları

Bu deneyde TS EN 12808 (2010)'a uygun olarak numuneler donma-çözülme cihazına yerleştirilmiştir. Bu işlem tamamlandıktan sonra numuneler eğilme ve basma dayanımı deneylerine tabi tutulmuşlardır. Bu deneyin verileri Çizelge 4.9.'da verildiği gibidir.

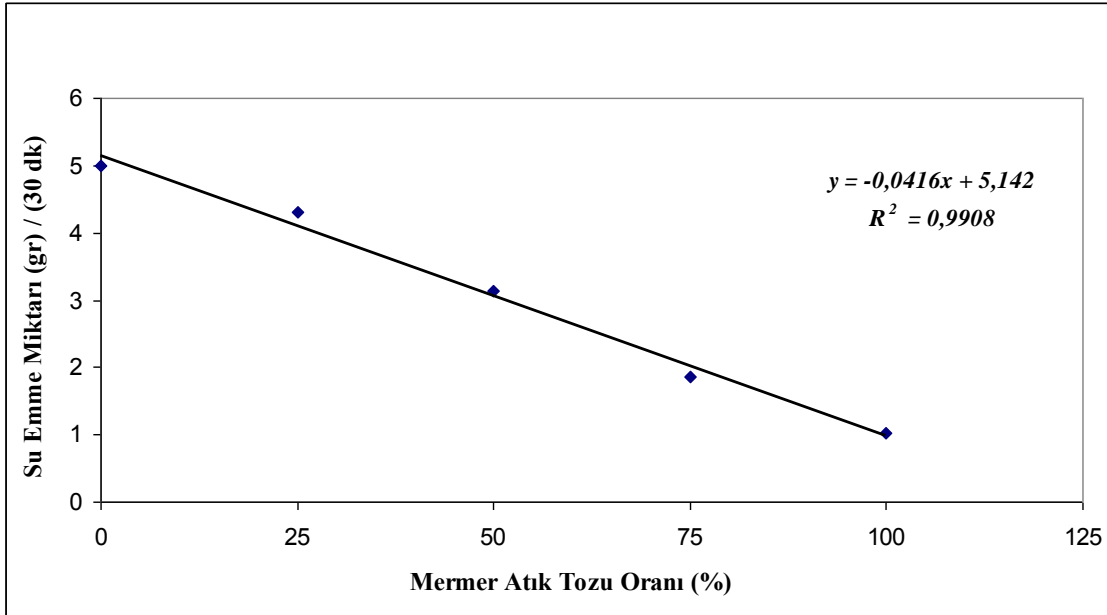
Çizelge 4.9. Donma-çözülme çevirimi deneyi verileri

	Donma-Çözülme Çevirimi Sonrası Eğilme Dayanımı (MPa)	Donma-Çözülme Çevirimi Sonrası Basınç Dayanımı (MPa)
<b>%100 Mermer Atık Tozu</b>	3.51	14.05
%75 Mermer Atık Tozu	3.66	14.33
%50 Mermer Atık Tozu	3.72	14.72
%25 Mermer Atık Tozu	3.79	16.27
<b>%100 Kalsit Tozu</b>	4.34	18.49

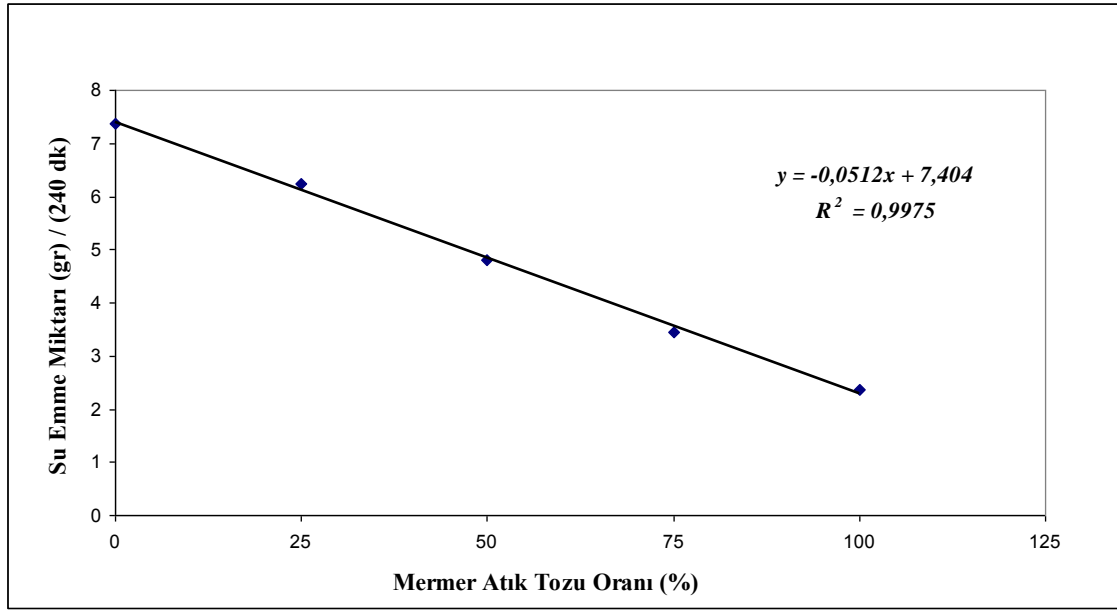
## 4.2. Deneysel Sonuçlarının Değerlendirilmesi

### 4.2.1. Su Emme Deneyi

Su emme oranı derz dolgu için oldukça önemli bir özelliktir. Derz dolgu malzemesinin su emme miktarının 30 dakikada 5 gramı, 240 dakikada ise 10 gramı geçmemesi istenir (TS EN 12808-5, 2010). Şekil 4.1. ve Şekil 4.2.'de sırasıyla 30 dakika ve 240 dakikada derz dolgu malzemesindeki mermer toz atık oranı ile su emme miktarı arasındaki ilişkiler grafik olarak verilmiştir. Elde edilen ilişkiler oldukça yüksek korelasyonludur ( $R^2 = 0,9908$ ,  $R^2 = 0,9975$ ). Bu grafikler incelendiğinde derz dolgu malzemesinin gerek 30 dakikadaki gerekse 240 dakikadaki su emme miktarının kritik değerleri aşmadığı, aynı zamanda mermer atık toz oranının artmasıyla su miktarının azaldığı görülmektedir. Bundan dolayı derz dolgu malzemesinde kalsit yerine mermer tozu kullanıldığında su emme özelliği bakımından daha iyi bir derz dolgu malzemesi elde edilebileceği söylenebilir.



Şekil 4.1. Derz dolgu malzemesindeki mermer toz atık oranı ile su emme miktarı arasındaki ilişki (Su emme deneyi (30 dk.))

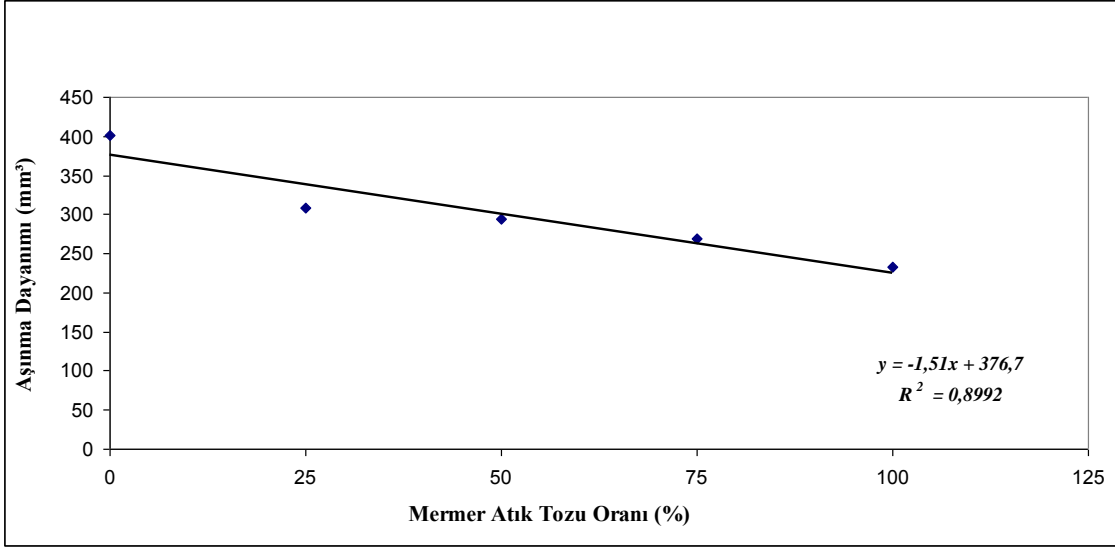


**Şekil 4.2.** Derz dolgu malzemesindeki mermer toz atık oranı ile su emme miktarı arasındaki ilişki (Su emme deneyi (240 dk.))

#### 4.2.2. Aşınma Dayanım Direnci Deneyi

Şekil 4.3.'te karışımda kullanılan mermer toz atık oranı ile elde edilen derz dolgu malzemesinin aşınma dayanımı arasındaki ilişki verilmiştir. Karışımdaki mermer toz oranı ile aşınma dayanımı arasındaki korelasyonu yüksek ( $R^2 = 0,8992$ ) lineer bir ilişki olduğu görülmektedir. Karışımdaki mermer atık tozu oranı arttıkça aşınma miktarı azalmakta ve bu nedenle aşınma dayanımı artmaktadır. En yüksek aşınma miktarı %100 kalsit tozu kullanılan derz dolgu malzemesinde elde edilirken, en düşük aşınma miktarı ise %100 mermer tozu kullanılan derz dolgu malzemesinde elde edilmiştir.

Deneyleerde kullanılan hiçbir karışımda TS EN 120808-2 (2010)'da ön görülen aşınma dayanımı değeri ( $\leq 2000 \text{ mm}^3$ ) aşılmamıştır. Bu durum göz önünde bulundurularak derz dolgu malzemesinde kalsit yerine mermer tozu kullanılması sonucunda aşınma dayanımı bakımından daha dayanıklı bir derz dolgu malzemesinin elde edilebileceği ileri sürülebilir.

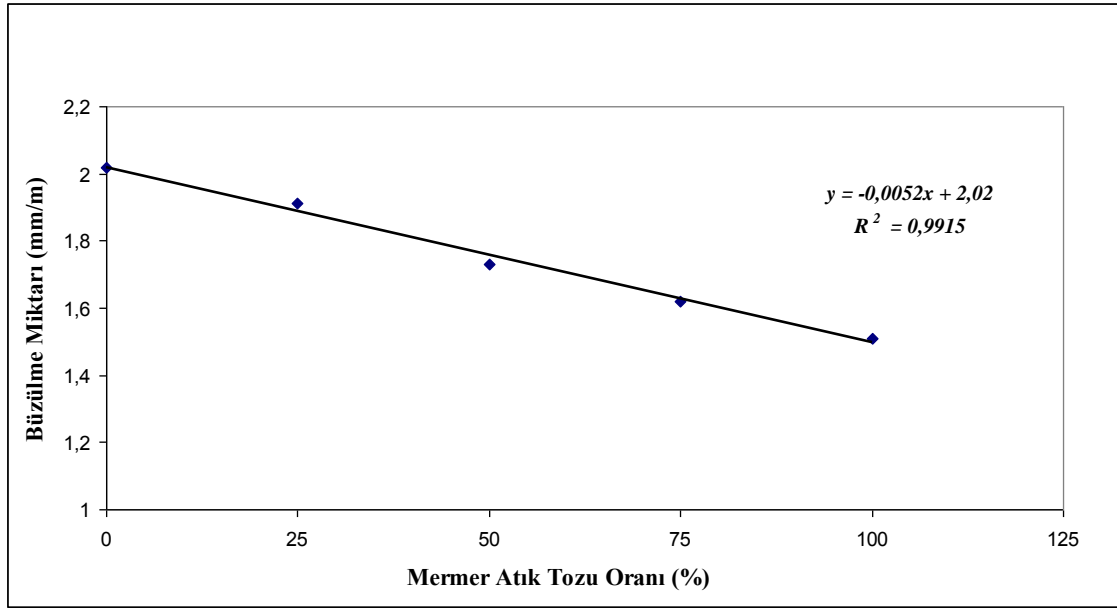


Şekil 4.3. Derz dolgu malzemesindeki mermer toz atık oranı ile aşınma dayanımı arasındaki ilişki

#### 4.2.3. Büzülme Deneyi

Şekil 4.4.'te derz dolgu malzemesindeki mermer toz atık oranı ile büzülme arasındaki ilişki verilmiştir. Şekil incelendiğinde karışımdaki mermer toz oranı arttıkça 1 metredeki büzülme oranının azaldığı, oldukça yüksek korelasyonlu ( $R^2 = 0,9915$ ) lineer bir ilişki olduğu görülmektedir.

Derz dolgu malzemesinde birim metredeki büzülme oranının  $\leq 3$  mm/m olması istenmektedir (TS EN 12808-4 (2010)). Burada en yüksek büzülme (2,02) %100 kalsit olan karışımda elde edilirken. En düşük büzülme (1,51) ise % 100 mermer tozu olan karışımda elde edilmiştir. Büzülme özelliği bakımından kalsit tozu yerine mermer tozunun kullanılmasının daha iyi olacağı söylenebilir.



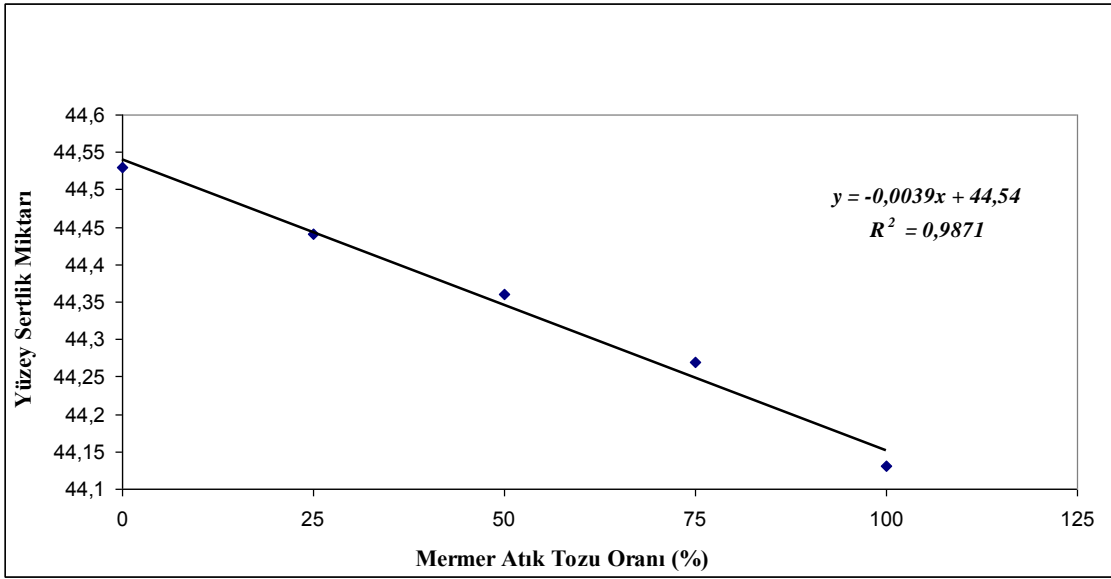
Şekil 4.4. Derz dolgu malzemesindeki mermer toz atık oranı ile büzülme dayanımı arasındaki ilişki

#### 4.2.4. Yüzey Sertlik Deneyi

TS EN 12808 (2010)' de belirtildiği gibi derz dolgu malzemesinin yüzey sertliğinin  $\geq 40$  ve daha fazla olması istenmektedir. Şekil 4.5.'te karışımda kullanılan mermer toz oranı ile elde edilen derz dolgu malzemesinin yüzey sertliği arasındaki ilişki verilmiştir. Karışımdaki mermer toz oranı ile yüzey sertliği arasında oldukça yüksek korelasyonlu ( $R^2 = 0,9871$ ) lineer bir ilişki olduğu görülmektedir.

Karışımdaki kalsit yerine kullanılan mermer toz oranı arttıkça elde edilen derz dolgunun yüzey sertliği azalmaktadır. Ancak % 100 mermer tozu atığı kullanıldığı durumda bile TS EN 12808 (2010)'da öngörülen en düşük sertlik değerinden ( $\geq 40$ ) daha yüksek bir sertlik değeri (44,13) elde edilmektedir. Bu nedenle mermer tozu atığı kullanımı her ne kadar elde edilen derz dolgu malzemesinin yüzey sertliğini olumsuz olarak etkilese de öngörülen standart değer üzerinde bir yüzey sertlik değeri elde edildiği için de dolgu malzemesinde kalsit yerine kullanılabileceği düşünülmektedir.



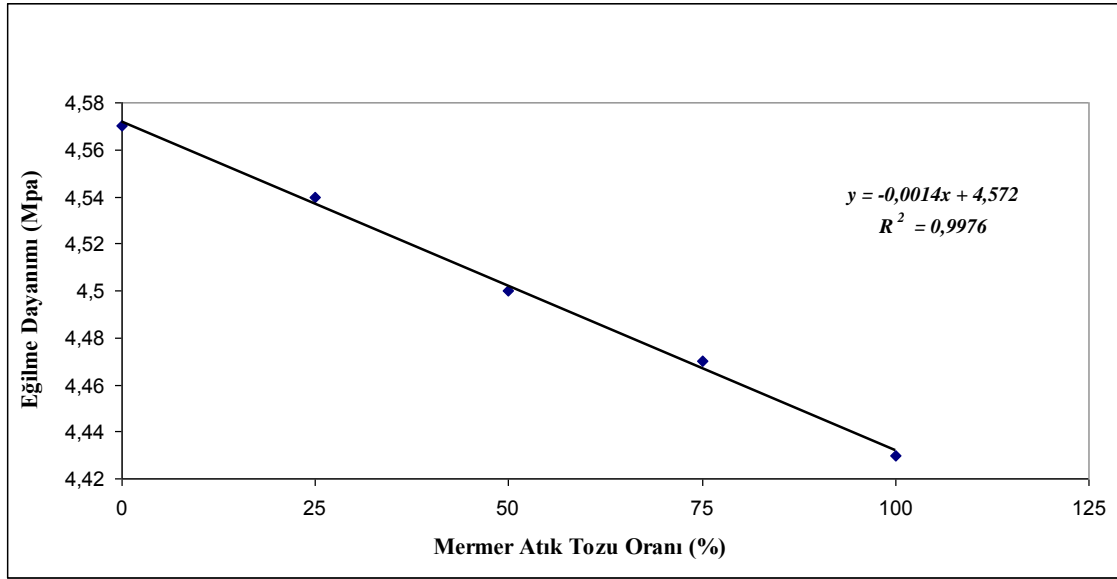


Şekil 4.5. Derz dolgu malzemesindeki mermer toz atık oranı ile yüzey sertliği arasındaki ilişki

#### 4.2.5. Eğilme Dayanımı Deneyi

Derz dolgu malzemesinin TS EN 12808-3 (2010)'da belirtildiği gibi eğilme dayanımının  $\geq 2,5$  MPa ve daha fazla olması istenmektedir. Şekil 4.6.' da karışımda kullanılan mermer toz oranı ile elde edilen derz dolgu malzemesinin eğilme dayanımı arasındaki ilişki verilmiştir. Karışımdaki mermer toz oranı ile eğilme dayanımı arasında yüksek korelasyonlu ( $R^2 = 0,9971$ ) lineer bir ilişki söz konusudur.

Karışım oranlarındaki kalsit yerine kullanılan mermer toz oranı arttıkça elde edilen derz dolgunun eğilme dayanımı azalmaktadır. Bu duruma rağmen % 100 mermer tozu atığı kullanılması durumunda bile TS EN 12808-3 (2010)'da öngörülen en düşük eğilme dayanımından ( $\geq 2,5$  MPa) daha yüksek bir eğilme dayanımı (4,43 MPa) elde edilmektedir. Bu nedenle mermer tozu atığı kullanımı, her ne kadar elde edilen derz dolgu malzemesinin eğilme dayanımını olumsuz olarak etkilese dahi istenilen standart değer üzerinde bir eğilme dayanımı değeri elde edildiği için de dolgu malzemesinde kalsit yerine kullanılabilceği düşünülmektedir.

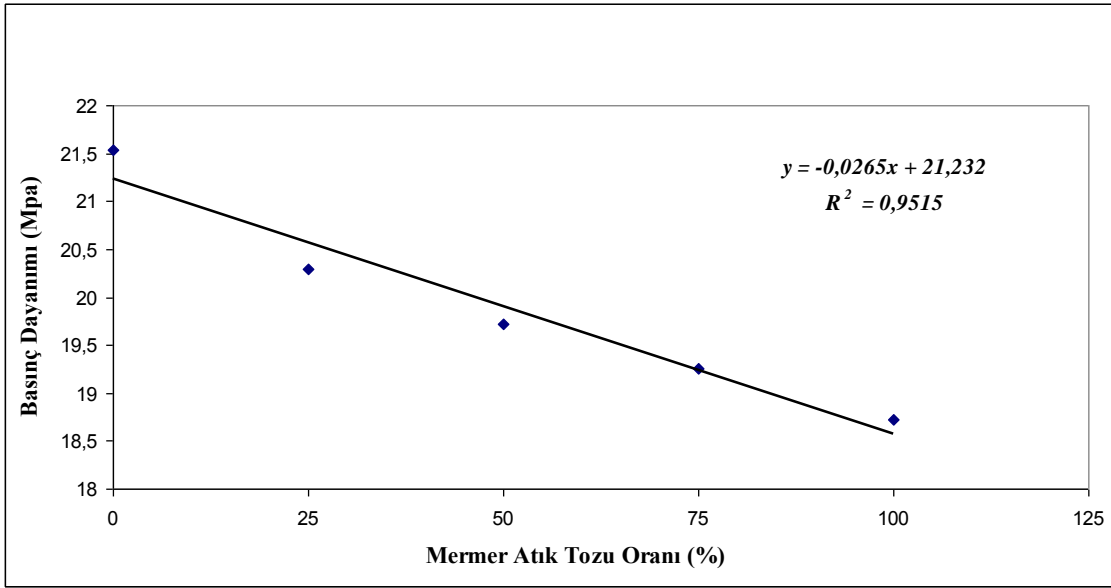


Şekil 4.6. Derz dolgu malzemesindeki mermer toz atık oranı ile eğilme dayanımı arasındaki ilişki

#### 4.2.6. Basınç Dayanımı Deneyi

TS EN 12808-3 (2010)'da belirtildiği gibi Derz dolgu malzemesinin basınç dayanımının  $\geq 15$  MPa ve daha fazla olması istenmektedir. Şekil 4.7.'de karışımda kullanılan mermer toz oranı ile elde edilen derz dolgu malzemesinin basınç dayanımı arasındaki ilişki verilmiştir. Karışımdaki mermer toz oranı ile basınç dayanımı arasında oldukça yüksek korelasyonlu ( $R^2 = 0,9515$ ) lineer bir ilişki söz konusudur.

Karışım oranlarındaki kalsit yerine kullanılan mermer toz oranı arttıkça elde edilen derz dolgunun basınç dayanımı azalmaktadır. Bu duruma rağmen % 100 mermer tozu atığı kullanılması durumunda bile TS EN 12808-3 (2010)'da öngörülen en düşük basınç dayanımından ( $\geq 15$  MPa) daha yüksek bir basınç dayanımı (18,73 MPa) elde edilmektedir. Bu nedenle mermer tozu atığı kullanımı, elde edilen derz dolgu malzemesinin eğilme dayanımını olumsuz olarak etkilese dahi istenilen standart değer üzerinde bir basınç dayanımı değeri elde edildiği için de derz dolgu malzemesinde kalsitin yerine kullanılabileceği düşünülmektedir.

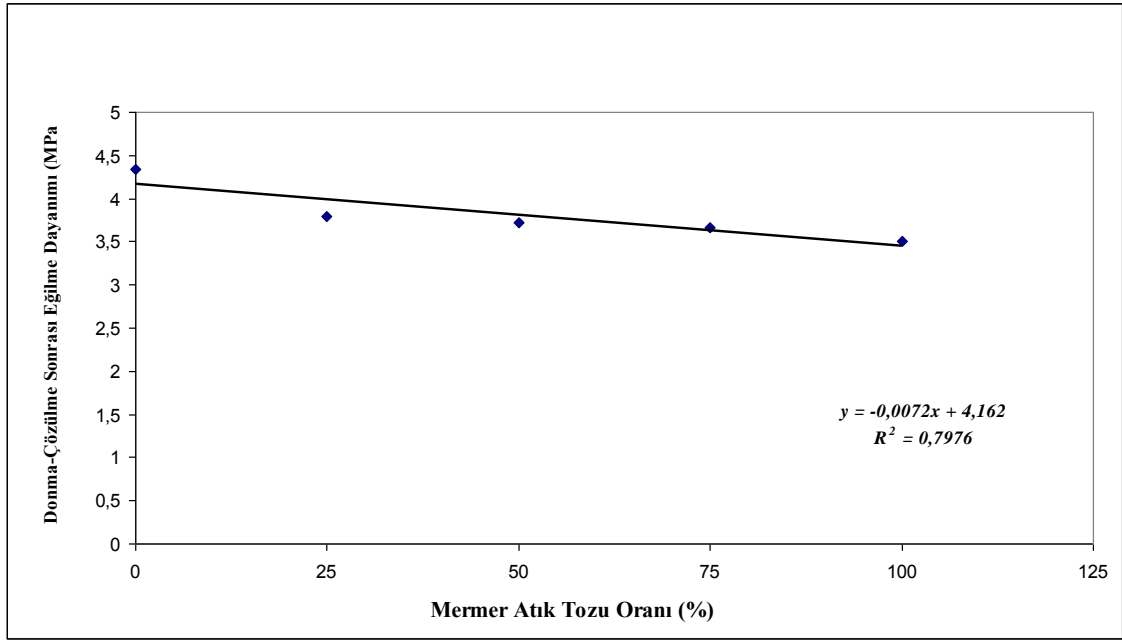


Şekil 4.7. Derz dolgu malzemesindeki mermer toz atık oranı ile basınç dayanımı arasındaki ilişki

#### 4.2.7. Donma-Çözülme Çevirimi Sonrası Eğilme Dayanımı Deneyi

Derz dolgu malzemesinin, Donma-çözülme çevirimden sonra yine eğilme dayanımının TS EN 12808-3 (2010)'da belirtildiği gibi  $\geq 2,5$  MPa ve daha fazla olması istenmektedir. Şekil 4.8.'de, karışımda kullanılan mermer toz oranı ile elde edilen derz dolgu malzemesinin eğilme dayanımı arasındaki ilişki verilmiştir. Karışımdaki mermer toz oranı ile eğilme dayanımı arasında korelasyonlu ( $R^2 = 0,7976$ ) lineer bir ilişki söz konusudur.

Karışım oranlarındaki kalsit yerine kullanılan mermer toz oranı arttıkça elde edilen derz dolgunun eğilme dayanımı azalmaktadır. Buna rağmen % 100 mermer tozu atığı kullanılması durumunda dahi TS EN 12808-3 (2010)'da öngörülen en düşük eğilme dayanımından ( $\geq 2,5$  MPa) daha yüksek bir eğilme dayanımı (3,51 MPa) elde edilmektedir. Bu nedenle mermer tozu atığı kullanımı, her ne kadar elde edilen derz dolgu malzemesinin eğilme dayanımını olumsuz olarak etkilese de istenilen değerin üzerinde bir eğilme dayanımı değeri elde edildiği için de dolgu malzemesinde kalsit yerine kullanılabilceği söylenebilir.

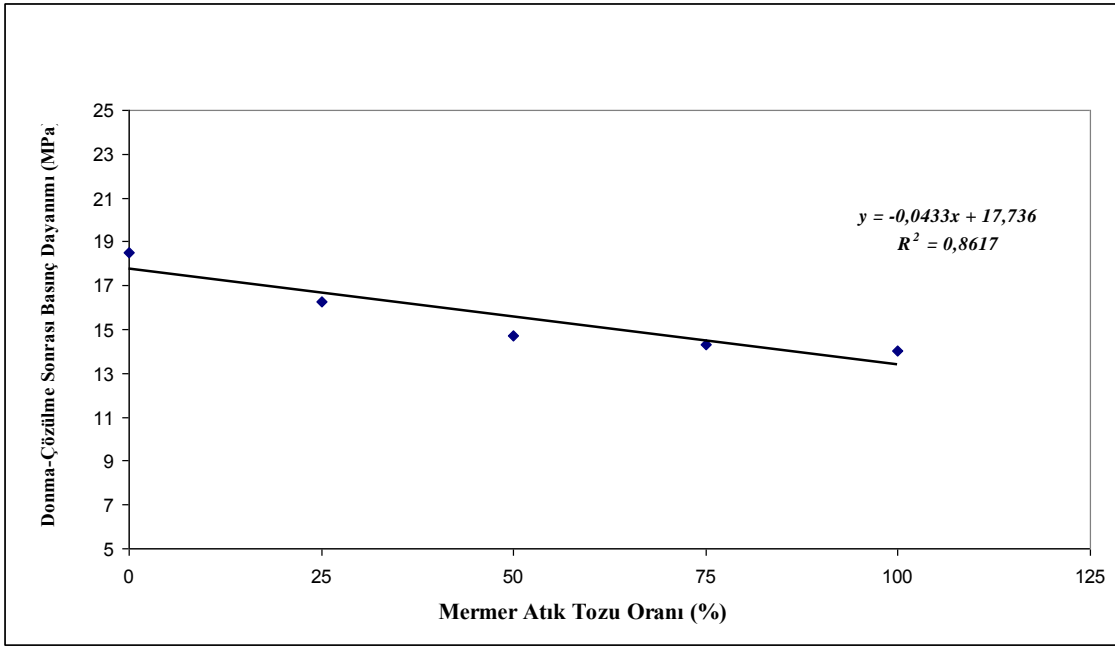


**Şekil 4.8.** Derz dolgu malzemesindeki mermer toz atık oranı ile donma-çözülme çevirimi sonrası Eğilme dayanımı arasındaki ilişki

#### 4.2.8. Donma-Çözülme Çevirimi Sonrası Basınç Dayanımı Deneyi

Derz dolgu malzemesinin, donma-çözünme çevirimden sonra yine eğilme dayanımının TS EN 12808-3 (2010)'da belirtildiği gibi  $\geq 15$  MPa ve daha fazla olması istenmektedir. Şekil 4.9.'da, karışımda kullanılan mermer toz oranı ile elde edilen derz dolgu malzemesinin eğilme dayanımı arasındaki ilişki verilmiştir. Karışımdaki mermer toz oranı ile eğilme dayanımı arasında yüksek korelasyonlu ( $R^2 = 0,8617$ ) lineer bir ilişki söz konusudur.

Karışım oranlarındaki kalsit yerine kullanılan mermer toz oranı arttıkça elde edilen derz dolgunun eğilme dayanımı azalmaktadır. % 100 mermer tozu atığı kullanılması durumunda TS EN 12808-3 (2010)'da öngörülen en düşük eğilme dayanımından ( $\geq 15$  MPa) daha düşük bir eğilme dayanımı (14,05 MPa) elde edilmektedir. Bu verilere göre mermer tozu atığı kullanımı, elde edilen derz dolgu malzemesinin eğilme dayanımını olumsuz etkilediği söylenebilir.



Şekil 4.9. Derz dolgu malzemesindeki mermer toz atık oranı ile donma-çözülme çevirimi sonrası Basınç dayanımı arasındaki ilişki

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Mermer toz atıkların derz dolgu maddesi yapımında kullanılan kalsitin yerine kullanılabilirliğinin araştırıldığı bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Mermer fabrikasından alınan toz atıklarla elde edilen derz dolgu malzemesi özelliklerinden sadece kalsit yerine %100 mermer tozu kullanıldığında TS EN 12808 (2010)'da belirtilen donma-çözülme sonrası basınç dayanımı (14,0) sınır değerini ( $\geq 15$  N/mm<sup>2</sup>) altında kalmaktadır. Bunun dışında %25, %50 ve %75 kalsit yerine atık mermer tozu kullanılan bütün numunelerin su emme, büzülme, yüzey sertlik, aşınma direnci, eğilme dayanımı, basma dayanımı, donma-çözülme çevriminden sonra basınç dayanımı ve donma-çözülme sonrası eğilme dayanımı değerlerinin TS EN 12808 (2010)'da belirtilen sınır değerlere uygun olduğu görülmüştür.
- Atık mermer tozu ile elde edilen derz dolgunun su emme (30 dk ve 240 dk) yüzdesi, büzülme, aşınma dayanımı ve yüzey sertlik değerleri %100 kalsit kullanılarak elde edilen derz dolgudan daha uygun olduğu tespit edilmiştir.
- Basma dayanımı ve eğilme dayanımı verileri %100 kalsit tozunda daha olumlu sonuçlar vermiş olsa bile mermer toz atığı kullanılan numunelerden elde edilen sonuçlar da standart değer aralıklarında kalmıştır.
- Yapılan deneyler sırasında derz dolgu numune harcı hazırlanırken en göze çarpan ve çalışmayı olumsuz anlamda etkileyen detay, mermer toz oranının arttıkça topaklanmanın da artmış olmasıdır. Numune hazırlama aşamasında %100 kalsit tozundan yapılan karışımın mikserle karıştırma süresi 1 dk iken bu süre %100 mermer tozunda 2 dk lık bir süreye varmaktadır. Topaklaşmanın yoğun olması uygulama aşamasında tercih edilebilirlik düzeyini olumsuz etkileme ihtimalini ortaya koymaktadır. Bunun yanı sıra mermer toz atığından yapılan numune harcında toz atık oranı arttıkça renginin matlaştığı da gözlemlenmiştir. Bu nedenle mermer toz atığının renkli derz dolgu malzemelerinde kullanılması durumunda daha olumlu sonuçlar verebileceği söylenebilir.

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

---

- Yapılan deneylerin sonuçları analiz edildiğinde bir bütün olarak mermer toz atığının derz dolgu yapımında kullanılabileceği ortaya çıkmıştır.

## 6. KAYNAKLAR

Acar, H., 2009 Mermer ve Diğer Doğal Taş Atıklarının Ekonomiye Kazandırılması İçin Yasa Ve Yönetmeliklerde Yapılması Gereken Düzenlemeler, Mermer Atıklarının Değerlendirilmesi Sempozyumu, Diyarbakır

Almeida, N., Brance, F., Sentos, J.R., 2007. Recycling Of Stone Slurry In Industrial Activites: Application To Concrete Mixtures Building and Enviroment, 42, 810-819

Ayhan, M., Karakuş, A., Ayhan, F.D., Abakay, H., 2009. Diyarbakır Mermer Sektöründe Oluşan Atıklar Ve Özellikleri, Mermer Atıklarının Değerlendirilmesi Sempozyumu, Diyarbakır

Bilensoy, M. 2010. Mermer Fabrikaları Toz Atıklarının Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir

Büyüksağış, İ.S., 1994 Mermer İşleme Tesislerinde Atık Suların Arıtma Yöntemleri. Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir

Büyüksağış, İ.S., 1995. Mermer İşleme Tesisleri Atık Sularının Arıtım Yöntemleri ve Ekonomikliklerinin İncelenmesi, Türkiye I. Mermer Sempozyumu, Ankara s69-76

Ceylan, H., 2000 mermer fabrikalarındaki toz mermer atıklarının ekonomik olarak değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 43

DPT VIII., 2001. Özel İhtisas Komisyonu Raporu Endüstriyel Ham Maddeler Alt Komisyonu Yapı Malzemeleri II (Mermer-Granit-Yapıtaşları-Arduvaz), Çalışma Grubu Raporu.

GAP-GİDEM, 2007. Diyarbakır Mermer Sanayisinde Oluşan Atıklar ve Değerlendirme Olanakları, Diyarbakır



## 6. KAYNAKLAR

---

İpekoğlu, Ü., Tanrıverdi, M., 1997 Cevher Hazırlama D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Yayınları, No: 238, İzmir, s-215

Lapa, Ş., Yıldız, A., Demirbilek, Ö., 1997. Madencilikte Atık Sorunu Ve Çevre İlişkileri, Mermercilik Semineri Raporu, Afyonkarahisar

Misra A., Gupta, R.C., 2009. Enviromental Problem Due Marble Powder Waste and Its Utilization İn Road Construction, Mermer Atıklarının Değerlendirilmesi Sempozyumu, Diyarbakır

Mutlutürk, M., Altındağ, R., 2009. Terk Edilmiş Mermer Ocakları Ve Çevre Etkileşimi ‘Burdur-Isparta-Antalya Örneklere’, Mermer Atıklarının Değerlendirilmesi Sempozyumu, Diyarbakır

Onargan, T., 2007. Mermer Madenciliği Çevre Yönetmeliđi, II. Madencilik ve çevre sempozyumu, Ankara, s 61-75

Onargan, T., 2005. Mermer Üretiminde Oluşan Üretim Kayıpları AR-GE ve Toplam Kalite, GAP-GİDEM Eğitim Semineri, Diyarbakır

TS EN 12808 (2010)

Uyanık, T., 2007. Doğaltaşlar, T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı İhracatı Geliştirme Etüd Merkezi, Ankara

Vijayalakshmi, V., Singh, S., Bhatnagar, D., 2001. Marble Slurry: A New Resource Material For Entrepreneurs, Science Tech Entrepreneur Project, 9, India

Yıldız, A.H., 2008. Mermer Toz Atıklarının Yol İnşaatında Değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta

[www.mta.gov.tr](http://www.mta.gov.tr)

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı:** Çimen DAĞLI

**Doğum Yeri:** Diyarbakır

**Doğum Tarihi:** 14.12.1987

**Medeni Hali:** Bekâr

**Yabancı Dili:** İngilizce

### EĞİTİM DURUMU

**Lise:** Fatih Lisesi, Diyarbakır, 2001–2004

**Lisans:** Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, 2005–2010

**Yüksek Lisans:** Dicle Üniversitesi, FBE, Diyarbakır, 2010–2014