

AFYONKARAHİSAR' DA
MERMER ARTIKLARININ DEPOLANMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞÜKRÜ TUR

DANIŞMAN

YRD. DOÇ. DR. MUSTAFA YAVUZ ÇELİK

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

KASIM 2007

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Yüksek Lisans Tezi

Afyonkarahisar' da Mermer Artıklarının Depolanması

Şükrü TUR

DANIŞMAN
Yar. Doç. Dr. Mustafa Yavuz ÇELİK

Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Kasım 2007

ONAY SAYFASI

Yrd. Doç. Dr. Mustafa Yavuz ÇELİK' in danışmanlığında,
Şükrü TUR tarafından hazırlanan
AFYONKARAHİSAR' DA MERMER ARTIKLARININ DEPOLANMASI
başlıklı bu çalışma, lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri
uyarınca
...../...../2007
tarihinde aşağıdaki jüri tarafından
Maden Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans tezi olarak oybirliği / oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

	Ünvanı, Adı, SOYADI	İmza
Başkan	Prof. Dr. Eyüp SABAH	
Üye	Yrd. Doç. Dr. Mustafa Yavuz ÇELİK	
Üye	Yrd. Doç. Dr. Metin ERSOY	

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetin Kurulu'nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç. Dr. Zehra BOZKURT
Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

ÖZET	v
ABSTRACT	vii
TEŞEKKÜR	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
RESİMLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Mermer Hakkında Genel Bilgiler	3
1.1.1 Mermerin Tanımı	3
1.1.2 Mermerin Sınıflandırılması	3
1.1.2.1 Mineral tane boyutuna göre sınıflandırma	4
1.1.2.2 Mineral bileşim ve oranlarına göre sınıflandırma	4
1.1.2.3 Yapı ve dokularına göre sınıflandırma	4
1.1.2.4 Jeolojik sınıflandırma	5
1.1.3 Mermer Türleri	5
1.1.3.1 Hakiki mermerler	5
1.1.3.2 Kristalize kalkerler (Kireçtaşları)	5
1.1.3.3 Travertenler	6
1.1.3.4 Oniks mermerler	6
1.1.3.5 Mermer yerine kullanılabilen magmatik kökenli kayaçlar	7
1.2 Mermer Artıkları	7
1.2.1 Mermer Artıklarının Oluşumu	7
1.2.1.1 Ocaklarda oluşan artıklar	7
1.2.1.2 Fabrikalarda oluşan artıklar	8
1.2.2 Mermer Artıklarının Boyuta Göre Sınıflandırılması	9
1.2.2.1 Kapaklar	9
1.2.2.2 Molozlar	9
1.2.2.3 Paledyenler	9

1.2.2.4	Tozlar	10
1.2.3	Mermer Atık Toz Oluşum Üniteleri	10
1.2.3.1	Kumlu-metal granüllü katarlar	10
1.2.3.2	Elmas soketli katarlar	10
1.2.3.3	Elmas soketli dairesel testereler	11
1.2.3.4	Cilalama üniteleri	11
1.2.4	Mermer Artıklarının Değerlendirilmesi ve Değerlendirildiği Yerler	11
1.2.4.1	Mermer tozlarının çimento üretiminde kullanılması	13
1.3	İscehisar – Afyonkarahisar Mermerlerinin Özellikleri	14
1.3.1	İscehisar – Afyonkarahisar Mermerlerinin Jeolojisi	14
1.3.2	Mineoroloji ve Petrografi	14
1.3.3	Kimyasal Özellikler	15
1.3.4	Fiziko – Mekanik Özellikler	16
1.4	İscehisar-Afyonkarahisar Bölgesinde Mermer Endüstrisi ve Mermer Artıklarının Oluşumu	17
1.4.1	Afyonkarahisar Bölgesi Mermer İşleme Tesisleri ve Ocak İşletmeleri	17
1.4.2	Afyonkarahisar Bölgesinde oluşan Mermer Artıkları Miktarı	18
1.4.2.1	Mermer işleme tesislerinde oluşan mermer artıkları miktarı	19
1.4.2.2	Ocaklarda oluşan artık miktarı	21
1.5	Mermer Artıklarının Çevreye Olan Etkisi	21
1.5.1	Görüntü Kirliliği	21
1.5.1.1	Mermer ocaklarında ve işletmelerinde görsel etkinin kaynağı	22
1.5.1.2	Dekapaj ve mermer üretiminden dolayı oluşan görüntü kirliliği	23
1.5.1.3	Döküm sahalarından dolayı oluşan görsel etki	24
1.5.2	Artıkların Yeraltı ve Yerüstü Suyuna Etkisi	24
1.5.3	Artıkların Bitki Örtüsü ve Toprak Üzerine Etkileri	25
1.5.4	Atmosferik Kirlilik (Toz Oluşumu ve Hava Kirliliği)	26

2.	ATIK VE ATIK DEPOLAMA YÖNTEMLERİ	28
2.1	Atık Depolama Yöntemleri	29
2.2	Atık Depolama Tesislerinin Sınıflandırılması	30
2.2.1	Göletli Depolama Tesisleri	30
2.2.1.1	Vadi Barajı	30
2.2.1.2	Yamaç Barajı	30
2.2.1.3	Setli Gölet	30
2.2.1.4	Oyulmuş Gölet	31
2.2.2	Göletsiz (Dolgulu) Depolama Tesisleri	32
2.2.2.1	Vadi Dolgusu	32
2.2.2.2	Vadi Barajı	32
2.2.2.3	Yamaç Dolgusu	32
2.2.2.4	Sırt Dolgusu	32
2.2.2.5	Yığma Dolgu	33
2.3	Atık Depolama Tesisleri Yapım Yöntemleri	33
2.4	Mühendislik Tasarımı	35
3.	AFYONKARAHİSAR'DA MERMER ARTIKLARININ DEPOLANMA TEKNİKLERİ	37
3.1	İscehisar Mermer Artıkları Depolama Sahası	42
3.2	Susuz Boğazı Mermer Artıkları Depolama Sahası	46
3.3	Organize Sanayi Mermer Artıkları Depolama Sahası	49
4.	O.S.B. MERMER ARTIKLARI DEPOLAMA SAHASININ ÖZELLİKLERİ VE ARTIKLARIN KARAKTERİZASYONU	51
4.1	Araştırmanın Amacı	51
4.2	İnceleme Alanının Konumu	52
4.3	Literatür Araştırması	55
4.4	Jeolojik Özellikler	58
4.5	Bölgenin Depremsellik Özelliği	61
4.6	Bölgenin Hidrojeolojik Özellikleri	63
4.6.1	Su Kaynakları	65

4.6.2	Su Kuyuları	66
4.6.3	Sondaj Kuyuları	70
4.6.4	Yeraltı Su Seviyeleri	75
4.7	Meteorolojik ve Klimatolojik Özellikler	75
4.8	Depolama Sahasının Zemin Özellikleri	80
4.8.1	Zeminin Fiziko-Mekanik Özellikleri	81
4.9	Mermer Artıklarının Özellikleri ve Karakterizasyonu	83
4.9.1	Mermer Artıklarının Boyut Dağılımı	83
4.9.2	Mermer Artıklarının Kimyasal Analizi	86
4.10	Depolama Sahasının Yapısal Özellikleri	93
4.11	Depolama Sahasının Kapasitesi	96
4.12	Depolama Sahasının İş Akım Şeması	98
4.13	Personel Ve Ekipman	98
4.14	Depolama Sahasının Sağladığı Faydalar	99
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER	101
	KAYNAKLAR	104
	ÖZGEÇMİŞ	109

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Afyonkarahisar' da Mermer Artıklarının Depolanması

Şükrü TUR

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mustafa Yavuz ÇELİK

Afyonkarahisar bölgesi Türkiye'nin en önemli mermer endüstri merkezlerinden birisidir. İşletilebilir toplam mermer rezervinin (3.872.000.000 ton) yaklaşık % 3.5'ine sahip olan Afyon bölgesi toplam blok üretiminin % 9'unu sağlamaktadır. Değişik büyüklükte yaklaşık 400 mermer işleme tesisine sahip olan Afyon, toplam plaka üretiminin ise % 19'unu gerçekleştirmektedir. Tüm bu üretim faaliyetlerinin bir sonucu olarak da, bu bölgede yılda 600.000 ton civarında mermer artığı açığa çıkmaktadır. Bu artıkların bir kısmı yeniden değerlendirilerek ekonomiye kazandırılırken, büyük bir çoğunluğu atılmaktadır. Atılan bu artıklar zaman zaman çevreye gelişigüzel bırakılmakta ve çevre kirliliğine sebep olmaktadır. İncehisar-Afyon bölgesinde, üç farklı yerde mermer artığı depolama sahası bulunmaktadır. Organize Sanayi, Susuz Boğazı ve İncehisar mermer ocakları civarında bulunan artık depolama sahalarına her türlü katı ve sulu mermer artığı depolanmaktadır.

Susuz Boğazı ve İncehisar mermer ocakları civarında bulunan artık depolama sahaları düzensiz depolama sahası özelliği gösterirken, Organize Sanayi depolama sahası düzenli depolama özelliğine sahiptir. Daha önceleri rast gele yerlere dökülerek görsel kirliliğe neden olan mermer artıklarının ekolojiye etkisi, bu depolama alanlarının faaliyete geçirilmesiyle minimum düzeye indirilmiştir.

Organize sanayi bölgesi mermer artıkları depolama sahasının çevreye olan etkisini azaltmak amacıyla, sahanın zemin özellikleri belirlenmiş ve depolama alanının tabanına plastisitesi yüksek inorganik kil serilerek, geçirimsiz bir yüzey elde edilmiştir.

Depolama sahasındaki katı ve sulu mermer atıkların kimyasal analizleri yapılarak çevreye etki edecek bir kirlilik unsuru olup olmadığı incelenmiştir. Yine çok ince mermer partiküllerinden oluşan sulu mermer artıklarının tane boyut analizleri yapılmış ve %70'inin 100 µ'un altında olduğu tespit edilmiştir. Sızıntı suların ve içerdiği mikron boyutlu partiküllerin yer altı suyuna karışmasının önlenmesi amacıyla da çakıl drenaj tabakası içine 100 mm çaplı, delikli HDPE drenaj boruları yerleştirilmiştir. Bu işlemler sonucunda sulu mermer artıklarının yeraltı suyuna etkisi olup olmadığı, çevredeki yeraltı su kuyularından alınan su örneklerinin kimyasal analizleri ile ortaya konulmuştur. Kimyasal analiz verileri ile aynı kuyuların 2000 yılındaki değerleri karşılaştırılmıştır. Yapılan incelemeler sonucu yeraltı suyunda, mermer artıklarından kaynaklanan herhangi bir kirliliğinin olmadığı tespit edilmiştir.

2007 – 108 sayfa

Anahtar kelimeler: Afyonkarahisar, mermer, artık, artık depolama

ABSTRACT

Master Science Thesis

Stored of the Marble Waste in Afyonkarahisar

Şükrü TUR

Afyon Kocatepe University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mining Engineering

Supervisor: Assist Prof. Mustafa Yavuz ÇELİK

The area of Afyonkarahisar is considered to be the most important marble producing centers of Turkey. It has %3.5 capacity of the total usable marble reserves (3.872.000.000 tonnes) and it provides %9 of the total marble block production. In this area, there are around 400 marble factories of different sizes and capacities constituting % 19 of the total production capacity. As a result of such activity, 600.000 tonnes of marble extras are produced. While a big part of such extras are re-cycled to benefit the general economy of the country, other left over is considered to be as waste, Such wastes are often left in such a manner that they cause an environmental problem. There are 3 waste storage fields at the Iscehisar - Afyon area. In those storage fields all sorts of waste marble of various forms are piled up. Such storage fields are located near The Organized Industrial Area, Susuz Bogaz and Iscehisar marble deposits.

While those storage fields near the Susuz Bogaz and Iscehisar storage fields disorganized, the storage fields near the Industrial Area is much more organized. It is true to point out that prior to the foundation of those waste deposits, there has been a great ecological problem, however with such storage fields activity for the waste and left over, the impact on the environment and ecology has been minimized.

The waste and left over of the marble production deposited at the site near the Organized Industrial Area had been structured in such a way that the basement of the storage fields had been covered with special materials to prevent any negative impact on the soil and consequently the ecology of the Area. Further more, a chemical analysis had been conducted on the hydrous and non hydrous wastes of the marbles deposits. Also, comprehensive tests and analysis of the particles of the left over of the above mentioned types of the marbles had been conducted thoroughly to ascertain the impact on underground water arteries and the whole process proved to be as safe as it could possibly be.

2007 – 108 pages

Keywords: Afyonkarahisar, marble, waste, waste stored

TEŐEKKÖR

Çalışma boyunca bana yardım eden, değerli öneri ve eleőtirileriyle yol gōsteren, karőtlaőtıđım problemlerin çōzümünde bana yardımcı olan, Sayın Yrd. Doç. Dr. Mustafa Yavuz ÇELİK'e, olumlu eleőtirileri ile beni yönlendiren Maden Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Eyüp SABAH'a, haritaların çiziminde yardımcı olan Sayın Harita Yük. Müh. Fikret KARALAR'a, araőtırmalarımaya büyük katkı sağlayan Afyonkarahisar İl Çevre ve Orman Müdürlüğü personeline teőtekkürlerimi sunarım.

Şükrü TUR

AFYONKARAHİSAR, Kasım 2007

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

1. Simgeler

m.	Metre
m ²	Metrekare
m ³	Metreküp
C	Santigrad
gr	gram
cm.	santimetre
cm ²	santimetrekare
cm ³	santimetreküp
μ	mikron
mm	milimetre

2. Kısaltmalar

Aduybim	Acil Durum Yönetimi ve Bilgi İşlem Merkezi
Afjet	Afyonkarahisar Jeotermal Tesisleri Turizm San.Tic.A.Ş.
B	Batı
BOD	Biyolojik Oksijen Gereksinimi
D	Doğu
D.İ.E.	Devlet İstatistik Enstitüsü
D.M.İ.G.M.	Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
D.S.İ.	Devlet Su İşleri
G	Güney
GB	Güney Batı
GD	Güney Doğu
İÇOM	İl Çevre ve Orman Müdürlüğü
K	Kuzey
KB	Kuzey Batı
KD	Kuzey Doğu
M.T.A.	Maden Tetkik Arama
O.S.B.	Organize Sanayi Bölgesi
TSS	Toplam Askıdaki Katı Madde Miktarı

ŞEKİLLER DİZİNİ

No	Şekil Adı	Sayfa No
2.1	Göletli depolama tesisleri	31
2.2	Göletsiz (dolgulu) depolama tesisleri	33
2.3	Atık barajları inşa yöntemleri	34
3.1	Afyonkarahisar'da izinsiz mermer artığı atılmış sahalar	38
3.2	Afyonkarahisar artık döküm sahalarının konumu	40
3.3	Afyonkarahisar mermer artık döküm sahalarının jeoloji haritası	41
3.4	İscehisar mermer artık döküm sahası haritası	43
3.5	Susuz Bölgesi mermer artık döküm sahası haritası	47
3.6	Organize Sanayi Bölgesi mermer artık döküm sahası haritası	50
4.1	Çalışma alanının yer bulduru haritası	52
4.2	Organize Sanayi Bölgesinde bulunan mermer işleme tesislerinin konumu	54
4.3	Afyon ve civarının genelleştirilmiş stratigrafi kesiti	59
4.4	İnceleme alanına ait jeoloji haritası	60
4.5	Afyonkarahisar deprem haritası	62
4.6	Afyonkarahisar fay haritası	63
4.7	İnceleme alanının hidrojeolojik haritası	65
4.8	İnceleme alanındaki su kuyuları ve sondaj kuyularının yerleri	68
4.9	Numune alma yeri haritası	81
4.10	Kümülatif elek altı eğrisi	84
4.11	Sulu mermer artığı depolama tesisi dikey kesiti	95
4.12	İş akım şeması	99

RESİMLER DİZİNİ

No	Resim Adı	Sayfa No
1.1	Tozların bitki örtüsüne ve toprak üzerine etkileri	25
1.2	Tozların bitki örtüsüne ve toprak üzerine etkileri	26
3.1	İscehisar mermer artık döküm sahasının görünümü	44
3.2	İscehisar mermer artık döküm sahasında sulu artıkların depolanması	44
3.3	İscehisar mermer artık döküm sahası artık boşaltma anı	45
3.4	İscehisar mermer artık döküm sahası artık döküm fişi	45
3.5	Susuz Bölgesi mermer artık döküm sahası	48
3.6	Susuz Bölgesi mermer artık döküm sahası artık döküm anı	48

ÇİZELGELER DİZİNİ

No	Çizelge Adı	Sayfa No
1.1	Mermer üretim aşamalarına göre oluşan artıklar	7
1.2	Mermer tozlarının sanayide kullanım alanları ve oranları	13
1.3	Afyon mermerlerinin kimyasal analizi	16
1.4	Afyon mermerlerinin fiziko-mekanik özellikleri	16
1.5	Afyonkarahisar'da mermer işleme tesislerinin bölgesel dağılımı	18
1.6	Mermer işleme tesislerinde oluşan artık miktarı	20
1.7	Mermer ocaklarında ve işletmelerinde oluşan görsel etkinin potansiyel kaynakları	22
3.1	İscehisar mermer artık döküm sahası koordinatları	42
3.2	Susuz Bölgesi artık döküm sahası koordinatları	46
3.3	Organize Sanayi artık döküm sahasının koordinatları	49
4.1	Su kuyularından alınan numunelerin kimyasal analiz sonuçları	67
4.2	Sızıntı suyun kirletici özellikleri	69
4.3	O.S.B.'de yer alan işletmelerin sondaj kuyusu yerleri	71
4.4	O.S.B.'deki işletmelerinin su numunelerinin kimyasal analizleri	74
4.5	Meteorolojik Veriler	76
4.6	İnceleme alanında gözlenen birimler	80
4.7	Elek analizi ve zemin sınıflaması	81
4.8	İnce taneli zeminlerin kıvamlılık indeksine göre sınıflaması	82
4.9	Zeminlerin plastisite indeksine göre sınıflandırılması	82
4.10	Çimento fabrikasında kullanılan mermer artık miktarı	83
4.11	Mermer artıklarının elek analiz değerleri	84
4.12	Katı mermer artıkları kimyasal analiz sonuçları	86
4.13	Sulu mermer artıkları kimyasal analiz sonuçları	87
4.14	Karışık mermer artıkları kimyasal analiz sonuçları	88
4.15	Avrupa atık katalogu	93

1. GİRİŞ

Mermerin çıkarılması ve işlenmesinin yoğun olduğu sayılı illerimizden biri olan Afyonkarahisar'da mermercilik ve yan sanayi kolları gelişmiş olup; bu alanda çalışan nüfus da oldukça fazladır. Mermer sektörün yoğun olarak faaliyette bulunması nedeniyle oluşan artıklar da fazla olup; bunların düzensiz olarak gelişigüzel dökülmesi buralardaki nüfusun oluşan kirliliklerinden etkilenmesine neden olmaktadır.

Afyonkarahisar'da sayısı 400'ü bulan mermer işleme tesisinden yılda yaklaşık 300.000 ton sulu mermer artığı, 200.000 ton mermer kırığı artık olarak çevreye bırakılmaktadır. Yine ildeki mermer ocaklarından yılda 270.000 ton parça mermer artığı çıkmaktadır. Ocaklardaki artıklar şu an için görsel problem dışında bir sorun teşkil etmezken tesislerde oluşan artıkların yer işgal etmesinden dolayı tesisten bir an önce uzaklaştırılması gerekmektedir. Afyonkarahisar'da mermer sektörü üç bölgede yoğunlaşmıştır; İncehisar Bölgesi, Susuz Bölgesi ve Afyonkarahisar Merkez Organize Sanayi Bölgesi. Bu bölgelerden Organize Sanayi Bölgesi içindeki tesisler de mermer artıklarının depolanması yer sıkıntısından dolayı büyük problem yaratmaktadır.

Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesi içerisinde 40 adet mermer işleme tesisi mevcuttur. Mermer işleme tesislerinde oluşan sulu mermer artığı miktarı aylık 10.000 ton – 12.000 ton civarında olup; bu miktarın yaklaşık 4.000 ton – 4.500 ton'u şlam, 7.000 ton – 7.500 ton'u filtre presten çıkan kek tabir edilen artıklardır.

Gittikçe artan miktarda açığa çıkan mermer artıklarının depolanması için Organize Sanayi Bölgesinde mermer artığı depolama sahası oluşturmak gündeme gelmiştir.

Bununla, Organize Sanayi Bölgesinde çıkan artıkların dışarıya gelişigüzel atılması önlenerek hem Organize Sanayi Bölgesi içerisinde ortaya çıkan kirliliğin önlenmesi; hem de yakın köy ve kasaba halkının en azından buradaki tesislerden kaynaklanan kirlilikten kurtulması mümkün olacaktır.

Düzenli depolama alanlarının varlığıyla; sulu mermer artıklarının etrafa yayılıp geniş bir alanı kirleterek görüntü ve çevre kirliliğine, atıldıkları yerlerde kuruyarak rüzgarın da etkisiyle oluşacak toz bulutlarının hava kirliliğine neden olması önlenecektir.

Bu amaçla oluşturulan Organize Sanayi Bölgesi mermer artıkları depolama alanının çevreye etkisi incelenmiştir. Mermer artıklarının yeraltı sularına etkisi yeraltı sularından örnekler alınarak incelenmiş ve herhangi bir kirlilik unsuruna rastlanamamıştır.

Depolanan mermer artıklarının kurutulduktan sonra çimento üretiminde kullanılmak üzere değerlendirilmektedir.

1.1 Mermer Hakkında Genel Bilgiler

Mermerin tanımı bilimsel (jeolojik) ve endüstriyel anlamda olmak üzere iki ayrı açıdan yapılmaktadır. Bu nedenle de mermerin sınıflandırılması yapılırken, endüstriyel anlamdaki tanımı dikkate alınmaktadır.

1.1.1 Mermerlerin Tanımı

Bilimsel anlamda mermerler, kalker (CaCO_3) ve dolomitik kalkerlerin ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) ısı ve basınç altında metamorfizmaya uğrayarak, tekrar kristalleşmesi sonucunda yeni bir yapı kazanmalarıyla meydana gelen kayalardır (Onargan vd. 1992).

Ticari anlamda mermer; blok verebilen, kesilip cilalandığında parlayabilen, dayanıklı ve güzel görünümlü her türden kayaların (magmatik, sedimanter, metamorfik) bütünü için kullanılabilen bir terimdir (Şentürk vd. 1996).

Endüstriyel alanda kesilip boyutlandırılabilen, dekoratif amaçlı kullanılan ve ticari değeri olan her türlü kayaç mermer olarak adlandırılmaktadır (Onargan vd. 1992).

Maden Kanununda ise mermer, II. Grup madenler (Mermer, dekoratif taşlar, traverten, kalker, dolomit, kalsit, granit, siyenit, andezit, bazalt ve benzeri taşlar) içerisinde yer almaktadır (Resmi Gazete 2004).

1.1.2 Mermerlerin Sınıflandırılması

Mermerler, oluşum esnasındaki şartlara bağlı olarak farklı mineralojik, kimyasal ve yapısal özelliklere sahip olmaktadır. Buna bağlı olarak, mermerler aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadır.

1.1.2.1 Mineral tane boyutlarına göre sınıflandırma

- a) İnce taneli mermer (1 mm)
- b) Orta taneli mermer (1-5 mm)
- c) İri taneli mermer (5 mm ile 1-2 cm) (Köktürk 2002).

1.1.2.2 Mineral bileşim ve oranlarına göre sınıflandırma

- a) Mermer; %95 kalsit (CaCO_3) içerir. Masif yapıda ve taneli dokuya sahiptir. Kuvars ve mika gibi diğer mineralleri içerebilir.
- b) Kalkşist; %60-70 kalsit içerir. Şisti yapıda ve yönlü dokuya sahiptir. Klorit, epidot, mika ve lepidolit gibi diğer mineralleri içerebilir.
- c) Spolen; %80 kalsit içerir. Şisti yapıda ve yönlü dokuya sahiptir. Flogopit, tremolit, diopsit, plajioklas ve gröna gibi diğer mineralleri içerebilir.
- d) Mermer-Skarn; %80-90 kalsit içerir. Masif yapıda ve taneli dokuya sahiptir. Epidot, diopsit, gröna, olivin ve plajioklas gibi diğer mineralleri içerebilir (Köktürk 2002).

1.1.2.3 Yapı ve dokularına göre sınıflandırma

- a) Masif mermer; kompakt görümlü, ince ve iri tanelidir.
- b) Laminal mermer; renkli şeritli görünümde, ince taneli şeritler farklı mineral veya elementler içerirler.
- c) Şisti mermer; yapraklı yapıda ve önemli miktarda mika içermektedir.
- d) Breşik mermer; tekrar kırılmış ikincil minerallerle dolgulanmıştır. Ana dolgular farklı renk ve mineral içerikli olabilirler (Köktürk 2002).

1.1.2.4 Jeolojik Sınıflandırma

- a) Magmatik kayaçlar (Granit, diyabaz, siyenit vb.)
 - b) Metamorfik kayaçlar (Hakiki mermerler vb.)
 - c) Sedimanter kayaçlar (Travertenler, oniks mermerler, kireçtaşları vb.)
- (Onargan vd 1992).

1.1.3 Mermer Türleri

1.1.3.1 Hakiki mermerler

Metamorfizma olayı sonucunda kalker ve dolomitik kalkerlerin yeniden kristalleşmesiyle meydana gelmiş mermerlerdir. %95 civarında kalsiyum karbonat, bileşimini oluşturmaktadır. Düşük oranda $MgCO_3$ içermektedir. $CaCO_3$ kristallerinden oluşan mermerlerde esas mineral “kalsit” tir. Yapılarında az miktarda silis, silika, feldispat, demiroksit, mika, fluorit ve organik maddeler bulunabilir. Renkleri genelde beyaz ve grimsidir. Fakat yabancı maddeler nedeniyle sarı, pembe, kırmızı, mavimsi, esmerimsi ve siyah gibi renklerde de olabilirler. Mikroskop altında incelendiğinde, birbirine iyice kenetlenmiş “kalsit kristalleri”nden oluştuğu görülür. Mermer kalker olarak anılan kireçtaşının metamorfizma geçirmesinden oluşmuş, oldukça sert bir kayadır (Onargan vd. 1992).

1.1.3.2 Kristalize kalkerler (Kireçtaşları)

Kalker çok yaygın olarak kullanılan, çok geniş alanlarda teşekkül etmiş olan, çok önemli bir tortul kayadır. Bileşim olarak kalsiyum karbonattır ($CaCO_3$). Sertlik cetvelindeki yeri 3; yoğunluğu $2,7 \text{ gr/cm}^3$ 'tür. Bu özellikleri itibariyle, kimyasal değişmeye, kırılmaya ve yontulmaya, özetle, yararlanılmaya çok elverişlidir (Önem 2000). Kireçtaşları çok saf olduklarından bileşimlerinde %56 CaO, %44 CO_2 bulunur. Yapılarında %10'dan fazla $MgCO_3$ bulunan kalkerlere “dolomitik kalker” denir. Bu

miktar %45 olursa “dolomit” adını da almaktadır. Bileşimleri kireçli ve dolomitli organik atıkların kimyasal çökmesi esasına göre oluşan bu tip kalkerler tektonik hareketler neticesinde kristalleşirler (Onargan vd. 1992).

1.1.3.3 Travertenler

Travertenler sıcak su kaynağının kireçtaşını eritmesi ve eriyen materyalleri bünyesine alarak, çatlak ve kırık hatlar boyunca uygun şartlar geliştikçe çökelmeleri sonucunda oluşmaktadır. Oluşum ortamında magma suyunun sıcaklığı çok fazla ve kalsiyum bikarbonat oranı çok yüksek ise, o takdirde çökme hızla meydana gelmektedir. Bu şekil bir oluşuma traverten çökmesi denir. Meydana gelen çökelek oldukça yoğun ise çökelek arasında kalan irili ufaklı boşluklar oluşmasına neden olmaktadır. Çökelek fazla gazlı bir ortamda meydana geliyor ve çok çabuk birikmeler teşkil nitelik gösteriyorsa, o takdirde oluşan çökelek fazla delikli ve sünger taşına benzer bir bünye gösterir. Bu cins travertenlere “kalker tüfü” denir (Onargan vd. 1992). Bu kayacın en görünür özelliği, çok yüksek derecede gözenekli olmasıdır (Önem 2000).

1.1.3.4 Oniks mermerler

Magma suyunun sıcaklığı oldukça düşük ve az olması ve daha fazla madeni tuzlar içermesi çökelmenin daha yavaş bir şekilde oluşmasına neden olmaktadır. Bu şartlarda meydana gelen kayaç kristalize, yoğun ve oldukça saydamdır. Bu kayaçlara oniks mermeri (su mermeri) denir. Bunlar genellikle beyaz, kırmızı, sarı, yeşil renkte olup, yarı saydamdırlar. Işık 1 – 3,5 cm derinliğine geçebilir. Bazı tuzların etkisiyle renkli olurlar. Tek renk olduğu gibi değişik renkler gösteren bant tabakası, damarlar vb. halinde de bulunabilirler. Oniks mermerleri, kristaller birbirine sıkı şekilde bağlılığından dolayı oldukça serttir. İçine karışan silikatlar sertliğini artırır. Yoğunluğu 2,2 - 2,3 gr/cm³ arasındadır. Çok iyi parlatılırlar (Onargan vd. 1992).

1.1.3.5 Mermer yerine kullanılabilen magmatik kökenli kayalar

Mermer türlerinden sonuncusu ise mermer yerine kullanılabilen “magmatik kökenli kayalar”dır. Türkiye’de yeni bir konu olarak gelişen sert taşlar ülkemizin çeşitli yerlerine dağılmış halde bulunmaktadır. Sert kayalar kapsamı içerisinde granitler, diyabazlar, siyenitler, serpantinler vs. girmektedir. Kayaları derinlik, damar ve yüzey kayaları olarak üç gruba ayrılır (Onargan vd. 1992).

1.2 Mermer Artıkları

1.2.1 Mermer Artıklarının Oluşumu

Blokların veya kesilebilir boyuttaki molozların ocaklardan çıkarılması esnasında oluşan irili ufaklı parçaların yanı sıra; blokların mermer işleme tesislerin mamul hale getirilmesi esnasında oluşan bütün mermer plaka parçaları ve tozları “mermer artığı” olarak değerlendirilmektedir (Kurnaz 2000). Mermer üretim aşamalarına göre oluşan artık miktarları Çizelge 1.1’ de gösterilmiştir.

Çizelge 1.1 Mermer üretim aşamalarına göre oluşan artıklar (Onargan 2007)

Kayıplar	Net Mermer Üretimi	Mermer Ocak Artığı	Mermer İşleme Artıkları	Silim – Parlatma Artıkları	Toplam Artık	Üretilmiş Mermer Rezervi
%	30	50	15	5	70	100

1.2.1.1 Ocaklarda oluşan artıklar

Ocaklarda bulunan mermerler doğal bir kaya halindedirler. Ocak kazı ekipmanlarıyla blok mermer üretimi yapılırken kesme işlemi esnasında az miktarda mermer kırıntısı ve tozu oluşmaktadır. Bunların da ocak içerisinde dağılması ve kirlenmesi nedeniyle fazla bir önem taşımadığı tespit edilmiştir (Yıldız 1995).

Ocakta ana kütleden koparılan ve çok iri boyutlarda olan blokların sayılanması (Belirli ebatlarda blok elde edilmesi için alt, üst ve yanlardan kesilmesi.) esnasında “kapak” adı verilen parçalar ortaya çıkmaktadır (Yıldız 1995).

Ayrıca, mermer ocağında bulunan arızalar, faylar ve benzeri nedenlerden dolayı, blok üretimi yapılırken ortaya çıkan ve blok elde edilemeyen iri boyuttaki molozlar açığa çıkmaktadır. Bunlara ocak pasası denilmektedir. Mermer ocaklarında oluşan bu artıklar ocakların kenarlarında biriktirilerek kendi haline terk edilmekte mozaik yapımında kullanılmak üzere kullanılma üzere, isteyen firmalara çok düşük fiyatlarla satılmaktadır (Yıldız 1995).

1.2.1.2 Fabrikalarda oluşan artıklar

Fabrikalarda bloklardan belirli ebatlarda plakalar elde edilmektedir. Başlangıçta bu plakaların boyutları uygun ölçülerde olmadığından, ebatlandırma esnasında kenarlarından parçalar açığa çıkmaktadır. Bununla birlikte blok ve plakalarda bulunan çatlak veya kırıklardan dolayı plakalar kırılmakta ve böylece küçük boyutlarda parça plaka artıklar oluşmaktadır. Mermercilikte bunlara “paledyen” adı verilmektedir (İnt.Kyn. 1, Yıldız, 1995).

Elmas soketli, dairesel testereli taş kesme makinalarında (S/T); bloklardan plaka elde edilmesi esnasında, blokların alt kısımlarından açığa çıkan ve plaka mermer elde edilmesi mümkün olmayan iri boyuttaki mermer artıkları oluşmaktadır. Bunlardan zaman zaman mutfak taşı evyesi elde edilmektedir (İnt.Kyn. 1, Yıldız, 1995).

Mermerciler için en önemli sorunlardan birisi; mermerin kesilmesi esnasında makinaların kesme işlemini yapan testerelerin ağzından çıkan çok küçük boyuttaki mermer tozu artıkların oluşumudur (İnt.Kyn. 1, Yıldız, 1995).

Kesme işlemi sulu olarak yapıldığından, açığa çıkan tozlar su ile birlikte taşınmakta ve çökeltme havuzlarında toplanmakta ya da yeni yöntem uygulanan çökeltme tanklarında

susuzlaştırılıp presleme makinalarında sıkıştırılarak kek haline getirilmektedir. Her iki halde de açığa çıkan artıklar presleme makinalarında sıkıştırılarak kek haline getirilmektedir. Her iki halde de açığa çıkan artıklar doğaya atılmaktadır (İnt.Kyn. 1, Yıldız, 1995).

1.2.2 Mermer Artıklarının Boyutuna Göre Sınıflandırılması

1.2.2.1 Kapaklar

Kapaklar; ocaklarda büyük boyutlardaki blokların sayılanması esnasında alt, üst ve yan yüzeylerden açığa çıkan, fabrikalarda bloktan plaka mermer elde edilmesi esnasında bloğun alt kısmından açığa çıkan ve çoğu zaman bir tek düzgün yüzeye sahip olan iri boyuttaki mermer parçalarıdır (İnt.Kyn. 1, Yıldız, 1995).

1.2.2.2 Molozlar

Ocaklarda mermerin yapısından kaynaklanan arızalar (kırık, çatlak, fay vs.) nedeniyle blok üretimi esnasında ortaya çıkan şekilsiz ve iri boyuttaki mermer parçalarıdır (İnt.Kyn. 1, Yıldız, 1995).

1.2.2.3 Paledyenler

Plaka mermerden ebatlı mamul elde edilirken, plakaların kenarlarından kesilip atılan ve başka ebatlı bir ürün elde edilemeyen plaka parçası mermerlerdir (İnt.Kyn. 1, Yıldız, 1995).

1.2.2.4 Tozlar

Fabrikada mermerin makinelerde kesilip işlenmesi esnasında açığa çıkan ve hemen hemen tamamı 1 mm' nin altında olup çoğunluğu 150 μ 'un altında boyuta sahip olan mermer tanecikleridir (İnt.Kyn. 1, Yıldız, 1995).

1.2.3 Mermer Atık Toz Oluşum Üniteleri

Sulu kesim yapılması nedeniyle şlam halinde oluşan mermer tozu artıklarının oluşum üniteleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

1.2.3.1 Kumlu - metal granüllü katraklar

Kesme işlemi; 1 mm veya daha küçük tanelere sahip zımpara tozları yada 1-5 mm boyutlu metal granül parçacıkları tarafından gerçekleştirilmektedir. Kesmede esas; lamaların sinüzoidal gel-git hareketleri esnasında, aşındırıcı tanelerin mermer yüzeyine sürttürülerek aşınmanın yaptırılmasıdır. Bu esnada mermer yüzeyinden 0,3 mm ve daha küçük boyutlardaki mermer taneleri koparılarak su ile birlikte havuzlara taşınmaktadır (Büyüksağış 1994, Yıldız 1995, Çelik 1996).

1.2.3.2 Elmas soketli katraklar

Bu tip katraklarda kesme işlemi; çelik lamaların üzerine kaynak edilmiş elmas soketlerle gerçekleştirilmektedir. Lamaların sinüsoidal hareketleri sonucu mermer yüzeyine sürttürülen elmas soketler aşındırma ve koparma işlemi yapmaktadırlar. Kesme işlemi sonucu açığa çıkan mermer tozu tanecikleri genelde 0,1 mm yada daha küçük boyutlara sahiptir (Büyüksağış 1994, Yıldız 1995, Çelik 1996).

1.2.3.3 Elmas soketli dairesel testereler

Bunlar; S/T, başkesme, yankesme ve köprükesme denilen makinelerdir. Çelik gövdeli dairesel diskin ucuna 2 - 3 aralıklarla kaynak yapılmış 2 - 4 cm büyüklükteki elmas soketlerin mermer yüzeyine sürtürülmesi sonucunda, mermer taneciklerinin kopartılmasıyla kesme işlemi gerçekleştirilmektedir. Kesme işlemi sonucu açığa çıkan mermer tanecikleri genellikle 0,15 mm ve daha küçük boyutlardadır. Soketlerin aşınması sonucu 0,1 mm veya daha küçük boyutlarda da olabilmektedir (Büyüksağış 1994, Yıldız 1995, Çelik 1996).

1.2.3.4 Cilalama üniteleri

Cilalamada; değişik boyuttaki aşındırıcı tozların manyezit veya sentetik bağlayıcılarla bağlanılarak, belirli şekil ve boyutta imal edilen ve “abrasiv” denilen aşındırıcı parçalar kullanılmaktadır (Büyüksağış 1994, Yıldız 1995, Çelik 1996).

Abrasivlerin yüksek hız ve basınçla plaka üzerinde dönmesiyle mermer yüzeyinden tanecikler kopararak cilalama işlemi yapılmaktadır. Bu ünitelerde açığa çıkan mermer artıklarının tane boyutu 75 μ veya daha küçüktür. Abrasivlerin aşınmasıyla artık içine karışan taneciklerin miktarı % olarak yok denebilecek kadar az ve boyutları 75 μ 'dan küçüktür (Büyüksağış 1994, Yıldız 1995, Çelik 1996).

1.2.4 Mermer Artıklarının Değerlendirilmesi ve Değerlendirildiği Yerler

Mermere artan talebi karşılamak amacıyla, ülkemizdeki mermer işleme tesislerinin sayısında bir artış gözlenmektedir. Bunun doğal sonucu olarak da, mermer işleme tesislerinin yoğunlaştığı bölgelerde, kamuoyu gözünde çevrecilik ve tabii güzelliği bozması sebebiyle olumsuz bir tepki oluşturan mermer artık sahalarının yaygınlaştığı görülmektedir (Şentürk vd. 1996).

Dünyada kullanılan kaynakların hızla tükenmesi, çeşitli uluslar arası kuruluşları kaynakların verimli nasıl kullanılacağı, kullanılmakta olan kaynaklardan maksimum verimin nasıl sağlanacağı konularında çalışmalar yapmaya yönlendirmiştir. Bu bağlamda sürdürülebilir kalkınma “şu anki ihtiyaçlarımızı karşılarken, gelecek kuşakların kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme potansiyelini tehlikeye atmamalıdır” (Akbulut vd. 2003).

Artık sahalarına atılan malzemelerin değerlendirilebilirliği üzerine yapılan literatür çalışmaları, mermer işleme tesis artıklarının yapı malzemesi olarak kullanımı haricinde, farklı boyut fraksiyonlarına indirilmiş toz artıkların, mimaride süsleme hammaddesi, dolgu malzemesi ve/veya tarımsal amaçlı katkı malzemesi gibi kullanımını göstermektedir.

Mermer artıkları parça boyutu olarak işleme tesislerinden iki farklı ürün olarak çıkabilmektedir. Birinci ürün, iri boyutlu parça mermer artıkları, ikinci ürün ise koloidal yapıda büyük miktarı 150 mikronun altında olan maksimum parça boyutu 2 mm’ye ulaşabilen kesim toz artığı olmaktadır. Bunların değerlendirme alanları farklılık göstermektedir. İri boyutlu parça artıklar, inşaat sektöründe yapı elemanı olarak kullanılabilen, toz artıklar ise direkt olarak farklı endüstri dallarında kullanılabilme imkanı bulmaktadır. Her iki tür artığın değerlendirildiği alanlar bulunmaktadır.

Parça mermer artıklar; beton agregası, döşeme plağı agregası, sıkıştırılmış yol zemini, baraj + inşaatlarda dolgu malzemesi, demir yolu zemin malzemesi, paledyen – yer döşeme malzemesi ve benzeri yerlerde değerlendirilebilmektedir (Şentürk vd. 1996).

Toz mermer artıklar; zirai kireçtaşı – zirai toprak ve zemin ayarlayıcı, yem ve mineralli besinler, sıva katkı malzemesi, çimento üretimi, kireç üretimi, kalsine dolomit üretimi, cüruf yapıcı malzeme, refrakter malzeme, asit nötrleştirmede, cam üretiminde, kağıt üretiminde, şeker rafinasyonunda, baca gazından kükürdün gideriminde kullanılmaktadır (Şentürk vd. 1996). Mermer tozlarının sanayide kullanım oranı ve miktarı ile ilgili Devlet İstatistik Enstitüsü Başkanlığının 1997 yılı verileri Çizelge 1.2’ de verilmiştir.

Çizelge 1.2 Mermer tozlarının sanayide kullanım alanları ve oranları (D.İ.E. 1997)

KULLANIM ALANI	% CaCO ₃	Üretim Miktarı (ton)
Seramik	5 - 6	300.000
Plastik	30 - 45	560.000
Çimento	15 - 20	28.550.000
Gübre	50 - 80	3.500.000
Kanatlı Hayvan Yemi	10 - 12,50	927.000
BB ve KB Hayvan Yemi	5 - 7	1.450.000
Boya	Tespit Edilemedi	130.000
Gazete Kağıdı	2 - 6	140.000
Kitap Kağıdı	5 - 40	90.000
Ambalaj Kağıdı	20 - 25	28.000
Sigara Kağıdı	35 - 40	5.400

1.2.4.1 Mermer tozlarının çimento üretiminde kullanılması:

Küçük boyutlardaki kireç taşının (mermer) portlant çimento klinkeri ile birlikte çok ince boyutta öğütülmesi, çimentonun tane büyüklüğü dağılımını ince aralıkta değiştirecek şekilde geliştirmektedir. Bu ince taneciklerin betonda iri taneler arasındaki su ile doldurulan boşlukların yerini aldığı görülmüştür. Böylece çimento pastası, harç ve betonun kıvamlılığı azalır ve daha az su kullanılarak istenilen kıvam elde edilir. Çimento üretiminde katkı maddesi olarak %15-20 oranında kullanılan kireçtaşında, aşağıdaki özellikler aranmaktadır.

- 1- CaCO₃ %75 den fazla olmalıdır.
- 2-MgO % 5 den az olmalıdır.
- 3-Kil bileşeni %1,2 den az olmalıdır.
- 4-Organik bileşen %0,2 den az olmalıdır (Çekirge 2007).

1.3 İscehisar-Afyonkarahisar Mermerlerinin Özellikleri

Antik Dokimeion (bu günkü İscehisar) kentinin kuruluşuyla birlikte işletilmeye başlanan İscehisar mermerleri, yaklaşık 2300 yıldır tanınmaktadır. Bugün olduğu gibi antik dönemde de tüm dünyaya İscehisar'dan yayılan bu mermerler Roma'da "Synnada (bu günkü Şuhut) mermerleri", Anadolu'da ise "Dokimeion mermerleri" olarak bilinmektedir. İscehisar mermer ocakları çok değişik renklerde mermere sahip olması ve büyük bloklar ve sütunlar elde edilmesi nedeniyle özellikle Roma döneminin en önemli mermer ocaklarından birisi idi. Daha çok heykel yapımında kullanılan beyaz renkli mermer, antik çağlarda bir çok yerde çıkarılırken kırmızı damarlı "menekşe" ticari ismiyle bilinen mermer ise sadece Dokimeion'dan çıkarılmıştır. (Çelik 2003)

1.3.1 İscehisar-Afyonkarahisar Mermerlerinin Jeolojisi

Mermerler sıcaklık ve özellikle basınç (deformasyon) etkisiyle kıvrımlanmışlardır. İscehisar mermerlerinde üç farklı evrede gelişen kıvrımlanma tespit edilmiştir (Sümer vd 1997).

Literatürde Afyon mermerleri olarak isimlendirilen İscehisar mermerleri beyaz, sarımsı, bej, boz renkli, kalın tabakalı olup, adını mostra yakınındaki İscehisar ilçesinden almıştır. Birim beyaz, gri, alacalı, krem renkli, kalın – çok kalın tabakalanmalı, büyük bloklar verebilen, ince kristalli çok değerli bir mermer türüdür. Birim Afyon metamorfiteği içinde mercer şekindedir. Kalınlığı en fazla 300 metre kadardır. Birim İscehisar ilçe merkezinin güneyinde, KB- GD doğrultusu boyunca 6 km. uzunluğunda 1.5 km. genişliğindeki bir alanda yüzeylemektedir (Çelik 1995).

1.3.2 Mineraloji ve Petrografi

İscehisar mermerleri üzerinde yapılan mikroskobik incelemelerde kalsit kristallerinin dışında sekonder mineral olarak klorit, serizit, kuvars ve manyetit minerallerine

rastlanmıştır. Kalsit kristalleri mozaik dokulu ve romboedral dilinimlidir. Mikroskobik incelemeler sonucunda kalsit kristal boyutunun 0,2 – 0,8 mm arasında değiştiği saptanmıştır (Çelik 1995).

Bazı kesimlerde şeker dokusu ile poligonal kalsitlerin oluşturduğu dokular beraberce görülmektedir. İnce taneli dokudaki mermerlerde hakim çatlak dokuları limonittir. Mermerde, kısmen düzensiz klorit dağılımı da izlenir (Kibici vd, 2001).

Afyon kaymağı (beyazı) ve şekeri diye ün yapmış Afyon mermerleri, diğer çeşitleriyle birlikte genel olarak Afyonkarahisar'ın İscehisar ilçesi çevresinde bulunmaktadır. Paleozoik yaşlı Afyon mermerleri; granoblastik tekstür gösteren, orta taneli kalsit kristallerinden oluşmuştur. Yeşil şist fasiyesi minerallerinden oluşan, Afyon metamorfileri içinde mercek olarak bulunan mermerler, neojen volkanitleri tarafından örtülmektedirler. Afyon mermerleri görüntüleri nedeniyle oldukça fazla sayıda isimle anılırlar (Afyon kaymak, şeker, menekşe, kaplanpostu, buludi, hareli, grili beyaz ve dumanlı beyaz gibi.). Ancak bunların çoğu diğer özellikleri yönüyle hemen hemen birbirinin aynıdır (Çelik 1995).

1.3.3 Kimyasal Özellikler

Afyon mermerlerinin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1.3' de verilmiştir. Mermerlerde önemli bir bileşik olan kuvars, mermerlerin değerini belirleyen önemli parametrelerden birisidir. SiO₂ %0,14 ile %1,45 oranında değişmektedir. Afyon menekşenin bünyesinde Fe₂O₃ oranı diğerlerine göre (%0,02 - %0,11) çok yüksek oranda olup değeri %20'dir. Mermerlerin tektonik hareketlerle kırılıp parçalandıktan sonra araya giren hidrotermal sular içerisinde erimiş halde bulunan çeşitli minerallerin kristalleşmesi sonucunda tekrar birleştirilmiş haline "breşik mermer" adı verilir. Afyon menekşe mermeri breşik yapılı bir mermer olup tektonik olaylar sonucu kırılan parçalar demir oksitli sular tarafından çimentolanarak birleştirilmiştir. Bu olaylar sonucundan demir oksitten dolayı renklenmeler meydana gelmiştir. Dolayısıyla Afyon

menekşe mermerinin Fe_2O_3 oranı diğerlerine göre (%0,02 - %0,11) çok yüksek oranda olmasının sebebi bu şekilde açıklanabilmektedir.

Çizelge 1.3 Afyon mermerlerinin kimyasal analizi (Kibici vd 2000)

Örnek	SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)
Afyon Beyaz	0,24	0,02	49,53	2,21
Afyon Şeker	0,24	0,02	49,53	2,21
Afyon Bal	0,24	0,02	49,53	2,21
Afyon Menekşe	1,45	20,0	53,75	0,80
Afyon Kaplan Postu	0,14	0,11	55,57	Eser

1.3.4 Fiziko-Mekanik Özellikler

Kaplama, döşeme ve dekorasyon amaçlı kullanılan mermerlerin fiziko-mekanik özelliklerinin belirlenmesiyle kalitesinin ortaya konması ve buradan hareketle bunların yapıda kullanım yerlerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Afyon mermerlerinin fiziko – mekanik özellikleri Çizelge 1.4’de verilmiştir. Afyon mermerlerinin fiziko-mekanik özelliklerinin standartlarda verilen değerlere uygun olduğu görülmektedir.

Çizelge 1.4 Afyon mermerlerinin fiziko – mekanik özellikleri (Kibici vd 2000)

Mermer Adı	Sertlik (Mosh)	Yoğunluk (gr/cm ³)	Su Emme (%)	Porozite (%)	Basınç Mukavemeti (kg/cm ²)
Afyon Beyaz	3	2,75	0,10	0,20	701,00
Afyon Şeker	3	2,75	0,10	0,20	701,00
Afyon Menekşe	4	2,73	0,30	0,38	395,00
Afyon Kaplanpostu	3	2,73	0,10	0,20	648,00
Afyon Bal	4	2,73	0,10	0,20	701,00
T.S. 699 EN		2,75 -3,20	<1,8	0,0002 -0,5	>500,00

1.4 İscehisar-Afyonkarahisar Bölgesinde Mermer Endüstrisi ve Mermer Artıklarının Oluşumu

Ülkemizde mermercilik 1980’li yıllardan sonra gelişmeye başlamıştır. 1980’lerin başında 15 milyon dolar olan Türkiye’nin toplam mermer ihracatı 2000 yılında 189 milyon dolara yükselmiştir. İhracatımız 2001 yılında 223,5 milyon dolar, 2002 yılında 302,9 milyon dolar, 2003 yılında 430,7 milyon dolar, 2004 yılında 626,1 milyon dolar, 2005 yılında 734,54 milyon dolar ve 2006 yılında da 1027,37 milyon dolar gerçekleşmiştir (İnt. Kayn. 2). Ülkemizde son yıllarda blok ve levha ihracatı yerine işlenmiş mermer ihracatı hızla artmıştır. Buradaki artışın en önemli nedeni, sayıları gün geçtikçe artan mermer entegre tesisleridir.

Türkiye’de herhangi bir mermer sahasından elde edilen mermerlerin hiçbiri Afyon-İscehisar mermerleri kadar geniş bir kullanım alanına sahip değildir. Afyon-İscehisar yöresinde elde edilen mermerlerden binaların iç ve dış cephe kaplamaları, döşemelik plaka, mutfak bankosu, merdiven basamağı, paledyen vb. kullanımlarda inşaat sektöründe yararlanılırken, moloz ve takoz boyutundaki artık mermerler torna atölyelerinde işlenerek turizm sektöründe hediyelik eşya (vazo, saat, kalemlik, isimlik vb.) yapımında da kullanılmaktadır (Kuşcu vd. 2001).

1.4.1 Afyonkarahisar Bölgesi Mermer İşleme Tesisleri ve Ocak İşletmeleri

Afyonkarahisar’da yaklaşık 400 mermer fabrikası bulunmaktadır. Bu fabrikaların dağılımı Çizelge 1.5’de verilmiştir. Ayrıca devamlı çalışan 30’u aşkın ocak bulunmaktadır. Bu fabrikalarda ve ocaklarda 80 mühendis, 43 tekniker, 224 ustabaşı ve 1638 işçi olmak üzere toplam 1985 kişi istihdam edilmektedir. 2000 yılı toplam plaka mermer üretimi 6.611.000 m² dir. Fabrikaların üretimdeki paylarını incelediğimizde üretimde ilk 20’ye giren fabrikanın Afyonkarahisar toplam üretiminin % 68’lik kısmını gerçekleştirdiği görülmüştür (ATSO 2007).

Çizelge 1.5 Afyonkarahisar’da mermer işleme tesislerinin bölgesel dağılımı (ATSO 2007)

Tesis Tipi / Bölge	Entegre Tesis	S/T (Vinç) Plaka Mermer Fabrikası	Yarma Atölyesi	Torna Atölyesi	Mozaik Mıncır Tesisi	TOPLAM
İscehisar	25	71	79	92	13	280
Susuz Boğazı	7	24	3	1	0	35
Organize Sanayi Bölgesi	13	15	3	8	1	40
TOPLAM	45	110	85	101	14	355

1.4.2 Afyonkarahisar Bölgesinde Oluşan Mermer Artıkları Miktarı

Mermer ocak işletmeciliği ve işleme tesislerinde ortaya çıkan parça ve toz boyutundaki artıklar, ticari ürün miktarına göre oldukça fazla oranlarda ortaya çıkmaktadır. Günümüzde 1.000 tonluk bir mermer rezervi doğadan üretildiğinde ortalama 1,5x1,4x2,8 metre boyutlarında 15 adet ticari boyutta blok üretilmektedir. Özellikle karbonatlı mermerlerde üretilen 15 adet bloğun 5 adedi kırıklı olduğu için kullanılmamakta ve 10 adet (145 ton) ticari blok mermer işleme tesislerinde işlenmektedir. İşlenmesi sonucunda 26 ton toz artık ve bir bloğunda beklenmeyen kırılma ile devre dışı kalması sonucunda %70 verimle 1,5 cm kalınlığında 100 ton (2.700 m²) ürün kalibrasyon, parlatma ve boyutlandırmaya tabi tutulmaktadır. Burada da %70 verimle işlenen mermerden 1.900 (70 ton) montaja uygun taban döşeme ürünü elde edilmekte buna karşılık 15 ton kırılmış levha/fayans, 5 adet kalite kontrolde elenmiş ürün 10 tona yakın toz artık çıkmaktadır. Montaj anında da 53 lük kayıp söz konusu olabilmektedir. Görüldüğü üzere bugün ülkemizde da aşağı yukarı bu oranlarda çalışılmakta 1000 ton mermer rezervinden 70 ton ticari ürün elde edilmektedir. Ortaya çıkan bu devasa artık miktarının azaltılması hem doğal kaynakların optimal kullanılması bakımından hem de çevresel etkilerin azaltılması bakımından büyük önem taşımaktadır (Onargan 2007).

AB ülkelerinde son yıllarda yapılan teknolojik araştırmalarda sakata çıkan 5 bloğun epoksi uygulamaları ile 1'e dūřürölmesi, işlem tesislerindeki verimlerin %70'lerden %90'lara çıkarılmasına çalışılmakta bu şekilde hedeflenen dōřeme ürünü 1.900 m² (70 ton) den 3.910 m² (158 ton) ye çıkarılmaya çalışılmaktadır. Ortaya çıkan kek halindeki toz artıklarında çalışmanın başında sözü edilen kullanım alanlarının yanı sıra TiO₂ ve diğer bağlayıcı maddelerle kompozit haline getirilip basit dōřeme uygulamalarında inşaat işlerinde kullanılmasına çalışılmaktadır (Onargan 2007).

1.4.2.1 Mermer işleme tesislerinde oluşan mermer artıkları miktarı

Afyonkarahisar'da Sanayi ve Ticaret Odasına kayıtlı 45 entegre tesis, 110 plaka mermer fabrikası, 85 yarma atölyesi 101 torna atölyesi bulunmaktadır. Mermer işleme tesisi sayısının yaklaşık olarak 400 civarında olduğu bilinmektedir (ATSO 2007).

Afyonkarahisar'da yaklaşık 400 adet mermer işleme tesisinin teorik kapasitesi yıllık 6.500.000 m²'dir. Bu tesislerin % 70 randıman ile çalıştığı dūřünölürse yaklaşık 4.500.000 m² / yıl kullanılan kapasite mevcuttur.

Yapılan araştırmalar sonucunda, Afyonkarahisar'daki mermer fabrikalarında yılda yaklaşık olarak 400.000 m³ mermerin işlendiği tespit edilmiştir.

Mermer işleme fabrikalarında kullanılan kesme makinelerinin her bir bıçağı (disk veya kama) kesme işlemi esnasında bloğunda yaklaşık 7 - 8 mm kalınlığındaki mermer dilimini toz haline dönüştürmektedir. Bloğun 2 cm'lik yada 3 cm'lik kesim durumuna göre %20 - 30 oranında toz oluşmaktadır. Plaka kalınlığı 1 cm olacak olursa; açığa çıkan toz miktarı oranı daha fazla olmaktadır. Genellikle 2 - 3 cm kalınlıkta plaka üretimi yapılmasıyla birlikte 1 cm'lik kesim ve diğer mermer işleme işlemleri de göz önüne alınarak oluşan toplam toz miktarı; toz oluşum oranı ortalama %30 alınarak hesaplanmıştır. Mermer ortalama yoğunluğu 2,7 ton/m³ dır.

Afyonkarahisar’da mermerlerden açığa çıkan toplam toz miktarı (m³ olarak):
400.000 m³ x 0,30 = 120.000 m³

Açığa çıkan toplam toz miktarı (ton olarak):
120.000 m³ x 2,7 ton/ m³ = 324.000 ton

Bir bıçağın toz haline dönüştürdüğü mermer diliminden yola çıkılarak toplam artık toz miktarı hesap edilecek olursa; diğer toplam ile hemen hemen aynı olduğu görülecektir. Hesaplamada 1 m³’lük bir blok esas alınmıştır (boyutları 1x1x1 m’dir).

Kesilen plakanın kalınlığı = 2 cm

Toz olan dilimin kalınlığı = 0,8 cm

Toplam kalınlık = 2,8 cm

Blokta toz haline dönüşen dilim sayısı : 100 cm / 2,8 cm = 36 adet

Kesilen dilimlerin toplam hacmi : 36 x 0,008 m x 1 m x 1 m = 0,288 m³

Bu durumda Afyonkarahisar’da mermerlerden açığa çıkan toplam toz miktarı
400.000 x 0.288 m³ = 115.200 m³ olmaktadır.
115.200 m³ x 2,7 ton /m³ = 311.040 ton olmaktadır.

Afyonkarahisar İl Çevre ve Orman Müdürlüğünün yaptığı denetimlerde elde ettiği verilere göre ise yıllık oluşan artık miktarları ise Çizelge 1.6’da verilmiştir.

Çizelge 1.6 Mermer işleme tesislerinde oluşan artık miktarları (İÇOM 2007).

Atık Oluşum Yeri	Sulu Mermer Artığı Ton / yıl	Katı Mermer Artığı Ton / yıl
Organize Sanayi Bölgesi	100.000 – 120.000	50.000 – 60.000
Susuz Bölgesi	60.000 – 70.000	30.000 – 35.000
İscehisar Bölgesi	220.000 – 250.000	110.000 – 125.000
TOPLAM	380.000 – 440.000	190.000 – 220.000

1.4.2.2 Ocaklarda Oluşan Artık Miktarı

Afyonkarahisar'da sürekli çalışan yaklaşık 30'u aşkın ocak bulunmaktadır. Bu ocakların sahip olduğu blok ve kesilebilir moloz üretim kapasitesi 400.000 ton/yıl yani 148.000 m³/yıl'dır (Kibici 2001).

Ortalama olarak bir mermer ocağında %40 - %70 civarında artık meydana gelmektedir.

Artık Miktarı %70 olarak kabul edilirse;

Yıllık Artık Miktarı: 148.000 m³/yıl x 0.7 = 103.600 m³/yıl olarak bulunur.

1.5 Mermer Artıklarının Çevreye Olan Etkisi

Mermer ocağı işletmelerinin yeryüzünün genel yapısı, bitki örtüsü, hava, yeraltı ve yerüstü suları gibi çevre elemanlarına olumsuz yönde etkisi bulunmaktadır. Mermer ocağı işletmelerinin çevreye olan zararları sorunun bilinmesi, zararlı etkilerin derecesi, bunlardan korunması ve giderilmesi kriterleri göz önüne alındığında diğer endüstrilere göre daha az zararlı olup sadece görsel etki yönünden dezavantajlı olduğu görülmektedir. Çünkü mermer atıklarının çevrede kalıcı bir etkisi bilinmemekte olup diğer kirletici unsurların da alınacak önlemlerle azaltılması veya tamamen bertaraf edilmesi mümkündür (Çelik vd 2003).

1.5.1 Görüntü Kirliliği

Mermer ocak işletmelerinin ve açık ocak madenciğinin yeryüzünün genel yapısı, bitki örtüsü, hava, yeraltı ve yerüstü suları, gürültü, toz gibi çevre elemanları üzerinde etkisinin olduğu tartışılmaz bir gerçektir. Bu etkiler üzerindeki en büyük problem "görsel etki" olup diğer sorunların da göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Çünkü görsel etki, aynı zamanda diğer sorunların bir aynasıdır. Ancak bu etkiler iyi bilinmekte olup kısa veya uzun vadede kabul edilebilecek sınırlara indirgenebilecek özelliktedir (Çelik vd 2003).

1.5.1.1 Mermer ocaklarında ve işletmelerinde görsel etkinin kaynağı

Her açık ocak işletmesi çevrenin özelliğine bağlı olarak bir etki yaratır. Her işletme bazı estetik kayıpların yanı sıra çevrenin kendine özgü niteliklerinin de yok olmasına neden olur. En azından çevrenin kendine özgü perspektifi, kazı çukurlarıyla ya da pasa, atık dökümü sahalarıyla kaybolur. Aynı şekilde işletme binaları sosyal rekreasyonel tesislerin ve yolların yapımı, iş ve nakliye araçları sayısındaki artış peyzajda bazı görsel değişikliklere neden olabilir (Çelik vd 2003).

Mermer ocaklarının ve işletmelerinin potansiyel görsel etki kaynakları ocağın yapısal özellikleri, hareketli alanlar, mermer atıklarının döküldüğü döküm sahaları ve inşaat alanlarıdır. Bütün bu unsurlar ufuk çizgisi üzerinde yükselerek kendilerini doğal çevrede görünür kılarlar (Çelik vd 2003). Mermer ocaklarında görsel etki kaynakları Çizelge 1.7' de verilmiştir.

Çizelge 1.7 Mermer ocaklarında ve işletmelerinde görsel etkinin potansiyel kaynakları (Çelik vd 2003).

1. Ocak Yapısı	Toprak ve dekapaj yığını (döküm sahası), kullanılmayan boyuttaki mermer atıkları, stok alanı, ocak içi nakliyat yolları ve rampalar, ocak basamak şevleri, ocak içi su havuzu ve göledi, kullanılmayan ayna yüzeyleri.
2. Hareketli Alanlar	Ocakta çalışan iş makineleri, vinçler, ocak bağlantı yolları ve ana yollar, hareketli kırma ve eleme tesisleri
3. Bina ve İnşaat Alanları	Şantiye binaları, ambarlar, kırma ve eleme tesisi, bant konveyörler, yakıt ve su tankları
4. Çeşitli Kaynaklar	Hava kirliliği (toz ve gaz emisyonları), toz birikintileri, yollardaki çamurlar, gece çalışmalarında aydınlatma
5. Diğer Kaynaklar	Topografyadaki uzun südre gerçekleşen değişimler, planlanan proje sınırlarına uyulmaması.

Ocak işletilme süresinde doğal çevrede meydana gelen değişimler bariz bir şekilde izlenebilmektedir. Mermer ocak işletmelerinde çevresel etkinin en bariz örnekleri, yeryüzü görünümünün bozulması ve buna bağlı olarak oluşan görsel etkidir. Yeryüzü

görünümünü bozan çalışmalar dekapaj ve üretim faaliyetleri sonucunda oluşan çukurluklar ile dekapaj, ocakta oluşan mermer artıklarının ve mermer işleme kesme fabrikalarında oluşan mermer atıklarının döküldüğü döküm sahalarıdır (Çelik vd 2003).

1.5.1.2 Dekapaj ve mermer üretiminden dolayı oluşan görüntü kirliliği

Mermer ocak işletmeciliğinde, mermer üretiminin ilk basamağı, yararlı mermer kütlesi üzerini örten örtü tabakasının kaldırılmasıdır. Bu örtü tabakası işletilecek mermer cinsine göre değişik kalınlık, bileşim ve özelliklerde olabilir. Mesela mermer blok üretimi için açılan ocaklarda genellikle örtü tabakası topraktan ziyade “yanık seri” olarak tabir edilen ayrışmış ve bozuşmuş kısımdır. Traverten ocakları oluşumun jeolojik özelliklerinden dolayı kum ve kil bileşimi alüvyon tabakaları ile örtülü olabilir. Her ne şekilde olursa olsun istenilen özelliklerde üretim yapılabilmesi için bu örtü tabakasının kaldırılması gerekmektedir. İşte mermer ocaklarında doğal çevre yapısını bozan ana etkenlerden birisi mermer kütlesinin açığa çıkarılması için yapılan dekapaj işlemleridir. Dekapaj işlemlerinde doğrudan arazi topografyası hedef alınmaktadır. Bu işlem sonucunda, toprak ve bitki örtüsü kayıpları, topografyadaki değişiklikler ve çok miktarda mermer artıkları oluşmaktadır. Dekapaj işleminden sonraki aşama olan mermer bloklarının üretimi aşamasından itibaren, açık ocak oluşmaya başlamaktadır. Bu işlemlerin devam ettiği süreye bağlı olarak ocak boyutu yatay ve düşey mesafelerde genişlemekte ve açılan boşluk miktarı gittikçe artmaktadır (Çelik vd 2003).

Mermer ocak işletmelerinden alına mermer blokları nedeniyle oluşan çukurluklar, doğal morfoloji üzerinde en fazla değişikliğe neden olan faktörlerdendir. Mermer ve doğal taş işletmeciliğinin esasını oluşturan mermer blokları ve doğal taşların üretimi, doğal çevre morfolojisinin bozulmasına, toprak kayıplarına ve buna bağlı olarak topografyada meydana gelebilecek değişikliklere ve görsel kirliliğe neden olmaktadır (Çelik vd 2003).

1.5.1.3 Döküm sahalarından dolayı oluşan görsel etki

Mermer ocak işletmelerinde en önemli konu ocağın blok verimidir. Blok verimi, ocağın ekonomik durumunu gösterir. Ocak verimi, ocaktan alınan blok miktarının, ocaktan çıkarılan toplam malzeme miktarına oranıdır. Mermer ocaklarında ortalama olarak, üretimin % 40-60'ı mermer artığı olarak atılmaktadır. Mermer ocaklarında blok alınmasını sınırlayan en önemli unsur mermer yatağındaki kırık ve çatlakların durumudur. Bu tür mermer atıklarının miktarına, ocağın jeolojik yapısının yanı sıra yanlış üretim metodu uygulamak da sebep olabilir. Ocaklarda mermer atıklarının oluşmasına sebep olan bir diğer etkende sayalama işlemidir. Ocakların tektonik yapısına uygun olarak elde edilen çok büyük şekilsiz kütleler çeşitli yöntemlerle istenilen ebatlarda alt, üst ve yanlarından kesilirler. Kesim sonucu ortaya çıkan bu artıklar ve blok elde edilmesi sonucu oluşan diğer tüm artıklar bir tarafta biriktirilir. Genel olarak pasa adı verilen bu artıklar yükleyiciler vasıtasıyla kamyonlara yüklenerek pasa döküm sahasına dökülür ve yığın oluşturulur (Çelik vd 2003).

1.5.2 Artıkların Yeraltı ve Yerüstü Suyuna Etkisi

Bilindiği üzere uluslar arası literatürde ve uygulamalarda standart su kalitesi ölçülebilen 3 parametre ile ifade edilmektedir. Bunlar sırasıyla suyun pH'ı, toplam askıdaki katı madde miktarı ve biyolojik oksijen gereksinimi değerleridir. Mermer ocak işletmeciliği ve işleme tesislerinde ortaya çıkan yüzey suları için izin verilen emisyon değerleri TSS için 20-100 mg/litre, BOD için 40-125 mg/litre ve pH için de 5 ile 11 değerindedir. (Onargan 2007).

Mermer madenciliği işlemlerinde gerek mermer ocağı işletmeciliği gerekse işleme tesislerinde ortaya çıkan atık sularında organik kökenli bir kirliliğe neden olacak oluşumlar meydana gelmektedir. Mermer ocak işletmeciliğinde ana damardan mermer blok kesiminde ve blok sayalamada ve de sulu delik delme aşamalarında suda askıdaki katı madde miktarı artışı meydana gelmektedir. Mermer işlem tesislerinde ise askıda madde miktarı işletmelerdeki atık tesislerinde çöktürme ve filtreleme sonucu katı kek

artık haline getirilmekte ve elde edilen katı kek halindeki artıklar seramik fabrikaları, kağıt fabrikaları ve diğer sanayilerde hammadde olarak kullanılabilir. Arıtılan su tekrar işletmede kullanılmaktadır (Onargan 2007).

1.5.3 Atıkların Bitki Örtüsüne ve Toprak Üzerine Etkileri

Bitki örtüsüne ve toprak üzerine tozlar zarar vermektedir. Mermerin ocaktan çıkarılmasında ve işlenmesinde herhangi bir toksit ve asidik madde kullanımı yoktur. Toz problemi de; ocak yollarında gerekli düzenlemelerin yapılması ve sık sık sulama ile bu ortadan kalkmaktadır. Ancak işletmelerin bu basit önlemleri çoğu zaman ihmal ettikleri bir gerçektir.

Tozların bitki örtüsüne ve toprak üzerine etkisi, Resim 1.1’de ve Resim 1.2’de İscehisar Bölgesinde çekilmiş 2 fotoğrafta görülmektedir.



Resim 1.1 Tozların bitki örtüsüne ve toprak üzerine etkileri



Resim 1.2 Tozların bitki örtüsüne ve toprak üzerine etkileri

1.5.4 Atmosferik Kirlilik (Toz Oluşumu ve Hava Kirliliği)

Mermer ocak işletmeciliğinde ve işleme tesislerinde blok kesme ve işleme makineleri, kollu kesiciler, ST, Katrak gibi makineler genelde sulu kesim yaptıklarından kesim anında toz açığa çıkması söz konusu değildir. Ancak mermer ocak işletmeciliğinde özellikle basınçlı hava ile delik delme işlemlerinde, traverten ve kireçtaşı türü formasyonlarda kullanılan Jet-Belt ve Zincirli Kollu kesicilerin kuru kesim yapması durumunda toz emisyonu ortaya çıkmaktadır. Ayrıca ocak içi nakliye yollarında da zaman zaman toz emisyonu olabilmektedir. Bu tozlar çalışanları, çevre yerleşim birimlerini, bitki örtüsünü olumsuz etkileyebilmektedir. Tozluluk ister doğal, ister yapay nedenlerden kaynaklansın, görüş mesafesini azaltan, güneş ışınlarının adsorblandığı bandı değiştiren, insan, hayvan ve bitki sağlığına olumsuz etki yapan bir kirlilik türüdür. Önlem alınmaması durumunda mermer ocak üretimleri sonucu oluşan tozlanmalarda çevre yerleşim alanlarının yanı sıra, fundalık ve makilik hatta orman alanlarının da etkilenmesi mümkün olabilmektedir. İşletme içi nakliye yollarında

devamlı spreylenecek nemli kalması sağlanmalı ve tozlu kesimlerde makineler ile kesme işlemi sırasında gerekli spreylemeler ile tozlanma en aza indirgenmelidir (Onargan 2007).

AB ülkelerinde mermer ve taş ocaklarının etrafında izin verilen toz miktarı 20 ile 150 mg/m.gün olarak belirlenmiştir. Mermer ocak işletmelerinde oluşan tozlanmanın herhangi bir toksik etkisi olmayıp sadece değişik yaşam formlarında fazla emisyon miktarlarında küçük etkileri olabilmektedir. Gereklİ önlemlerin alınması halinde mermer madenciliğinde tozun önemli bir çevresel etki yaratan unsur olmaktan çıktığı rahatça söylenebilir. Mermer ocak işletmeciliğinin yanı sıra, mermer işleme tesislerinde oluşan tozların da çevre açısından çok fazla önem arz edecek bir tehlikesi bulunmamaktadır (Onargan 2007).

2. ATIK VE ATIK DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

Teknolojik gelişmeler ve sanayileşme ile paralel olarak yaşanan hızlı kentleşme ve nüfus artışı, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de insan faaliyetlerinin çevre üzerindeki baskısını hızla artırmaktadır. Bu süreçte üretim ve pazarlama faaliyetlerindeki genişleme, doğal kaynakların daha yoğun kullanımını kaçınılmaz kılarken, sürekli artan tüketim eğilimi ile birlikte oluşan atıklar da, hem miktar ve hem de zararlı içerikleri nedeniyle çevre ve insan sağlığını tehdit eder boyutlara ulaşmıştır. Bu koşullarda, gelişen çevre bilincine paralel olarak çevrenin korunması bütün dünyada ülkelerin temel politika öncelikleri arasında giderek ön sıralara yerleşmekte ve atık yönetimi de çevre koruma politikaları arasında ağırlıklı bir yer tutmaktadır. Doğal kaynakların hızla tüketilmesinin önüne geçilmesi ve üretilen atıkların çevre ve insan sağlığı için bir tehdit olmaktan çıkarılarak ekonomi için bir girdiye dönüştürülmesini amaçlayan atık yönetim stratejileri, tüm dünyada giderek öncelikli bir politika hedefi olarak benimsenen “sürdürülebilir kalkınma” yaşamının temelini oluşturmaktadır (Sayıştay Dergisi 2007).

5491 sayılı Çevre Kanununda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanununun 3. maddesinin f fıkrasında “Her türlü faaliyet sırasında doğal kaynakların ve enerjinin verimli bir şekilde kullanılması amacıyla atık oluşumunu kaynağında azaltan ve atıkların geri kazanılmasını sağlayan çevre ile uyumlu teknolojilerin kullanılması esastır” hükmü yer almaktadır (Resmi Gazete 2006).

Kavram kargaşasını önlemek amacıyla madencilikte sıkça ve zaman zaman birbiri yerine kullanılan ve “artık” ve “atık” kavramlarının açıkça tanımlanması gerekmektedir.

Artık, bir başlangıç malzemesinden, yararlanılmak istenen bölüm alındıktan sonra o malzemedeki arda kalan bölüm artık olarak tanımlanmalıdır. Bu tanımlamaya göre, bir mermer bloğundan alınan plakalar dışındaki düzensiz parçalar, bir kömür yıkama tesisinde batan şist, bir flotasyon tesisindeki değersiz minerallerin toplandığı ürün (tailings), altın liç tesisindeki altını alınmış çamur, vb malzemeler artık sınıfına

girmektedir. Kısaca, geleneksel olarak, herhangi bir madencilik faaliyeti sırasında o faaliyet için satılabilir nitelik taşıyan ürünlerin dışındaki her şey ilk önce bir artıktır (Arol 2005).

Atık; bir faaliyet sonrası, çevreyi, fiziksel, kimyasal, biyolojik veya görsel olarak kirletme potansiyeline sahip ve/veya buldukları yerde gözlem, ölçüm, denetim ve elleçleme amacıyla sürekli harcama gerektiren arazi ve yapılar, katı, sıvı veya gaz halinde bulunan maddeler atık olarak tanımlanmalıdır. Buna göre, işletilmiş ve hiçbir arazi (ocak) ıslahı yapılmadan terkedilmiş madenler, madenden veya cevher hazırlama tesislerinden çıkan ve gelişigüzel dağılmış veya yığılmış her tür katı, denetimsiz olarak dere yataklarına akıtılan artık sıvı ve çamurlar, atık havuzlarında sürekli gözlem ve denetim altında tutulması gereken sıvı ve çamurlar, havaya salınan gazlar ve gereksiz yere harcanan enerji atık olarak nitelendirilmelidir. Zira söz konusu bu atıklar için toplum (işletmeci) ek bir bedel ödemiştir, ödemektedir veya ödeyecektir (Arol 2005).

2.1 Atık Depolama Yöntemleri

Endüstride sıkça kullanılan atık depolama yöntemi, dolgular veya göletler şeklinde yapılan yüzey depolama yöntemidir. Yeraltı depolama yöntemi de uzun yıllar tasarlanmış ve birçok kez uygulanmıştır; ancak, bu yöntem ile depolanan miktar, üretilen atık miktarlarına oranla oldukça azdır (Sevim vd. 1998).

Yüzey depolamada, çevre açısından karşılaşılan bazı problemler; yer üstü ve yeraltı asidik su akıntısı, erozyon ve sedimentasyon, toz, ani yanma, yapısal çökme olarak özetlenebilir (Sevim vd. 1998).

Bütün bu çevre problemlerine ek olarak, yeni çevre koruma kanunları ve depolama arazilerinin azalması nedenleri ile de yüzey depolama maliyetlerinin, gelecekte artacağı beklenmektedir. Bu nedenle, atık depolama projelerinin mühendislik tasarımlarında göz önüne alınması gereken en önemli etkenler; teknik üstünlük, çevresel güvenlik ve düşük maliyetlerdir (Sevim vd. 1998).

2.2 Atık Depolama Tesislerinin Sınıflandırılması

Yeryüzü atık depolama tesisleri, göletli ve göletsiz olmak üzere sınıflandırılırlar. Göletli tesislerde, ince atık, göleti meydana getiren baraj duvarlarının arkasına sulu çamur olarak depolanır. Baraj duvarları, genellikle, iri atıktan yapılır. Yeteri kadar iri atık olmadığında, dışarıdan getirilen kaya ve toprak malzemesi de bu baraj duvarlarının yapımında kullanılır. Göletsiz tesislerin duvarları ise, hem iri atık malzemedan hem de suyu alınmış ince atığın iri atıkla karıştırılmasından ortaya çıkan malzemeyle yapılabilir (Sevim vd. 1998).

2.2.1 Göletli Depolama Tesisleri

2.2.1.1 Vadi Barajı (Cross Valley)

Bu tip depolama tesisi, genellikle, tepelik arazide uygulanır. Baraj, vadi çıkışını kapatacak şekilde kurulur ve klasik su barajına benzer. Tasarlanmış bir drenaj planı yoktur ve arkasında bir gölet meydana getirir (Karadeniz 1996, Sevim vd. 1998).

2.2.1.2 Yamaç Barajı (Side MU)

Bu tip barajlı tesis de tepelik arazilerde uygulanır. Baraj, yamaç boyunca veya vadi boyunca uzanır, fakat vadi barajında olduğu gibi, vadinin çıkışını kapatmaz. Gölet oluşturabilmek için baraj duvarının her iki ucu setlerle kapatılır (Karadeniz 1996, Sevim vd. 1998).

2.2.1.3 Setli Gölet (Dikedpond)

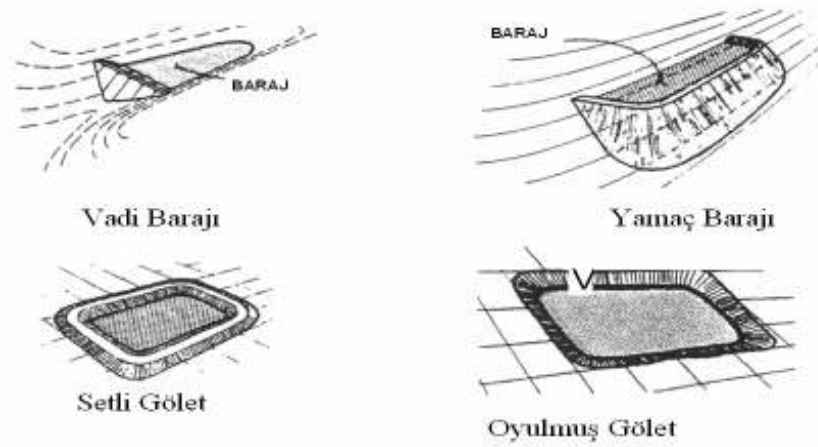
Bu tip tesis, genellikle, düz arazilerde uygulanır. Baraj, göleti içinde bulduran kapalı bir set gibidir. Setlerin yapımında, genellikle, iri atık ve gölet sahasından çıkarılan

malzemenin karışımı kullanılır. Böylece, göletin depolama kapasitesi artırılmış olur. Göletin seviyesi, arazinin seviyesinden daha yüksektir (Karadeniz 1996, Sevim vd. 1998).

2.2.1.4 Oyulmuş Gölet (Incised Pond)

Bu tip tesis de düz arazide uygulanır. Basitçe, yeryüzü seviyesinden aşağıya doğru kazılmış geniş bir çukurun sulu çamur ile doldurulmasından ortaya çıkan bir gölettir. Kazıdan çıkan malzeme, çukurun etrafına yığılabildiği gibi, gerekirse başka bir sahaya da taşınabilir (Karadeniz 1996, Sevim vd. 1998).

Göletli depolama tesislerinin örnekleri Şekil 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2.1. Göletli depolama tesisleri (Sevim vd. 1998)

2.2.2 Göletsiz (Dolgulu) Depolama Tesisleri

2.2.2.1 Vadi dolgusu (Valley Fiil)

Bu sistemde, atık, vadinin içini doldurmaktadır. Genellikle, dolgu, üst baştan başlayıp alt başa doğru ilerler. Bazen de, önce, vadi çıkışı bir setle kapatılır ve daha sonra, vadi, setten başlayarak yukarıya doğru doldurulur. Eğer ince atık depolanacaksa, suyu alındıktan sonra depolanır. Su birikimini önlemek için, dolgunun yüzeyi düzeltilir veya eğim verilir. Bu tür depolama, tepelik arazilere uygundur (Karadeniz 1996, Sevim vd. 1998).

2.2.2.2 Vadi Barajı (Cross Valley)

Baraj, vadi çıkışını kapatacak şekilde inşa edilir. Göletli vadi barajı tesisine benzer, tek farkı, göletlenmeyi önlemek için, bunun tabanına, bir drenaj borusu veya künkü yerleştirilir (Karadeniz 1996, Sevim vd. 1998).

2.2.2.3 Yamaç Dolgusu (Side Hill)

Set, bir vadi veya tepenin yamacı boyunca oluşturulur. Vadi dolgusunda olduğu gibi, göletlenmeyi önlemek için dolgunun üst yüzeyi düzeltilir veya üst yüzeye eğim verilir (Karadeniz 1996, Sevim vd. 1998).

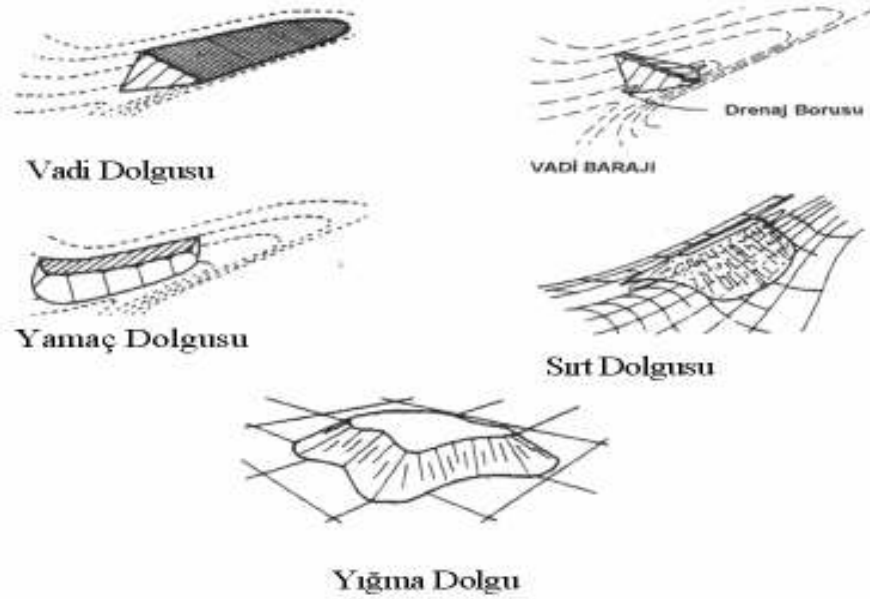
2.2.2.4 Sırt Dolgusu (Ridge)

Dolgu, sırtın en yüksek seviyesinden başlayarak, sırtın her iki yamacına doğru yapılır. Bu tür dolgulama da tepelik arazilere çok uygundur (Karadeniz 1996, Sevim vd. 1998).

2.2.2.5 Yığma Dolgu (Heaped)

Dolgu, oldukça düz bir arazi üzerinde, yığın şeklinde gelişir. Göllemeyi önlemek için, dolgunun üst yüzeyi devamlı bakımda tutulur ve düzeltilir (Karadeniz 1996, Sevim vd. 1998).

Göletsiz depolama tesisinin örnekleri Şekil 2.2’de verilmiştir.



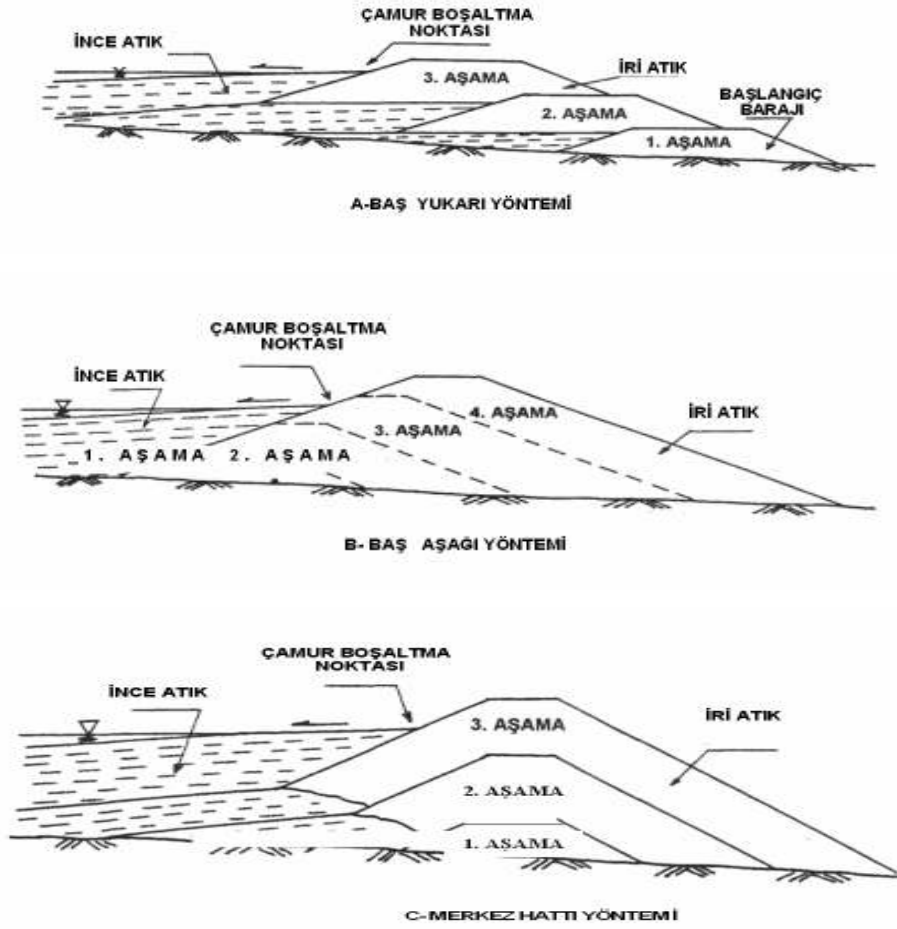
Şekil 2.2 Göletsiz (dolgulu) depolama tesisleri (Sevim vd. 1998).

2.3 Atık Depolama Tesisleri Yapım Yöntemleri

Üç tür yöntem bulunmaktadır.

- 1-Baş yukarı (Akıntıya Karşı İlerletimli) (Upstream Method)
- 2-Baş aşağı (Akıntı Yönünde İlerletimli) (Downstream Method)
- 3-Merkez hattı (Her İki Yönde İlerletimli) (Centerline Method)

Örnekleri Şekil 2.3’de verilmiştir.



Şekil 2.3 Atık barajları inşa yöntemleri (Sevim vd. 1998).

Baş yukarı yönteminde, başlangıç olarak, iri taneli atıktan bir baraj yapılı ve sulu çamur kıvamındaki ince atık, bu barajın arkasına depolanır. Daha sonra, iri atıktan, yeni, fakat küçük barajlar, kısmen bir önceki barajın üzerine, kısmen de zamanla suyu süzülen ve çökelen ince atığın üzerine inşa edilir ve tesis, bu şekilde üst başa doğru gelişir (Karadeniz 1996, Sevim vd. 1998).

Baş yukarı yöntemi, diğer iki yönteme göre daha az atık malzemesi gerektirir. Bu yöntemdeki önemli bir özellik, çökelen ince atığın basınç gücünün, daha sonra üzerine gelecek barajın basıncını taşıyacak seviyede olmasını sağlamaktır. Baş aşağı yönteminde, baraj, başlangıç barajından başlayarak aşağıya doğru geliştirilir. Bu tür barajların daha güvenli olduğu iddia edilmektedir, çünkü yeni iri atık, tamamen eski iri

atığın üzerine yığılmaktadır. Bu yöntemle, yeteri kadar iri atık malzeme ve aşağıya doğru müsait arazi olduğu sürece, oldukça yüksek dolgular yapılabilir (Karadeniz 1996, Sevim vd. 1998).

Merkez hattı yönteminde, dolgu, başlangıç barajının her iki yakasına iri atık malzeme yığılarak geliştirilir. Bu yöntem ise, dik araziler ile baş yukarı yönteminin, ince atıklara yeterli depolama sahası temin edemediği yerlerde tercih edilir (Karadeniz 1996, Sevim vd. 1998).

2.4 Mühendislik Tasarımı

Atık depolama tesislerinin tasarımında, ortaya çıkabilecek en kötü senaryo göz önünde bulundurulmalıdır. Böyle bir senaryo, barajın veya dolgunun ulaşabileceği en yüksek seviye, suyun ulaşabileceği en yüksek seviye, suya doymuş hale gelmiş zemin ve de sismik olayların varlığının göz önüne alınmasıyla ortaya çıkabilir (Sevim vd. 1998).

Mühendislik analizi, birkaç olası depolama sahasının incelenmesi ile başlar. Bu aşamada, tüm ilgili yönetmelikler gözden geçirilir, hava fotoğrafları, jeolojik, topoğrafik ve coğrafi haritalar incelenir, sahalara yakın madencilik çalışmaları kaydedilir ve sismik olaylar hakkında bilgi toplanır. Önerilen sahanın yukarı kısmı, hidrojeoloji, bitki örtüsü, erozyon ve stabilite yönünden; aşağı kısmı ise bina, yol, demir yolu ve köprü gibi yapılar yönünden incelenir. Sahanın kendisi ise, ulaşım, stabilite, hazırlık ve yapım yönlerinden incelenir. Toplanan bilgiler, muhtemel sahaların sayısını bire veya ikiye indirmek için kullanılır. Daha sonra, olası kazı ve stabilite problemlerini, arazi eğimi ve yüzey drenaj problemlerini ve ilk yapım malzemelerinin varlığını saptama çalışmaları başlatılır. Yüzey araştırmaları, jeolojik, topoğrafik ve zemin araştırma haritalarından yürütülür. Ancak, yüzey altı araştırmaları, arazi ve laboratuvar deneyleri gerektirir (Sevim vd. 1998).

Önemli arazi deneylerinden bazıları şunlardır:

-Şev stabilitesi tasarımı için kesme dayanım deneyi

- Sızma analizi tasarımı için permeabilite deneyi
- Depolama tesislerinin yer altı su kaynaklarına ve deponun aşağı kısmında bulunan yerüstü su kaynaklarına etkisini tahmin edebilmek için yer altı su seviyesi, su akış yönü ve su kalitesi deneyleri

Önemli laboratuvar deneylerinden bazıları ise şunlardır:

- Yığın ve filtre-drenaj sistemleri yapımında malzeme seçimi için indeks tayini; tane boyutu dağılımı, Atterberg limiti, yoğunluk deneyleri
- Sızma analizi için permeabilite deneyi
- Şev stabilitesi, ani yanma ve asidik su akıntısı tasarımlarında kullanılmak üzere, malzemenin kesme dayanımı ve permeabilitesindeki değişikliklerin önceden tahmini için sıkıştırma deneyi
- Drenaj sistemlerinin tasarımında kullanılmak üzere malzeme çökme karakteristiklerinin tayini için konsolidasyon deneyi

Arazi ve laboratuvar deney sonuçları dikkatlice incelenir, deneyler arasında ilişkiler kurulur ve sonuçlar, çevresel açıdan güvenli ve de ekonomik bir atık depolama tesisinin tasarımı için kullanılır. Böyle bir görevi başarmak için yapılan en önemli analizler, sızma, şev stabilitesi, hidrojeoloji ve hidrolik, çevresel etki analizleri ile ekonomik analizlerdir (Sevim vd. 1998).

Bu analizlere dayanarak, mühendisler ve idari kadrolar şu kararları alabilir:

- Atık sahasının seçimi
- Atık tesisinin tipi
- Taşıma ve toprak sıkıştırma donanımlarının seçimi
- Her aşamadaki dolgu plânının tasarımı
- Atık dolgu metodu ve düzeni
- Drenaj ve hidrolik sistemlerinin tasarımı
- Ölçme ve kalite kontrol programlarının yapımı
- Tasarımın tümü, onay için, yetkili mercilere sunulur. Tesisin yapımı uzun süre aldığı için, mühendislik ekibi, yapılan tasarımları ve yapımın gelişmesini, devamlı olarak gözden geçirir (Sevim vd. 1996).

3. AFYONKARAHİSAR'DA MERMER ARTIKLARININ DEPOLANMA TEKNİKLERİ

Afyonkarahisar'da mermercilik sektörünün yaygın olması nedeniyle mermercilik sektöründen kaynaklanan artıkların önemli bir bölümü gelişigüzel uygun olmayan bölgelere atılmaktadır. Çevre bilincinin ön plana çıktığı günümüzde, mermer artıklarının çevreye gelişigüzel atılması ve bu artık sahalarının gün geçtikçe büyümesi kamuoyunu olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durum, düzenli depolama sahalarının yetersizliği ve çevreyi kirletmeme bilincinin yoksunluğundan kaynaklanmaktadır.

Afyonkarahisar'da izinsiz mermer artığı dökülen alanların bazıları Şekil 3.1'de numaralandırılarak verilmiştir. Bu alanlar, mermer işleme tesislerinin yoğun olarak bulunduğu Afyonkarahisar-İscehisar arasındaki arazilerde toplanmış durumdadır. Bu arazilerin mermer işleme tesislerine yakın olması izinsiz mermer artığı dökülmesinin en önemli etkenlerinden birisidir. Ayrıca Afyonkarahisar ve çevresinde 2004 yılına kadar düzenli bir mermer artık depolama sisteminin bulunmaması ve zorlayıcı unsurların yetersizliği de bunun artmasını sağlayan faktörlerin başında gelmektedir. Şekil 3.1'de verilen izinsiz mermer artığı dökülen alanların bazıları şunlardır:

a) Eskişehir Yolu – O.S.B. Yolu Üzeri Demiryolu Hemzemin Geçit Yanı:

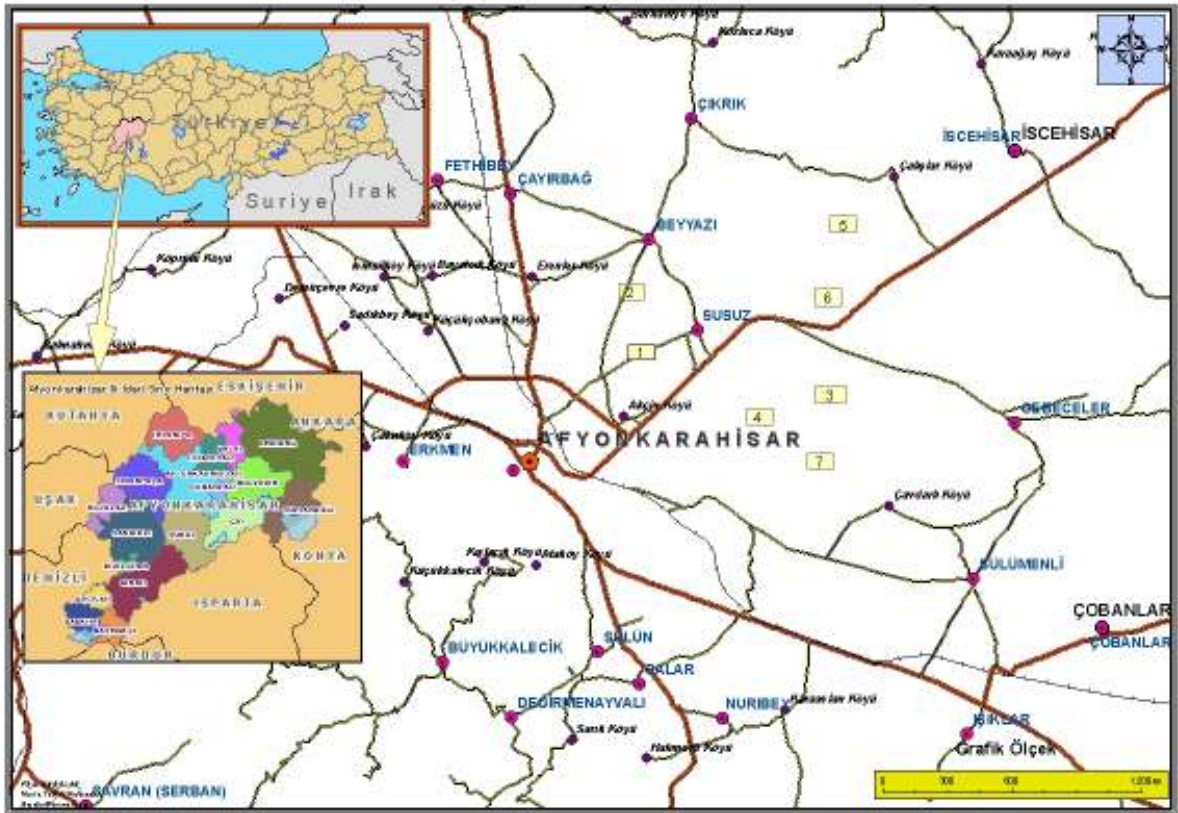
Organize Sanayi Bölgesine giden yol üzerinde 5.000 m² lik bir alanda yaklaşık 100 kamyon artık bulunmaktadır. Bu bölge Şekil 3.1'de 1 numaralı alanda gösterilmiştir.

b) O.S.B. – Çevre Yolu – Eskişehir Yolu Bağlantı Noktası:

Organize Sanayi Bölgesinden çıkan mermer artıkları, yol güzergahına gelişigüzel artık atılmıştır. Şu anda yaklaşık 40.000 m²lik bir alana mermer artığı atılmış durumdadır. Öbekler halinde yolun iki tarafında dökülmüş yaklaşık 200-300 kamyon artık mevcuttur. Yine Çevre Yolu kenarında aynı bölgede mermer artıkları bulunmaktadır. Bu bölge Şekil 3.1'de 2 numaralı alanda gösterilmiştir.

c) Akçin Köyü – Çavdarlı Köyü Yol Güzergahı:

Organize Sanayi Bölgesinden çıkan araçlar, Çevre Yolundan gelerek Özerbant A.Ş. firmasının arkasında bulunan arazi yolundan geçip, yol güzergahı boyunca her yere mermer artığı bırakmıştır. Zaman zaman kaçak dökümler devam etmektedir. 3-4 km'lik yolun Özerbant A.Ş. firması girişinden sol tarafına yaklaşık 400.000 m²'lik alana binlerce ton (yaklaşık 100.000 kamyon) artık atılmıştır. Bu bölge Şekil 3.1'de 3 numaralı alanda gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Afyonkarahisar' da izinsiz mermer artığı atılmış sahalar

(1- Eskişehir Yolu – O.S.B. Yolu Üzeri Demiryolu Hemzemin Geçit Yanı 2- O.S.B. – Çevre Yolu – Eskişehir Yolu Bağlantı Noktası 3- Akçin Köyü – Çavdarlı Köyü Yol Güzergahı 4-Afyonkarahisar Merkez Sahipata – Hoca Ahmet Yesevi ve Veysel Karani Mahalleler Sınırdaki Çimento Fabrikasına Ait Eski Taş Ocağı 5- Susuz Boğazı ve Yol Güzergahı 6- Efes Pilsen Malt Fabrikasının Arkası 7- Afyonkarahisar Beyazıt Mahallesi – Çavdarlı Köyü Yol Güzergahı)

d) Afyonkarahisar Merkez Sahipata – Hoca Ahmet Yesevi ve Veysel Karani Mahalleler Sınırındaki Çimento Fabrikasına Ait Eski Taş Ocağı:

10–15 yıldır mermer artıklarının atıldığı bir alan olup, 8–10 metre derinliğinde 400.000 m²'lik çukur bir alandır. Mermer artıklarının gelişi güzel atılmış olması nedeniyle çevre kirliliği ve görüntü kirliliği had safhadadır. Ancak, bölgenin çukur alanının doldurulması ve mahalleler seviyesine yükseltilmesi gereklidir. Bu yüzden buranın rehabilitasyonu yapılarak, başka bölgelere atılan mermer artıklarının bu bölgeye taşınması uygun olacaktır. Bu bölge Şekil 3.1'de 4 numaralı alanda gösterilmiştir.

e) Susuz Boğazı ve Yol Güzergahı:

Susuz Belediyesi sınırındaki faaliyet gösteren ve Susuz Mermerciler Derneğine üye olan mermer fabrikaları kendi mülkiyetlerindeki alana döküm yapmaktadırlar. Ancak bu alana giden yol güzergahında yaklaşık 30.000 m²'lik bir alana 250 kamyonu yakın mermer artığı atılmıştır. Bu bölge Şekil 3.1'de 5 numaralı alanda gösterilmiştir.

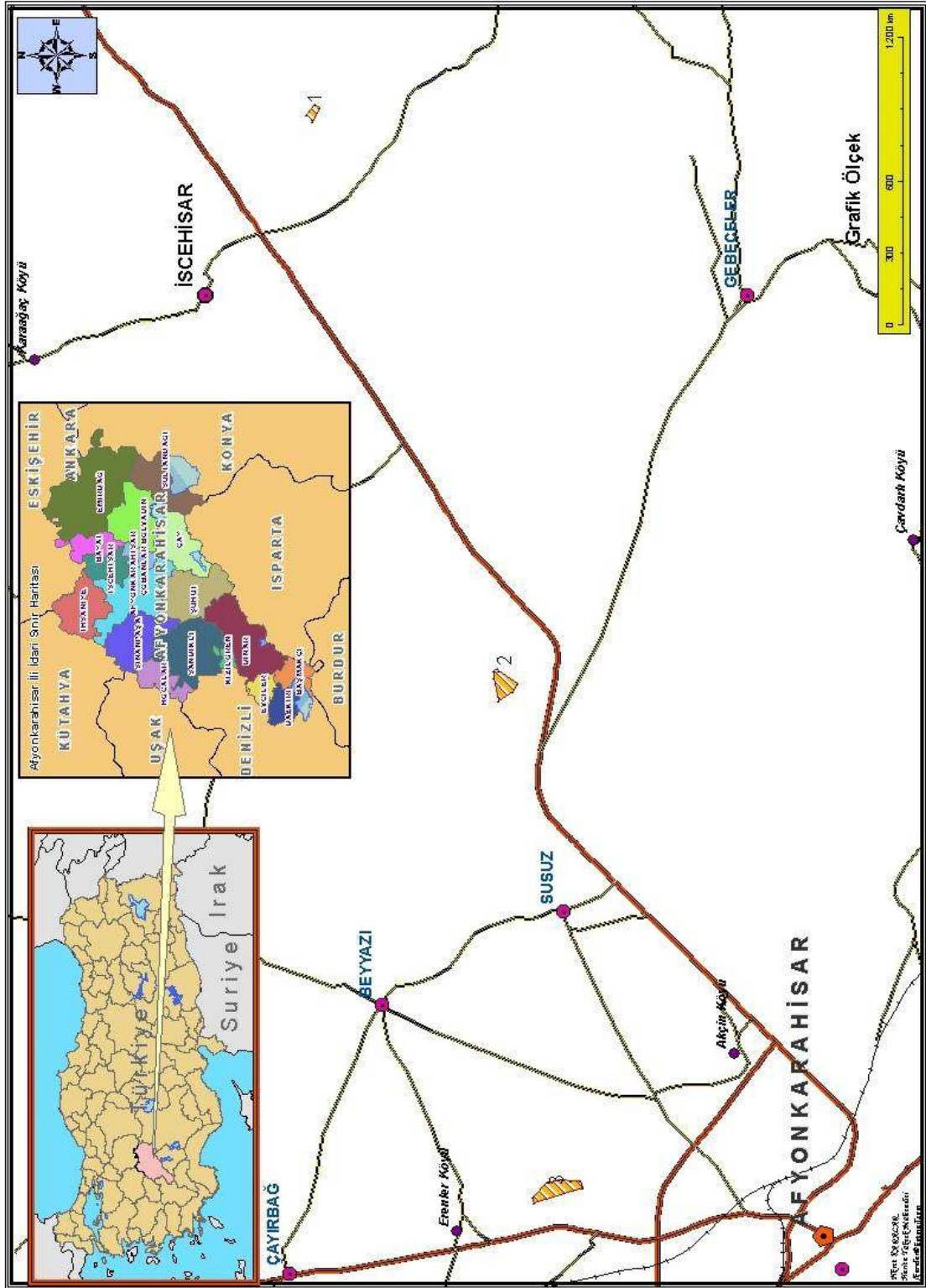
f) Efes Pilsen Malt Fabrikasının Arkası:

Efes Pilsen Malt Fabrikasının arkasından Afyonkarahisar Belediyesi çöplük alanına giden yol güzergahında yaklaşık 40.000 m²'lik bir alana ve alanın yanındaki toprak ocağının kullanılmayan bölgelerine yaklaşık 500 kamyon mermer artığı atılmıştır. Bu bölge Şekil 3.1'de 6 numaralı alanda gösterilmiştir.

g) Afyonkarahisar Beyazıt Mahallesi – Çavdarlı Köyü Yol Güzergahı:

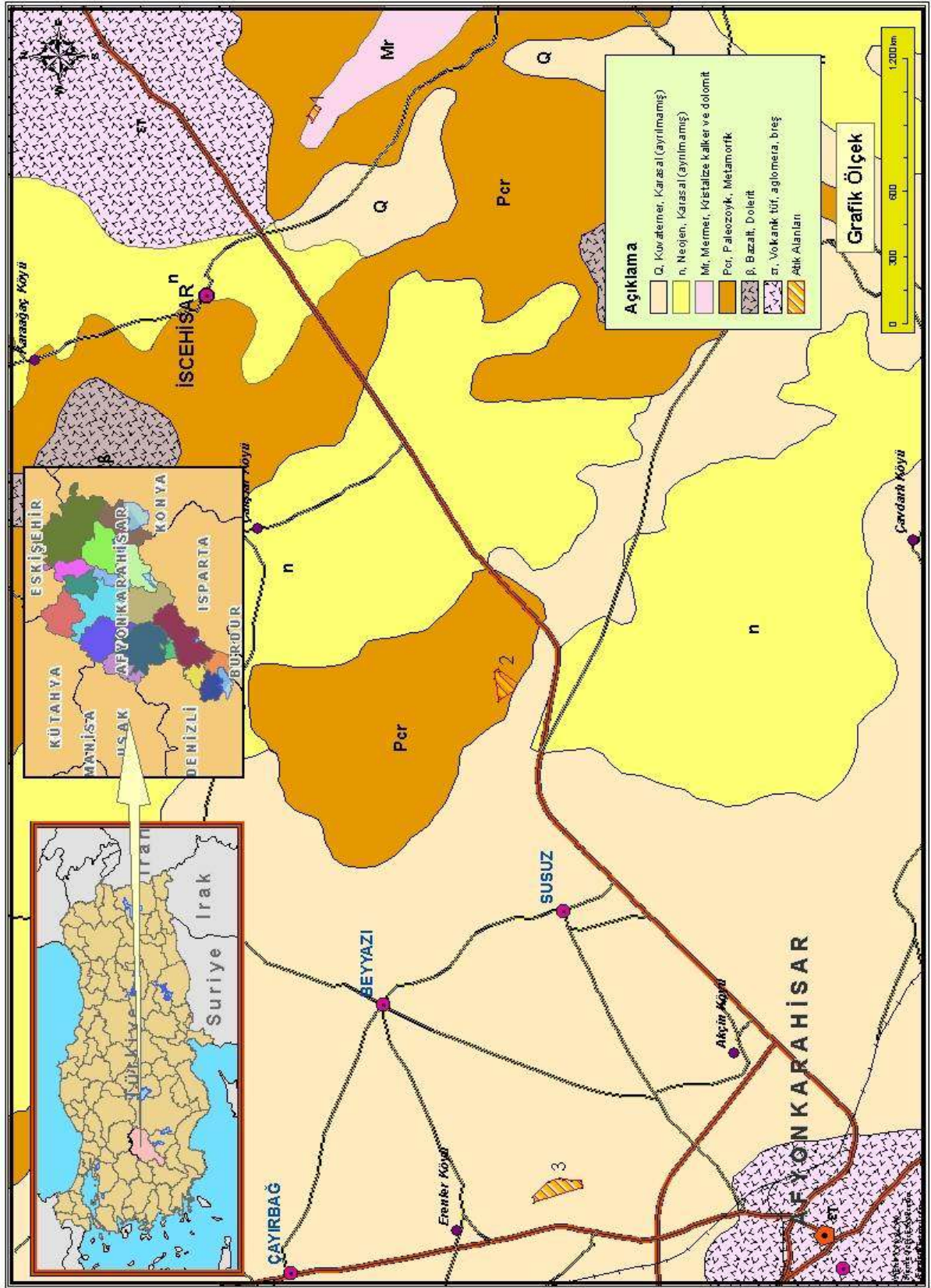
Yolun Çavdarlı Köyü tarafında yaklaşık 4.000 m²'lik alanında 150 kamyon mermer artığı bulunmaktadır. Bu bölge Şekil 3.1'de 7 numaralı alanda gösterilmiştir.

Bu sayılan yerler dışında İscehisar Bölgesinde yol kenarlarında ve işletmelerin içinde, yine Organize Sanayi Bölgesinde ve Susuz Bölgesinde tesislerin içlerinde bahçelerinde, boş tesis alanlarında değişik miktarlarda artık mevcuttur. Gelişigüzel depolanmış artık alanları, hemen hemen mermer işleme tesisi bulunan her bölgede gözlemlenmektedir.



Şekil 3.2 Afyonkarahisar mermer artık döküm sahalarının konumu

(1-İscehisar Mermer Artıkları Depolama Sahası 2- Susuz Boğazı Mermer Artıkları Depomla Sahası
3- O.S.B. Mermer Artıkları Depolama Sahası)



Şekil 3.3 Afyonkarahisar mermer artık döküm sahalarının jeoloji haritası

Toz artıklar uygun şekilde depolanmadığı sürece diğer artıklara göre daha fazla çevre kirliliğine yol açan etkenlerdir. Çünkü çok küçük boyutlu olmaları nedeniyle rutubetini kaybettikten sonra rüzgâr, yağmur gibi atmosfer etkileri altında buldukları yerden savrulularak çevreye dağılmaktadırlar. Genellikle CaCO₃ bileşimli olan bu tozlar beyaz renginden dolayı depolandıkları ve dağıldıkları ortamda hemen göze çarpmaktadır. Her ne kadar bunların kalıcı zararlı etkileri kanıtlanmamış olsa da görsel açıdan çevre kirliliği yaratmaktadırlar.

Afyon-İscehisar arasında yer alan çok sayıdaki mermer işleme tesisinin bu artıkları rast gele yerlere atmasını önlemek amacıyla Afyonkarahisar Valiliği İl Mahalli Çevre Kurulunca 26.02.2004 tarihinde üç artık depolama sahası tespit edilmiş ve tüm bu tesislerin artıklarını buraya dökmeleri sağlanmıştır. Bunlar İscehisar mermer artık depolama sahası, Susuz Bölgesi mermer artık depolama sahası ve Organize Sanayi Bölgesi mermer artık depolama sahasıdır (M.Ç.K. 2004). Bu üç alana ait yer bulduru haritası Şekil 3.2’de, jeoloji haritası ise 3.3’de verilmiştir.

3.1 İscehisar Mermer Artıkları Depolama Sahası

İscehisar Kaymakamlığınca belirlenmiş ve şu an işletmeciliğini İscehisar Çiftçi Malları Koruma Derneği Başkanlığının yaptığı 1 artık döküm sahası mevcuttur. Artıklar, boş vadiye düzensiz bir biçimde depolanmaktadır. Artık sahasına ait görüntüler Resim 3.1, 3.2 ve 3.3’de verilmiştir. Resim 3.4’de de atık sahasına ait bir Atık Döküm Fişi örneği yer almaktadır. Artık döküm sahasının koordinatları Çizelge 3.1’de verilmiştir. Alana ait yer bulduru haritası Şekil 3.2’te, jeoloji haritası Şekil 3.3’de, topografik harita ise Şekil 3.4’de, gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 İscehisar mermer artık döküm sahasının koordinatları

Nokta No	Y	X
1	308018	4301949
2	307962	4301859
3	307820	4302110
4	307705	4302012



Resim 3.1 İsehisar mermer artık döküm sahasının görünümü



Resim 3.2 İsehisar mermer artık döküm sahasında sulu artıkların depolanması



Resim 3.3 İscehisar mermer artık döküm sahası artık boşaltma anı



Resim 3.4 İscehisar mermer artık döküm sahası atık döküm fişi

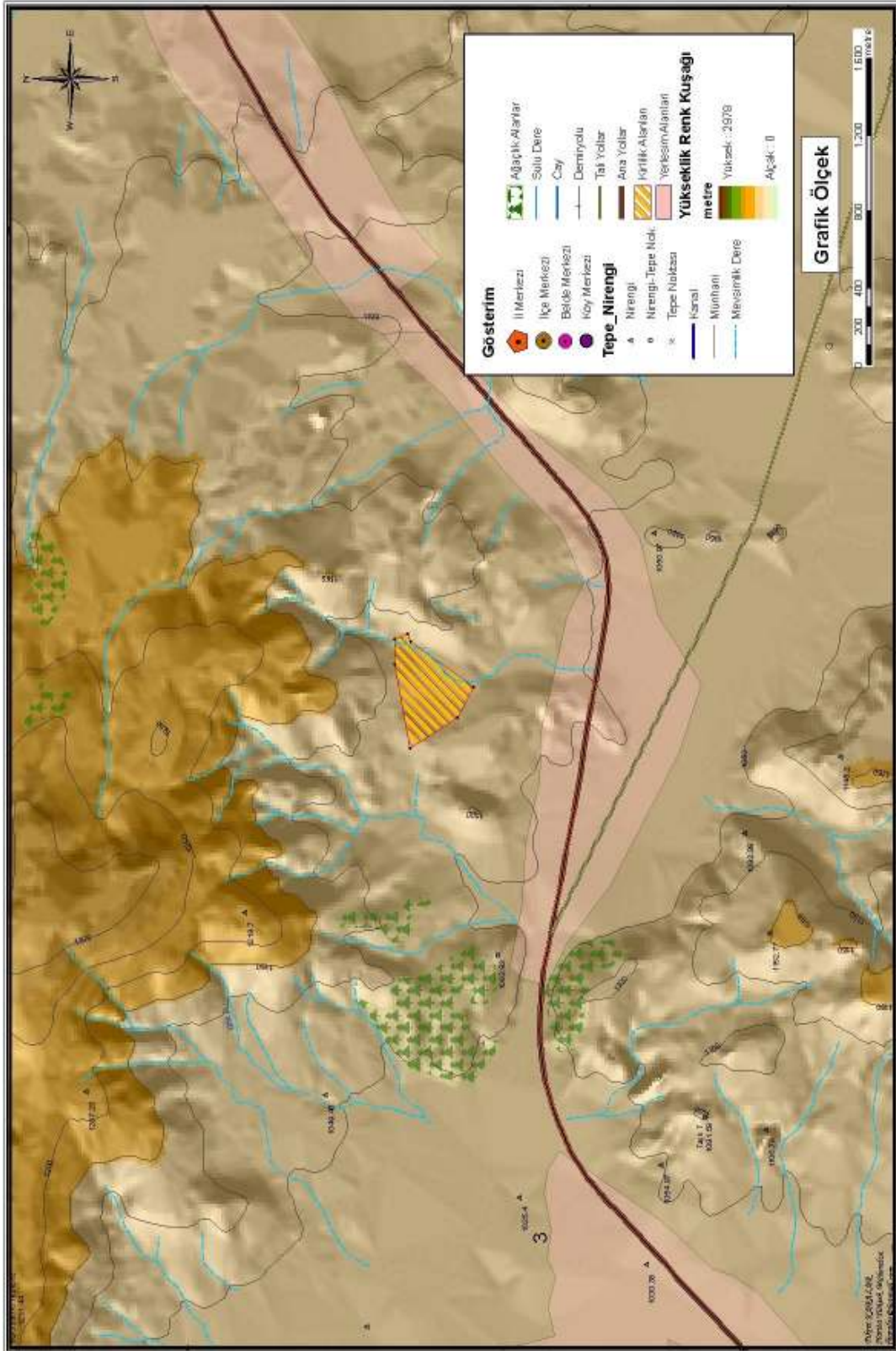
3.2 Susuz Boğazı Mermer Artıkları Depolama Sahası

Susuz Bölgesinde bulunan 40'a yakın mermer işleme tesisinin kullandığı artık döküm sahası, Susuz Boğazı Mermerciler Derneği tarafından işletilmektedir. İncehisar'da olduğu gibi burada da mermer artıkları gelişigüzel ve düzensiz olarak depolanmaktadır. Resim 3.5 ve 3.6'da bu alandan görüntüler yer almaktadır.

Artık döküm sahasının koordinatları Çizelge 3.2'de verilmiştir. Alana ait yer bulduru haritası Şekil 3.2'de, jeoloji haritası Şekil 3.3'te, topografik harita 3.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.2 Susuz Bölgesi artık döküm sahasının koordinatları

Nokta No	Y	X
1	297136	4298991
2	297162	4298918
3	297121	4298904
4	297005	4298994
5	296559	4298925
6	296713	4298659
7	296873	4298565



Şekil 3.5 Susuz Bölgesi mermer artık döküm sahasının haritası



Resim 3.5 Susuz Bölgesi mermer artık döküm sahasında sulu artık depolanması



Resim 3.6 Susuz Bölgesi mermer artık döküm sahası döküm anı

3.3 Organize Sanayi Mermer Artıkları Depolama Sahası

Organize Sanayi Bölgesinde 40 adet tesis bulunmaktadır. Bu tesislerden 13 tanesi entegre tesistir; 15 adedi de plaka mermer üretimi yapmaktadır. İsehisar ve Susuz Bölgesinde bulunan mermer işletmecilerinin yer sorunu olmadığından artıklarını kendi işletmeleri çevresinde biriktirmektedir. Ancak, Organize Sanayi Bölgesi içerisinde bulunan işletmelerin yer problemi bulunmaktadır. Bu sebeple artıkları en kısa sürede tesisten uzaklaştırmak zorundadırlar. Bu artıkların tesisten ve Organize Sanayi Bölgesinden uzaklaştırılması için Organize Sanayi Bölgesince bir artık döküm sahası belirlenmiştir. Artıklar, buradan Afyon Çimento T.A.Ş.'ye gönderilmekte ve ekonomiye kazandırılmaktadır. Bu tezin inceleme konusu Organize Sanayi Mermer Artıkları Depolama sahasıdır. Burada kazanılan tecrübe ve bilgi birikiminin İsehisar ve Susuz Bölgesinde uygulanmasıyla birlikte Afyonkarahisar' da mermer artıkları düzenli olarak depolanması ve ekonomiye kazandırılması mümkün ve daha kolay olabilecektir.

Artık döküm sahasının koordinatları Çizelge 3.3 de verilmiştir. Alana ait yer bulduru haritası Şekil 3.2'de, jeoloji haritası ise Şekil 3.3'te, topografik harita Şekil 3.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.3 Organize Sanayi Bölgesi artık döküm sahasının koordinatları

Nokta No	Y	X
1	287014	4298507
2	287204	4298384
3	287197	4298374
4	287209	4298365
5	287269	4298148
6	287251	4297979
7	287193	4297894
8	286927	4298319
9	287078	4298319
10	287239	4298145
11	287196	4297931

4. ORGANİZE SANAYİ MERMER ARTIKLARI DEPOLAMA SAHASININ ÖZELLİKLERİ VE ARTIKLARIN KARAKTERİZASYONU

4.1 Araştırmanın Amacı

Mermercilik sektöründe son yıllarda görülen gelişme neticesinde mermer ocak ve tesis sayısında büyük artışlar vardır. Bu artışlara paralel olarak mermer artıklarının miktarında da gözle görülür oranda büyük artışlar meydana gelmiştir. Çevre bilincinin ön plana geçtiği günümüzde bu mermer artıklarının çevreye gelişigüzel atılması ve bu artık sahalarının gün geçtikçe büyümesi kamuoyunu olumsuz yönde etkilemektedir. Gerek ocak işletmeciliğinde gerekse tesislerde mermer üretimi devam ettiği sürece bu artıkların giderek çoğalması kaçınılmaz bir gerçektir.

Hem ocak işletmeciliği hem de mermer işleme tesisi kurmak ve işletmek çok yüksek yatırım gerektirdiği düşünüldüğü zaman bu artıklar ekonomik kayıp olarak gündeme gelmektedir. Bu artıklar endüstrinin herhangi bir kolunda değerlendirilmesini araştırılması değişik üretim yöntemlerinde hammadde veya katkı maddesi olarak kullanılabilirliğinin etüt edilmesi mermercilik sektörü açısından yararlı olacaktır.

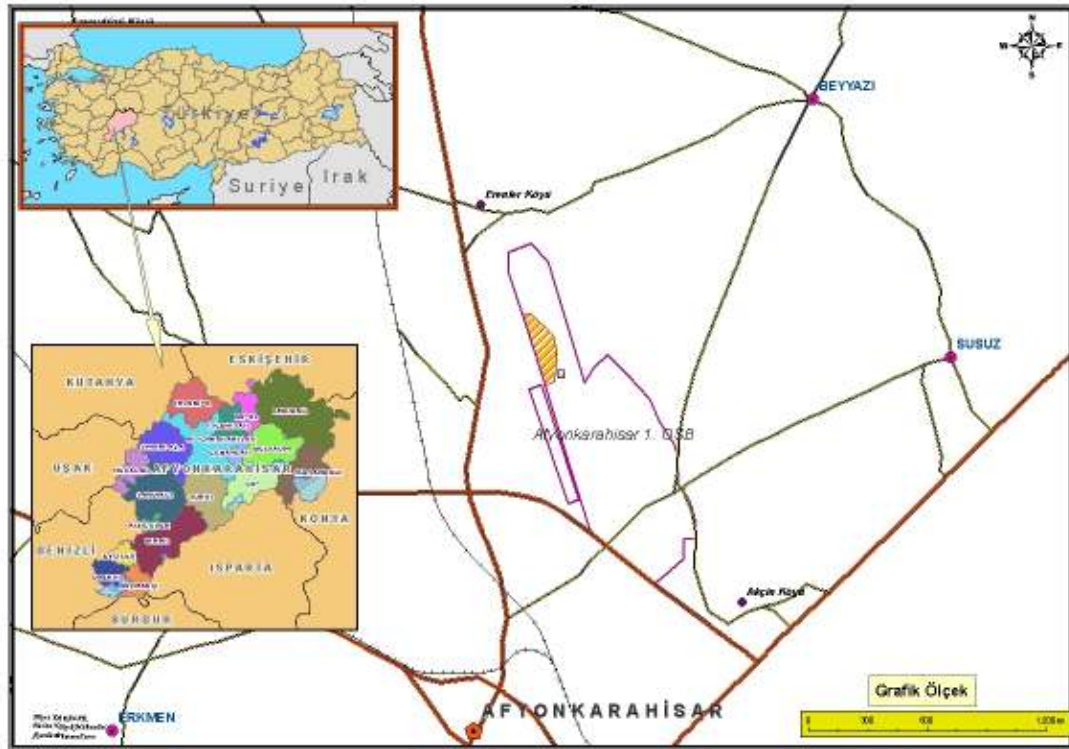
Organize Sanayi Bölgesi içerisinde yer alan mermer işleme tesislerinde proses gereği ortaya çıkan mermer çamurlarının rast gele doğaya bırakılmasının önlenmesi, düzenli depolanması, kurutulması ve başta çimento üretim malzemesi olarak kullanılmak üzere Merkez İlçede yer alan çimento fabrikasına satılması; ayrıca mermer tozunun kullanıldığı diğer alanlarda değerlendirilmesi, geri dönüşümünün sağlanması amacıyla depolama tesisi kurulmuştur. Düzenli depolama alanlarının varlığıyla; çamurların etrafa rast gele yayılıp geniş bir alanı kirleterek görüntü ve çevre kirliliğine, rüzgarın da etkisiyle oluşan toz bulutlarının hava kirliliğine neden olması önlenecektir.

Bu çalışmada, Organize Sanayi Bölgesinde kurulan düzenli depolama sistemi incelenmiştir. Bölgede bulunan diğer artık depolama alanlarının da düzenli depolama sistemine geçirilmesi gerektiği ve bunun önemi ortaya konulacaktır. Bu amaç için mermer artıkları depolama alanının yapısal ve zemin özellikleri incelenecek ve uygun

depolama teknikleri ile artıkların depolanması sağlanacaktır. Depolama alanında bulunan sulu ve katı mermer artıklarından alınan örnekler kimyasal analiz işlemlerine tabi tutularak çevre kirliliği yaratabilecek unsurları varlığı incelenecektir. Sulu mermer artıklarının tane boyut analizi yapılarak küçük boyutlu tanelerin yeraltı suyuna etki edip etmediği, civarda bulunan ve değişik amaçlar için kullanılan su kuyularından alınan örneklerin kimyasal analizleri ile de kontrol edilecektir.

4.2 İnceleme Alanının Konumu

İnceleme alanına en yakın yerleşim alanı güneyde 4 km mesafede Afyonkarahisar ilidir. Doğuda Susuz ve kuzeyde Erenler köyleri yer almaktadır. İnceleme alanı 1/25000 ölçekli topografik haritada K25-a4 paftasında bulunmaktadır (Şekil 4.1). Afyon-Eskişehir Karayolu inceleme alanının batısından geçmektedir.



Şekil 4.1 Çalışma alanının yer bulduru haritası

Organize Sanayi Bölgesi Afyonkarahisar Belediyesi Mücavir Alanı içerisinde (Afyonkarahisar Belediyesi 2007). Bölgenin tamamı 490 hektardır, 230 hektarlık Mevcut Bölgenin altyapı çalışmalarına 1987 yılında başlanarak 1993 yılı itibariyle tamamlanmıştır. Sanayi parseli sayısı 431 adettir. Bunun 40 tanesi mermer işleme tesisi olup bu tesislerin yeri Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Depolama alanının rakımı yaklaşık 1010 metredir.

Depolama sahasının bulunduğu alan; tarım dışı alanlardan Çevre Düzeni Planı onanmış Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesi içerisinde kalmaktadır (Aduybim, 2007). Maliki de Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesi yönetimidir. İmalat sanayimizin belirli bir plan dahilinde yerleştirilmesi ve geliştirilmesi için, kıraç, verimsiz ve çıplak arazi sahalarında, sanayi işletmeleri için gerekli olan yol, su, kanalizasyon, drenaj, enerji, haberleşme vb. alt yapı hizmetleri ile çevre, sağlık ve kültürel gibi sosyal tesisleri ihtiva eden hizmetleri bünyesinde bulundurmak amacı ile sınırları tespit edilerek, alüvyal düzlük üzerinde üzerine kurulmuştur. Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesinin içerisinde erozyon, taşkın önleme konusunda altyapı tesisleri mevcuttur. Bugün itibariyle altyapısı tamamlanmış vaziyettedir.

Depolama tesisi ve çevresi orman sınırları içerisinde yer almamaktadır. Bu alan peyzaj değeri yüksek yerler ve rekreasyon alanlarından değildir. Faaliyet alanı ve yakın çevresinde göl, baraj, gölet vb. tesisler bulunmamaktadır. Yörede alüvyal düzlük ve killi tınlı toprak yapısı hakim olup, ağırlıklı olarak buğday, arpa ve şekerpancarı tarımı yapılmaktadır..

4.3 Literatür Araştırması

Afyonkarahisar bölgesi mermer artıkları ile ilgili çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar daha çok artıkların değerlendirilmesi ile ilgilidir. Mermer artıklarının depolanması ile ilgili literatür sayısı çok az olup, Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesi depolama alanı ile ilgili literatüre rastlanmamıştır. Literatür incelenmesi sonucunda ulaşılan kaynaklar aşağıda sıralanmıştır.

Acar, H., 2001, Arıtma sistemi için uygun bir yer seçimi, çökeltme tankı, flokülant hazırlama ve dozajlama, pres filtre gibi önemli tüm eleman ve fonksiyonlar incelenmiş ve her biri için dikkat edilmesi gereken hususlar ortaya konmuştur.

Ceylan, H., Saraç, S., 2001, Mermer fabrikalarında üretim atığı olarak çıkan mermer toz atıklarının derz dolgu malzemesi üretiminde hammadde olarak kullanılan kalsitin yerine kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, Afyon şeker, Bilecik bej ve rozayla türlerine ait atık mermer tozlarının CaCO_3 oranı yeterli düzeyde bulunmuştur. Değişik türde mermer işleyen fabrikalardan alınan karışık toz atıkların CaCO_3 oranı ise düşük bulunmuştur (%92-94). Toz atıkların tane boyut dağılımları ise derz dolgu malzemesi üretiminde kullanılacak ideal kalsitin tane boyut dağılımına tam olarak uymakla birlikte, eleme-öğütme işlemi sonucunda uygun boyutlu malzeme elde etmek mümkün görünmektedir. Yapılan beyazlık analizleri sonucunda, Bilecik bej mermerine ait toz atıkların uygun olduğu, diğerlerinin uygun olmadığı tespit edilmiştir. Nem oranları ise %1'in üzerinde bulunmuştur.

Kavas, T., Kibici, Y., 2001, Afyon bölgesinde bulunan mermer ocakları ve işleme tesislerinden çıkan ve çevre kirliliğine neden olan atıkların çimento sanayinde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda mermer atık katkısının çimento üretimi esnasında katkı hammaddesi olarak belirli sınırlara kadar kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Sabah, E., Çelik, M.Y., 2001, İsehisar bölgesinde mermer ocak ve işleme tesislerinde oluşan mermer atıklarının hayvan yemi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Ünal, O., Kibici, Y., 2001, Mermer atıklarının beton karışımı içerisinde ince malzeme olarak kullanılması durumunda beton basınç dayanımına etkisi araştırılmıştır. Sonuçlar normal beton değerleriyle karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre mermer tozunun belirli oranlarda karışıma katılması beton özelliklerine olumlu bir etki yapabileceği gözlenmiştir.

Akbulut, H., Gürer, C., 2003, Bu çalışmada ocak ve fabrikalarda oluşan mermer atıkların agrega olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Afyon bölgesinde çıkarılan atık mermer parçalarından meydana gelen agregalar Afyon belediyesinin ol yapımında kullanıldığı yıllık agrega miktarını rahatlıkla ve ekonomik bir şekilde karşılayacaktır.

Çelik, M.Y., Saruşık, A., Gürcan, S., 2003, Bu çalışma ile mermer ve taş ocağı işletmelerinin yeryüzünün genel yapısına, bitki örtüsüne, hava, yeraltı ve yerüstü suları gibi çevre elemanlarına olumsuz etkileri incelenmiştir.

Demir, İ., Başpınar, M., S., 2003, Mermer çökeltme havuzlarında biriken mermer tozlarının hafif duvar bloğu üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çökeltme havuzundan alınan örneklerin kimyasal yapısı belirlenmiş, tane boyutu analizi yapılarak fiziksel yapısı belirlenmiştir. Çalışmada ana hammadde olarak havuz çökeltisi mermer tozu ve katkı olarak geliştirilmiş perlit kullanılmıştır. Deney örnekleri üzerinde fiziksel ve mekanik testler uygulanarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Sonuçta kendi grubuna giren hafif beton duvar malzemeleri ile karşılaştırıldığında ekonomik şartlarda ve yeterli mekanik özellikleri sağlayan hafif duvar elemanı üretilebileceği belirlenmiştir.

Kavaklı, M., 2003, Bu çalışmada yürürlükteki su kirliliği ve su ürünleri yönetmeliklerindeki deşarj standartlarıyla karşılaştırmalı değerlendirmeler yapılarak, arıtma tesislerinin verimlilikleri ve/veya deşarj atıksu kaliteleri hakkında genel görüş ve iyileştirmelerine yönelik uygulanabilir seçenekli öneriler sunulmuştur.

Kavas, T., Evcin, A., 2003, Bu çalışmada, Afyon bölgesi mermer atıklarının kalsiyum alüminalı çimento üretiminde bir hammadde olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu

amaç doğrultusunda, Afyon bölgesinde üretim yapan dört farklı mermer işleme tesisinin şlam atık sahalarından alınan numunelerin aynı miktarda katılımıyla oluşturulan karışım mermer atık numunesinin karakterizasyon çalışmaları için kimyasal, mineralojik ve tane boyut analizi yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda karışım CA çimentosu değeri kazanmıştır.

Ünal, O., Uygunoğlu, T., 2003, Mermerlerin fabrikalarda işlenmesi sırasında açığa çıkan mermer tozunun betona belirli oranlarda ilave edilmesiyle üretilen betonun donma-çözünme çevrimi sonunda özellikleri araştırılmıştır. Bu çalışma sonunda betonun dayanımının olumlu bir şekilde arttığı görülmüştür.

Zorluer, İ., Usta, M., 2003, Mermer fabrikalarının atığı olan mermer tozu, iyileştirme için katkı maddesi olarak düşünülmüştür. Deney sonuçları, atık mermer tozunun killerin şişme potansiyelini etkilediğini göstermiştir. Sonuç olarak, atık mermer tozu zemin iyileştirmesinde kullanılabilir bir malzemedir.

Kun, M., Onargan, T., Yüksel, S., 2006, Traverten örnekleri üzerinde, çimento dolgu olarak nitelendirilen dolgunun karakteristik malzemeleri, kalsit, portland çimentosu, kaolen gibi malzemeler ile hem mermer fabrika artıklarının değerlendirilmesi hemde dolgu maliyetinin düşürülmesi için dolgu karışımında kayacın, kendi öz artığının (kek) farklı yüzde oranlarında kullanılabilirliği araştırılmıştır.

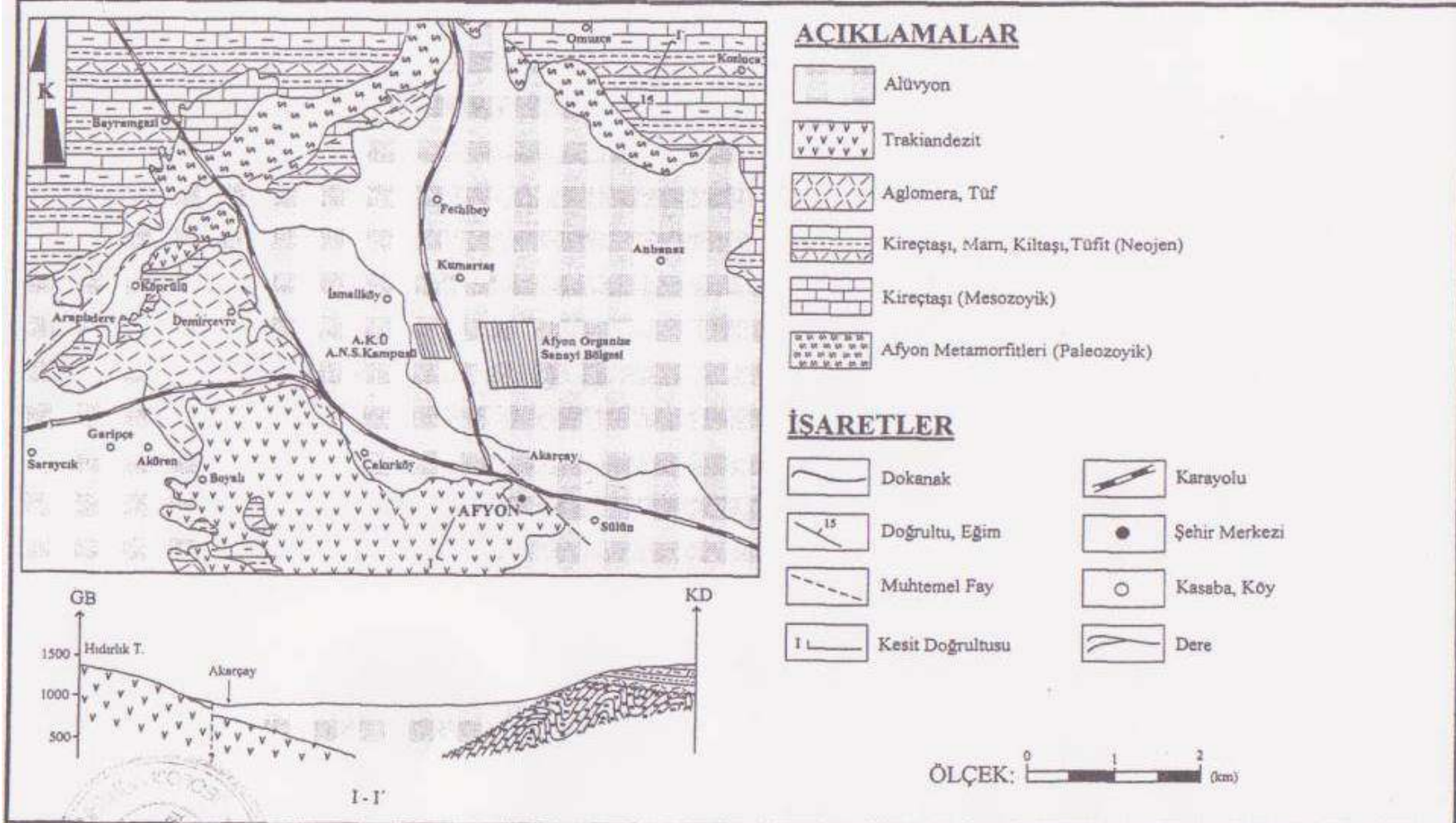
Ünal, O., Topçu, İ.B., Uygunoğlu, T., 2006: Kendiliğinden yerleşen beton üretiminde mermer tozunun dolgu malzemesi olarak kullanılması araştırılmıştır. Mermer tozunun yanı sıra uçucu kül ve taş tozunun da kullanılmasıyla başka seriler de üretilmiştir. Taze betonda ve sertleşmiş betonda deneyler yapılmış olup, uçucu kül, taş tozu ve mermer tozunun kullanıldığı deney sonuçları karşılaştırılmıştır.

Çelik, M.Y., Sabah, E., 2007, Bu çalışmada İncehisar mermer alanlarının jeolojik ve teknik özellikleri hakkında bilgiler verilmiş ve sulu mermer artıklarının çevreye olan etkilerine değinilmiştir.

AFYON VE CİVARININ GENELLEŞTİRİLMİŞ STRATİGRAFİ KESİTİ

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	ÜYE	KALINLIK(m)	KAYA TÜRÜ	AÇIKLAMALAR				
SENOZOYİK	TERSİYER	KUVATERNER	ERDEMİR	FELİLİ MARN ÜYESİ	~ 50		Aliyyon, alıyyon yelpazesi				
				KARAKAYA BAZALT			Siyahimsa, koyu kahve renkli, akırtı yapılu bazalt				
				KONGLOMERA	~ 30-50		Orta. kalın tabakalıklı, değişik cins kavalara ait çakıllı, kum-nürlü ara katlı gevşek çimentolu karasal konglomera				
				AKPINAR KİREÇTAŞI	~ 220		Alta karasal konglomera, kumtaşı, ağılomera ardalanması, ortada görsel beyazıma gri renkli, tüf, tüft, mam, killi kireçtaşı ardalanması, üstte beyaz, göznekli, gastropodlu, yer yer silisifeye kireçtaşı. Volkanitler görsel tortullara geçiş gösterir.				
				SEYDİLER VOLKANİK TUFU							
				ÖZBURUN	~ 25-100						
				KİLTAŞI-MİLTAŞI MARN ÜYESİ	~ 50-250		Karasal konglomera, kumtaşı, kiltası, miltası ve mamlardan oluşmuştur. Alta genellikle konglomera, üstte ise kiltası, çaruntası, miltası ve mamlardan oluşmuştur. Orta seviyelerde köntür zonları gözlenir.				
				KONGLOMERA ÜYESİ	~ 50-300						
				MESOZOYİK	JURA	ÜST	ÇİÇEKLİ KAYA		~ 300		Gri mavimsi renkli, orta kalın katmanlı, yer yer kumtaşı ara katlı kireçtaşı
						ALT	AŞAĞI BELOVA		~ 100		Gri kahve renkli, ince ve orta katmanlı, az metamorfik malzeme
TRİYAS	RES ULBABA	ÇATKUYU KİREÇTAŞLARI			~ 600		Kireçtaşı ve bunlarla zıkk olan kırıntılardan oluşmuştur. Kalksist, mermer, rekristalize kireçtaşı ardalanması, birbirleriyle yanal ve düşey geçişlidir. Kireçtaşları kalın katmanlı, mavimsi gri ve siyah renkli, sist ara katlı, eklendi, yer yer fosil kırıntılıdır.				
MESOZOYİK ÖNCESİ	AFYON METAMORFİLERİ	PAŞADAĞI KİREÇTAŞLARI		~ 100-250		Kristalize şeker dokulu, gri beyaz renkli, kalksist ve kuvarsit-serisit-konisit ardalanmalı. Alt seviyeleri Afyon Metamorfizminin mermer ve kalksistleriyle geçişlidir.					
		BAYAT METAKONGLOMERASI		~ 200		Kuvarsit ve kireçtaşı çakıllı, kireç çimentolu, kalksist ara katlı konglomera. Afyon Metamorfizminin mermer ve kalksistleriyle geçişlidir.					
		DELİKTAŞ METAKONGLOMERASI		~ 150-300		Boyutları 2-10 cm arasında değişen kuvarsit çakıllarından oluşmuştur. Matrisi kuvars-biyotit-muskovitisttir. Yer yer porfiroblastik doku gösterir. Afyon Metamorfizminin mermer ve kalksistleriyle geçişlidir.					
		İSCEHİSAR MERMERİ		~ 500		Saf ince kristalli, şeker dokulu, beyaz krem, siyah ve çeşitli renklerde, büyük bloklar verebilen, çok kalın katmanlı sınırlı mermerlerdir. Afyon Metamorfizminin mermer ve kalksistleriyle geçişlidir.					

Şekil 4.3 Afyon ve civarının genelleştirilmiş stratigrafi kesiti (M.T.A. 2007).



Şekil 4.4 İnceleme alanına ait jeoloji haritası (Değirmenci 2007).

Kuvaterner: Yamaç molozu, traverten, alüvyon ile temsil olunur. Yamaç molozları ile beraber bazı fay zonlarında birikinti konileri gelişmiştir. Traverten oluşumu, sıcak su bölgelerinde halen devam etmektedir. Metamorfik temelin, Neojen yaşlı çökellerin ve volkanik kayaç malzemelerinin parçalanmasından oluşan alüvyon örtünün kalınlığı 50-150 m arasında değişmektedir (M.T.A. 2007).

Yapısal Jeoloji: Afyon ve civarında, Neojen'den beri aktivitesini sürdüren tektonik olaylar dizisi bölgeyi etkilemiştir. Ana tektonik yapılarda, KB-GD yönlü bir horst-graben sistemi ile KD-GB yönlü büyük bir fay gözlenmektedir. Horst-graben sisteminin bu fayla kesişim noktalarında Ömer-Gecek ve Gazlıgöl kaplıcaları oluşmuştur. Ayrıca bu faylara bağlı olarak tali faylar, tüy çatlakları ve açılma çatlakları gözlenir. Bölgedeki kırıkların doğrultularının bir kısmı KD-GB ve D-B yönlüdür (M.T.A. 2007).

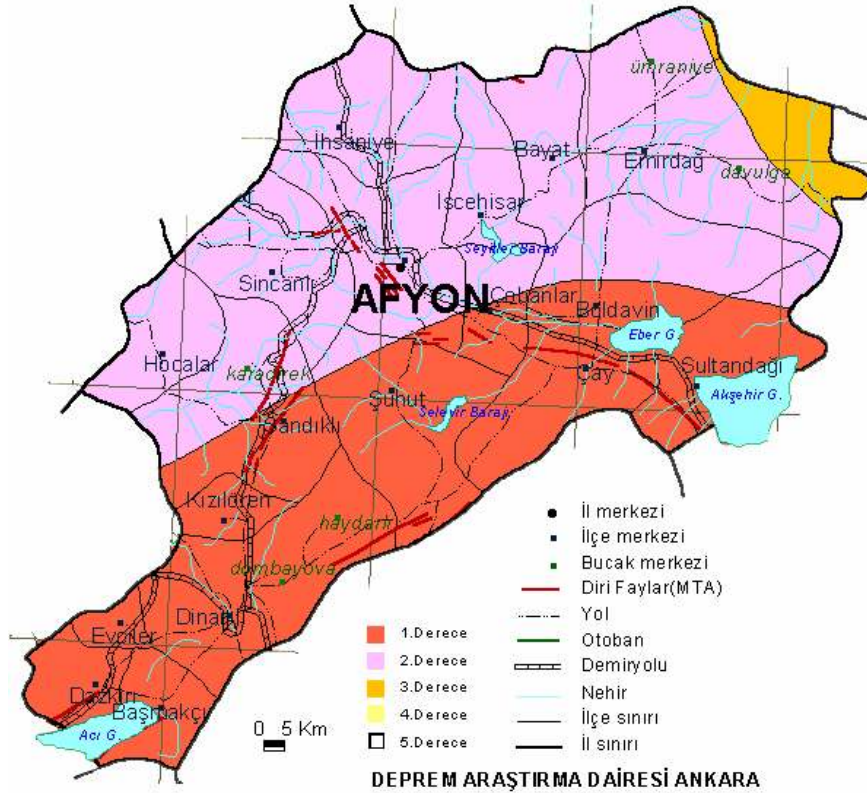
Katı artık depolama alanlarının teknik, güvenlik ve ekonomik olarak işletilebilmeleri açısından uygun jeolojik alanlarda yapılması büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla doğal geçirimsiz ortamların bulunması veya ortamın geçirimsiz hale getirilmesi gerekmektedir. Organize Sanayi Bölgesinde kurulan düzenli depolama sisteminin yer aldığı arazi genellikle kil, kum, çakıldan meydana gelmiş olup başlıca elemanları çevre kayaçların parçalanma ürünüdür. Nitekim yapılan incelemeler sonucunda zeminin az kumlu kil özelliği taşıdığı tespit edilmiş ve tam bir geçirimsizlik sağlanması amacıyla zemin iyileştirilmesi yapılmıştır.

4.5 Bölgenin Depremsellik Özelliği

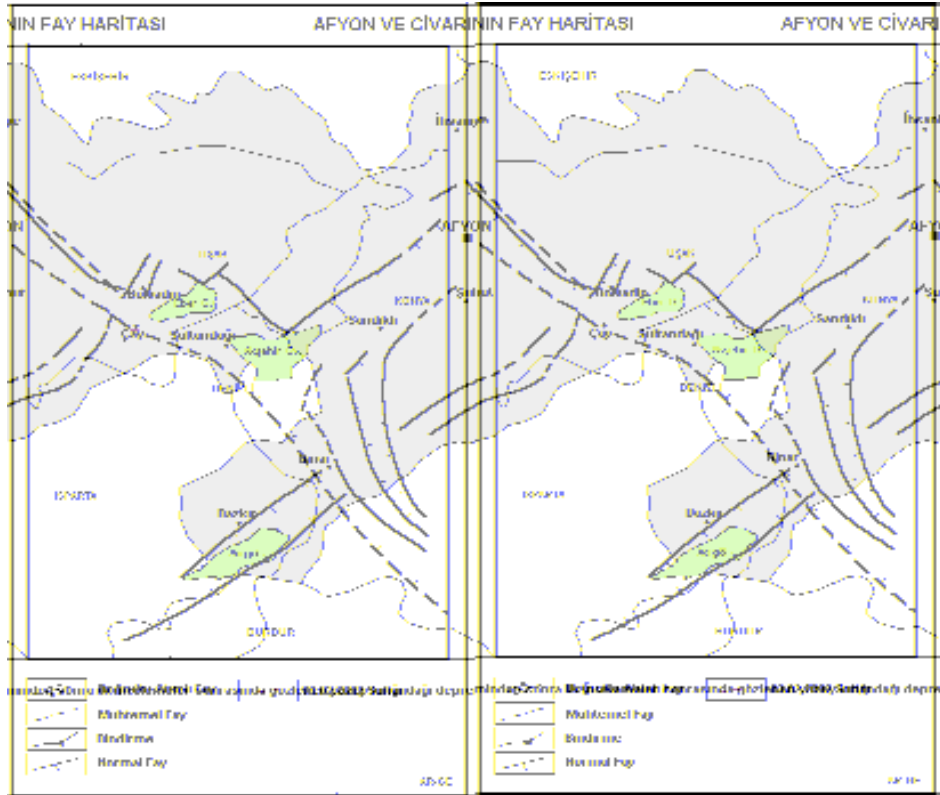
Şehrin bir kısmı Neojen yaşlı volkanik kayaçlar, bir kısmı da Kuvaterner yaşlı alüvyon zemin üzerindedir. Yani şehrin düz kısmı dere ve göl birikintilerinin yüksekte bulunan kısmı ise tuf ve aglomeralar üzerinde bulunur. Ovada kalın bir toprak örtüsü altında, kum ve çakıl tabakalarına rastlanır. Şehrin içinde ve civarında yükselen tepeler

volkanik kayalardan (trakit) oluşmuştur. Batıda bulunan mahalleleri üst kısımları tuf üzerinde, diğerleri dolgu zemin (alüvyon) üzerinde bulunur (M.T.A. 2007).

Afyon şehir merkezi 2. derece deprem bölgesindedir. Bölge, etkin bir deprem merkezi olup, ayrıca civarındaki etkin deprem bölgelerinin de tesiri altındadır. Bölgede meydana gelebilecek olası bir depremde yeraltı suyunun yüksekte bulunduğu ova kısmının diğer bölgelere nazaran şiddet artırıcı bir rol oynayacaktır (M.T.A. 2007). Afyonkarahisar'a ait deprem haritası Şekil 4.5, aktif fay haritası ise Şekil 4.6'da verilmiştir. Buna göre depolama alanı, bulunduğu yerin 2. derecede deprem bölgesi olması ve zeminin yumuşak kil, kum ve çakıl aralanmalarından meydana gelmesi nedeniyle risk taşımaktadır. Olası bir depremde depolama alanında bulunan sulu artıklar meydana gelen hareketler ve çatlaklar sonucunda yeraltına hareket edebilir. Ancak depolama yapılan alanda sulu toz artıkların üst üste serilmesi ve bu seviyelerin zaman içerisinde sıkışarak kat kat yükselmesi nedeniyle zeminde sızdırmazlığı olan bir alan ortaya çıkmaktadır.



Şekil 4.5 Afyonkarahisar deprem haritası (M.T.A. 2007).



Şekil 4.6 Afyonkarahisar fay haritası (M.T.A. 2007).

4.6 Bölgenin Hidrojeolojik Özellikleri

İnceleme alanındaki en önemli akarsu, havzayı baştan sona kat eden Akarçay'dır. Uzunluğu 115 km'yi bulur. Esas kolları Sincanlı batısından çıkarak inceleme alanı dışındaki Balmahmut ve Köprülü kuzeyinden geçen Nacak ve havzanın kuzeyinden gelerek Çayırbağ'dan geçen Gazlıgöl dereleridir. Bunun dışında Selevir ve Seyitler dereleri de Akarçay'a karışırlar. Akarçay, Afyonkarahisar-Akşehir arasında kalan havzayı baştan sona katettiğinden yeraltı suyunu drene eden dere durumundadır. Eğimin az olduğu Eber ve Akşehir gölleri girişinde Akarçay taşkın yapmaktadır (D.S.İ. 1977).

İnceleme alanının içinde bulunduğu Akarçay Havzasında yeraltı suyu bakımından önemli olan formasyonlar; alüvyonlar, pliyokuvaterner çökelleri, neojen kireçtaşları,

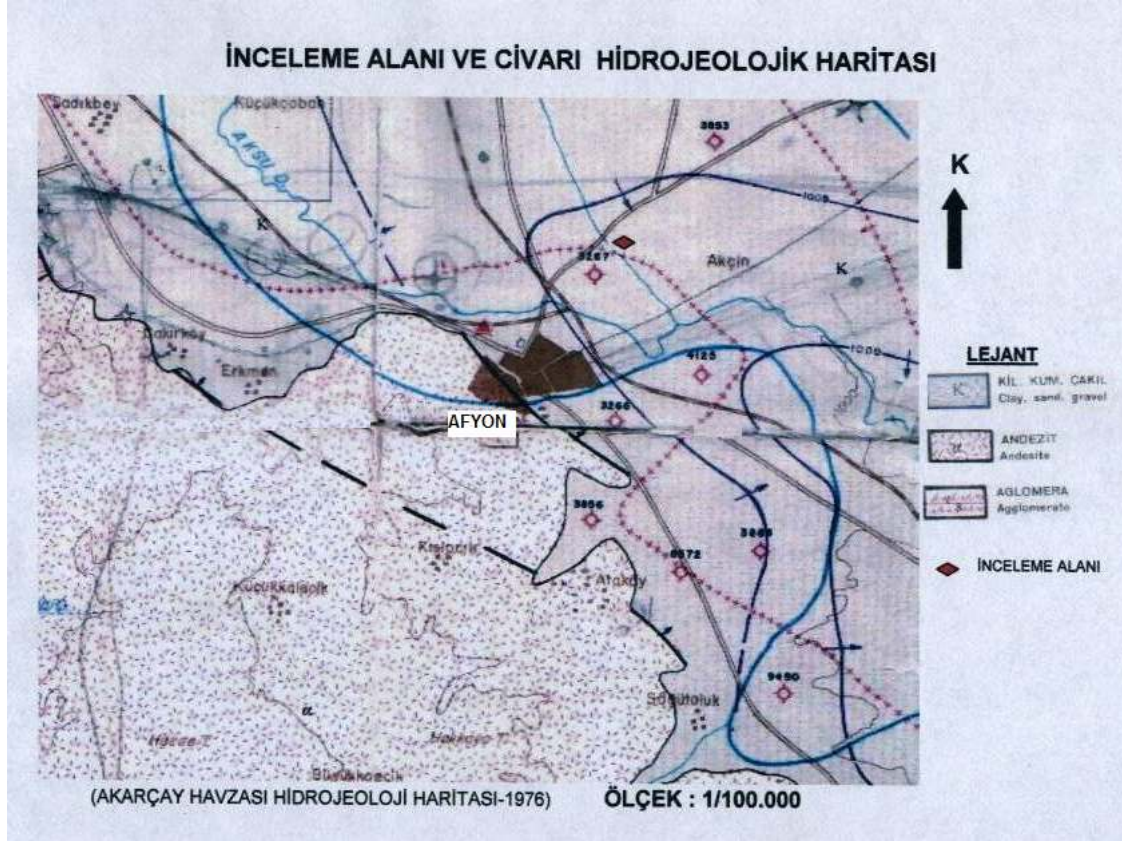
aglomera ve tüflerdir. Ayrıca Çay – Akşehir (Sultandağları) boyunca uzanan Alüvyon Konileri de yeraltı suyu bakımından zengindir (D.S.İ. 1977).

Genellikle ovanın taban seviyelerinde görülen çökeller kil, kum, çakıldan meydana gelmiş olup başlıca elemanları çevre kayaların parçalanma ürünüdür. Çakıllı zonlar çoğunlukla kil bantları ile kesilmiş bulunduğundan basınçlı akifer durumundadır. Kot itibarıyla düşük sahalarda açılan kuyular ise artezyen meydan getirirler. Ova tabanında geniş yayılımları görülen bu çökellerin kalınlıkları Afyonkarahisar Ovası kuzeyinde Susuz - Beyyazı köyleri çevresinde 70 - 140 m arasındadır (D.S.İ. 1977).

Pliyokuvaternerin kil - kum-çakıllarından oluşan akifer seviyelerinde Afyonkarahisar-Çay-Bolvadin ve Akşehir çevrelerinde açılan bazı kuyularda, alüvyonların altında rastlanmıştır. Kalınlıkları 100 - 150 m kadardır (D.S.İ. 1977).

Afyonkarahisar Ovası kuzeyden doğuya doğru Çobanlar ve Sülümenli köyleri boyunca alüvyonların kalınlıklarının azaldığı (80 - 120 m) fakat Bolvadin ovasına doğru ise alüvyon kalınlıklarının tekrar arttığı (120 – 260 m) görülür. Bu seviyelerin yaklaşık 100 - 170 m'si alüvyonal çökel diğer kesimleri ise pliyokuvaterner olarak kabul edilmiştir (D.S.İ. 1977).

İnceleme alanının ve civarının hidrojeolojik haritası Şekil 4.7'de verilmiştir.



Şekil 4.7 İnceleme alanının hidrojeolojik haritası (D.S.İ. 1977)

4.6.1 Su Kaynakları

Artık depolama alanı olarak seçilecek alanın içme ve kullanım suyu toplama havzaları dışında olması gerekmektedir. Bu nedenle bölgenin hidrojeolojik özellikleri Bölüm 4.6'da verilmiştir. Bölgenin jeolojik yapısının kumlu-killi birimlerden oluşması nedeniyle sulu artıkları sızdırma ihtimali olduğundan geçirimsizlik sağlanması gerekmektedir. İnceleme alanında ve yakın çevresinde baraj, gölet vb. tesisler bulunmamaktadır. Tesise en yakın göl 50 km mesafedeki Eber Gölü'dür. İnceleme alanı içme suyu havzası koruma alanı içerisinde değildir. Tesisin yanında D.S.İ.'ye ait taşkın kanalı bulunmaktadır.

4.6.2 Su Kuyuları

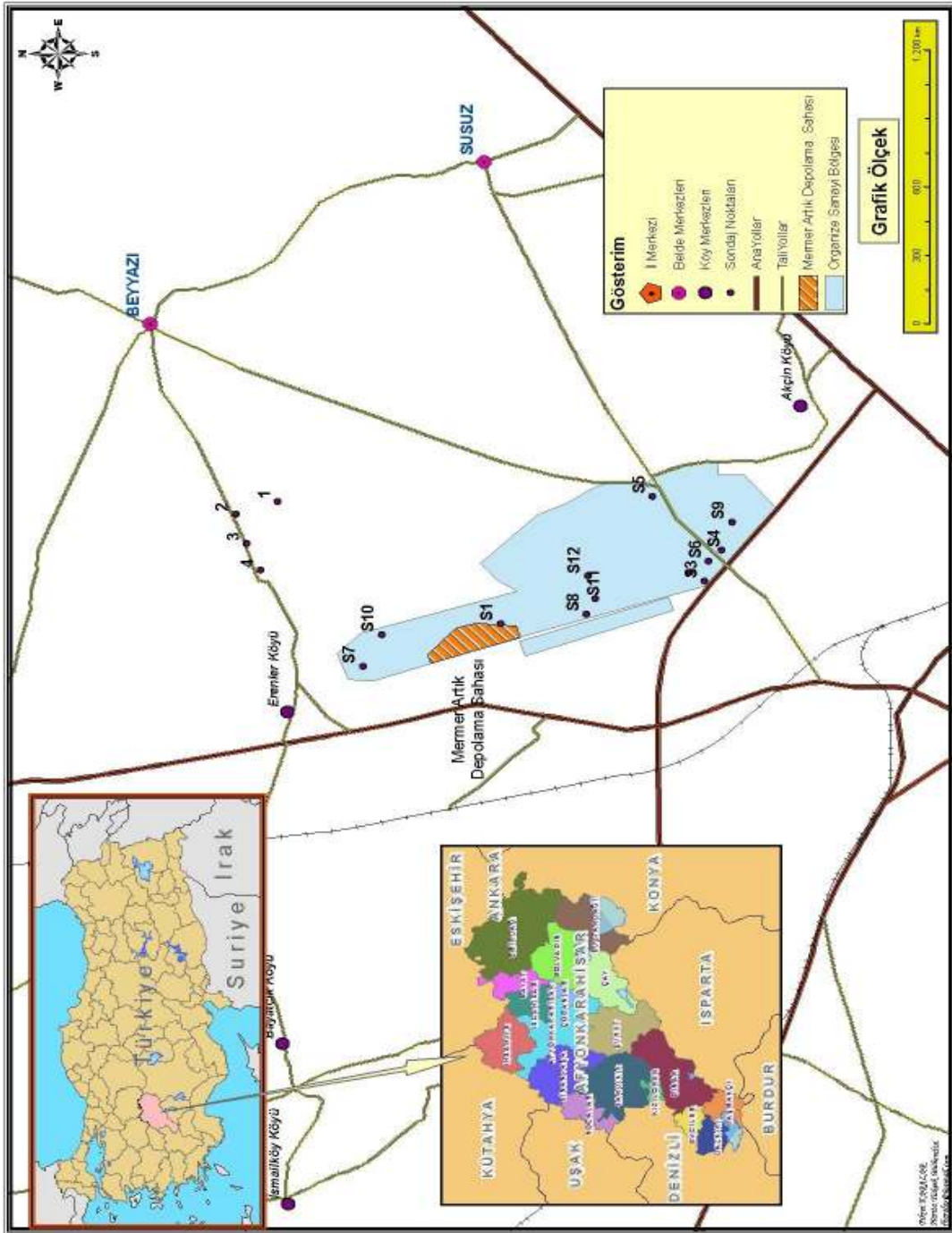
İnceleme alanı ve çevresinde yer alan yerleşim birimlerinin ve Organize sanayi bölgesindeki işletmelerin kullanım ve içme suyu ihtiyacını karşılamak üzere çok sayıda su kuyusu açılmıştır. Depolama sahasının bulunduğu alanda depolanan sulu mermer artıklarının yer altı suyuna olan etkisinin araştırılması amacıyla bu kuyuların depolama alanına yakın olanların 2000 yılındaki analiz sonuçları D.S.İ’den temin edilmiştir. 2000 yılından günümüze kadar geçen sürede herhangi bir kirlilik olup olmadığının tespiti için aynı kuyulardan su örnekleri alınıp analiz yapılması gerekmektedir. Bu amaçla söz konusu kuyulardan “Erenler Köyü Sulama Birliği”nin izniyle, su örnekleri alınmıştır. Kuyu açıldıktan sonra suyun birkaç dakika akıtılması sağlanıp sonra suyun durulduğu gözlemlendikten sonra 1,5 litrelik pet şişelere doldurularak ağzı sıkıca kapatılmış ve bekletilmeden analiz yapılacak laboratuvara gönderilmiştir.

İnceleme alanındaki su örnekleri alınan, D.S.İ. 183. Sondaj Şube Şefliği tarafından açılmış olan 4 adet kuyunun 2000 ve 2007 yıllarına ait kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Kuyulardan alınan su örneklerinin 2007 yılı analizleri İzmit’te Arıtsan Çevre Ölçüm ve Analiz Laboratuvarında “Standart Methods For The Examination Of Water and Wastewater Analysis (1999 20th Edition APHA, AWWA, WPCF)” esaslarına göre yapılmıştır. Kuyu yerlerini gösterir harita ise Şekil 4.8’de yer almaktadır.

Çizelge 4.1 Su kuyularından alınan numunelerin kimyasal analiz sonuçları (D.S.İ. 2000).

		55175 nolu Kuyu		55174 nolu Kuyu		55173 nolu Kuyu		55172 nolu Kuyu	
Parametre	Yıllar	2000	2007	2000	2007	2000	2007	2000	2007
	pH		7,2	7,28	7,8	7,55	6,5	7,69	7,2
EC x 10 ⁶ (µm/cm)		624	852	390	905	1042	1209	580	977
Kasyonlar (mg/l)	Na ⁺	2,25	2,80	0,92	1,50	5,6	6,50	0,50	0,95
	K ⁺	0,10	0,23	0,47	0,75	0,34	0,53	0,06	0,12
	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	4,90	4,96	2,72	2,80	6,9	6,95	5,92	5,93
Anyonlar (mg/l)	HCO ₃ ⁻	5,80	6,20	3,64	3,95	11,42	11,75	4,84	5,75
	Cl ⁻	0,68	0,75	0,28	1,15	1,28	1,45	0,57	0,61
	SO ₄ ⁻²	0,77	1,97	0,21	0,42	0,14	0,25	1,07	1,15



Şekil 4.8 İnceleme alanındaki su kuyuları ve sondaj kuyuları yerleri

Su Kuyuları: 1-55175, 2-55174, 3-55173, 4-55172 nolu D.S.İ.183. Sondaj Şube Şefliği tarafından açılmış kuyulardır.

Sondaj Kuyuları ise: S1-İhtisas Mermer San.Tic.Ltd.Şti., S2-Alimoğlu Madencilik Mermer Sanayi Ticaret A.Ş., S3-Portakoloğlu Et Gıda Sanayi Ticaret A.Ş., S4- Malaklar İnş.Taah.Gıda Mad.San.ve Tic.Ltd.Şti., S5-Genhan Nakliyat A.Ş., S6-Orpet Turizm Petrol A.Ş., S7-Nur Mozaik, S8-Bayburtlar Mermer Sanayi Tic.Ltd.Şti., S9-AFES A.Ş.Et entegre Tesisi, S10-Sesemar Mermer Mad.İnş.Nak.San.ve Tic.Ltd.Şti., S11-Alemdar Mermer San.Tic.Ltd.Şti., S12-Çiftçiler Yağ San.ve Tic.Ltd.Şti.’ ye ait sondaj kuyularındır.

Herhangi bir kirliliğin varlığını tespit etmek amacıyla kimyasal analizler sonucunda elde edilen verileri, sızıntı suların kirletici özelliğini yansıtan ve Uluslararası Sağlık Örgütü tarafından kabul edilen sınır değerler ile karşılaştırmak gerekmektedir. Bu veriler Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Sızıntı suyun kirletici özellikleri (Gönüllü vd. 1988)

Parametre	Birim	Genel Aralık	Tipik Değer
Ca ⁺⁺	mg/lt	200-3.000	1.000
Mg ⁺⁺	mg/lt	50-1.500	250
Cl ⁻	mg/lt	100-3.000	500
pH	mg/lt	5.3-8.5	6.0
Toplam Sertlik CaCO ₃	mg/lt	300-10.000	3.500
Alkalinite CaCO ₃	mg/lt	1.000-10.000	3.000
Toplam askıda katı madde	mg/lt	200-1.000	500

2000 ile 2007 yıllarına ait su örneklerinin kimyasal analizleri karşılaştırıldığında, pH değerlerinde bir artış olduğu görülmektedir. Ancak pH değerleri Çizelge 4.2’de verilen “Sızıntı suyun kirletici özellikleri” standart verileri aralığı (5,3-8,5) içerisinde kalmaktadır.

Ortamda katyon ve anyonların artışına bağlı olarak elektriksel iletkenlik de artmış olup, bu değişimin mevsim şartlarından kaynaklandığı söylenebilir. Yağışlı mevsimlerde daha yüksek değerler veren Elektriksel iletkenlik değerindeki artışın büyük oranda Akarçay’a beslenen Afjet deşarj suyundan kaynaklandığı, Doğdu ve Bayarı (2002) tarafından belirtilmiştir.

Yeraltı suyunda mermer artıklarından kaynaklanabilecek su kirliliğinin tipik göstergesi Ca⁺⁺ ve Mg⁺⁺ iyonlarının konsantrasyonundaki değişimdir. 2000-2007 yılları arasında Ca⁺⁺+Mg⁺⁺ katyonlarındaki artış oranı sırasıyla; %1.22, %2.94, %0.72 ve %0.17 olarak belirlenmiştir. Ca⁺⁺ ve Mg⁺⁺ katyonlarında son 7 yıl içerisinde kayda değer bir artış gözlenmemektedir. 2007 verilerine göre Ca⁺⁺ ve Mg⁺⁺ katyonlarının değerleri

maksimum 6,95 olup, Çizelge 4.2’de verilen sınır değerlerin çok altında kaldığı görülmektedir.

Kuyulardan alınan su örneklerinin Na^+ ve K^+ konsantrasyonlarında marjinal bir değişim görülmemektedir. Doğdu ve Bayarı (2002), Afjetin faaliyete geçmesinden sonra bölgedeki sularda bulunan Na^+ ve K^+ katyonlarının 3 kat arttığını bildirmektedir. Ancak, Akarçay yatağından sondajlara olan mesafenin 2 km’den fazla olması, olası artışın etkisinin fazla olmadığı sonucunu desteklemektedir.

Kuyulardaki anyonların değişim oranları incelendiğinde HCO_3^- , Cl^- ve SO_4^{2-} konsantrasyonlarındaki artışın çok düşük olduğu ve bu değerlerin Çizelge 4.2’de verilen sınır değerler arasında kaldığı görülmektedir. Doğdu ve Bayarı (2002), özellikle Afjet deşarj suyunun beslendiği alanlarda HCO_3^- ve Cl^- anyonlarının diğer bölgelere göre 3 kat fazla olduğunu işaret etmektedir.

Kuyulardan alınan sulara ait veriler, Organize Sanayi Bölgesi Mermer Artıkları Depolama Sahasının yeraltı suyunun kalitesine olumsuz bir etkisinin olmadığını göstermektedir. Bunun en önemli nedenlerinden birisi, mermer artıklarının sürekli depolanması yerine, değerlendirilmek üzere Afyon Çimento T.A.Ş.’ye gönderilmesi, yani mermer artık miktarında çok önemli bir artışın olmamasıdır. Bundan hareketle mermer artık depolama alanındaki sızıntı sularının yeraltı sularına karışmamış olduğu ve buna dayalı bir kirlenmenin sözkonusu olmadığını söylenebilir.

4.6.3 Sondaj Kuyuları

Mermer artıklarının depolandığı alanın, yeraltı suyuna olan etkisinin incelenmesi için alınan su örnekleri kimyasal analize tabi tutularak bulunan değerlerin, “suyun kirletici özellikleri” standart verileri aralığı değerlerinin çok altında kaldığı Bölüm 4.6.2’de açıklanmıştı. Bu konunun son derece önemli olması ve bu etkinin açıkça ortaya konulması için yukarıda bahsedilen kuyuların dışında Organize Sanayi Bölgesinde faaliyet gösteren 12 işletmenin kullanım amaçlı açmış olduğu su kuyularından da

örnekler alınarak kimyasal analize tabii tutulmuştur. Bu işletmelere ait kuyularının listesi Çizelge 4.3'te, kuyulardan alınan suların analiz sonuçları ise Çizelge 4.4'te verilmiştir. Söz konusu su kuyularından alınan su numunelerin analizi, İzmit'te Temsat Teknik Mühendislik Su Artıma ve İnşaat Ltd. Şti.'ne ait analiz laboratuvarlarında "Standart Methods For The Examination Of Water and Wastewater Analysis (1999 20th Edition APHA, AWWA, WPCF)" esasına göre yapılmıştır.

Çizelge 4.3. Organize Sanayi Bölgesinde yeralan işletmelerin sondaj kuyusu yerleri

Numune No	Kuyu Yeri
1	İhtisas Mermer San. Ltd. Şti.
2	Alimoğlu Madencilik Mermer Sanayi Ticaret A.Ş.
3	Portakoloğlu Et Gıda Sanayi Ticaret A.Ş.
4	Malaklar İnş.Taah.Gıda Mad.San.ve Tic.Ltd.Şti.
5	Genhan Nakliyat Ticaret A.Ş.
6	Orpet Turizm Petrol A.Ş.
7	Nur Mozaik
8	Bayburtlular Mermer San.Tic.Ltd.Şti.
9	AFES A.Ş. Et Entegre Tesisi
10	Sesemar Mermer Mad.İnş.Nak.San.ve Tic.Ltd.Şti
11	Alemdar Mermer San.Tic.Ltd.Şti.
12	Çiftçiler Yağ San.ve Tic.Ltd.Şti.

Çizelge 4.4'ten çıkan sonuca göre pH değerinin; 6,04 ile 7,85 değerleri arasında değiştiği görülmektedir. En düşük pH değerine sahip yer 4 nolu kuyunun bulunduğu yer (Malaklar İnş.Taah.Gıda Mad.San.ve Tic.Ltd.Şti.) ve en yüksek pH değerinin ölçüldüğü yer ise 12 nolu kuyunun bulunduğu (Çiftçiler Yağ San.ve Tic.Ltd.Şti.) yerdir.

Elektriksel iletkenlik değeri ise 836 ile 1054 değerleri arasında değişmektedir. Burada da en düşük ölçüm 4 nolu kuyuda (Malaklar İnş.Taah.Gıda Mad.San.ve Tic.Ltd.Şti.) ve en yüksek ölçüm değeri 12 nolu kuyudadır (Çiftçiler Yağ San.ve Tic.Ltd.Şti.).

Na⁺ katyonu deęerinin en dűşük 2,15 en yűksek 8,80 olduęu gűrűlmektedir. En dűşük deęerin okunduęu kuyu 12. kuyu (Çiftçiler Yaę San.ve Tic.Ltd.Şti.), en yűksek deęerin okunduęu kuyu ise 4 nolu kuyudur (Malaklar İnş.Taah.Gıda Mad.San.ve Tic.Ltd.Şti.). Na⁺ katyonunun Çiftçiler Yaę San. ve Tic.Ltd.Şti.'ne ait kuyuda yűksek çıkmasının nedeni yağları yıkamak için kostik (NaOH) kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

K⁺ katyonu için en dűşük deęer 0,15 en yűksek deęer ise 1,10 olarak ۆlçűlműş olup, en dűşük deęer 10 nolu kuyuda (Sesemar Mermer Mad.İNş.Nak.San.ve Tic.Ltd.Şti), en yűksek deęer ise 12 nolu kuyudadır (Çiftçiler Yaę San.ve Tic.Ltd.Şti.).

Ca⁺⁺+Mg⁺⁺ katyonları için en dűşük deęer 3,65 ve en yűksek deęer 8,90 dır. En dűşük deęer 1 nolu kuyuda (İhtisas Mermer San. Ltd. Şti.), en yűksek deęer ise 9 nolu kuyuda (AFES A.Ş. Et Entegre Tesisi) ۆlçűlműştűr.

HCO₃⁻ anyonu en dűşük 4,25 en yűksek ise 10,50 olarak ۆlçűlműştűr. En dűşük ۆlçűm sonucu 9 nolu kuyuya (AFES A.Ş. Et Entegre Tesisi), en yűksek ۆlçűm deęeri ise 7 nolu kuyuya (Nur Mozaik) aittir.

Cl⁻ anyonu en dűşük 0,45 en yűksek 1,70 olarak ۆlçűlműş olup, en dűşük deęerin 5 nolu kuyuda (Genhan Nakliyat Ticaret A.Ş.), en yűksek deęerin 6 nolu kuyuya (Orpet Turizm Petrol A.Ş.) ait olduęu gűrűlmektedir.

SO₄⁻² anyonu içinse en dűşük 0,28 deęeri, en yűksek 1,79 deęeri ۆlçűlműştűr. En dűşük deęer 2 nolu kuyuda (Alimoęlu Madencilik Mermer Sanayi Ticaret A.Ş.), en yűksek deęer ise 1 nolu kuyudadır (İhtisas Mermer San. Ltd. Şti.).

Çizelge 4.1'de ve Çizelge 4.4'teki analiz sonuçları birbirine paralel değerler vermekte olup, bűtűn bu değerler Çizelge 4.2'de belirtilen limit değerlerin altında kalmaktadır. Bu sonuçlar, mermer artık depolama alanındaki sızıntı sularının yeraltı sularına karışmadığını ve buna bağlı bir yeraltı suyu kirlenmesinden bahsedilemeyeceğini ortaya koymaktadır.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde Maden Sanayisi (Çimento, Taş Kırma, Karo, Plaka İmalatı, Mermer İşleme, Toprak Sanayi ve Benzerleri) için sızıntı suyunda aranan parametre sadece pH'dır ve sızıntı suyunun pH değeriinin 6 ile 9 arasında olması gerekmektedir (Resmi Gazete 2004). Yapılan analiz sonuçlarının Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre de uygun olduğu görölmektedir.

Çizelge 4.4 O.S.B.'deki işletmelerin su numunelerinin kimyasal analizleri

Parametre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
pH	7,82	7,41	7,10	6,04	7,20	7,00	6,80	7,08	6,84	7,11	7,20	7,85	
EC x 10⁶ (µm/cm)	1024	856	942	836	956	875	1032	947	938	853	998	1054	
Katyonlar (mg/l)	Na⁺	3,70	2,50	6,80	4,50	3,80	6,20	4,70	5,70	4,50	3,40	2,15	8,80
	K⁺	0,45	0,56	0,35	0,35	0,43	0,65	0,55	0,83	0,15	0,60	1,10	0,75
	Ca⁺⁺+ Mg⁺⁺	3,65	4,25	7,15	5,66	3,72	5,85	6,05	8,90	5,60	6,75	7,50	6,45
Anyonlar (mg/l)	HCO₃⁻	4,45	6,35	8,55	8,40	4,75	10,50	6,65	4,25	5,56	9,85	7,45	10,45
	Cl⁻	0,87	1,35	1,45	0,45	1,70	1,35	0,80	0,65	1,55	1,45	0,80	1,56
	SO₄⁻²	1,79	0,28	0,44	0,45	1,48	0,55	1,15	0,60	1,52	1,35	0,45	1,28

4.6.4 Yeraltı Su Seviyesi

DSİ Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı Suları Dairesi Başkanlığı Su Sondaj Kuyu Loglarına ait bilgilerden mermer artıkları depolama sahasında ve civarında Yeraltı suyu seviyesinin 13-17 m derinlikte olduğu belirlenmiştir (D.S.İ. 2007). Yeraltı su seviyesinin 13-17 m olması mermer artık depolama alanı açısından bir olumsuz durumdur. Bu yakın mesafeye sızıntı sularının ulaşmasının engellenmesi gerekir. Ayrıca buradaki zeminin özellikleri de ayrı bir önem taşır. Buradaki zemin az kumlu kildir. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinin 26. maddesinde depo tabanlarının teşkilinde uyulması gereken kural, “Düzenli depo tesisinden, depo tabanına sızan sızıntı sularının yeraltı sularına karışmasını önlemek için depo tabanı geçirimsiz hale getirilir. Depo tabanında oluşturulan bir drenaj sistemi ile sızıntı suları toplanır. Bu amaçla; 1-Depo tabanı, tabii yeraltı suyunun maksimum seviyesinden 1 metre yüksekte olur. 2-Depo tabanına; sıkıştırılmış kalınlığı en az 60 cm olan kil veya aynı geçirimsizliği sağlayan doğal ya da yapay malzeme serilir. Bu malzemelerin geçirimsizlik katsayısı (permeabilite) 1.10^{-8} m/sn'den büyük olamaz” (Resmi Gazete 1991, 1998, 1999), şeklinde tanımlanmaktadır. Yönetmelikte belirtilmiş olan kıstaslara uyularak mermer artıkları depolama sahasının zemininde 60 cm kalınlığında bir kil tabakası serilerek silindirle sıkıştırma yapılmıştır.

4.7 Meteorolojik ve Klimatolojik Özellikler

(Yağış, sıcaklık, buharlaşma, rüzgar, bulutluluk, buhar basıncı ve nem)

Afyonkarahisar Ege bölgesinde olmasına rağmen Ege iklimiyle bağdaşmaz. Yükselti ve denizden uzaklık sebebiyle Afyonkarahisar'ın iklim şartlarında İç Anadolu iklimine benzerlik görülür. Daha çok kışları soğuk ve kar yağışlı, yazları sıcak ve kurak bir step iklimi görülür. İlkbahar ve sonbaharda yağışlar yağmur şeklindedir (D.M.İ.G.M. 2007).

Afyonkarahisar'da meteorolojik gözlemlere 1929 yılında başlamıştır. İl Merkezinde bir gözlem istasyonu vardır (D.M.İ.G.M. 2007). Afyonkarahisar' a ait meteorolojik veriler Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5 Meteorolojik veriler

Enlem : 38.45

Boylam : 30.32 Yükseklik : 1034 m

(D.M.İ.G.M. 2007)

METEOROLOJİK ELEMENLER	AYLAR (Çalışma Yılı : 2006)												YILLIK
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Ortalama Yerel Basınç (hPa)	899.4	894.7	893.5	894.4	897.5	897.6	895.9	894.4	898.4	898.0	900.5	904.8	897.4
Ortalama Sıcaklık (C)	-2.1	0.8	6.7	12.0	15.4	20.0	22.2	25.9	17.5	12.9	5.7	1.8	11.6
Ortalama Buhar Basıncı (hPa)	4.6	5.4	7.1	9.0	11.5	14.2	15.7	16.7	12.8	10.6	6.7	5.0	9.9
Ortalama Bulutluluk (0-10)	5.8	7.1	5.5	5.2	3.9	2.7	2.1	0.8	3.6	5.5	3.3	4.0	4.1
Ortalama Toplam Yağış Miktarı (mm)	60.7	43.5	51.8	24.7	52.6	22.3	6.1	0.2	93.3	76.9	38.2	4.7	475.0
Günlük En Çok Yağış Miktarı (mm)	15.3	7.0	12.8	10.1	16.1	7.8	3.2	0.2	25.2	33.7	19.8	2.3	33.7
Ortalama Kar Yağışlı Günler Sayısı	8.0	6.0	2.0								3.0	3.0	22.0
Ortalama Kar Örtülü Günler Sayısı	13.0	20.0	3.0								3.0	1.0	40.0
En Yüksek Kar Örtüsü Kalınlığı (cm)	40.0	33.0	9.0								2.0		40.0
En Hızlı Esen Rüzgarın Yönü	SSW	SSW	WSW	SW	WNW	WSW	ENE	SSW	SW	SSW	SSW	NNW	WSW
En Hızlı Esen Rüzgarın Hızı (m/s)	13.6	16.0	19.1	17.4	13.9	14.5	12.3	17.6	14.7	12.6	13.1	13.5	19.1

Çizelge 4.6 (Devam) Meteorolojik veriler (D.M.İ.G.M. 2007)

METEOROLOJİK ELEMENLAR	AYLAR (Çalışma Yılı : 2006)												YILLIK
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Saat 07 deki Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	1.2	1.2	1.6	1.4	1.0	1.3	1.4	0.8	1.1	1.0	0.9	0.9	1.1
Saat 14 deki Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	2.0	2.1	3.0	3.1	2.6	3.2	2.6	2.8	2.1	1.7	1.7	1.4	2.4
Saat 21 deki Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	1.5	1.6	2.0	2.0	1.7	2.2	2.6	3.0	1.4	1.3	1.1	1.1	1.8
Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	1.6	1.6	2.2	2.2	1.8	2.2	2.2	2.2	1.5	1.3	1.2	1.1	1.8
Ortalama Buharlaşma (mm)				95.5	136.0	193.0	224.8	266.1	125.7	80.1	5.0		
Ortalama 5 cm Toprak Sıcaklığı (C)	0.9	1.4	7.3	14.7	19.8	25.7	28.2	31.3	20.4	13.8	5.5	1.2	14.2
Ortalama 10 cm Toprak Sıcaklığı (C)	1.1	1.3	7.3	14.6	19.0	25.4	27.8	30.6	20.8	14.2	5.8	1.5	14.1
Ortalama 20 cm Toprak Sıcaklığı (C)	1.8	1.5	7.0	14.1	18.2	24.7	27.3	30.0	21.5	14.9	6.8	2.5	14.2
Ortalama 50 cm Toprak Sıcaklığı (C)	4.1	2.9	7.1	13.0	16.6	22.9	25.7	28.6	23.1	17.0	9.9	5.7	14.7
Ortalama 100 cm Toprak Sıcaklığı (C)	6.6	4.8	7.0	11.2	14.3	19.6	22.5	25.4	23.2	18.4	12.8	8.8	14.6
Günlük Ortalama Güneşlenme Süresi (saat, dakika)	02:16	02:14	04:37	05:57	08:36	09:52	11:09	11:13	06:45	04:51	05:46	03:19	06:23

Afyonkarahisar'da yıllık ve günlük sıcaklık farkları yüksektir. 31 yıllık uzun dönem verilerine göre En sıcak ay ortalaması 22,1 derece, en soğuk ay ortalaması 0,3 derecedir. 2006 yılında ise en soğuk ay (Ocak) sıcaklığı -2,1 ve en yüksek ay (Ağustos) sıcaklığı 25,9 °C olarak ölçülmüştür. Afyonkarahisar'da günümüze kadar rastlanan en düşük sıcaklık - 27,2 °C (30.12.1948), en yüksek sıcaklık ise 39,8 °C'dir (29.07.2000), (D.M.İ.G.M. 2007). 31 yıllık uzun dönem verilerine göre Afyonkarahisar'da sıcaklığın sıfır dereceye düştüğü günlerin, yani don olayı görülen günlerin sayısı 94'tür (D.M.İ.G.M. 2007).

Mermer artıkları depolama sahasında oluşacak olan sızıntı su miktarının ve çevredeki yüzey suyu miktarının belirlenmesi mermer artık depolama sahasının drenaj yapılarının projelendirilmesinde büyük önem taşımaktadır. Buna göre çevredeki maksimum yağış miktarı baz olarak alınmalıdır.

31 yıllık verilere göre Afyonkarahisar'da yıllık yağış miktarı 455 mm'dir. 2006 yılında ise bu değer 475 mm'dir. Yağışın en az olduğu aydaki (Ağustos) yağış miktarı 0,2 mm, en çok olduğu aydaki (Eylül) yağış miktarı ise 93,3 mm'dir (D.M.İ.G.M. 2007). Yağışlı mevsimlerde mikron boyutlu mermer partiküllerinin sızıntı suyla yer altı sızmasının önlenmesi amacıyla zemin iyileştirilmeleri yapılmıştır. Ayrıca sızıntı suyun drene edilmesi amacıyla depolama alanı altına drenaj boruları döşenerek Akarçay'a bağlanmıştır.

Depolama alanı yer seçiminde hakim rüzgar yönü de dikkate alınmalıdır. Çevrede bulunan yerleşim yerlerinin yazın sıcak havalarda tozda etkilenmemesi için rüzgar yönünde yerleşim alanı bulunmamalıdır. Bölgede hakim rüzgar yönü Kuzey-Kuzeybatı'dır. 59 yıllık verilere göre ortalama rüzgar hızı 2,7 m/s'dir. 2006 yılında ise ortalama rüzgar hızı 1,8 m/sn'dir (D.M.İ.G.M. 2007).

Mermer artık depolama sahasında rüzgar esme yönü kuzey batı yönünde ve ortalama rüzgar hızı 2.7 m/sn olduğundan mermer partiküllerinin atmosfere dağılması kaçınılmazdır. Bu olumsuz etkiyi azaltmak için depolama, rüzgarın esme yönüne paralel olarak yapılmıştır. Bu sebeple olası bir rüzgarlı havada mermer artık depolama sahasında toz oluşumu, minimuma indirilmiştir. Oluşan tozlanma ise bitki sağlığı ve insan sağlığı açısından önemli bir sorun teşkil etmemektedir. Hakim rüzgar yönü olan Kuzey-Kuzeybatı yönünde herhangi bir yerleşim alanı bulunmamaktadır. Organize Sanayi Bölgesinde herhangi bir bitki örtüsünün olmaması nedeniyle bitki örtüsü

zararından bahsetmek söz konusu değildir. Aksine mermer artık depolama sahasının etrafına ağaç dikilerek tozlanmanın dışarı taşması da engellenecektir. İğde, ıhlamur, akçağaç, çınar gibi yapraklı ya da sedir karaçam gibi ibreli (iğne yapraklı) ağaçlar bölgede yetişmeye uygundur (İÇOM 2007). İnsan sağlığı açısından tozla bulaşan hastalıkların riski bulunmakta ise de bölgenin sanayi bölgesi olması, herhangi bir yerleşimin olmaması ve çalışanların rüzgarlı havalarda toz maskesi ile çalışması ile bu riskin önüne geçilebilir.

Serbest su yüzeyinden oluşan buharlaşma, yükseklik, sıcaklık, hava akımları ile doğru; havanın nemlilik derecesi, atmosfer basıncı, erimiş tuzların miktarı ile ters orantılı olarak değişmektedir. Zeminlerden buharlaşma ise zeminin su miktarı, bitki sıklığı, buz ve karla kaplı olma ve zeminin güneşlenme miktarı gibi etkenlere bağlı olarak gerçekleşmektedir.

İklimin mermer artık depolama alanında kışın soğuk ve kar yağışlı geçmesi, kar tabakasının toprak üzerinde 40 gün kalması, yağmur yağış miktarının maksimum 33,7 mm olması ve yıllık yağışın 455 mm olması sulu mermer artıklarının yeraltı suyuna karışmasını kolaylaştıracaktır. Ancak bu yağışların ve kar tabakasının sulu mermer artıklarından yeraltı suyuna bir kirliliğin önüne geçilmesi için yüzeysel su toplama kanalları yapılmıştır ve bu su toplama kanalları D.S.İ.'nin yağmur suyu kanalına bağlanmıştır. Ayrıca mermer artık depolama sahasına gelen artıklar çeşitli alanlarda değerlendirildiğinden, uzun süre sahada durmamaktadır. Bu sebeple yağışların olumsuz bir etkisi bulunmamaktadır.

Mermer artıklarındaki suyun azaltılmasında; günlük ortalama 6 saat 23 dakika güneşlenme süresi, buharlaşmanın Nisan ayından Ekim ayına kadar olması ve rüzgar hızının ortalama 2,7 m/s olması meteorolojik değerlerin olumlu etkisi olarak görülmektedir.

4.8 Depolama Sahasının Zemin Özellikleri

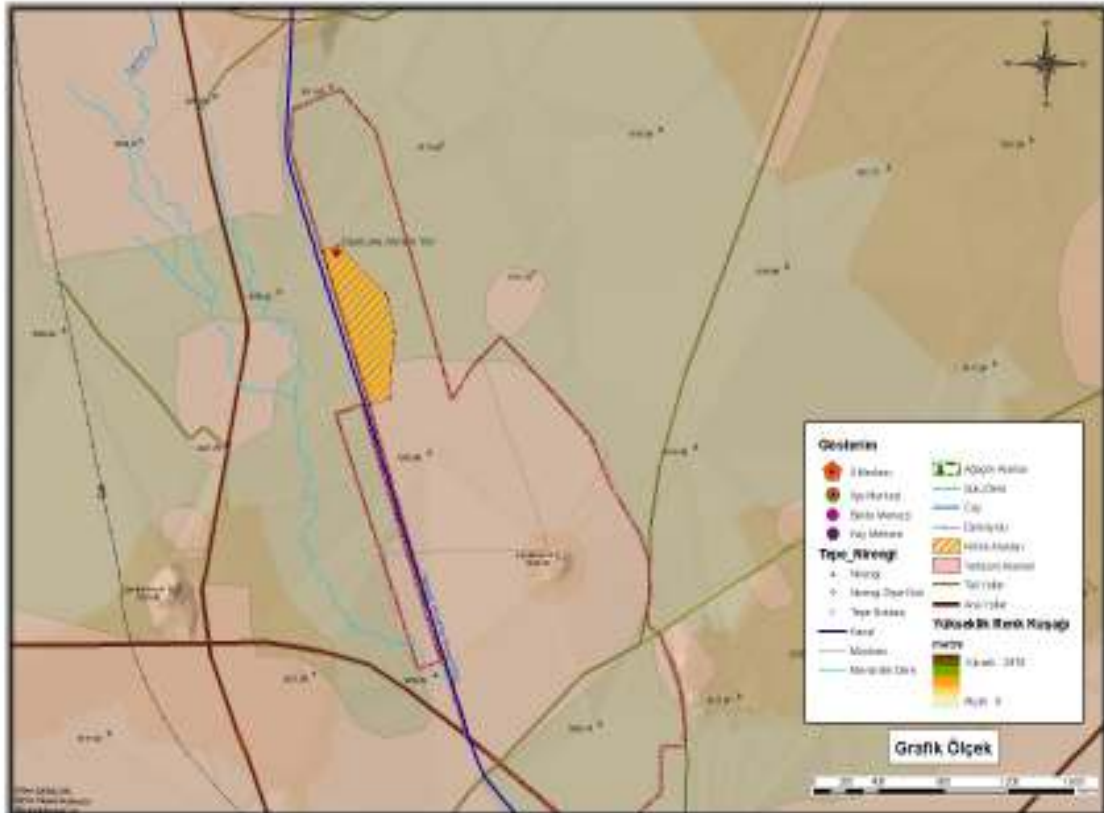
Havzada oldukça büyük alanlar kaplayan ve Akarçay'ın çevresinde yayılım gösteren alüvyonun üst seviyeleri, çok ince taneli malzemelerden dolayı kısmen geçirimsizdir. Alüvyon içinde derinlerde özellikle kumtaşı, çakıltaşı seviyeleri yer almaktadır.

Mermer artık depolama alanı içerisinde, mimari proje ve statik hesaplara temel olacak şekilde zemin parametrelerinin tespiti amacıyla, 10 m Standart Penetrasyon deneyleri yapılmış, ayrıca 3.00 m derinliğindeki araştırma çukurundan örselenmiş numune alınarak bu numune üzerinde elek analizi, dane birim hacim ağırlığı, doğal nem, Atterbeg limitleri deneyleri yapılmıştır. Çalışmalar Nisan – Mayıs 2007 tarihlerinde tamamlanmıştır.

Mermer artık depolama alanında açılan 3 m derinliğindeki araştırma çukurunun yeri Şekil 4.9’da, aynı çukurda gözlenen birimler ise Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.6 İnceleme alanında gözlenen birimler

Gözlem Çukuru – 1		
Derinlik (m)	Litoloji	Açıklama
0.00 – 3.00		Sıkı – yarı sıkı kıvamlı, açık kahve renkli, az kumlu kil



Şekil 4.9 Numune alma yeri haritası

4.8.1 Zeminin Fiziko-Mekanik Özellikleri

İnceleme alanı içerisinde 3.00 metre derinliğinde açılmış olan 1 adet araştırma çukurundan alınmış olan örselenmiş numune üzerinde, zeminin indeks özelliklerini belirlemek üzere, elek analizi ve zemin sınıflaması deneyleri yapılmış ve sonuçlar Çizelge 4.7’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.7 Elek analizi ve zemin sınıflaması

Gözlem Çukuru	LL	PL	PI	Çakıl (%)	Kum (%)	Kil (%)	Zemin Simgesi	Zemin Adı
1	31,9	17	15	1	40	59	CL	Düşük Plastisiteli Kil

Mermer artıkları depolama alanında Çizelge 4.7’ye göre; zeminin tamamı CL sınıfında yani Birleştirilmiş Zemin Sınıfı Abağı’na göre “Düşük Plastisiteli Kil” olarak adlandırılmıştır. Zemin sert – yarı sert kıvamdadır (Çizelge 4.8). Alüvyon olarak nitelendirilen söz konusu düşey litolojinin zemin grubu “C”, yerel zemin sınıfı “Z3”, spektrum karakteristik periyotları ise $TA_{0,15} - TB_{0,60}$ sn alınmalıdır. Zemin genellikle kumlu, siltli kil biriminde olduğu için sıvılaşma riski yoktur.

Çizelge 4.8 İnce taneli zeminlerin kıvamlilik indeksine göre sınıflandırılması
(Şekercioğlu 1998)

Kıvamlilik İndeksi (Ic)	Tanımlama
< 0	Akışkan (Çamur)
0 – 0,25	Çok Yumuşak
0,25 – 0,50	Yumuşak
0,50 – 0,75	Yarı Sert (Sıkı)
0,75 – 1,00	Sert
> 1,00	Yarı Katı (Çok Sert)

Çizelge 4.9’den görüleceği üzere zeminin şişme derecesi “Orta”dır. Zemin özelliklerini iyileştirmek amacıyla zeminin üzerine 60 cm kalınlığında bir kil tabakası döşenmiş ve

silindirle sıkıştırma yapılarak zeminin geçirimsizlik katsayısı (permeabilite) 1×10^{-8} m/sn yapılmıştır.

Çizelge 4.9 Zeminlerin plastisite indeksine göre sınıflandırılması (Burmister, 1951)

Plastisite İndeksi (PI)	Şişme Derecesi
> 35	Çok Yüksek
7 – 12	Yüksek
10 – 16	Orta
< 18	Düşük

Geçirimsizlik, kayma direnci, oturma ve benzeri özelliklerden dolayı kullanım amacına uygun olmayan zeminlerin ortaya çıkardığı problemlerin çözümünde zemin içerisine çimento, kireç, mermer tozu, uçucu kül gibi çeşitli kimyasal maddeler katılarak zemin özelliklerinin iyileştirilmesidir. Kimyasal stabilizasyonda kullanılan kireç orta, ince ve çok ince daneli zeminlerle reaksiyona girerek plastisitenin düşmesine, işlenebilirliğin ve mukavemetin artmasına, şişmenin azalmasına neden olmaktadır. Zemin sınıfı CH, CL, MH, ML, ML-CL, SC, SM-SC, SM, GC, GM-GC, GM olan ve silt, kil içeren ince gradasyonlu zeminlerin kireç ile stabilize edilerek ıslah edilmeleri mümkündür. Dolayısı ile kireç stabilizasyonu killi zeminlere uygulanan bir metottur ve amacı zeminin deformasyona olan direncini arttırmaktır. Mermer tozunun killi zeminlerde kirece benzer bir iyileştirme yaptığı bilinmektedir (Zorluer vd. 2003). Netice itibariyle bu saha, “Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği”ne göre, depolama sahası olarak kullanılmaya uygundur.

4.9 Mermer Artıklarının Özellikleri ve Karakterizasyonu

Organize Sanayi Bölgesi mermer artık depolama alanındaki artıklar, Afyon Çimento T.A.Ş.’ne çimento yapımında kullanılmak üzere gönderilmektedir. Gönderilen bu artıkların miktarı Çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.10 Çimento fabrikasında kullanılan mermer artık miktarları (Çekirge 2007)

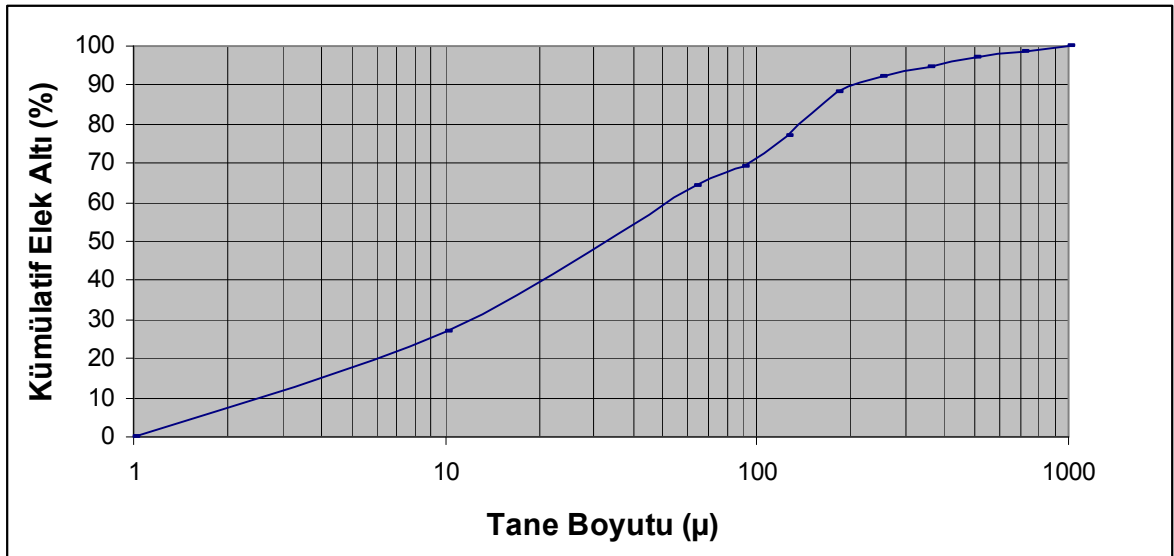
YIL	Mermer Tozu (ton)	Mermer Kırığı (ton)
2005	11.000	1.826
2006	97.495	45.536
2007 (ilk 6 ay)	34.000	28.000

4.9.1 Mermer Artıklarının Boyut Dağılımı

Mermer artık depolama sahasından alınan artık numuneleri, boyut dağılımını belirlemek amacıyla eleme işlemine tabi tutulmuştur. Eleme işlemine standarda uygun elektrikli eleme cihazı kullanılmıştır. Numunelerin nemi yüksek olduğu için etüvde kurutulmuş ve eleme işlemine hazır hale getirilmiştir. 100 gramlık toz atık numunesi eleme cihazının en üstündeki 1000 μ 'luk eleğe boşaltılarak eleme işlemi başlatılmıştır. Cihaz 10 dakika çalıştırılmış ve eleme işlemi sonucunda 1000, 710, 500, 355, 250, 180, 125, 90, 63 μ 'luk eleklerin ve 63 μ 'nun altındaki tavanın içinde bulunan toz atıklar ayrı ayrı hassas dijital tartı aletinde tartılarak elde edilen elek üstü verileri kaydedilmiştir. Bu verilerden yararlanılarak kümülatif elek altı eğrisi belirlenmiştir. Çizelge 4.11'de elek analiz değerleri ve Şekil 4.10'da ise kümülatif elek altı eğrisi görülmektedir.

Çizelge 4.11 Mermer artıklarının elek analiz değerleri

Kullanılan Elekler (Mikron)	% Geçen (Ağırlıkça)
1000	100,00
710	98,56
500	97,15
355	94,56
250	92,32
180	88,44
125	76,87
90	69,02
63	64,23



Şekil 4.10 Kümülatif elek altı eğrisi

Şekil 4.10'da görüldüğü gibi mermer artıklarının %90'ı 200 µ, %70'i ise 100 µ altındadır. 20 µ altındaki mermer artıklarının oranı ise %40'dır. Bu durum, mermer artıklarının boyut dağılımının ince olduğunu göstermektedir.

İnce taneli zenginleştirme atıkları su kirliliğine neden olur ve bu atıkların (ve aşınma yoluyla atık kayalardan gelen ince taneli çökeltiler) depolanması için özel bir ilgi gerekmektedir. Her iki durumda da bu inert atıklar (kimyasal olarak reaktif olmamasına rağmen) sudaki yaşamı yok edebilir (Commission of the European Communities 2003). Ayrıca mikron altı boyuttaki tozlar çok uzun mesafelere taşınabilmekte ve hava kirliliğine de yol açmaktadırlar. Oluşan tozların herhangi bir toksik etkisi olmasa da insan, hayvan ve bitki sağlığına olumsuz etkisi kaçınılmazdır.

Endüstri Tesislerinden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğinin EK-8 (İzne Tabi Tesisler Listesi Liste B) Madde 9.10'da kuru durumda iken tozuma yapabilen yığma maddelerin, damperli araçlar veya devirmeli depolar, kepçeler veya teknik araç ve gereçlerle doldurulup boşaltıldığı açık veya tam kapalı olmayan depolama tesisleri yer almaktadır. Bu sebeple mermer artık depolama sahası B tipi Emisyon İznine tabidir. Yönetmeliğin EK-1 d bendinde; Açıkta depolanan yığma malzeme, hava kalitesi standartlarını sağlamak şartıyla açıkta depolanabileceği belirtilip, bu amaçla aşağıda bazı örnekleri verilen tedbirlerin alınması istenmektedir:

- Araziye rüzgarı kesici levhalar yerleştirilir, duvar örülür veya rüzgarı kesici ağaçlar dikilir,
- Konveyörler ve diğer taşıyıcıların ve bunların birbiri üzerine malzeme boşalttığı bağlantı kısımlarının üstü kapatılır,
- Savurma yapmadan boşaltma ve doldurma yapılır,
- Malzeme üstü naylon branda veya tane büyüklüğü 10 mm'den fazla olan maddelerle kapatılır,
- Üst tabakalar %10 nemde muhafaza edilir. Bu durumu sağlamak için gerekli donanım kurulur (Resmi Gazete 2006).

Mermer artık alanında savurma yapmadan doldurma boşaltma yapılması, depolama alanının etrafına ağaç dikilmesi bu tozların hava kirliliğine olan olumsuz etkisini azaltacaktır.

4.9.2 Mermer Artıklarının Kimyasal Analizi

Mermer artık depolama sahasında sulu ve katı artıklar depolanmaktadır. Zaman zaman hem katı hem de sulu artıkların beraberce depolandığı da görülmektedir. Bu nedenle katı, sulu ve karışık mermer artığı örnekleri ayrı ayrı kimyasal analize tabi tutulmuştur.

Katı mermer artıklarının kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla XRF cihazında yapılan analizlerde, ana elementlerin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.12’de, sulu mermer artıklarının kimyasal analiz sonuçları ise Çizelge 4.13’de verilmiştir.

Çizelge 4.12 Katı mermer artıkları kimyasal analiz sonuçları

TARİH	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	K.K.	TOPLAM
(01-31).01.2007	0,55	0,26	0,14	53,09	0,28	0,17	0,07	0,00	43,75	98,31
(01-31).01.2007	0,52	0,27	0,15	53,79	0,63	0,24	0,06	0,00	43,78	99,44
(01-28).02.2007	0,51	0,32	0,10	52,39	1,03	0,14	0,06	0,00	43,55	98,10
(01-28).02.2007	0,50	0,25	0,09	53,51	0,89	0,20	0,05	0,00	43,73	99,22
(01-31).03.2007	0,03	0,15	0,02	54,30	0,97	0,09	0,04	0,00	43,53	99,13
(01-31).03.2007	0,32	0,20	0,06	52,26	0,78	0,16	0,04	0,00	43,50	97,32
(01-30).04.2007	0,58	0,29	0,12	53,58	0,72	0,24	0,06	0,00	43,40	98,99
(01-30).04.2007	0,36	0,26	0,06	53,46	1,38	0,25	0,05	0,00	43,14	98,96
(01-31).05.2007	0,50	0,23	0,12	55,93	0,29	0,13	0,06	0,00	42,45	99,71
(01-31).05.2007	0,26	0,20	0,05	53,92	0,47	0,14	0,04	0,00	43,28	98,36
(01-30).06.2007	0,21	0,20	0,05	53,90	0,70	0,14	0,06	0,00	43,45	98,71
(01-30).06.2007	0,48	0,29	0,07	49,98	3,98	0,23	0,06	0,00	43,43	98,52
ORTALAMA	0,40	0,24	0,09	53,34	1,01	0,18	0,05	0	43,42	98,73
S.S.	0,16	0,05	0,04	1,35	0,94	0,05	0,01	0	0,34	0,63
MİN.	0,03	0,15	0,02	49,98	0,28	0,09	0,04	0	42,45	97,32
MAX.	0,58	0,32	0,15	55,93	3,98	0,25	0,07	0	43,78	99,71

Katı mermer artıklarına ait örneklerin kimyasal analizlerinde, en yüksek bileşeni oluşturan CaO oranının %49,98 ile %55,93 arasında değiştiği görülmektedir. Ana elementlerin dağılımları incelendiğinde, yüksek CaO içeriklerine karşılık diğer tüm bileşenlerin dağılımlarında bir azalma gözlenmektedir. Bu durum, kalsit artışına bağlı olarak diğer minerallerin azalmasının bir sonucudur. Ayrıca MgO oranı %0,28 ile %3,98 arasında dağılım göstermektedir. MgO miktarının düşük olması kalsitlerin dolomitleşmediklerinin tipik bir göstergesidir.

Çizelge 4.13 Sulu mermer artıkları kimyasal analiz sonuçları

TARİH	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	K.K.	TOPLAM
(01-31).03.2007	0,45	0,25	0,12	53,51	0,54	0,25	0,05	0,00	43,57	98,74
(01-31).03.2007	0,32	0,19	0,09	53,89	0,37	0,13	0,06	0,00	43,42	98,47
(01-30).04.2007	0,73	0,28	0,29	52,64	0,37	0,15	0,08	0,00	43,37	97,91
(01-30).04.2007	1,15	0,30	0,24	52,34	0,94	0,17	0,10	0,00	43,52	98,76
(01-31).05.2007	0,45	0,27	0,07	53,36	0,85	0,19	0,05	0,00	43,46	98,70
(01-30).05.2007	1,44	0,50	0,20	52,41	1,06	0,14	0,10	0,00	43,36	99,21
(01-30).06.2007	0,18	0,17	0,06	52,49	1,77	0,21	0,04	0,00	43,91	98,83
(01-30).06.2007	0,64	0,37	0,16	52,81	1,17	0,17	0,09	0,00	43,30	98,71
ORTALAMA	0,67	0,29	0,15	52,93	0,88	0,18	0,07	0	43,49	98,67
S.S.	0,43	0,10	0,08	0,58	0,47	0,04	0,02	0	0,19	0,37
MİN.	0,18	0,17	0,06	52,34	0,37	0,13	0,04	0	43,30	97,91
MAX.	1,44	0,50	0,29	53,89	1,77	0,25	0,10	0	43,91	99,21

Katı mermer artıkları ile sulu mermer artıklarının kimyasal analiz verileri karşılaştırıldığında, aralarında herhangi bir farkın olmadığı görülmektedir. Zaten mermerin kesilmesi sırasında herhangi bir kimyasal reaksiyon meydana gelmemektedir. Harmanlanmış mermer artıklarının analiz sonuçları ise Çizelge 4.14'te verilmiştir.

Çizelge 4.14 Karışık (sulu+katı) mermer artığı kimyasal analiz sonuçları

TARİH	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	K.K.	TOPLAM	H ₂ O
02.01.2007	1,29	0,50	0,21	52,97	0,87	0,18	0,09	0,00	43,48	99,59	9,97
03.01.2007	0,73	0,33	0,14	53,95	0,49	0,19	0,08	0,00	43,55	99,46	13,74
04.01.2007	0,61	0,32	0,15	51,20	3,13	0,19	0,08	0,00	44,22	99,90	14,00
05.01.2007	1,49	0,51	0,25	53,75	0,73	0,31	0,11	0,00	42,70	99,85	2,08
06.01.2007	1,24	0,55	0,39	52,89	0,65	0,24	0,12	0,00	43,63	99,71	1,86
07.01.2007	1,00	0,41	0,40	53,20	0,63	0,26	0,11	0,00	43,50	99,51	1,58
08.01.2007	1,19	0,44	0,14	53,61	0,51	0,07	0,10	0,00	43,79	99,85	1,80
09.01.2007	0,81	0,47	0,08	53,46	0,50	0,07	0,08	0,00	43,40	98,87	1,73
10.01.2007	1,22	0,42	0,24	53,31	0,54	0,18	0,10	0,00	43,71	99,72	1,82
11.01.2007	0,82	0,37	0,07	52,13	2,00	0,20	0,07	0,00	44,22	99,88	1,52
12.01.2007	0,72	0,36	0,16	52,76	1,23	0,19	0,08	0,00	43,95	99,45	2,26
13.01.2007	1,56	0,53	0,17	47,82	5,84	0,08	0,12	0,00	44,40	100,52	3,04
14.01.2007	1,51	0,39	0,09	53,32	0,52	0,10	0,10	0,00	43,53	99,56	1,90
15.01.2007	0,95	0,30	0,07	53,61	0,83	0,12	0,08	0,00	43,70	99,66	2,20
16.01.2007	2,12	0,40	0,20	51,20	1,04	0,10	0,13	0,00	43,40	98,59	1,46
17.01.2007	0,86	0,39	0,07	52,21	0,73	0,09	0,07	0,00	43,80	98,22	1,75
18.01.2007	1,45	0,47	0,14	52,49	0,50	0,14	0,11	0,00	43,70	99,00	2,99
19.01.2007	2,50	0,82	0,33	52,82	0,92	0,17	0,17	0,00	43,10	100,83	14,43
20.01.2007	1,13	0,47	0,16	52,54	0,74	0,14	0,10	0,00	43,68	98,96	15,31
21.01.2007	1,01	0,40	0,15	53,30	0,45	0,16	0,10	0,00	43,41	98,98	14,86
22.01.2007	0,91	0,33	0,18	53,26	1,11	0,14	0,09	0,00	43,32	99,34	13,10
23.01.2007	0,69	0,32	0,17	52,89	1,55	0,15	0,09	0,00	42,64	98,50	13,96
24.01.2007	0,75	0,34	0,17	52,67	0,85	0,17	0,09	0,00	43,50	98,54	12,96
25.01.2007	1,64	0,67	0,28	51,66	0,79	0,15	0,14	0,00	43,36	98,69	12,77
26.01.2007	1,60	0,67	0,32	51,63	0,88	0,18	0,12	0,00	43,51	98,91	13,82
27.01.2007	1,34	0,55	0,27	51,67	0,82	0,18	0,11	0,00	43,62	98,56	12,24
28.01.2007	0,68	0,36	0,11	54,20	0,45	0,08	0,06	0,00	43,30	99,24	14,53
29.01.2007	1,53	0,53	0,42	52,48	0,59	0,15	0,11	0,00	43,28	99,09	15,67
30.01.2007	1,56	0,54	0,38	52,79	0,64	0,16	0,11	0,00	43,25	99,43	14,12
31.01.2007	1,39	0,53	0,17	52,65	0,60	0,11	0,10	0,00	43,04	98,59	1,82
01.02.2007	1,35	0,43	0,13	51,93	0,40	0,16	0,10	0,00	44,16	98,66	2,22
02.02.2007	1,75	0,54	0,18	52,74	0,59	0,13	0,12	0,00	43,50	99,55	1,44
03.02.2007	0,82	0,34	0,14	53,33	0,57	0,14	0,07	0,00	43,49	98,90	2,90
04.02.2007	0,48	0,25	0,04	49,42	4,69	0,13	0,05	0,00	44,58	99,64	2,51
05.02.2007	1,31	0,47	0,12	52,01	1,52	0,13	0,09	0,00	44,40	100,05	1,76
06.02.2007	1,75	0,62	0,24	52,86	0,46	0,20	0,13	0,00	43,56	99,82	2,05
09.02.2007	1,47	0,40	0,20	53,80	0,36	0,13	0,10	0,00	43,60	100,06	1,78
10.02.2007	1,56	0,64	0,25	52,09	0,48	0,14	0,10	0,00	43,90	99,16	2,02
11.02.2007	0,71	0,32	0,05	53,59	0,69	0,08	0,06	0,00	43,63	99,13	1,69
12.02.2007	0,64	0,37	0,05	53,93	0,32	0,10	0,07	0,00	43,73	99,21	2,00
13.02.2007	0,35	0,18	0,03	54,78	0,22	0,13	0,05	0,00	43,85	99,59	1,18
14.02.2007	0,52	0,24	0,11	54,16	0,42	0,20	0,06	0,00	43,58	99,29	7,66
14.02.2007	0,19	0,13	0,02	40,97	12,82	0,12	0,03	0,00	46,00	100,28	2,24
15.02.2007	0,98	0,43	0,15	52,60	0,54	0,19	0,10	0,00	43,41	98,40	14,11
16.02.2007	1,85	0,62	0,21	52,32	0,85	0,18	0,11	0,00	43,32	99,46	13,86
17.02.2007	0,41	0,21	0,05	55,75	0,29	0,15	0,05	0,00	43,20	100,11	14,08
18.02.2007	1,06	0,40	0,16	52,68	0,95	0,23	0,07	0,00	43,47	99,02	14,77
19.02.2007	1,77	0,43	0,22	52,45	0,64	0,15	0,09	0,00	43,08	98,83	14,45

Çizelge 4.14 (Devam) Karışık (sulu+kati) mermer artığı kimyasal analiz sonuçları

TARİH	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	K.K.	TOPLAM	H ₂ O
20.02.2007	1,84	0,60	0,27	51,45	2,06	0,11	0,12	0,00	43,55	100,00	13,62
21.02.2007	1,88	0,47	0,22	51,33	1,61	0,13	0,11	0,00	43,30	99,05	13,88
22.02.2007	1,06	0,34	0,14	53,78	0,41	0,15	0,08	0,00	43,89	99,85	1,26
23.02.2007	2,28	0,51	0,18	51,32	0,35	0,27	0,10	0,00	43,36	98,37	1,26
24.02.2007	0,81	0,30	0,09	54,56	1,84	0,15	0,07	0,00	43,56	101,38	1,36
25.02.2007	1,96	0,68	0,27	52,31	0,65	0,15	0,08	0,00	43,68	99,78	1,40
26.02.2007	0,91	0,39	0,09	52,98	1,02	0,12	0,07	0,00	43,82	99,40	1,74
27.02.2007	1,59	0,51	0,17	53,01	0,58	0,14	0,10	0,00	43,32	99,42	1,94
28.02.2007	0,80	0,25	0,07	52,45	0,72	0,08	0,07	0,00	43,80	98,24	1,42
01.03.2007	1,42	0,55	0,22	52,67	0,51	0,13	0,10	0,00	43,41	99,01	2,06
02.03.2007	0,50	0,35	0,22	53,87	0,41	0,15	0,07	0,00	43,60	99,17	1,61
03.03.2007	0,77	0,25	0,07	54,21	0,42	0,11	0,07	0,00	43,68	99,58	1,65
04.03.2007	0,40	0,18	0,02	54,29	0,47	0,10	0,05	0,00	43,55	99,06	1,94
05.03.2007	2,36	0,69	0,43	52,97	1,17	0,14	0,07	0,00	42,15	99,98	2,01
06.03.2007	0,94	0,31	0,09	53,63	0,76	0,17	0,07	0,00	43,45	99,42	2,08
07.03.2007	0,46	0,22	0,08	54,43	0,38	0,20	0,05	0,00	43,86	99,68	6,97
08.03.2007	0,41	0,21	0,21	54,27	0,29	0,15	0,05	0,00	43,72	99,31	15,44
09.03.2007	1,28	0,47	0,12	53,07	0,70	0,25	0,09	0,00	43,06	99,04	14,26
10.03.2007	1,28	0,50	0,15	52,42	0,59	0,25	0,10	0,00	43,46	98,75	15,43
11.03.2007	1,12	0,52	0,12	53,07	0,61	0,29	0,09	0,00	43,60	99,42	14,61
12.03.2007	3,13	0,95	0,37	51,47	1,16	0,16	0,18	0,00	42,93	100,35	14,38
13.03.2007	1,24	0,44	0,12	53,12	0,48	0,18	0,08	0,00	43,50	99,16	18,17
14.03.2007	1,65	0,57	0,20	52,52	0,74	0,23	0,10	0,00	43,76	99,77	17,58
15.03.2007	2,62	0,73	0,21	52,06	0,66	0,13	0,13	0,00	43,15	99,69	2,22
16.03.2007	0,65	0,25	0,08	53,34	1,05	0,09	0,07	0,00	43,68	99,21	1,40
17.03.2007	1,00	0,37	0,15	53,41	0,76	0,19	0,09	0,00	43,70	99,67	14,18
18.03.2007	0,60	0,30	0,12	54,14	0,42	0,20	0,07	0,00	43,60	99,45	13,81
19.03.2007	1,08	0,42	0,18	54,29	0,43	0,23	0,10	0,00	42,92	99,65	14,02
20.03.2007	1,49	0,53	0,25	53,57	0,58	0,18	0,13	0,00	43,28	100,01	14,62
21.03.2007	1,66	0,73	0,17	53,40	1,00	0,26	0,08	0,00	43,68	100,98	14,81
22.03.2007	0,91	0,41	0,19	53,50	0,50	0,24	0,07	0,00	43,24	99,06	15,03
23.03.2007	0,62	0,26	0,20	52,68	0,37	0,24	0,06	0,00	43,60	98,03	14,43
24.03.2007	0,79	0,36	0,22	53,50	0,53	0,17	0,08	0,00	43,78	99,43	15,53
25.03.2007	0,55	0,30	0,14	53,83	0,73	0,18	0,06	0,00	44,10	99,89	14,99
26.03.2007	0,94	0,37	0,23	53,83	0,61	0,17	0,09	0,00	43,60	99,84	15,41
27.03.2007	0,43	0,25	0,24	53,76	1,09	0,12	0,06	0,00	43,94	99,89	14,59
28.03.2007	0,40	0,22	0,21	54,16	1,05	0,13	0,05	0,00	43,74	99,96	16,42
29.03.2007	0,68	0,25	0,08	54,60	0,51	0,16	0,07	0,00	43,57	99,92	13,10
30.03.2007	0,91	0,34	0,12	53,14	0,71	0,21	0,08	0,00	43,78	99,29	14,08
31.03.2007	2,67	0,89	0,28	51,50	1,02	0,16	0,17	0,00	42,65	99,34	13,74
01.04.2007	0,88	0,38	0,07	52,15	0,65	0,20	0,07	0,00	43,52	97,92	13,56
02.04.2007	1,74	0,60	0,19	53,15	0,80	0,16	0,12	0,00	43,26	100,02	13,48
03.04.2007	2,19	0,68	0,21	52,45	0,90	0,15	0,14	0,00	43,03	99,75	12,86
04.04.2007	2,83	0,81	0,28	51,58	0,98	0,15	0,16	0,00	42,52	99,31	13,78
05.04.2007	0,58	0,36	0,01	54,22	0,75	0,11	0,05	0,00	43,34	99,42	1,80
06.04.2007	0,80	0,31	0,11	54,12	0,48	0,11	0,07	0,00	43,51	99,51	2,40
07.04.2007	0,68	0,29	0,07	54,01	0,52	0,09	0,07	0,00	43,60	99,33	1,40
08.04.2007	0,24	0,19	0,03	55,12	0,27	0,07	0,05	0,00	43,63	99,60	2,22

Çizelge 4.14 (Devam) Karışık (sulu+katı) mermer artığı kimyasal analiz sonuçları

TARİH	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	K.K.	TOPLAM	H ₂ O
09.04.2007	0,55	0,18	0,02	55,20	0,28	0,08	0,06	0,00	43,33	99,70	1,32
10.04.2007	0,19	0,13	0,03	54,39	0,39	0,12	0,05	0,00	43,94	99,24	13,45
11.04.2007	0,78	0,30	0,10	53,45	0,56	0,14	0,08	0,00	43,70	99,11	13,01
12.04.2007	0,36	0,18	0,62	54,36	0,30	0,12	0,06	0,00	43,53	99,53	12,21
13.04.2007	0,79	0,51	0,47	54,07	0,36	0,16	0,08	0,00	43,25	99,69	12,46
14.04.2007	0,45	0,21	0,21	53,83	0,58	0,19	0,06	0,00	44,15	99,68	11,56
15.04.2007	0,45	0,27	0,08	53,92	0,40	0,08	0,05	0,00	43,91	99,16	1,44
16.04.2007	1,80	0,64	0,64	52,02	0,70	0,09	0,10	0,00	43,30	99,29	1,51
17.04.2007	2,53	0,94	0,56	52,12	1,01	0,12	0,15	0,00	41,90	99,33	11,06
18.04.2007	0,49	0,28	0,28	53,75	0,78	0,17	0,07	0,00	43,56	99,38	9,06
19.04.2007	1,26	0,36	0,34	51,22	2,85	0,10	0,10	0,00	43,40	99,63	11,06
20.04.2007	1,51	0,71	0,47	52,44	0,39	0,13	0,06	0,00	43,83	99,54	13,06
21.04.2007	1,77	0,51	0,24	51,94	0,91	0,14	0,10	0,00	43,40	99,01	13,06
22.04.2007	1,47	0,51	0,31	51,62	1,06	0,15	0,10	0,00	43,64	98,86	11,93
23.04.2007	1,71	0,58	0,27	52,12	1,00	0,18	0,10	0,00	43,37	99,33	11,13
24.04.2007	1,82	0,59	0,22	52,21	1,03	0,27	0,10	0,00	43,26	99,50	11,18
25.04.2007	1,27	0,40	0,27	52,78	0,63	0,14	0,09	0,00	43,70	99,28	11,13
26.04.2007	1,45	0,57	0,29	51,86	0,51	0,14	0,10	0,00	43,44	98,36	12,04
27.04.2007	1,62	0,44	0,58	52,28	0,55	0,15	0,09	0,00	43,14	98,85	12,36
28.04.2007	0,80	0,25	0,21	53,51	0,66	0,26	0,07	0,00	43,78	99,54	12,76
29.04.2007	0,51	0,29	0,47	54,56	0,43	0,18	0,06	0,00	43,60	100,10	13,80
30.04.2007	1,34	0,45	0,66	53,86	0,47	0,18	0,11	0,00	43,07	100,14	12,10
01.05.2007	2,00	0,56	0,32	52,06	1,08	0,15	0,14	0,00	43,25	99,56	12,02
02.05.2007	1,45	0,44	0,22	51,27	2,84	0,14	0,13	0,00	43,60	100,09	10,18
03.05.2007	1,40	0,51	0,25	52,85	1,37	0,16	0,11	0,00	43,24	99,89	12,18
04.05.2007	1,12	0,32	0,22	53,12	1,23	0,15	0,10	0,00	43,54	99,80	13,22
05.05.2007	1,31	0,41	0,19	52,73	0,45	0,11	0,09	0,00	43,85	99,14	12,26
06.05.2007	0,50	0,41	0,09	53,78	0,37	0,12	0,06	0,00	43,69	99,02	11,37
07.05.2007	0,50	0,19	0,16	54,30	0,51	0,20	0,07	0,00	43,67	99,60	14,46
10.05.2007	0,37	0,21	0,13	53,70	0,45	0,15	0,06	0,00	43,83	98,90	14,03
11.05.2007	1,89	0,57	0,25	50,23	0,96	0,10	0,13	0,00	43,17	97,30	11,23
12.05.2007	1,28	0,36	0,25	52,59	0,70	0,15	0,10	0,00	43,43	98,86	10,06
13.05.2007	2,70	0,84	0,42	50,28	0,99	0,10	0,19	0,00	42,71	98,23	11,23,
14.05.2007	1,05	0,34	0,13	53,44	0,72	0,20	0,09	0,00	43,66	99,63	12,17
15.05.2007	1,56	0,46	0,20	53,30	0,62	0,18	0,10	0,00	42,87	99,29	15,00
16.05.2007	0,82	0,28	0,12	53,73	0,56	0,19	0,10	0,00	43,61	99,41	14,22
17.05.2007	1,02	0,41	0,18	53,47	0,63	0,17	0,09	0,00	43,88	99,85	13,88
18.05.2007	0,93	0,43	0,29	53,71	0,59	0,15	0,09	0,00	43,58	99,77	12,99
19.05.2007	1,00	0,51	0,24	53,62	0,58	0,12	0,09	0,00	43,33	99,49	14,22
20.05.2007	0,98	0,44	0,24	52,26	0,55	0,15	0,08	0,00	43,50	98,20	13,66
21.05.2007	0,64	0,37	0,22	53,97	0,60	0,18	0,07	0,00	43,28	99,33	12,90
22.05.2007	1,31	0,45	0,17	52,78	0,67	0,15	0,13	0,00	43,98	99,64	13,32
02.06.2007	1,76	0,46	0,32	52,58	0,74	0,12	0,17	0,00	42,87	99,02	13,10
03.06.2007	1,63	0,50	0,37	52,50	0,56	0,15	0,15	0,00	43,13	98,99	13,26
04.06.2007	1,89	0,54	0,36	52,45	0,81	0,09	0,16	0,00	43,25	99,55	13,88
05.06.2007	0,93	0,20	0,18	52,87	0,55	0,12	0,07	0,00	43,50	98,42	12,77
06.06.2007	0,66	0,30	0,18	54,07	0,66	0,20	0,07	0,00	43,50	99,64	13,13
07.06.2007	1,30	0,47	0,19	53,06	0,70	0,19	0,10	0,00	43,59	99,60	10,77

Çizelge 4.14 (Devam) Karışık (sulu+katı) mermer artığı kimyasal analiz sonuçları

TARİH	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	K.K.	TOPLAM	H ₂ O
08.06.2007	1,35	0,47	0,20	52,84	0,74	0,19	0,10	0,00	43,40	99,29	12,17
09.06.2007	2,97	1,05	0,41	50,22	0,96	0,12	0,19	0,00	43,32	99,24	8,30
10.06.2007	0,91	0,27	0,07	52,74	0,30	0,18	0,06	0,00	43,00	97,53	9,11
11.06.2007	1,25	0,39	0,17	52,82	0,50	0,16	0,10	0,00	43,64	99,03	16,50
12.06.2007	1,08	0,42	0,16	52,43	0,86	0,21	0,12	0,00	43,01	98,29	13,32
13.06.2007	0,57	0,23	0,12	53,84	0,81	0,24	0,10	0,00	43,62	99,53	10,11
14.06.2007	0,93	0,43	0,17	52,84	0,92	0,24	0,11	0,00	43,72	99,36	2,38
15.06.2007	1,03	0,36	0,14	53,67	0,82	0,21	0,09	0,00	43,50	99,82	12,42
16.06.2007	0,98	0,31	0,15	53,08	0,95	0,19	0,08	0,00	43,37	99,11	12,69
17.06.2007	1,78	0,55	0,27	52,17	1,08	0,19	0,11	0,00	43,52	99,67	11,67
18.06.2007	0,95	0,30	0,11	53,81	0,98	0,19	0,08	0,00	43,40	99,82	10,78
19.06.2007	0,95	0,28	0,08	53,87	0,49	0,18	0,07	0,00	43,51	99,43	8,99
20.06.2007	1,08	0,38	0,14	53,69	0,87	0,22	0,09	0,00	43,57	100,04	11,23
21.06.2007	0,66	0,28	0,16	54,24	0,65	0,20	0,07	0,00	43,84	100,10	12,23
22.06.2007	1,44	0,45	0,17	52,83	1,00	0,20	0,09	0,00	43,28	99,46	13,01
23.06.2007	1,37	0,55	0,22	52,01	0,72	0,19	0,11	0,00	43,46	98,63	11,39
24.06.2007	1,36	0,44	0,16	52,94	0,94	0,21	0,10	0,00	43,14	99,29	11,65
25.06.2007	1,33	0,46	0,15	53,15	0,70	0,27	0,09	0,00	43,75	99,90	16,27
26.06.2007	0,90	0,32	0,20	53,85	0,78	0,19	0,07	0,00	43,67	99,98	13,46
27.06.2007	0,43	0,24	0,08	52,39	1,77	0,22	0,08	0,00	44,20	99,41	12,88
28.06.2007	0,77	0,27	0,12	53,01	0,94	0,26	0,06	0,07	43,80	99,30	11,02
29.06.2007	0,78	0,29	0,09	53,04	0,99	0,25	0,07	0,00	43,92	99,43	11,47
30.06.2007	0,87	0,36	0,08	52,88	0,66	0,41	0,09	0,00	43,49	98,84	12,76
01.07.2007	0,77	0,31	0,12	52,52	0,47	0,17	0,08	0,00	44,16	98,60	12,70
02.07.2007	0,70	0,26	0,29	52,66	0,50	0,34	0,07	0,00	43,70	98,52	13,12
03.07.2007	0,58	0,28	0,10	53,65	0,60	0,23	0,07	0,00	43,60	99,11	12,82
04.07.2007	0,45	0,24	0,12	53,24	0,42	0,18	0,07	0,00	43,82	98,54	12,76
05.07.2007	0,70	0,34	0,28	53,16	0,54	0,32	0,07	0,00	43,58	98,99	13,02
06.07.2007	1,05	0,48	0,16	52,78	0,66	0,29	0,10	0,00	43,68	99,20	12,14
07.07.2007	1,48	0,55	0,27	52,08	0,83	0,21	0,11	0,00	43,08	98,61	13,63
08.07.2007	0,42	0,26	0,08	52,89	0,82	0,20	0,08	0,00	43,66	98,41	11,21
09.07.2007	0,39	0,18	0,04	54,09	0,46	0,20	0,06	0,00	43,62	99,04	12,06
ORT.	1,15	0,42	0,20	52,91	0,88	0,17	0,09	0,00	43,52	99,34	9,83
S.S	0,59	0,17	0,12	1,39	1,11	0,06	0,03	0,01	0,41	3,88	5,29
MİN.	0,19	0,13	0,01	40,97	0,22	0,07	0,03	0,00	41,90	83,52	1,18
MAX.	3,13	1,05	0,66	55,75	12,82	0,41	0,19	0,07	46,00	120,08	18,17

Çizelge 4.14’te verilen analiz sonuçlarına göre; mermer artıklarının yüksek oranda CaO içerdiği ve bu oranın en düşük 40,97 ve en yüksek 55,75 olarak değiştiği gözlenmiştir. SiO₂ en düşük 0,19 ve en yüksek 3,13 değerlerinde; Al₂O₃ en düşük 0,13 en yüksek 1,05 değerlerinde; Fe₂O₃ en düşük 0,01 en yüksek 0,66 değerlerinde; MgO en düşük 0,22 en yüksek 12,82 değerlerinde; SO₃ en düşük 0,07 en yüksek 0,41 değerlerinde ve K₂O en düşük 0,03 en yüksek 0,19 değerleri arasında değişmektedir.

Mermer artıkları, Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinin “EK-1 Tehlikeli Olmayan Kimyasal Maddelerin Atıkları” listesinin “İnorganik Maddeler” bölümünde yer alan Na, K, Mg, Ca karbonatları ve B, Mg, Ca, Al, Si, Fe oksitleri; Na, K, Mg, Ca silikatları olarak tanımlanmış minerallerden bünyesinde barındırmaktadır (Resmi Gazete, 2005). Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinin EK-7’de yer alan Tehlikeli Atık Listesinde; mermer artıkları bulunmamaktadır. Bununla birlikte yönetmeliğinin 48. maddesi maden atıklarını özel atık olarak tanımlar ve bu atıkların toplanması, taşınması, işlenmesi ve bertarafına ilişkin esasların Bakanlıkça belirleneceğini söyler (Resmi Gazete 2005).

Madencilik Faaliyetleri İzin Yönetmeliğinin 91. maddesinde; “Maden atıkları, özel işleme tabi atıklar kapsamındadır. Maden atıklarının yönetimine ilişkin yönetmelik, Çevre ve Orman Bakanlığı ile Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca müştereken çıkarılır” denilmektedir (Resmi Gazete 2005).

Henüz ülkemizde madencilik atıkları ile ilgili bir yönetmelik bulunmasa da, bu konuda altyapı çalışmalarının başladığı bilinmektedir. Bu yönetmeliğin hayata geçirilmesi halinde tek mevzuat ile açıklık giderilecektir.

Avrupa Birliği ülkelerinde madencilik atıkları özel işleme tabi atık olarak kabul edilmektedir (EWC 2000). Çizelge 4.15’de Avrupa Atık Katalogunun madencilik atıklarının ilgili bölümü yer almaktadır.

Çizelge 4.15 Avrupa atık katalogu (EWC 2000).

EWC Kodu	Tanımlama
0104	Metalik olmayan minerallerin fiziksel ve kimyasal işlemlerinden oluşan atıklar
010407(*)	Metalik olmayan minerallerin fiziksel ve kimyasal işlemlerinden oluşan sağlık yönünden riskli atıklar
010413	010407'de sayılanlardan farklı olarak taş kesme sırasında oluşan atıklar

Çizelge 4.15'de verilen Avrupa Atık Katalogunda (European Waste Catalogue), yanında (*) olan 6 haneli kodlar Avrupa Ekonomik Komisyonunun 91/689/EEC direktifine göre risk taşıyan atıklardır.

Buna göre; 010407(*) metalik olmayan minerallerin fiziksel ve/veya kimyasal işlemlere tabi tutulması sonucu oluşan ve sağlık yönünden riskli atıklar dışında kaldığı tanımlanan 010413 EWC kodlu "Taş Kesme Sırasında Oluşan Atıklar" grubu içerisinde yer alan mermer artıkları tehlikeli atık değildir. Sağlık yönünden riskli atık değildir.

4.10 Depolama Sahasının Yapısal Özellikleri

Söz konusu depolama alanı meyilli olmadığından, çevresi drenaj kanallarıyla çevrili bulunduğu ve Organize Sanayi Bölgesinin kanalizasyon ve yağmur kanalı sisteminin bulunduğu sahada kurulduğundan taşkın riskine maruz kalmamaktadır. Depolama sahasında ayrıca yağmur suyu kanalları mevcuttur.

Düzenli depo tesisinin depo tabanı geçirimsiz hale getirilmiştir. Bu amaçla depo tabanının, geçirimsizlik katsayısının sahanın her yerinde 1.10^{-8} m/sn olması sağlanacak şekilde yol altyapı tekniğine uygun olarak silindire sıkıştırılması yapılmıştır. Depo tabanı zemininde sıkıştırma işlemi; depo sahası zemininde bulunan ve yüksek geçirimsizlik ve yüksek sıkışma özelliklerine sahip olduğu tespit edilen (CH; Plastisitesi yüksek inorganik kil) kille yapılmıştır.

Sıkıştırılmış zemin üzerine 30 - 40 mm kırma taştan 30 cm'lik çakıl drenaj tabakası oluşturulmuştur ($54.000 \text{ m}^2 \times 0,30 \text{ m} = 16.200 \text{ m}^3$). Söz konusu malzeme OSB içerisinde yer alan kum çakıl yıkama eleme tesislerinden sağlanmıştır. Mermer artıklarının toprakla temasını kesen bu işlemlerden sonra, Çakıl drenaj tabakası içerisinde mermer

artıklarından gelecek sızıntı sularını drene etmek amacıyla %1 eğimde, 100 mm çaplı delikli HDPE drenaj boruları yerleştirilme işlemi yapılmıştır. Drenlerle toplanan sızıntı suyu 100 mm çaplı deliksiz HDPE drenaj borusu ile dinlendirme havuzuna iletilmektedir. Günlük miktarı 13,2 m³ olarak hesaplanan sızıntı suyu, milleşmenin olma ihtimali göz önüne alınarak toplama havuzunda dinlendirildikten sonra Organize Sanayi Bölgesi kanalizasyon şebekesine bağlanarak deşarj edilecektir (Organize Sanayi Bölgesinin halihazırda ortak arıtma tesisi yoktur. Çevre Orman Bakanlığına sunmuş olduğu iş temin planına göre inşa edilecektir.). Şu an için bu sular D.S.İ.'nin Yağmur Suyu Kanalına verilmektedir.

Malzeme depolama ana bölümlerini çevreleyecek biçimde yağmur sularını drene etmek için 4 ayrı hattan toplam 1.600 m uzunluğunda, % 1 eğimde, 400 mm çaplı beton drenaj borusu zemin 1,0 m kazılarak yerleştirilmiştir. Kanal çıkışları batı sınırından geçen mevcut DSİ Drenaj kanalına bağlanmıştır. Bu nedenle, ayrıca kafa hendeği projelendirilmesine gerek duyulmamıştır

Mermer artıklarını depolama alanında zemin traşlanması ile ortaya çıkan toprak ile planlanan depolama bölümlerinin çevrelerinde 1,60 m genişliğinde ve 0,80 m yüksekliğinde toplam uzunluğu yaklaşık 1.900 m olan seddeler oluşturulmuştur. Depolama bölmelerinde, seddelerin üst seviyesinden 0,20 m boşluk kalacak şekilde 0,50 m derinliğinde malzeme yığılması yapılmaktadır. Şekil 4.11'de alanın dikey kesiti görülmektedir.

İstasyonu ilk 250 m yarıçaplı mania alanı sınırının dışından itibaren 400 - 600 m yarıçaplı mania alanı içerisinde kalan 96.263 m² büyüklüğündeki alanda kurulmuştur.

96.263 m² lik proje alanı, toplam 54.000 m² depolama alanına sahip iki adet ana depolama bölmesinden oluşmaktadır. Kalan 42.263 m²'lik kısmı sınırlardan 10 m mesafe, 10 m genişliğinde servis yolları, idari bina yeri (prefabrik), manevra ve boşluk alanı olarak değerlendirilmiştir. Depolama bölmeleri 1,60 m taban genişliğinde ve yüzeyden 0,80 m yüksekliğinde seddeleme ile sınırlandırılarak, malzemenin sedde üst seviyesinden 0,20 m boşluk kalacak şekilde depolanması amacıyla 0,50 m depolama derinliği kazandırılmıştır.

Depolama hacmi 27.000 m³ olarak projelendirilmiştir (54.000 m² x 0,50 m). Tesis kapasitesi yıllık yaklaşık 35.100 ton (27.000 m³ x 1,3 ton/m³) olarak hesaplanmıştır. Günlük 96 ton malzeme alma kapasitesine sahiptir. Ancak; tesisin depolanması kalıcı doldurma şeklinde olmayıp; günlük alımlar ve kuruyan malzemenin sevki olarak sirkülasyon içinde olduğundan, uygulamada 6 adet kamyon/gün x 15 ton/adet = 90 ton/gün alım yapılmaktadır.

Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesin içerisinde yer alan mermer işleme tesislerinden anlaşmalı olanlara ait aylık 2.700 ton civarında ortaya çıkan mermer artıklarından yaklaşık 1/3'ü şlam tabir edilen artık, 2/3 kadarı da filtre presten çıkan daha kuru yapıdaki kek tabir edilen mermer artığıdır. Şlam; çöktürme havuzlarından toplanan mermer artıkları olup, bunlar kamyonların kasalarına özel olarak monte edilmiş tanklara işleme tesisinde doldurularak depo sahasına getirilmektedir. Filtre pres ünitesine sahip mermer işleme tesislerinden çıkan artıklar ise, su içeriği az olduğundan daha katı halde bulunmakta olup, normal kamyonlarla depolama sahasına getirilmektedir. Her iki malzeme 0,50 m derinlik kazanmış depolama bölmelerine ayrı ayrı boşaltılmaktadır.

Geliş sırasına göre düzenli ve sıralı olarak boşaltılan malzeme, depolama tesisindeki taşeron işletmecisi vasıtasıyla ekskavatör ile yayılıp depolanmakta ve sonra ilk dökülen kuruyan bölümden başlanarak %14-15 nem oranına gelinceye kadar doğal yolla kuruyan malzeme yükleyiciler vasıtasıyla kamyonlara yüklenecek çimento hammaddesi olarak yeniden üretimde kullanılmak üzere Afyon Çimento Fabrikasına nakledilmektedir. Çimento fabrikasında mermer artığı %14-15 nem içeriğinde hammadde olarak kullanılmakta olup, her parti proseste kullanılmadan önce fiziksel ve

kimyasal analizlere tabi tutulmaktadır. Bu nedenle depolama sahasından fabrikaya gelen her partide, alımdan önce malzemedan alınan numunelerle yapılan analizlerde nem oranı tespit edilmektedir.

Mermer işleme tesislerinin çökeltme havuzlarından çıkan mermer artığı, çimento üretiminde hammadde olarak kullanılan kireç taşı ile benzer özellikleri taşıması nedeniyle hammadde olarak fiilen üretimde kullanılmaktadır.

Tesise getirilen malzemenin kuruması hava şartlarına bağlı olduğundan yaz aylarında bu süreç hızlı olmakta ve tesiste hemen hemen malzeme birikimi oluşmamaktadır. Ancak kış aylarında gelen malzemenin kuruma süreci daha uzun zaman aldığından tesiste bir miktar malzeme birikimi olmaktadır. Bu miktarın, gelen malzemenin 3 aylık periyotlar halinde ayrı ayrı bölmelere doldurulup kurmaya bırakıldığı ve dolun için yeni bölmeye geçildiği göz önüne alınarak, yaklaşık 8.100 ton civarında olacağı düşünülmektedir. Ancak, kış aylarında biriken malzeme ile sevk edilen malzeme arasındaki fark nedeniyle, depolama alanında birikeceği düşünülen malzeme, yaz aylarındaki hızlı kuruma süresi nedeniyle tesisten kısa zamanda sevk edilecektir.

Depolama tesisinde, depolama alanlarının tamamen dolarak tesisin depolama ömrünün tamamlanması gibi bir durum söz konusu olmayacaktır. Tesis ara depolama bir nevi transfer istasyonu niteliğindedir. Bu nedenle depolama ömrü belirtilmemektedir. Ancak depolanan malzemenin alım ve satışında, ekonomik güçlükler vb. sorunlar yaşandığı takdirde tesisin faaliyetine son verilmek istendiğinde, tesise yeni malzeme alımı yapılmayacaktır. Mevcut malzemenin kurutulup satışı devam edecek; malzeme azaldıkça seddelerin kaldırılması işlemleri gerçekleştirilecektir.

Tesiste bulunan tüm malzemenin kurutulup satışından sonra, tesis alanında nihai düzenlemenin arkasından 0,5 m kalınlığında bitkisel toprak serilerek yeşillendirme yapılacaktır.

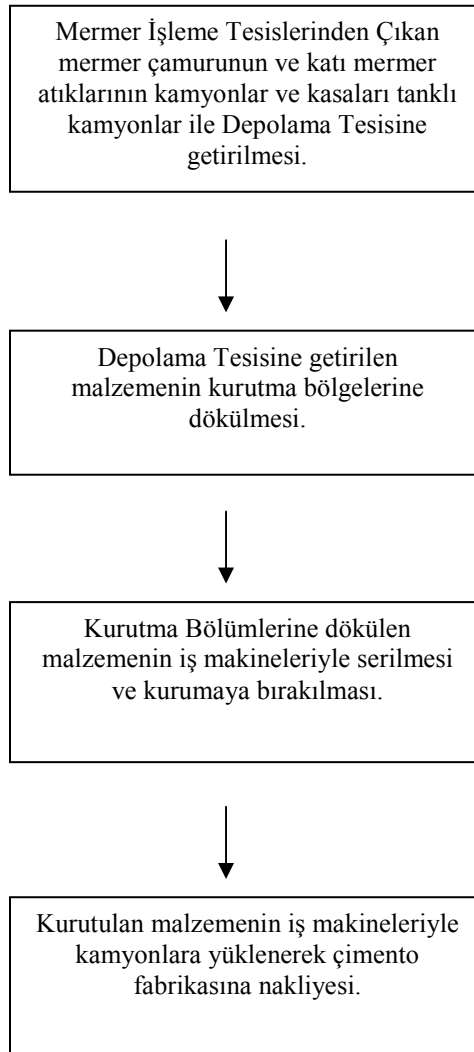
4.12 Depolama Sahasının İş Akım Şeması

Mermer artık depolama sahasına, Organize Sanayi Bölgesinde yer alan mermer işleme tesislerinden anlaşmalı olanların üretim sırasında ortaya çıkan mermer çamurları ve diğer mermer artıkları kamyonlarla getirilmektedir. Depolama tesisine getirilen

malzeme burada uygun yerlere boşaltılmaktadır. Parça mermer artıklar ve diğerleri ayrı ayrı depolanmaktadır. Ayrıca filtre presten çıkan mermer artıkları ile direk çökeltme havuzundan gelen mermer çamurları da ayrı ayrı yere serilmektedir. Serilen malzemelerin kurumması bittikten sonra, yine iş makineleri ile kamyonlara yüklenip çimento fabrikasına nakliyesi sağlanmaktadır. Şekil 4.12’de sözkonusu iş akım şeması görülmektedir.

4.13 Personel ve Ekipman

Proje alanında işletme faaliyetleri taşeron bir firma tarafından yürütülmektedir. Tesiste iş makinesi olarak 1 adet ekskavatör, 1 adet yükleyici, malzeme nakliyesinde kullanılmak üzere nakliye firmalarından kiralanan kamyonlar faaliyet göstermektedir. Tesiste idareci, iş makinelerinin operatörleri, yardımcıları ve bekçi olmak üzere toplam 8 (sekiz) personel çalışmaktadır (O.S.B. 2007).



Şekil 4.12 İş akım şeması

4.14 Depolama Sahasının Sağladığı Faydalar

Afyonkarahisar'da sayıları 400'ü aşan mermer işletmesi bulunmaktadır. Bu işletmelerden yılda yaklaşık 400.000 ton sulu, 200.000 ton ise katı artık açığa çıkmaktadır.

Mermer işleme tesislerinden açığa çıkan artık mermer parçaları ile mermer tozu diye adlandırılan sulu mermer artıkları çevreye büyük ölçüde zarar vermektedir.

Ayrıca, bu artıkların taşınmasında ve depolanmasında büyük zaman ve maddi kayıplar oluşmaktadır. Fabrikaların bu artıkları geçici olarak uygunsuz yerlerde depolamaları ise sorunu ötelemekten başka bir işe yaramamaktadır. En önemli kayıp ise, kullanılmayan bu artıkların ülkemiz ekonomisine bir fayda sağlamamasıdır.

Mermer artıkları meydana getirdiği görüntü kirliliği yanında, atık alanlarında bitki büyümesine izin vermemekte ve tarım alanlarında verim düşmelerine neden olmaktadır. Sulu mermer artıkları yeraltı su yollarını bloke ederek yeraltı su seviyesini düşürmekte ayrıca yeraltına karışan ince çamur malzemesi yeraltı su kalitesini düşürmektedir. Sulu mermer artıkları kuruduktan sonra havada uçarak insanların solunum yollarına zarar vermektedir.

Düzenli depolama alanlarının varlığıyla; çamurların etrafa yayılıp geniş bir alanı kirleterek görüntü ve çevre kirliliğine, rüzgarın da etkisiyle oluşan toz bulutlarının hava kirliliğine neden olması önlenerek, aynı zamanda atıklar (artıklar) hammadde olarak kullanılarak üretime geri dönüşümü sağlanmaktadır. Dolayısıyla ekonomiye de olumlu katkısı olmaktadır.

Mermer artık depolama alanının Organize Sanayi Bölgesi içinde olması ile bu artıklardan bir bölümünün düzenli ve kontrollü bir şekilde çevreyi kirletmeden ve kısa mesafede depolanması, endüstride hammadde olarak kullanılarak geri dönüşümünün sağlanması mümkün olmaktadır. Nakliye vb. masraflar da azalmaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

1980'lerin başında 15 milyon dolar olan Türkiye'nin toplam mermer ihracatı 2006 yılında da 1027,37 milyon dolar olarak gerçekleşmiştir. Ülkemizde 1980'li yıllardan sonra gelişmeye başlayan mermer sektörü, gelişmeyle beraber kimi sorunları da beraberinde getirmiştir. Bu sorunların en önemlilerinden biri kuşkusuz mermer artıklarıdır.

Afyonkarahisar ili, ülkemizde mermer sektörünün önde gelen illerinden birisidir. Afyonkarahisar'da mermer artıklarının çevreye olumsuz etkilerini azaltmak için mermer sektörünün yoğun olduğu üç bölgede mermer artıkları depolama sahası oluşturulmuştur. Susuz ve İscehisar Bölgesindeki mermer artık sahaları düzensiz bir yapıda olmasına karşın, Organize Sanayi Bölgesinde bulunan mermer artık depolama sahası düzenli bir depolama sahasıdır.

Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesinde bulunan 40 adet mermer işleme tesisinden yıllık 60.000 ton katı, 120.000 ton sulu mermer artığı açığa çıkmaktadır. Bu artıklardan 45.500 ton katı, 97.500 ton sulu mermer artığı Afyon Çimento T.A.Ş. tarafından, geri kalan kısmı ise Organize Sanayi Bölgesinde bulunan altyapısı tamamlanmamış yerlerde (yeni tesis yerlerinin zemin dolgularında, doğalgaz inşaatı, arıtma tesisi inşaatı vb.) kullanılmaktadır.

Mermer artıklarının tane boyutu analizinde, artıkların tane boyutlarının %90'ının 200 µ, %70'inin ise 100 µ altında olduğu görülmüştür. 20 µ altındaki mermer artıklarının oranı ise %40'dır. İnce taneli bu artıkların yeraltı suyu kirliliğine ve hava kirliliğine etkisi bulunmamaktadır.

Mermer artıklarının kimyasal analizleri sonucunda, artığın CaO muhtevasının yüksek ve bu değerlerin ortalama 54,09 olduğu tespit edilmiştir. Artığın SiO₂ oranı 1,15 olup, ortalama değerlerin Al₂O₃ için 0,42; Fe₂O₃ için 0,20; MgO için 0,88; SO₃ için 0,17; K₂O için 0,09 ve kızdırma kaybının ise 43,52 olduğu belirlenmiştir. Mermer artıkları bünyesinde; Na, K, Mg, Ca karbonatlarını ve B, Mg, Ca, Al, Si, Fe oksitlerini, Na, K, Mg, Ca silikatlarını barındırmaktadır. Dolayısıyla, mermer artıklarının bünyesinde herhangi bir toksit madde bulunmamaktadır.

Düzenli depolama alanındaki mermer artıklarının yeraltı suyuna etkisini incelemek için 4 adet su kuyusunda, 2000 yılında D.S.İ. tarafından yapılan analizlerle depolama sahasının inşasından sonra 2007 yılında yapılan analizler karşılaştırılmıştır. 2000 ile 2007 yıllarına ait su örneklerinin kimyasal analiz değerlerinin karşılaştırılmasında; pH değerlerinde bir artış olduğu görülmekle birlikte pH değerlerinin “Sızıntı suyun kirletici özellikleri” standart verileri aralığı (5,3-8,5) içerisinde kalmaktadır. 2000-2007 yılları arasında yer altı suyunda $Ca^{++}+Mg^{++}$ katyonlarındaki artış oranı sırasıyla %1,22 - %2,94 - %0,72 - %0,17 olarak ölçülmüştür. Ca^{++} ve Mg^{++} katyonlarında son 7 yıl içerisinde kayda değer bir artış gözlenmemektedir. 2007 verilerine göre Ca^{++} ve Mg^{++} katyonlarının değerleri maksimum 6,95 olup “Sızıntı suyun kirletici özellikleri” standart verileri aralığı değerlerinin çok altında kalmaktadır. Sulardaki HCO_3^- , Cl^- ve SO_4^{2-} gibi anyonların değişim oranları düşük olup, limit değerler arasında yer almaktadır.

Depolama sahasında yeraltı su seviyesi 13-17 metrededir. Ayrıca zeminin özelliklerini tespit için çeşitli deneyler yapılmış, bu alandaki zeminin düşük plastiteli kilden oluştuğu görülmüştür. Depolama alanlarında Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinde depolama sahasının zeminin geçirimsizlik katsayısının (permeabilite) 1×10^{-8} m/sn olması gerektiği belirtilmektedir. Bu haliyle depolama için uygun olmayacağından zeminin üzerine 60 cm kalınlığında bir kil tabakası döşenmiş ve silindirle sıkıştırma yapılarak zeminin geçirimsizlik katsayısı (permeabilite) 1×10^{-8} m/sn olması sağlanmıştır. Sıkıştırılmış zemin üzerine 30-40 mm kırma taştan 30 cm’lik çakıl drenaj tabakası oluşturmuştur. Mermer artıklarının toprakla temasını kesen bu işlemlerden sonra, çakıl drenaj tabakası içerisinde mermer artıklarından gelecek sızıntı sularını drene etmek amacıyla %1 eğimde, 100 mm çaplı delikli HDPE drenaj boruları yerleştirilmiştir. Malzeme depolama ana bölümlerini çevreleyecek biçimde yağmur sularını drene etmek için 4 ayrı hattan toplam 1.600 m uzunluğunda, %1 eğimde, 400 mm çaplı beton drenaj borusu zemin 1 m kazılarak yerleştirilmiştir. Kanal çıkışları batı sınırından geçen mevcut DSİ drenaj kanalına bağlanmıştır.

Mermer artık depolama sahasında rüzgar esme yönü kuzey-batı ve ortalama rüzgar hızı 2,7 m/sn olduğundan mermer partiküllerinin atmosfere dağılması kaçınılmazdır. Bu tozların insan, hayvan ve bitki sağlığına olası olumsuz etkilerini azaltmak için depolama yönü rüzgar yönü ile aynı seçilmiştir. Ayrıca doldurma boşaltma yapılırken savurma yapılmaması, depolama sahasının etrafına ağaç dikilmesi gibi tozun etkisini azaltıcı tedbirler önerilmiştir.

Devlet ve özel sektör temsilcileri bir araya gelerek bu artıkların sistemli ve ekonomik biçimde nasıl bertaraf edileceğini tartışmalı ve bunun için uygun projeler geliştirmelidir. Artıklar için sürekli depolama alanları oluşturmak ve yüksek meblağlarda nakliye ücretleri ödemek yerine, bu atıkları uygun yerlerde değerlendirmek daha akılcı bir çözümdür. Özellikle karayollarında, asfalt yol yapım işlerinde, yol temel ve alt temel tabakalarında mermer artıklarının iyi sıkışma özelliğinden yararlanılmalıdır. Böylece hem mermer artık maliyetleri hem de yol yapım maliyetleri düşmüş olacaktır. Çimento fabrikasının kullanmış olduğu artık miktarını arttırabilme imkanları gözden geçirilmelidir.

Organize Sanayi Bölgesinde kurulan artık depolama alanı ile düzenli depolama sistemine geçilmesi bölgede bulunan diğer artık depolama alanlarının da düzenli hale getirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

KAYNAKLAR

- Acar, H., 2001, Mermer İşleme Tesisi İçin Atık Su Arıtma Sistemi Kurulması ve İşletilmesinde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar, Maden Mühendisleri Odası, Mersem 2001, Afyonkarahisar
- Aduybim Acil Durum Yönetimi ve Bilgi İşlem Merkezi, 2007, Kişisel Görüşme, Afyonkarahisar
- Afyonkarahisar Belediyesi, 2007, Kişisel Görüşme, Afyonkarahisar
- Akbulut, H., Gürer, C., 2003, Mermer Atıklarının Çevresel Etkileri ve Yol Katmanlarında Kullanılarak Faydalanma ve Atık Azaltma İmkanları, Mersem 2003, Maden Mühendisleri Odası, Afyonkarahisar
- Arıtsan Çevre Ölçüm ve Analiz laboratuvarı, 2007, Sondaj Kuyuları Verileri, Kocaeli
- Arol, A.İ., 2005, Madencilikte Sıfır Atıklı Üretim, Madencilik ve Çevre Sempozyumu, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Ankara
- ATSO, 2007, Afyonkarahisar Sanayi ve Ticaret Odası, Kişisel Görüşme, Afyonkarahisar
- Burmister, D.M., 1951, Identification and classification of soil An appraisal and statement of principles. ASTM STP 113, Amer. Soc. for Test and Mat., Philadelphia
- Büyüksağış, S., 1994, Mermer İşleme Tesisleri Atıksuları Arıtım Yöntemleri, O.G.Ü. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir
- Ceylan., H., Saraç, S., Özkahraman, H.T., 2001, Mermer Toz Atıklarının Derz Dolgu Malzemesi (Fuga) Üretiminde Kullanılabilirliğini Araştırılması, Maden Mühendisleri Odası, Mersem 2001, Afyonkarahisar
- Commision of the European Communities, 2003, Proposal for a Directive of the European Parliament and of The Council on the Management of Waste from the Extractive Industries, COM (2003) 319 final
- Çekirge, M., 2007, Afyon Çimento T.A.Ş., Kişisel Görüşme, Afyonkarahisar
- Çelik, M.Y., 2003, Antik Çağda İsehisar (Afyon) Mermer Ocağı, Mermer, Doğal Taş Sektörünün Dergisi, Yıl 8, Sayı: 34, s. 70-75, İzmir.
- Çelik, M.Y., Sarıışık, A., Gürcan, S., 2003, Mermer ve Taş Ocaklarının Çevreye Olan Görsel etkileri, Maden Mühendisleri Odası, Mersem 2003, Afyonkarahisar
- Çelik, M.Y., 1996, Mermer Artıklarının (Parça-Tozların) Değerlendirilmesi, A.K.Ü. Yüksek Lisans Tezi, Afyonkarahisar

- Çelik, M.Y., Sabah, E., 2007, Geological And Tecnicl Charecterisation Of Iscehisar (Afyon-Turkey) Marble Deposits And The Impact Of Marble Waste On Environmental Pollution, Journal of Enviromental Managemant, (in press).
- Değirmenci, N., 2007, Kişisel Görüşme, Afyonkarahisar
- Demir, İ., Başpınar, M.S., 2003, Mermer Tozu Atıklarının Hafif Yapı Blokları Üretiminde Kullanılması, Maden Mühendisleri Odası, Mersem 2003, Afyonkarahisar
- D.İ.E., 1997, Madencilik ve Taşocakçılığı İstatistikleri, Ankara
- D.M.İ.G.M., 2007, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, 2007, Rasat Bilgisi, Ankara
- Doğdu, M.Ş. ve Bayarı C.S., 2002, Akarçay Havzasında (Afyon) jeotermal kökenli kirlenme: 1. Akarçay Nehrinde su ve sediman kirliliği, Yerbilimleri
- D.S.İ., 1977, Akarçay Havzası Hidrojeolojik Etüt Raporu, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara
- D.S.İ., 2000, 183. Sondaj Şube Şefliği, Sondaj Kuyuları Verileri, Afyonkarahisar
- D.S.İ., 2007, 183. Sondaj Şube Şefliği, Kişisel Görüşme, Afyonkarahisar
- EWC, 2000, European Waste Catalogue & Hazardous Waste List, Avrupa Atık Katalogu
- Gönüllü, M.T., Samsunlu, A., Baştürk, A., 1998, Açık Katı Atık Depolama Yerlerinde Oluşan Sızıntı Suların Yer Altı Sularını kirletmesi, I. Hidrojeoloji Sempozyumu, Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara
- İÇOM, 2007, İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Kişisel Görüşme, Afyonkarahisar
- Karadeniz, M., 1996, Cevher Zenginleştirme Tesis Atıkları, Çevreye Etkileri Önlemler, İstanbul
- Kavaklı, M., 2003, Mermer İşletme Tesisleri Proses Atıksularının Özellikleri, Arıtılması ve Kontrolü, Maden Mühendisleri Odası, Mersem 2003, Afyonkarahisar
- Kavas, T., Kibici, Y., 2001, Afyon Bölgesi Mermer Atıklarının Portland Kompoze Çimentosu Üretiminde Katkı Maddesi Olarak Kullanım Olanakları, Maden Mühendisleri Odası, Mersem 2001, Afyonkarahisar
- Kavas, T., Evcin, A., Önce, G., 2003, Afyon Bölgesi Mermer Atıklarının Kalsiyum Alüminalı Refrakter Çimento Üretiminde Hammadde Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Maden Mühendisleri Odası, Mersem 2003, Afyonkarahisar
- Kibici, Y., Yıldız, A., Bağcı, M., Kavas, T., 2000, Büyük Karabağ (Afyon) Mermerlerinin Petrografisi ve Fiziko-Mekanik Özellikleri, Ön Çalışma, Afyonkarahisar

- Kibici, Y., Yıldız, A., Bağcı, M., 2001, Afyon Kuzeyinin Jeolojisi ve Mermer Potansiyelinin Araştırılması, Mersem 2001, Maden Mühendisleri Odası, Afyonkarahisar
- Köktürk, U., 2002, Endüstriyel Hammaddeler, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayını, İzmir
- Kun, M., Onargan, T., Yüksel, S., 2006, Traverten Fabrika Artıklarının Dolgu İşlemlerinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Maden Mühendisleri Odası, Mersem 2006, Afyonkarahisar
- Kurnaz, Ö., Acar, M.U., 2000, AKÜ Meslek Yüksekokulu Tezi, Afyonkarahisar
- Kuşcu, M., Bağcı, M., Yıldız, A., 2001, Afyon Mermer Endüstrisi ve Türkiye Mermer Sektöründeki Konumu, Maden Mühendisleri Odası, Mersem 2001, Afyonkarahisar
- O.S.B., 2007, Organize Sanayi Bölgesi Müdürlüğü, Kişisel Görüşme, Afyonkarahisar
- M.Ç.K., 2004, Afyonkarahisar Valiliği Mahalli Çevre Kurulu Kararı, 26.02.2004, Afyonkarahisar
- M.T.A., 2007, Maden Tetkik Arama Orta Anadolu II. Bölge Müdürlüğü, Afyon İli Çevre Jeolojisi ve Doğal Kaynakları, 2007, Konya
- Onargan, T., Köse, H., Deliormanlı, A.H., 1992, Mermer, Üretimi, Kesme Teknolojisi, Ekonomisi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Yayınları, İzmir
- Onargan, T., Köse, H., Deliormanlı, A.H., 2004, Mermer, Maden Mühendisleri Odası, Ankara
- Onargan, T., 2007, Mermer Madencilğinde Çevre Yönetimi, II. Madencilik ve Çevre Sempozyumu, Ankara
- Önem, Y., 2000, Sanayi Madenleri, Kozan Ofset Mat. San. ve Tic. Ltd. Şti., Ankara
- Resmi Gazete, 14.03.1991, Sayı:20814, Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği
- Resmi Gazete, 15.09.1998, Sayı:23464, Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılması Hakkında Yönetmelik
- Resmi Gazete, 18.08.1999, Sayı:23790, Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılması Hakkında Yönetmelik
- Resmi Gazete, 05.06.2004, Sayı:25483, Maden Kanunu
- Resmi Gazete, 31.12.2004, Sayı:25687, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
- Resmi Gazete, 14.03.2005, Sayı:25755, Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği
- Resmi Gazete, 21.06.2005, Sayı:25852, Madencilik Faaliyetleri İzin Yönetmeliği
- Resmi Gazete, 22.07.2005, Sayı: 25883, Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği

Resmi Gazete, 13.05.2006, Sayı: 26167, Çevre Kanununda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun

Resmi Gazete, 22.07.2006, Sayı:26336, Endüstri Tesislerinden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği

Sabah, E., Çelik, M.Y., 2001, İscehisar (Afyon) Mermer Artıklarının Hayvan Yemi Katkı Maddesi Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Maden Mühendisleri Odası, Mersem 2001, Afyonkarahisar

Sayıştay Dergisi, 2007, Türkiye’de Atık Yönetimi, Sayı:64, Ankara

Sevim, H., Nasuf, E., Kuzu, C., 1998, Kömür Atıklarının Depolanması, Kömür, İstanbul Sumer, E.Ö., Tolluoğlu, A.Ü., Erkan, Y., 1997, Mermer Üretiminde Jeolojik Verilerin Önemi ve Afyon-İscehisar Mermerlerinde Üç Boyutlu Modelleme Yöntemi, Mersem 1997, Maden Mühendisleri Odası, Afyonkarahisar

Şekercioğlu, E., 1998, Yapıların Projelendirilmesinde Mühendislik Jeolojisi, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Ankara

Şentürk A., Gündüz L., Tosun Y., Sarıışık A., 1996, Mermer Teknolojisi, Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik – Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği, Isparta

Temsat Teknik Mühendislik Su Arıtma Danışmanlık ve İnşaat Ltd. Şti., 2007, Kişisel Görüşme, İzmit

Ünal, O., Kibici, Y., 2001, Mermer Tozu Atıklarının Beton üretiminde Kullanılmasının Araştırılması, Maden Mühendisleri Odası, Mersem 2001, Afyonkarahisar

Ünal, O., Uygunoğlu, T., 2003, Atık Mermer Tozu Katkılı Betonların Donma-Çözülme Etkisinde Mekanik Özelliklerinin Araştırılması, Maden Mühendisleri Odası, Mersem 2003, Afyonkarahisar

Ünal, O., Topçu, İ.B., Uygunoğlu, T., 2006, Kendiliğinden Yerleşen Betonda Mermer Tozu Kullanılması, Maden Mühendisleri Odası, Mersem 2006, Afyonkarahisar

Yıldız, Ö., 1995, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, İstanbul

Zorluer, İ., Usta, M., 2003, Zeminlerin Atık Mermer Tozu İle İyileştirilmesi, Maden Mühendisleri Odası, Mersem 2003, Afyonkarahisar

İnternet Kaynakları

İnt.Kay.1 <http://tr.wikipedia.org>

İnt.Kay.2 <http://www.migem.gov.tr>

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	Şükrü TUR
Doğum Yeri	Denizli
Doğum Tarihi	15.05.1974
Medeni Hali	Bekar
Yabancı Dili	İngilizce
Eğitim Durumu	
Lise	Denizli Lisesi 1991
Lisans	İstanbul Teknik Üniversitesi 1997
Çalıştığı Kurumlar	
1997-2000	Sarılar İnşaat Ltd Şti.
2001-2002	Emet Kaymakamlığı İlçe Sivil Savunma Müdürlüğü
2002-2003	Afyonkarahisar Valiliği İl Planlama ve Koordinasyon Müd.
2003-2004	Afyonkarahisar İl Mahalli İdareler Müdürlüğü
2004-2007	Afyonkarahisar İl Çevre ve Orman Müdürlüğü