



TMMOB
MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI
İSTANBUL ŞUBESİ

4. ULUSAL KIRMATAŞ SEMPOZYUMU

1 - 2 Aralık 2006 / İstanbul

TMMOB, Maden Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi
TMMOB, İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi
TMMOB, Jeoloji Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi
Yapı Ürünleri Üreticileri Federasyonu
Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği
Türkiye Hazır Beton Birliği
Agrega Üreticileri Birliği

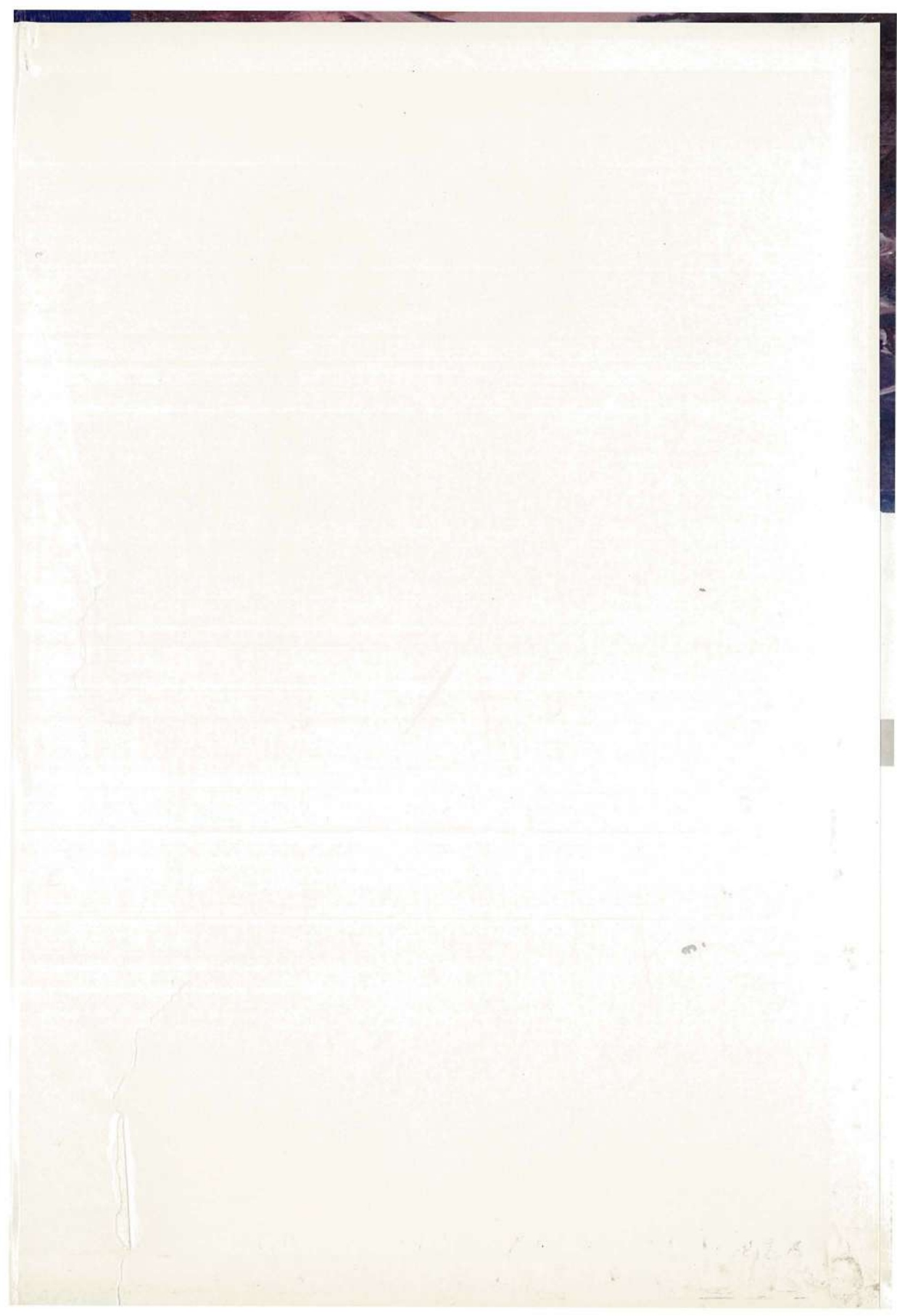
Agrega (Beton, Asfalt), Çimento
Hammaddeleri Madenciligi

Editörler :

A.E.Yüce
C. Kuzu
A. Güney
M. Erdoğan



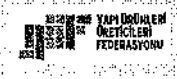
1-2 ARALIK 2006
İSTANBUL



4.ULUŞAL KIRMATAŞ SEMPOZYUMU

***Agrega (Beton, Asfalt), Çimento
Hammaddeleri Madenciliği***

Bildiriler Kitabı



TMMOB, Maden Mühendisleri Odası, İstanbul
Şubesi

TMMOB, İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul
Şubesi

TMMOB, Jeoloji Mühendisleri Odası, İstanbul
Şubesi

Yapı Ürünleri Üreticileri Federasyonu

Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği

Türkiye Hazır Beton Birliği

Agrega Üreticileri Birliği

Editörler

**A.Ekrem Yüce, Cengiz Kuzu,
Ali Güney, Mustafa Erdoğan**

1 - 2 ARALIK 2006
İSTANBUL

SEMPOZYUM ONURSAL BAŞKANI

Prof.Dr.Ergin ARIOĞLU

ORGANİZASYON KURULU

Dr.Y.Müh.Mustafa Erdoğan	Başkan (Maden MO, İst.Şube)
Dr.Y.Müh.A.Ekrem Yüce	Maden MO, İst.Şube
Cemal Gökçe	İnşaat MO, İst.Şube
Dr.Y.Müh.Yüksel Örgün	Jeoloji MO, İstanbul Şube
Adnan İğnebekçili	TÇMB/YÜF
Ayhan Paksoy	THBB
Cüneyt Ertuğrul	AGÜB

DANIŞMA KURULU

Prof.Dr.Erkin Nasuf	İTÜ, Rektör Yardımcısı
Prof.Dr.Mahir Vardar	İTÜ Maden Fakültesi Dekanı
Prof.Dr.Güven Onal	İTÜ Maden Müh.Bölüm Başkanı
Prof.Dr.Ali Kahriman	İÜ, Maden Müh. Bölüm Başkanı
Prof.Dr.Atiye Yuğrul	İÜ, Jeoloji Müh. Bölümü
Abdullah Mısırlıoğlu	Maden MO.
Ülkü Özer	İnşaat MO.
Hadiye Yücel İnceoğlu	Jeoloji MO.
Prof.Asım Yeğinobaşı	TÇMB
Dr.Y.Müh.Aziz Yaşanoğlu	AGÜB
Sadık Kalkavan	THBB
Ferruh Karakule	THBB
Aydm Beyitler	KTMMOB

ISBN: 944-89-200-9**Maden Mühendisleri Odası Yayın No: 120**

Tüm hakları saklıdır © 2006

Organizasyon kurulunun yazılı izni olmaksızın bu kitap yada bu kitabın bir kısmı herhangi bir biçimde çoğaltılamaz, yayınlanamaz.

BİLİMSEL KURUL

Tümer Akakın
 Dr.Y.Müh.Yılmaz Akkaya
 Dr.Y.Müh.Nuh Bilgin
 Dr.Y.Müh.Hasan Ergin
 Dr.Y.Müh.Birol Eleveli
 Dr.Y.Müh.Tayfun Evergen
 Dr.Y.Müh.Vecihi Gürkan
 Suat Güven
 Erkin Karaözbeke
 Zahide Oğüt

Dr.Y.Müh.Muammer Öner
 Dr.Y.Müh.Hulusi Özkul
 Mürsel Öztürk
 Dr.Y.Müh.Şafak Özkan
 Ayşe Özhür
 Dr.Y.Müh.Canan Taşdemir
 Dr.Y.Müh.Güngör Tuncer
 Dr.Y.Müh.Bektaş Uz
 Alpago Yurtoğlu
 Dr.Y.Müh.Erdoğan Yüzer

İsimler soyadına göre alfabetik olarak verilmiştir

YÜRÜTME KURULU

Dr.Y.Müh.Ali Güney	Başkan
Dr.Y.Müh.Cengiz Kuzu	İl.Başkan
Melih Çelikkol	İl.Başkan
Dr.Y.Müh.A.Ekrem Yüce	Sekreter
Tayfun Mater	Sayman
Cumhur Arıcan	Üye
Baran Eroğlu	Üye
Kemal Kaynar	Üye
Mesut Erkan	Üye
Şevket Koruç	Üye
Dr.Y.Müh.Ümit Ozer	Üye
Dr.Y.Müh.Hasan Yıldırım	Üye
Tansel Doğan	Üye
Özkan Şengül	Üye
Ahu Yurtoğlu	Üye
İTÜ Maden Mühendisliği Klübü	Üye
İTÜ Madencilik Klübü	Üye

Teşekkür

4. ULUSAL KIRMATAŞ SEMPOZYUMU

**Agrega(Beton, Asfalt), Çimento
Hammaddeleri Madenciliği**

YAPI ÜRÜNLERİ ÜRETİCİLERİ FEDERASYONU

TÜRKİYE ÇİMENTO MÜSTAHSİLLERİ BİRLİĞİ

TÜRKİYE HAZIR BETON BİRLİĞİ

AGREGA ÜRETİCİLERİ BİRLİĞİ

ATLAS COPCO

ENVEKS

TSA MAKİNA

NİTROMAK A. Ş.

BURÇELİK

AKÇANSA

TÜFEKÇİOĞLU A. Ş.

TURBO DİZEL A. Ş.

CEBECİ TAŞOCAKLARI KOOPERATİFİ

ve

DEDEMAN HOTEL

Tarafından desteklenmiştir.

Sempozyum kitabı baskısı Agregal Üreticileri Birliği tarafından gerçekleştirilmiştir.

15 Kasım 2006 / İstanbul

Sempozyum Yürütme Kurulu Başkanı

Prof. Dr. Ali Güney

camiasına yeni ufuklar getirmesi dileklerimizle saygılar sunarız.

4. Kırmataş Sempozyumu'nun ilkemiz, katılımlara sektör mensuplarına ve yerlilerle

mühendisleri Zeynep Serdarpoğlu'na göre teşekkül ederiz.

kitabın başlığa hazırlanmasında göre önemli katkılarla genç meslektaşlarımızla

Yürütme Kurulunda görev alarak olağanüstü gaba harcamaları tüm meslektaşlarımızla

teşekküllerimizi sunarız. Bu etimlerle; başanlı ve önemli katkılarla ille bilimsel, Danışma ve

sponsor olarak göre önemli maddi katkılar sağlayan sektör bilginleriyle sonuz

kendilerine bu değerli katkılar için şükranlarımızı sunarız. Ayrıca sempozyumla

mensupların büyük özveriyle hazırladıkları özgün bildirilerle katkılarla bulunmaktadır.

Federasyon'un teşekküllerimizi sunarız. Sempozyum'un Üniversiteler, kamu ve özel sektör

Hızır Beton Birliği, Ağrega Üreticileri Birliği ve Yapı Ürünleri Üreticileri

Jeoloji Mühendisleri Odaları İstanbul Şubeleri, Çimento Müstahsilat Birliği, Türkiye

Sempozyumun düzenlenmesi ve organizasyonunda görev alan TMMOB Maden, İnşaat ve

İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şube ve Yapı Ürünleri Üreticileri Federasyon'un, katkı

destek ve katılımlarıyla organize edilen "Ulusal Kırmataş Sempozyumu'nun" düzenlenmesi;

Çimento Müstahsilat Birliği, Türkiye Hızır Beton Birliği ve Ağrega Üreticileri Birliğinin

Üniversite TMMOB Maden ve Jeoloji Mühendisleri Odaları, İstanbul Şubeleri ile Türkiye

İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şube ve Yapı Ürünleri Üreticileri Federasyon'un, katkı

destek ve katılımlarıyla organize edilen "Ulusal Kırmataş Sempozyumu'nun" düzenlenmesi;

Çimento Müstahsilat Birliği, Türkiye Hızır Beton Birliği ve Ağrega Üreticileri Birliğinin

Üniversite TMMOB Maden ve Jeoloji Mühendisleri Odaları, İstanbul Şubeleri ile Türkiye

İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şube ve Yapı Ürünleri Üreticileri Federasyon'un, katkı

destek ve katılımlarıyla organize edilen "Ulusal Kırmataş Sempozyumu'nun" düzenlenmesi;

Çimento Müstahsilat Birliği, Türkiye Hızır Beton Birliği ve Ağrega Üreticileri Birliğinin

Üniversite TMMOB Maden ve Jeoloji Mühendisleri Odaları, İstanbul Şubeleri ile Türkiye

İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şube ve Yapı Ürünleri Üreticileri Federasyon'un, katkı

destek ve katılımlarıyla organize edilen "Ulusal Kırmataş Sempozyumu'nun" düzenlenmesi;

Çimento Müstahsilat Birliği, Türkiye Hızır Beton Birliği ve Ağrega Üreticileri Birliğinin

Üniversite TMMOB Maden ve Jeoloji Mühendisleri Odaları, İstanbul Şubeleri ile Türkiye

İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şube ve Yapı Ürünleri Üreticileri Federasyon'un, katkı

destek ve katılımlarıyla organize edilen "Ulusal Kırmataş Sempozyumu'nun" düzenlenmesi;

Çimento Müstahsilat Birliği, Türkiye Hızır Beton Birliği ve Ağrega Üreticileri Birliğinin

Üniversite TMMOB Maden ve Jeoloji Mühendisleri Odaları, İstanbul Şubeleri ile Türkiye

İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şube ve Yapı Ürünleri Üreticileri Federasyon'un, katkı

destek ve katılımlarıyla organize edilen "Ulusal Kırmataş Sempozyumu'nun" düzenlenmesi;

Çimento Müstahsilat Birliği, Türkiye Hızır Beton Birliği ve Ağrega Üreticileri Birliğinin

Üniversite TMMOB Maden ve Jeoloji Mühendisleri Odaları, İstanbul Şubeleri ile Türkiye

İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şube ve Yapı Ürünleri Üreticileri Federasyon'un, katkı

ÖNSÖZ

İçindekiler**sayfa**

Sustainability and Aggregates: Selected (European) issues and cases "Sürdürülebilirlik ve Agregat Madencilik: Avrupa'dan Mevzuatlar ve Örnekler" S. V. Şolar; D. J. Shields; W. H. Langer; P. I. Anciaux.....	1
Three walks in the wood of the Sustainability of the European Aggregates Industry "Avrupa Agregat Endüstrisinde, Sürdürülebilirlik Konseptinde Üç Adım" J. M. Vanbelle.....	11
İstanbul'un Kırmataş Potansiyeli ve Agregat Üretimine Genel Bir Bakış "General View of Aggregate and Crushed Stone Potential & Production of İstanbul" M. Erdoğan, Y. Mahmutoglu, M. Vardar.....	25
Yol Yapımında Kullanılan Agregaların İlgili Şartnamelerin Avrupa Standartlarıyla Karşılaştırılması "Comparing the Aggregates Specifications for Road Construction with The European Standards" Z. Temren.....	37
5177 Sayılı Kanunla Yenilenen Maden Kanunu ve Türkiye'de Kırmataş Madencilik "Quarry Mining in Turkey and the New Mining Law (5177)" H. Akçakoca, M. Aydın.....	45
Çevre Kanunu ve Kırmataş Sektörü İlişkisi "Relationship Between Environmental Law and Crushed Stone Sector" H. Ceylan.....	53
Taş Ocaklarında Kayaç Kalitesinin Değişimi ve Ocak Yerlerinde Mühendislik Jeolojisi Araştırmalarının Önemi "Changes in Rock Quality and Importance of Engineering Geological Studies in Rock Quarries" A. Tuğrul, M. Yılmaz.....	63
İstanbul-Ömerli Taş Ocaklarının Kırmataş Açısından Değerlendirmesi "Evaluation of the Quarries of İstanbul-Ömerli with Respect to Aggregate Production" B. Uz, G. Bacak, Ş. Özdamar, H. Sarıcaoglu, İ. Halezaroglu.....	73
İnşaat Endüstrisinde Kullanılan Pomza Agregalarının Mineralojik ve Petrografik Özellikleri "Mineralogical and Petrographical Properties of Pumice Aggregates for Use in Civil Industry" E. Başpınar, L. Gündüz.....	85
Niğde Yöresi Bazaltlarının Agregat Kaynağı Olarak Değerlendirilmesi "Evaluation of Niğde Basalts as Aggregate Resource" M. Korkanç, A. Tuğrul.....	93
Kayaçların Mekanik Özelliklerinin Delik Delme Ve Boyut Küçültme Performansına Etkileri "The Effect of Mechanical Properties of Rock on the Performance of Drilling and Crushing" Ö. Uysal, B. Elevli, H. Akçakoca.....	101
Çatalca Yöresi Akyol Taş Ocağında Patlatmalı Kazı Çalışmalarından Kaynaklanan Titreşimlerin Çevresel Hasar Riski Açısından Analizi "The Analysis of Ground Vibration Induced by Blast Excavation in Terms of Environmental Damage Risk at Akyol Quarry in Çatalca" A. Kahriman, Ü. Özer, A. Karadoğan, D. Ağızgel, G. Tuncer, M.Y. Kara, H. Akyol.....	109
Patlayıcı Olmayan Kayaç Parçalayıcılar ve Madencilik Sektöründeki Kullanımı "Non-Explosive Rock Breaking Agents and Their Usage in Mining Sector" D. Karakuş, G. Konak, A. H. Onur, O. Erten.....	117

Açık Ocak Patlatma Uygulamalarında, Patlayıcı Madde Kullanımı ve Yapılan Uygulama Hataları "Use of Explosive in Open Quarry and Application Faults"	127
E. Alpaydın, M.O. Özkazanç.....	
Grovak Agregalarının Tane Dayanım Büyüklüklerinin Beton Dayanım Büyüklükleri Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması "Effect of Granuler Strength of Greywacke Aggregate on Concrete Compressive Strength"	135
G. Kurt, A. O. Yılmaz, N. Arıoğlu, E. Arıoğlu.....	
Eskişehir'de Beton Üretiminde Kullanılan Doğal ve Kırmataş Agregaların Reaktifliğinin İncelenmesi "Reactivity Investigation of Natural and Crushed Stone Concrete Aggregates Used in Eskişehir"	145
İ.B. Topçu, A.R. Boğa, C. Karakurt.....	
Bimsbetonların Genleştirilmiş Perlit Agregalar İle Teknik Özelliklerinin İyileştirilmesi Üzerine Teknik Bir Analiz "A technical analysis on improving the technical properties of pumice concretes with expanded perlite aggregates"	151
L. Gündüz, N. Şapçı, M. Bekar, M. İsker.....	
Tuf Agregası İle Üretilen Blok Elemanların Özelliklerinin Araştırılması "Investigation of Properties of Block Element Produced With Volcanic Tuff"	161
O. Ünal, T. Uygunoğlu, H. Akbaba.....	
İstanbul Ömerli Bölgesi Kumtaşlarının Betonda İnce Agrega Olarak Kullanılabilirliği "The Use of Sandstones in İstanbul Ömerli Region as Fine Aggregate in Concrete"	167
M. Buldum, A. Tuğrul, G. Kara, C. Ertuğrul.....	
İstanbul Çatalca Bölgesindeki Kuvarsitlerin Alternatif Beton Agregası Olarak Değerlendirilmesi "Evaluation of Quartzites in Çatalca Region As Alternative Concrete Aggregate"	179
A. Tuğrul, G. Kara, Ö. Ündül, C. Ertuğrul.....	
Mermer Atıklarının Düşük ve Orta Trafik Hacimli Sıcak Karışım Asfalt Kaplamalarda Kırmataş Olarak Kullanılabilirliği "Use of Marble Waste in Low and Medium Trafficked Asphalt Pavement as Aggregate"	195
C. Gürer, H. Akbulut, A. Yıldız, S. Çetin.....	
Kırmakum İçeriğinin Uçucu Küllü Betonların Dayanım ve Klor Geçirimsizliklerine Etkisi "Effect of Crushed Sand Content on the Strength and Chloride Permeability of Fly Ash Concretes"	203
Ç. Alıcı, Ü. A. Doğan, Ö. Şengül, C. Taşdemir.....	
Kireçtaşı Kırmataş Agregalarının Kilitli Beton ParkeBloklarında Kullanımı "Use of Crushed Limestone Aggregate in Concrete Interlocking Pavement Blocks"	211
A. Ersoy, U. Atıcı, T.Y. Yünsel, T. Tekmen.....	
Döşeme ve Kaplama Plaklarının Yapımında Kullanılan Agrega Cins ve Boyutlarının, Plakların Fiziko-Mekanik Özelliklerine Etkisi "The Effects to Physico-Mechanical Properties on The Types and Dimension of Aggregates Used for Production of Concrete Flooring Tiles"	221
A. M. Kılıç, M. Ö. Keskin.....	
Taş Ocaklarındaki Mevcut Kırma-Elme Tesislerinin Performans Açısından Değerlendirilmesi "Evaluation in respect to Performance of Crushing-Sieving Plants in Quarry"	229
V. Deniz, S. Ögütçü.....	

Çimento Hammaddesi Öğütme Sistemlerinin Optimum Seçimi ve İşletilmesi "Optimum Selection and Operation of Cement Raw Material Grinding Systems" H. Ergin, D. Özdemircan.....	235
İkiztepeler Graniti'nin (Kırklareli-Demirköy Batoliti) Fiziko-Mekanik Özellikleri ve Yapı Matzemesi Olarak Kullanılabilirlikleri "Physico-Mechanical Properties of İkiztepeler Granite (Kırklareli-Demirköy Pluton) and Usability as Building Materials" İ.F. Aral, Ş. Çengel.....	243
Trakya-Saroz Körfezi Kuzeyi, Mecidiye (Keşan) Kireçtaşlarının Kırmataş ve Endüstriyel Amaçlı Değerlendirmesi "Evaluation of Utilization Potential of The Thrace-Northern of the Saroz Gulf, Mecidiye (Kesan) Limestones For Aggregate and Industrial Purposes" B. Uz, F. Esenli, G. Bacak, G. Yanık.....	251
Eskişehir Bölgesi Agregalarının Özellikleri "Properties of Eskişehir Region Aggregates" İ. B. Topçu, M. Canbaz.....	257
Taşocağında Üretim Maliyetlerinin Matematiksel Modelinin Oluşturulması ve Örnek Uygulama "Generation and Application of a Mathematical Model of the Production Costs in a Quarry" A. O. Yılmaz, E. Arıoğlu.....	265
İnşaat Ve Yıkım Atıklarının Geri dönüşüm Agregası Olarak Kullanımı "Utilization of Construction & Demolition Wastes as Recycled Aggregate" Ö. Özkök.....	277
İstanbul ve Civarındaki Agregası Üretimi İle Agregası Arz Talep İlişkisi "Aggregate Supply and Demand Relation and Aggregate Production at İstanbul Province and Its Surrounding" Ş. Kuruç.....	285
Gebze Taşocaklarında Kırma - Eleme Tesislerinin Üretim Kapasitesi ve Verimliliğini Etkileyen Jeomekanik Parametrelerin İrdelenmesi "Investigation of geo mechanical parameters influencing production capacity and efficiency of crushing and screening plants" A. Halili, H. Ilgaz.....	291
Metilen Mavisi Deneyi İle İnce Tanelerdeki Kil İçeriğinin Belirlenmesi "Determining the clay content using Methylene Blue Dye Test" İ.B.Topçu, A. Demir.....	299
Afyon Yöresi Kırmataşlarının Özellikleri Üzerine Bir Araştırma "An Investigation On Properties Of Crushed Stones Of Afyon" İ. B. Topçu, O. Ünal, T. Uygunoğlu.....	305
Isparta-Direkli Köyü Mevkii Trakiandezit Taşının Beton Agregası Olarak Değerlendirilmesi "Evaluation of traci-andesite rocks as concrete aggregates from Isparta-Direkli Town Region" M. Davraz, L. Gündüz.....	313
Aksaray Bölgesi Volkanik Tuf Serilerinin Sıva Matzemesi Olarak Kullanımı "The Use of Volcanic Tuffs from Aksaray Region as Plaster Material" M. Bekar, N. Şapçı, L. Gündüz.....	323

Bir Pomza Kırma-Elleme Tesisinde Proses Kontrolünün Önemi "Important of Processes Control in a Pumice Crushing-Sieving Plants"	
V. Deniz, Y. Bayoğlu.....	333
Yapı Sektöründe Döşeme ve Kaplamada Kullanılan Plakların Üretim Teknolojileri "Production Technologies of Concrete Flooring Tiles in Building Industry"	
M. Ö. Keskin, A. M. Kılıç.....	339
Patlatma ile Kaya Kırmada KUZ-RAM Modelinin Değerlendirmesi "Evaluation of KUZ-RAM Model in Rock Fragmentation with Blasting"	
C. Kuzu, T. Hüdaverdi.....	347
Yalova-Triyas Kumtaşları, Özellikleri ve Değerlendirmesi "The Characteristics and Utilization of The Yalova-Triassic Sandstones"	
B. Uz, G. Bacak, C. Genç, O. Yavuz, H. Manav.....	355
Üretim Çalışmaları Biten Bir Taşocağının Reklamasyonu:Örnek uygulama "Reclamation of a quarry "case study""	
C. A. Öztürk, C. Kuzu, G. Ökten, N. Bilgin.....	363
Kırma Taş / Makine "Crushed Stone"	
T., Hazneci; A., Yerlikaya.....	369
Kırma ve Elemede Yeni Gelişmeler "New developments of crushing and screening units"	
A.E. Yüce, A. Güney.....	375
Sponsor-Reklam	

Sustainability and Aggregates: Selected (European) issues and cases

Sürdürülebilirlik ve Agregat Madenciliği: Avrupa'dan Mevzuatlar ve Örnekler

Slavko V. ŠOLAR

Geological Survey of Slovenia, Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana, Slovenia

Deborah J. SHIELDS

USDA Forest Service - Research and Development, Rocky Mountain Research Station, 2150A Centre Avenue, Fort Collins, CO 80526, USA

William H. LANGER

US Geological Survey, MS 964, Box 25046, Denver, CO 80225-0046, USA

Paul ANCIAUX

European Commission, Enterprise and Industry Directorate-General
Unit I/2 - Steel, non-ferrous metals and other materials, B-1049 Brussels, Belgium

ABSTRACT: Natural aggregate is the number one non-energy mineral resource in the world in terms of value and volume and is a necessary commodity for sustainable communities. Developing aggregate resources impacts the environment. Most environmental impacts are not serious and can be controlled by employing careful mining practices using available technology. However, there are some geologic situations where mining aggregate may lead to serious environmental impacts, especially with regard to ground water, air, and noise pollution. One of the most serious environmental problems is the dereliction of abandoned pits or quarries. The reclamation of mined-out land is an important aspect of reducing environmental impacts of aggregate extraction. A sustainable aggregate resource management (SARM) plan can be organized according to the three main dimensions of sustainability: environmental, economic and social. The importance of sustainability and aggregate industry relations are outlined as well as issues and cases in Europe are summarized in this paper.

Keywords: Sustainability, aggregate industry, environmental management, reclamation.

ÖZ: Agregat; tüketim miktar ve değeri açısından insanlığının yaşamının sürdürülebilirliği ve ihtiyaçları için enerji dışı mineraller içinde ilk sırada gerekli olan kaynaklardır. Agregat üretiminin de çevresel etkileri vardır. Bu etkiler çok ciddi sorunlar olmayıp, uygun teknolojiler ve dikkatli madencilik çalışmalarıyla kontrol altında tutulabilir. Ancak, yeraltı suyu, hava ve ses kirlilikleri açısından agregat madenciliğinin ciddi problemler oluşturabileceği jeolojik şartlar bulunabilir. Bu problemler içinde en önemli olanı, üretimi tamamlanmış agregat ocaklarının sahipsiz bir şekilde terk edilmesidir. Agregat madenciliğinde, üretimi tamamlanmış ocakların reklamasyonu, çevresel etkilerin azaltılmasında en önemli kavramdır. Agregat kaynaklarının sürdürülebilirlik ilkesiyle idaresinde; en önemli üç parametre çevre, ekonomik ve sosyal boyuttur. Bu tebliğ kapsamında, sürdürülebilirlik ve agregat madenciliği ilişkisi üzerinde durulmakta, Avrupa'daki mevzuat ve bazı örnekler özetlenmektedir.

Anahtar kelimeler: Sürdürülebilirlik, agregat endüstrisi, çevre yönetimi, reklamasyon.

1. INTRODUCTION

Many of the social and environmental problems we face today are complex, urgent, and interconnected across systems. The partial, system-specific solutions used in the past have proven ineffective when applied in such circumstances. The Earth Summit held in Rio de Janeiro in 1992 brought the concept of sustainable development to the attention of the world. The sustainability paradigm is applicable to the types of problems mentioned above because it is both comprehensive and flexible. The overarching goals of sustainability are: economic prosperity, environmental health and social equity. These goals are simple and flexible enough to allow for multiple interpretations and are applicable in a variety of circumstances.

They are, for example, applicable to mining. The purpose of mining is the extraction and processing of mineral resources. These resources are almost entirely nonrenewable; an individual deposit cannot be recreated except through natural geological processes. Nonetheless, over the past ten years, public discourse on the compatibility of mining and sustainability has progressed from disbelief and rejection, to scepticism, to general acceptance. The basic reason is recognition of the fact that mineral resources are both essential and can be provided in a way that protects the environment and respects the needs and rights of communities. Doing so, however, will require policies that promote and support sustainable behaviors and outcomes.

Policies reflect the values and objectives of the people involved in their creation. That is as true for mineral policies as it is for environmental, monetary or trade policies. According to most general definitions, management deals with the process of planning, organizing, and governing the efforts of co-workers in order to achieve stated goals of an institution. Management therefore about is optimizing the use of human and material resources, together with financial and other contributions, to operational policies. The objectives of a sustainable mineral resource policy and associated management plan, and the form they take, will differ between regions and

countries due to the interplay of differing value sets, goals and objectives.

Differences notwithstanding, there are similarities across sustainable mineral policies and management plans. The foundational concepts are:

- a) *Facilitating the transformation of natural mineral capital into built physical, economic, environmental or social capital of equal or greater value,*
- b) *Ensuring that environmental and social impacts of mining are minimized,*
- c) *Addressing the trade offs that society needs to make,*
- d) *Taking all relevant scale hierarchies into consideration.*

2. AGGREGATE RESOURCES

Mineral resources are classified in many ways. Most commonly they are classified into non-metals, metals and (solid or fluid) energy resources. Non-metals consist of two major groups: industrial minerals, and construction materials. Within the construction materials group aggregates (crushed stone, sand and gravel) are prevailing over others (such as clay, dimension stone, etc.) in terms of volume produced.

Natural aggregate consists of material composed of rock fragments that may be used in their natural state or after mechanical processing such as crushing, washing, and sizing. Natural aggregate consists of gravel and crushed stone. Gravel generally is considered to be material whose particles are about 2.0 to 1024 millimeters in diameter. Its edges tend to be rounded due to the effects of repeated contact among particles.

Crushed stone is of the same size range, but is artificially crushed rock, boulders, or large cobbles. Most or all of its surfaces are produced by crushing, which results in sharp and angular edges. Natural aggregate has hundreds of uses, from chicken grit to the granules on roofing shingles. However, most aggregate is used in concrete, asphalt, and for other construction purposes.

Natural aggregate extraction is the most important mining industry in the world in terms of production volume (15.000 million tones per

annum), and is second only to fossil fuels in terms of production value (70.060 million euros). The average per capita consumption of aggregate generally ranges from 5 to 15 tons per year. More than 3 billion tons of sand, gravel and crushed stone are produced annually to meet the demands of the European building and construction industries. Assessment of the actual quantities of construction minerals produced in Europe is difficult because some of the national statistics that are being provided to the European Statistical Office are based on a representative survey of the aggregates sector, which means that not all small and very small quarries are covered by the European statistics.

Aggregate is heavy and bulky. Transportation can add significantly to the cost of aggregate. For example, transporting aggregate 30 to 50 kilometers can double its price. As a result, aggregates have historically had a narrow economic transportation radius, which has led to the presence of extraction near urban areas. While most of the construction minerals continue to be produced close to the major development centers, the establishment of mega-quarries next to the sea in Norway and in Great Britain is a new development that could have important consequences for parts of Europe which can be reached by bulk carriers.

Developing aggregate resources impacts the environment. Most environmental impacts are not serious and can be controlled by employing careful mining practices using available technology. However, there are some geologic situations where mining aggregate may lead to serious environmental impacts, especially with regard to ground water, air, and noise pollution. Environments that are particularly prone to impacts from aggregate extraction include karst and stream channels. One of the most serious environmental problems is the dereliction of abandoned pits or quarries. The reclamation of mined-out land is an important aspect of reducing environmental impacts of aggregate extraction.

In regions with economic growth, the negative public perception of quarrying increases in tandem with demand for aggregates. Operators face serious difficulties in opening new, or maintaining current, quarries or pits.

More generally, societies face several dilemmas with regard to aggregate resource management:

- a) *the existence of abundant sites with suitable aggregate that also have conflicting land uses, zoning, regulations, or citizen opposition, and*
- b) *conflict between regional demand and local opposition to resource extraction.*

Aggregates should be managed similarly as other earth resources/minerals taking into account their specifics (described below).

2.1. Sustainable Aggregate Resource Management

A sustainable aggregate resource management (SARM) plan can be organized according to the three main dimensions of sustainability: environmental, economic and social.

2.1.1. Environmental Aspects of SARM

SARM requires developing aggregate resources in an environmentally responsible manner that does not result in long-term environmental harm, even if short-term environmental impacts are unavoidable. Two main environmental categories should be considered in SARM: reducing negative environmental impacts and resource protection/conservation. These goals are very achievable because the aggregate industry has made, and continues to make, great strides in environmental management.

Three principles inform the forgoing requirements: the precautionary principle, the polluter pays principle, and eco-efficiency. The meaning of the precautionary principle has evolved since its introduction in the 1970's. Initially it stated that actions to protect the environment should not be delayed simply because full information was unavailable. This is the meaning used in the Rio Declaration, which states that the lack of "full scientific certainty shall not be used as a reason for postponing cost-effective measures to prevent environmental degradation". The obverse definition is now dominant. We should not take actions in the absence of full information, if those actions have a high probability of causing social, economic, or environmental impacts. Both versions apply to quarrying. The precautionary principle implies

the use of environmental impacts assessments, risk analysis and other tools so as to promote the goal of nature conservation. The polluter pays principle requires funding reclamation/remediation of negative impacts within the quarry and over the mine life cycle including after-care. Eco-efficiency is achieved through the implementation of efficient production practices (with minimal material and energy use and emissions), efficient use of land/space, and the full exploitation of reserves and resources.

Most destructive environmental impacts of aggregates are on the landscape (visual intrusions), air (noise, dust), water (surface, underground water), soil (erosion, pollution), and on biota (loss of biodiversity). Besides type, the nature of impacts (range, timing, duration, ability to prevent/control) should also be considered. There are many regulatory and voluntary tools that can be used to identify, reduce and control negative environmental impacts. These include environmental impact assessment, environmental management systems, environmental accounting, environmental reporting, life cycle analysis, ISO 14000 standards. These tools can be applied both on-site (quarry & processing facility) and to transportation routes.

SARM, however, is not just about protecting the environment from the potential negative impacts of aggregate extraction. Reclaiming aggregate operations or orphaned sites has tremendous potential to improve our quality of life, create additional wealth, increase biodiversity, and restore the environment. In the expanding suburban areas of today, mined-out aggregate pits and quarries are converted into second uses that range from home sites to wildlife refuges, from golf courses to watercourses, and from botanical gardens to natural wetlands. Reclamation should be a major consideration in sustaining the environment and in creating biodiversity.

Mineral resource (aggregate) protection includes:

a) minimal exploitation of primary aggregates with rational production by introducing the recycling and reuse of construction materials as aggregates,

b) exploitation of renewable aggregate and substitute resources,

c) increasing the knowledge about aggregate potential, and

d) preserving the land access to aggregates in designated areas.

The first two of these protection measures are intended to reduce the demand for aggregate that is newly mined or from newly developed sites. The latter two address the long-term need for primary materials.

2.1.2. Economic Aspects of SARM

There are four main economic aspects to SARM:

a) maintaining a viable business environment,
b) encouraging value-added production and employment,

c) embracing full-cost accounting while remaining competitive; and

d) providing for the material requirements of society.

The first two of these are the responsibility of government. The third is the responsibility of the firm. And the fourth is a shared responsibility of government and the firm.

All societies utilize a stream of material inputs for manufacturing and construction. In the case of transition and post-conflict economies, there is particular need for construction materials to support development and rebuilding of infrastructure, industrial capacity, and housing. One aspect of SARM involves ensuring that these resources are available to the marketplace. This is sometimes referred to as secure supply. The main elements of secure supply are creation or maintenance of production capacity, identification of sufficient reserves and resources, provision of land access (extraction and exploration sites/areas), and development of the country's or region's infrastructure capacity (roads, railroads, power). All the foregoing issues are interlinked and need to be balanced by policy makers and resource managers.

A viable business environment exhibits the following characteristics:

a) a stable and feasible permitting regime,
b) consistent application of rules and regulations,

c) functioning capital markets,

- d) *reasonable levels of taxation; and*
- e) *well-defined property rights.*

Under employment and unemployment are serious problems in many parts of the world. Therefore, governments should also consider setting policies that support the availability of a trained workforce and promote employment in the extractive industries. Development of value-added manufacturing is another important issue. Existence of a value-added sector can reduce the need for imported materials while allowing the domestic economy to capture economic benefits (profits, employment, tax revenues) that would otherwise accrue in another country.

Economic realities drive industry activity. Firms need to remain competitive if they are to stay in business. Nonetheless, firms have a responsibility to accept the full cost of doing business, including costs of preventing or remediating environmental damage. Industry must be willing to accept the fact that in some cases, when all the costs are taken into consideration, a quarry will not be a viable economic enterprise and must be either shut down or not developed. Firms can, however, increase competitiveness by modifying production processes, upgrading product quality, and maintaining a well trained workforce. Production process and product quality can be achieved through voluntary quality control procedures such as adherence to ISO 9000 requirements. Quality is an important market element that can be labeled and traded. Research and development (R&D) is another issue that increases the enterprise's overall performance and has a great impact on increasing the added value. Some of R&D's goals include new products, and using BAT (best available technology) in the field. Finally, maintaining or increasing employment is not only governmental issue, because human resources are one of most important driving forces of every enterprise. Corporate culture, knowledge and skills need to be created, maintained, reviewed and revised (if necessary). Special attention with regard to human resources should be put on health and safety of employees.

The issues described above, along with many others, represent the economic aspects of managing aggregates in a manner that would

ensure future aggregate supplies and achieve the sustainability goals of different stakeholders. Their various and different goals and linkages among those interests and goals are described within social aspects of SARM.

2.1.3. Social Aspects of SARM

Identifying stakeholders' values, interests, goals and the scale at which they apply is the first step in resolving the complex situations that impact a country's ability to maintain a secure material supply and achieve other policy goals. As an example, there may be abundant sites in a region that have suitable aggregate, but the existence of conflicting land uses, zoning, regulations, or citizen opposition can lead to insufficient or more costly supply. Scale of interest is a consideration in such situations due to fact that benefits and costs accrue to different parties in different regions. A third important issue is intra-generational equity, fairness to those living near, or impacted by, quarrying. Equity implies a need for transparency and public participation in decision making, as well as access to information within democratic process.

Broader societal aspects can be described in terms of the legal framework, communication and education. The legal framework should protect the interests not only of country or region, but also investors and all other stakeholders. An effective legal framework needs balance between administrative requirements and flexible, time efficient, inexpensive procedures of licensing. Further, a country or region needs to have the institutional capacity to implement and enforce the legislation (monitoring and control components in particular), to develop and maintain resource information infrastructure, to foster research and development, to use funds from mineral rents (taxes) for the benefit of current and future generations, and facilitate cooperation with other sectors.

In addition to the legal framework, voluntary initiatives from different stakeholders (industry, non-governmental organizations) enrich dialogue and facilitate agreements. Voluntary initiatives include communication, education, partnership, and participation. All

stakeholders should have access because increase awareness of the costs and benefits of supplying materials to society will lead to more timely agreements about how to (re)distribute costs and benefits of aggregate extraction and use.

2.1.4. Best Practices

To be effective, SARM must be a pragmatic pursuit, not an ideological exercise. It is an iterative process and government, citizens, and industry should all be involved in the pursuit. The process consists of a number of steps, including issuance of policy statements, elaboration of objectives, establishment of actions, identification of indicators, and monitoring.

- Policy statements issued by governments commonly identify the aggregate industry as a key industry contributing to jobs, wealth, and a high quality of life for its citizens, and commit the government to the protection of critical resources and protection of citizens from the unwanted impacts from aggregate extraction. Industry policy statements commonly identify environmental and societal concerns and commit the company to environmental stewardship and interaction with the community.
- Objectives describe what is to be accomplished and commonly are subsets of the social, economic and environmental components of SARM. Typically objectives will include, but not be limited to: *a) ensuring future supplies of aggregate; b) reducing the demand for newly mined aggregate; and c) protecting and restoring the environment.*
- Actions are associated with each objective and describe the steps to reach the objective.
- Indicators deserve special mention. They measure progress as well as the effects of efforts to protect and enhance natural and human systems and will be discussed in more detail below.

- Monitoring, feedback, and the regular reconsideration of requirements as events develop all help to refine the SARM process. The establishment of a joint monitoring process presents an excellent opportunity to forge partnerships with communities and involve citizen groups.

2.2. Minerals Indicators

From the steps described above more attention is given only to indicators due to the paper length. First, minerals indicators for European Union are described, and then some aggregate indicators within EU are presented.

There are three basic functions of indicators: simplification, quantification, and communication. Indicators of sustainability should be used as tools for knowledge, information transfer, as integral parts of other initiatives and sets of indicators, and as a solid base for decision making. The selected set of indicators should express a need for balance:

- (a) among stakeholders,*
- (b) between the process of defining indicators and the set of chosen indicators and*
- (c) among the dimensions of sustainability.*

2.2.1. EU Minerals Indicators

In May 2000, the European Commission published a communication on "Promoting sustainable development of the EU non-energy extractive industry". Stakeholder dialogue was one of the important issues mentioned in this communication that should be improved to achieve a more sustainable minerals industry. Indicators are a useful tool to create a platform for dialogue where different stakeholders are able to define, discuss and evaluate the performance of industry and its contribution to society. The indicators are to serve as a generally understandable means of communication between the different interest groups:

- (a) the companies, which can represent their economic, ecological and social welfare benefits vis-à-vis other stakeholders.*
- (b) the national, regional and local administrations, which (depending on the legal conditions) examine these performances, and/or give access to land for mineral extraction,*

(c) the public (local, regional or national population, NGO, media), whose interests are affected by existing or new sites.

A Working Group was set up in 2000 as a sub-group of the Raw Materials Supply Group. The Working Group, chaired by the Enterprise and Industry Directorate General, consisted of about 20 experts from industry, Member States, a university and an NGO. It was decided to develop the indicators taking a bottom-up approach and applying the characteristics used for the Global Reporting Initiative, i.e., that the indicators should have relevance, reliability, clarity, comparability, timeliness and verifiability. The work on indicators was limited to those phases of the production process that involved the extraction of raw materials, primary refining and the use of secondary raw materials.

Very early in the process a distinction had to be made between indicators at company/site level and indicators at national (Member State) level.

As a result of indicator creation process the list of minerals' indicators was shortened to provide 13 priority indicators at company level, and 7 indicators at Member State level. They were not developed with a specific policy application in mind, but instead were chosen because they provided a useful picture of the sustainability of the industry, while the data collection requirements were considered to be achievable. The aim was to develop indicators, which can serve at the following scales/levels as a common basis for dialogue for all involved interest groups: companies and/or sites, industrial sectors, regional or national, and EU. Current status of the EU Minerals Indicator process is available on internet (<http://ec.europa.eu/enterprise/steel/non-energy-extractive-industry/sd-indicators.htm>).

Challenges and realities affecting the process are financial realities and difficulties in data collection. Commission's involvement is mainly to costs involving chairing and hosting meetings of the Working Group, some translation costs and hard copy publications. Industry federations and companies have mainly contributed involving people to the process of the Working Group, investing time and money in the data collection process and disseminating

the results. The data collection in the SME-dominated sector has proven to be difficult, is further complicated by the business sensitivity of certain data (e.g. lime: energy efficiency), and in general it remains a constant challenge to motivate the companies to participate.

2.3. Aggregate Indicators

Indicators for aggregates should support public awareness of issues related to sustainable resource management of aggregates and facilitate explicit consideration of the full range of costs and benefits of mineral development of aggregates. Mineral resource development, extraction, use and disposal are complex activities that can be described in many ways. It follows that there are multiple ways to organize mineral indicators. One method is to organize indicators according to the three dimensions of sustainability: economy, environment and society. An alternative is use a life cycle approach.

2.3.1. United Kingdom

In the United Kingdom, natural resource policy, including policies for aggregates, is covered by an overall national development document: "A Better Quality of Life: A Strategy for Sustainable Development for the United Kingdom". In English countries, two levels of plans affect the Mineral Development Plans: (1) Structure plans that set out general principles and policies for all forms of development, and (2) Mineral Local Plans that set out detailed policies governing mineral extraction. [See http://www.qpa.org/sus_report01.htm for the UK Quarry Production Association report on SDI's for the aggregate sector.]

Every county (minor administrative unit) is required by law to develop, implement and review a Mineral Local Plan. The Durham County Mineral Local Plan states that provision should be made for at least 82 million tons of aggregates per annum, and that part of crushed stone should come from recycling and re-using construction materials. Their stated objectives are to: (1) ensure the efficient use of resources, and (2) minimize the use of non-renewable resources. Each objective has targets and associated indicators. The target of the first

objective is to maintain a land bank necessary to meet supply demands. This target is supported by following indicators:

- (a) *the amount of mineral extracted per annum,*
- (b) *any changes in the land bank or permissions granted,*
- (c) *the viability of the existing land bank,*
- (d) *the level and type of employment activity within sector, and*
- (e) *changes in the land bank and permissions with Tees Valley.*

The second objective has a target to increase the production of secondary and recycled materials and implicitly to decrease production of primary materials. This target is observed by two indicators:

- (a) *the amount of materials recycled per annum, and*
- (b) *the level and type of employment activity within the sector.*

2.3.2. Italy

The Province of Modena, located in the Emilia Romagna Region in northern Italy, recognizes that natural aggregate and clay is necessary to sustain the economic well being of the region. Modena Province is preparing a Variant of the Intraregional Plan for Extractive Activities (PIAE) that has been in place in the Province since 1993. One objective of the Variant of the PIAE is to minimize the impacts from quarrying and guarantee the reclamation of quarries in a manner consistent with the existing landscape. In order to accomplish that objective, the Emilia Romagna Region, in the 1993 PIAE, developed the innovative concept of the polo estrattivo, (extractive district). The polo estrattivo is not just one or more quarries, but is the whole of the area characterized by the prevalence of quarrying activities including the intervening and surrounding territory that is subject to quarrying impacts. A number of draft sustainability indicators were developed to support the Variant of the PIAE. Selected indicators for aggregates of the Modena Province are: (1) increase in number of poli from the old 1993 PIAE to the new Variant of PIAE, (2) ratio of area within poli converted to extraction versus area outside poli converted to

extraction, (3) volume of aggregate produced per amount of surface area converted to extraction, (4) percentage of aggregate processing plants that have been moved into pits within a poli, (5) percentage of abandoned quarries that have been reclaimed, (6) percentage of per fluvial areas in need of reclamation that have been reclaimed, and (7) percentage of reclaimed quarry area that has been reclaimed as wetland areas.

2.3.3. Slovenia

Mineral resources, including construction materials, should be treated as integral to every country's overall sustainability considerations. Large infrastructure or building projects require substantial material inputs, and their provision should be handled in a manner that is consistent with sustainable development principles. Development of a sustainable mineral resource management plan, and creation of related indicators, will increase the likelihood of this occurring. The 1999 Slovenian Mining Act (partly revised in 2004) mandated the development of a mineral resource program, the current draft of which is based on sustainability principles.

The indicator resides at the top of an information pyramid that provides a wide range of spatially dispersed information. While useful and informative, the indicator we present here cannot alone tell the complex story of sustainability. Rather it is intended as one of a set of indicators that, when taken together, describe how implementation the national mineral resource management program is affecting the sustainability of Slovenia.

The case study addresses the sustainable supply of aggregates indicator for Slovenia that is based on policy goals of industry, government and civil society. The indicator is intended as one of a set of indicators that would tell about the trends of implementation the national mineral resource management program. The latter is required by in 1999 passed mining act.

In Slovenia, the policy goals for aggregates are to secure the aggregate supply, eliminate illegal aggregate extraction, and reduce the overall number of aggregate extraction sites. The latter goal is strongly supported by public opinion on both the local

and national scales, as well as by the land use planning and nature conservation authorities. These goals are included in the proposed National Mineral Resource Management Program (NMRMP), required by the Mining Act. Elimination of illegal quarrying has two aspects: (1) stricter law and regulation implementation to stop the illegal activity, and (2) legalization of those quarries that fulfill land use and mining legal requirements. The mission of the NMRMP is stated to be ensuring minerals supply and land access by following sustainable development principles. One of the most important of those principles is stakeholder involvement; the plan to secure aggregate supply must reflect the objectives of various stakeholders. The desired outcome (included in NMRMP) is for a high number of legal quarry sites to have what are termed acceptable production and enough reserves/resources. For Slovenia, a "proper" quarry would have (acceptable) production annually between 50.000 and 500.000 ton, and (enough) reserves for between 10 and 50 years of average production. These levels were chosen so as to address the competing objectives of the stakeholders listed above. In Slovenia, there is so far only one "final" indicator, which resides at the top of a pyramid of primary (raw) and secondary (analyzed) data. It is: »Percentage of "proper" quarry sites by administrative unit, across spatial scales, i.e., from municipality to country«.

Annual data needs will include the number of sites, their production, reserves, and resources of aggregates. These data are transformed into an indicator by combining them with land area (on 1000 km², or on administrative, statistical units) and, as a proxy for demand, on population.

The sustainable supply of aggregates indicator is on the top of information pyramid that provides a wide range information that is spatially dispersed information and useful on different levels and to different stakeholders. The information pyramid includes auxiliary indicators, i.e., indicators of first and second order. All information is stored in suitably organized databases that provide an easy access.

3. CONCLUSIONS

Natural aggregate is the number one non-energy mineral resource in the world in terms of value and volume and is a necessary commodity for sustainable communities. While it is a non-renewable resource, supplies of aggregate are nearly inexhaustible on a global scale. Natural aggregates have characteristics that differentiate them from most other mineral commodities: a high number of potential extraction sites, a high volume to value ratio, and regional importance combined with a narrow economic transportation radius. Because of these and other differences, resource management policies for aggregates should differ from "general" mineral resource policies, even though the end goal is the same for both – ensuring sustainable resource management. Beyond requiring traditional geo-technical, environmental and economic assessments, sustainable policy for aggregates should address:

1) *construction material flows and quarry life cycle,*

2) *the public acceptability of quarries near human habitation,*

3) *optimizing present and future aggregates supply, including optimal use of current reserves, new locations, recycling, reuse, and substitutions, and*

4) *stress aggregate-extraction specific environmental and resource pressures.*

To achieve the goals of sustainable aggregate management each stakeholder – government, industry, the public, and non-governmental organizations – will need to accept certain responsibilities, one of the most important of which is to become informed about natural resource issues. Sustainability is about making trade offs among competing objectives and people disagree about the appropriate balance among the goals of economic prosperity, social equity and environmental health. One of the primary purposes of mineral indicators is to provide information to decision makers and the public so as to ensure that the public debate about policy choices is grounded in fact.

Remark

This is not an original paper, but compilation of work of the authors in past few years.

All other references are available from the first author: slavko.solar@geo-zs.si

References

[1] LANGER, W. H., ŠOLAR, S. V., SHIELDS, D. J. & GIUSTI, C. 2003, Sustainability indicators for aggregates. In: Agioutantis, Z. (ed.). Proceedings of the International Conference on Sustainable Development Indicators in the Mineral Industries. Milos: Milos Conference Center - George Eliopoulos, p. 251-257.

[2] ŠOLAR, S. V., SHIELDS, D. J., LANGER, W. H. 2004, Important features of sustainable aggregate resource management = Pomembne značilnosti trajnostnega gospodarjenja z mineralnimi surovinami za gradbeništvo. *Geologija*. 2004, Vol. 47, 1, p. 99-108.

[3] SHIELDS, D. J., ŠOLAR, S. V., ANCIAUX, P., VILLAS BÔAS, R. C. 2005, Regional, national and continental minerals indicators projects: commonalities and differences in process and product. In: MARTENS, Per Nicolay (ed.). Sustainable development indicators in the minerals industry. Essen: Glückauf, 2005, p. 95-109 (late ed.).

Three walks in the woods of Sustainability of the European Aggregate Industry

Jean-March Vanbelle

UEPG / European Aggregates Association, Brussels, Belgium
www.uepg.org; Jean.Marc.Vanbelle@gralex.be

It is about Planet Earth.
It is about Sustainability.
It is about Europe.
It is about a natural resource: Aggregates.
It is about Industry.
So it's about sustainability of European Aggregates industry.

*I didn't know I loved the earth
Can someone who hasn't worked the earth love it?
I've never worked the earth
It must be my only platonic love".*
Nazim Hikmet Selected Poetry Persea Book Inc.

Unlike the poet, the Aggregates Industry works the earth, loves the earth. And it is not a platonic love!

The European Aggregates Industry comprises of 28,000 sites, having an annual production of 3 billion tons, employing 350,000 people (including sub-contractors) with a turnover of about € 35 billion. The European Aggregates Association (UEPG) promotes the interests of the aggregates industry. It represents 21 National Members Associations on European level. UEPG is the source of most of data presented in this paper.

To give an overview of the Sustainability of the European Aggregates Industry is not an easy task! The issues could be very different from one region of Europe to another. And a lot of different issues are connected one to another.

One of Orhan Pamuk's characters said in "The white castle": *To find back links between all things is, I believe, the illness of nowadays.* And he was supposed to speak in the XVII century! Links between things have not disappeared in the XXI century, especially in the field of sustainability.

This paper has not the ambition to give you a complete survey of the sustainability of the European aggregates industry. It is rather to be seen as an introduction to this complex, hybrid and very rich issue. This introduction will therefore take the form of three walks in the woods formed by the concept of the sustainability of the European aggregate industry.

1. SUSTAINABILITY

To paraphrase Dr. Brundtland's words, sustainability is the quality of something that meets the needs of the present generation without compromising the ability of future generations to meet their needs.

This definition is quite clear but doesn't give an exhaustive list of all the aspects to take into account to get this sustainability.

If you look on internet you will be able to find several definitions or concepts of sustainability e.g. "Corporate sustainability" by the Dow Jones Group (<http://www.sustainability-index.com>) or the UN Millennium Development Goal (<http://www.un.org/millenniumgoals>).

This paper considers that the framework of sustainability of the European Aggregates Industry is based on the three interdependent and mutually reinforcing components: social development, environmental development and economic development. This is consistent with the answer you get if you are looking into the FAQ of the WWF website (<http://www.panda.org/faq>).

It is not surprising the European Aggregates Association (UEPG) was built on those three core values:

- Economic prosperity
- Social progress
- Environmental stewardship

Those three core values will lead us for our three walks. The first theme will be taken out the Social Progress core value: it will address one the Health & Safety topics: the Crystalline Silica Social Agreement. The second walk will drive us in the Environmental Stewardship core value. More precisely we will see an aspect of Conserving Resources: the Mining Waste Directive. Our third walk will lead us inside the Economic Prosperity core value: Supplying Essential Material. More practically we will speak about European Aggregates Standards. Eventually we'll complete those walks with a stroll in UEPG's core values.

2. FIRST WALK: HEALTHY & SAFETY

A very good example of the European aggregate industry health and safety concern is the Social Agreement on Crystalline Silica. This agreement is aiming at preventing risks and the protection of workers exposed to Respirable Crystalline Silica (RCS).

The main effect in human of the prolonged inhalation of RCS silica dust is silicosis, a progressive fibrosis of the lung. Since the 80s, a suspicion of lung cancer occurrence in workers exposed to crystalline silica dust has been extensively explored. But the data accumulated remain controversial. There is sufficient information however to conclude that the relative risk of lung cancer is increased in persons with silicosis. And apparently this is not the case for employees without silicosis exposed to silica dust.

Therefore preventing the onset of silicosis will also reduce the cancer risk. To put it in a nutshell: crystalline silica is not dangerous per se; silicosis prevention is the real target. Since a clear threshold for silicosis development cannot be identified, any reduction of exposure will reduce the risk of silicosis.

Although in continuous decrease, this preventable occupational disease has not yet been totally eliminated. The cases reported today are mainly inherited from the past, when safety and hygiene conditions failed, but also sometimes from lack of contemporary compliance with the prescribed occupational exposure limits. Fig 1 summarizes some OEL stated by European Member States legislations.

In 2002 SCOEL (Scientific Committee for Occupational Exposure Limits) recommended an OEL below 0.05 mg/m³. Two monitoring campaigns launched by IMA-Europe in some of their member's production plants show the results reported in fig.2.

The European Aggregates Industry answered positively to IMA-Europe's suggestion to negotiate a social dialogue agreement. This agreement is based on good practices to increase workers health protection through good handling and use of crystalline silica and products containing it.

Quartz and cristobalite OELs (respirable dust) in the EU and USA			
	All Industries ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Special Legislation for Mines & Quarries (mg/m^3)
	Quartz	Cristobalite	Respirable dust
Austria*	0.15	0.15	Lowest value between 5 and 25 K+Q
Belgium	0.1	0.05	
Denmark*	0.1	0.05	
Finland	0.2	0.1	
France*	0.1	0.05	
Germany	0.15	0.15	< 6%Q: 5, 6-25%Q: 2, > 25%Q: 1
Greece*	0.1	0.05	
Ireland	0.05	0.05	
Italy	0.05	0.05	
Netherlands	0.075	0.075	
Portugal	0.1	0.05	< 5%Q: 5, > 5%Q: 25 K+Q
Spain	0.1	0.05	
Sweden	0.1	0.05	
UK	0.3	0.3	
USA (ACGIH)	0.05	0.05	
USA (OSHA)	10	Q value	< 5%Q: 2, > 5%Q: 10+Q
	%Q+2	2	

(*) In these countries, other limits are applied for dust containing quartz.

Figure 1

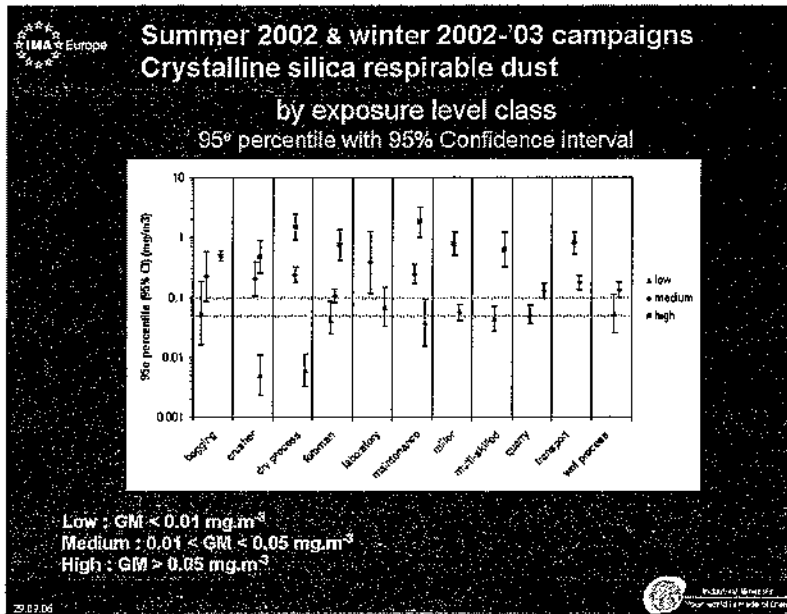


Figure 2

On 25 April 2006 15 trade associations (UEPG, IMA-Europe, Cembureau, Cérame-Unie, Euromines, Euroroc,) and two employee unions associations EMCEF (European Mines,

Chemical and Energy workers Federation) and EMF (European Metalworkers Federation) signed the first European Social Agreement which covers several sectors simultaneously.

The agreement covers the entire production and use of crystalline silica and materials, products and raw materials containing silica. Through the implementation of good practices, it aims at improving the protection of over 2 million workers from exposure to respirable crystalline silica (RCS). It will also enhance compliance with EU and EU Member States' existing workers' Health & Safety legislation. The Agreement also aims at increasing knowledge about the potential health effects of RCS and about good practices improvement. The agreement includes:

- a good practice guide
- a dust monitoring protocol
- a reporting format
- a list of research projects
- descriptions of the industries
- a procedure for good practices adaptation
- a health surveillance protocol for silicosis
- the establishment of a council and a secretariat.

The parties agreed to:

- apply the agreement by conducting an initial risk assessment to identify RCS exposures on site, and respect general prevention principles

- conduct risk assessment regularly in order to achieve continuous improvement as far as possible
- organize training, dust monitoring and health surveillance, as well as to co-operate to increase knowledge (R&D)
- monitor and report through trade associations the application of the agreement, including the good practices.

Fig 3 gives an example of one page of the good practice guide. The agreement entered into force on October 25th 2006. As far as the agreement remains autonomous (all parties are responsible for its implementation) NEPSI council, assisted by a secretariat, was set up on April 25th 2006. NEPSI stand for European Network on Silica. This bipartite council is made up of 30 members: 15 employers and 15 employees' representative.

Adherence to the agreement is totally voluntary and the agreement remains open for further signature by additional sectors willing to join. While the agreement is only applicable in EU, some signatory companies have announced they are considering implementing reporting and good practices in their worldwide locations.

Good Practice Guide on Workers Health Protection through the Good Handling and Use of Crystalline Silica and Products containing it 	
Good Practice Guide on Workers Health Protection through the Good Handling and Use of Crystalline Silica and Products containing it Table of Contents	
Preamble	2
Notes to Users	3
Part I: Respirable crystalline silica exposure	4
1. Introduction	4
1.1 What is silica?	4
1.2 Respirable crystalline silica	5
1.3 Occupational exposure to respirable crystalline silica	5
2. Silica and the silica industry	6
2.1 Where silica occurs	6
2.2 Activities involving use of crystalline silica containing materials	6
3. Respirable crystalline silica and its health effects	10
3.1 Respirable crystalline silica	10
3.2 Health effects of respirable crystalline silica	14
4. Risk Management - What do I need to do?	16
Bibliography	24
Glossary	26
Annex 1: Table of Occupational Exposure Limit Values	27
Annex 2: Tables of processes generating fine particles which could result in respirable crystalline silica exposure	30
Part II: Task Manual	35
Task Guidance Sheets: Table of Contents	37

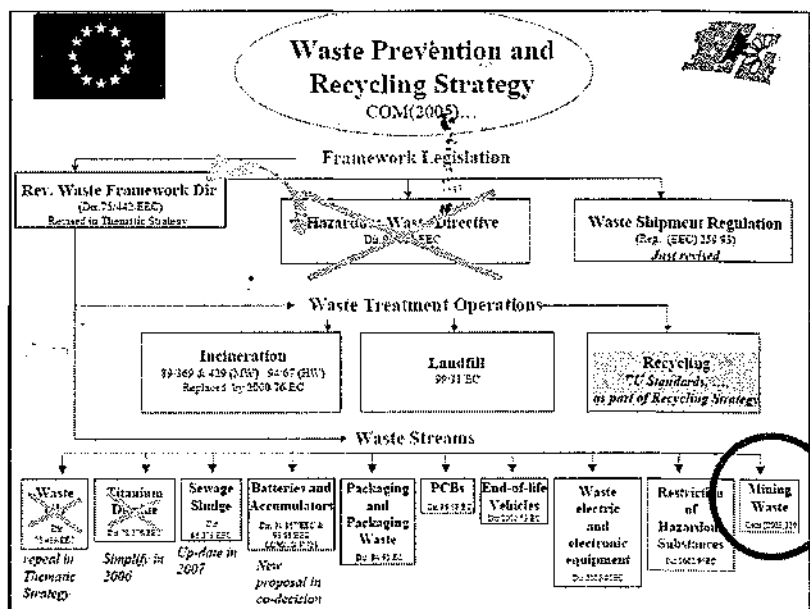


Figure 5

Waste is defined in the Waste framework directive 2006/12/EC which is a revision of the 75/445/EC Directive on waste. "Waste" is any substance or object in the categories set out in Annex I of the 2006/12/EC Directive which the holder discards or intends or is required to discard.

The definition of waste has been applied by the competent authorities on a case by case basis and in general it was clear what is or is not waste. However, a small number of issues have arisen in relation to the interpretation of this definition. The European Court of Justice has interpreted the definition of waste in order to ensure that the aims of the Waste Framework Directive were carried out. For the time being the jurisprudence seems to have set out a three part test that a production residue must meet to be considered as a "non-waste":

- * the further use of this material is not a mere possibility but a certainty
- * there isn't any further processing prior to reuse the material
- * the production of the residue is a part of the same continuing process of production as the main product.

The evolving jurisprudence and relative absence of legal clarity has made in some cases the application of the definition of waste difficult for competent authorities and economic operators alike. Therefore the Commission has proposed a revision of the Waste Framework Directive. This proposition is currently addressed by the European Parliament and the Council. But if some clarity will be given on what is not waste, the definition of waste will probably not change.

Regarding Mining Waste in the Aggregates Industry, four kinds of materials have to be considered:

- * Overburden: layer of natural ground soil or massive rock on top of an ore body which has to be removed prior to the extraction of the aggregates.
- * Tailings: waste solids or slurries that remain after the treatment of minerals by separation processes (e.g. crushing, grinding, size-sorting, flotation and other physico-chemical techniques) to remove the valuable minerals from the less valuable rock. Let's notice this concept is more general than the usual acceptance of the word "tailings" in the mining industry.

* Backfilling: material reinserted or dumped in extracted parts of the ore body and overburden.

* Product deposits not sold during 3 (1) year. Deposits of products without any use possible during a time-period of 3 years (if inert).

Fig 6 roughly summarizes the provisions included in the Mining Waste Directive. Several decisions will be taken by the Member States but according to Art 22 of the Directive. This article expresses the implementation measures and states that the Commission shall adopt by 1/5/2008 the provisions necessary for e.g.:

* the completion of the technical requirements for waste characterization contained in Annex II (waste characterisation)

* interpretation of the definition contained in Article 3 point 3 (definition of inert waste)

* definition of the criteria for the classification of waste facilities in accordance with Annex III

* determination of any harmonized standards for sampling and analysis methods needed for the technical implementation the Directive.

Hazardous + A	Non-hazardous Non-inerts	Inerts
	Plan + Permit if decided by Member State	Plan
	Public participation	
	Notification of problems if asked by the Member State	
	Conditions if asked by the Member State	
	Air and water prevention	Air and water prevention
	Inspections	Inspections
	If asked by Member State	

Figure 6

The adoption of the provision mentioned is done by Comitology. It means by an Technical Adaptation Committee (TAC) formed by Member States representatives and chaired by the Commission. To prepare the implementation the TAC has set up 3 Working Groups: "Inert waste definition", "Waste characterization" and "Inventories". TAC has also launched 2 steering groups on "Criteria for waste management facility A" and "Inspection & financial guarantees". The Commission will

also give to CEN TC 292 a mandate (to be approved by TAC) for elaborating standards and technical guidance documents. The Commission has also committed an Expert to draft a rapport on the Risk Assessment of a Waste Management Facility category A.

Fig. 7 illustrates the issue to take into account by an aggregate producer to prepare his Waste Management Plan. The objectives of this plan shall be:

* to prevent or reduce waste production and its harmfulness,

* to encourage the recovery of extractive waste,

* to ensure short and long-term safe disposal of the extractive waste including after-closure of the waste facility.

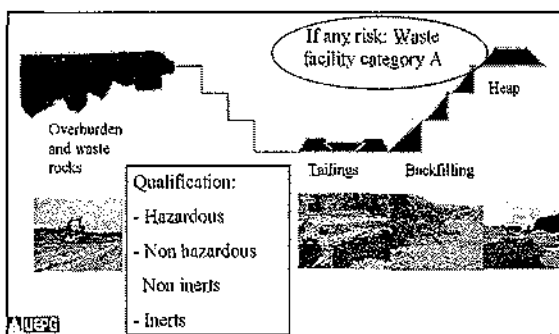


Figure 7

Annex III of the Directive states a waste facility shall be classified under category A if one of those criteria is met:

* a failure or incorrect operation could give rise to a major accident on the basis of a risk assessment

* It contains waste classified as hazardous under Directive 91/689/EEC (Hazardous Waste Directive) above a certain threshold

* It contains substances or preparations classified as dangerous under Directives 67/548/EEC (Dangerous Substances Directive) or 1999/45/EC (Packaging, labeling of dangerous preparation) above a certain threshold

To prepare his Waste management plan, the aggregates producer will have to:

* define the mining wastes produced,

* describe the operations generating such wastes and any subsequent treatment to which it is subject,

- * characterise the waste (inert, hazardous or not),
- * evaluate the total quantities of waste to be produced during the operational phase,
- * realise a survey of the land to be affected by the waste facility,
- * explain how the option and method chosen will fulfil the objective of the management plan (see above),
- * describe how the environment and human health may be adversely affected by the deposit of such a waste and the prevention measures to be taken (including after-closure),
- * describe the proposed control and monitoring procedures,
- * propose a plan for closure of the waste management facility, including rehabilitation and after-closure procedures and monitoring,
- * describe measures for the prevention of water quality deterioration and for the prevention or minimisation of air and soil pollution
- * propose and justify a classification of the waste facility (A or not),
- * Prepare, in case of a facility, a major accident prevention policy, a safety management system for implementing it and an internal emergency plan.

The waste management plan shall be reviewed every 5 years and/or amended, as appropriate, in the event of substantial changes.

Eventually the Mining Waste directive makes mandatory for Member States to ensure an inventory of closed waste facilities located on their territory which cause or have the potential to cause a serious threat to the human health or the environment. This inventory has already been conducted in some of the new Member States by the Joint Research Centre. It is known has the PECOMINES project.

4. THIRD WALK: SUPPLYING ESSENTIAL MATERIAL

For our third walk we will take the way of material essential for the improvement for standard of living and the quality of life in Europe. Our industry provides essential materials for every hospital, school, home, road and railways. More precisely we will address the use of European Harmonized Aggregates Standards issued by CEN/TC 154.

Standards are documented, voluntary agreements which establish important criteria for products, services and processes. They help to make sure that products and services are fit for their purpose and are comparable and compatible. For a standard to be European, it has to be adopted by one of the European standards organizations and be publicly available. CEN (European Committee for Standardization) deals with all sectors except the electro technology and telecommunication sectors.

European standards are powerful means of enhancing the competitiveness of enterprises in the EU. They play a useful role in helping to create the single market by supporting a series of legislation called new approach directives. This European-wide legislation sets the essentials requirements that products need to meet so that they can be sold across the whole European Union, e.g. protection for Health & Safety.

New approach directives are special in that they do not contain technical detail; they contain broad safety requirements. Manufacturers therefore need to translate these broad 'essential' requirements into technical solutions. One of the best ways that manufacturers can do this is to use specially developed European standards. The development is done through an open and transparent process, built on consensus between all interested parties.

These standards are called harmonized standards and they are said to give a 'presumption of conformity' with the directive for which they have been written. For aggregates, CEN has the task of drawing up the corresponding technical specifications meeting the essential requirements of the Construction Product Directive or CPD (89/106/EC). Mandate M125 was given by the Commission to the CEN to address the aggregates. The harmonized standard, written by CEN TC 154 were published in 2004. Fig. 8 gives the list of those standards.

Compliance with harmonized standards remains voluntary, and manufacturers are free to choose any other technical solution that provides compliance with the essential requirements.

5 years review of products standards in 2007		
NBN EN 13043	Aggregates for bituminous mixtures and surface treatments for roads, airfields and other trafficked areas	
NBN EN 13042	Aggregates for unbound and hydraulically bound materials for use in civil engineering work and road construction	
NBN EN 12620	Aggregates for concrete	
NBN EN 13139	Aggregates for mortar	Will be amended to include recycle aggregates categories
NBN EN 13383 - 1	Armourstone	
NBN EN 13285	Unbound mixtures	Will be modified to take care of Essential Requirement 3
NBN EN 13055	Lightweight aggregates	
NBN EN 13450	Aggregates for railway ballast	

Figure 8

According to CEN rules, every standard has to be reviewed every 5 years. The 5 years review of CEN TC 154 harmonized standards will start in 2007. But before this review, two of them will be amended to better include the recycled aggregates: EN 12620 and EN 13042. Annex I of the CPD states the 6 essential requirements for construction products:

1. *Mechanical resistance and stability,*
2. *Safety in case of fire,*
3. *Hygiene, health and the environment,*
4. *Safety in use,*
5. *Protection against noise,*
6. *Energy economy and heat retention.*

In the case of the aggregates, essential requirements n° 2, 5 and 6 were considered as non relevant. To satisfy essential requirement n°3 the CPD requires harmonized test methods for release or emission of dangerous substances. Therefore, the Commission has issued the Mandate M366 to CEN. To answer this mandate CEN has launched a new TC: 351 to deliver those horizontal standards. Horizontal means they are covering several kinds of construction products.

The Commission has established a list of the priority Dangerous Substances to be addressed by TC 351. Those new test standards

will probably address leaching properties e.g. pH Dependence leaching test EN 14429 or percolation test EN 14405. They will integrate the without testing – Without further testing concept. Once this will be established, the next step will be to incorporate results from those new horizontal test standards in the harmonized standards of TC 154.

In the same time, TC 154 as released new test standards such as EN 1367-6: frost and thawing resistance in presence of salt or amended some such as EN 1744-1 chemical analysis (e.g. total sulfur contain).

5.THE WOODS of the SUSTAINABILITY of the EUROPEAN AGGREGATES INDUSTRY

In one of his books Umberto Eco wrote: “there are two ways to walk in a wood. You can walk using one or several trails or you can stroll to understand how the wood is done” (Six Walks in the Fictional Woods, Harvard University Press, 1994). In the last three chapters we followed three different trails. Let's try now to stroll a little bit. And therefore let's use UEPG Core Values.

Those are listed in fig 9.

- ▶ **Economic prosperity:**
 - Supplying essential materials
 - Providing jobs
- ▶ **Social progress**
 - Health & Safety
 - Training employees
 - Working with the Community
 - Contributing to Europe's Heritage
- ▶ **Environmental stewardship:**
 - Managing land
 - Restoration of land
 - Contribution to diversity
 - Conserving resources

Figure 9

- **Supplying essentials materials:** 3 billions tons of aggregates are produced every year in Europe. According to European Commission the R&D expenditure in 2003 was equivalent to 1% turnover, and exploration costs 0.01%.

- **Providing jobs:** the European aggregates industry employed around 350000 people on 28 000 sites.

- **Health & Safety:** the Commission estimated for 2003 the working time lost in Aggregate Industry as a result of accident at 0.32% of total time work. 0.10% of working hours were spent on H&S training. 6 fatal accidents were registered in the time period 2001-2003 in the construction products extractive industry.

- **Training Employees:** UEPG estimates the number of hours training to represent 0.34% of total hours worked.

- **Working with the community:** the European Aggregates Industry is partnering with stakeholders and is promoting the implementation of best practices throughout the sector. All aggregates production sites are integrated in regional and local communities and organize e.g. open door events.

- **Contributing to Europe's Heritage:** fig 10 shows example of archeological activities

in quarries in UK as reported by Quarry Product Association (QPA).

- **Managing land:** the European Aggregates industry is acting as land environmental, agricultural, and recreational, landscape or other community use during or after the operations. According to UEPG in 2003 there was an average of 0.000025 ha extracted / ton produced. The net water consumption per ton saleable was in 2003 around 0.4 m³ and the energy used around 446 MJ. So the European Aggregate Industry is clearly striving to decouple its environmental impact from the economic growth.

- **Restoration of land:** modern quarry design ensures that substantial landscape screening is carried out at the periphery of the sites. The upper benches can also be treated and planted at an early stage as they become available, so reducing the visual impact. When operations have finished, a quarry can have much to offer in its final restoration. Fig 11 gives example of restoration in Spain (photo ANEFA).



Saxon helmet
unearthed at a
Pioneer Aggregates
site in UK



Bronze age longboat found in one
of Hanson's gravel quarry in UK

Figure 10

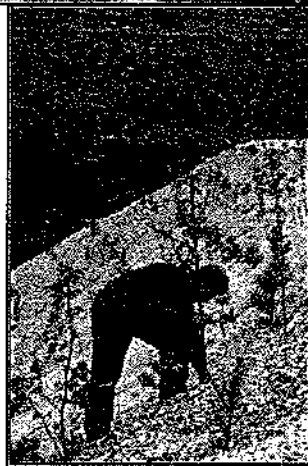


Figure 11

- **Contribution to diversity:** Quarry sites encourage the spontaneous development of flora and fauna, which may be attracted by the unique biotopes they represent. Once quarry operations have been completed, or sometimes during those operations, or even prior, eco-engineering can re-create a variety of habitats. The Aggregates Industry offers that way a true opportunity for the development of biodiversity. Fig. 12 shows an example of conservation of biotopes as safe havens for endangered species. In this case Lafarge Aggregates France moved a complete ground with its entire species to a safe place prior to start extraction operations.

- **Conserving resources:** Recycled and secondary aggregates have emerged as a key option in satisfying Europe's needs. This fact is due in no small part to the production and promotion of those additional sources of materials by the Aggregates Industries.

Déplacement d'un milieu naturel rare

Les études d'impact révèlent parfois la présence d'espèces rares sur des parcelles dont l'exploitation est autorisée. Lorsque ces espèces rares sont situées sur des pelouses, il est parfois possible de déplacer le milieu naturel entier.



Le sol est déposé en plusieurs arcs d'un déplacement.



CONTEXTE

Des études d'impact ont révélé la présence d'espèces rares sur des parcelles dont l'exploitation est autorisée. Lorsque ces espèces rares sont situées sur des pelouses, il est parfois possible de déplacer le milieu naturel entier.

Figure 12

Concerning research and development, the European Technology Platform on Sustainable Mineral Resources (ETP SMR) has adopted a strategic research agenda with several objectives (see website www.etpsmr.org). One of them is: e.g.: "supply and secure the mineral resources needed by EU economy, while minimizing the related environmental footprint (decoupling)". This objective is consistent with one of the objectives of the European Construction Technological Platform (ECTP): to reduce by 30% natural raw materials consumption. (Source ECTP strategic research agenda).

Fig.13 gives an idea of the importance of the secondary and recycled aggregates in Europe (source UEPG Annual Report 2005). Fig 14 shows the improvement in the use of construction and demolition waste in the UK (Source UEPG – Holcim study).

6. SUSTAINABILITY of the EUROPEAN AGGREGATES INDUSTRY

What experience have we gained from those three walks and one stroll in the woods of the Sustainability of the European aggregates industry?

Is the European Aggregates Industry Sustainable? The UEPG Sustainable Development Awards illustrate the commitment of the aggregate industry to sustainability. Those awards promote the spread of best practices. They encourage projects that go beyond what is required by planners or regulators, set new standards and provide examples others can follow.

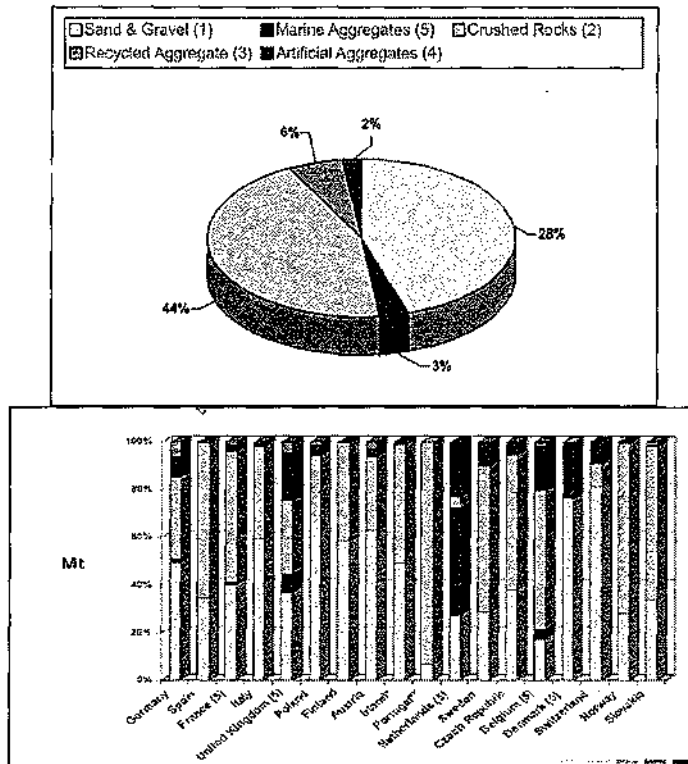


Figure 13

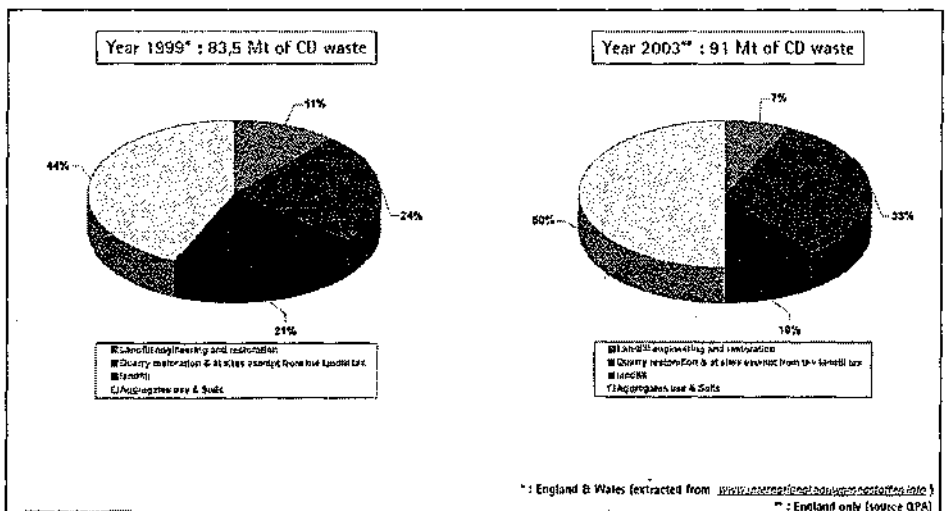


Figure 14

UEPG launched the first biennial European Restoration Award scheme in 1997. In 2005, building on the success of this program, UEPG enlarged the scope to all aspects of sustainable development. Fig. 15 states those aspects or categories. All entries submitted by national members are examined by a jury of four members including representatives from academia, NGO and the communication sector. The projects presented in 2005 show an increasing collaboration of aggregates companies with environment NGO (e.g. WWF Austria and Fachverband Steine & Keramik).

The next award ceremony will take place in Brussels in May 2007.



Awards
An award will be granted in each of the 6 categories:

Pillar	Environmental	Social	Economic
Categories	Site Restoration	Health & Safety best practice	Economic Contribution / Added value to society
	Environmental best practice	Local Community Partnership	Operational best practice
	Special 2007 theme: Contribution to Biodiversity (*)	Special 2007 theme: Water Management (*)	Special 2007 theme: Transport & Logistics (*)

(*) This special theme has been proposed as it reflects a current key issue, challenge or opportunity for the European Aggregates Industry. However, entries addressing this special theme are encouraged but not compulsory. In any case, companies can submit entries in other areas of best practice.

Figure 15

165 participants attended the 2005 Award Ceremony including European Commission Officials and Members of the European Parliament.

We have seen good examples of the sustainability of the aggregates industry. However our industry is still facing increasingly difficult access to resources. This may jeopardize the extractive industry economic

performance in Europe. And this performance is of course a precondition to deliver sustainable development.

The Aggregate Industry, together with the other members of the Non-Energy Extractive Panel (see fig.16) and UNICE is urging the EU Institutions to develop a European Mineral Resources Strategy to ensure a sustainable and long-term access to deposits. This could be achieved by using the strong momentum created by the High Level Group on Competitiveness, Energy and the Environment to launch a comprehensive and coherent European Mineral Resources strategy.

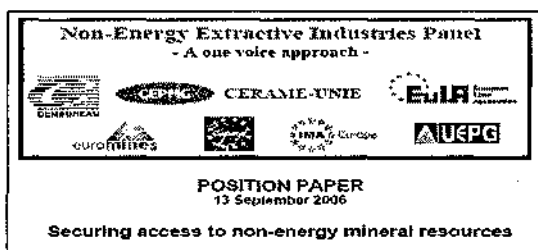


Figure 16

7. CONCLUSION

If you read the Non-Energy Extractive Industry Sustainable development indicators for 2001-2003 published by the European Commission (see http://www.uepg.eu/uploads/documents/pub-3_en-final_report_2001_2003.pdf), you will notice that not all Sustainable Development Indicators were reported by the aggregates industry. If some national members of UEPG have already launched indicators, some other members still have to do it. Systematization of measurement and reporting of key sustainable indicators is thus also a key challenge for UEPG. Achieving that, the next paper on Sustainable European Aggregate Industry will not present you three walks in the woods of the sustainability of the European aggregates industry but the cockpit view of the sustainability of our industry.

It was mentioned in the introduction of this paper that those walks had rather to be seen as an introduction to a complex, hybrid and very rich issue which is the Sustainability of the European Aggregates Industry.

In a recent interview by J.Smith for the Financial Times, Orhan Pamuk answered: "What I care about is complexity, hybridity, the richness of everything". So, the recent Nobel Prize would certainly care about the Sustainability of the European Aggregate Industry.

I hope this paper has helped to convince you the European Aggregates Industry cares about sustainability, cares about Planet Earth, and loves the Earth!

İstanbul'un Kırmataş Potansiyeli ve Agregat Üretimine Genel Bir Bakış

General View of Aggregate and Crushed Stone Potential & Production of Istanbul

Mustafa Erdoğan, Yılmaz Mahmutoglu, Mahir Vardar

İTÜ, Maden Fakültesi, Uygulamalı Jeoloji A.B.Dalı, 34390, Maslak, İstanbul
erdogan1@itu.edu.tr

ÖZ: İstanbul il sınırları içinde Miyosen, Eosen, Kretase, Triyas, Karbonifer ve Devoniyen yaşlı formasyonlar içinde taşocağı rezervleri bulunmaktadır. Kentin kum-çakıl, agregat, yapıtaşı, çimento (kalker ve tras) ve kireç hammaddesi talepleri bu rezervlerden karşılanmaktadır. Kent genelinde yılda 14 115 000 ton kum-çakıl üretiminin yapıldığı görülmektedir. Bu üretimin 13 065 000 ton'unun Avrupa yakasında, 1 050 000 ton'unun ise Asya yakasında gerçekleştirildiği anlaşılmaktadır. Öte yandan 40 adet ocakta 62 624 000 ton kırmataş'ın üretildiği saptanmıştır. Bu üretimin 50 424 000 ton'unu Avrupa yakasından, 12 200 000 ton'unun ise Asya yakasından sağlanmaktadır. Ocakların sıfıra yakın bir stokla izleyen yılla girdikleri dikkate alındığında üretilen kırmataşın aynı yılda tüketildiğini söylemek mümkündür. Belirtilen sayısal büyüklüklere denizden sağlanan agregat (kum-çakıl) ile kent dışından getirilen taşocağı malzemeleri dahil değildir. Kent nüfusunun on iki milyon olduğunun varsayımı halinde İstanbul'da kişi başına en az 6,4 ton/yıl dolayında taşocağı malzemesinin tüketildiğini söylemek mümkündür. Ocaklarda gürültü, toz, görsel kirlilik ve patlayıcı madde çokundan kaynaklanan önemli çevre sorunları bulunmaktadır. Kent çevresindeki ocak çukurlarının, düzenli bir planlama sonucu hafriyat atıklarıyla doldurularak ağaçlandırılması mümkün görülmektedir. Ocak sahipleri tarafından yapılan araştırmada Avrupa yakasında 1025 milyon ton, Asya yakasında ise 195 milyon ton görünür kırmataş rezervinin bulunduğu saptanmıştır. Bu durumda, kent nüfusu ve kişi başına kırmataş tüketiminin sabit kalması durumunda dahi, Avrupa yakasındaki rezervin 20, Asya yakasındaki rezervin ise 16 yıl sonunda tamamen tükeneceği anlaşılmaktadır. Avrupa Birliği ülkelerinde yıllık agregat tüketiminin % 10'una yakın bir oranda yakını malzemelerinin ayrıştırılması yoluyla geri dönüşüm katkısının sağlandığı görülmektedir.

Bu bildiride, il sınırları içinde çalışan ocakların yerinde incelenmesi sonucu ulaşılan bilgiler ışığında İstanbul'un kırmataş üretimi ele alınarak irdelenmiş, potansiyel jeolojik rezervlerin kent planlaması yönünde önemine ve üretim sürecinde yaşanan sorunlara değinilmiştir.

ABSTRACT: Stone reserves are obtainable from the Miocene, Eocene, Cretaceous, Triassic and Devonian aged formations within the city limits of Istanbul. Sand-gravel, aggregate, building stone, cement and lime raw materials (limestone and trass) are supplied from these reserves. The annual production of sand-gravel is around 14,115,000 tones, where 13,065,000 tones of it from the European side and the rest 1,050,000 tones from the Asian side. On the other hand, annual crushed stone production is being done in 40 quarries amounting 62,624,000 tones, where European and Asian side productions are 50,424,000 t and 12,200,000 t, respectively. Since the stocks are empty at the end of each year, it is possible to say that all the produced material is sold in the same year. The quantities presented above do not include the materials from the sea or out of the city. It is also possible to state that the annual consumption per person is at least 6.4 tones in Istanbul taking into account that the population is around 12 millions. Noise, dust, visual disturbance and vibrations of explosives create environmental problems. It is possible to plan filling up and planting trees into the abandoned quarries surrounding the city using materials excavated somewhere else. The investigations carried out by quarry owners illustrate that the visible stone reserves are 1025.10⁶ tones in the European side and 195.10⁶ tones in the Asian side. Disregarding increases in the need of crushed stone and population, it can be projected that the reserves will be completely exhausted within 20 years in the European side and 16 years in the Asian side.

In EU member states some 10% of aggregate need are recycled from rubbles. This proceeding analyses the data obtained from in situ investigations of quarries located within the city limits of Istanbul, and deals with importance of potential reserve estimations for city planning and the problems during quarrying.

1. GİRİŞ

Kentler gelişim süreçlerinde malzeme kaynaklarına gereksinim duymaktadır. Su havzaları, yeşil alanlar, yerleşim ve atık depolama alanları gibi yaşamsal önemdeki işlevsel alanlar kadar kentin doğal kaynak alanlarının da planlanması gerekmektedir.

İstanbul'un kentleşme sürecindeki hızlanma ile birlikte, çevredeki kum-çakıl, kırmataş (mıcır), kıyı tahkimat malzemesi olarak iri kaya blokları (Anroşman malzemesi), çimento (kil, kireçtaşı ve tras), kireç (kireçtaşı), işletilmeye başlanmıştır.

Masif, sağlam yapılı, kırmataş üretimine uygun özellikteki taş rezervleri Devoniyen, Karbonifer, Triyas ve Eosen yaşlı formasyonlardan sağlanmaktadır. Devoniyen yaşlı kireçtaşı rezervleri Asya yakasında Ömerli yerleşim biriminin güneyinde ve doğusunda (Dindere Vadisi) açığa çıkmaktadır. Karbonifer yaşlı çamurtaşı, kireçtaşı ve kumtaşı türü kaya toplulukları Avrupa yakasındaki kırmataş rezervlerini oluşturmaktadır. Karbonifer oluşumları Uskumru köy, Cendere Vadisi, Boğazköy (Arnavutköy), İkitelli ve Cebeciköy dolaylarında açılan ocaklarda işletilmektedir. Triyas yaşlı kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşlarına Ümraniye-Hüseyinli köyü dolayında rastlanmaktadır. Bu bölgedeki rezervler halen faal haldeki iki ocakta değerlendirilmektedir. Şile dolayında yüzeylenen Üst Kretase volkanitleri üretilerek çimento taşıyinde tras olarak kullanılmaktadır. Resifal karakterli Eosen kireçtaşları Çatalca ilçesinin güneydoğusunda ve Küçükçekmece çevresinde yüzeylenmektedir. Eosen yaşlı bu rezervlerin Muratlı-Kovuk dere arasındaki kesimi yoğun bir şekilde işletilmektedir. Sazlıbosna köyünün güneydoğusunda Eosen kireçtaşları içinde açılmış bir adet yapıtaşı ocağı bulunmaktadır. Elmas tel ve zincirli kesiciyle üretim yapılan bu ocaktan çıkartılan taşlar kentin tarihi eserlerinin restorasyonunda kullanılmaktadır.

Devoniyen yaşlı Kartal ve İstinye Formasyonu içindeki kireçtaşları, Altınşehir ve Kayabaşı dolayında yüzeylenen Eosen'e ait resifal kireçtaşı rezervleri ile Bakırköy kireçtaşları içinde açılan ocaklar plansız gelişme nedeniyle kentleşme baskısı altında kalarak kapatılmışlardır.

Araştırma sonuçlarına göre il sınırları içinde toplam 79 ocakta kum-çakıl ve kırmataş ocağında üretim yapılmaktadır. Ocaklarda üretim aşamasında toplam 2252 kişi doğrudan görev almaktadır. Mevcut ocakların 66 sı Avrupa yakasında ve 13 ü ise Asya yakasında üretim faaliyetlerini sürdürmektedir. Sözü edilen bu 79 ocaktan yılda 77 054 000 ton kum-çakıl ve kırmataş üretilmektedir. Üzerindeki göç baskısının doğal bir sonucu olarak Cumhuriyet'in yüzüncü yılında İstanbul'un nüfusunun 24 milyon'a ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu verilerden hareketle İstanbul'un çevresindeki rezervlerin araştırılarak bulunması ve bu alanların özenle korunması gerekmektedir.

2. İSTANBUL'UN TAŞ OCAĞI MALZEMESİ POTANSİYELİ VE ÜRETİMİ

İstanbul ili sınırları içinde çok sayıda ocakta kum-çakıl ve kırmataş üretimi yapılmaktadır.

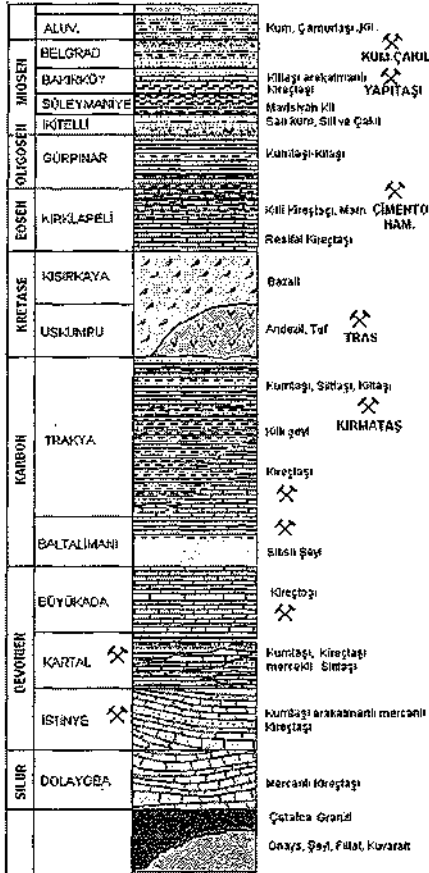
Kırmataş ile kum-çakıl üretimine uygun özellikteki rezervler Devoniyen, Karbonifer, Triyas, Eosen ve Neojen yaşlı formasyonlar içinde yer almaktadır. Kent çevresinde açığa çıkan ve malzeme niteliği gösteren bu oluşumların stratigrafik dikme kesitleri Şekil 1 de gösterilmiştir.

Kentin Avrupa ve Asya yakalarındaki kum-çakıl ile kırmataş potansiyelleri aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

2.1.İstanbul'un Kum-Çakıl Potansiyeli ve Üretimi

Avrupa yakasında batıda Kilyos'tan başlayıp doğudaki Yalıköy'e, güneyde ise Bolluca beldesinden, Çatalca, Silivri ve daha batıdaki Degirmen köye kadar uzanan çok geniş bir alanda büyük bir kısmı örgülü ve menderesli akarsu çökeli olan kum-çakıl oluşumları bulunmaktadır. Söz konusu bu oluşumların sürekliliği yer yer aşarak bazı yerlerde kesintiye uğramıştır. Polijenik (çok kökenli) kötü boyanmalı ve kalınlığı yer yer 150 metreye ulaşan bu fülüvyal istif yer yer bentonitik kil ara düzeyleri içermektedir. İstif güneyde kırmızı renkli, iri çakıllı ve çapraz tabakalı olmasına karşın kuzeye doğru gidildikçe beyaz renkli bol

mikali ve yüksek feldspat içerikli, az çakilli seviyelere dönüşmektedir. Formasyon içinde silisleşmiş ağaç ve iri omurgalı hayvan kemiklerine rastlanmaktadır. Bu durum istifin karasal bir ortamda oluştuğunu göstermektedir.



Şekil 1. İstanbul'un genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti ve formasyonlar içinde bulunan doğal hammaddeler

Öte yandan Silivri dolayında istif içinde bol miktarda ofiyolit çakıllarına ve krom kırıntılarına rastlanmaktadır. Bu veriler kaynak kayanın Marmara denizinin daha güneyinde olduğunu göstermektedir. Büyükkçekmece, Avcılar, Arnavutköy ve Bolluca çevresinde bu formasyon Çukurçeşme, daha batıdaki Çatalca ve Silivri arasında ise Ergene formasyonu olarak

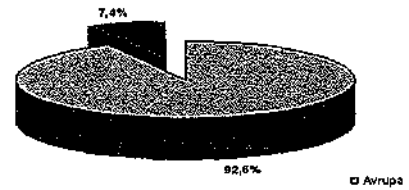
adlandırılmıştır. Formasyon'un oluşum yaşı Miyosen'dir.

Karacaköy, Ormanlı ve Bolluca çevresinde gözlenen ve kömür içerikli Danışment (Karaburun) formasyonu üzerinde yer alan kum-çakıl oluşumları Silivri bölgesindekilerle benzerlik göstermektedir. Öte yandan Kilyos-Karaburun arasında gözlenen kum oluşumları homojen boyutlu, ince taneli, az çakilli ve bol kavkı kırıntısı içeriklidir. Denizel kökenli olan bu kumlar diğer oluşumlardan farklı karakterdedir.

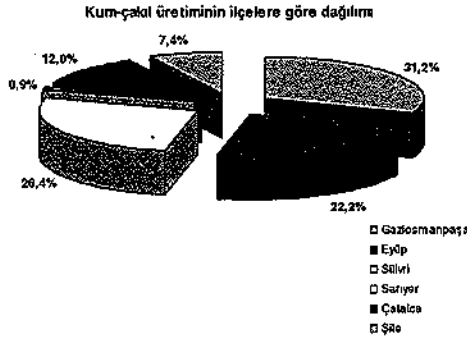
Kentin batı yakasındaki kum-çakıl oluşumlarının çok büyük rezervlere sahip olduğu dikkati çekmektedir. Tüm bölgeyi kapsayan ayrıntılı bir rezerv çalışmasının olmadığı görülmektedir. Silivri-Çatalca-Değirmenköy ve Büyük Sinekli dörtgeninde Batı Yakası Kumcular Kooperatifi tarafından yaptırılan araştırmada sadece bu alanda 10 milyar m³ rezervin olduğu belirlenmiştir. Formasyonun yayılımının dikkate alınması durumunda bölgedeki kum-çakıl potansiyelinin çok daha büyük olduğu anlaşılmaktadır.

İl sınırları içerisinde üretilen kum-çakılın Avrupa ve Asya yakası ile ilçelere göre dağılımı Şekil 2 ve Şekil 3 de görülmektedir. Bu grafikler incelendiğinde il genelindeki kum çakıl üretiminin % 92,6'sının Avrupa, % 7,4'ünün ise Asya yakasında gerçekleştiği görülecektir. Öte yandan kum-çakıl üretiminin, %31,2'sinin Gaziosmanpaşa da, % 26,4'ünün Silivri de, % 22,2'sinin Eyüp de, % 12'sinin Çatalca da, % 7,4'ünün Şile de gerçekleştirildiği dikkati çekmektedir.

Kum-çakıl üretiminin Asya ve Avrupa yakasındaki oranları



Şekil 2. Kum-çakıl üretiminin Avrupa ve Asya yakasındaki oransal dağılımı.



Şekil 3. Kum -çakıl üretiminin ilçelere göre oransal dağılımları

Silivri ilçe sınırları içinde Değirmenköy, Çantaköy, Büyükçavuşlu, Büyüksinekli ve Büyükkılıçlı köyleri çevresinde 12 ayrı noktada kum, çakıl üretimi yapılmaktadır. Bunlara ek olarak Silivri-Çatalca karayolu üzerinde Yarmatepe dolayında Ergene formasyonunun iri çakıllı seviyelerinden yol stabilizasyon malzemesi çıkartılmaktadır. Çatalca ilçe sınırları içinde yüzeydeki yayılımı yer yer kesikli olarak devam eden Ergene formasyonu içinde beş ayrı noktada açılmış kum-çakıl ocağında üretim faaliyeti sürdürülmektedir. Kurfalı, İhsaniye, Ormanlı, Karacaköy ve Podimada açılan bu ocaklardan üretilen kum-çakıl malzemesi çevredeki yerleşim birimleri ile kentin batı yakasından gelen talepleri karşılamaktadır. Podima yakınlarında işletilen ocakta Yalıköy-İğneade koridorunda görülen kum-çakıl malzemesinden DSİ tarafından filtre çakılı üretilmektedir.

Gaziosmanpaşa ilçe sınırları içinde Bolluca beldesi ile Karadeniz kıyı şeridi arasında kömürlü birim olan Karaburun (Danışment) formasyonunun üzerine uyumlu olarak gelen Çukurçeşme formasyonuna ait kum ve çakıl seviyeleri bulunmaktadır. Mikalı, bol kuvars, feldspat ve polijenik karakterli çakıl taneleri içeren bu istif daha batıda Ergene formasyonunun yanıl eşdeğerini oluşturmaktadır. Kömür madenciliğinin canlı olduğu geçmiş dönemde birlikte işletilen bölgedeki kum ve çakıl seviyeleri, kömüre olan ilginin azalması sonucu günümüzde kum-çakıl işletmelerine dönüşmüşlerdir. Bölgede işletilen,

yıkandıktan sonra elenerek sınıflandırılan kum-çakıl malzemesi kentin batı kesiminden gelen talepleri karşılamaktadır. Bolluca belde sınırları içinde kalan 4 ayrı noktada üretim yapılmaktadır. Buna ek olarak Karadeniz kıyı bandında ve Yeniköy yakınlarında MİLTEN, EMRE Madencilik ve BİR İnşaat tarafından denizel kökenli kumlar işletilmektedir.

Eyüp ilçe sınırları içinde yalnızca kum üretimi yapılmaktadır. Danışment (Karaburun) formasyonunun üzerine gelen bol kavkılı ve elemanları kuvarstan oluşan ince-kaba taneli kum seviyeleri Çiftalan ve Akpınar çevresinde işletilmektedir. Yıkama ve elemenden geçirilen malzeme kentin batı yakasının ihtiyacını karşılamaktadır.

Sarıyer ilçesinin kuzey doğusunda ve Uskumruköy dolayında karasal ortam koşullarında oluşmuş çakıllı kum seviyeleri bulunmaktadır. Bolluca ve Çiftalan köyü civarlarında işletilen kum-çakıl oluşumu Çukurçeşme formasyonunun kuzey doğudaki uzantısı durumundadır.

Anadolu yakasında, Ömerli - Beykoz ve Şile arasında bulunan bölgede, geniş bir alanda kömür ara seviyeli kil-kumdan oluşan genç çökeller yer almaktadır. Ömerli formasyonu olarak adlandırılan bu istif içindeki kil ve kum düzeyleri aralarında yatayda ve düşeyde geçişler göstermektedir. Killeri ile birlikte işletilen bölge kumları yıkama ve eleme işleminden geçirilerek ince boyutlu olanlar demir-çelik sanayine döküm kumu olarak verilmektedir. Kaba boyutlu olan kumlar ise beton agregası olarak inşaat sektörüne sunulmaktadır.

2.2. İstanbul'un Kırmataş Potansiyeli ve Üretimi

Kente kırmataş sağlayan jeolojik oluşumlar Devoniyen, Karbonifer, Triyas ve Eosen birimleri içinde yer almaktadır. Devoniyen ve Triyas'a ait kayalar Ömerli çevresinde açığa çıkmaktadır. Karbonifer ve Eosen Formasyonları ise Kilyos, Cendere vadisi, Boğazköy, İkitelli, Cebeci ile Çatalca dolayında yüzeylenmekte ve bu noktalarda işletilmektedir. Anakent genelinde yılda üretilen kırmataşın miktarı ocaklar düzeyinde yapılan araştırmalarla belirlenmiştir. Bir anket çalışması ile ulaşılan rakamların doğruluğu ocak yetkililerinin

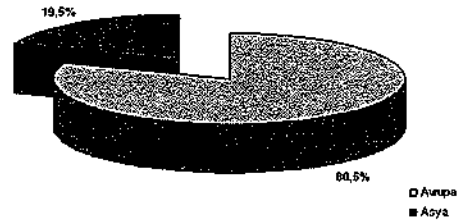
beyanatlarına bağlı olduğu unutulmamalıdır. Araştırmalara göre İstanbul genelinde yılda 62 714 000 ton kırmataş üretilmektedir (Çizelge 1, 2). Sözü edilen üretimin 50 424 000 tonu Avrupa yakasındaki ocaklardan, 12 290 000 tonu ise Asya yakasındaki ocaklardan çıkarılmaktadır.

Kırmataş üretiminin Avrupa ve Asya yakaları ile ilçelere göre oransal dağılımları Şekil 4 ve Şekil 5 de görülmektedir. 62.714.000 ton düzeyindeki kırmataş üretiminin İstanbul da gerçekleştirilen toplam madencilik üretimi içindeki payı % 92 dolayındadır. İstanbul da yılda tüketilen kırmataş konusunda sağlıklı sayısal verilere ulaşmak mümkün değildir. Zira kentin kendi üretiminin dışında Çorlu ve Gebze gibi komşu ilçelerden bilinmeyen miktarda malzeme girişi olmaktadır. Bir başka anlatımla il sınırları dahilinde üretilen kırmataş miktarının kent nüfusuna oranlanması halinde tüketimin 5,23 ton/kişi olduğu görülmektedir. İl dışından getirilen malzemenin de buna dâhil edilmesi halinde İstanbul da kişi başına tüketilen kırmataş miktarının 5,23 tondan daha fazla olduğu söylenebilir. Bu rakama kişi başına düşen 1,18 ton dolayındaki kum-çakıl tüketiminin de eklenmesi durumunda her İstanbullunun yılda tüketmiş olduğu malzeme (agrega) miktarının yaklaşık 6,4 ton/yıl dolayına yükseldiği görülmektedir (Tablo 3).

Avrupa Birliği ülkelerinde üretilen agrega malzemeleri ile ilgili bilgiler Şekil 6 da görülmektedir. Bu şekilden Finlandiya, İrlanda ve Norveç gibi ülkelerin kendi ihtiyaçlarından daha fazlasını üreterek yurtdışına sattıkları anlaşılmaktadır. Yine bu şekilden, İstanbul'daki agrega üretiminin Belçika, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Hollanda, Norveç, Slovakya, İsveç

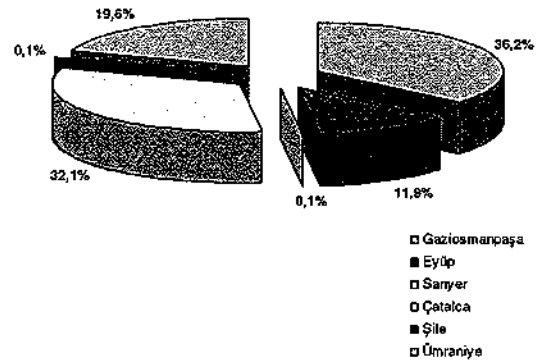
ve İsviçre'den daha büyük olduğu görülmektedir.

Kırmataş Üretiminin Avrupa ve Asya yakalarındaki oranları



Şekil 4. Kırmataş üretiminin Avrupa ve Asya yakasındaki oransal dağılımları

Kırmataş Üretiminin ilçelere göre dağılımı



Şekil 5. Kırmataş üretiminin Avrupa ve Asya yakasındaki oransal dağılımları

Çizelge 1. Avrupa yakasının kırmataş üretimi.

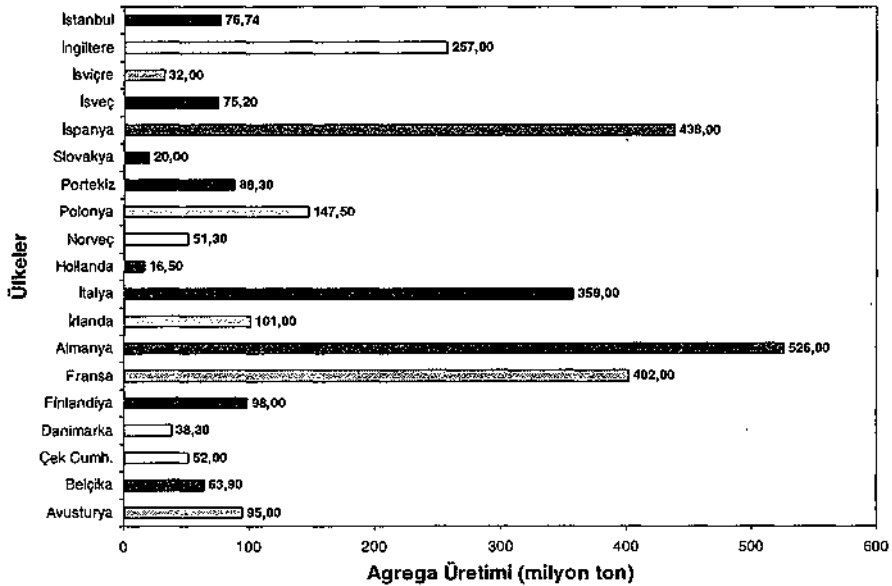
İlçe	Çalışan Ocak Sayısı	Yıllık Toplam Üretim Miktarı (ton)	Çalışan Sayısı	Yaklaşık Yıllık Ocakbaşı Bilanço Değeri (YTL)
Çatalca	5	20.000.000	163	80.000.000
Gaziosmanpaşa	18	22.500.000	1270	135.000.000
Eyüp	7	7.374.000	426	44.244.000
Sarıyer	1	550.000	12	33.000.000
TOPLAM	31	50.424.000	1871	292.244.000

Çizelge 2. Asya yakasının kırmataş üretimi

İlçe	Çalışan Ocak Sayısı	Yıllık Toplam Üretim Miktarı (ton)	Çalışan Sayısı	Yaklaşık Yıllık Ocakbaşı Bilanço Değeri (YTL)
Şile	1	90 000	13	540 000
Ümraniye	8	12.200.000	368	73.200.000
TOPLAM	9	12.290.000	381	73.740.000

Çizelge 3. İstanbul genelindeki kum-çakıl ve kırmataş üretimi ile ilgili sayısal büyüklükler.

Yer	Üretim Yapılan Ocak Sayısı	Üretim Miktarı (milyon ton)					Ocak Ham Satış Fiyatı Ocak Başı Satış Fiyatı (/USD\$/ton)
		Kum-Çakıl	Kırmataş	Toplam	Ocak Başına	Kişi Başına* Üretim (ton)	
Avrupa yakası	64	13,065	50,424	63,489	992,02	6,4	4,00-4,50
Asya yakası	12	1,050	12,200	13,250	1104,17		3,50-4,20
TOPLAM	76	14,115	62,624	76,739	-	6,4	-



Şekil 6. İstanbul'un yıllık agrega üretiminin Avrupa Birliği ülkeleri ile karşılaştırılması

İstanbul'un batı yakasına kırmataş sağlayan rezerv alanları Çatalca, İkitelli, Cebeciköy ve Cendere vadisinde kumelenmektedir. Çatalca yakınlarındaki Eosen kalkerleri için hesaplanan rezerv 300 milyon tondur. Bu bölgeden yılda 20 milyon ton kırmataş üretimi yapılmaktadır. Bu durumda Çatalca'daki rezervlerin tamamının işletilmesi

durumunda 15 yıllık bir ömrü bulunmaktadır. Cebeciköy taş ocakçılar birliğinin tespitlerine göre Cebeciköy de 500 milyon ton nitelikli taş rezervi bulunmaktadır. Bu bölgeden yılda üretilen taş miktarının 22,5 milyon ton olduğu düşünüldüğünde bu bölgedeki kaynağın tamamının işletilmesi halinde dahi kente 22 yıl süre ile malzeme akışı sağlanabilecektir. Diğer

bir önemli rezerv kaynağı olan Cendere vadisine ilişkin elde sağlıklı veriler bulunmamaktadır. Kentin Asya yakasında 195 milyon ton rezervin bulunduğu tahmin edilmektedir. Bölgedeki taş ocakçıları tarafından tespit edilen bu rezervin bölgedeki yıllık 12,29 milyon ton dolayındaki üretime bölünmesi halinde Asya yakasının yaklaşık 16 yılsonunda malzeme sıkıntısının çekileceği görülmektedir.

Avrupa yakasında kırmataş üretimi Çatalca, Gaziosmanpaşa, Eyüp ve Sarıyer ilçelerinde yapılmaktadır. Aşağıda ilçe bazında kırmataş işletme faaliyetleri irdelenmiştir.

Muratbey, Kovukdere arasında dar bir koridor şeklinde uzayan resifal kireçtaşları bölgedeki 5 farklı noktada üretilmektedir. Bölgedeki sağlam seviyeler agrega üretiminde, kil oranı yüksek seviyeler ise çimento sanayinde kullanılmaktadır. Bölgedeki işletilebilir rezerv 300 milyon ton ve yıllık üretim 20 milyon tondur.

Gaziosmanpaşa ilçe sınırları içinde İkitelli, Cebeciköy ve Bolluca çevresinde 18 ayrı noktada taşocağı işletilmektedir. İkitelli ve Bolluca bölgesinde karbonifer yaşlı kumtaşı ve çamurtaşları değerlendirilmektedir. Cebeciköy çevresindeki ocaklar ise karbonifer yaşlı kireçtaşları içinde açılmıştır. Gaziosmanpaşa bölgesinden yılda 22,5 milyon ton kırmataş üretilerek agrega eldesinde kullanılmaktadır. Kentin en nitelikli taş malzemesinin üretildiği bölge ocakları Avrupa yakasının yıllık ihtiyacının % 30 unu karşılamaktadır. Gaziosmanpaşa bölgesindeki (Cebeciköy, İkitelli, Boğazköy) toplam rezerv 620 milyon ton dolayındadır.

Eyüp ilçe sınırları içinde Cendere vadisi boyunca Ayazağa köyü ve Işıklar köyü dolayına kümelenmiş 7 adet ocakta üretim yapılmaktadır. Bölgedeki kayalar karbonifer yaşlı olup çamurtaşı ve kumtaşı ardışımından oluşmaktadır. Eyüp bölgesinden otalama yılda 7 340 000 ton kırmataş üretilmektedir. Eyüp ilçe sınırları içinde Karbonifer birimleri geniş alanda mostra vermesine rağmen bölgenin olası taş potansiyeline ilişkin her hangi bir araştırma yapılmamıştır.

Sarıyer ilçe sınırları içinde, Karadeniz kıyı kuşağının iç kesiminde ve Uskumruköy yakınında çalışan bir kırmataşocağı

bulunmaktadır. Karbonifer istifi içinde açılan bu ocakta, formasyonun çamurtaşı ve kumtaşı düzeyleri işletilerek agrega üretmektedir. İşletmenin yıllık üretimi 55 000 ton dolayındadır. Ocak ve çevresindeki rezerve ilişkin her hangi bir araştırma yapılmamıştır.

İstanbul'un doğu yakasında dört ayrı lokasyonda kırmataş işletmesi yapılmaktadır. Ömerli beldesi, Hüseyinli köyü, Dindere mevki ve Şile Ahmediyе köyü dolayında bölgedeki üretim yapılan ocakların sayısı 9 dur. Ümraniye ilçe sınırları içinde toplam 8 ocaktan üretim yapılmaktadır. Bu ocaklardan 3 ü Ömerli de 2 si Hüseyinli köyünde ve 3 tanesi ise Dindere mevkiinde yer almaktadır. Ömerli beldesinin güneyinde bulunan üç ocak Devoniyen yaşlı kireçtaşı içinde açılmıştır. Hüseyinli köyü yakınında iki adet ocakta taş üretimi yapılmaktadır. Triyas yaşlı kireçtaşları içinde açılan bu ocaklardan çıkartılan malzemeden agrega, kireç ve yapıtaşı üretilmektedir. Ümraniye bölgesindeki ocaklardan yılda üretilen toplam kırmataş miktarı 12 200 000 ton olup Asya yakasının taleplerini karşılamaktadır. Ruhsat sahiplerinin araştırmalarına göre Ömerli bölgesinde 125 000 000 ton, Hüseyinli köyü bölgesinde 28 000 000 ton ve Dinderesi mevkiinde ise 30 000 000 ton olmak üzere toplam 183 000 000 ton rezerv bulunmaktadır. Şile bölgesindeki taşocağı Ahmediyе köyü yakınında yer almaktadır. Özkanlar Madencilik tarafından işletilen ocakta Devoniyen yaşlı kireçtaşları işletilmektedir. Ocaktan çıkarılan taşlar kırma-eleme işleminden geçirildikten sonra Şile çevresinin taleplerini karşılamaktadır. Bu ocaktan yılda 90 000 ton kırmataş üretilmektedir. Ocak çevresinde herhangi bir rezerv çalışması yapılmamıştır.

3. KUM-ÇAKIL VE TAŞOCAKLARININ EKONOMİYE KATKISI

3.1.Kum ve Çakıl Üretiminin Ekonomiye Katkısı

İstanbul'da toplam 37 ocakta kum-çakıl üretilmektedir. Bu ocaklardan yılda 13 340 000 ton kum çakıl üretilerek toplam 634 kişi çalışmakta ve bu faaliyet sonucu yılda 71 405 000 YTL gelir elde edilmektedir. Bu ocakların ekonomik faaliyetlerine ilişkin bilgiler aşağıda

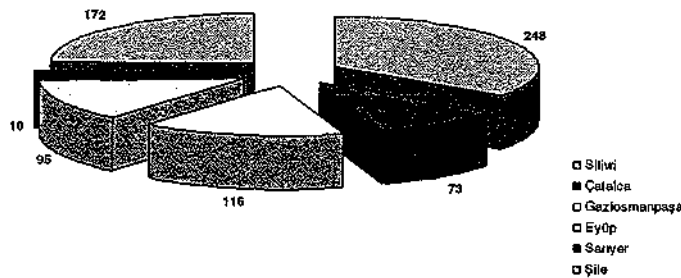
sunulmuştur. İl genelinde kum-çakıl ocaklarında çalışan personellerin ilçeler düzeyindeki dağılımları Şekil 7 de görülmektedir.

Daha önce değinildiği gibi İstanbul'un batısındaki Silivri, Çatalca, Gaziosmanpaşa, Eyüp ve Sarıyer ilçelerinde kum-çakıl ocakları bulunmaktadır. Silivri bölgesinde yılda 3 720 000 ton kum-çakıl üretilmekte ve toplam 355 personel ocaklarda istihdam edilmektedir. Çatalca ilçe sınırları içindeki 6 ocaktan 1 690 000 ton yılda kum-çakıl üretilirken bu bölgede 73 kişi üretimde çalışmaktadır. Gaziosmanpaşa bölgesindeki kum-çakıl ocaklarından yılda 4 400 000 ton kum-çakıl üretilmekte ve bu bölgedeki 8 ocakta 116 personel doğrudan üretimde çalışmaktadır. Eyüp ilçesinin sınırları içinde 6 kum-çakıl ocağı bulunmaktadır. Bu ocaklarda 95 kişi çalışmakta ve yılda toplam 3 135 000 ton

kum-çakıl üretilmektedir. Sarıyer ilçesinde Uskumruköy'deki bir ocakta kum-çakıl üretimi yapılmaktadır. Bu ocakta yılda 120 000 ton kum-çakıl üretimi yapılmakta ve ocakta 10 personel istihdam edilmektedir.

Avrupa yakasında 33 kum-çakıl ocağından yılda toplam 13 065 000 ton dolayında kum-çakıl üretimi yapılmaktadır. Bu ocaklarda toplam 542 personel doğrudan çalışmaktadır. Bu ticari faaliyet sonrası ocak başı satış bedellerine göre Avrupa yakasındaki kum-çakıl üretiminden toplam 65 105 000 YTL gelir sağlanmaktadır. Avrupa yakasındaki kum-çakıl üretimine ait sayısal veriler toplu olarak Çizelge 4 de görülmektedir.

Kum-çakıl üretilen ocaklardaki çalışanların sayısal dağılımları



Şekil 7. İl genelindeki kum-çakıl ocaklarında çalışanların ilçelere göre dağılımı

Çizelge 4. Avrupa yakası kum-çakıl üretimine ilişkin toplu bilgiler

İlçe	Çalışan Ocak Sayısı	Yıllık Toplam Üretim Miktarı (ton)	Çalışan Sayısı	Yaklaşık Yıllık Ocakbaşı Bilanço Değeri (YTL)
Silivri	12	3.720.000	248	14.880.000
Çatalca	6	1.690.000	73	11.830.000
Gaziosmanpaşa	8	4.400.000	116	22.000.000
Eyüp	6	3.135.000	95	15.675.000
Sarıyer	1	120.000	10	720.000
TOPLAM	33	13.065.000	542	65.105.000

Çizelge 5. Asya yakası kum-çakıl üretimine ilişkin toplu bilgiler

İlçe	Çalışan Ocak Sayısı	Yıllık Toplam Üretim Miktarı (ton)	Çalışan Sayısı	Yaklaşık Yıllık Ocakbaşı Bilanço Değeri (YTL)
Şile	4	1.050.000	172	6.300.000
TOPLAM	4	1.050.000	172	6.300.000

Asya yakasında Şile'ye bağlı Avcıkoru - Sahilköy arasında 4 ocakta kum-çakıl işletmesi yapılmaktadır. Bu ocaklarda toplam 1 050 000 ton/yıl kum-çakıl üretimi yapılırken üretimde 92 kişi çalışmaktadır. Bu faaliyetler sonucu yılda 6 300 000 YTL lik gelir elde edilmektedir (Çizelge 5).

3.2. Kırmataş Üretiminin Ekonomiye Katkısı

Kırmataş ocaklarında, il genelinde toplam 2986 kişi görev almaktadır. Çalışanların ilçelere göre dağılımları Şekil 8 de görülmektedir. Bu şekilden de görüleceği gibi kırmataş ocaklarında çalışanların 1270 i Gaziosmanpaşa bölgesinde kümelanmaktadır.

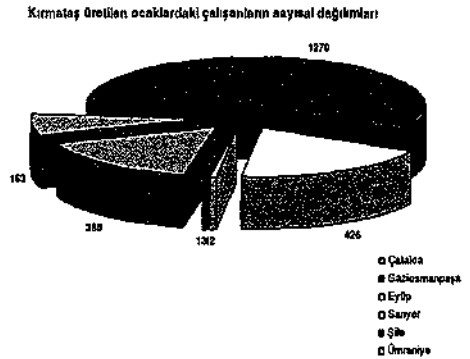
Avrupa yakasında toplam 31 ocakta kırmataş madenciliği yapılmaktadır. Bu ocaklardan yılda 292 224 000 YTL gelir elde edilmekte ve buna karşı 50 524 000 ton taş malzeme (agrega ve yapıtaşı) üretilmektedir. Bu ocaklarda toplam 1871 personel görev almaktadır. Yukarıda belirtilen 31 ocağın ilçelere göre dağılımı, bu ocaklardan yapılan üretimler ve istihdam edilen personel sayılarına ilişkin aşağıda ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

Çatalca bölgesindeki toplam 5 ocakta kırmataş üretilmektedir. Söz konusu 5 ocaktan yılda 20 000 000 ton üretim yapılmaktadır. Ocaklarda doğrudan çalışan toplam personel sayısı ise 163 dır.

Avrupa yakasında en yoğun taş üretimi yapılan ilçe Gaziosmanpaşa'dır. Bu ilçe sınırları içindeki Cebeciköy, İkitelli ve Boğazköy'deki toplam 18 ocaktan 22 500 000 ton kırmataş üretilmektedir. Bölge ocaklarında 1270 personel görev almaktadır.

Avrupa yakasının üretim büyüklüğü açısından üçüncü sırada gelen ilçesi Eyüp'tür. Eyüp ilçe sınırları içinde Cendere Vadisi ve Kemberburgaz arasında toplam 7 ocakta taş üretiminin yapıldığı görülmektedir. Bu ocaklardan yılda 7 372 000 ton kırmataş üretimi

yapılırken toplam 426 kişiye istihdam olanağı sunulmaktadır. Sarıyer ilçesinde Uskumruköy deki bir ocakta taş üretimi yapılmaktadır. Bu ocaktan 55 000 ton taş çıkarılarak 12 kişiye iş olanağı sunulmaktadır.



Şekil 8 İstanbul genelinde kırmataş ocaklarında çalışanların ilçelere göre dağılımları

Asya yakasında 9 ocakta taş üretilmektedir. Bu ocaklardan yılda toplam 12 290 000 ton taş çıkarıldığı saptanmıştır. Üretim aşamasında 381 personel görev almakta ve yılsonunda 73 740 000 YTL gelir elde edilmektedir. Asya yakasında faaliyet gösteren ocaklara ilişkin ayrıntılı bilgiler aşağıda açıklanmıştır.

Bu yakadaki taş ocakları Ümraniye ilçe sınırları dahilindeki Ömerli beldesi, Hüseyinli köyü ve Dinderesi mevki ile Şile yakınındaki Ahmediy köyünde yer almaktadır. Ümraniye genelinde toplam 8 ocakta üretim faaliyeti sürdürülmektedir. Bu ocaklardan yılda 12 200 000 ton üretim yapılmaktadır. 8 adet kırmataş ocağında 368 personel görev almaktadır. Asya yakasındaki diğer bir üretim bölgesi Şile ilçesi yakınındaki Ahmediy köyünde bulunmaktadır. Burada bir ocakta üretim yapılmakta ve ocakta

13 kişi çalışarak yılda 90 000 ton üretim gerçekleştirmektedir.

Önceki bölümlerde ayrıntılı olarak açıklandığı gibi il genelinde kum, çakıl, kırmataş, yapıtaşı ve tras üretimi yapılmaktadır. Gerçekleştirilen üretimler sonucunda Tablo 8 de sunulan değerler elde edilmektedir. İl genelinde yılda 77 143 000 ton kum, çakıl, kırmataş, yapıtaşı ve tras üretimi yapılmaktadır. Bu üretim toplam 2986 personelle sürdürülmekte ve yılda 444 189 000 YTL gelir elde edilmektedir (Çizelge 6). Bu rakam gelişimini tamamlamış ve altyapı sorunlarını çözmüş Belçika, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya ve İtalya'daki kişi başına tüketilen miktarlara eşit düzeydedir. Öte yandan Avrupa birliği ülkelerinde agreganın ton başına birim fiyatı 4,80-6,50\$ arasında değişmektedir. İstanbul'da bu değer 4,50\$/ton dolayındadır.

3. GENEL SONUÇLAR

1. İstanbul il sınırları içinde kum-çakıl, kırmataş, yapıtaşı ve tras üretilmektedir.
2. Avrupa yakasında 33, Asya yakasında ise 4 kum-çakıl ocağı bulunmaktadır.
3. Kum-çakıl ocaklarından yılda 14.115.000 ton malzeme üretimi yapılmaktadır. Bu üretimin 13.065.000 ton'u Avrupa yakasında, 1.050.000 ton'u ise Asya yakasında gerçekleştirilmektedir.
4. İl genelinde toplam 40 ocakta kırmataş üretilmektedir. Bu ocaklardan 62.624.000 ton kırmataş üretilmektedir. Bu miktarın 50 424.000 ton'u Avrupa yakasından, 12.200.000 ton'u ise Asya yakasından sağlanmaktadır.
5. Sazlıbosna'da bir adet düzgün geometri taş üreten yapıtaşı ocağı bulunmaktadır.
6. Şile yakınlarında faaliyet gösteren bir ocakta yılda 300.000 ton tras üretimi gerçekleştirilmektedir.
7. İstanbul'un nüfusunun 12.000.000 olduğunun kabulü halinde, kişi başına yılda ortalama 6,4 ton dolayında agrega malzemesi üretilmektedir. Komşu illerden sağlanan agrega bu miktara dahil edilmemiştir. Bu durumda kişi başına agrega tüketiminin 6,4 ton/yıl dan daha fazla olduğu anlaşılmaktadır.

8. İstanbul'un yıllık agrega üretimi İsviçre, İsveç, Slovakya, Norveç, Hollanda, Danimarka, Çek Cumhuriyeti ve Belçika gibi Avrupa ülkelerinin üretimlerinden daha fazladır.
9. İstanbul'un agrega üretimi, il genelindeki toplam doğal kaynak üretiminin % 92'sini oluşturmaktadır.
10. Kent çevresindeki bu ocaklarda doğrudan görev alan toplam personel sayısı 2986'dır. Bu rakam il genelinde madencilikte çalışan personel'in % 69'na karşılık gelmektedir.
11. Bu sektördeki faaliyet sonrasında ulusal ekonomiye yılda 444.189.000 YTL katkı sağlanmaktadır. Bu rakam İstanbul' genel madencilik gelirlerinin % 59'unu oluşturmaktadır.
12. Avrupa yakasında üretilen agreganın yaklaşık % 30'u Cebeci bölgesinden sağlanmaktadır.
13. Ocaklarda gürültü, toz ve patlayıcı madde şokundan kaynaklanan önemli çevre sorunları bulunmaktadır.
14. Kent çevresindeki ocak çukurlarının düzenli bir planlama sonucu hafriyat atıklarıyla doldurularak ağaçlandırılması düşünülmelidir. Bu işlemde sağlanacak gelirlerle ocaklar bölgesinin ağaçlandırılmasına finansman sağlanması mümkün görülmektedir.
15. Avrupa Birliği ülkelerinde yıllık agrega tüketiminin % 10'una yakın bir kısmının yıkıntı malzemelerinin ayrıştırılması yoluyla geriye kazanıldığı anlaşılmaktadır. İstanbul'da benzeri işlemlerin yapılarak geri dönüşümün mutlaka sağlanması gerekmektedir.

Çizelge 6. İl genelinde üretilen kum, çakıl, kırmataş, yapıtaşı ve tras üretimine ilişkin bilgiler

Üretim Türü	Toplam Yıllık Üretim (ton)	Çalışan Kişi Sayısı	Yıllık Ocakbaşı Satış Geliri (YTL)
Kum-çakıl	14 115 000	714	71 405 000
Kırmataş	62 714 000	2252	365 984 000
Yapıtaşı	14 000	10	5 600 000
Tras	300 000	10	1 200 000
TOPLAM	77 143 000	2986	444 189 000

KAYNAKÇA

[1] ALTINLI, İ. E., 1951, Kayışdağı Bölgesinin Jeolojisi, İ.Ü. Fen Fak. Mec., B., XVI, s:2, İstanbul.
AKARTUNA, M., 1953, Çatalca-Karaköy Bölgesinin Jeolojisi, İ.Ü. Fen Fakültesi Mon., s:13-87, İstanbul.

[2] AKBULUT, T., 1992, Riva Deresi güncel Çökelleri, İTÜ Maden Fak. Jeoloji Müh. Böl., Bitirme Ödevi, İstanbul.

[3] AKYÜZ, S., 1987, İstanbul Boğazı Batısının Jeolojisi, İTÜ Fen Bil. Ens., Maden Anabilim Dalı, Jeoloji Programı, Yük.Lisans Tezi, İstanbul..

[4] BAKA, H., 1983, Aydınlı Köyü ve Dolayının Jeolojisi, İTÜ Maden Fak., Jeoloji Müh. Böl., Bitirme Ödevi, İstanbul.

[5] ERGUVANLI, K., vd., 1973, Türkiye Silisli Taş Üretimi ve Bunların Ekonomik Önemi, Cumhuriyetin 50.Yılı Yerbilimleri Kongresi, MTA, s:278-295, Ankara.

[6] ERMIŞ, Y., 1981, İçmeler-Aydınlı Köyü Arasındaki Arazinin Jeolojisi, İTÜ Maden Fak., Jeoloji Müh. Böl., Bitirme Ödevi, İstanbul.

[7] MAHMUTOĞLU, Y., 1985 Küçükçekmece Dolayındaki Eosen Kalkerlerinin Mühendislik Özellikleri ve Ekonomik Değerleri, Bitirme tezi. İTÜ Maden Fakültesi, İstanbul.

[8] ÇEVİK, E., 1986. İstanbul batısındaki Karbonifer kumtaşları ve çamurtaşlarının mühendislik özellikleri ve yapı malzemesi olma açısından değerlendirilmesi. Bitirme tezi. İTÜ Maden Fakültesi, İstanbul.

[9] KILIÇKAN, Ö., 1989. Ömerli güneyindeki Devoniyen kireçtaşlarının mühendislik özellikleri ve yapı malzemesi olma açısından değerlendirilmesi. Bitirme tezi. İTÜ Maden Fakültesi, İstanbul.

[10] ÖZTÜRK, H., SARI, B., 1994, Pliosen kuvars Kum Yatağında (Akalan-İstanbul) Asidik Yeraltı Suyu Hareketine Bağlı Yerinde Yıkılma Olgusu, 47.Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, s:117, Ankara.

[11] PEHLİVAN, R., 1990, Kemerburgaz-Bahçeköy-Gümüşdereköy-Çiftalan (İstanbul) Dolayının Jeolojisi ve Kil Mineralojisi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeol. Müh., ABD, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

[12] SAYAR, C., 1987, İstanbul ve Çevresi Neojen Çökelleri ve Paratetis İçindeki Konumu, İTÜ Maden Fakültesi 40. Yıl Sempozyumu, s:250-266, İstanbul.

[13] KARAGÖZ, K., 1989. Çatalca dolay Eosen kireçtaşlarının agrega olabilme yönünden araştırılması. Bitirme tezi. İTÜ Maden Fakültesi, İstanbul.

[14] ERDOĞAN, M., 1992, Alkali Karbonat Reaksiyonunun Gelişim Mekanizması ve Nedenleri. Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Bülteni, Sayı; 13-13, s: 41-47, İstanbul, (1/1).

[15] ERDOĞAN, M., 1993, İstanbul ve Dolayının Yapay Agreg Potansiyeli. Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Bülteni, Sayı; 14-14, s: 29-41, İstanbul, (1/1).

[16] ERDOĞAN, M., EREN, R.H., OKTAY, F.Y., 1999, Silivri Çevresindeki Ergene Formasyonu'nun Agreg Potansiyeli ve Özellikleri. 2.Ulusal Agreg Sempozyumu, 3-4 Haziran, s: 113-128, İstanbul, (1/3).

[17] SOZAK, N., N., 1993, Beykoz-Çubuklu Arasının Jeolojisi, İTÜ Maden Fak., Jeoloji Müh. Böl., Bitirme Ödevi, İstanbul.

[18] SAKALLI, U., 1996. Hüseyinli köyü dolayının Jeolojisi ve Triyas kireçtaşlarının kireç olabilme özelliklerinin araştırılması. Bitirme tezi. İTÜ Maden Fakültesi, İstanbul.

[19] DOĞRU, H.N., 1999. İkitelli (İstanbul) dolayındaki Karbonifer çamurtaşlarının agrega malzemesi olması açısından incelenmesi. Bitirme tezi. İTÜ Maden Fakültesi, İstanbul.

[20] ORAL, Ç., 2004. Silivri Büyüklüklü yöresindeki Ergene formasyonunun beton agregası yönünden incelenmesi. Bitirme tezi. İTÜ Maden Fakültesi, İstanbul.

Yol Yapımında Kullanılan Agregalarla İlgili Şartnamelerin Avrupa Standardlarıyla Karşılaştırılması

Comparing the Aggregates Specifications for Road Construction with The European Standards

Zeliha TEMREN

**Asfalt Mühendisleri Derneği Küpe sok. 10/3 G.O.PAANKARA
zeliha@asmud.org.tr**

ÖZ: Ülkemizde her yıl yol yapımında 100 Milyon ton civarında agrega kullanılmakta olup, yol üstyapı tabakalarının teşkilinde temel yapıtaşı niteliğindeki bu agregaların kalitesi, yolun mekanik dayanımı, hizmet ömrü, trafik güvenliği ve çevre için hayati bir önem taşımaktadır. Son yıllarda Avrupa'da her alanda olduğu gibi yol yapımında kullanılan agregalarla ilgili konularda da önemli gelişmeler olmuştur. Avrupa Birliği-AB üye ülkelerin standartlarının harmonizasyonu kapsamında uygulamaya başlanılan harmonize agrega standartları, ülkemizde de AB'ye uyum çalışmaları kapsamında yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. AB üye ülkelerinde uygulanan ve ülkemizde de 2007 yılında uygulanmaya başlanılacak olan "Yapı Malzemeleri Yönetmeliği (89/106/EEC) ile agregaların bu yönetmelikte belirtilen zorunlu şartları sağladığını belgeleyen CE işaretini taşıma zorunluluğu getirilmiştir. Bu makalede, henüz teknik şartnamelere uyarlanamamış olan bağlayıcısız karışımlarda kullanılan agregalarla ilgili TS EN 13242 ile, bitümlü karışımlarında kullanılan agregalarla ilgili olan TS EN 13043 standartları mevcut karayolu teknik şartnamesi kriterleri ile karşılaştırılarak, bu standartların getirdiği değişiklikler belirlenmiş ve uygulamada sektörün karşı karşı kalacağı zorluklar ve fırsatlar değerlendirilmeye çalışılmıştır,

Anahtar kelimeler: Agrega, bağlayıcısız karışımlar, bitümlü karışımlar, Avrupa agrega standartları, Karayolları Teknik Şartnamesi.

ABSTRACT: Per year nearly 100 million tons of aggregate are used in road construction in Turkey. The quality of aggregates as a main material of the construction of road pavements' layers, is very important from the point of view of mechanical resistance, long service life, traffic safety and environmental impacts. Recently there are a lot of developments related to the aggregates used in road pavements like in other fields. In the frameworks of the harmonization of product standards in EU countries, harmonized aggregate standards are started to be implemented in Europe and also published and enforced in Turkey having bound to adopt EU Regulations into national law, regulations and administrative provisions as a candidate of EU. According to the "Construction Products Directive (89/106/EEC)" which will be enforced in 2007, aggregates should carry CE marking to provide the conformity with the essential requirement of the Directive. In this paper, Highways Technical Specification related to aggregates for use in unbound and bituminous bound mixtures is compared with TS EN 13242 and TS EN 13043 which haven't been implemented yet, to find out what should be changed in technical specifications. In addition, an attempt is made to evaluate what the challenges & opportunities of the sector are when the new standards are started to use in practice.

Key words: Aggregate, unbound mixtures, bituminous mixtures, EN Aggregates Standards, Highways Technical Specification

1. GİRİŞ

Ülkemizde her yıl yol yapımında 100 Milyon ton civarında kullanılan agrega, yol üst-yapı tabakalarının teşkilinde temel yapıtaşı niteliğindedir. Agreganın kalitesi, yolun mekanik dayanımı, hizmet ömrü, trafik güvenliği ve çevresel açıdan hayati bir önem taşımaktadır.

Yolun alttemel ve temel tabakaları bağlayıcısız agregalarla teşkil edilirken, asfalt tabakaları bitümlü bağlayıcı ile agrega karışımlarından oluşmaktadır. Bu tabakalarda kullanılacak agrega özellikleri Karayolu Teknik Şartnamesi-KTŞ ile belirlenmiş olup, bu şartnameler ülke genelinde şehiriçi ve köy yollarında da uygulanmaktadır.

Son yıllarda Avrupa'da her alanda olduğu gibi yol yapımında kullanılan agregalarda da önemli gelişmeler olmuştur. AB standartlarının harmonizasyonu kapsamında uygulanmaya başlanılan harmonize agrega standartları, ülkemizde de AB'ye uyum çalışmaları çerçevesinde yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. AB üye ülkelerinde uygulanan ve ülkemizde de 2007 yılında uygulanmaya başlanılacak olan "Yapı Malzemeleri Yönetmeliği- YMY (89/106/EEC) ile agregaların bu yönetmelikte belirtilen zorunlu şartları sağladığını belgeleyen CE işaretini taşıma zorunluluğu getirilmiştir.

Bu makalede, henüz teknik şartnamelere uyarlanmamış olan bağlayıcısız karışımlarda kullanılan agregalarla ilgili TS EN 13242 standardı KTŞ'de verilen alttemel ve temel malzemeleriyle, bitümlü karışımlarda kullanılan agregalarla ilgili TS EN 13043 standardı ise, şartnamenin bitümlü temel, binder ve aşınma tabakalarında kullanılan agrega özellikleriyle karşılaştırılmıştır. Ayrıca bu standartlarla ilgili olarak, Bağlayıcısız Karışım şartnamesi olan TS EN 13285 standardında verilen karışım gradasyonu ile KTŞ'nin alttemel ve temel tabakası gradasyonları, Bitümlü karışımlarla ilgili olarak da prEN 13108-1 Asfalt Betonu Şartnamesi, KTŞ bitümlü temel, binder ve aşınma tabakaları için verilen gradasyon limitleri ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Yapılan incelemeler sonucu, bu standartların getirdiği önemli değişiklikler belirlenerek, uygulamada sektörün karşı karşıya kalacağı zorluklar ve fırsatlar değerlendirilmeye çalışılmıştır.

Çizelge 1. Yol Yapımıyla İlgili EN Agregası ve Karışım Standartları ile Bu Standartların TS Uyumu

2. BAĞLAYICISIZ VE BİTÜMLÜ BAĞLAYICILI KARIŞIMLAR İÇİN AVRUPA AGREGA STANDARTLARI VE YAPI MALZEMELERİ YÖNETMELİĞİ

Yol yapımında alttemel, temel ile bitümlü temel, binder ve aşınma tabakalarında kullanılan agrega ve karışımlarla ilgili EN standartları ile bu standartların ülkemizdeki TS standartlarına uyum durumu Çizelge-1'de verilmiştir.

Bu standartlardan genel agrega özelliklerinin içeren EN 13242 ve EN 13043 ürün standartları, Harmonize Standart niteliğinde olup, ülkemizde de TSEN olarak yayınlanmıştır. Harmonize Standartlar kapsamında olmayan, şartname niteliğindeki EN 13285 standardı da TSEN 13285 olarak yürürlüğe girmiştir. Bitümlü karışımlarla ilgili olan prEN13108-1 standardı ise, harmonize bir standart olarak Avrupa Standardizasyon Komitesi-CEN tarafından onaylanmış yayınlanma aşamasına gelmiştir. 2008 yılından itibaren tüm AB ülkelerinde harmonize standartların uygulanması zorunlu olacak ve ulusal standartlar yürürlükten kaldırılabilecektir.

Gümrük Birliği Antlaşması ile AB üyeliği kapsamında ticari ve teknik mevzuatını yasalarına uyumlaştırmak zorunda olan Türkiye, YMY'yi gerekli altyapının oluşturulmaması nedeniyle 2004 yılından beri askıda tutmaktadır. Ancak Bayındırlık ve İskân Bakanlığı bu yönetmeliğin 2007 yılında yürürlüğe konulacağını açıklamıştır. Bu yönetmeliğin amacı, mevcut ulusal teknik şartları birleştirerek ticarete teknik engelleri kaldırmak ve ürünün her ülkede tanınırlığını sağlamaktır. Agregalarla ilgili harmonize EN standartları, YMY kapsamında olduğundan, piyasaya ürün sunan agrega üreticilerince uygulanması zorunlu olacaktır. Ayrıca sektörün en büyük müşterisi olan kamu kuruluşları da şartnamelerini bu standartlara göre düzenlemek zorunda kalacaktır. Bu yönetmelikle, harmonize teknik standardı olan her ürünün Avrupa Uygunluğu anlamına gelen CE işareti taşıması gerekmektedir. Ürün üzerine iliştirilen CE işareti, ilgili standarta uygun olduğunun ve YMY'de belirtilen 6 zorunlu şartı sağladığının bir garantisi olmaktadır.

Üstyapı Tabakaları	Standart No	Standart Adı	TS Uyumu
Alttemel, Temel	EN 13242	"İnşaat mühendisliği işleri ve yol yapımında kullanılan bağlayıcısız ve hidrolik bağlayıcı malzemeler için agregalar"	TS EN 13242
	EN 13285	"Bağlayıcısız karışımlar-Şartname"	TSEN 13285
Bitümlü temel/ Binder/ Aşınma	EN 13043	"Yol, havaalanı ve trafiğe açık alanlarda kullanılan bitümlü karışımlar ve yüzey uygulamaları için agregalar"	TSEN 13043
	Pr EN 13108-1	"Bitümlü karışımlar-Malzeme şartnameleri-Bölüm 1: Asfalt betonu"	

YMY'ye göre uyulması gerekli zorunlu şartlar:

1. Mekanik dayanım ve stabilite
2. Yangın durumunda emniyet
3. Hijyen, sağlık ve çevre
4. Kullanım emniyeti
5. Güriültüye karşı koruma
6. Enerji tasarrufu ve ısı muhafazası

Harmonize standartlarda agrega özellikleri ile bu zorunlu şartlar ilişkilendirilerek oluşturulan kontrol sistemi ile uygunluğu doğrulanmakta ve ürün CE işareti taşımaya hak kazanmaktadır.

3. TSEN 13242 VE TSEN 13043 STANDARTLARININ GETİRDİĞİ YENİLİKLER

Bağlayıcısız ve hidrolik bağlayıcı karışımlarda kullanılan agregalarla ilişkili olan TSEN 13242 ile bitümlü karışımlar ve yüzey uygulamalarında kullanılan agregalarla ilgili TSEN 13043 standartları ülkemizde yayınlanmış olmasına rağmen henüz konuyla ilgili ulusal rehber niteliğinde bir doküman hazırlanmamıştır. Doğal agregaların yanı sıra yapay ve geri kazanılmış agregaları da içeren bu Standartların getirdiği önemli değişiklikler aşağıdaki Bölümlerde belirtilmiştir.

3.1. Agrega Boyutu ve Elek Serisi:

Agregaların tane boyutu dağılımlarının tayini için TSEN standartları ile KTŞ'de belirtilen elek serileri Çizelge-2'de verilmiştir. Çizelge-2'de verildiği gibi elek boyutları KTŞ eleklerine yakın olmasına rağmen, yeni elek setleri gerekmektedir.

"d/D" (en küçük agrega boyutu/ en büyük agrega boyutu) olarak ifade edilen agrega gruplarına göre gradasyon tayininde (EN 933-1) 2D,1,4D D, d, d/2 elekleri, çok ince malzeme tayini için de 0,063mm açıklıklı elek kullanılmaktadır. Standartlarda bağlayıcısız agregalar için ince ve iri agrega ayırımı 6,3mm elek yapılarırken, bitümlü karışım agregalarında 2mm'lik elek üstü iri malzeme olarak sınıflandırılmıştır.

Çizelge 2. TSEN Standartları ve KTŞ'ye Göre Elek Serileri

TSEN 13043 ve TSEN 13242 Standart elek serileri, mm (ISO 565)			KTŞ (AASHTO M 92) mm
TES ¹⁾	TES + seri 1	TES + seri 2	
63	90 63 56 45	80 63 40 31,5(32)	75 50 37,5
31,5(32)	31,5(32) 22,4(22)	20 16	25 19
16	16	14 12,5(12)	12,5
8	11,2(11) 8	10 8	9,5
4	5,6(5) 4	6,3(6) 4	4,75
2	2	2	2,00
1	1	1	0,425
0,063	0,063	0,063	0,180
			0,075

1) TES: Temel elek serisi

Kaba, ince ve karışık agregalar gradasyon limitlerine göre G_c 85/15 (en büyük elekten geçen %85, en küçük elekten geçen % 15) gibi

kategoriler şeklinde verilmiştir. D/1,4 D/2 ara elekleri için ise, hem gradasyon limiti hem de üretici beyan değerine tolerans limitleri getirilerek kategorize edilmiştir (Örneğin $G_{25/15}$ ara elekten enaz geçen %25 tolerans limiti $\pm\%15$). İnce ve karışık agregada ise D, D/2, 0,063mm boyutlu eleklerde beyan edilen gradaston değerleri tolerans limitleriyle sınırlandırılmıştır. Bu gradasyon değerlendirme sistemi, Karayolu uygulamalarından oldukça farklıdır. KTŞ'de kaba ve ince olarak hazırlanan agregada fraksiyonlarına, gradasyon limiti getirilmemiş olup, agregaların kullanıldığı yere bağlı olarak dizayn edilen karışımlara sınırlar getirilmiş ve alttemel hariç diğer tabakalarda kullanılan agregaların dizayn gradasyonlarına tolerans limitleri verilmiştir.

Bu standartlarda gradasyondan çok ürünün homojenliği üzerine odaklanılmış olup, üreticinin beyanı esas alınarak, ürünün tolerans limitleri dâhilinde olması istenmiştir.

3.2. İnce Malzemenin Kalitesi

EN 13242'de ince malzemenin kalitesinin tayini için metilen mavisi (EN 933-9) ve kum eşdeğeri (EN 933-8) olmak üzere 2 deney verilmiştir. EN 13043 'de ise, ince agregalar sadece metilen mavisi değerine göre kategorize edilmiştir. Bu deneylerden kum eşdeğeri deneyi, KTŞ agregada özellikleri arasında yer almamakla birlikte, karayolları laboratuvarlarında uygulanmakta, metilen mavisi deneyi ise yeni bir deneydir.

Agregada kil gibi zararlı ince malzemelerin tespitinde kullanılan bu deneylere karşılık, KTŞ'de diğer ülkelerde de yaygın olarak kullanılan kıvam limitleri (likit limit, plastik limit) kullanılmakta ve hidrometre deneyi ile kil ve silt boyutundaki malzemelerin %'si hassas bir şekilde tespit edilmektedir.

3.3. İri Agregada Şekli

İri agregada şekli, yassılık indeksi değeri (EN 933-3) ile kategorize edilmektedir. Ancak bu deney KTŞ'de verilen BS 812'ye göre yapılan yassılık indeksinden çok farklıdır, dolayısıyla, yeni bir metot olan yassılık indeksi deneyi için yeni ekipman da gerekmektedir. Bir başka agregada şeklini tayin eden metoddaki, Şekil İndeksi (EN 933-4) olup, bu deneylerden biri seçilebilmektedir. Her iki deneyde KTŞ için yeni bir metoddur.

3.4. İri Agregada Kırılmış/ Parçalanmış Tane Yüzdesi ve İnce Agregada Köşellilik

İri agregada için her iki standartta da kırılmış agregada oranına göre kategorize edilen bu özellik, agregalar arası mekanik kenetlenme potansiyelinin değerlendirmesi açısından önemlidir.

EN933-5'e göre yapılan kırılmış/parçalanmış tane yüzdesi deneyine benzer bir deney ülkemizde çakılın kırılmışlık yüzdesi tayini yapılmaktadır. KTŞ'de en az iki yüzü kırılmış çakıl, kırılmış olarak değerlendirilirken, bu standartta tamamı kırılmış, kısmen kırılmış malzeme oranları ayrıca değerlendirilmektedir. İnce agregada köşellilik (EN 933-6) tayini bitümlü karışım agregaları için aranan bir şart olup, KTŞ'de köşellilik kriteri yoktur.

3.5. Dağılmaya Karşı Direnç

Bu standartlarda dağılmaya karşı direncin değerlendirilmesi için verilen Los Angeles deneyi (EN 1097-2 Böl.5) ülkemizde bilinen ve uygulanan bir deney olup, deney aleti bazı küçük değişikliklerle bu standartta uyumlaştırılarak kullanılabilir. Ancak darbeye karşı direnç deneyi (EN1097-2 Böl.6) yaygın olarak uygulanmayan bir deneydir. Bu özelliğin tayini için iki deneyden biri seçilebilmektedir.

3.6. Aşınma Direnci

Her iki standartta da aşınma direncinin tayininde micro-Deval aşınma deneyi (EN 1097-1) yapılmaktadır. Bu deney, özellikle kontakt halinde ve harekete maruz olan bağlayıcısız agregaların değerlendirilmesi için uygun bir metoddur. Ülkemiz için yeni olan bu deney için yeni bir alet ve deneyim gerektirmektedir. Bu deneyin asfalt uygulamaları için uygun bir değerlendirme metodu olmadığı bu deneyi uygulayan ülkelerce belirtilmektedir.

3.7. Durabilite

Su absorpsiyonu deneyi (EN-1097-6) ile tayin edilen absorpsiyon yüzdesi agreganın donma-çözülme karşı dayanımının da bir ölçüsü olup, her iki standartta da mevcuttur. KTŞ'de de bu deney, Bitümlü Sıcak Karışım-BSK agregaları için yapılmaktadır.

Donma çözülme karşı direnç ise, EN 1367 -1 veya magnezyum sülfat sağlamlık deneyi (EN 1367-2) ile belirlenmekte olup, KTŞ'de

sadece Sodyum Sülfat- Na_2SO_4 sağlamlık deneyi yapılmaktadır. Bu deneyler kullanılacağı yerin iklim şartlarına, buz çözücü kullanımına ve agreganın petrografik yapısına, agregalar arası boşluğa bağlı olarak, Akdeniz gibi bölgelerde hiç gerekmediği gibi, bazı bölgelerde iki deneyden birinin uygulanması önerilmektedir. KTS'de ise, bölge ve diğer şartların ayrımı yapılmadan Na_2SO_4 sağlamlık deneyi yapılmakta ve belirli bir kıstas aranmaktadır.

3.8. İri Agreganın Bitüm ile Uyumunun Tayini

Gerektiğinde uygulanması gereken bu deney (pr EN 12697-11) Avrupa içinde yeni bir deney standarttır.

3.9. Isıl Şoka Karşı Direnç

Agreganın kuruması sırasında oluşabilen dağılmanın değerlendirilmesi amacıyla yapılan bu yeni deney (EN 1367-5), bitümlü karışım agregaları için gerekli olup, özellikle çok sıcak bölgelerde önem taşımaktadır. Örneğin İngiltere gibi bazı ülkelerde bu deneyin kullanımına gerek duyulmamaktadır. Bu deney de KTS şartnamesinde yer almayan özel bir deneydir.

3.10. Bazaltın "Sonnenbrand" Aşınması (Güneş Yanığı)

Agreganın kaya çürüğüne karşı potansiyelinin değerlendirildiği bu deney, (EN 1367 - 3 / EN1097-2), ülkemizde uygulanmamaktadır. Bazalt agregalarına uygulanan bu yeni deney, deneyim ve donanım gerektirmektedir.

3.11. Yolun Aşınma Tabakasında Kullanılan Bitümlü Karışım Agregalarında Aranılan Özellikler

Yolun yüzey tabakası olan aşınma tabakasında kullanılan agregaların trafiğin aşındırıcı etkisine dayanımını tespit etmek için yapılan cilalanma deneyi (EN 1097-8) ülkemizde de uygulanmaktadır. Ayrıca agreganın yüzey aşınmasına karşı direncinin tayini deneyi (EN 1097-8 Ek A) ile çivili lastik aşındırmasına karşı direnç tayini için yapılan Nordic aşınma deneyi de (EN 1097-9) yeni olup, ülkemizin hangi bölgeleri için önem taşıdığı tespit edilmeli ve gerekli cihazlar alınarak, deneyim kazanılması gerekmektedir.

3.12. Bitümlü Karışımlar için Filler Agregası Özellikleri

Bitümlü karışıma dışarıdan ilave edilen filler ile 0,063 mm elekten geçeni % 10'dan fazla olan agregası fraksiyonlarında tespit edilmesi gerekli özellikler, gradasyon, su içeriği ve tane yoğunluğu ile fillerin kimyasal bileşimidir. TSEN 13242 ile TS EN 13043 standartlarına göre yeni deneylerin listelendiği Çizelge-3'de fillere uygulanan yeni deneyler de verilmiştir. Bu deneyler yeni donanım ve deneyim gerektirmektedir.

Çizelge 3. EN 13242 ve EN 13043 Standartlarında Verilen Yeni Deneyler

İri ve ince agregası deneyleri	Filler agregası deneyleri
-Metilen Mavisı değeri, EN-933-9 -Şekil İndeksi EN 933-4 -İnce agregalarda köşellilik EN 933-6 -Darbelene deneyi EN 1097-2 -Mikro-Deval aşınma EN 1097-1 -Yüzey aşınması EN 1097-8 -Donma ve çözülme karşı direnç EN 1367-1 -Isıl şoka karşı direnç EN 1367-5 -Yüzey aşınmasına karşı direnç EN 1097-8 -Nordic aşınma deneyi EN 1097-9 -Bazaltlarda "Sonnenbrand" etkisi EN 1367-3 ve EN 1097-2 -Agreganın bitümlü bağlayıcılarla uyumu pr EN 12697-11	<u>Kimyasal şartlar</u> -Suda çözünürlük EN 1744-1 -Suya duyarlılık prEN 1744-4 <u>Katılma özellikleri</u> -Kuru sıkıştırılmış fillerin boşluk oranı (Rigden) EN 1097-4 -Delta halka ve bilya EN 13179-1 <u>Filler üretiminin ayrıntıları</u> -Bitüm sayısı" EN 13179-2 -Blaine deneyi EN 196-6 -Gazyağında yığın yoğunluğu EN 1097-3: EK-B -Tane yoğunluğu, EN 1097-7
<u>Tehlikeli maddeler</u> -Radyoaktivite yayılması -Ağır metallerin açığa çıkması -Poliaromatik karbonların açığa çıkması	

3.13. Fabrika Üretim Kontrolü- FÜK ve CE İşaretleme

Bu standartlara göre agrega üreticisi, ürettiği agreganın standartta belirtilen özelliklerin tespit edildiğinin ve beyan ettiği değerlerin standartta uygunluğunun teyidi için, ISO 9001 benzeri bir fabrika üretim kontrol sistemi kurmak zorundadır.

Agregaların uygunluğunun değerlendirilmesi için üretici önce fabrika üretim kontrolünün başlangıç noktası olarak başlangıç tipi deneylerin hepsini yapması gerekmektedir. Başlangıç tipi deneyler agrega kaynağının ilk kullanımında ve kaynakta önemli değişiklikler olduğunda yapılmalıdır.

Üretimin sürekli kontrolü için kurulan bu sistemde yapılması gerekli deneyler ve sıklıkları belirtilmiş olup, tüm sonuçların kayıt altına alınması gerekmektedir. Bu sistem, muayene sonuçlarının uygun olmama durumlarında yapılan işlemlerin kayıt altına alınmasını, üretim sonrası taşıma ve depolama esnasında ürünün kalitesinin korunması amacıyla, gerekli düzenlemeleri de içermektedir. Ayrıca görevli olan bütün personelin eğitilmesi ve kayıtlarının tutulması da gerekmektedir.

Üretici kurduğu FÜK sistemiyle ürettiği agreganın deney sonuçlarını bir CE begesi ile beyan etmek zorundadır. Ürünün CE işareti taşıması için farklı uygunluk onaylama sistemleri mevcuttur. Yüksek güvenlik gerektiren yapılarda kullanılan agregalar için 3. taraf bağımsız bir onay kuruluşunun denetlediği ve onayladığı 2+ sistemi kullanılmaktadır. 2+ sistemi kapsamındaki agregalar için uygunluğun değerlendirilmesinde üretici Fabrika Üretim Kontrol- FÜK sistemini kuracak ve başlangıç tipi deneyleri yapacak ve önceden belirlenen deney planı çerçevesinde numuneler alıp deneylerini uygulayacaktır. Onaylanmış kuruluş ise, FÜK sistemini belgelemek üzere sistemi başlangıçta ve daha sonra sürekli denetleyecek, sistemi değerlendirecek ve sertifikalandıracaktır.

+2 sisteminin seçilmesi durumunda bağlayıcısız ve asfalt agregalarında belgelendirilmeye yetkili onaylanmış kuruluş olması gerekmektedir. Agregalar konusunda onaylanmış kuruluş adayı olan Türk Standardları Enstitüsü'nün 2006 yılı içinde Avrupa komisyonunca onaylanması beklenilmektedir.

Yüksek güvenlik gerektirmeyen inşaatlarda ise üreticinin beyanına dayalı 4 sistemi kullanılmaktadır. Bu sistemde üretici, başlangıç tipi

deneyleri ve FÜK sistemini kurarak, uygunluk değerlendirilmesini kendisi yapmaktadır. Ancak FÜK sisteminin ISO 9001 sistemi ile belgelendirmesi yapılabilir.

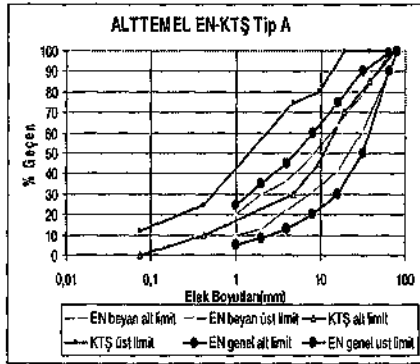
Genellikle yolun üst tabakalarını oluşturan asfalt agregaları için 2+, yolun alttabakalarında kullanılan bağlayıcısız agregalar için 4 sistemi tercih edilmektedir. Bazı ülkeler asfalt agregalarında önemli bir kistas olan cilalanmaya karşı dirençli bir güvenlik şartı olarak değerlendirerek, bu özelliğin uygunluğun onaylanması sisteminde 2+ sistemi ile kontrolünün gerektirdiğini, diğer özelliklerin ise 4 seviyesinde kontrolünün yeterli olacağını belirtmektedirler. Ülkemizde bu seçim TSE bünyesinde kurulan ayna komitesi ile Bayındırlık ve İskân Bakanlığınca oluşturulan komisyonlarda tartışılarak ulusal uygulamalar netleştirilecek ve ulusal rehber niteliğindeki dökümanlar hazırlanacaktır.

Karayolu Teknik şartnamesinde ise, müteahhit yaptığı agrega imalatının veya tedarik edeceği agreganın şartnamede belirtilen şartlara uygun olup olmadığının tespiti için, işe başlamadan önce idareye onaylattığı kalite kontrol planı çerçevesinde laboratuvarını kurup şartnamede belirtilen sıklıkta deneylerini yapmakta ve sonuçları kontrol teşkilatına teslim etmektedir. Kontrol teşkilatı gerektiğinde numuneler alıp deneyler yaparak müteahhiti kontrol etmektedir. Bu sistem, EN standartlarının gerektirdiği kalite kontrol sisteminden oldukça farklıdır. Ürün üzerindeki CE işaretiyle, tüketici veya idare denetimleri asgari düzeye indirilmiş, ürün sorumluluğu tamamen üreticiye bırakılmıştır.

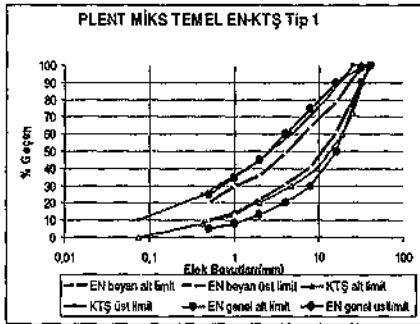
4.BAĞLAYICISIZ KARIŞIMLAR (TSEN 13285) İÇİN AGREGA GRADASYONLARI

TS EN 13285 standartıyla verilen bağlayıcısız karışımlar için kullanılan agrega özelliklerinin TS EN 13242'e uygun olması gerekmektedir. Şartname niteliğindeki bu standartta normal, açık gradasyonlu ve diğer tip karışımlar için agrega gradasyonuna getirilen genel limitlerin yanı sıra beyan edilen gradasyona da sınırlar getirilmiştir. Ayrıca beyan edilen gradasyona tolerans limitleri de verilmiştir. Karışım 0.063 mm elekten geçen ince malzeme içeriğine göre de ayrıca kategorize edilmiştir.

Bu gradasyon sunumu KTŞ için yeni bir sistemdir. Standartın gradasyon sınırlarını KTŞ ile karşılaştırmak amacıyla, standarta verilen gradasyon kategorilerinden 0/63'lük karışımın gradasyonu KTŞ alttemel malzemesi Tip- A ile 0/22,4'lük karışım ise Plentmiks Temel malzemesi Tip I ile eşleştirilerek Şekil 1 ve Şekil 2'de gradasyon eğrileri verilmiştir.



Şekil 1. Alttemel Gradasyon Limitleri



Şekil 2. Plent Mıks Temel Gradasyon Limitleri

KTŞ Alttemel şartnamesinde verilen genel gradasyon limitleri bu standarta göre daha dar olmakla birlikte, gradasyon sınırlarına başka bir limit getirilmediğinden çalışma aralığı daha geniştir. Kırmataş agrega ile hazırlanan ve en az iki farklı tane boyutu grubundaki agreganın karışımından oluşan Plentmiks temelde ise, dizayn edilen karışım gradasyonu, TSEN 13285 standartında olduğu gibi genel gradasyonun yanı sıra tolerans limitleri ile de sınırlanmıştır.

Bu standart, fabrika üretim kontrol sisteminin kurulmasını zorunlu tutmakla birlikte Yapı Malzemeleri Yönetmeliği kapsamında ol-

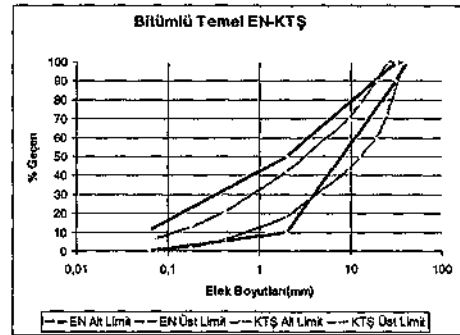
mayıp yönetmeliğin zorunlu şartlarını sağlamak zorunda da değildir. Böylece bağılayıcı karışımarda CE işareti de gerekmemektedir.

5.BİTÜMLÜ KARIŞIMLARDAN ASFALT BETONU (prEN 13108-1) İÇİN AGREGA KARIŞIM GRADASYONLARI

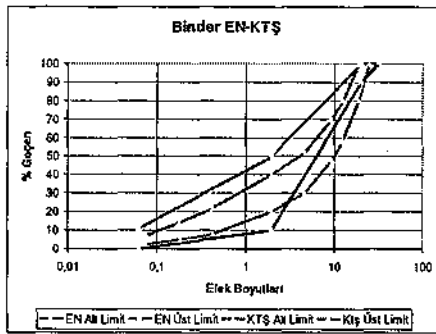
prEN 13108-1 Asfalt Betonunda belirtilen gradasyonda sadece maksimum tane boyutu D, 1,4D, 2mm ve 0,063mm elek boyutları için limitler verilmiş olup, bu limitlerin aralığı da oldukça geniştir. Bu gradasyon şantiyede çok kolay elde edilebilecek bir gradasyon olmasına rağmen, karışımın diğer kısıtların sağlanmasında sorunlar yaratabilecektir. Ancak EN 13043'de bitümlü sıcak karışımın belirli oranda kullanılacak olan iri ve ince agregalar için beyan edilen gradasyonun tolerans limitleri belirtilmiştir. KTŞ'de ise karışımı oluşturan bileşenlere değil, karışım gradasyonuna tolerans limitleri getirilmiştir.

KTŞ- Bitümlü Temel, Binder ve Aşınma tabakasında uygulamada en çok kullanılan gradasyon limitleri ile prEN 13108-1 Standartında verilen uygun boyutlu karışım gradasyon eğrileri Şekil 3, Şekil 4 ve Şekil 5'te verilmiştir.

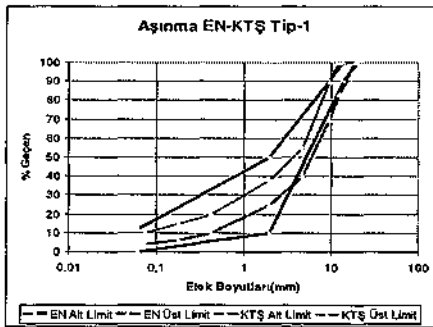
Harmonize standartlar kapsamında hazırlanan bu standarta göre üretilen bitümlü sıcak karışımın CE işareti taşıması gerekmektedir. Ancak taze beton gibi nihai bir ürün niteliği taşımayan bitümlü sıcak karışımların CE işareti konusu halen Avrupa Asfalt Endüstrisince tartışılan bir konudur.



Şekil 3. Bitümlü Temel Gradasyon Limitleri



Şekil 4. Binder Gradasyon Limitleri



Şekil 5. Aşınma Gradasyon Limitleri

6.SONUÇ

Yeni agrega standartlarıyla genel olarak, terminoloji, ürün tanımı, standart elek boyutları, gradasyonun sunumu, deney metodları hususlarında önemli değişiklikler olmuştur. Ayrıca ürünün kalite kontrolü ve uygunluğunun onaylanması için fabrika üretim kontrolü ile CE işaretlemesi gibi yeni bir sistem oluşturulmuştur.

CE etiketinin yasal çerçevesi olan Yapı Malzemeleri Yönetmeliğinin yürürlüğe girmesi ile agrega sektörü, aşağıda özetlendiği şekliyle aşılması gereken zorlukların yanı sıra bazı fırsatları da birlikte yakalayacaktır:

1. Agrega laboratuvarlarının standartlara uygun yeni alet ve cihazlarla donatılmasına,
2. Yeni deneylerin adaptasyonu için geniş çaplı eğitim çalışmalarına,
3. Yeni deney sonuçlarının standartlarda belirtilen doğruluk ve kesinlikte yapılabilmesi için deneyim kazanılmasına ve

bu çerçevede akreditasyonlu deney laboratuvarlarının sayısının artırılmasına,

4. Karayolu teknik şartnamelerinin bu standartlara adaptasyonun sağlanmasına ve karayolu yapımına uygun kategorilerin seçilmesine,
5. Başlangıç tipi deneyler ve Fabrika üretim kontrolünün kurulması, sertifikasyon ve CE işaretlemesi için ülke ihtiyaçlarına cevap verecek sayıda AB'ce kabul edilmiş onay kuruluşlarının kurulmasına,
6. Her bir standart için rehber niteliğinde ulusal açıklayıcı dökümanların hazırlanmasına,
7. CE işaretlemesi için uygunluğun onaylanması sistemlerinin inşaatı kullanılagi yere bağlı olarak seçilmesine,

ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda sektörün yeniden yapılanması gerekmektedir.

Bu şartlar, başlangıçta sektöre oldukça ağır gelecektir, ancak üretici piyasaya güvenli bir ürün sunmanın getirdiği rekabet avantajını yakalayacaktır. Ürün üzerindeki CE işaretiyle, sorumluluk tamamen üreticiye bırakılacak ve üreticinin riski artacaktır, buna karşılık kullanıcı veya idare denetimleri asgari düzeye inecek ve hatta tamamen ortadan kalkacaktır.

Halen üzerinde çalışılan yeni jenerrasyon agrega standartlarında, her bir karakteristik için bir deney metodu getirilmesi, bu standartların karmaşıklığını giderecek ve AB çapında birliklik sağlayacaktır. Ayrıca sadece üretici beyanına bağlı denetimsiz 4 sistemi yerine, daha güvenilir bir sistemin getirilmesi de gerekebilecektir.

5177 Sayılı Kanunla Yenilenen Maden Kanunu ve Türkiye’de Kırmataş Madenciligi

Quarry Mining in Turkey and the New Mining Law (5177)

Hamdi AKÇAKOCA¹, Mümin AYDIN²

¹Dumlupınar Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 43100, Merkez Kampus, Kütahya

²Enerji Bakanlığı, Maden İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara
hkoca@dumlupinar.edu.tr; muminaydin61@hotmail.com

ÖZ: Bu çalışmada; 5177 sayılı kanunla yenilenen maden kanunu kapsamına alınan kırmataş ocakları ve madencilğinde, kanunun uygulanmaya başlandığı yaklaşık 2 yıllık süreç değerlendirilmiştir. Bu kapsamda öncelikle kırmataş madencilğine ilişkin, ruhsatlandırmaların yapılması, üretimde getirilen yenilikler, denetimlerin içeriği gibi tüm yönler ele alınmıştır. Ayrıca yine yeni yasayla birlikte kamu kurum ve kuruluşlarına verilen hammadde üretim izinleri ve bu izinlere istinaden yapılan kırmataş madencilği kapsamı ve yenilikler irdelenmiştir. Ayrıca bu süreçte uygulamada görülen aksaklıklar ve bunların giderilmesine yönelik öneriler ele alınmıştır.

Anahtar kelimeler: Kırmataş, Maden Kanunu, Maden Ruhsatları, Mıcır, Agregat

ABSTRACT: In this study; the new mining law (5177) has been evaluated about quarry mining for last two years of put into practice. In this scope, firstly the all sides such as permission of mining licences, new applications about productions, the contents of inspections have been investigated. Also raw material production licences which are permitted by some public institutions with the new mining law and the extents and renewals of quarry mining based on these licences have been studied. Besides problems which are seen in the applications in the last two years and some solutions to these problems have been examined.

Key words: Crushed stone, Mining law, Mining licenses, Fine gravel, Aggregate

1. GİRİŞ

Kırmataş, sektör olarak ulaştığı yatırım düzeyi, yıllık bilançoları, üretim boyutu ve istihdam olanakları yönünden giderek önemli bir madencilik kolu haline gelmiştir [1]. Bu büyüme süreci özellikle 5177 sayılı kanunla yenilenen maden kanunu ile son 2 yılda daha da hızlanmıştır.

Kırmataş sektörünün önceden tabi olduğu taşocakları nizamnamesi 1901 yılında yürürlüğe girmiş, 5177 sayılı kanunla 05.06.2004 tarihinde yürürlükten kaldırılmıştır. Taşocağı ruhsatları eski uygulama döneminde Valiliklerce (İl Özel İdareleri) verilmiştir. Çok sınırlı sayıda da olsa 3213 sayılı eski maden kanun döneminde 04.06.1985-12.06.1987 tarihleri arasında mermer ruhsatı alanlara mıcır üretme hakkı da verilmiştir. Ancak 25.06.1987 tarihinde yürürlüğe giren 3382 sayılı kanunla mermer ruhsat sahiplerinin mıcır üretme hakkı kaldırılmıştır. 05/06/2004 tarihinde yürürlüğe giren 5177 sayılı kanunla 3213 sayılı maden kanunda değişiklikler yapılarak, kırmataş olarak kullanılan madenlerin ruhsatlandırılmaları maden kanunu kapsamına alınmıştır.

Bu çalışmada; ülkemiz madenciliği açısından oldukça önem kazanmaya başlayan kırmataş madenciliğinin hukuksal altyapısı, özellikle 5177 sayılı kanunla yenilenen maden kanunu kapsamında irdelenmiş ve yeni kanunun uygulanmakta olduğu süreç sonuçları değerlendirilmiştir.

2. 5177 SAYILI KANUNLA YENİLENEN MADEN KANUNUNA GÖRE KIRMATAŞ MADENCİLİĞİ

5177 sayılı kanunla değişik 3213 sayılı maden kanununa göre kırmataş olarak kullanılan madenlerin ruhsatlandırılmaları 5 (beş) şekilde yapılmaktadır.

- 1) *İlk müracaat sistemi*: İlk müracaat yapılması neticesinde hak sahiplerine arama ruhsatı verilir.
- 2) *İhale sistemi*: Çeşitli sebeplerle ruhsat hakları düşen arama, ön işletme ve işletme ruhsat sahaları ihale edilerek en yüksek teklifi verene arama ruhsatı verilir.
- 3) *5177 sayılı kanunun geçici I. maddesine göre verilen ruhsatlar*: 05.06.2004 tarihinden önce alınmış,

- a) Mermer arama ve ön işletme ruhsat sahipleri, ruhsat alanlarını 100 hektara,
- b) Maden (dolomit) arama ruhsat sahipleri, ruhsat alanlarını 100 hektara düşürmeleri şartıyla,

5177 sayılı kanunun geçici I. maddesine göre müracaat etmeleri halinde işletme ruhsatı verilir.

4) *Yürürlükten kaldırılan taşocakları nizamnamesine göre verilmiş taşocağı ruhsatlarının 5177 sayılı kanunun geçici II. maddesine göre maden kanununa intibakları*: İntibakları yapılan taşocağı ruhsatlarına doğrudan işletme ruhsatı verilir.

5) *Kamu kurum ve kuruluşlarına verilen hammadde üretim izni belgeleri (HÜİB)*: 5177 sayılı kanunla değişik 3213 sayılı maden kanununa ve uygulama yönetmeliğine göre; Karayolları, DSİ, İl Özel İdareleri, Köylere Hizmet Götürme Birlikleri, Belediyeler vb. kamu kurum ve kuruluşlarına yol, köprü, baraj, gölet, liman gibi projelerinin inşasında kullanılacak yapı ve inşaat hammaddelerinin üretimi için hammadde üretim izin belgesi verilmektedir.

Aşağıda bu beş ayrı ruhsatlandırma sisteminin önemli ayrıntıları ayrı ayrı ele alınmıştır.

2.1. İlk Müracaat Sistemi

3213 sayılı maden kanunda sadece maden ve mermer olarak varolan 2 ruhsat grubu, 5177 sayılı kanunla birlikte; I. grup, II. grup, III. grup, IV. grup ve V. grup olmak üzere 5 gruba çıkarılmıştır. Buna göre kırmataş olarak adlandırılan madenler, maden kanununun II. grubunda yer almaktadırlar. II. grup madenlere arama ruhsatı müracaatları; alanları 100 hektarı geçmeyecek şekilde, ilk talep harcının yatırılması ve ilgili formların doldurulması ile birlikte yapılmaktadır. Müracaatlarda öncelik hakkı esas olup, Maden İşleri Genel Müdürlüğüne (MİGEM) doğrudan yapılır. Kanunda elektronik posta ile müracaat yapılması da öngörülmüş olup, buna ait teknik altyapı çalışmaları devam etmektedir.

Yapılan müracaatlar; müracaat numarası, gün, saat ve dakika esas alınarak değerlendirilir. Müracaatın değerlendirilmesine esas olan bilgileri içeren belge müracaat sahibine verilir.

Müracaat edilen alanın koordinatları, saat ibresi dönüş yönünde sağa(y), yukarı(x) olarak verilir. Müracaatlar; 6 derecelik dilim esas alınarak, yirmi noktayı geçmemelidir. Yedi basamaklı koordinatlar ile 1/25000 ölçekli pafta adı yazılarak yapılır. Talep edilen alana ait pafta sayısı dördü geçmeyecek şekilde belirtilmeli ve en az bir pafta adının da doğru yazılması gereklidir. Birden fazla poligon müracaatı, geçersiz sayılmakta ve geçersiz sayılan müracaatlara yatırılan ilk talep harçları iade edilmemektedir. Müracaat edilen alan, altındaki mevcut haklar dikkate alınarak değerlendirilir. Sonuçlar, aynı gün müracaat sahibine bildirilerek, müracaatı takip eden günden başlayarak on beş gün süre ile MİGEM'de ve Genel Müdürlüğün internet adresinde ilan edilir. Sonuçlarla ilgili olarak müracaat sahiplerine ayrıca yazılı bir tebligat yapılmamaktadır. On beş gün içinde harç ve teminatın yatırılması halinde arama ruhsatı verilir. Yatırılmadığı takdirde bu alanlar başka bir işleme gerek kalmaksızın müracaatlara açık hale gelir.

Bir grup için verilmiş arama ruhsatı diğer gruplar için hak sağlamaz. Aynı grup ruhsatlar birbiri üzerine verilemez.

2.2 İhale Sistemi

Çeşitli sebeplerle ruhsat hukukları düşen arama, ön işletme ve işletme ruhsat sahaları ihale yolu ile satışa çıkarılmaktadır. İhale edilecek sahaların listeleri; MİGEM'de en az 2 ay, valiliklerde en az 1 ay süre ile ilan edilir. Ayrıca Resmi Gazete'de ilanlar yapılır. Kanunun 6 ncı maddesine göre maden ruhsatı almaya haiz gerçek ve tüzel kişiler gerekli belgelerin tamamıyla müracaat etmeleri halinde ihalelere katılabilirler.

Taban ihale bedeli, yıllık arama ruhsat harcı kadardır. İhale teminatı, kapalı olarak teklif edilen ihale bedelinin %10'undan ve işletme ruhsatı talep harcından az olamaz. Aksi halde teklif geçersiz sayılır.

İhaleye açılan ve ihale için başvuru yapılmayan sahalar ihale gününü takip eden ilk iş günü aramalar açık hale getirilir. Bu sahalar MİGEM'ce de ilan edilir. İhaleye tek kişinin teklif vermesi halinde de ihaleler yapılabilir. İhaleler açık ihale usulü ile yapılır. Teklifler kapalı alınır. Teklifler müracaatçılar önünde

açılarak okunur. Kapalı teklifler arasında en yüksek teklif veren ihalelerde ilk sırada yer alır. Kapalı tekliflerin eşit olması halinde ihaleyi kazanan kura ile belirlenir. En yüksek teklif verene ihale bedelini, ruhsat harç ve teminatını yatırması ve makbuzlarını Genel Müdürlüğe vermesi için 10 iş günü süre verilir. Bu sürede yükümlülüğün yerine getirilmemesi halinde en yüksek ikinci teklifi verene geçilir ve aynı işlemler için 5 iş günü süre verilir.

İhaleler, MİGEM onayı ile kesinleşir. MİGEM gerek gördüğü hallerde ihaleyi erteleyebilir. Bu durumda ertelenen ihaleye daha önce başvuruda bulunanlar katılır. MİGEM gerekli gördüğü hallerde gerekçe göstererek ihaleyi iptal edebilir. İhalenin iptali halinde bir hak talebinde bulunulamaz. Ancak teminatlar iade edilir.

İhale neticesinde ruhsat alma hakkını kazandığı halde yükümlülüklerini yerine getirmeyenler vekaleten de olsa 1 (bir) yıl süre ile ihalelere katılamazlar. İhalesi yapılan sahaya teklif verip de yatırmayanlar, sahanın ihale sonrası ruhsata bağlanması durumunda, bu ruhsatı 10 (on) yıl süre ile devir alamazlar.

İhalesi yapılan sahalarla yükümlülükleri yerine getirildikten sonra arama ruhsatı verilir.

Kırmataş olarak adlandırılan madenler için ilk müracaat ve ihale yolu ile alınan arama ruhsatlarının süresi üç yıldır. Ruhsat sahibi ikinci yılın sonuna kadar arama faaliyet raporu vermek zorundadır. Arama faaliyet raporlarının süresinde verilmemesi halinde teminat irad kaydedilir. Ayrıca arama faaliyet raporu istenmez. Arama faaliyet raporları, yapılan çalışmaların niteliği dikkate alınarak jeoloji, maden, jeofizik mühendisi veya mühendislerince hazırlanır. Arama ruhsat süresi sonunda işletme ruhsatı talebinde bulunulmayan arama ruhsatları iptal edilerek teminatı ruhsat sahibine iade edilir. Arama ruhsat süresi sonuna kadar, tespit edilen madenin rezerv bilgilerini de içeren arama faaliyet raporu, en az bir maden mühendisi tarafından hazırlanan faaliyet sonrası işletme alanının çevre ile uyumlu hale getirilmesini de içeren, işletme projesi ve talep harcının ödendiğine dair belge ile müracaatta bulunulması halinde işletme ruhsatı hakkı doğar.

Projelerdeki eksiklikler, yapılan bildirimden itibaren üç ay içinde tamamlanır.

Eksikliklerini verilen sürede tamamlamayanların teminatları iki katına çıkarılır ve süre üç ay daha uzatılır. Bu süre sonunda eksikliklerini tamamlamayanların talepleri kabul edilmez ve teminatları irad kaydedilir. Eksiklikleri tamamlanan taleplere işletme ruhsatı düzenlenir.

2.3 5177 Sayılı Kanunun Geçici 1. Maddesine Göre Verilen Ruhsatlar

5177 sayılı Kanunun Geçici 1. Maddesine göre müracaat edilmesi halinde, 3213 sayılı maden kanununa göre verilen maden (dolomit) arama ruhsat sahalarına 100 hektara kadar II. grup (dolomit) işletme ruhsatları, aynı şekilde mermer arama ruhsat sahalarına da 100 hektara kadar II. grup (kırmataş) işletme ruhsatları verilir.

2.4 Yürürlükten Kaldırılan Taşocakları Nizamnamesine Göre Verilmiş Taşocağı Ruhsatlarının 5177 Sayılı Kanunun II. Maddesine Göre Maden Kanununa İntibakları

5177 sayılı kanun yürürlüğe girmesinden önce, yürürlükten kaldırılan eski taşocakları nizamnamesine göre Valiliklerce verilmiş bir çok taşocağı ruhsatları olup, bunlardan ruhsat hukukları devam edenler için 5177 sayılı kanunun geçici 2. maddesi ile, maden kanunu kapsamına alınan madenler için maden kanununa intibaklarının yapılarak ruhsatlandırılmaları imkanı getirilmiştir. Bu kanunun yürürlüğe girdiği tarih itibarı ile taşocakları nizamnamesine göre süresi içinde temdit talebinde bulunulmuş ruhsatlar ile ruhsat almak üzere yapılan yeni müracaatlar, il özel idarelerince müracaat tarihinde yürürlükte olan taşocakları nizamnamesine göre sonuçlandırılarak uygun görülenler ruhsatlandırılır.

Taşocağı ruhsat sahiplerine, II. grup madenleri için, bu kanunun yürürlüğe girdiği tarihten itibaren altı ay içinde harç ve teminatlarını yatırarak, işletme projesi ile birlikte MİGEM'e müracaat ederek ruhsatlarının maden kanununa intibaklarını yaptırma zorunluluğu ile süresinde intibakı yaptırılmayan ruhsatların iptal edilmeleri hükmü getirilmiştir.

Bunun sonucunda işletme projeleri uygun bulunan taşocağı ruhsatlarına doğrudan işletme

ruhsatı verilir. 1., 2., 3. ve 4. maddelerde belirtilen ve işletme ruhsatı hakkı doğan sahalar, projesine göre on yıldan az olmamak üzere işletme ruhsatı verilir. Toplam ruhsat süresi 60 (altmış) yıldır. Sürenin bitiminden önce yeni bir projeye uzatma talebinde bulunulması halinde ruhsat süresi uzatılabilir. Altmış yıldan sonraki sürenin uzatılmasına Bakanlar Kurulu yetkilidir.

1. ve 2. maddelerde belirtilen arama ruhsatı sahalarına, arama süresince belirlenen görünür, muhtemel ve mümkün rezerv alanı üzerinden işletme ruhsatı, görünür rezerv alanına da işletme izni verilir. Arama ruhsatının diğer kısımları taksir edilir. Mümkün rezerv alanlarının 2. grup ruhsat sahalarında üç yıl içinde görünür ve muhtemel rezerv haline getirilmesi zorunludur. Görünür ve muhtemel rezerv haline getirilmeyen alanlar da taksir edilir.

Kanunun 7 nci maddesine göre alınması gerekli izinler için ruhsat tarihinden itibaren üç ay içinde müracaat edilmesi zorunludur. Aksi taktirde teminat irad kaydedilir. İzinlerin alınmasından itibaren işletme izni verilir. Bu iznin verildiği tarihten itibaren bir yıllık süre içinde ruhsat sahibi madeni işletmeye almak zorundadır. Bu sürede işletmeye alınmayan ruhsat sahalarında, çalışılmayan her yıl için, projede belirtilen üretim miktarının % 10'u üzerinden devlet hakkı alınır.

Beş yıllık sürede mücbir sebepler ve beklenmeyen haller dışında üç yıldan fazla üretim yapılmayan ruhsatlar, teminatları irad kaydedilerek iptal edilir.

İşletme izni devredilemez. İşletme ruhsatı bir bütün olarak ve yönetmelikte belirtilecek esaslar çerçevesinde devredilebilir.

Maden üretimi, bir maden mühendisi nezaretinde yapılır. Maden mühendisinin daimî olarak istihdam edilebilmesi için işletmede çalışan işçi sayısı en az 30 (otuz) olmalıdır.

İşletmede istihdam edilen maden mühendisi 4857 sayılı İş Kanununun 82 nci maddesinde belirtilen iş güvenliği ile görevli mühendis veya teknik elemanların üstlendiği görev ve sorumluluğu da yerine getirir. Maden mühendisi istihdamı veya nezareti gerçekleşmeden üretim yapılması halinde ruhsat teminatı irad kaydedilerek faaliyet durdurulur.

Maden mühendisi istihdamı/nezareti sağlanması ve teminatın yenilenmesi ile faaliyete izin verilir.

İkinci fıkraya aykırı hareket edenlerin teminatı irad kaydedilerek en geç altı ay içinde faaliyete geçmesi tebliğ edilir. Verilen bu süre içerisinde faaliyete geçilmemesi halinde işletme projesinde beyan edilen üretim miktarının % 10'u üzerinden devlet hakkı alınır.

2.5. Kamu Kurum Ve Kuruluşlarına Verilen Hammadde Üretim İzni Belgeleri (HÜİB)

5177 sayılı Kanunla değişik 3213 sayılı maden kanununa ve Uygulama Yönetmeliğine göre; Karayolları, DSİ, İl Özel İdareleri, Köylere Hizmet Götürme Birlikleri, Belediyeler vb. kamu kurum ve kuruluşlarına yol, köprü, baraj, gölet, liman gibi projelerinin inşasında kullanılacak yapı ve inşaat hammaddelerinin üretimi için hammadde üretim izin belgesi verilmesi imkanı sağlanmıştır.

Üretim yapılacak yerlerde ruhsatlı alanlar var ise kamu kurumunun ihtiyacı olan üretim, madencilik faaliyetlerine engel olmayacak ve kaynak kaybına yol açmayacak şekilde yapılır. Bu izinler çerçevesinde yapılacak üretimden devlet hakkı alınmaz ve izinler proje süresini geçemez.

Hammadde üretim izni belgelerinin verilmesinde aşağıda belirtilen hususları tespit edilerek buna göre değerlendirme yapılmaktadır.

- Hammadde üretim izni talep edilen alanda, MİGEM'ce verilmiş ruhsatlara istinaden yapılacak faaliyetlere engel olup olunmayacağı,
- Kaynak kaybına neden olup olunmayacağı,
- Verilen projenin arza uygun olup olmadığı,
- Talep edilen malzemenin yapı ve inşaat hammaddesi olup olmadığı,
- Talep edilen alanda daha önce üretim yapılmış ocak olup olmadığı,
- Bu ocak için verilmiş imalat haritası varsa bu haritanın arza uygun olup olmadığı,
- Bu alanda taşocağı ruhsatı olup olmadığı,
- Talep edilen alanın işletme izin sınırları içerisinde kalıp kalmadığı,

Ayrıca hammadde üretim izni sahalarında üretilen malzemelerin sevk fişleri ile sevk edilmeleri hükmü getirilmiştir.

20.09.2006 tarihine kadar yeni maden kanunu kapsamında verilen kırmataş HÜİB'lere ilişkin istatistiki bilgiler Çizelge 1'de görülmektedir. Kurumsal bazda en çok ruhsat, KGM tarafından ve duble yolların inşasında kullanılan kırmataş malzemelerinin teminine dönük olarak verilmiştir.

Çizelge 1. HÜİB istatistiki bilgileri

Toplam verilen HÜİB sayısı	2521
Kurumlar;	
ASKİ	3
Belediyeler	165
DLH Gnl. Md.	15
DSİ	549
Eti Maden	2
EÜAŞ	5
İl Özel İdareleri	84
KGM	1291
Köy Hiz. Gnl. Md.	51
TCDD	21
En çok HÜİB verilen 3 il	
Sivas	121
Konya	102
Antalya	96
En az HÜİB verilen iller	
Hakkari	2
Kilis	3
Düzce ve Iğdır	4
En büyük illerin durumu	
İstanbul	13
Ankara	50
İzmir	77

2.6. 3213 Sayılı Maden Kanununun 7. Maddesi Gereğince Alınacak İzinlere İlişkin MİGEM'in Uygulama Esasları

Yeni veya taşocağı ruhsatlarından intibak yapılarak alınan işletme ruhsat sahalarında, madencilik faaliyetlerinde bulunulabilmesi için maden kanununun 7. maddesi gereğince 3 grup iznin alınıp alınmadığı göz önünde bulundurulacaktır.

- a) Arazi İzinleri ve Koruma Bölgelerinde Alınması Gereken İzinleri (Orman, muhafaza ormanı, ağaçlandırma alanları, kara avcılığı

alanları, özel koruma bölgeleri, milli parklar, tabiat parkları, tabiat anıtı, tabiatı koruma alanı, tarım, mera, sit alanları, su havzaları, kıyı alanları ve sahil şeritleri, karasuları, turizm bölgeleri, alanları ve merkezleri ile kültür ve turizm koruma ve gelişim bölgeleri, askerî yasak bölgeler ve imar alanları ile mücavir alanlar, özel mülkiyet v.b.),

- b) Çevresel etki değerlendirmesi yönetmeliği kapsamında değerlendirme yapıldığına dair belge (ÇED Olumlu kararı, ÇED Gerekli Değildir kararı veya ÇED kapsamı dışında olduğuna dair yazı)
- c) İşyeri açma ve çalışma ruhsatlarına ilişkin yönetmelik gereğince işyeri açma ve çalışma ruhsatı (İşyeri açma ve çalışma ruhsatı yok ise ilgili belediye yada özel idare müdürlüğüne işyeri açma ve çalışma ruhsatı almak için müracaat edilmiş olması gerekmektedir.)

Yukarıdaki izin veya belgelerin MİGEM'e verilmesini müteakip ruhsat sahibi veya vekilinden bir taahhütname alınmakta ve bu işlemler tamamlandıktan sonrada işletme izni düzenlenmektedir.

Kanunun 7. maddesi gereğince izinlerin değerlendirilmesinde, yukarıda alınıp alınmadığı göz önünde bulundurulmuş 3 grup iznin dışında, başkaca alınacak izinler de varsa bunlarında alınması gerekmektedir.

Arazi mülkiyeti izinleri ile ilgili olarak, madencilik faaliyeti gösterilecek alanın hazinenin özel mülkiyetinde ve/veya devletin hüküm ve tasarrufu altında bulunan yer olduğu veya özel mülkiyete tabi alanın kullanım izninin alındığının ruhsat sahibince beyan edilmesi durumunda ruhsat sahibinin yazılı beyanı esas alınmaktadır.

İşletme izinlerinin verilmesinde; MİGEM'ce ruhsat sahası içerisinde tespit edilen işletme izni alanının, ÇED izni verilen alanın, GSM izni alanının ve arazi mülkiyeti izni alanlarının birbirleriyle örtüşüp örtüşmediği kontrol edilmekte, bunlardan bir iznin başka bir alanda olması halinde ilgili ruhsata işletme izni verilmemektedir.

Madencilik Faaliyetleri İzin Yönetmeliğinin yürürlüğe girdiği 21.06.2005 tarihinden sonra alınan işletme ruhsatları için,

ruhsatların yürürlüğe girdiği tarihten sonraki üç ay içinde ruhsat sahibince faaliyet gösterilecek yerle ilgili kanunun 7. maddesi gereğince alınması zorunlu olan izinler için gerekli müracaatların yapıp yapılmadığı kontrol edilmekte olup, ruhsat sahibince belirtilen sürede yapılan izin müracaatlarının MİGEM'e ibraz edilmesi gerekmektedir. Ancak, 21.06.2005 tarihinden önce düzenlenmiş işletme ruhsatlarında bu husus aranmamaktadır.

Faaliyet gösterilecek yerle ilgili alınması zorunlu olan izinlerden herhangi biri için ruhsat alındıktan sonraki üç ay içinde müracaat edilmediğinin tespit edilmesi halinde ruhsat teminatı irat kaydedilmektedir.

Ayrıca, 3213 sayılı maden kanununun 7. maddesi gereğince diğer kamu kurum ve kuruluşlarından alınmış olan izinlerde müktesep hak olarak kabul edilmektedir.

3. 5177 SAYILI KANUNUN KIRMATAŞ MADENCİLİĞİNE GETİRDİĞİ YENİLİKLER

Kırmataş olarak kullanılan madenlere ruhsatların verilmesi maden kanunu kapsamına alınarak, MİGEM'ce verilmesi sağlanmış, taşocakları nizamnamesi, havza-i fahmiye ve maden kanunu tek bir yasal çatı altında toplanmıştır. Böylelikle de mevzuatlarda yaşanan sıkıntılar, kurumlar arasındaki kopukluklar ortadan kaldırılmış, denetimler daha etkin hale getirilmiştir.

İl Özel İdarelerinden ihale yoluyla alınan ruhsatların süresi sonunda, yapılan yeni ihalenin ruhsat sahibince alınamaması durumunda yatırım yapan ruhsat sahibinin zarar etmesi söz konusu iken maden kanunun kapsamına alınan ruhsatlara 10 yıllık işletme ruhsatları düzenlenmekte, bu sürenin sonunda da süre uzatımı hakkı sağlanarak 60 yıla kadar ruhsat süresi hakkı tanınmaktadır. Böylelikle de yatırımcıya ruhsat güvencesi getirilmiştir.

Devlet hakkı bilanço brüt karı yerine ocak başı satış bedeli üzerinden ödenmesi hükmü getirilmiştir.

Madencilik faaliyetlerinin yapıldığı illerin özel idarelerine, devlet hakkının belirli bir oranının aktarılması öngörülmüş, böylece mahalli idarelerin maddi yönden güçlendirilmeleri sağlanmıştır. Alınan devlet

hakkı ve özel idare payı sayesinde hazinenin ve özel idarelerin gelirlerinin artması sağlanmış, il özel idarelerinin taşıdığı ruhsatlarının intibaklarından doğan gelir kayıpları önlenmiştir.

Alan sınırlaması, arama ruhsatı dönemi sonrası işletmeye geçiş için getirilen uygulamalarla, madencilik kurumsallaştırılması, daha ciddi, mühendislik ve bilimsel esaslara dayalı madencilik yapılması için ortam oluşturulmuştur.

Maden işletme ruhsat alanlarında beş yıl içinde, mermer işletme ruhsat alanlarında üç yıl içinde ruhsat sahipleri tarafından görünür rezervlerin ortaya çıkarılması öngörülmüştür.

İşletme ruhsatlarının üretim yapılmadan atıl bekletilmemesi için faaliyette bulunulmayan ve üretim yapılmayan yıllar için işletme projesinde beyan edilen üretim miktarının % 10'u üzerinden devlet hakkı alınmaktadır.

Ön işletme dönemi kaldırılmış, arama dönemi süresi yeniden düzenlenmiş, madencinin vereceği belge sayısı azaltılmış, böylece Kanun bürokratik işlemlerden önemli ölçüde arındırılmıştır.

2005 yılında 12601 adet saha ihale edilerek sektörün hizmetine sunulmuştur. 2006 yılında toplam 18854 adet saha ihale edilmek üzere ilan edilmiştir.

Taşıcağı ruhsatı döneminde madencilik faaliyetleri teknik nezaretçisiz, çok yüksek basamak yüksekliklerinde, galeri atımları, kontrolsüz patlatma, yetersiz denetim vb. nedenlerle tehlikeli biçimde yapılmakta iken, maden kanunu ile birlikte, ruhsat sahalarındaki faaliyetler, mevzuatta yapılan değişiklikler ve etkin denetimlerin sonucunda madencilik ilkelerine uyumlu, daha modern, çevre ve insan sağlığına zarar vermeyecek şekilde yapılabilmesi sağlanmıştır.

Madencilik esaslarına uygun çalışmayan ruhsatlara öncelikle maddi ve faaliyetleri durdurma gibi cezalar uygulanarak ruhsat iptalleri zorlaştırılmış olup, devamında ruhsatların iptaline varan düzenlemeler yapılmıştır. Böylelikle de caydırıcılık sağlanmıştır.

Taşıcağı ruhsatı döneminde UTM 6 derecelik dilime esas 1/25.000 ölçekli koordinat sistemine göre çalışılmadığından, ruhsat

sahalarının alanlarını tespit etmede, sınır aşımalarının önlenmesinde, ruhsatların birbiri üzerine verilmesini ve ihtilafları önlemede, denetimleri sağlıklı şekilde yapmakta vb. birçok zorluklarla karşılaşılırken, maden kanunu kapsamında MİGEM’ce sözü edilen tüm sorunların önüne geçilerek, madencilik faaliyetleri ve denetimlerinin daha etkin ve sağlıklı olarak yapılması sağlanmıştır.

Kaçak üretimde bulunma ve üretilen malzemenin sevk fişsiz olarak sevk edilmesine yönelik yapılan düzenlemelerde ağır cezalar öngörülmüş ve sevkıyatlarda MİGEM’ce verilen sevk fişlerinin kullanılması zorunlu hale getirilmiştir.

Bu kanunla birlikte kamu kurum ve kuruluşlarına yol, inşaat, baraj, köprü, liman vb. kamu yararına kullanılmak üzere hammadde üretim izni belgesi almaları hakkı tanınmış, böylelikle de hammadde teminlerindeki sorunlar giderilmiştir.

Kanunun 7. maddesine göre, gerekli izinler alındıktan sonra üretim faaliyetlerine başlanması hükmü getirilmiştir.

Tüm bu olumlu katkılarla yeni maden kanununun uygulanması döneminde kırmataş ürünlerinde gözle görülür artışlar ortaya çıkmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. 2003-2005 yılları kırmataş hammadde üretim değerleri

	2003	2004	2005
Çimento hammaddesi (10 ⁶ ton)	61,4	66,2	110,3
Dolomit (10 ⁶ ton)	5,72	7,1	10,6
Kalsit (10 ⁶ ton)	1,08	2,53	12,27
Alçıtaşı (10 ⁶ ton)	2,35	2,3	3,5

5177 sayılı kanun döneminde verilen 11. Grup ruhsatların bazı illere göre dağılımı; en az ruhsat alan iller (Çizelge 3), en çok ruhsat alan iller (Çizelge 4) ve nüfusu en büyük olan üç ilimizin durumu (Çizelge 5) aşağıda sunulmuştur. Bu tablolardan da görüldüğü gibi kırmataş hammaddesi kullanımında en önemli payı duble yol inşaatları, çimento ve beton hammaddesi kullanımları ile kırmakum kullanımındaki artışlar etkin olmuştur.

Çizelge 3. En az ruhsat olan iller

	Arama	İşletme	Toplam
Kilis	5	1	6
Ardahan	5	-	5
Iğdır	1	-	1

Çizelge 4. En çok ruhsat olan iller

	Arama	İşletme	Toplam
Antalya	782	83	865
Ankara	697	109	806
Konya	581	59	640

Çizelge 5. Nüfusu en büyük iller

	Arama	İşletme	Toplam
Ankara	697	109	806
İstanbul	266	12	288
	228	23	251

Genel olarak ruhsat dağılımlarına bakıldığında (Çizelge 6);

Çizelge 6. Genel ruhsat dağılımları

	Arama	Ön İşletme	İşletme	Toplam
II. Grup + Mermer	15112	740	3600	19452
II. Grup	10933	-	1231	12164
Mermer (5177 Öncesi)	4179	740	2369	7288

Tüm ruhsat dağılımlarına 5177 sayılı yasa öncesi ve sonrası ile bakıldığında;

Çizelge 7. Tüm ruhsat dağılımları

Tüm ruhsatların sayısı:	35151
5177'den sonra:	23609
5177'den önce:	7288
5177'den sonra toplam ilk müracaat:	29958
5177'den sonra düzenlenen tümü:	17719
5177'den sonra yapılan II. Grup ilk müracaat:	16344
5177'den sonra düzenlenen II. Grup:	10770

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kırmataş madencilikliğinin 5177 sayılı kanunla maden kanunu kapsamına alınması birçok yenilikleri beraberinde getirmiş, il özel idareleri döneminde karşılaşılan birçok sorunlarda ortadan kaldırılmıştır. Bu durum istatistiksel verilerden de görüleceği gibi sektör tarafından çok olumlu karşılanarak bu yönde verilen ruhsatların, açılan ocakların sayısında ve üretim miktarlarında çok büyük artışlar olmuş, kırmataş madencilikliği istihdamı yoğun bir sektör haline gelerek ekonomiye katkısı dahada artmıştır. Bu durum artan bir eğilimle devam etmektedir.

Bunlarla birlikte, bu yeni dönemin uygulamalarına yeni başlanılmış olup, zaman içerisinde tespit edilen eksikliklerin giderilmesi, sektörün büyümesinin devamlılığı için yeni düzenlemelerde her zaman yapılabilecektir.

Bunların yanında, kırmataş madencilikliği yapan tüm madencilerin, yenilenen kanundaki yükümlülüklerle uygun olarak faaliyetlerde bulunmaları, teknik ve mali yükümlülüklerini eksiksiz yerine getirmeleri, faaliyetleri sırasında karşılaşılan en büyük sorunlardan olan çevre ve insan sağlığına zarar vermeden teknik nezaretçinin gözetiminde bilimsel yöntemlerle faaliyetlerini sürdürmeleri, buna yönelik galeri atımı yapmadan uygun patlatma tekniğini kullanmaları, kademeli olarak uygun basamak yüksekliklerinde ve şev açılarında çalışmaları, hem kendilerinin faaliyetlerini aksatmadan sürdürdürebilmelerine, kanun kapsamında çeşitli yaptırımlarla karşılaşmamalarına ve hem de çevre ve insan sağlığına zarar vermeden bu yöndeki şikayetlerin asgariye inmesine yardımcı olacaktır.

Teşekkür

Bu çalışmanın hazırlanması esnasında değerli katkılarından dolayı MİGEM yetkililerine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- 1) 5177 sayılı Kanunla değişik 3213 sayılı Maden Kanunu.
- 2) Maden Kanunu Uygulama Yönetmeliği.
- 3) Madencilik Faaliyetleri İzin Yönetmeliği.
- 4) MİGEM Uygulamaları.

Çevre Kanunu ve Kırmataş Sektörü İlişkisi

Relationship Between Environmental Law and Crushed Stone Sector

Hakan CEYLAN

Süleyman Demirel Üniversitesi, Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezi, 32260, Isparta
hceylan@sdu.edu.tr

ÖZ: Bu çalışmada, kırmataş üretim aşamalarında oluşabilecek çevresel etkiler belirlenerek sınıflandırılmıştır. Daha sonra bu çevresel etkiler, 2872 Sayılı Çevre Kanunu, 26.04.2006 tarihinde yürürlüğe giren 2872 Sayılı Çevre Kanunu'nda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun ve bu kanunlara dayanılarak çıkarılan çeşitli yönetmelik hükümlerine göre değerlendirmiştir. Bu amaçla ilk önce, yürürlükte olan en son şekliyle Çevre Kanunu hakkında genel bilgiler verilmiş ve bu kanunla ilgili yönetmelikler belirlenmiştir. Daha sonra kırmataş sektörünü ilgilendiren ÇED (Çevresel Etki Değerlendirmesi) Yönetmeliği, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirliliği Yönetmeliği, Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği gibi yönetmelikler ile ilgili bilgiler sunulmuştur. Böylelikle kırmataş madenciliğinin çevresel etkilerinin yürürlükteki çevre mevzuatına göre durumu irdelenmiştir. Kırmataş işletmelerinin çevresel etkilerine göre yapılması gerekli teknik ve hukuki yükümlülükler tespit edilmiştir. Bu yükümlülüklerin işletme aşamasına geçmeden önce yerine getirilmesinin teknik açıdan daha uygun olacağı vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kırmataş, taş ocağı, çevre, Çevre Kanunu, çevresel etki değerlendirme

ABSTRACT: In this paper, the environmental effects that may occur during production phases of crushed stone were determined and classified. Following this, these environmental effects were evaluated according to the 2872 number Environmental Law, 2872 number Law related to changing of the Environmental Law which become valid in 26.04.2006 and the legislations related to these laws. For this aim; firstly general information about the present Environmental Law and the legislations by this law were determined. Later, information on legislation of Environmental Impact Assessment, Water Pollution Control, Industry Related Air Pollution, Environmental Noise Assessment and Management, Solid Waste Control, Dangerous Waste Control, Waste Oil Control was given. In this way the environmental of broken stone mining according to the present environmental legislation was discussed. The technical and legitimate responsibilities of crushed stone establishments were determined. It was pointed out that these responsibilities to effectuate before operation stage will be suitable from the technical view.

Key words: Crushed stone, stone quarry, environment, environment law, environmental impact assessment

1. GİRİŞ

Madencilik, birçok sektöre hammadde ve kaynak üreten temel sektörlerden biri olması nedeniyle dünyada önemli ve vazgeçilemez bir yere sahiptir. Bununla birlikte madencilik faaliyetlerinin çevre açısından bazı olumsuz etkileri olabilmektedir. Bu çevresel etkiler faaliyetin türüne göre farklılık göstermekte olup her bir faaliyete özel olarak çevresel planlama yapılmasını gerektirmektedir. Bu çevresel planlama çalışmalarının da maden işletme aşamasına gelmeden önce hazırlık aşamasında yapılması teknik ve ekonomik açıdan uygun olacaktır. Bu amaçla çevresel etkilerin önceden tespit edilmesi ve en aza indirilmesi için gerekli çalışmaların yapılması gerekir. Çünkü günümüzde, çevresel etkilerin oluşmasından sonra bu etkileri gidermeye yönelik onarımcı çevre anlayışı yerine, çevre bozulması oluşmadan önce, çevresel etkilerin tespit edilip önceden önlem alınan koruyucu çevre anlayışı gündemdedir. Ayrıca, madencilik faaliyetlerinde önceden çevresel planlama yapılmadığı takdirde, işletme aşamasında meydana gelebilecek çevresel olumsuzlukları gidermek ya olanaksızlaşmakta ya da ekonomik olarak maliyeti artmaktadır. Bu nedenle, işletme giderleri içerisinde yer alması muhtemel çevre iyileştirme maliyeti göz önüne alındığında, önceden tedbir alan korumacı çevre anlayışının ekonomik anlamda mühendislik açısından da uygun olacağı ortadadır [1].

Çevresel etkiler, madencilik faaliyetlerinde aramadan başlayarak sahanın terk edilmesine kadar olan aşamalarda, doğal ve kültürel çevrenin özelliğine, maden işletme tekniğine bağlı olarak değişebilmektedir. Bu etkiler, görsel, akustik, atmosferik, jeoteknik, morfolojik, hidrojeolojik, tarımsal, kültürel, sosyolojik ve alt yapı üzerinde, kısa-uzun süreli, olumlu-olumsuz, onarılabilir-onarılamaz, dolaylı-dolaysız şekilde olabilmektedir. [2]. Ancak önceden yapılacak iyi bir planlama, uygun teknoloji ve yöntem seçimi ile bu çevresel etkilerin en aza indirilmesi mümkündür. Bu planlama çalışmaları çevresel etki değerlendirmesi kapsamında yapılır. Çevresel etki

değerlendirmesinin amacı, öngörülen bir gelişmenin yol açabileceği olumsuz çevre ve sağlık etkilerinin önceden tespit edilip gerekli önlemlerin alınmasını sağlamaktır. Böyle bir değerlendirme, bir faaliyetin fiziksel, ekolojik ve sosyo-ekonomik etkilerinin kapsam ve şiddetlerinin uzman kişilerce ve bilimsel yöntemler kullanılarak belirlenmesi ve olumsuz etkilerin giderilmesi için gerekli önlemlerin ortaya konması gibi çeşitli bileşenlerden oluşur [3].

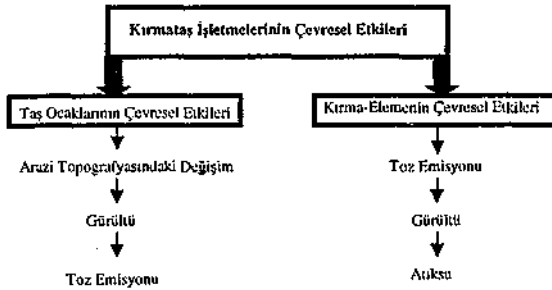
Bu çalışmada, kırmataş sektörünün çevresel etkileri belirlenmiş ve bu çevresel etkilerin önlenmesi ve/veya en aza indirilmesi için yapılması gereken teknik ve idari hususlar tespit edilmeye çalışılmıştır.

1.1. Kırmataş İşletmeleri ve Çevresel Etkiler

Kırmataş, taş ocaklarından açık işletme yöntemiyle üretilen bir madendir. Ancak, 26.05.2004 tarih ve 5177 nolu "Maden Kanununda ve Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına İlişkin Kanun" yürürlüğe girene kadar Maden Kanunu'na tabi değildi. Taş Ocakları, 1317 rumi tarihinde Osmanlı İmparatoru II. Sultan Hamit zamanından kalma Taş Ocakları Nizamnamesine göre işletilmekteydi. Oysa taş ocakları, delme-patlatma gerekliliği, şev duraylılığının sağlanması, kullanılan maden makinelerinin özellikleri itibarıyla tipik birer açık işletmedirler. Bu nedenle işletilmelerinde teknik bilgi ve birikime ihtiyaç vardır. Ancak yıllardır bu işletmeler teknik ve bilimsel bilgiden uzak işletilmiştir. Bu nedenle bu tür taş ocaklarında, gerek iş güvenliği gerekse çevresel etkiler açısından büyük sorunlar yaşanmıştır. Son iki yılda Maden Kanunu kapsamına alınmasıyla bu tür işletmelerin mühendis denetimine girmesinin sağlanması sonucunda yaşanan sorunların zamanla en aza ineceği düşünülmektedir.

Kırmataş işletmelerinin çevresel etkilerini, hammadde üretiminin yapıldığı taş ocaklarında oluşan çevresel etkiler ve kırma-eleme tesislerinde oluşan çevresel etkiler olmak üzere iki bölümde incelemek uygun olacaktır. Çünkü taş ocaklarının ve kırma-eleme tesislerinin çevresel etkileri birbirinden farklıdır. Dolayısıyla çevre açısından yapılacak

teknik ve hukuki çalışmalar da farklılık göstermektedir.



Şekil 1. Kırmataş İşletmelerinin Çevresel Etkilerinin Şematik Gösterimi

Kırmataş üretiminin yapıldığı taş ocaklarının çevresel etkilerinin boyutu, jeolojik yapıya, hidrolojik özelliklere, ocak alanlarının genişliği ve derinliğine, mevcut toprak, bitki örtüsü ve iklim şartlarına bağlıdır. Sahada yapılan örtü-kazı çalışması sonucu, saha yüzeyindeki flora ve fauna zarar görmekte, oluşturulan şevler büyük çukurlar meydana getirebilmektedir. Ayrıca, taş ocaklarında, iş makinelerinden ve delme-patlatma işleminden kaynaklanan gürültü sorunu ve örtü kazı sırasında oluşan toz emisyonları diğer çevre sorunları olarak sayılabilir.

Taş ocaklarının boyutlandırıldığı kırma-eleme tesislerinde ise en büyük çevre sorunu toz emisyonlarıdır. Kırma işlemi nedeniyle gürültü sorunu da görülür. Ayrıca yıkama yapılıyorsa oluşan atık suyun bertarafı da bir sorun oluşturabilir.

1.2. Kırmataş İşletmelerini İlgilendiren Yasal Yükümlülükler

Ülkemizdeki hukuki duruma göre, tüm madencilik faaliyetlerinde olduğu gibi kırmataş işletmelerini de kısıtlayan hükümler içeren ve bu nedenle madencilik dolayısıyla taş ocakları işletmelerini yakından ilgilendiren birçok kanun ve yönetmelik mevcuttur. Madencilik

faaliyetlerini ilgilendiren hüküm içeren düzenlemeler aşağıda verilmiştir:

- Maden Kanunu ile ilgili yönetmelikler,
- Orman ve ağaçlandırma mevzuatı,
- Milli park, tabiat parkı, tabiat anıtları, tabiat koruma alanları ile ilgili mevzuat,
- Tarım alanları ile ilgili mevzuat,
- Mera alanları ile ilgili mevzuat,
- Kültür ve tabiat varlıkları ile ilgili mevzuat,
- Su havzaları ile ilgili mevzuat,
- Kıyı alanları, sahiller ve karasuları ile ilgili mevzuat,
- Sulak alanlarla ilgili mevzuat,
- Kültür ve turizm koruma ve gelişim bölgeleri ve turizm merkezleri ile ilgili mevzuat,
- Askeri yasak ve güvenlik bölgeleri ile ilgili mevzuat,
- İmar ile ilgili mevzuat,
- Özel çevre koruma bölgeleri ile ilgili mevzuat,
- Çevre ile ilgili mevzuat,

Görüldüğü üzere, bu bildirinin konusu olan Çevre Kanunu ve ilgili yönetmelikleri, madencilik kısıtlayan ve ilgilendiren alanlardan sadece birisidir. Diğer alanların her biri farklı hususlar içermekte ve ayrıca irdelenmesi gerekmektedir.

2. ÇEVRE KANUNU

Ülkemizde cumhuriyetin ilk yıllarından itibaren çevre ve sağlık konularında, Umumi Hıfzısıhha Kanunu, Belediye Kanunu, Gayri Sıhhi Müesseseler Yönetmeliği, Zabıta Yönetmeliği gibi kanun ve yönetmeliklerle değişik düzenlemeler yapılmıştır. Ancak anayasal bazda ilk olarak 1982 Anayasasının 56. maddesinde çevre hakkı, sosyal ve ekonomik haklar arasında yerini almış ve ülke mevzuatına girmiştir. Daha sonra anayasadaki bu hükme göre, 09.08.1983 tarihli ve 2872 sayılı Çevre Kanunu çıkarılmıştır. Bu kanun 23 yıl uygulandıktan sonra değiştirilerek 26.04.2006 tarihinde "2872 Sayılı Çevre Kanunu'nda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun" yürürlüğe girmiştir.

2872 Sayılı Çevre Kanunu'nda bütün canlıların ortak değeri olan çevrenin korunması, iyileştirilmesi; kırsal ve kentsel alanda arazinin ve doğal kaynakların en uygun şekilde kullanılması ve korunması; su, toprak ve hava kirliliğinin önlenmesi; ülkenin bitki ve hayvan varlığı ile doğal ve tarihsel zenginliklerinin korunarak, bugünkü ve gelecek kuşakların sağlık, uygarlık ve yaşam düzeyinin geliştirilmesi ve güvence altına alınması için yapılacak düzenlemeleri ve alınacak önlemleri, ekonomik ve sosyal kalkınma hedefleriyle uyumlu olarak belirli hukuki ve teknik esaslara göre düzenlemeler getirmiştir [4].

26.04.2006 tarihinde yürürlüğe giren 5492 nolu "2872 Sayılı Çevre Kanunu'nda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun"un 1. maddesinde, "Bu Kanunun amacı, bütün canlıların ortak varlığı olan çevrenin, sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda korunmasını sağlamaktır." [5] ifadesi mevcuttur. Sürdürülebilir kalkınma ve sürdürülebilir çevre kavramları, çevre ile kalkınmayı tanımlayan, yani çevre bozulacak mantığıyla faaliyetlerin durdurulması ya da hiç yapılmaması yerine çevreyi her türlü önlemle koruyarak sanayi faaliyetlerin sürdürülmesini, böylelikle hem çevre korumanın hem de sanayi faaliyetlerinin bir arada olması gerektiğini savunan bir anlayışı tanımlamaktadır. Bu anlayış, madencilik faaliyetleri için de geçerlidir. Yani gerekli tüm teknik ve yasal önlemleri önceden almak kaydıyla her türlü madencilik faaliyeti yapılabilir. Ancak burada alınması gerekli teknik ve yasal önlemlerin neleri kapsadığı önemlidir. Bu çalışmada, bu teknik ve yasal önlemler belirlenmeye çalışılmıştır.

Çevre Kanunu'nun yürürlüğe girmesinden sonra uygulamaya yönelik bazı esasların belirlenmesi amacıyla bir dizi yönetmelik yayımlanmıştır. Ülkemizin Avrupa Birliği mevzuatına uyumunu sağlamak amacıyla son 2-3 yıldır bu çalışmalar hızlanmış olup bu süreç halen devam etmektedir. Çevre konusunda henüz yürürlüğe girmemiş yeni yönetmelik çalışmaları ve tasarıları da mevcuttur. Çevre ile ilgili olarak, Haziran 2006 tarihi itibarıyla yürürlükte olan yönetmelikler

aşağıda verilmiştir:

- Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Yönetmeliği
- Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
- Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği
- Isımadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği
- Trafikte Seyreden Motorlu Kara Taşıtlarından Kaynaklanan Egzoz Gazı Emisyonlarının Kontrolüne Dair Yönetmelik
- Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği
- Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği
- Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği
- Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği
- Kentsel Atık su Arıtımı Yönetmeliği
- Yüzme Suyu Kalitesi Yönetmeliği
- Tehlikeli Kimyasallar Yönetmeliği
- Tıbbi Atıkları Kontrolü Yönetmeliği
- Çevre Denetim Yönetmeliği
- Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği
- Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği
- Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü Yönetmeliği
- Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği
- Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği
- Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği
- Ambalaj ve Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği
- Benzin ve Motorin Kalitesi Yönetmeliği
- Gemilerden Atık Alınması ve Atıkların Kontrolü Yönetmeliği
- Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği
- İçme suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik

2.1. Kırmataş Sektörü Çevre Kanunu İlişkisi

Çevre ile ilgili yönetmeliklerin bir kısmında madenciligi ve dolayısıyla kırmataş

işletmelerini de ilgilendiren idari ve teknik hususlar mevcuttur. Şekil 2'de kırmataş sektörünü ilgilendiren çevre ile ilgili yönetmelik konuları şematik olarak verilmiştir. Ayrıca kırmataş işletmelerini ilgilendiren bu yönetmeliklerle ilgili kısa bilgiler verilmiş olup kırmataş işletmeciliği açısından değerlendirilmesi yapılmıştır.



Şekil 2. Kırmataş Sektörü-Çevre Kanunu İlişkisi

2.2. Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Yönetmeliği

Çevre Kanunu'nun 10. maddesine dayanılarak ilk olarak 07.02.1993 tarihinde yürürlüğe girmiştir. 23.06.1997 tarihinde değiştirilerek yenilenmiştir. Daha sonra 06.06.2002 tarihinde yeniden revize edilmiştir. Şu an yürürlükte olan ÇED Yönetmeliği ise 16.12.2003 tarihinde yayımlanmıştır. Ancak 26.05.2004 tarihinde yayımlanan 5177 sayılı Maden Kanunu'nda ve Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına İlişkin Kanun yürürlüğe girmesinden sonra 16.12.2004'te dar kapsamlı bir değişiklikte şu an yürürlükte olan halini almıştır.

Çevresel Etki Değerlendirmesi Uygulanacak Faaliyetler yönetmelik ekinde EK-I ve EK-II olarak verilmiştir. EK-I'de genel olarak çevresel etkileri fazla olan, kapasiteleri yüksek faaliyetler yer almaktadır. Bu faaliyetler için ÇED raporu hazırlanması gerekmekte olup Çevre ve Orman Bakanlığı'nca değerlendirilmektedir. Bu

değerlendirme sonucunda Bakanlıkça "Çevresel Etki Değerlendirmesi Olumlu" veya "Çevresel Etki Değerlendirmesi Olumsuz" kararı verilmektedir.

EK-II'de ise EK-I'de yer alan faaliyetlere göre çevresel etkileri daha az olan ve kapasitesi daha küçük faaliyetler yer almakta olup bu tür işletmelerden kapasite, kullanılan teknoloji, oluşacak atıkların türü ve miktarı, atıkların bertaraf şekli, faaliyet alanına ilişkin çevresel özellik ve bilgilerin verildiği bir proje tanıtım dosyası istenmektedir. EK-II'deki faaliyetlerle ilgili olarak proje tanıtım dosyasının incelenmesi neticesinde, "Çevresel Etki Değerlendirmesi Gereklidir" veya "Çevresel Etki Değerlendirmesi Gerekli Değildir" kararı verilmektedir. Bu karar da yönetmeliğe göre Çevre ve Orman Bakanlığı'nca verilmektedir. Ancak Bakanlıkça yetki verilmiş 30 ilde taşra teşkilatlarınca (İl Çevre ve Orman Müdürlükleri) bu işlemler yürütülmektedir [6].

Yürürlükte olan ÇED Yönetmeliği'ne göre, taş ocakları, çalışma alanı 25 hektara kadar olanlar EK-II, 25 hektar ve altında olanlar EK-I kapsamında değerlendirilmektedir. Ayrıca, 25 hektarın üzerinde çalışma alanına sahip sahalar EK-II, 25 hektarın üstündekiler EK-I'e tabi olmaktadır. Yani taş ocakları çevresel etki değerlendirilmesi uygulanacak faaliyetler listesindedir. EK-II'deki faaliyetlerle ilgili olarak proje tanıtım dosyası hazırlanır. Bunun sonucunda, "Çevresel Etki Değerlendirmesi Gereklidir" veya "Çevresel Etki Değerlendirmesi Gerekli Değildir" kararı verilmektedir. Bu karar da yönetmeliğe göre Çevre ve Orman Bakanlığı'nca verilmektedir. Ancak Bakanlıkça yetki verilmiş 30 ilde taşra teşkilatlarınca (İl Çevre ve Orman Müdürlükleri) bu işlemler yürütülmektedir. EK-II'de ise EK-I'de yer alan faaliyetlere göre çevresel etkileri daha az olan ve kapasitesi daha küçük faaliyetler yer almakta olup bu tür işletmelerden kapasite, kullanılan teknoloji, oluşacak atıkların türü ve miktarı, atıkların bertaraf şekli, faaliyet alanına ilişkin çevresel özellik ve bilgilerin verildiği bir proje tanıtım dosyası istenmektedir.

2.3. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ilk olarak 04.09.1988 tarih ve 19919 sayılı tarihli Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. 01.07.1999 tarih ve 23742 sayılı Resmi Gazete’de revize edilerek yeniden yayımlanmıştır. Daha sonra yine bazı değişikliklere uğramış, en son olarak 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelikte, genel olarak su kaynaklarının korunması, her türlü atık suyun alıcı ortama geliş güzel verilmesinin önlenmesi amacıyla ilgili idari ve teknik hususları içermektedir. Madencilik faaliyetlerini yakından ilgilendiren, önemli hükümler içeren yönetmeliklerden biridir.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’nde “Mutlak Koruma Alanı” olarak ifade edilen içme ve kullanma suyu rezervuarının maksimum su seviyesinden itibaren 100 m genişlikteki şeritte ve “Kısa Mesafeli Koruma Alanı” olarak ifade edilen “Mutlak Koruma Alanı”na 900 m genişlikteki şeritte madencilik faaliyetleri tamamen yasaklanmıştır.

“Orta Mesafeli Koruma Alanı” olarak tanımlanan içme ve kullanma suyu rezervuarına yaklaşık 2 km.lik genişlikteki şeritte ise, galeri yöntemi ile patlatmalar, kırma, eleme, yıkama, cevher hazırlama ve zenginleştirme işlemleri tamamen yasaklanmıştır. Sadece madenlerin çıkarılmasına; sağlık açısından sakınca bulunmaması, mevcut su miktar ve kalitesini bozmayacak ve alıcı ortama atıksu deşarjı oluşturmayacak şekilde çıkartılması, faaliyet sonunda arazinin doğaya geri kazandırılarak terk edileceği hususunda faaliyet sahiplerince noter tasdikli, yazılı taahhütte bulunulması şartıyla Bakanlıkça izin verilebileceği belirtilmektedir. “Uzun Mesafeli Koruma Alanı” olarak tanımlanan içme ve kullanma suyu rezervuarına 5 km mesafeden uzak olan su toplama havzasının tamamında da hemen hemen aynı orta mesafeli koruma alanındaki hükümler uygulanmaktadır [7].

Madenlerde yer seçimi alternatifinin olmayışı ve bulundukları yerde işletilmelerinin zorunlu olması nedeniyle bu gibi su havzalarında üretim yapılamamaktadır. Bu

hususla su kaynaklarının korunmasına yönelik gösterilen duyarlılık gerekli ve önemlidir. Özellikle içilebilir ve kullanılabilir nitelikteki temiz suyun, en az madenlerimiz kadar önemli olduğu tartışılmaz bir gerçektir. Ancak suyun korunabilmesi için yönetmelikteki gibi genel yasaklayıcı hükümler yerine, su havzasının durumuna göre, havza bazında belirlenecek kısıtlara göre değerlendirmeler yapılmasının daha doğru olacağı ve bu değerlendirmeler neticesinde bazı uygulamalara gidilmesi gerekliliği tartışılmalıdır. Bu amaçla ülkemizdeki bu tür su havzalarında çevre düzeni planlarının yapılarak havza bazında gerekli tedbirler alınması sağlanmalıdır.

Bu yönetmelik hükümleri, taş ocağı işletmeciliği açısından değerlendirildiğinde, patlatma, kırma, eleme, yıkama, cevher hazırlama ve zenginleştirme işlemleri yapılmadığı takdirde, içme kullanma suyuna 2 km.lik mesafeden uzak alanlarda, Çevre ve Orman Bakanlığı’nın izni ile işletmecilik yapılabilir denmektedir. Ancak, bu gibi durumlarda Bakanlığın hangi ölçütlere göre değerlendirme yapacağı hususu belirlenmemiştir. Taş ocaklarında patlatma, kırma eleme gibi işlemlerin mevcut olması nedeniyle bu tür içme suyu havzalarında faaliyet göstermesi yasal olarak mümkün değildir.

Bunun dışında, bu yönetmeliğe göre işletmelerin atık sularını alıcı ortama vermek için deşarj izin belgesi alması gerekmektedir. Taş ocaklarında da yıkama vb. amaçlı su kullanımı mevcutsa oluşan atık suların alıcı ortama verilebilmesi için ilgili Valilikten (İl Çevre ve Orman Müdürlüğü) deşarj izin belgesi alınması gerekir. Deşarj izin belgesi alabilmek için oluşan atık suyun incelenmesi, gerekiyorsa atık suyun niteliğine göre arıtılması gerekebilir.

2.4. Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği

Çevre Kanunu’nun 8, 9, 10, 11, 12 ve 13. maddelerine dayanarak ilk olarak 02.11.1986 tarihinde 19269 sayılı Resmi Gazete’de “Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği” yürürlüğe girmiştir. Daha sonra, 07.10.2004 tarih ve 25606 sayılı Resmi

Gazete’de “Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği” yürürlüğe girmiş ve 01.04.2005 tarihinden itibaren uygulanmaya başlanmıştır.

Bu yönetmelikte, değişik faaliyetler sonucu atmosfere verilen is, duman, toz, gaz, buhar, vb. emisyonların denetlenmesi, önlenmesi için gerekli idari ve teknik hususlar belirtilmektedir. Bu yönetmeliğe göre bu tür emisyonları atmosfere veren belirli tesisler emisyon iznine tabi tutulmuşlardır. Burada da tesisler iki gruba ayrılmış olup A grubu tesisler için Çevre ve Orman Bakanlığı’nca B grubu tesisler için ise İl Mahalli Çevre Kurulu’nun uygun görüşü ile Valiliklerce “Emisyon İzin Belgesi” verilmektedir[8].

Taş ocaklarında delme-patlatma ve kırma-eleme işlemlerinde oluşan toz nedeniyle emisyon iznine tabidirler. Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği EK-3’deki A ve B grubu tesisler incelendiğinde, taş ocaklarının faaliyet türüne göre A ya da B grubu tesis sınıfına girdiği görülmektedir. Boksit, dolomit, alçı, kireçtaşı, kiselgur, magnezit, kuvars veya şamot üreten ocaklar A grubu tesis olup Bakanlıktan emisyon izni alınması gerekmektedir. Dinamit ve alev püskürtücü kullanılan taş ocakları ile doğal ve yapay taşlar ile cürufaların kırılması, öğütülmesi, elenmesi için kurulan tesisler (kum-çakıl hariç) B grubu emisyon iznine tabidir ve İl Mahalli Çevre Kurulu’nun uygun görüşü ile Valiliklerce “Emisyon İzin Belgesi” verilmektedir.

2.5. Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği

Çevresel gürültü ile ilgili ilk olarak, 11.12.1986 tarihinde 19308 sayılı Resmi Gazete’de Gürültü Kontrol Yönetmeliği yürürlüğe girmiştir. Daha sonra 01.07.2005 tarih ve 25862 sayılı Resmi Gazete’de Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği adı ile yeni bir yönetmelik yayımlanmıştır. Bu yönetmelik, çevre ve insan sağlığı açısından gürültünün kontrol altına alınması ile ilgili hukuki ve teknik düzenlemeleri içermektedir. Yönetmelikte işyerlerinde olması gerekli gürültü seviyeleri ve çalışanlar açısından

alınacak önlemler ve getirilen kısıtlamalar belirlenmiştir [9].

Bu yönetmeliğe göre, gürültü üreten işletmelerin “Gürültü Kontrol İzin Belgesi” almaları gerekmektedir. Yönetmeliğin EK-VII bölümünde “Gürültü Kontrol İzin Belgesi” alması gereken işletmeler liste A ve liste B olarak gruplandırılmıştır. Taş ocakları liste B’nin 3. maddesinde yer almaktadırlar. “Gürültü Kontrol İzin Belgesi” alabilmek için yetki belgesi olan bir kuruluşa akustik rapor hazırlatılarak Valiliğe ya da Bakanlığa başvurulması gerekmektedir. Liste A’daki işletmeler 3 yılda bir bakanlıktan, Liste B’deki işletmeler ise 5 yılda bir Valiliklerden Gürültü Kontrol İzin Belgelerini yenilemek zorundadırlar.

2.6. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği

Taş ocaklarında üretim ve proses atıkları dışında oluşan, evsel nitelikli olan ve olmayan atıklar için bu yönetmelik hükümleri uygulanmaktadır. Bu tür atıkların herhangi bir alıcı ortama atılması yasaktır. Bu tür atıkların çöp biriktirme kaplarında geçici depolanarak çöp toplama araçlarına verilmesi ve ilgili kuruluşlarca düzenli depolama tesislerinde bertaraf edilmesi gerekmektedir. Belediye mücavir alanı içerisindeki alanlarda belediyeler katı atıkların toplanması ve bertaraf edilmesinden sorumludurlar. Ancak belediye mücavir alanı dışında kalan yerlerde atığı üreten kurum veya kuruluş bertarafından sorumludur [10]. Bu nedenle taş ocağı işletmeleri de belediye mücavir alanı dışında ise bu tür atıklarını kendi bertaraf etmekle ya da ettirmekle yükümlüdürler. Bu durumda taş ocağı işletmelerinin atıklarını sınıflandırarak türüne göre, nerede ve nasıl bertaraf edileceğini içeren bir atık yönetim planı oluşturması uygun olacaktır.

2.7. Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği

Bu yönetmelik, ne tür atıkların tehlikeli atık olduğu, hangi atıkların ne miktarda olması durumunda tehlikeli atık sınıfına gireceği, bu atıkların geçici depolanması, taşınması, bertaraf edilmesi hususlarını içerir. Madencilik faaliyetlerinde oluşan bazı atıklar da belli bir

miktarın üzerinde olması durumunda tehlikeli atık sınıfına girebilmektedir [11]. Bu nedenle cevher türüne göre, gerek işletme gerekse cevher zenginleştirme işlemleri sırasında oluşan atıklar ve miktarları, oranları belirlenmeli ve uygun şekilde bertarafı sağlanmalıdır. Ancak taş ocağı işletmeciliğinde tehlikeli atık üretimi olmamaktadır.

2.8. Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği

21.01.2004 tarihinde 25353 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren yeni yönetmeliklerden birisidir. Bu Yönetmeliğin amacı, atık yağların üretiminden bertarafına kadar çevreye zarar verecek şekilde doğrudan veya dolaylı bir biçimde alıcı ortama verilmesinin önlenmesi, geçici depolanması, taşınması, bertaraf edilmesi hususlarını kapsamaktadır. Yönetmeliğe göre, kullanılmış taşıt yağları (benzinli motor, dizel motor, şanzıman ve diferansiyel, transmisyon, iki zamanlı motor, hidrolik fren, antifiriz, gres ve diğer özel taşıt yağları); endüstriyel yağlar vb. kontamine olmuş yağ ürünleri atık yağ kapsamında değerlendirilmektedir [12]. Bu durumda taş ocaklarında kullanılan araçlara ait kullanılmış yağlar atık yağ sınıfına girmekte olup atık yağların Bakanlıktan lisans almış tesislerde geri kazanımı veya lisanslı yakma tesislerinde yakılarak zararsız hale getirilmesi sağlanmalıdır. Ayrıca her yıl Şubat ayına kadar yönetmeliğin ekinde verilen atık yağ beyan formu doldurarak Valiliğe bildirilmesi gerekmektedir.

3. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Kırmataş işletmeciliğinin Çevre Kanunu ve ilgili yönetmeliklere göre değerlendirilmesi sonucunda, işletmelerin uyması gereken bir dizi teknik, hukuki ve idari hususların olduğu belirlenmiştir.

Kırmataş işletmelerinin çevresel etkileri, hammadde üretiminin yapıldığı taş ocaklarında oluşan çevresel etkiler ve kırma-eleme tesislerinde oluşan çevresel etkiler olmak üzere sınıflandırılmıştır. Taş ocağı işletmeciliğinde, sahada yapılan örtü-kazı çalışması sonucu, saha yüzeyindeki flora ve fauna zarar görebilmekte, oluşturulan şevler büyük çukurlar meydana getirebilmektedir. Ayrıca,

taş ocaklarında, iş makinelerinden ve delme-patlama işleminden kaynaklanan gürültü sorunu ve örtü kazı sırasında oluşan toz emisyonları diğer çevre sorunları olarak sayılabilir. Taş ocaklarının boyutlandırıldığı kırma-eleme tesislerinde ise en büyük çevre sorunu toz emisyonlarıdır. Kırma işlemi nedeniyle gürültü oluşur. Ayrıca yıkama yapılıyorsa atıksuyun bertarafı da bir sorun oluşturabilir.

Bu çevresel etkilerin Çevre Kanunu ve ilgili yönetmelik hükümlerine göre değerlendirilmesi sonucunda kırmataş sektörü ile ilgili şu hususlar belirlenmiştir:

ÇED Yönetmeliği'ne göre, 25 hektara kadar olan sahaların EK-II'ye 25 hektarın üzerinde çalışma alanına sahip sahaların EK-II'ye tabi olduğu ve proje tanıtım dosyası hazırlanarak Bakanlıktan uygun görüş alınmalıdır. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği hükümlerine göre, içme suyu havzalarında taş ocağı işletmeciliği yasaklanmaktadır. Ayrıca atık su üreten kırma-eleme tesisleri deşarj izni almakla yükümlüdürler.

Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre, taş ocaklarında delme-patlama ve kırma-eleme işlemlerinde oluşan toz nedeniyle emisyon iznine tabidirler ve üretilen taşın niteliğine göre, Bakanlıktan ya da Valilikten emisyon izin belgesi alınması gereklidir.

Kırmataş işletmelerinde, iş makineleri gibi gürültü oluşturabilecek üniteler, gürültü ölçümleri yaptırılarak kontrol altında tutulmalı ve yönetmelikte belirlenen seviyeleri aşması önlenmelidir. Ayrıca bu yönetmelikle yapılan yeni bir düzenlemeye göre, işletme safhasına geçmeden önce, tüm maden işletmelerinden ve dolayısıyla kırmataş işletmelerinden de "Gürültü Kontrol İzin Belgesi" istenmektedir.

Kırmataş işletmelerinde oluşabilecek tüm atıkların önceden belirlenerek bir atık yönetim planı oluşturulması uygun olacaktır. Atık yönetim planında, atıkların türüne göre, geçici depolanması, değerlendirilmesi ve nihai bertarafının ne şekilde olacağı önceden belirlenmelidir. Bu atık yönetim planı, ÇED raporunda veya proje tanıtım dosyasında belirtilmeli ve Bakanlığa sunulmalıdır. Daha

sonra işletme aşamasında bu plana götülsün, atıkların bertarafı sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Ceylan H., Saraç, S., 2001; Madencilik Faaliyetlerinde Çevresel Planlama ve Uygulanabilecek Doğaya Yeniden Kazandırma Alternatifleri, Türkiye 12. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 91-100 s., Zonguldak.
- [2] Demirçin, M., Çalik, A., 2005; Madencilik Faaliyetlerinin Çevresel Boyutu ve Mevzuatımızdaki Gelişmelerin Değerlendirilmesi, Madencilik ve Çevre Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 11-21 s., Ankara
- [3] Uslu, O. 1994. ÇED Eğitimi, Çevre Kavramına Genel Bakış, Türkiye Çevre Vakfı Yayını, 252 s., Önder Matbaası, Ankara.
- [4] Anonim, 1983; Çevre Kanunu, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- [5] Anonim, 2006; Çevre Kanununda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- [6] Anonim, 2003; Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- [7] Anonim-a, 2004; Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- [8] Anonim-b, 2004; Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- [9] Anonim-a, 2005; Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- [10] Anonim, 1991; Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- [11] Anonim-b, 2005; Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- [12] Anonim, 2004; Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.

Taş Ocaklarında Kayaç Kalitesinin Değişimi ve Ocak Yerlerinde Mühendislik Jeolojisi Araştırmalarının Önemi

Changes in Rock Quality and Importance of Engineering Geological Studies in Rock Quarries

Atiye TUĞRUL & Murat YILMAZ

İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34320 Avcılar/İSTANBUL
tugrul@istanbul.edu.tr; yilmazm@istanbul.edu.tr

ÖZ: Taş Ocaklarında üretilen malzemeler, beton ve çimento hammaddesi, asfalt ve dolgu agregası, demiryolu balast malzemesi vb. olarak birçok alanda kullanılmaktadır. Kayaçların kullanım alanlarına göre beklenen kaliteleri değişkenlik sunmaktadır. Birçok ocak yerinde, kayaçların bileşim ve dokuları, organik madde ve kavkı içeriği, yapısal unsurların kayaç kalitesine etkisi, farklı ayrışma türleri ve ürünleri, kayaçların kökeni ile ilgili zararlı bileşenler vb. unsurların çok kısa mesafelerde değiştiği bilinmektedir. Bu nedenle, ocaklarda işletim öncesi mühendislik jeolojisi araştırmalarının yapılması ile bu alanlarda bulunan kayaçların kalite değişimlerinin belirlenmesi, ocak üretiminin planlanmasında önemli rol oynamaktadır. Bu bildirinin amacı; detaylı jeolojik araştırmalar yapılmadan açılacak ocaklar ile ilgili sakıncalara dikkati çekmektir. Bu bağlamda, ocak alanlarında yapılması gereken detaylı mühendislik jeolojisi araştırmalarına değinilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Taş ocağı, agrega kalitesi, mühendislik jeolojisi araştırmaları

ABSTRACT: Materials that produced in rock quarries, have been used in many areas such as concrete and cement raw material, asphalt and embankment aggregates, railway ballast. Expected quality of rocks changes according to their consumption area. In many quarry area there are changes in some parameters in very short distances such as; composition and texture of rock, organic material and shell content, effect of structural characteristics on rock quality, different weathering types and their products, dangerous substances that related with origin of rocks etc. That's why, to determine changes in rock quality by conducting engineering geological studies have important role in quarry planning before quarrying. The aim of this study; is to attract attention to objections related with quarries without engineering geological studies before opening. Therefore, engineering geological studies that should be conducted in location of the quarries were mentioned.

Key words: Rock quarry, aggregate quality, engineering geological studies

1. GİRİŞ

Son yıllarda yoğun göçe maruz kalan İstanbul'un büyüme süreci oldukça hızlanmıştır. Bu durum, beton ve çimento hammaddesi (kırmataş, kum-çakıl, kil, kireçtaşı, tras vb.), asfalt ve dolgu agregaları, anroşman malzeme vb. ihtiyacını arttırmıştır (Çizelge 1). Bu bağlamda, bölgeye en yakın kaynaklar, incelenmeden, plansız ve çevresel faktörlere dikkat edilmeden günümüze kadar işletilmiştir. Hızlı büyüme nedeniyle, kentin hammadde ihtiyacını karşılayan taş ocaklarının giderek şehir içinde kalmalarının yanı sıra, görsel ve fiziksel kirlilik ile tehlike yaratan unsurlara dönüşmeleri ve rezervlerinin azalması nedeniyle birçoğu yakın dönemde kapatılacaktır. Bu nedenle, bölgeye yakın alanlardaki farklı kökenli, çoğunlukla heterojen olan alternatif agrega kaynaklarının değerlendirilmesi kaçınılmaz olacaktır.

Çizelge 1. Doğal Yapı Malzemelerinin Kullanım Alanları ([14]'den değiştirilerek)

Malzeme Türü	Kullanım Alanları
Kaya Blokları	- Dalgakıran - Dolgularda yamaçları koruyan bloklar - Barajlarda kaya dolgu ve riprap malzeme
Kırmataşlar	- Beton ve asfalt agregaları - Demiryolu balast malzemesi, gabion vb. inşasında kullanılan malzeme - Filtre malzemesi
Doğal Kum ve Çakıllar (Karasal çökeller, nehir çökelleri, göl çökelleri, deniz kumları ve çakılları)	- Beton ve asfalt agregaları - Dolgu malzemeleri - Filtre malzemesi - Harç kumu

Sunulan bu bildiride; kum-çakıl ve kırmataş ocaklarından çıkarılan malzemelerin efektif bir şekilde değerlendirilmesinin yanı sıra, ocak işletmeciliği sırasında karşılaşılabilecek problemleri en aza indirmek amacıyla yapılması gerekli mühendislik jeolojisi araştırmalarının önemi vurgulanmaktadır. Bu kapsamda; özellikle jeolojik açıdan heterojen kaya ortamlarında açılan ocak yerlerinde, ocak açımı öncesi ve sırasında, çok farklı amaçlar için,

ocaktaki malzemenin mümkün olduğunca değerlendirilebileceği üretimi sağlayabilmek, ocakların üretim aynalarında oluşabilecek şev yenilmelerini önceden belirlemek, ocakların çevresel etkilerini değerlendirmek için gerekli olan mühendislik jeolojisi parametrelerine değinilmiştir.

Ocak üretim planı, detaylı mühendislik jeolojisi haritaları ile ilişkilendirilmezse üretim sırasında beklenmedik problemlerle karşılaşılabilir. Ülkemizde üretimlerin çoğu genellikle mühendislik jeolojisi haritalarına gerek duyulmadan ocaktaki agregaların ortalama kalitesi dikkate alınarak yapılmaktadır. Bu durum Avrupa'nın birçok ülkesinde benzer şekildedir [1]. Birçok ocakta farklı kaya birimleri sıklıkla çıkarılmakta, kırılmakta ve birbirleriyle karıştırılmak suretiyle düşük dirençli sahip kayaların üretimi minimize edilmekte, ancak bu sırada bazı yüksek kaliteli agrega kayıpları olmaktadır. Eğer ocak yerindeki kalite değişimi önceden araştırılmışsa ve üretim yapılacak malzeme yeterince yaygın ve ocak alanı yeterince genişse, daha yüksek kaliteye sahip malzemeler ayrı bir şekilde üretilebilir [1].

[2] tarafından belirtildiği gibi; bir agrega ocağında üretim kalitesi, ocağın bulunduğu alanın lokal jeolojik özelliklerine bağlıdır. Agreganın tane şekli, üretim tekniğinin yanı sıra, kayacın yapısal ve dokusal (fabrik) özelliklerinden kaynaklandığı bilinmektedir [3]. Birçok standartta verilen testler agrega kaynaklarını yeterince karakterize etmemektedir [4]. Bu nedenle jeolojik araştırmalar mutlaka yapılmalıdır.

Bir bölgede üretilen agrega kalitesinin, agregaların mekanik özelliklerinden mi, yoksa üretim proseslerinden mi kaynaklandığının tespitinde ocak yerinin jeolojisini araştırarak Jeoloji mühendisinin konu ile ilgili tecrübesi de oldukça önemlidir. Jeolojik açıdan heterojen olan alanlarda, iki nedenden dolayı ocak planlamasının ocak yerinin hakim jeolojik özelliklerine göre yapılması gereklidir. Bunlardan birincisi, doğru değerlendirme yapıldığında, ocağın işletim sürecinde aynı ocaktan farklı kullanımı amaçlarına yönelik daha fazla üretim yapılarak ocağın etkin biçimde değerlendirilmesidir. İkincisi ise, kırma işlemi

için uygun ve kolay sistem seçimi, daha yüksek kapasite, uygun şekilde agrega üretimi, ince madde oranının azaltılması, agrega kalitesinde beklenmeyen değişikliklerin önemli oranda önlenmesidir [5].

Kaya kalitesi değişiminin detaylı araştırıldığı heterojen kaya ortamlarında, seçici ocak işletmeciliği agrega kaynağının etkin bir şekilde değerlendirilmesini sağlar. Örneğin düşük kaliteli agrega kullanımının uygun olduğu alanlarda, iyi kaliteli agregaların kullanılarak en uygun şekilde değerlendirilmelerini engeller [1]. Ayrıca; ocakta seçici üretim yapılmayıp, farklı kaya birimlerine ait agregaların karıştırıldığı durumda daha düşük kaliteli agregalar elde edilir. Öte yandan karıştırılan malzemeler arasında zararlı reaksiyonlar da oluşabilir. Örneğin; mafik lavlardaki karbonatlar, sülfütle zengin mika şistlerden oluşan asidik akışkanlarla reaksiyona girerek sülfatları oluşturabilir veya diğer ayrışma ürünlerinin artışına neden olabilir. Bu durum da, su absorpsiyonunu artırır ve malzemenin donma-çözölmeye karşı direncini düşürür [1].

Ocaklardan üretilen farklı agregaların uygunluğunun değerlendirilmesi için, üretici. Fabrika Üretim kontrolü için başlangıçta bazı araştırma ve testleri yaptırmalıdır. Bunun gerçekleştirilmesinde ilk adım; ocaklar için detaylı jeoloji haritalarının hazırlanmasıdır. Ancak örtülü arazilerde, özellikle jeolojik olarak heterojen kaya ortamlarında yüzey verilerine göre detaylı jeoloji haritası yapımı zordur. Bu da agregaların efektif bir şekilde kullanılmalarını azaltır. İşletilen bir ocağın planlamasının ve üretiminin ocak yeri ile ilgili jeolojik verilere dayandırılmadığı durumda daha az verimli olması kaçınılmazdır [1]. Ocak yerinde bulunan kaya birimlerinin özellikleri ve bu özelliklerin değişimi ocak ekipmanı ve maliyetini etkilemektedir. Ayrıca, [6]'nın belirttiği gibi; kayaların jeolojik özelliklerinin, üretim proseslerine (patlatma, kırma vb.) etkisinin önemli olmasının bilinmesine rağmen, bununla ilgili bilgiler yeterli değildir. Patlatma ve kırma sonucu, bazı kayalar türlerinde çok ince malzeme oranı, bazılarında uzun ve/veya yassı tane oranının yüksek olmasına karşın, bazılarında ise herhangi bir problem görülmemektedir [7]. Kırılan tanenin yüzey geometrisi ve şekli

kayacın kırma ve patlatma prosesine karşı davranışı ile ilgilidir [8; 9]. Özellikle heterojen kaya ortamlarında ocak yeri değerlendirmesi yapılırken kayacın jeolojik ve mekanik özelliklerinin dikkate alınması işletmeye ekonomik yönden yarar sağlayacaktır [10,11, 12,5,1]. [13]'e göre; bir ocak yerinin planlanmasında çevresel ve jeolojik faktörlerin yanı sıra üretim sistemi ve bunun ekonomik boyutu değerlendirilmelidir. Bu değerlendirmeler mühendislik jeolojisi çalışmaları ile gerçekleştirilir.

2. OCAK YERLERİNDE MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ ARAŞTIRMALARI

Bir bölgenin doğal kaynaklarının değerlendirilmesi için aşağıdaki koşulların sağlanması gerekmektedir.

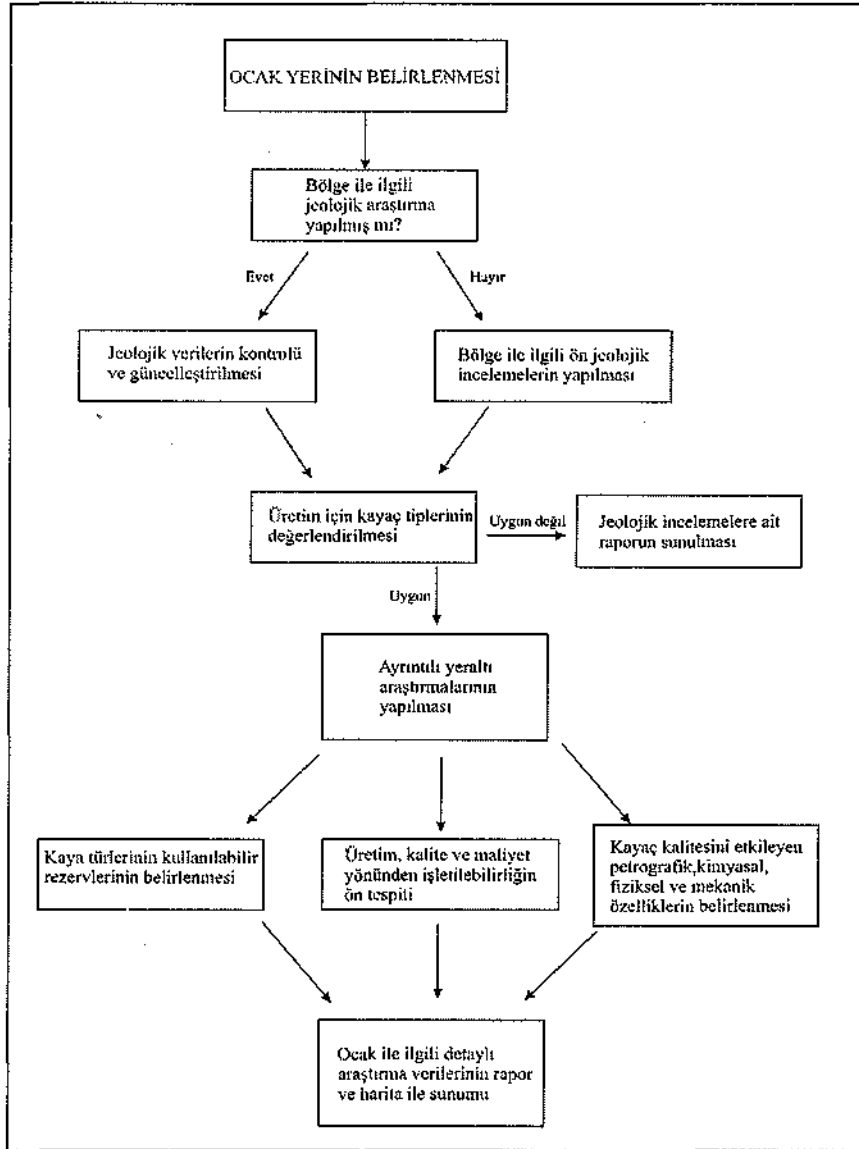
- **Rezerv-** Jeolojik kaynak yeterli miktarda olmalıdır.
- **Kalite-** Agrega fiziksel ve kimyasal yönden uygun olmalıdır.
- **Çevresel etki-** Agrega üretimi kabul edilemeyen çevresel sorunlara yol açmamalıdır.
- **Kolay ulaşılabilir olması -** Agrega kaynağı işletilebilir, kolay nakledilebilir veya pazara yakın olmalıdır.

Bu koşulların herhangi birinin sağlanmaması ocağının potansiyel rezervini sınırlar. Bu nedenle detaylı ve dikkatli araştırmaların yapılması gereklidir.

Ocakta bulunan tüm malzemelerin kazı ve agrega olarak kullanılmaları yönünden değerlendirilmeleri açısından doğru ve yerinde kararlar alınabilmesi için, ocakla ilgili tüm veriler birlikte değerlendirilmelidir (Şekil 1). Ocaklar açılmadan önce, yüzeyde yapılan araştırmalarla birlikte, özellikle örtülü arazilerde, ortamdaki bitkisel toprak, örtü malzemesi veya ayrışmış malzemenin altındaki ana kayanın incelenmesi için araştırma sondajı ve galerilerinden yararlanılmasının yanı sıra, jeofizik araştırmaların (sismik, jeoradar vb.) yapılması gereklidir. Bu araştırmalar ile ocak yerlerindeki etkin jeolojik faktörler, ocak açılmadan önce mümkün olduğunca belirlenir (Çizelge 2).

Kayaların jeolojik, yapısal ve metamorfik geçmişleri kaya kalitesi üzerinde oldukça etkilidir [5]. Kaya gruplarının genel özellikleri birçok kaynakta bulunmaktadır. (Örn. [13; 15; 16]). Farklı kökenli kumlar, çakıllar ve kayalar,

bunların agrega olarak kullanılmaları durumunda oluşturabilecekleri problemler ile dikkat edilmesi gerekli hususlar Çizelge 3'de özetlenmiştir.



Şekil 1. Ocak Yeri Seçiminde Aşamalar

Çizelge 2. Agrega Kaynakları ile İlgili Mühendislik Jeolojisi Araştırmaları

Araştırılması Gereken Unsurlar	Araştırma Yöntemleri	Verilerin Değerlendirilmesi
Önceki çalışmalar	Literatür, rapor, harita, CBS ve uzaktan algılama verileri, hava fotoğrafları, uydu görüntülerinin vb. sağlanması	Öcak yerinin belirlenmesi
Öcak yerindeki malzemenin jeolojik özellikleri (Malzemelerin türleri, stratigrafik konumları, ardalanmaları, kalınlıkları ve birbirleriyle olan ilişkileri) Dayk vb. sokulumların yoğun olduğu alanlar	Saha çalışması Yeraltı araştırmaları (Araştırma çukuru, sondaj, araştırma galerileri, jeofizik yöntemler vb.) Temsili örnekleme (yüzeyden örnekleme, sondaj karotları)	Rezervin saptanması Stok sahası seçimi Üretim sistemi (Patlatma ve kırıcı dizaynı)
Topografik ve jeomorfolojik koşullar	Saha çalışmaları Hava fotoğrafları, uydu görüntüleri vb. incelenmesi	İşletme projesi Öcak verimi
Örtü malzemesi kalınlığı	Yüzey ve yeraltı çalışmaları	Örtü malzemesi ve miktarı
Kayalardaki birincil süreksizlikler (Tabakalanma, şistozite, lineasyon vb. yapıların yatay ve düşey doğrultudaki değişimleri, yönelimleri, kalınlıkları ve ilişkileri)	Saha gözlemleri Yeraltı araştırmaları	Kazı öncesi ve sonrası stabilite Öcaktaki malzemenin değişimi ve uygunluğu
İkincil süreksizlikler (Fay, eklem, kırılma vb.), yüzey ve yeraltındaki değişimleri Süreksizliklerin mühendislik özellikleri (doğrultu ve eğimleri, açıklıkları, dolguları, ilişkileri, yoğunlukları vb.) Mikroçatlak yoğunluğu	Hava fotoğrafları, uzaktan algılama vb. Saha gözlemleri Yeraltı araştırmaları Petrografik incelemeler	Ürün kalitesi (agrega tane şekli, ince madde oranı, dayanım, durabilite vb.) Zararlı reaksiyonlar
Mineralojik ve petrografik özellikler (Öcaktaki kaya türlerinin modal bileşimleri, doku-fabrik, tane boyu, tane sınırları vb.)	Mineralojik ve petrografik araştırmalar (Polarizan mikroskopu ile inceleme, XRD Analizleri, SEM görüntüleri vb.)	Tehlikeli bileşenler ve insan sağlığına etkisi Malzemenin etkin değerlendirilmesi
Kimyasal özellikler Zararlı Kimyasal Bileşenler	Kimyasal analizler	Çevresel Etkiler-ÇED Raporu
Kayacın jeomekanik özellikleri (yoğunluk, porozite, su absorpsiyonu, direnç, elastisite modülü, ultrasonik hız vb.)	Laboratuvar deneyleri (Yüzey numunesi ve sondaj karotları üzerinde) Pratik arazi testleri	Auk ürünler Öcak yerinin rehabilitasyon ve renovasyonu
Agregaaların fiziksel ve mekanik özellikleri, dinamik parçalanması, aşındırabilirliği, durabilitesi (alkali-agrega reaksiyonu, donma-çözülme vb.)	Laboratuvar deneyleri (Yüzey numunesi ve sondaj karotları üzerinde)	Ekonomik analiz Yatırım (Tesis, enerji, nakliye yolu vb.)
Malzeme özelliklerinin kullanım yerindeki performansına etkisinin araştırılması	Performans deneyleri Uygunluk kriterleri	Maliyet analizi (sabit ve değişken maliyetler)
Ayrışma tipi, derecesi, derinliği vb (Kayada ve süreksizlik yüzeylerinde)	Yüzey ve yeraltı araştırmaları Mineralojik ve petrografik araştırmalar Kimyasal Analizler Laboratuvar deneyleri	Pazar araştırması (yıllık tüketim, güncel üreticiler vb.) Nakliye ve pazarlama
Hidrotermal Alterasyon (klorit, epidot, ikincil kalsit vb. oluşumu)	Yüzey ve yeraltı araştırmaları Mineralojik ve petrografik araştırmalar Kimyasal Analizler	
Yüzey ve yeraltı suundaki değişimler	Yüzey ve yeraltı araştırmaları Kimyasal analizler	

Çizelge 3. Farklı Agregalar, Oluşturabilecekleri Problemler ve Dikkat Edilecek Hususlar

Kayaç Türü	Dikkat edilecek hususlar	Muhtemel problemler
Sedimanter Kayaçlar (Kireçtaşı, kumtaşı, kilitaşı vb.)	Tabakalanma-ardalanma (Yönelim, kalınlık, farklı tabakalardaki bileşim değişimleri)	Karmaşık, heterojen tabakalar Kalite değişimi Yassı ve uzun taneler
	Çimentolanma derecesi ve çimentonun türü	Direnç değişimi
	Kireçtaşları	Erimme
	Çamurtaşı, grovak	Betonda büzülme
	Şeyl, çört, bazı kumtaşları	Alkali-silis reaksiyonu
	Kuarsit	Konkoidal kırılma, köşeli taneler, Üretim maliyeti artışı (Ekipman aşınması, ekipman bakım süresi) Pompalama güçlüğü
	Dolomit içeriği	Alkali-karbonat reaksiyonu
	Mika, jips vb. içeriği (kumtaşlarında)	Aderans düşüklüğü Betonda su ihtiyacı artışı Dayanım ve durabilitede azalma
	Opal, kriptokristalin ve mikrokristalin kuvars, kalsedon içeriği (çatlak ve boşluk dolgu, çimento malzemesi)	Alkali-silis reaksiyonu
	Vermikülit, klorit, mika vb. içeriği (grovak, çamurtaşı vb.)	Alkali-silikat reaksiyonu
	Volkanik kırıntılı içeriği (Tüf, Aglomera, Lapilli v.s.)	Düşük direnç
	Zayıf düzeyler (kilitaşı, marn, kil çimentolu kayaç vb.)	Düşük direnç İnce madde ve yassı tane oranında artış
	Kükürtlü bileşenler, klorür ve sülfat içeriği	Aderans düşüklüğü Demir donatıya etki
	Fosfat mineralleri, flor, sodyum ve silisli bileşikler, Fe, Pb, Cu, Zn, Cd, U, Mn, As, Sb, Hg içeriği	İnsan sağlığı açısından tehlikeli
	Çatlak yüzeylerindeki pirit, kalkopirit	Sülfatların oluşumu
	Fosil ve kavkı içeriği	Düşük direnç
	Organik madde içeriği	Çimento hidrasyon hızı Betonun priz alma süresinde uzama
Volkanik Kayaçlar (Bazalt, andezit, piroklastikler vb.)	Heterojen yapı, yönelmeye bağlı bileşim ve doku değişikliği (farklı fasiyesler)	Kalite değişimi
	Kristobalit, tridimit ve volkanik cam içeriği	Alkali-silis reaksiyonu
	Asidik-ortaç kayaçlar (andezit, riolit, tüf, dasit, andezitik bazalt vb.)	Alkali-silis reaksiyonu
	İnce taneli ve camsı volkanikler	Konkoidal kırılma Keskin köşeli yassı taneler Pürüzsüz yüzeyler
	Hamur malzemesinin türü ve miktarı	Direnç değişimi
	Bazalt, dolerit vb.	Köşeli taneler Betonda büzülme Ekipman aşınması
	Zayıf düzeyler (Bazı tüfler, volkanosedimanter kayaçlar vb.)	Direnç azalması İnce madde ve yassı tane oranı artışı

Çizelge 3' ün devamı

Volkanik Kayaçlar (Bazalt, andezit, piroklastikler vb.)	Opal, kriptokristalin ve mikrokristalin kuvars, kalsedon içeriği (çatlak ve boşluk dolgusu)	Alkali-silis reaksiyonu
	Bazik olanların (bazalt vb.) Cr, Ni, Co, Cu, Fe, Pb, Zn, Cd, Ag içerikleri, Asidik olanların (andezit vb.) Si, Ag, Cu, Pb, Zn, W, Sn, Cd, Mo, U, Th, F, As, Sb, Hg içeriği	İnsan sağlığı açısından tehlikeli
	Zeolit oluşumu	İnsan sağlığı açısından tehlikeli
	Çatlak yüzeylerindeki pirit, kalkopirit	Sülfatların oluşumu
	Gaz boşlukları (bazalt)	Kalite değişimi
Plütonik Kayaçlar (Granit, diyorit, siyenit vb.)	Kayaç değişimleri	Direnç değişimi Tane şekli
	Kristallenme ve kenetlenme derecesi	Direnç değişimi
	Kristal boyutu	
	Mika içeriği (Granitlerde)	Aderans düşüklüğü Betonda su ihtiyacı artışı Dayanım ve durabilitede azalma
	Anklav içeriği	Düşük direnç, kusurlu taneler
	Opal, kriptokristalin ve mikrokristalin kuvars, kalsedon içeriği (çatlak ve boşluk dolgusu)	Alkali-silis reaksiyonu
	Si, Ag, Cu, Pb, Zn, W, Sn, Cd, Mo, U, Th, F, As, Sb, Hg içeriği	İnsan sağlığı açısından tehlikeli
Metamorfik kayaçlar (Gnays, mermer, şist vb.)	Çatlak yüzeylerindeki pirit, kalkopirit	Sülfatların oluşumu
	Genellikle karmaşık ve heterojen yapı	Direnç ve durabilitede değişim Zararlı reaksiyonlar
	Foliasyon, şistozite, klivaj	Zayıflık zonları, Ocak stabilitesinde bozulma
	Kuvarsit	Alkali-silis reaksiyonu Konkoidal kırılma, köşeli taneler, Üretim maliyeti artışı (Ekipman aşınması, ekipman bakım süresi) Pompalama güçlüğü
	Gnays	Alkali-silis reaksiyonu
	Zayıf düzeyler (Yoğun şistoziteli, ince taneli, yoğun deformasyona uğramış, kırıklı)	İnce madde ve yassı tane oranında artış, Aderans düşüklüğü Düşük direnç Ayrışma ve dondan etkilenme Stok süresince yeniden ufalanma
	Metamorfik kuvars içeriği	Alkali-silis reaksiyonu
	Vermikülit, klorit, mika vb. içeriği (filitlerde)	Alkali-silikat reaksiyonu
	Yersel bileşim değişimleri (mika bandları vb.)	İnce madde oranında artış Düşük direnç Aderans düşüklüğü Beton çimento ihtiyacında artış İşlenebilirlikte azalma
	Opal, kriptokristalin ve mikrokristalin kuvars, kalsedon içeriği (çatlak ve boşluk dolgusu)	Alkali-silis reaksiyonu
	Kaynak kaya ile ilgili olarak ortalama Fe, Cu, Pb, Cu, Cr, Cd, Ni, Co, As, Sb, ve Hg içerikleri	İnsan sağlığı açısından tehlikeli

Çizelge 3'ün devamı

Metamorfik kayalar (Gnays, mermer, şist vb.)	Pirit, kalkopirit içeriği	Sülfatların oluşumu
	Kristalizasyon, metamorfizma derecesi ve ürünleri	Alkali-silis reaksiyonu
Denizel çökeller Kıyı çökelleri	Farklı kökenli taneler	Alkali-agrega reaksiyonu Direnci değişimi
	Biçimsiz ve ince dane yoğunluğu	Beton su ihtiyacında artış
	Kavkı içeriği	Düşük direnci
	Klorür ve sülfat içeriği	Aderans düşüklüğü Demir donatıda korozyon etkisi Betonda şişmeye bağlı hasar
Alüvyal çökeller (dere yatağı, alüvyal tıraş, alüvyal koni)	Çok farklı kökenli taneler	Alkali-agrega reaksiyonu
	Çoğunlukla pürüzsüz yüzeyli, yuvarlak taneler (dere yatağı, alüvyal tıraş)	Aderans düşüklüğü
	Tanelerin silisle kaplanması (alüvyal tıraş)	Alkali-silis reaksiyonu
Gölsel Çökeller	Bileşim değişimi	Kalite değişimi
	Kavkı içeriği	Düşük direnci
	Organik madde içeriği	Çimento hidratasyon hızı Betonun priz alma süresinde uzama
	Kil içeriği	Aderans düşüklüğü Beton su ihtiyacında artma Dayanım ve durabilitede azalma
Karasal kum ve çakıllar (rüzgar çökelleri, buzul çökelleri, kolüvyal çökeller vb.)	Çok değişken tane boyu dağılımı	İnce madde oranında artış
	Çok değişken kalınlık ve yayılım	Düşük agrega potansiyeli
	Çok farklı kökenli taneler (buzul çökelleri), Genellikle aynı kökenli taneler (yamaç molozu çökelleri)	Alkali-agrega reaksiyonu
	Fiziksel parçalanma (Buzul çökelleri)	Agrega olarak sınırlı kullanım
	Kil, mika vb. içeriği	Aderans düşüklüğü Beton su ihtiyacında artma Dayanım ve durabilitede azalma

Mühendislik jeolojisi araştırmalarında; ocak yerindeki detaylı jeolojik araştırmaların yanı sıra, ocağı temsil eden örneklemenin yapılması diğer önemli adımlardan biridir. Taşların yüzeylendiği yarmalardan, sondajlardan veya ocakta işletme devam ediyorsa aynalardan örnekleme yapılabilir. Bu işlemin mutlaka konusunda uzman jeoloji mühendisleri tarafından yapılması gereklidir.

Mühendislik Jeolojisi araştırmalarında önemli adımlardan diğeri olan deneysel çalışmalarında, agreganın kullanım alanı ile ilgili olarak uygun deney programının uygulanması gereklidir. Bu deneylerden elde edilen verilere göre; ocaklardan üretilen malzemeler özelliklerine göre mümkün olduğunca sınıflandırılmalıdır. Ayrıca; agregalardaki zararlı ve tehlikeli maddeler ile depolanma sürecinde

agregalarda meydana gelebilecek özellik değişimlerinin (ayırışma, dağılıma vb.) belirlenmesi gereklidir. Özellikle magmatik ve metamorfik kayalarda tehlikeli maddelerin bulunması muhtemeldir. Bu nedenle bu tür kayaların işletilmesi söz konusu olduğunda, işletme öncesi, bu tip kayaların, insan sağlığı açısından toksik özellikler arz eden metal elementlerin konsantrasyonlarının belirlenmesi son derece önemlidir (Çizelge 3).

Mühendislik Jeolojisi araştırmalarından elde edilen verilerin değerlendirilmesi ile; ocak için uygun çıkarma planının hazırlanması, ocaktaki malzemeye uygun üretim prosesinin belirlenmesi, uygun üretim ekipmanının seçimi, üretim maliyetinin (delme, kazma, çıkarma, nakletme) önceden hesaplanması, üretilen malzemenin etkin bir şekilde değerlendirilmesi,

ocaktaki yeraltı suyu durumunun belirlenmesi gibi ocak işletmeciliği açısından oldukça önemli işlemler (Çizelge 2) uygun ve doğru bir şekilde yapılacaktır.

Agrega ocaklarının çevresel etkileri göz ardı edilemez. Bu ocakların en belirgin çevresel etkileri; morfolojinin değişmesi ile arazi kullanımının şekli ve koşullarının değişimidir. Özellikle orman ve tarım arazileri, geniş bir açıklığa dönüşmektedir. Diğer etkiler; bölgedeki canlıların yerleşim alanlarının ve bitki örtüsünün azalması, yerüstü ve yeraltı suyu rejiminin değişmesi, çevreye yayılan tozlar nedeniyle su kaynakları ve havanın kirlenmesi, gürültü, patlatma etkileri, erozyon ve görüntünün bozulmasıdır. Bu yüzden bu tür ocakların çevreyi etkileme düzeyleri önceden belirlenmelidir. Uygun olmayan çevresel koşullar rezervlerin değerlendirilmesini kısıtlayabilir. Madencilik nedeniyle, çevresel etkilerin yoğunluğunda jeolojinin önemli etkisi vardır. Bazı jeolojik ortamlar iyi anlaşılır ve kolaylıkla karakterize edilir. Bu tür ortamların çevresel etkilerini belirlemek, ve doğal sistem içerisinde kontrol etmek kolaydır. Ancak, akarsu yatakları, karstik ortamlar ve potansiyel heyelan alanları gibi bazı ortamların çevresel etkilerinin yayılım ve şiddetinin tahmini daha zordur. Ocak çevrelerinde oluşabilecek duraysızlıkları önceden belirlemek ve ocakların çevresel etkilerini değerlendirmek için mühendislik jeolojisi araştırmalarının yapılması gereklidir.

Mühendislik jeolojisi araştırmalarından elde edilen verilere göre hazırlanan "Ocak Yeri Mühendislik Jeolojisi Haritası" önemli ve son adımdır. Bu harita ile; Ruhsat alanında ocağın açılacağı en uygun yerin seçimi, kazı planlaması, kullanılamayacak durumda olan ürünlerin kaldırılması ve depolanmaları için uygun yer seçimi, stok alanının seçimi doğru bir şekilde yapılabilir. Ocak üretim planı detaylı mühendislik jeolojisi haritaları ile ilişkilendirilmezse üretim sırasında beklenmedik problemlerle karşılaşılabilir.

3. SONUÇLAR

Gerek çevresel faktörlerin etkisi, gerekse de günümüzde kullanılan kaynakların azalması, araştırmaları farklı kayaç türlerinin yer aldığı diğer alanlara yönlendirecektir. Son zamanlarda inşaat faaliyetlerinin hızla artması bu ihtiyacı daha hızlı gündeme getirmektedir. Agregalar ile ilgili deney prosedürlerinin giderek gelişmesine rağmen, bu gelişmeler, agregaların iyi temsil edildiğinin garantisini vermemektedir. Ocakların jeoloji ve mühendislik jeolojisi koşullarının ve özelliklerinin ayrıntılı araştırılması, buralardan üretilen malzemelerin kullanım alanlarında sorun yaratmaması, dolayısıyla kullanıldıkları projelerin başarılı olması yönünden oldukça önemlidir. Bu araştırmalar ile ayrıca, iyi kaliteli agregaların, daha düşük kaliteli agregaların kullanılabilmesi alanlarında kullanılması engellenerek, ocak yerlerinde bulunan malzemeler etkin bir şekilde değerlendirilecek ve böylece üreticiye ve ülke ekonomisine önemli katkılar sağlanacaktır.

Özellikle jeolojik açıdan heterojen kaya ortamlarında açılacak ocak yerlerinde, ocak açımı öncesi ve sırasında, çok farklı amaçlar için, ocaktaki malzemenin mümkün olduğunca değerlendirileceği güvenli, ekonomik üretimin sağlanması, üretim prosesinin planlanması, ocak faaliyetlerinin çevresel etkilerinin azaltılması, ortamın mühendislik jeolojisi yaklaşımları ve parametrelerine bağlıdır. Bu nedenle; ocak yerlerinin planlama ve projelendirilmesinde, ortamdaki jeolojik koşulların, ocak yerlerinde bulunan kayaçların jeomekanik özellikleri, yeraltı ve yerüstü suyu durumu, ayrışma gibi diğer faktörlerin bilinmesi, haritalanması ve bunların dikkate alınması gerekmektedir.

Teşekkür

Yazarlar, SET Beton A.Ş.'den Ata FERHATOĞLU ve SOYAK Beton A.Ş.'den Gülenden KARA'ya katkılarından dolayı teşekkür ederler.

Kaynaklar

- [1] Raisanen, M., Quality assessment of a geologically heterogeneous rock quarry in Pirkanmaa county, southern Finland, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 64, 409-418, 2005.
- [2] Van Loon, A. J., The complexity of simple geology. *Earth Sci Rev.*, 59, 287-295, 2002.
- [3] Ramsay, D. M., Dhir, R. K., Spence, I. M., The role of rock and clast fabric in the physical performance of crushed-rock aggregate, *Engineering Geology*, 8, 267-285, 1974.
- [4] Langer, W.H., Geological considerations affecting aggregate specifications. *9th Annual Symposium of the International Center for Aggregates Research, Austin, Texas, April 23-25, 2001.*
- [5] Persson, L., Rock materials for construction: Resources, Properties, Heterogeneity and suitability for use: Examples and Issues from the Precambrian of Sweden, *Proceedings of 9th IAEG Congress, Durban, South Africa*, 105-120, 2002.
- [6] Lizotte, Y.C., Scoble, M.J., Geological control over blast fragmentation. *Can Mining Metallurgical Bull.* 87(983), 57-71, 1994.
- [7] Jern, M., Determination of the damaged zone in quarries, related to aggregate production. *Bull Eng. Geol. Environ.*, 60, 157-166, 2001.
- [8] Briggs, C. A., Bearman R. A., An investigation of rock breakage and damage in comminution equipment. *Miner Eng.*, 9, 489-497, 1996.
- [9] Evertsson, C. M., Cone crusher performance. *PhD Thesis, Chalmers University of Technology, Goteborg*, 2000.
- [10] Stubbs, B. J., Smith, J. V., Weathered bedrock as a source of sand and gravel aggregate in north-eastern New South Wales, Australia. *Environ Geol.*, 32(1), 64-70, 1997.
- [11] Houston, E. C., Smith, J. V., Assessment of rock quality variability due to smectitic alteration in basalt using X-ray diffraction analysis. *Eng Geol.*, 46, 19-32, 1997.
- [12] Lolcama, J. L., Cohen, H. A., Tonkin, M. J., Deep karst conduits, flooding, and sinkholes: lessons for the aggregates industry. *Engineering Geology*, 65, 151-157, 2002.
- [13] Smith, M. R., Collis, L., (eds), Aggregates. *Geological Society Engineering Geology Special Publication*, Vol 9. 339 p., 1993.
- [14] McNally, G.H., Soil and Rock Construction Materials, *E & FN Spon London*, 403 p., 1998.
- [15] Johnson, R.B., DeGraff, V.J., Principles of Engineering Geology, *John Wiley and Sons Inc. (Publisher)*, New York, 497 p., 1988.
- [16] Goodman, R. E., Engineering Geology, Rock in Engineering Construction, *John Wiley and Sons Inc. (Publisher)*, 412 p., 1993.

İstanbul-Ömerli Taş Ocaklarının Kırmataş Açısından Değerlendirmesi

Evaluation of the Quarries of Istanbul-Omerli with Respect to Aggregate Production

Bektaş UZ⁽¹⁾, Gürkan BACAK⁽²⁾, Şenel ÖZDAMAR⁽¹⁾, Halil SARICAOĞLU⁽³⁾, İsmail HALEZAROĞLU⁽³⁾

¹İTÜ, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34390, Maslak, İstanbul, ²ZKÜ, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 67100, Zonguldak ³Oyak Beton Anonim Şirketi, İstanbul

uz@itu.edu.tr, bacakgur@karaelmas.edu.tr

ÖZ: İstanbul Türkiye' nin en büyük şehri olarak artan nüfusla birlikte yapılaşmada büyük bir büyüme sürecine girmiştir. Yapılaşma ile birlikte yüksek dayanımlı beton üretiminde doğal agregaların istenen standartları desteklemesi yetersiz hale gelmiştir. Jeolojik olarak Ömerli kırmataş ocaklarında 3 farklı seviye belirlenmiştir. Üstte karstik boşluklu faylı-kırıklı terra rosa oluşumları ve ikincil kalsitleşmenin olduğu seviye vardır. Orta kesimde yoğun faylı düzensiz tabakalı, killi-karbonatlı ve yerel yapraklanma ve kırılanmalar izlenen seviye yer alır. Tabanda ise kalın tabakalı, kıvrımlı yapılar ve yerel ikincil kalsitleşmenin olduğu az deforme, masif kesim bulunur. Petrografik olarak yüzeyde %19.25-43.50 oranında dolomit ve yoğun ikincil kalsitleşme belirlenmiştir. Alt kesimde ise dolomit oranı %4.5 oranında olup, üstten alta doğru oran azalır. Beton agregası üretiminde bölgede üretilen malzemeler, aklali silika oluşturacak bileşenler (kalsedon, opal, flint vs.) ve Cl, SO₄ içeriği açısından istenen standartların altında bulunmaktadır. Fiziko-mekanik testlerden elde edilen sonuçlar ise beton için uygun ve kabul edilebilir değerlere sahiptirler (yassılık, kavkı, ince malzeme içeriği %1.5-3, aşınma deneyi %10-20, donma ve çözünme).

Anahtar kelimeler: Ömerli, Aggrega, Dolomit, Petrografi, Beton

ABSTRACT: Istanbul is the biggest city of Turkey with its steadily construction activity with respect to that increase in population. Thus, the uses of just natural aggregates are inadequate for the production of high strength concrete and the desired standards. Geologically 3 distinct levels were determined at the Omerli aggregate quarries. Within the upper level, karstic hallowed, faulted, fractured terra rose occurrences are found. Within the middle level, immense faulting, irregular stratification, clayey-carbonated, locally foliated and fractured thin zones were observed. Within the base level the zone, thick layered, folded structures, locally secondary calcite, less deformed, massive, is found. Petrographically within the upper level 19.25-43.50% percentage of dolomite and great deal of secondary calcite were determined. At the base, dolomite content is about 4.5% and is getting decrease from top to bottom. The natural materials produced within the region for concrete aggregate are of under values of desirable standard limits with respect to their alkaline silica composition (chalcedony, opal, flint etc.) and Cl, SO₄ content. The results for the concrete carried out from the physico mechanical tests are of appropriate and acceptable values (flatness, shell, fine material content 1.5-3%, wearing test 10-20% and freezing-dissolving).

Key words: Omerli, Aggregate, Dolomite, Petrography, Concrete

1. GİRİŞ

İstanbul ve çevresinde, şehirleşmeye ve hızla artan nüfusa paralel olarak, yapılaşmada da özellikle 17 Ağustos 1999 deprem olayı sonrası, zeminlerin önem kazandığı gibi üst ve üst yapılar da gelişen teknolojilere bağlı olarak, yüksek performanslı beton üretimleri ön plana geçmiştir. Buna bağlı olarak, yüksek dayanımlı beton üretimleri için gerekli olan agregaların standartlara uygunluğunu istenmektedir. İstanbul ve çevresinde bilinen jeolojik yapılaşmaya bağlı uygun agrega (kırmataş) ocakları, şehirleşme ve yapılaşmalar sonucu, ortaya çıkan çevre sorunları nedeniyle, en verimli olacağı bir evrede dahi, kapatılmaktadır. Şehirleşme ve ocak alanları arasında çevre ve benzeri sorunlar gün geçtikçe artmakta ve çözümü güç bir yöne doğru gitmektedir. Diğer yandan, İstanbul'da yapılaşma için gerekli olan yüksek performanslı beton üretimi için gerekli kırmataş üretim ocakları, yok olurken, daha uzak yörelerden taşınan malzemeler ise maliyeti artırmakta, yol-ulaşım ve kalite açısından sorunları da beraberinde getirmektedir. Bu araştırmada konu olan Ömerli bölgesi kırmataş üretim bölgesi, İstanbul civarında varolan toplam 5-6 üretim alanlarından birini ve yakınlığı nedeniyle en önemli olanıdır (Şekil 1). Ömerli bölgesi kırmataş ocakları (Koç-Haf. Ve İstaş ve civarı diğer yapı-maden eski ocakları ve diğer) esasen Marmaray Tüp Geçit Projesinin Anadolu yakasında beton yapılar da kullanımı ve teminini üstlenen Oyak-Beton A.Ş.-İTÜ Maden Fakültesinden destekle, saha bazında jeolojik-yapısal, laboratuvar bazında ise mineralojik-petrografik ayrıntılı incelemeler yapılmıştır.

Bu araştırmada, İstanbul'un Anadolu kesiminde Ömerli kırmataş üretim bölgesinde yer alan Koç-Hafriyat, ve eski yapı maden ocakları ile İSTAŞ ocak alanları ayrıntılı olarak cademeler bazında olmak üzere jeolojik-yapısal özellikler (formasyon, tabaka, kırık sistemleri, ve sistematik örnekleme ve fotoğraf, jeolojik mine kesitler) ortaya konmuştur. Laboratuvar bazında ise koç ocağından toplam 9 adet İSTAŞ ocağından 6 örnek üzerinde, mineralojik-petrografik, XRD, kimyasal ana element ve Cl, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ analizleri yapılmıştır. (Petrografik incelemeler ASTM/Ca 295 -03 ve TS-EN-14620 CI-S04 içerikleri) denetlenmiştir. Tüm bu saha

ve laboratuvar inceleme verileri ışığında, Ömerli bölgesi kırmataşlarının Marmaray-tüp geçit projesine uygunluğuna yönelik yorum ve değerlendirmeler yapılmıştır.

2. JEOLJİ

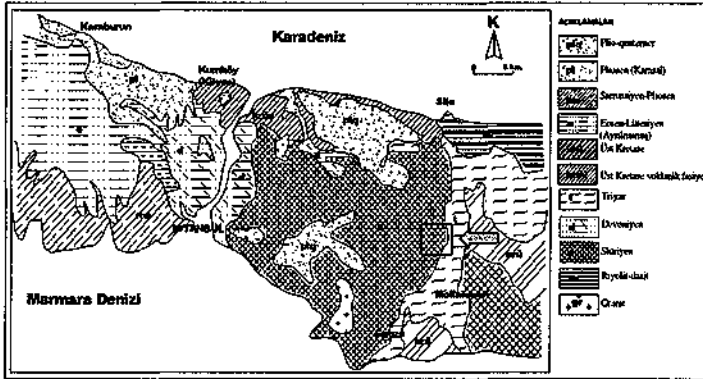
2.1. Bölgesel Jeoloji

İnceleme alanı Ömerli kırmataş bölgesi, İstanbul'un Anadolu yakasında yer almaktadır (Şekil 1). Bu alanın başlıca kaya-stratigrafi birimleri, İstanbul temelini oluşturan Paleozoyik istifisi ile daha doğu alanlarda onun üzerinde yer alan Triyas ve Tersiyer yaşlı çökellerden oluşmaktadır. İnceleme alanı ve yakın çevresi (Şekil 2) tamamen İstanbul Paleozoyik istifi içerisinde kaldığı için, " Bölgesel Jeoloji " başlığı altında, sadece İstanbul paleozoyiği tanıtılacaktır. Bu istif Ordovisiyen ile Karbonifer arası dönemde gelişmiş çökel kayaçlarını kapsar.

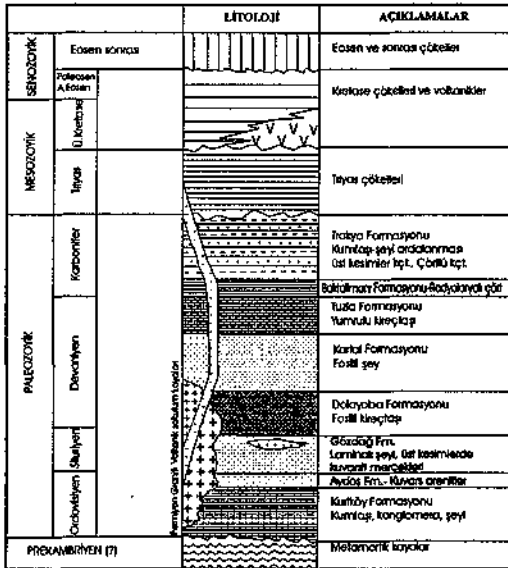
İstanbul Paleozoyik istifinin tabanında Orta Ordovisiyen ve öncesi yaşlı Kurtköy Formasyonu bulunur. Bu seviye mor renkli kumtaşı-çamurtaşı ardalanmalıdır. Bu formasyon üzerine şeyl-silttaşı ara katlı pembe alacalı ve beyaz renkli feldspatca zengin kuvars arenitler Aydos Formasyonu olarak adlandırılır. Orta-Ordovisiyen yaşlı bu formasyon üzerine uyumlu olarak aynı yaşlı Gözdağ Formasyonu, alt kesimleri yeşilimsi koyu-gri renkli şeyler, aralarında feldspatik kumtaşı ve şamozit ara tabakaları ve ara katlılarını içerir. Gözdağ formasyonunun kuvars-granit mercekli şeyleriyle girik koyu-mavi-gri renkli karbonat fasiyeslerinden oluşan Dolayoba Formasyonu Alt Silüriyen-Alt Devoniyen yaşında olup, gri-mavi renkli kireçtaşları şeklindedir. Bu formasyon üzerine, sarımsı-kahve-gri renkli, iyi yapraklanmalı, fosilli, mikali ve feldspatlı silttaşı-kumtaşı ara katlı şeylerden oluşan Alt-Orta Devoniyen yaşlı Kartal Formasyonu gelmektedir. Bu formasyon üzerine mavimsi-gri renkli masif kireçtaşlarına geçer. Bunlar üstte doğru mikritik kireçtaşları ile alacalı-sarımsı kahve renkli şeyl ardalanmalı Tuzla Formasyonu olarak tanımlanır. Tuzla Formasyonu, alt kesimde masif kireçtaşları genelde kalın tabakalı üstte doğru karbonat-çamurtaşı şeklindedir. Bu formasyon, Orta - Üst Devoniyen yaşlıdır. Tuzla formasyonu üzerine tedrici olarak radiolaryalı

çörtler Baltalimanı Formasyonu olarak tanımlanır. Alt Viziye yaşlı bu birim, sık kıvrımlı, siyah renklidir ve fosfat yumruları içerir. İstanbul paleozoyik istifinin en üstünde Tuzla formasyonu formasyonunu takiben, yeşil-gri renkli ince tabakalı ve laminalı şeyl, merceksef çakıtaşı ve türbiditik kumtaşı aralanmasından oluşan Trakya Formasyonu yer almaktadır. Trakya Formasyonu içinde kalsit

türbiditik kireçtaşları seviyeleri Cebecikçöy alkeri olarak bilinmektedir. Trakya Formasyonu ve kapsadığı Cebecikçöy kireçtaşı Karbonifer yaşıdır. Ömerli bölgesinde kırmataş ocaklarının bulunduğu seviye, İstanbul Paleozoyik istifinde yer alan Alt Silüriyen-Alt Devoniyen yaşlı Dolayoba Formasyonu içerisinde yer almaktadır. Bu formasyon esasen, mavi-gri, beyaz tonlarda kireçtaşlarından oluşmaktadır.



Şekil 1. Çalışma Alanı ve Çevresi Basitleştirilmiş Jeoloji Haritası [3]



Şekil 2. İstanbul Paleozoyik İstifinin Genelleştirilmiş Dikme Kesiti [4]

2.2. Ömerli Kırmataş Ocak Alanları Jeolojisi (Yerel Jeoloji)

Bölgesel jeoloji'de verildiği gibi, Ömerli bölgesi kırmataş ocaklarında yer alan kireçtaşları, tabanında Orta-Ordovisiyen yaşlı yeşilimsi-koyu gri renkli şeyler ve arakatlı feldspatik kumtaşları ve Şamozit arakatlılarından oluşan Gözdağ Formasyonu bulunmaktadır. Bu formasyonun şeyleriyle girik koyu mavi renkli karbonat fasiyesi Dolayoba (Alt Silüriyen-Orta Devoniyen-Ömerli bölgesi kireçtaşları). Bu seviye üzerine ise kahve-gri renkli fosilli-mikalı-feldspatik, silttaşı-kumtaşı Arakatlı Alt-Orta Devoniyen yaşlı Kartal Formasyonu gelmektedir. Buradan hareketle, Ömerli kırmataş ocaklarının yer aldığı ve Dolayoba Formasyonu (Alt-Silüriyen Orta Devoniyen) mavi-gri renkli kireçtaşlarından oluşmakta olup, tabanında Orta-Ordovisiyen yaşlı şeyler-arakatlı feldspatik kumtaşları yer almakta, üstünde ise Alt-Orta Devoniyen yaşlı silttaşı-kumtaşı ardalı Kartal Formasyonu bulunur [6, 7].

Koç Hafriyat ve Madencilik Ltd. Şti.'ye ait IR. 2i/3 ruhsat nolu mermer (kalker) ruhsatlı 250 hektarlık alanda, büyük ocak, elipsoidal kesitli uzun eksenli K30-35° KD yönelimli 375-400 m., küçük eksenli 250 m.dir. 80-100 bin m² bir yüzey kesit alanına sahiptir. GPS ölçümleriyle ocak yüzeyde +35 m. kotundan başlayarak 3 kademe olmak üzere tabanda -35 metre böylece toplam düzeyde 70 metre civarında bir derinliğe sahiptir (26/02/2006 günü itibarıyla). Genel şekli ve boyutları verilen ocakta 3 kademe bulunmaktadır. 1.kademe +35 ile +17 m. kotları arasında, 2. kademe +17 ile -30 m. kotları arasında, 3. kademe -30 ile -35 m. kotları arasındadır. Buradan, 1.ci kademe yaklaşık 18 m., 2. kademe 47 m. 3.cü kademe ise ancak 5 metre kalınlıklara sahiptir. Koç-Hafriyat kırmataş ocağı jeolojik ve yapısal yönden, faylı-kırıklı, ezikli zonlar içeren, tabaka kalınlıkları değişken, doğrultu ve eğimleri sıkça değişmektedir.

2.2.1. Kademelerin Jeolojik-Yapısal Özellikleri

1. Kademe (En üst zon, +35 m ile +17 m kotları arası): Yüzey olarak ocağın en geniş

alanını oluşturmaktadır. Bu kademeden üzerinde yerel olarak kalınlıkları değişen (0,5 m-10 m) kireçtaşlarının ayrışım ürünü olarak kahve-kırmızı renkli "Terra Rossa" toprak seviye yer almaktadır.

Ocağın batı kesiminde kireçtaşları kırmızı terra rossa toprağı ile iç içe konumdadır. D-B (doğu-batı) yönlü ve 75° güneye eğimli paralel fay zonları içinde kireçtaşlarında yapraklanmalar ve ezilmeler ve bademli yapılar etkin biçimde gelişmiştir. Tabakalanma K 50° B yönelimli olup, 40° GB' ya daldırılmıştır. Ayrıca, aşırı deformasyon sonucu oluşan zayıf zonlara ikincil beyaz kalsit dolgulanmaları (kalsitleşme) meydana gelmekte ve tabaka kalınlıkları 15-30 cm kalınlıklarda ve deformasyonlar sonucu tabakalaşma yönelim ve eğimlerinde değişimler izlenmektedir.

Ocağın birinci kademesi, doğu kesimde, daha geniş bir alanı kapsamaktadır. Burada, kireçtaşlarında tabakalaşma K 20° B doğrultulu, 70° güney batıya daldırılmıştır. Bu seviyede, kireçtaşları, aşırı derecede faylı, kırıklı, ezikli yerel olarak yapraklanmalar yaygındır. İkincil kalsitleşme batı kesime oranla daha az orandadır. Kademeden 50 m. batısında, tabakalaşma ölçümleri değişmekte K50°B doğrultulu ve 55° güney batıya daldırılmıştır.

2. Kademe: (Ocağın Orta Seviyesi) (+17 m ve -30 m Arası): İkinci kademe olarak tanımlanan ara zon, 1 ve 3.cü kademeler arasında ve toplam 47 metre kalınlığa sahiptir. Kireçtaşları bu seviyede, masif, kompakt, kalın ve düzgün tabakalı olup, birinci kademeden farklı özelliklere sahiptir. Tabakalaşma K 15° D yönelimli, 60° kuzey batıya daldırılmıştır. Kireçtaşları masif, kompakt özellikte olmasına karşın, belirli zonlarda faylı-kırıklı ve ikincil kalsitleşme dolgularına rastlanır. Ayrıca tabakalaşmalar, faylanmaları ve sıkışmalar sonucu, tabakalarda 70° lik dikleşmeler ve 5-10 cm.'ye kadar incelmeler izlenir. Ayrıca, bu deformasyonlar sonucu, tabakalaşmalarda K40°B yönelimleri, ayrıca faylanmalar ise K25°B 15° GB'ya daldırılar gösterir. Tabakalar arasında, hareketlenmeler sonucu 3-5 cm.lik laminalı, yapraklı, siyah renkli killi ve karbonatlı zonlar gelişmiştir. Faylı tektonik

deformasyon zonlarında, kalsitleşme (ikincil) ve yapraklanmalar izlenir.

3. Kademe (Taban Seviye): Bu seviyede tabakalar diğer iki üst kademelere oranla, masif, yoğun, kalın tabakalı, bol ikincil kalsitli

ve tabakalaşma K-G doğrultulu ve yaklaşık 40° güneye dalımlıdır. Tabaka kalınlıkları 0,60-1,00 m arası değişmektedir kademelerde izlenen jeolojik ve yapısal özellikler Çizelge 1'de kısaca özetlenmiştir.

Çizelge 1. Koç-Hafriyat Kırmataş Ocağında 3 Farklı Kademede İzlenen Jeolojik ve Yapısal Özellikler

Tespit Edilen Jeolojik ve Yapısal Özellikler	Kademeler		
	1. Kademe	2. Kademe	3. Kademe
Fay-kırık zon	Çok sık rastlanan eğik paralel faylar	Orta sıklıkta dik paralel faylar	Daha az oranda
Yapraklanma	çok yaygın (% 50 fazla)	Orta düzeyde (% 30-75)	Nadiren veya yok
Nodüler Bademli yapı	Çok yaygın	Yok	Yok
Tabaka yapıları	İnce laminalı veya çok kırıklı yapraklanma çok (5-10 cm)	Orta kalınlıkta arada killi-karbonlu zonlar (15-30 cm)	Kalın tabakalı masif yapılar altında (0,60-1,00 m)
Kalsitleşme (ikincil)	Az oranda	Bol oranda	Az veya yok
Tabakalaşma	Az eğimli (35-40°)	Çok eğimli (65-70°)	Az eğimli (35-40°)
Bloktaş verimi	Parçalı orta-ince boyutlu (5-20 cm)	Orta ve orta iri boyutlu (20-45 cm)	Orta-iri ve iri boyutlu (55-70 cm)-bazen 1-2 m.
Yapısal sadelik (Homojenlik)	Düzensiz çok farklı	Değişken	Sade-az çok düzenli

2.2.2. Koç-Hafriyat Küçük Ocak (Kuzeyde) ve Eski Yapı Maden Ocakları

Koç-Hafriyat büyük ocağın kuzeyinde yeralan küçük ocak ve eski yapı maden ocakları, bugün için üretim yapılmamaktadır. Bu ocak alanları üzerinde yaygın ve kalın bir kırmızı Terra Rossa ayrışım zonu yeralmaktadır. Bu ocak alanlarının jeolojik-yapısal özellikleri özetle; kalın toprak örtü, bazı kireçtaşı bloklarını tamamıyla sarmış, oldukça bu ayrışım ocak aynalarında da izlenmiştir. Faylı, kırıklı, ezikli ve deformasyon geçirmiş olan kireçtaşları yüzeylemeleri, aynalarda çok parçalı ve ezikli yapılar sunarlar. Bazı seviyelerde ise yapraklanmalar yaygın olarak izlenir. Ayrıca ikincil kalsitleşmeler mevcuttur.

2.2.3. Petrografi-Jeokimya

Koç Hafriyat Madencilik büyük ocağından alınan kayaç örnekleri, ASTM, C - 295-03 standardına göre petrografik olarak incelenmiş, ayrıca x-ışınları difraksiyon (XRD) metodu ile analizleri yapılmıştır. Ayrıca örneklerin kimyasal olarak da analizleri yapılmış ve jeokimyasal açıdan yorumlanmıştır. Böylece kayaç örneklerinin ana element oksit bileşenleri ile Cl ve SO₄ içerikleri ortaya konmuştur.

Tüm petrografik ayrıntılı çalışmalar özetle aşağıda Çizelge 2'de, ana element kimyasal analiz değerleri Çizelge 3'de ve kademelerin çeşitli kimyasal özellikleri Çizelge 4'de özetlenmiştir.

Çizelge 2. Koç Hafriyat Madencilik Kırmataş Ocağının 3 Farklı Kademelere Ait Örneklerinin Mineralojik-Petrografik Özellikleri

Mineralojik-petrografik özellikler	Kademeler		
	1. Kademe	2. Kademe	3. Kademe
Makroskopik Özellikler	Gri koyu renkli çatlaklarda gri renkli sıvamalar (sık) kalsit damarla	Koyu gri siyahımsı sıkça ikincil kalsit damarlarıyla kesilmiştir.	Koyu gri siyah renkli masif, kompakt, ikincil kalsit dolgulara rastlanır.
Mikroskopik Özellikler	Bol fosilli mikritik kireçtaşı, ince yapraklanmalı, arada opak demiroksitli mineraller izlenir. Yapraklı zonlarda %2,25 kuvars içerir. Reaktif silis kökenli parçaları yoktur.	Mikritik-sparitik kireçtaşı bol oranda ikincil kalsit kristalleri içerir. Daha az oranda dolomit'e rastlanır. Erime boşlukları demiroksit az kil dolguludur. %1 oranında hematit vardır.	Mikritik, kısmen (az) rekristalize kalsitli toplam kalsit %90'dır. Fosil kavrı izleri var. %3-4 ikincil kalsit dolgular ve %2 opak tüm kayaca dağılmıştır. Reaktif silis kökenli parçalara rastlanmıştır. Kuvars yoktur.
Modal oran (%), Mineraller	*Kalsit (Mikritik) 73.9 *Kalsit (İkincil) 20.15 *Dolomit (2.cil) 2.00 *Hematit+kil 1.65 *Kuvars 2.25	*Kalsit Mikritik) 69.35 *Kalsit (ikincil) 15.75 *Dolomit (ikincil) 5.90 *Kil (İllit) 3.00 *Hematit-limonit 1.00 *Kuvars 5.00	*Kalsit (Mikritik) 59.65 *Kalsit (İkincil) 33.75 *Dolomit (İkincil) 4.48 *Hematit 2.21
Diğer Özellikler	Kayaçta kesen ikincil kalsit kristalleri yanında daha az oranda dolomit kristalleri (% 2.25) var. 2.ci örnekte erime boşlukları içinde kil ve opak (%1.75) minerallere rastlanır.	Kayaç bol oranda ikincil kalsitler izlenir. Dolomit % 6 Kuvars % 5 oranlarındadır. Kil (İllit) % 3 ikincil örnekte % 3 fosil kavrıları vardır ve % 10 opak mineral	Sparimikritikse, fosilli kireçtaşıdır. Kayaçta mineral tane boyutları ince-iri tanelidir. Örnek 6'da kavrı oranı % 6'dır.

Çizelge 3. Koç Hafriyat Büyük Ocaktan Alınan Örneklerin Kimyasal Analiz-ana Element, Cl ve SO₄ Değerleri

Ana Element	N.1 3.Kad.	N.2 2.Kad.	N.3 1.Kad.	N.1a 1.Kad.	N.2b 1.Doğu	N.3c 2.Kad.	N.4d 2.Kad.	N.5e 3.Kad.	N.6f 3.Kad.
SiO ₂	4.20	7.30	6.15	10.89	5.02	15.74	12.13	2.02	8.20
Al ₂ O ₃	1.01	1.63	1.50	1.83	0.95	2.63	1.05	0.63	1.70
Fe ₂ O ₃	0.22	0.45	0.52	1.21	0.62	2.10	2.15	0.45	0.92
MnO	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MgO	1.49	3.02	2.10	0.65	1.66	6.13	6.10	1.98	6.10
CaO	51.81	48.52	49.66	47.36	50.62	38.33	41.22	51.28	44.34
Na ₂ O	0.05	-	0.05	0.03	0.03	0.03	0.06	0.10	0.03
K ₂ O	-	0.05	0.05	0.018	0.01	0.10	0.10	-	0.07
LOI (CO ₂)	41.1	38.71	40.67	38.00	41.08	34.93	37.18	42.63	38.63
Cl	0.07	0.035	0.035	0.004	0.003	0.002	0.002	0.004	0.005
SO ₄	<0.02	<0.02	<0.02	0.004	0.004	0.02	0.02	0.006	0.02

Çizelge 4. Koç Hafriyat Madencilik Kırmataş Ocağının Farklı Kademelerde Kimyasal Özellikleri

Kimyasal Özellikler (%)	1. Kademe	2. Kademe	3. Kademe
SiO ₂ (Silis Oranı)	4.2 - 5.02 - 10.89	7.30 - 15.74 - 2.13	6.5 - 8.20
Al ₂ O ₃ (Alüminyum)	1.83 - 1.01 - 0.95	2.63 - 1.63 - 1.05	1.50 - 1.70
Fe ₂ O ₃ (Toplam Demir)	1.21 - 0.22 - 0.62	6.13 - 3.02 - 2.15	0.52 - 0.92
MgO (Magnezyum)	0.65 - 1.49 - 1.66	6.13 - 3.02 - 6.10	2.10 - 6.10
Cl (Klor)	0.004 - 0.003 - 0.07	0.002 - 0.035	0.005 - 0.035
SO ₄ (Sülfat)	0.004 - <0.02	0.02 - <0.02	0.02 - <0.02

2.3. Ömerli (Şile) Bölgesi İstaş Kırmataş Ocağının Jeolojik Ve Yapısal Özellikleri

Ömerli bölgesinde kırmataş ocaklarına ait alan içinde Koç-Hafriyat ve civarı ocaklar yanında İSTAŞ kırmataş ocağı yer almaktadır. Aynı yörede (1.5 km mesafede batısında) yeralan Koç ocağı ile karşılaştırmak amacıyla bu çalışmada yer almıştır. İSTAŞ ocak alanı KB, GD uzun eksenli (360 m.) küçük eksenli 170 m. olan yaklaşık 3000 m²'lik elipsoidal bir yüzey kesitine sahiptir. Ocakta yer alan kırmataş oluşturan kireçtaşları yüzeyde yoğun ve değişken kalınlıkta Terra Rossa toprağı ve karstik boşluk dolgularına rastlanır. Burada birinci kademe olarak dikkate alınan kesimde, kireçtaşları terra rossa ve karstik dolgular şeklinde değişken boyutta bloklar halinde izlenirler. ikinci kademe olarak ocak içi çalışan ocak ve aynalarda izleneceği gibi,

tabakalaşmanın sürekli yön ve eğim değişiklikleri gösteren, aşırı faylanmalar ve arada masif yapıli kireçtaşı zonları, üretim yapılan kesimleri oluşturur. Faylanmalar, ve deformasyonlar sonucu, tabakalar arası (1-3 cm) koyu gri-siyah renkli killi-kartonlu zonlar ve deformasyondan etkin olduğu kesimlerde ise ikincil kalsitleşmeler yaygındır. Ayrıca ezik-kırıktı zonlar içinde 15-20 m.lik ara zonlarda andezit (4-5 m.) dayklarınca kesilmiştir.

2.4. İstaş Kırmataş ocağının mineralojik-petrografik özellikleri

İstaş kırmataş üretim ocağının saha ve laboratuvar verileri, değerlendirmeleriyle ayrıca Koç Hafriyat ile yapılan karşılaştırmaları çizelgeler halinde verilmiştir. İstaş kırmataş ocağının istenmeyen özellikleri, dolomit oranının çok yüksek olmasıdır (% 37).

Çizelge 5. İstaş Kırmataş Ocağının Mineralojik-Petrografik Özellikleri

ÖRNEKLER	Makroskopik Özellik	Mikroskopik Özellikler	Mineral bileşim (%)	Kimyasal Özellik (%)
No/1	Gri-siyah renkli ikincil kalsitleşmeler erime boşluklarında kil ve Fe dolgulu	Fosilli - Mikritik dolomit % 3	Kalsit 81.0 Kalsit (2) 13.45 Dolomit 3.0 Demir 1.00 Kuvars 1.55	Cl 0.006 SO ₄ 0.002 SiO ₂ 2.70 Al ₂ O ₃ 0.41 Fe ₂ O ₃ 0.12 MgO 1.60 Na ₂ O 0.05
No/ 2	Gri - siyah ikincil kalsitleşme var	İleri derecede dolomitleşme "DOLOTAŞI" ikincil kalsit	Kalsit 64.40 Kalsit(2) 14.80 Dolomit 15.80 Kuvars 4.30 Opak 0.70	Cl 0.008 SO ₄ 0.003 Al ₂ O ₃ 0.70 MgO 20.18
No/3	Siyahimsi -gri kalsit damarlı	Yarı reksizatalize, mikritik dokuda orta derecede dolomitleşme, fosilli dolomit oranı % 10 civarında (altında)	Kalsit 76.00 Kalsit(2) 12.50 Dolomit 8.70 Kuvars 1.50 Opak 1.30	Cl 0.003 SO ₄ 0.005 SiO ₂ 4.00 Al ₂ O ₃ 5.56 Fe ₂ O ₃ 0.25 MgO 2.10
No/5	Siyah-gri tonlarda renkli ikincil kalsit bol oranda	Rekristalize, Mikritik kireçtaşı bol kalsitleşme dolgulu, dolomitleşme yüksek (% 37)	Kalsit 49.00 Kalsit(2) 12.50 Dolomit 36.85 Kuvars 0.75 Opak 0.90	Cl 0.003 SO ₄ 0.004 SiO ₂ 3.10 Al ₂ O ₃ 0.38 Fe ₂ O ₃ 0.80 MgO 30.30

Koç Hafriyat ocağında; birinci kademe'de dolomit oranı % 32.25-43.50 oldukça yüksektir. İkinci kademe ezikli, karbonlu zonlar içerir. üçüncü kademe-dolomit oranı düşüktür. Masif yapılı-blok verimi yüksektir [5].

Buna göre tüm veriler ışığında, İstaş ve Koç Hafriyat ocaklarının en uygun ve istenmeyen parametreler açısından en düşük impürterler SiO_2 , MgO , Alkali (Na_2O , K_2O) düşük. Blok verimi yüksek olan Koç Hafriyat üçüncü kademe mevcut ocak/kademeler açısından en uygun seviye olarak tanımlanmıştır. Yapılan ayrıntılı araştırmalar sonucu, Ömerli bölgesinde izlenen kırmataş malzemelerinin, daha önceki üretilen raporlarda açıkça ifade edildiği gibi bu gün için istenilen standartlara göre homojen, devamlı ve standart koşulların tam bir bütün olarak sağlayan bir malzemenin olmadığı görülmektedir. Koç Hafriyat ocakları eski Yapı-Maden sahaları ve civarı en son olarak ta İstaş kırmataş ocağında yapılan incelemeler ve ortaya konan saha ve laboratuvar verileri ışığında özellikle yapısal olarak;

- Yapraklanma-şiştözite
- Karbonatlı ve killi ara zonlar
- Kuvarsça zenginleşme
- Kalsitleşme
- Dolomitleşme vd.
- Piritleşme

Benzeri olaylar, İstanbul civarında yer alan kireçtaşları formasyonların tümü yüksek düzeyde tektonik deformasyonlar sonucu kırılanmış, kıvrılmış böylece açılan ara ince zonlarda gelişen Magmatik-Volkanik olaylar sonucunda istenmeyen impürt ve olaylara neden olmuştur. Bu koşullarda Ömerli yöresinde yer alan ocaklarda, tümünde var olan yukarıda ayrıntılarıyla verilen nedenlerden standartları tam sağlayan formasyonu bulmak zor olmaktadır. Buna karşın yapılan araştırmalar sonucu bunların içinde, kabul edilebilir sınırlar içinde impürte ve istenmeyen eleman içeren tek zon olarak; Koç-Hafriyat-Madencilik sahasında yer alan 3. kademe tabanda yer alan seviyenin kabul edilebilir sınırlar içinde kaldığı ve istenilen malzemenin bu seviyeden üretilebileceği önerilir.

Çizelge 6. Koç Hafriyat Madencilik Kırmataş Ocağı ile İstaş Ocağı Malzemelerin Karşılaştırılması

ÖZELLİKLER	KOÇ HAFRİYAT MADENCİLİK OCAĞI	İSTAŞ-KİRMATAŞ OCAĞI
Saha Ocak İçin Özel (3 kademelili)	1. kademe ezikli, bol kalsitli, kırıklı ezikli, bol Terra Rossa topraklıdır. 2. kademe faylanma, kıvrılma, karbonlu-killi ince seviyeler içerir. Kalsitleşme yaygındır. 3. kademe masif, bol kalsitli	1. kademe bol Terra Rossa erime boşluğu, kalıntı bloktu 2. kademe çalışan ayna faylanmalar andezit damarlı karışık zonlar içerir. Çalışan ayna-düzgün masif 60-70 m'lik zon çok iyi 3. kademe su altında
Mikroskopik Özellikler	Dolomit % 19.25 – 43.50 Kuvars % 0.05 – 5 arası Opak Mineral % 0.85 – 2.25	Dolomit %3 – 36.85 Kuvars % 0.55 – 4.30 Opak Mineral % 0.70 – 1.55
Kimyasal Özellikler	Cl_2SO_4 Standart sınırları içindedir. SiO_2 4.20 – 10.89 (1ci) SiO_2 7.30 – 15.13 (2ci) SiO_2 6.15 – 8.20 (3cü) Al_2O_3 0.95 – 1.83 (1.ci) Al_2O_3 1.05 – 263 (2 ci) Al_2O_3 1.50 – 1.70 (üçüncü)	Cl_2SO_4 Standart sınırları içindedir SiO_2 % 2.70 Al_2O_3 0.41 MgO 1.60 – 20.18 – 30.30
Değerlendirme 1. Kademe	Yüksek Dolomitik ve yüksekliği % 11 bol kalsitli (% 15-20) Çok ezikli, yapraklı, Terra Rossa ile karışık, Devamlılık göstermez	1. kademe Terra Rossa toprağı ile iç içe karışık zon. Dolomit oranı % 3 düşük Bloktaş verimi düşüktür.
2 Kademe	Kil- karbon ara ince zonlar içerir 2.cil kalsitleşme yoğun, SiO_2 7-16 gibi yüksek Çok faylı kırıklı zonlar içerir, istikrarsız zon Bloktaş verimi düşük	ÇALIŞAN AYNA Dolomit oranı % 15 -8.70 orta düzeyde Bloktaş verimi yüksek Bu ayna 60 -70 m'lik bir aralıkta sakin bir ortamda.
3.Kademe	Masif yapılar, Blok verimi yüksek SiO_2 % 6-8 düşük orta, MgO % 1-3 arası düşük Bloktaş verimi yüksek	Düzenli tabakalı yapılar Dolomit % 36.85'den çok yüksektir

2.5. Ömerli Bölgesi Kırmataş Ocakları Malzemelerinin Fiziko-Mekanik Özellikleri

İnceleme alanı, İstanbul'un kırmataş üretim bölgelerinden biri ve en önemli olanı Ömerli bölgesi taş ocaklarının jeolojik, yapısal ve mineralojik-petrografik, kimyasal özellikleri bir önceki bölümde ayrıntılı olarak verilmiştir. Bu bölgede üretilen kırmataş (mıcır) örnekleri üzerine çeşitli zaman ve laboratuvarlarda yapılan çeşitli fiziko-kimyasal deneylerden elde edilen veriler bu yöreye ait malzemelerin beton agregası açısından tam bir değerlendirme oluşturacağından aşağıda özetle verilecektir. Koç Hafriyat Ömerli tesislerinde üretilen çeşitli kırmataş (N.1, N.2) kırmakum tuvenan

ve yıkanmış) örnekler üzerinde Oyak Beton Samandra tesislerinde yapılan deneylerde çeşitli zamanlarda alınan örnek kırmataşlar üzerinde gerçekleştirilen deneylere ait sonuç verileri çizelgelerde verilmiştir. Ayrıca Koç Hafriyat'ın İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde gerçekleştirilen deneylerin verileri aşağıda Çizelge 7'de özetlenerek verilmiştir [1].

Koç-Hafriyat agrega örneklerinin ASTM.C 1260 standardına göre alkali silisce reaktivitesi açısından değerlendirme amaçlı OYAK-BETON AŞ. Adına O.D.T.Ü. İnşaat Müh. Yapı Malzemesi laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir [2]. Buna göre elde edilen test sonuçları Çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelge 7. Ömerli Bölgesi Koç Hafriyat Kırmataş Örneklerine Ait Fiziko-Mekanik Özellikler

İndeks	Örnek Çakıl 5/12	Örnek Çakıl 12/22	Örnek Mıcır 5/12	Örnek Çakıl 12/22 mm	Sonuç ve Değerlendirme
Yassılık İndeksi	% F1 18	% F1 19	% 51 20	% 51 27	Az orta kusurlu Agrega
Kavkı kabuk muhtevası	%3	%3	-	-	Uygundur
Kırmakum Örneğinde ince malzeme	< % 3	< 3	< %, 1.5	% 1.5	Zararsız
0.5 mm ince tane (kırmakumda)	% 1.9	% 2.8	-	-	Uygundur
Mıcırda gevşek yağış yoğunluğu g/cm ³	2.90 Kuru 2.75 Boşluk % 9.5	2.90 2.81 % 9.5	-	-	Standartlara uygundur
Los Angles katsayısı	LA = 25	LA= 25	-	-	Standartlara uygundur
Aşınmaya karşı direnci	MDE = 14	MDE = 13	-	-	Standartlara uygundur
Yüzey aşınmaya karşı Direnci Agregası Aşınım değeri (AAV)	AAV= 12	= 12	-	-	Standartlar göre uygundur
0.5 mm kırma kurunda klorür muhtevası	< % 0.01	-	-	-	Standartlara uygundur

Çizelge 8. Koç Harfiyat Kırmataşlarında Genleşme

Sıra No.	Malzeme Kodu	Deney Süresi (Gün)	Genleşme % Si	Değerlendirme
N1	N1/1ci kademe	3 günde 7 günde 14 günde	0,01 0,03 0,07	Genleşme olayı toplam 14 günde (%) 0,01.den 0,07 yüksek
N2*	N2/2ci kademe	3 günde 7 günde 14 günde	0,03 0,08 0,14	0,03 den 0,14 (%) artmıştır.
N3*	N3/3cü kademe	3 günde 7 günde 14 günde	0,02 0,06 0,12	0,02 (%) den (%) 0,12 artmıştır.
N4	Doğal kum	3 günde 7 günde 14 günde	0,04 0,08 0,16	% olarak, 0,04 den 0,16 (%) yükselmiştir.

* ASTM-C- 1260 da belirlenen 14 gün içinde % 0,1 boy değişimi limiti göz önünde bulundurulduğunda N2 ve N3 ve Doğal kum agregalarının limit değeri aştığı, N2 örneğinin ise limit değere yaklaştığı gözlenmiştir.

3. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

İnceleme konusu olan İstanbul ilinde mevcut 5 kırmataş üretim bölgelerinin birini ve en önemlisi olan Ömerli bölgesi jeolojik olarak İstanbul'un en yaşlı temel kayaç birimlerini oluşturan Alt Silüriyen-Alt Devoniyen yaşlı Dolayoba Formasyonu esasen koyu mavi-gri renkli karbonat formasyonları ile temsil edilmektedir.

Ömerli bölgesi, yaklaşık 10 km²'lik az engebeli jeolojik alan içinde sayıları 4-5 civarında olan kırmataş üretim merkezleri, KOÇ, İSTAŞ, Eski yapı Maden ve diğer üretim alanları şeklindedir. Marmaray tüp geçit projesi altında, Anadolu ve Trakya (İstanbul) kesiminde, proje için belirlenen standartlar altında her iki tarafta Anadolu'da Ömerli ve Şile bölgeleri, İstanbul kesiminde Cebeci, Kemerburgaz, Akpınar yörelerinde önce saha bazında, daha sonra laboratuvar düzeyinde ayrıntılı araştırmalar yapılmıştır. Bu çalışmada sadece Ömerli bölgesi kırmataş ocaklarının jeolojik-yapısal özellikleri, ve buna bağlı alınan sistematik örneklerin, mineralojik-petrografik, kimyasal özellikleri ortaya konmuştur.

Ömerli bölgesi kırmataş ocakları, kademeler bazında yapılan incelemelerde, kireçtaşlarının yüzeyden tabana doğru, jeolojik-yapısal yönden, yüzeyde deformasyonlar sonucu, faylanma/kırıklanma yapraklanmanın yoğun olduğu, tabana doğru azaldığı ve kireçtaşlarının masif, kompakt yapılara yeni

bıraktığı örneğin, Koç büyük ocak 3. kademede olduğu gibi. Ayrıca kalsitleşmede benzer olarak Çizelge 1 de izleneceği gibi, taban seviyelere azalma göstermektedir. Diğer yönden ocaklarda, farklı kademelerde daha genç yaşlı volkanik kökenli andezit daykları kireçtaşlarını keserek, ortama getirdiği magma kökenli çeşitli etkileşimler ve farklı bileşimli elemanları taşıyarak ana kayacın yapı ve bileşimlerini değiştirmektedir.

Petrografik verilerde mineral bileşimleri kademeler arasında sürekli değişimler göstermektedir. Özellikle ikincil kalsit, kuvars ve dolomit % lerinde (Çizelge 2'de) paralel olarak kimyasal ana elemanlar açısından da farklı oranların varlığı dikkati çekmektedir (Çizelge 3 ve 4). Burada da yine ocaklarda örneğin KOÇ ve İSTAŞ'da yüzeyde (1.ci kademe) SiO₂, Fe₂O₃, MgO oranlarında değişiklikler izlenirken, tabana doğru azalma eğilimleri göstermektedir. İSTAŞ ocağında (Çizelge 5), benzer değişimler izlenirken, dolomit oranlarının 1.ci kademede az iken, 2.ci kademede % 15,80-36,80 oranlarında çıkmıştır. Ayrıca bazı seviyelerde kil+karbonat oluşumlarının varlığı düşük oranlarda olsa dahi varlığını göstermiştir.

Genelde İstanbul yöresinde (Ömerli, Cebeci, İkitelli, Şile ve Gebze) yeralan kırmataş ocaklarda, özellikle tektonik deformasyonlar, sonucu oluşan, kırıklanma, faylanmalar, yapraklanma, magma kökenli olabilen (faylar, dayklar aracılığı kireçtaşlarına ulaşan çeşitli

kalsitleşme, dolomitleşme, piritleşme sonucu, yukarıda belirlenen mineralojik-kimyasal değişimler ortaya çıkmaktadır. Örneğin dolomitleşme, bilinen ocaklarda yüzeyden derine doğru değişimler gösterirken, Ömerli, Cebeci, Şile bölgelerinden Gebze'ye kadar devam eden kesimde varlığını sürdürmektedir. Benzer olarak piritleşme, İstanbul Paleozoyik yaşlı formasyonlarda sıkça rastlanan önemli bir olaydır. Diğer yönden Ömerli bölgesinde yeralan KOÇ ve İSTAŞ ocaklarında ortaya konan değişiklikler çizelge 6'da izleneceği gibi, aralarında, 1,5-2 km uzaklık bulunan 2 benzer seviyeli kireçtaşları dolomitleşme, kuvars ve opak mineral içerikleri yanında kimyasal ana elementlerdeki değişimler izlenmiştir (Çizelge 6).

Ömerli bölgesi ocaklarda üretilen özellikle KOÇ Hafriyat ocağından üretilen kırmataş (Agregalar) üzerinde yapılan fiziko-mekanik testler sonucu elde edilen veriler Çizelge 7'de, buna ek olarak Çizelge 8'de betonda izlenen genişlemeler verilmiştir.

Buna göre, tüm fiziko-mekanik veriler çeşitli standartlar içinde kalırken, bu yöreye ait agregalardan üretilen beton çubuklarda % 0,03'den % 0,16 kadar 3,7 ve 14 gün sürelerde artışların varlığı belirlenmiştir. Burada betonda izlenen genişlemenin bölgede mineralojik-petrografik ve kimyasal olarak ortaya konan dolomit (MgO) varlığına bağlanmaktadır. Genleşme ve diğer betonda izlenen diğer özellikler, dayanım gibi yapılarda izlenen ve karşılaşılan sorunların ocaklardan başlayarak Beton'a kadar devam eden ayrıntılı çalışmaların yapılması ile ortaya konacağı bir gerçektir. Burada, jeolojik yapılaşmalar, deformasyonlar, mineralojik-petrografik kimyasal değişimler, sonuçta agregalarda istenmeyen oluşumsuzluklar farklı disiplinli bilim dallarının beraberce yürütecek araştırmalarla ortaya konabilecektir.

Kaynaklar

[1] ÖZLER, H., "Koç Hafriyat Ve Madencilik'e Ait Agregaların Agregat Testleri Raporu", 2005.

[2] TURANLI, L., "ASTM 1260 Standardına Göre 4 Farklı Agregat Örneklerinin Alkali-Silika, Reaktivite Açısından Değerlendirilmesi" *Proje Kodu. 2006-03-03 1 0038*, 2006.

[3] UZ, B., BACAK, G., YILMAZ, M., "İstanbul ve Civarı Agregalarının Petrografik Özellikleri ve Beton Dayanımına Etkileri" 3. *Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, (Edit. A.E. YÜCE, C. KUZU, M. ERDOĞAN, E.NASUF), 3-4 Aralık 2003, Bildiriler Kitabı, 331, 121-131, 2003.

[4] UZ, B., GENÇ, C., ESENLİ, F. ve YAVUZ, O., "Oyak Beton San. A.Ş'nin Koç Hafriyat Madencilik Şirketine Ait Ömerli Güneyi 2315 IR Ruhsatlı Sahadaki Kırmataş Ocağının Jeolojik-Mineralojik ve Kimyasal Etüd ve Değerlendirilmesi Raporu" (*İTÜ-yayınlanmamış*), 2006.

[5] UZ, B., Oyak Beton San. A.Ş, Ömerli Bölgesi Kırmataş Ocaklarının Sonuç ve Değerlendirme Raporu (*İTÜ-yayınlanmamış*), (2006)

[6] UZ, B., GENÇ, C., ESENLİ, F., GÜLTEKİN, H. ve YAVUZ, O., "Oyak Beton San. A.Ş, Ömerli Bölgesi Kırmataş Üretim Ocağının Jeolojik-Petrografik ve Mineralojik Etüd ve Değerlendirilmesi Raporu" (*İTÜ-yayınlanmamış*), 2006.

[7] UZ, B., "Oyak Beton San. A.Ş. Koç Hafriyat ve Madencilik Limited Şirketine Ait Ömerli Civarı 2513 İşletme Ruhsatlı Sahada Kırmataş Ocağının Jeolojik-Mineralojik-Petrografik ve Kimyasal Etüd Ve Değerlendirilmesi Raporu", (*İTÜ-yayınlanmamış*), 2006.

İnşaat Endüstrisinde Kullanılan Pomza Agregalarının Mineralojik ve Petrografik Özellikleri

Mineralogical and Petrographical Properties of Pumice Aggregates for Use in Civil Industry

Ebru BAŞPINAR, Lütfullah GÜNDÜZ

SDÜ, Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezi, 32260, Batı kampüsü, Isparta
lutfi@mmf.sdu.edu.tr; baspinar@sdu.edu.tr

ÖZ: Pomza hammadde olarak birçok endüstriyel alanda özelliklerle inşaat sektöründe kullanım alanına sahip, volkanik olaylar sonucunda oluşmuş, gözenekli bir kayadır. Pomza kayacının fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirleyen kayaç içerisinde bulunan majör, minör ve iz elementlerdir. Bu elementlerin kaynağı ise kayaç içerisinde bulunan minerallerdir. Bu makalede, Orta Anadolu bölgesinde Miyosen yaşlı volkanizma faaliyetlerinden sonra oluşmuş pomza yataklarından derlenen örnekler üzerinde yapılan mineralojik-petrografik ve jeokimyasal analizler sonucunda fiziksel ve kimyasal özellikleri, mineralojisi, kökeni ve kayacın bu özelliklerinin kullanım alanına etkisi ortaya konmaya çalışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Pomza, Jeokimyasal Analiz, Orta Anadolu bölgesi

ABSTRACT: Pumice stone is used in different industrial fields as a raw material especially in civil engineering sector. It is a highly vesicular volcanic glass and a porous rock. Defining the physical and chemical properties of pumice stone is major, minor and mark elements inside the rock. The source of these elements is minerals of the rock structure. In this paper, according to the research results of mineralogical, petrographical and geochemical analyses for the pumice stones samples collected from Central Anatolia Region formed after the Miocene aged volcanism, their physical and chemical properties, mineralogy and origins were discussed. Furthermore, the effects of these properties on the using aim in the field were also tried to put forward.

Key words: Pumice, Geochemical analysis, Central Anatolia Region

1. GİRİŞ

Pomza, hammadde olarak bir çok endüstriyel alanda kullanılmaktadır. Kullanımı, endüstriyel amacına göre ya ana hammadde olarak veya katkı malzemesi biçimindedir. En yaygın kullanım alanı inşaat sektörüdür. Düşük birim hacim ağırlığı, yüksek ses ve ısı izolasyonu, iklimlendirme özelliği, kolay sıva tutması, mükemmel akustik özelliği, deprem yük ve davranışları karşısındaki elastikiyeti ve alternatiflerine göre daha ekonomik oluşu gibi üstün özelliklerinden dolayı inşaat ve yapı sektöründe geniş bir kullanım alanı bulmaktadır [1]. İnşaat sektöründe kullanım alanını ayrı kategorilerde analiz etmek mümkündür:

- a) Hafif yapı elemanları üretiminde
- b) Prefabrik hafif yapı elemanları üretiminde
- c) Çatı ve dekoratif kaplama elemanları üretiminde
- d) Hafif hazır sıva ve harç üretiminde hafif beton üretiminde

e) Çatı ve döşeme izolasyonu dolgusu olarak.

İnşaat sektöründe kullanımı dışında tekstil endüstrisinde; kot kumaşların yumuşatılmasında ve ağartılmasında, tarım endüstrisinde yüksek su tutma kapasitesi, bünyesinde barındırdığı suyu tedricen ortama vererek ortamın nemini dengelemesi, zararlı kimyevi bileşikler içermemesi gibi önemli özelliklerinden dolayı toprak ıslahında, z. topraklı veya topraksız ortamlarda bitki yetiştirmek için su beslenimi kısıtlı tarımsal yeşil alanlar için pomza kullanılmaktadır.

Kimya endüstrisinde kullanımı yeni olmakla beraber yapılan araştırma geliştirme çalışmalarıyla kullanımı giderek artmaktadır. Özelliklerine bağlı olarak bu alanda kullanımı abrasif olarak, kozmetikte, sabun ve deterjan yapımında, ilaç endüstrisinde ve diğer endüstriyel alanlarda da kullanımı vardır.

Endüstriyel olarak bu denli geniş kullanım alanına sahip olan pomza; genellikle açık renkli, hafif oldukça poroz yapıda piroklastik kayalar olup dünyada özellikle patlamalı tipte yaşlı genç, aktif yada pasif volkanların olduğu alanlarda yaygın olarak gözlenmektedir.

Patlama dinamiğine bağlı volkanik faaliyetler kendi içerisinde üç gruba ayrılmaktadır [2]:

- a) Effüzif volkanizma: düşük viskozite

değerine sahip olan magmaların yüzeyde akması,

- b) Ekstrüfiz volkanizma: yüksek viskozite değerine sahip olan magmaların çıkış noktası üzerinde yığılarak dom tipi yapılar meydana getirmesi,
- c) Eksploziv volkanizma: uçucu bileşenlerin fazla olması nedeniyle yüksek enerji boşalımı sonucu patlamaların olmasını ifade eder.

Patlama dinamiği ile ortaya çıkan ürünlerde "Lav ürünleri" ve "Piroklastik ürünler" olarak başlıca iki gruba ayrılmaktadır. Volkanik faaliyet esnasında şiddetli patlamalarla genellikle volkandan katı halde dışarı fırlatılan farklı tane büyüklüğüne sahip malzemenin birikmesi ile piroklastik yada volkanaklastik kayalar oluşurlar. Volkanaklastik kayaları oluşturan malzeme tane büyüklüğüne göre de volkan bloğu veya volkan bombası (>64mm), lapilli (2-64mm), volkan külü yada volkan tozu (<1/16mm) şeklinde ayrılmaktadır. Genelde asit-ortaç bileşimde magma ürünleri olan pomzalar, birbiriyle bağlantılı olmayan bol miktarda gaz boşluklarına sahip olan lapilli şeklinde veya daha büyük parçalar halinde piroklastik oluşum olarak bulunurlar [3].

Orta Anadolu bölgesinde yer alan pomza oluşumları Senozoyik yaşlı volkanizmaya bağlı olarak gelişmiştir [4]. Bölgedeki Senozoyik yaşlı volkanitler 6 ana grupta toplanabilir:

1. Ulukışla-Pozantı çevresinde ve Kaman dolaylarında yer alan Paleosen yaşlı volkanizma,
2. Yozgat çevresinde ve Ankara Güney Doğusunda yer alan Eosen yaşlı volkanizma,
3. Eskişehir (Beylikahır) ve Nevşehir dolayındaki Oligosen yaşlı volkanizma,
4. Eskişehir-Kırka-Afyon-Ankara-Konya-Niğde-Nevşehir-Kayseri dolaylarındaki Miyosen yaşlı volkanizma,
5. Isparta-Konya-Karaman-Niğde-Nevşehir-Kayseri-Ankara dolaylarındaki Pliosen yaşlı volkanizma,
6. Adana(Ceyhan)-Kayseri-Nevşehir-Niğde çevresinde Alt Kuvaternerden başlayan ve tarihsel zamanlara değin etkinliğini sürdüren Kuvaterner yaşlı volkanizma [4].

Bu makalede Nevşehir-Kayseri-Konya yörelerinde gelişen volkanik faaliyet ürünü olan

pomza oluşumlarının mineralojik ve petrografik özelliklerine özetle değinilmiştir.

2. İÇ ANADOLU BÖLGESİNDE VOLKANİZMA

Orta Anadolu'da Miyosen, özellikle Orta Miyosen'den itibaren şiddetli volkanik olaylar etkin olmuş ve çok geniş alanlarda çeşitli yaygın ürünler oluşturmıştır. Miyosen volkanizması Afyon, Kırka, Konya, Nevşehir ve Kayseri dolaylarında Pliyosen volkanizması ise Karapınar, Ceyhan Hasandağ, Acıgöl ve Erciyes dağı çevresinde yüzlekler vermiştir [4].

Miyosen ve Pliyosen volkanitlerde kabaca üç farklı volkanit ürünler ayırtlanabilir [4]:

1. Çoğunlukla andezit ve dasitik türlerin egemen olduğu çeşitli lavlar,
2. İgnimbritler-tüfler,
3. Eş yaşlı çökel kaya birimleri ile ara katkılı olan tüfler. Kuvaterner yaşlı volkanitler ise çeşitli türde lavlardan meydana gelmektedirler.

2.1. Konya ve Civarında Gelişen, Pomza Oluşturan Volkanik Faaliyetleri

Konya ve civarında Miyosen ve Pliyosen döneminde gelişen volkanizmalar dört grupta toplanabilmektedir:

1. Konya (Erenler dağı-Alacadağ) volkanitleri
2. Karaman Volkanitleri
3. Karapınar volkanitleri
4. Karacadağ volkanitleri

Bu volkanizmalardan Karaman volkanizması, kalkalkalen andezitik ve dasitik bir volkanizma yer alır. Lav domları, bu domların çevresinde lav akıntıları, tüfler, volkanik breşler, Pele tipi kızgın lav bulutları çökeltileri ve çamur akıntıları gözlenir. Schleicher ve Schwarz [5], volkanizmanın tektonik oluşumlara bağlı olarak 5 evrede gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Yörede etkili olan diğer volkanizma faaliyeti ise Karacadağ volkanizmasıdır. Pliyosen yaşlı ve andezit-dasit bileşimlidir. Bölgede Pliyosen'de yüksek potasyumlu kalkalkalen nitelikli olarak başlayan volkanizma (Karacadağ volkanitleri), zamanla potasyumca ve silisyumca fakirleşmiş ve Kuvaterner'de kalkalkalen ve hafif alkali özellikler gösteren (Karapınar volkanitleri) bir volkanizmaya dönüşür [4].

2.2. Aksaray ve Niğde Yörelerinde Oluşan Volkanik Ürünler

Aksaray ve Niğde arasında bulunan Hasandağ-Melendiz dağı içerisinde çok sayıda volkan konilerinin, kraterin, tuf örtülerinin ve lav akıntılarının yer aldığı yaklaşık 100 km²'lik bir volkan alanı olup, volkanizma bu bölgede Orta Miyosende başlamış ve çeşitli evrelerle Kuvaterner sonuna değin etkin olmuştur. Bölgede volkanizma Orta Miyosende ignimbrit püskürmesiyle başlamış, bunu volkanik kül, lapilli, tuf ve aglomeralar izlemiş, daha sonra bazaltik andezit, andezit, dasit, riyodasit ve en son bazaltik Kuvaterner yaşlı bazaltik lavlarıyla volkanizma sona ermiştir [4].

Özellikle Hasandağ'dan şiddetli patlamalarla çıkan piroklastikler, çok geniş alanlara, Ürgüp'e kadar havadan yayılmışlardır [4].

2.3. Nevşehir ve Civarında Gelişen Volkanizmalar ve Piroklastik Ürünleri

Nevşehir ve civarında yer alan bölgedeki volkanitler Acıgöl-Göllüdağ volkanitleri olarak adlandırılmıştır. Bu volkanizma Üst Miyosen'de başlamış ve Kuvaterner'den tarihsel zamanlara kadar etkili olmuştur. Acıgöl-Göllüdağ volkanitlerini inceleyen Batum [6,7,8], volkanizmanın Üst Miyosen'de andezitik lav akıntıları ve domlarla başladığını; Alt Pliyosen'de çeşitli tüfler, andezitik lavlar ignimbritler oluştuğunu; Alt Kuvaterner (Pleyistosen) tüfler, riyolitik domlar ve lav akıntılarının yer aldığı; Üst Kuvaterner'de (Holosen) ise önce andezitler ve en son ürün olarak da bazaltların oluştuğunu saptamıştır.

2.4. Kayseri Bölgesinde Gelişen Volkanitler

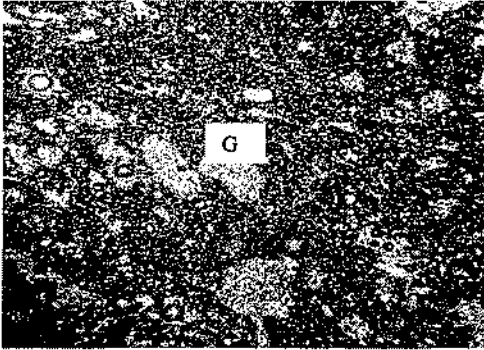
Kayseri'nin güneyindeki Erciyes dağı merkez olmak üzere çevredeki İncesu-Develi-Tomarza, Bünyan ve Boğazlıyan arasındaki alanda yer alan tüm volkanitler Erciyes volkanitleri olarak adlandırılmaktadır [4]. Ayrancı [9], volkanizmanın 3 evrede oluşumunu tanımladığını; ilk evre ile doleritik bazalt-tuf ve ignimbrit olivinli bazalt ve bazik damar taşlarının, ikinci evrede bazik ortaçağ lavlar ile bazaltik andezitler, üçüncü evre ile de kuvarslı olivin bazalt ve bazaltik tuf-bazik dayıklar-andezitler ve en son olarak çeşitli

piroklastiklerin (lapilli kül, süngertaşı v.b.) meydana geldiğini belirtmiştir. Pasquare [10] ise Erciyes volkanının 5 evrede oluştuğunu öne sürerek, birinci evre ile andezitik-bazaltik lavların oluşturduğunu, ikinci evrede asıl Erciyes'in andezitik strato-volkanının geliştiğini, yer yer dasit ve riyodasit dayklarının oluştuğunu; üçüncü evre ile magma hazinesinin yükselerek dasit ve riyodasitik domların oluştuğunu, dördüncü evrede olivin bazaltik lavların aktığını ve dasitik piroklastiklerin ise çok uzaklara püskürmelerle saçıldığını, son evrede ise dasitik lavlar ile süngertaşı ve küllerin oluştuğunu belirtmiştir.

Erciyes volkanik topluluğunun çeşitli evrelerinde püsküren piroklastikler ve ignimbritler çok uzak mesafelere kadar (100km) yayılmışlar Özellikle batıda Nevşehir-Ürgüp-Incesu dolaylarında, daha kuzeyde Kozaklı-Boğazlıyan çevresinde, doğuda Bünyan ve güneyde Tomarza-Develi dolaylarında kalın volkanik piroklastik örtüler oluşmuştur [4].

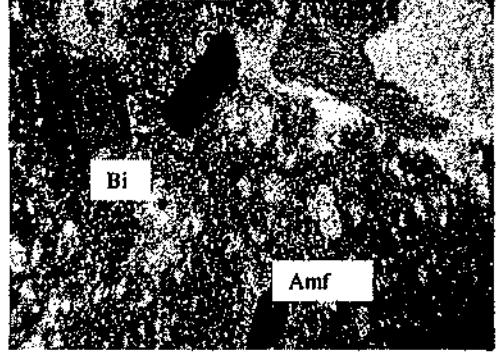
3. ORTA ANADOLU BÖLGESİ POMZA OLUŞUMLARININ MİNERALOGİK VE PETROGRAFİK AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Karadağ volkanizma ürünü olan ve Karaman pomzası olarak bilinen pomza kayacı, kapalı ve açık gözeneklere sahiptir (Şekil 1).



Şekil 1. Karaman pomzasının yapısında ulunan homojen gözenek (G) dağılımı (X100, Çift Nikol)

Boşluk dağılımı genel olarak homojendir. Kayaç içerisinde genellikle amfibol, piroksen, biyotit, plajyoklaslar ve opak mineraller bulunmaktadır (Şekil 2).

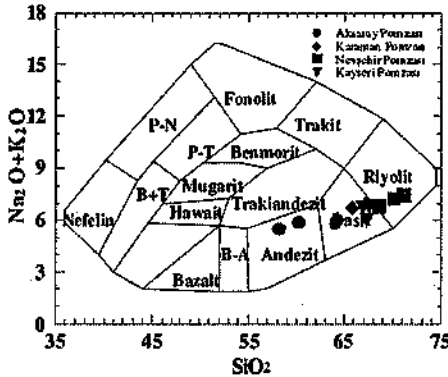
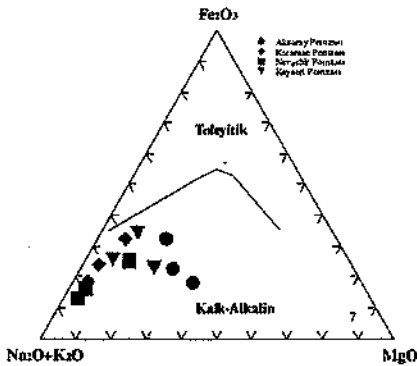


Şekil 2. Karaman pomzası içerisinde biyotit çubukları (Bi), Amfibol minerali (Amf) (X100, Çift Nikol)

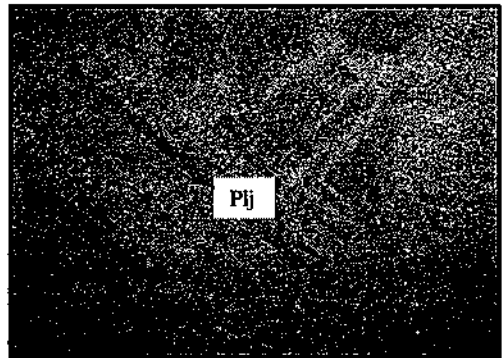
Çizelge 1'de görüldüğü gibi Pomza Yataklarından derlenen örnekler üzerinde yapılan jeokimyasal analiz sonuçları, SiO_2 ve $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içeriğine göre değerlendirildiğinde [11], Karaman pomzası dasitik magma sonucunda oluştuğu görülmektedir (Şekil 3). Ayrıca $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ve MgO içeriğine göre magma köken sınıflaması yapıldığında [12] ise, kalkalkalen özellik taşımaktadır (Şekil 4).

Çizelge 1. Pomza kayaç örneklerinin jeokimyasal analizi [13,14]

Num. No	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	A.Z
Krm-1 [13]	69,80	13,80	2,00	0,40	1,40	3,50	4,00	4,00
Krm-2 [13]	64,30	15,20	3,70	0,80	4,00	3,30	2,80	3,30
Krm-3 [13]	65,70	14,25	2,52	0,44	1,44	3,30	3,30	3,50
Asy-1 [14]	60,20	17,20	2,90	3,15	5,50	4,00	1,85	2,05
Asy-2 [14]	58,27	17,55	2,29	3,92	6,80	3,98	1,51	0,11
Asy-3 [14]	64,05	16,57	4,39	2,35	5,12	3,90	1,93	2,03
Nev-1	68,55	14,01	3,05	1,41	1,50	3,29	3,49	4,70
Nev-2	70,06	12,74	1,30	0,34	0,85	3,20	4,06	4,95
Nev-3	71,10	13,50	1,68	0,45	1,12	3,40	4,05	4,70
Ksr-1	67,30	15,20	4,15	1,15	1,75	3,45	2,55	4,95
Ksr-2	67,50	14,90	3,10	2,51	2,90	4,00	2,75	2,18
Ksr-3	66,80	14,75	2,85	0,80	2,95	3,95	2,75	4,15

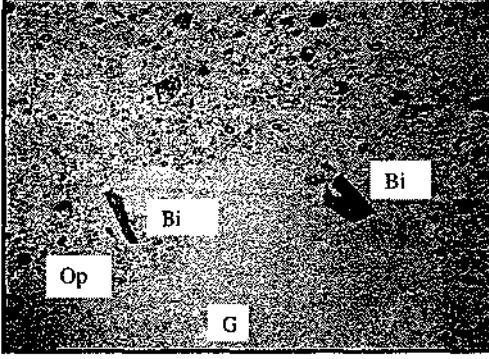
Şekil 3. SiO₂ ve Na₂O+K₂O içeriğine göre pomza oluşumlarının sınıflaması.Şekil 4. Fe₂O₃-Na₂O+K₂O ve MgO içeriğine göre magma köken sınıflaması.

Aksaray bölgesinde bulunan pomza serileri, Hasan Dağı volkanizmasının bir ürünü şeklinde gelişmiş olup, makroskobik olarak değerlendirildiğinde açık gri yer yer açık kahverengi özellik gösteren, dış yüzeyinde alterasyon izlerine rastlanmayan lifsi yapı gösteren kayaçlar, atmosfer koşullarında ani basınç azalması nedeniyle genişleyen gazlardan geriye kalan boşlukların meydana getirdiği "veziküler" dokuya sahiptir. Kayaç içerisinde, feldspat grubu olarak bilinen polisentetik ikizlenme gösteren iri plajiolklas mineralleri ise kayaç içerisinde saçılmış şekildedir (Şekil 5).



Şekil 5. Aksaray pomzası içerisinde bulunan iri plajiolklas (plj) minerali (X80, Çift Nikol)

Mika grubunda yer alan biyotit mineralleri gözlenmektedir. Ayrıca kayaç içerisinde aksesuar olarak pirit minerali gözlenmekte olup, kayacın oluşumu sırasında akma yapısı oluşmuştur (Şekil 6).



Şekil 6. Kayaç içerisinde bulunan biyotit (Bi), Opak mineraller (Op) ve gözenek (G) (X80, Çift Nikol)

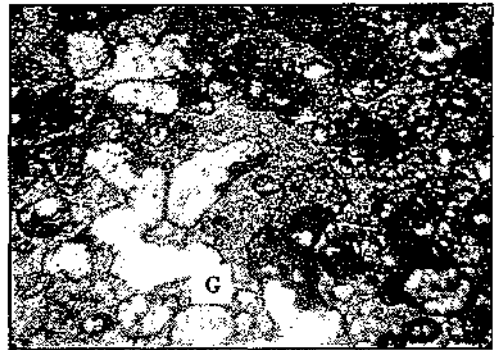
Aksaray Pomzası minaralojik ve jeokimyasal olarak andezitik-dasitik özellik gösteren magmaya bağlı oluşmuş ve kalkalkalen özellik taşımaktadır.

Hasandağ ve Göllü volkanizmasına ait Nevşehir Yöresi pomza kayacının cam matriksten oluştuğu gözlenmiştir. Kayaç içerisinde hemen hemen hiç kristal gözlenmektedir. Nadiren gözlenen mineraller ise fenokristaller şeklindedir. Kayaç içerisinde gözlenen bu fenokristaller piroksen mineralleri ile plajioloklastlardır. Kayaç oldukça poroz yapıya sahip olup gözeneklerin boyutları genellikle küçük-orta boyutta olup yer yer iri büyüklükte gözenekler bulunmaktadır. Kayaç içerisindeki bu boşluklar belirli bir şekle sahip olmayıp, gözenek yapıları birbirleriyle geçişsiz ve kapalı gözenekler şeklindedir. Ayrıca kayaç içerisinde gazların soğuma hızına bağlı olarak yer yer lifsel akma yapısı gözlenmektedir (Şekil 7). Nevşehir yöresine ait pomza serileri rhyolitik kökenli olup kalkalkalen nitelik taşımaktadır.



Şekil 7. Nevşehir-Göre yöresi pomza agregası örneğindeki akma yapısının ince kesit görünümü(X100, Çift Nikol)

Kayseri yöresinde gelişmiş pomza seviyeleri, Erciyes volkanizmasının bir ürünüdür. Volkanizma ürünü olan pomza agregalarının, genellikle mineral kristallenmeleri bakımından porfirik yapıdan fanaritik yapıya doğru geçiş gösterdiği gözlenmiştir. İri boyuttaki gözeneklerin yer yer birbirleriyle geçişli kanallar şeklinde bağlantılıdır (Şekil 8). Kayaç içerisinde amfibol, piroksen, biyotit, feldspat grubu ve opak mineraller gözlenmektedir. Yörede pomza oluşumları dasitik olup bölgede yer alan diğer pomza oluşumları gibi kalkalkalen özellik göstermektedir.



Şekil 8. Kayseri-Talas yöresi pomza agregası örneğinin gözenek (G) geometrisi görünümü (X100, Çift Nikol)

Pomza taşının yapısında bulunan SiO_2 , agrega kompozisyonunun asidik ve/veya bazik karakteristik gösterdiğini sembolize etmektedir. Kayacın içerdiği SiO_2 oranı kayaca asidik özellik kazandırdığı gibi abrasif özellikte kazandırmaktadır. Aynı zamanda, kayaç bünyesindeki SiO_2 oranı arttıkça, kayacın asidiktik özelliği artmakta ve kayacın agrega dayanımı daha yüksek olmaktadır. Kayacın kimyasal bileşiminde bulunan Al_2O_3 oranının yüksek olması ise ateşe ve yüksek ısıya dayanım özelliği kazandırır. İnşaat sektörü açısından pomza taşının asidik karakterde olması Fe_2O_3 oranının düşük, Al_2O_3 oranının ise yüksek olması istenilmektedir.

Pomza bilindiği gibi gözenekli volkanik bir kayadır. Bu bakımdan, su emme kapasiteleri, su emme hızları ve içinde bulundurduğu nem yüzdesi, bir çok endüstri alanında malzemelerin kullanılabilirlik kriterlerini oluşturmaktadır. İnşaat sektöründe, hafif betonun gözeneklerinde tutulan su, betonun genel olarak mekanik ve termik özelliklerini olumsuz yönde etkilediği için, betonun hiç su emmemesi veya minimum ölçülerde su emmesi arzu edilir. Bu nedenle, betonda kullanılacak agreganın, düşük su emme oranına sahip olması gerekmektedir [13]. Ayrıca agregaların sahip olduğu gözenek oranı ve gözenek yapıları, dona dayanıklılık, kapillarite, ateşe dayanıklılık, ısı iletkenlik gibi özelliklerin saptanmasında göz önüne alınması gereken ana parametredir.

Bu makale kapsamında değerlendirilen ve İç Anadolu bölgesinde yer alan pomzaların kimyasal bileşimine bakıldığında asidik özellik gösterdikleri ve inşaat sektörü açısından istenilen kimyasal bileşime sahip oldukları görülmektedir. İnşaat sektöründe hafif agrega olarak kullanılacak pomza agregaların genellikle kratonik bir magma ürünü olan kayalar tercih edilmektedir. Ritmann'ın [15] magmanın oluşum ve kimyasal bileşimine göre geliştirdiği ve önerdiği sınıflama sistemi esas alınarak bu yörelere ait pomza agregaları irdelendiğinde, kratonik magma kökenli oldukları görülmektedir.

4. SONUÇLAR

İç Anadolu bölgesinde yer alan ve Miyosen döneminde faaliyet göstermiş volkanizma ve ürünleri kısaca burada özetlenmiştir. Bu volkanizma sonrasında oluşan ve önemli rezerve sahip olan pomza yataklarından derlenen örnekler, mineralojik-petrografik ve jeokimyasal açıdan değerlendirilerek kökenel yorumlamalar yapılarak, inşaat endüstrisinde malzeme orijinine göre belirlenmesi gereken bazı yapısal özellikleri tanımlanmaya çalışılmıştır.

Kaynaklar

- [1] Gündüz L., Şapcı N., Davraz M., "Pomza Madenciliği, Endüstrisi ve Türkiye açısından Önemi (Gelişen Yeni Bir Sektör)", *Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Fuarı, IMCET 2005, 09-12 Haziran 2005, İzmir*, s397-407
- [2] Aydar E., "Fiziksel ve dinamik volkanizma", *Mağmatik Petrojenez (Editörler; Boztuğ, D. Ve Oflu N.) JMO Yayınları, 2001, Yayın no:61, 220-243.*
- [3] Elitok Ö., "Isparta Yöre Pomzalarının (GBTürkiye) Mineralojik ve Petrografik Özelliklerinin Sıcaklığa Bağlı Değişimi", *Türkiye Pomza Sempozyumu ve Sergisi 2005, Isparta*, s45-49.
- [4] Ercan T., "Orta Anadolu'daki Senozoyik Volkanizması" *MTA Yayınları, 1985, s119-140, Ankara*
- [5] Schleicher, H., Schwarz, G., "Zur geologie und petrolographie des Karadağı Zentralanatolien", 1977, *Geol., Jb., B 25*, 119-138.
- [6] Batum, I., "Petrographische und geochemische Untersuchungen in den volkangebieten Göllüdağ und Acıgöl", 1975, *(Zentralanatolien-Türkei): Doktora Tezi, Albert-Ludwigs Univ., Freiburg, 102 s, Almanya*,
- [7] Batum, I., "Nevşehir güneybatısındaki Göllüdağ ve Acıgöl volkanitlerinin jeokimyası ve petrolojisi", 1978a, *Yerbilimleri, 4/1-2*, 70-88.
- [8] Batum, I., "Nevşehir güneybatısındaki Göllüdağ ve Acıgöl yöresi volkanitlerinin jeolojisi ve petrografisi", 1978b, *Yerbilimleri, 4/1-2*, 50-69.

[9] Ayrancı, B., "Orta Anadolu'nun Kayseri civarındaki Erciyes volkanik bölgesinin (kantitatif incelemelere istinaden) petroloji ve jeolojisi", 1970, *MTA Derg.*, 74, 13-24, Ankara.

[10] Pasquare, G., "Geology of the Cenozoic Volcanic area of Central Anatolia: Atti Della Accad. Nazio. Dei. Lincei", *Memorie*, 1968, ser. 8, 9/3, 55-204.

[11] Cox, K. G.; Bell, J. D., Pankhurst, R. J., "The Interpretation of igneous rocks" *George Allen & Unwin*, 1979, London. 450p.

[12] Irvine, T. N., Baragar, W. R. A., "A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks", *Canadian Journal of Earth Science*, 1971, c. 8, 523-548.

[13] Şapcı N., Gündüz L., Ulusoy M., "Karaman ve Civarı Pomza Oluşumlarının Hafif Beton Sektöründe Agregat olarak Yeri ve Önemi", *5. Endüstriyel Hammaddeler sempozyumu*, 2004, İzmir, s138-149.

[14] Çopuroğlu İ., Söylemezoğlu, "Niğde Yöresi Pomza Yatakları", *1. Isparta Pomza Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 1997, s173-178.

[15] Rittmann A., "Volcanoes". *Orbis publishing*, 1976, London.

Niğde Yöresi Bazaltlarının Agregat Kaynağı Olarak Değerlendirilmesi

Evaluation of Niğde Basalts as Aggregate Resource

Mustafa KORKANÇ*, Atiye TUĞRUL**

*Niğde Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 51200, Niğde

**İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34320, Avcılar, İstanbul

mkorkanc@nigde.edu.tr ve tugrul@istanbul.edu.tr

ÖZ: Bu çalışma, Niğde yöresi bazaltlarının, agregat olarak kullanım yönünden araştırılması ve karşılaştırılması amacıyla yapılmıştır. Araştırmalar için bölgedeki İğredağ bazaltları, Karataş volkanitleri ile Melendiz volkanitlerinin içerisinde gözlenen bazaltik lavlar seçilmiştir. Seçilen bu birimler, bileşim ve dokularına göre onbir fasiyese ayrılarak incelenmiştir. Bazaltların petrografik, kimyasal, fiziksel ve mekanik özelliklerinin yanısıra, agregat olarak kullanım özellikleri araştırılmıştır. Yapılan değerlendirmelere göre; Karataş volkanitleri ile Melendiz volkanitlerine ait düşük poroziteli, az mikroçatlaklı, sert ve yüksek dayanımlı örneklerin birçok alanda kullanılmaları uygundur. Buna karşın, Melendiz volkanitlerine ait, SiO_2 içeriği yüksek örnekler ile Karataş volkanitlerine ait matriksi volkan camından oluşan örneklerin alkali-silis reaksiyonu yönünden riskli olmaları nedeniyle, asfalt agregası, dolgu ve demiryolu balast malzemesi olarak kullanılmaları daha uygundur.

Anahtar kelimeler: Niğde, bazalt, agregat, dolgu malzemesi, balast

ABSTRACT: In this study; using of Niğde basalts as aggregate was investigated and compared. The study was performed on basaltic lavas belonging to İğredağ basalts, Karataş basalts and Melendiz volcanics which have basic composition in the region. These rocks were studied within eleven facieses according to their composition and texture. Besides petrographical, chemical, physical, mechanical properties, aggregate characteristics of the basalts were investigated. According to the evaluations, samples belonging to Karataş and Melendiz volcanites having low porosity, less micro-fracture, higher hardness and strength are suitable as aggregate for many purposes. However, the samples belonging to Karataş volcanites which have matrix mainly composed of volcanic glass and the samples belonging to Melendiz volcanites which have high SiO_2 content are risky materials from the point of view alkali-silica reaction. Therefore, they are more suitable as asphalt aggregate, embankment material and railway ballast.

Key words: Niğde, basalt, aggregate, embankment material, ballast

1. GİRİŞ

Günümüzde bayındırlık faaliyetlerinin hızla artması, bunun sonucu olarak kullanılacak agreganın niteliğinin önemini de artırmıştır. Ülkemizde oldukça geniş alanlarda yüzeylenen bazaltlar, dünyada alternatif agrega olarak yaygınca kullanılmaktadır. Bu konuda yapılan araştırmalar bazaltların daha dayanımlı olmaları nedeniyle, asfalt ve yüksek dayanımlı beton agregası, ile demiryolu balast malzemesi olarak kullanımının daha uygun olacağını ortaya koymuştur [1-3].

İnceleme alanı, İç Anadolu Bölgesinde Konya ve Niğde il sınırları içerisinde yer almaktadır. Genç volkanizmanın ülkemizde yaygın ve farklı evrelerde ürünler oluşturduğu bölgelerden biri olan çalışma alanında, öncelikle ayrıntılı volkanolojik, jeokimyasal ve jeokronolojik çalışmalar yapılmıştır [4-7]. Yakın geçmişte, değişik araştırmacılar tarafından, bölgedeki volkanik komplekslerin volkanolojik evrimlerine ilişkin çalışmalarla, Senozoyik döneme ait volkanizmalarının aydınlatılmasına çalışılmıştır [8-12].

Bu araştırmada; farklı özelliklere sahip bazaltların, agrega olarak kullanım yönünden araştırılması ve karşılaştırılması yapılmıştır. Araştırmalar için İğredağ bazaltları, Karataş volkanitleri ile Melendiz volkanitlerinin içerisinde gözlenen bazaltik lavlar seçilmiştir. Seçilen bu bazaltlar, yakın alanlarda bileşim ve dokusal özellikleri çok sık değişim göstermelerinden dolayı, fasiyeslere ayrılarak incelenmiştir.

Araştırmada öncelikle, bazaltların bulunduğu alanlarda ayrıntılı mühendislik jeolojisi araştırmaları gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmaları sırasında bazaltların litolojik ve yapısal özellikleri araştırılmış olup, farklı alanlardan temsili blok örnekleri alınmıştır. Numune hazırlanması aşamasından sonra, bazaltların öncelikle petrografik ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Çalışmalara bazaltların jeomekanik özellikleri ile agrega özelliklerinin belirlenmesi ile devam edilmiştir. Ayrıca, hızlandırılmış harç çubuğu deneyleri ve SEM incelemeleri ile bazaltlar alkali-silis reaksiyonu yönünden değerlendirilmiştir.

2. BULGULAR

2.1. Bazaltların Jeolojik Özellikleri

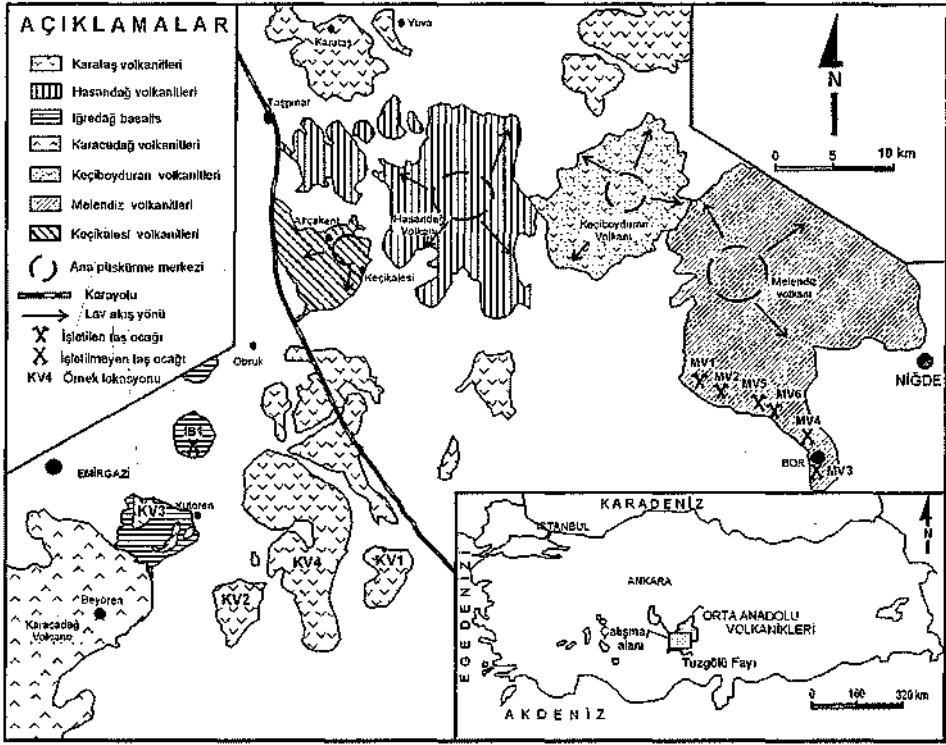
Çalışma alanı, birçok volkanik kompleksin ve farklı ürünlerinin gözlemlendiği oldukça geniş bir alandır (Şekil 1). Bu alan içinde farklı dönemlerde faaliyet gösteren Karacadağ, Hasandağ, Keçikalesi, Keçiboyduran ve Melendiz Volkanik Kompleksleri yer almaktadır. Bu komplekslerin dışında ve onlara yakın konumda oluşmuş, bazik karakterli Karataş volkanitleri ve İğredağ bazaltları ile farklı monojenik (ikincil) püskürmeler bulunmaktadır.

Bölgedeki Kuvaterner öncesi volkanizma ürünleri genelde asidik bileşimlidir. Bu volkanizmaların son ürünleri ise orta ve genellikle bazik bileşimlidir [9,13]. Araştırmalar için bölgedeki bazik bileşimli İğredağ bazaltları, Karataş volkanitleri ile Melendiz volkanitlerinin içerisinde gözlenen bazaltik lavlar seçilmiştir (Şekil 1).

Seçilen bu bazaltların, yakın alanlarda bileşim ve dokusal özellikleri çok sık değişim göstermesinden dolayı 11 farklı lokasyondan örnekleme yapılmıştır (Çizelge 1). Bunlar; Melendiz volkanitlerine ait MV1, MV2, MV3, MV4, MV5 ve MV6, Karataş volkanitlerine ait KV1, KV2, KV3 ve KV4 ile İğredağ bazaltlarına ait IB1 örnekleridir.

2.2. Bazaltların Petrografik Özellikleri

Petrografik araştırmalar sonucunda, Melendiz volkanitlerinden derlenen MV1, MV2, MV5 ve MV6 örnekleri fenokristal oranı, boşluk ve opak mineral içeriklerine göre ayrılmışlardır. Bu örnekler, andezit-bazalt arası bileşim sunmakta olup, az oranda olivin, klinopiroksen ve plajiyoklas fenokristalleri içermektedir. Bu örneklerin matriksi ise mikrolitik plajiyoklastan oluşmuştur. Kayada pilotaksitik doku egemendir (Şekil 2a). MV3 ve MV4 örnekleri, olivin bazalt karakterinde olup, boşluklu ve Melendiz volkanitlerinin en genç lavlarını oluşturmaktadır. İri olivin ve az oranda plajiyoklas fenokristalleri, mikrolitik plajiyoklas oluşturmaktadır. İri olivin ve az oranda plajiyoklas fenokristalleri, mikrolitik plajiyoklas hamurla çevrelenmiştir (Şekil 2b).



Şekil 1. Niğde yöresindeki volkanitlerin yüzeylendiği alanlar ([9,13]'e göre değiştirilerek hazırlanmıştır).

Çizelge 1. İncelenen bazaltların jeolojik ve petrografik özellikleri

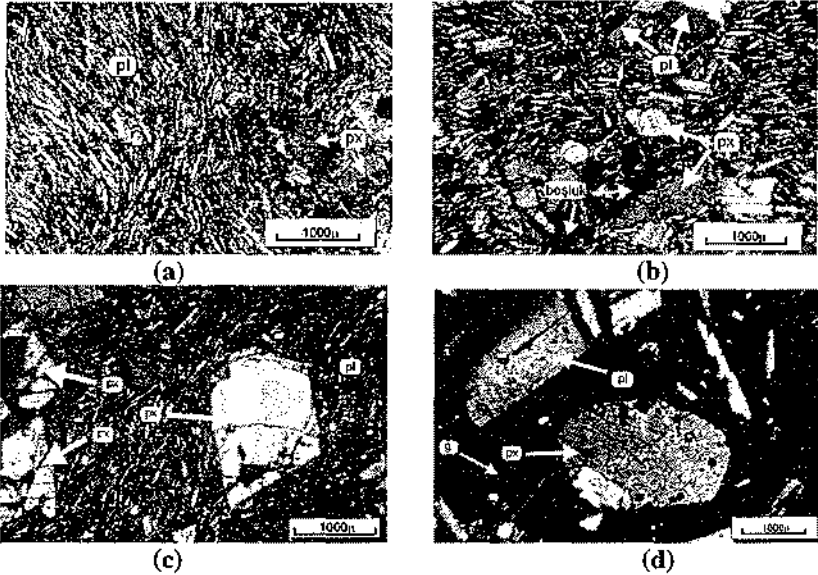
Örnek No	Formasyon	Örnek yeri	Kayaç adı*	Göreceli mineral içeriği**	Yaş
MV1	Melendiz volkanitleri	Bor kuzeyi	Bazalt	plg>ol>op>sm>px	Alt Pliyosen-Pleyistosen
MV2	Melendiz volkanitleri	Bor kuzeyi	Bazalt	plg>px>sm>op	Alt Pliyosen- Pleyistosen
MV3	Melendiz volkanitleri	Bor (Kayabaşı)	Olivin bazalt	plg>ol>op>sm	Alt Pliyosen- Pleyistosen
MV4	Melendiz volkanitleri	Bor (Mezarlık)	Olivin bazalt	plg>px>ol>op>sm	Alt Pliyosen- Pleyistosen
MV5	Melendiz volkanitleri	Bor kuzeyi	Bazalt	plg>ol>sm>op	Alt Pliyosen- Pleyistosen
MV6	Melendiz volkanitleri	Bor kuzeyi	Bazalt	plg>px>sm>op	Alt Pliyosen- Pleyistosen
KV1	Karataş volkanitleri	Kütören doğusu	Olivin bazalt	plg>ol>op>px	Üst Kuvaterner
KV2	Karataş volkanitleri	Kütören güneyi	Olivin bazalt	plg>ol>op>px>sm	Üst Kuvaterner
KV3	Karataş volkanitleri	Kütören batısı	Bazaltik andezit	plg>g>ol>op	Üst Kuvaterner
KV4	Karataş volkanitleri	Kütören doğusu	Olivin bazalt	plg>ol>op>sm	Üst Kuvaterner
IB1	Iğredağ bazaltları	Iğredağ taş ocağı	Olivin bazalt	plg>ol>px>op	Alt Kuvaterner

*[14]'e göre adlandırılmıştır. ** (plg: plajiyoklas px: piroksen, ol: olivin, g: volkanik cam, sm: ikinçil mineral, op: opak mineral)

Karataş volkanitlerine ait KV1, KV2 ve KV4 örnekler olivin bazalt, KV3 ise bazaltik andezit karakterindedir. KV4 örneğinin opak mineral içeriği diğerlerine oranla daha fazladır. Bu örnekler, olivin ve klinopiroksen ile opak mineral içeriklerinin değişimine göre ayrılmıştır. KV1, KV2 ve KV4 örneklerinde olivin ve piroksen fenokristalleri gözlenmektedir. Opak mineral oranı %3-5 civarındadır. Kayada porfirik ve pilotaksitik doku egemendir (Şekil 2c). KV3 örneğinde matriksin tamamına yakını

volkanik camdan oluşmuştur. Fenokristal olarak porfirik plajiyoklas (andezin), az oranda klinopiroksen (ojit) kristalleri içermektedir. Kaya hyaloporfirik ve pilotaksitik dokudur (Şekil 2d).

İğredağ bazaltları, fenokristal olarak olivin ve piroksenden minerallerinden oluşmuştur. Matriksi ise mikrolitik plajiyoklastan ibarettir. Opak mineral içeriği % 2-3 ve boşluk oranı %1-2 civarındadır. Kayaçta, poiklitik ve intersertal doku egemendir.



Şekil 2. Bazalt örneklerine ait ince kesit fotoğrafları a) Bazalt. Plajiyoklas mikrokristallerinden oluşmuş matriks içinde görülen piroksenler (MV6) b) Olivin bazalt. Plajiyoklas ve boşlukların egemen olduğu matriks içindeki olivin ve plajiyoklas fenokristalleri (MV3), c) Olivin bazalt. Plajiyoklastan oluşan matriks içinde görülen klinopiroksen (ojit) fenokristalleri (KV2), d) Bazaltik andezit. Volkanik camdan oluşan matriks içindeki plajiyoklas ve klinopiroksen fenokristalleri (KV3).

2.3. Bazaltların Yapısal Özellikleri

Bu bölümde bazaltların süreksizlik sayısı, aralığı, devamlılığı, pürüzlülük, ayrışma, açıklık ve dolgu maddesi vb. gibi özellikleri araştırılmıştır. Değerlendirmeler, ISRM [15]'de belirtilen tanımlama ölçütleri esas alınarak, hat etüdü yöntemine uygun olarak yapılmıştır.

Araştırılan bazaltlar içerisinde Melendiz volkanitlerine ait MV1, MV2, MV5 ve MV6 örnekleri, Tuzgözü fayının etkileri sonucunda yoğun kırık ve süreksizlik düzlemleri oluşmuştur. Bunlardaki süreksizliklerin bir kısmı da kayacın ince kesitlerinde yönelmeler

şeklinde kendini göstermektedir (Şekil 2a). Diğer volkanitlerdeki süreksizlikler, genellikle soğuma çatlakları tarafından kontrol edilmektedir.

2.4. Bazaltların Jeomekanik Özellikleri

Bazaltlara ait; özgül ağırlık, su emme, toplam porozite ve tek eksenli basınç dayanımı belirlenmiştir. Deneyler, ISRM [15]'de belirtilen yöntemler esas alınarak gerçekleştirilmiştir.

Özgül ağırlık, ağır mineral içeriği daha düşük olan Melendiz volkanitlerine ait örneklerde (MV3 ve MV4 hariç) ortalama 2,68-

2,90 arasındadır. İğredağ bazaltları ile Karataş volkanitlerine ait örneklerde ise daha yüksektir (Çizelge 2). Bazaltlar NBG [16]'da, "orta-yüksek yoğunluklu" kaya sınıfında yer almaktadır.

Araştırılan bazaltlar üzerinde yapılan su emme deneylerinde, ortalama en yüksek değer, MV5 örneklerinde, en düşük değer ise IB1 ve KV3 örneklerinden elde edilmiştir (Çizelge 2).

Bazaltların ortalama en düşük toplam porozite değerleri ise İğredağ bazaltları ve Karataş volkanitlerinden elde edilmiştir (Çizelge 2). Bazaltlar [17]'e göre, "az-orta-olduka

boşluklu" kaya, NBG [16]'ya göre, "orta-yüksek boşluklu" kaya sınıfında yer almaktadır.

Bazaltların tek eksenli basınç dayanımları, ortalama 136–232 MPa arasında olup, en yüksek dayanımlar, Karataş volkanitlerine ait örneklerden (KV3 ve KV4 hariç) elde edilmiştir. En düşük dayanım ise Tuzgölü fayının etkilerinin yanında, mineralojik özelliklerinin ve boşlukların fazla olduğu Melendiz volkanitlerine ait örneklerden elde edilmiştir (Çizelge 3). Bazaltlar, [15,18]'e göre, "yüksek-çok yüksek dayanımlı" kaya sınıflarında yer almaktadır.

Çizelge 2. Bazalt Agregalarının İnce Madde Oranı, Yassılık ve Uzunluk İndeksleri ile Su Emme Oranı

Örnek No	İnce madde oranı I_p (%)			Yassılık indeksi I_p (%)			Uzunluk indeksi I_E (%)			Agrega su emme aw_a (%)		
	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.
MV1	1,15	1,28	1,23	26,29	78,27	41,1	13,08	46,85	26,15	1,66	1,68	1,67
MV2	1,24	1,26	1,25	9,69	93,11	41,12	33,35	56,33	46,00	1,91	1,95	1,93
MV3	1,66	1,72	1,69	1,03	36,11	13,11	38,05	73,45	53,27	1,26	1,31	1,29
MV4	1,57	1,59	1,58	19,18	78,94	43,31	23,13	53,01	33,34	1,21	1,22	1,21
MV5	0,69	0,70	0,69	38,46	57,72	48,49	15,46	41,05	25,50	1,41	1,44	1,43
MV6	0,79	0,91	0,84	9,91	48,05	27,42	26,97	54,07	40,66	1,43	1,46	1,44
KV1	1,88	1,90	1,89	20,76	54,63	31,31	5,36	40,08	23,36	1,09	1,10	1,09
KV2	1,44	1,54	1,49	24,48	45,95	35,34	20,23	49,52	29,79	1,02	1,28	1,15
KV3	1,24	1,27	1,25	18,77	61,73	33,45	27,34	46,75	34,32	1,24	1,29	1,26
KV4	1,76	1,83	1,80	21,95	60,58	34,35	14,30	42,46	27,26	1,22	1,28	1,26
IB1	1,98	2,06	2,02	17,73	45,62	29,92	11,26	34,31	26,67	0,91	0,93	0,92

2.5. Bazalt Agregalarına Ait Özellikler

Laboratuarda çeneli kırıcıyla hazırlanan agregaların ince madde oranları, Melendiz volkanitlerine ait MV5 ve MV6 fasiyeslerinde düşük, İğredağ bazaltlarında ise yüksek değerdedir.

Agregalarının yassılık ve uzunluk indeksleri [19]'a göre belirlenmiştir. Ortalama en yüksek yassılık indeksi MV5 fasiyesinden, en düşük değer ise MV3 fasiyesinden elde edilmiştir. Ortalama en yüksek uzunluk indeksi MV3, en düşük değer ise KV1 fasiyesinde bulunmuştur.

Bazalt agregalarının ortalama en düşük su emme değeri ise İğredağ bazaltlarından, en yüksek değer de Melendiz volkanitlerinden MV2 fasiyesine aittir (Çizelge 2).

Bazalt agregalarının ortalama en düşük gevşek birim ağırlık değeri Melendiz

volkanitlerine ait MV5 fasiyesinden, en yüksek değer ise İğredağ bazaltlarından elde edilmiştir. Sıkı birim ağırlık değerleri ise birbirine yakın değerlerde olup, en yüksek değer İğredağ bazaltlarına ait örneklerde bulunmuştur. Agreganın özgül ağırlığı (kuru) değeri ise, ortalama en düşük MV5 fasiyesinden, en yükseği ise IB1 fasiyesinden elde edilmiştir (Çizelge 3).

Bazalt agregalarının; agreganın darbe dayanımı (AIV), agreganın kırılma dayanımı (ACV) ve Los Angeles aşınma deneyleri [20-22]'de önerilen yöntemler esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Agreganın darbe dayanımı deneyleri sonucunda, Karataş volkanitleri (KV4 hariç) en yüksek dayanım değeri sunmuştur (Çizelge 3). Bölge agregalarında, kırılmaya karşı en yüksek direnç, Karataş volkanitlerine ait örneklerden elde edilmiştir. En düşük direnç ise; bazaltik andezit karakterli, volkan camı içeriği

yüksek, KV3 örneği ile boşlukların (MV3) ve düşük dereceli ayrışmanın etkin olduğu KV4 örneklerinden elde edilmiştir (Çizelge 4). 500 devirlik Los Angeles aşınma deneyleri sonucunda, ortalama en fazla kayıp KV4, en az kayıp ise KV1 örneğinden elde edilmiştir.

Agregalar üzerinde gerçekleştirilen don deneyleri, [23]'de açıklanan yöntem esas alınarak iri agregalar üzerinde uygulanmıştır. Deneyler sonucunda, ortalama en düşük don kaybı KV3 örneğinden, en yüksek don kaybı ise MV1 örneğinden elde edilmiştir (Çizelge 4).

Alkali-silis reaksiyonunu etkilerini belirlemede kullanılan hızlı ve çabuk deney yöntemlerinden birisi olan, CSA, A23.2-94 [24]'de 21 günlük genleşme oranları dikkate alınmaktadır. Bu standartta yer alan 21 günlük genleşmelerin % 0,1'den fazla olması durumunda agregalar, reaksiyon açısından sakıncalı olarak değerlendirilmektedir. MV1, MV5, MV6 ve KV3 örnekleri, standartta belirtilen kullanım limitlerine göre, potansiyel olarak yavaş reaksiyon gösteren agregalar olarak değerlendirilmiştir. Özellikle olivin bazalt karakterli örneklerde ise limit değerlerden oldukça düşük genleşmeler ölçülmüş olup, sakıncasız agregalardır (Çizelge 4).

Bu çalışma, Niğde yöresinde bulunan Melendiz volkanitleri, Karataş volkanitleri ve İğredağ bazaltları üzerinde gerçekleştirilmiştir. 11 fasiyese ayrılarak incelenen farklı bazaltların, agrega olarak kullanım yönünden standartlarda belirtilen limitler içinde bulunmaları nedeniyle; balast, dolgu malzemesi, beton ve asfalt agregası olarak kullanımı uygundur. Yöredeki bazalt agregalarının daha efektif kullanımları açısından; Karataş volkanitlerine ait KV1 ve KV2 fasiyeslerine ait örnekler ile Melendiz volkanitlerine ait MV1 ve MV2 örneklerinin sertliklerinin ve dayanımlarının yüksek olması nedeniyle daha çok yollarda aşınma tabakasında, yüksek dayanımlı betonda ve demiryollarında balast malzemesi olarak kullanılmaları daha uygundur. Melendiz volkanitlerine ait MV5 ve MV6 örnekleri ile Karataş volkanitlerine ait KV3 örneklerinin alkali-silis reaksiyonu yönünden riskli olmaları nedeniyle, asfalt agregası, dolgu malzemesi ve demiryolu balast malzemesi olarak kullanılmalarının uygun olacağı düşünülmektedir.

3. SONUÇLAR

Çizelge 3. Agregalarının Gevşek ve Sıkı Birim Ağırlık, Özgül Ağırlık (Kuru) ve Darbe Dayanımı

Örnek No	Gevşek birim ağırlık Δ_{uc} (kN/m ³)			Sıkı birim ağırlık Δ_c (kN/m ³)			Özgül ağırlık (Kuru) δ_d (kN/m ³)			Agrega darbe dayanımı ATV (%)		
	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.
MV1	12,81	12,83	12,82	14,45	14,47	14,46	26,38	26,43	26,40	5,59	5,93	5,76
MV2	12,42	12,44	12,43	14,41	14,43	14,42	25,96	26,00	25,98	5,35	5,73	5,58
MV3	12,59	12,61	12,60	14,73	14,74	14,73	27,13	27,14	27,13	5,29	6,28	5,85
MV4	12,88	12,91	12,90	14,63	14,64	14,64	27,61	27,66	27,63	4,93	5,13	5,02
MV5	12,25	12,26	12,25	14,14	14,15	14,14	25,03	25,12	25,08	6,66	7,34	6,99
MV6	12,88	12,90	12,89	14,80	14,82	14,81	25,54	25,59	25,57	5,29	5,6	5,45
KV1	13,15	13,17	13,16	15,55	15,57	15,56	27,37	27,40	27,39	4,95	5,35	5,12
KV2	13,03	13,05	13,04	15,05	15,06	15,06	28,16	28,20	28,18	4,87	4,92	4,89
KV3	12,32	12,34	12,33	14,25	14,27	14,26	26,40	26,44	26,42	5,29	5,53	5,44
KV4	13,05	13,06	13,05	15,13	15,15	15,14	26,76	26,82	26,79	7,4	7,75	7,59
IB1	14,18	14,21	14,20	16,16	16,19	16,17	28,61	28,63	28,62	5,97	6,13	6,06

Çizelge 4. Bazalt Agregalarının Mekanik Özellikleri ile 21 Günlük Genleşme Oranları

Örnek No	Agrega kırılma day. ACV (%)			Los Ang. aşınma day. LAV ₅₀₀ (%)			Don kaybı Na ₂ SO ₄ (%)			21 günlük genleşme E ₂₁ (%)		
	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.
MV1	11,54	11,94	11,74	14,19	14,29	14,24	4,53	4,79	4,66	0,068	0,159	0,119
MV2	11,67	11,75	11,71	14,66	14,90	14,78	1,45	1,81	1,63	0,076	0,093	0,083
MV3	15,06	15,42	15,24	18,49	18,82	18,65	3,09	3,33	3,21	0,015	0,042	0,025
MV4	12,94	13,18	13,06	16,70	16,77	16,73	2,23	2,30	2,27	0,010	0,039	0,027
MV5	11,74	12,11	11,92	18,29	18,79	18,54	1,90	2,09	1,99	0,181	0,205	0,191
MV6	12,79	12,99	12,89	15,13	15,73	15,43	2,58	2,80	2,69	0,027	0,116	0,085
KV1	10,86	10,93	10,90	12,65	13,10	12,87	1,66	1,94	1,80	0,006	0,016	0,011
KV2	10,84	11,23	11,03	14,59	14,86	14,72	1,20	1,43	1,32	0,074	0,035	0,021
KV3	15,63	16,33	15,98	18,33	19,15	18,74	1,05	1,11	1,08	0,124	0,134	0,130
KV4	15,34	15,54	15,44	21,09	21,51	21,30	0,92	0,99	0,95	0,054	0,077	0,065
İB1	11,95	12,29	12,12	15,25	15,57	15,41	1,53	1,88	1,71	0,011	0,021	0,016

Ayrıca örneklenen bazaltlar arasında boşluklu olan Melendiz volkanitlerine ait MV3 ve MV4 örnekleri ile Karataş volkanitlerine ait KV4 örneğinin düşük derecede ayrışma göstermesi nedeniyle daha çok dolgu malzemesi olarak kullanımının özendirilmesi gerekmektedir. Sınırlı bir alanda yayılım sunan İğredağ bazaltlarından elde edilen agregalar ise aşınma tabakası için kullanılabilir ölçüdedir.

Teşekkür

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Fonunca desteklenmiştir. Proje No. 27/08092002.

Kaynaklar

- [1] Tasong WS., Lynsdale CJ., Cripps JC., "Aggregate-cement paste interface. II: Influence of aggregate physical properties", *Cement and Concrete Research*, V. 28 (10), 1453-1465, 1998.
- [2] Özturan, T., Çeçen, C., "Effect of coarse aggregate type on mechanical properties of concretes with different strengths", *Cement and Concrete Research*, V. 27, 2, 165-170, 1997.
- [3] Korkanç, M., "Niğde yöresi bazaltlarının alternatif agregata olarak değerlendirilmesi", *İ.Ü. Fen Bil. Ens., Doktora Tezi*, 226 sayfa, (yayınlanmamış) 2003.

[4] Beekman, P.H., "The Pliocene and Quaternary volcanism in the Hasandağ-Melendizdağ region", *MTA Bull.*, V. 66, 99-106, 1966.

[5] Pasquare, G., "Outlines of the Neogene and Quaternary volcanism of Asia" *Minor. Accad. Naz. Dei Linc.*, 40, 1077-1085, 1966.

[6] Innocenti, F., Mazzuoli, G., Pasquare, F., Radicati Di Brozolo, F., Villari, L., "The Neogene calcalkaline volcanism of Central Anatolia; geochronological data on Kayseri-Niğde area", *Geol. Mag.* 112 (4), 349-360, 1975.

[7] Besang, C., Eckhardt, F. J., Harre, W., Kreuzer, H., Müller, P., "Radiometrische Altersbestimmungen an Neogenen Eruptivgesteinen der Türkei", *Geol. Jb. B*, V. 25, 3-36, 1977.

[8] Ercan, T., Tokel, S., Can, B., Fişekçi, A., Fujitani, T., Notsu, K., Selvi, Y., Öimez, M., Matsuda, J. I., Ul, T., Yıldırım, T., Akbaşlı, A., "Hasandağ-Karacadağ (Orta Anadolu), dolaylarındaki Senozoyik yaşlı volkanizmanın kökeni ve evrimi", *Jeomorfoloji Dergisi*, s. 18, 39-54, 1990.

[9] Ercan, T., Tokel, S., Matsuda, J., Ul, T., Notsu, K., Fujitani, T., "New geochemical isotopic and radiometric data of the Quaternary volcanism of Hasandağı-Karacadağ (Central Anatolia)", *TJK Bülteni*, s. 7, 8-21, 1992.

[10] Güleç, N., Toprak, V., Arcasoy, A., "Evaluation of Melendiz Volcanic Complex using remote sensing and geographic

information systems", *ODTU-AFP*: 97-03-09-02, s. 84, 1997.

[11] Aydar, E., "Karataş volkanitlerinin (Orta Anadolu) volkanolojik ve petrolojik özellikleri", *HÜ. Yerbilimleri Dergisi*, s.19, 41-56, 1997.

[12] Türkecan, A., Akçay, A. E., Satır, M., Dönmez, M., Ercan, T., "Melendiz Dağları (Niğde) volkanizması", *56. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özleri Kitabı*, 16-17, 2003.

[13] Aydar, E., Gourgaud, A., "Hasandağı strato-volkanında magma odalarının gelişimi ve hakim petrojenetik süreçler", *HÜ. Yerbilimleri Dergisi*, s. 16, 101-113, 1993.

[14] Streckeisen, A., "To each plutonic rock its proper name", *Earth.Sci.Rev.*, 12, 1-33, 1976.

[15] ISRM (International Society for Rock Mechanics), "Rock characterization, testing and monitoring: ISRM Suggested methods". E.T. Brown (ed.), *Pergamon Press*, 211 p., 1981.

[16] NBG (Norwegian Group for Rock Mechanics), "Engineering Geology and Rock Engineering", *Handbook No 2*, 249, 1985.

[17] Moos, A. V.,-Quarvain, F. De., "Technische Gesteinkunde", *Verlag Birkhauser Basel*. 1948.

[18] Deere, D.U., Miller, R.P., "Engineering classification and index properties for intact rock", *Technical Report No. AFWL-TR-65-116*, *Air Force Weapons Lab., Kirtland Air force Base*, 308 p., 1966.

[19] BS 812, Part 1 "Testing aggregates, methods for determination of particle size and shape", Part 2, "Testing aggregates, methods for determination of physical properties", Part 3, "Testing aggregates, methods for determination of mechanical properties", *British Standards Institution*, 1975.

[20] BS 812, Part 112, "Testing aggregates, method for determination of aggregate impact value", *British Standards Institution*, 1990.

[21] BS 812, Part 110, "Testing aggregates, methods for determination of aggregate crushing value", *British Standards Institution*, 1990.

[22] ASTM C131, "Standard test method for resistance to abrasion of small size coarse aggregate by use of the Los Angeles machine", *Annual Book of ASTM Standards*, 1996.

[23] ASTM C 88-83, "Standard test for soundness of aggregates by use of sodium sulphate or magnesium sulphate", *Annual Book of ASTM Standards*, 1990.

[24] CSA, A23.2-94, "Test method for detection of alkali-silica reactive aggregate by accelerated expansion of mortar bars", *Methods of Test for Concrete. Canadian Standards Association*, Ontario, Canada. 236-242, 1994.

Kayaçların Mekanik Özelliklerinin Delik Delme Ve Boyut Küçültme Performansına Etkileri

The Effect of Mechanical Properties of Rock on the Performance of Drilling and Crushing

Önder UYSAL, Birol ELEVİLİ, Hamdi AKCAKOCA

Dumlupınar Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 43100, Kütahya
uysal@dpu.edu.tr, elevli@dpu.edu.tr, hkoca@dpu.edu.tr

ÖZ: Bu çalışmada, Kırdar Taş ocağında delik delme ve boyut küçültme işlemlerinin performansları ile kayaçların mekanik özellikleri arasındaki ilişkiler irdelenmiştir. Elde edilen verilerin değerlendirilmesi neticesinde, delik delme performansı ile kayaçların mekanik özellikleri arasında ters-doğrusal bir ilişki, boyut küçültme enerjisi ile mekanik özellikler arasında ise doğrusal bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara bağlı olarak, ortalama ocak maliyeti ve ortalama ürün kalitesinin süreklilik arz etmesi için bir üretim planı geliştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Taş ocağı, performans, delme, kırma, mekanik özellikler.

ABSTRACT: Within the concept of this study, the relation between the performance of drilling and crushing and mechanical properties of rocks of different location of Kırdar Quarry were investigated. It is found that there is a reverse relation between the drilling performance and mechanical properties of rocks. However the relation between the crushing performance and mechanical properties of rocks is linear at the same direction. According to these results, a production plan is prepared to keep the production cost and quality in average level.

Key words: Quarry, performance, drilling, crushing, mechanical properties.

1. GİRİŞ

Taş ocağı işletmeciliğinde en büyük maliyet kalemleri, delik delme ve kırma-eleme maliyetleridir. Özellikle galeri patlatmasının terk edilerek basamak patlatmasına geçilmesi kırma maliyetini düşürürken, delik delme maliyetlerinde önemli bir artışa sebep olmuştur. Bu nedenle delici makine seçimi, delme performansı vb konular günümüz taş ocağı işletmeciliğinde önem kazanmıştır. Delici makine türü, delik çapı, delik boyu, dönme hızı gibi delik delme verimini etkileyen değişkenler kullanıcı tarafından kontrol edilebilirken, müdahale edilemeyen ancak delik delme verimini etkileyen başka faktörler de mevcuttur. Bunlar kayacın yapısı ile ilgili olan, fiziksel ve mekanik özelliklerdir. Bu özellikler şüphesiz ki delik delme ve kırma-eleme verimini etkilemektedir. Bu nedenle, işletme sahasındaki farklı bölgelerdeki kayaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin bilinmesi, ocağın tasarım ve üretim aşamalarında maliyet ve verimlilik açısından önemli katkılar sağlayacaktır.

Pek çok araştırmacı, değişik kayaç özellikleri ile delik delme hızı ve kırma için harcanan enerji arasındaki ilişkileri teorik ve deneysel olarak ele alan araştırmalar yapmışlardır. Protodyakonov [1], Paone ve ark. [2], Selim ve Bruce [3], Semler-Olsen ve Blindheim [4], Schmidt [5], Tandanand ve Unger [6], Pathinkar ve Misra [7], Rabia ve Brook [8,9], Miranda ve Mello-Mendes [10], Pandey ve ark. [11], Thuro ve Spaun [12], Thuro [13], Kahraman [14] yaptıkları çalışmalarda, delici ve kırıcı performansı ile kayaçların çeşitli mekanik özellikleri arasında belirli oranlarda ilişkiler olduğunu belirtmişlerdir. Kahraman ve ark.[15] bu çalışmaları ayrıntılı bir şekilde inceleyerek özetlemişlerdir. Bu çalışma kapsamında, Kütahya ilinde bulunan Kırdar Taşocağı işletmesinde kayaçların mekanik özellikleri ile delik delme performansı, maliyeti ve kırma maliyetleri arasındaki ilişkiler incelenerek bir üretim planı önerilmiştir.

2. ÇALIŞMA SAHASININ TANITILMASI

Çalışmanın gerçekleştirildiği taş ocağı Kütahya il merkezine 15 km mesafede bulunmaktadır. 2003 yılına kadar galeri atımı ile üretim yapılan ocakta, o tarihten bu yana üretim

basamak patlatması yoluyla yapılmaktadır [16,17]. Ocaktan üretilen ürün kırma ve eleme tesisinde değişik boyutlara ayırıldıktan sonra piyasaya sunulmaktadır. Tesisin yıllık üretimi talebe bağlı olarak değişmekle beraber yaklaşık olarak 800000 ton civarında olup, bu miktarın boyutlara göre dağılımı Çizelge 1'de verilmiştir [18,19].

Çizelge 1. Kırdar Taşocağındaki Üretimin Boyutlara Göre Dağılımı

Boyut (mm)	Miktar (ton)	Açıklama
0-4	300000	Beton santralleri
4-12	150000	Beton santralleri
12-22	150000	Diğer
0-12	100000	Doğru malzemesi
0-22	100000	Doğru malzemesi

İşletmede basamak yüksekliği 7 m olup, patlatma delikleri 111 mm çapında ve 7,8 m uzunluğundadır. Delikler eşbeş düzeninde, dilim kalınlığı 3 m ve delikler arası mesafe 3,5 m olacak şekilde delinmektedir. Patlayıcı madde olarak ANFO, ateşleme elemanı olarak ise elektrikli kapsül kullanılmaktadır. İşletme sahasındaki kayaç yapısı bölgelere farklılık arz etmektedir. Bu çalışmanın yapıldığı süreçte, faaliyetlerin devam ettiği bölgeler yazarlar tarafından Şekil 1'de görüldüğü gibi 5 bölgeye ayrılmıştır. Bu bölgeler A,B,C,D ve E bölgesi olarak adlandırılmıştır. Bu ayrım, başlangıçta görsel farklılıklara göre yapılmıştır. Ancak daha sonra gerçekleştirilen ayrıntılı deneysel çalışmalarda, bu bölgelerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin de farklılıklar gösterdiği görülmüştür.

3. ÇALIŞMA PLANI

Çalışma, arazi çalışmaları ve laboratuvar çalışmaları olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır. Arazi çalışmaları kapsamında, delici makine çalışma parametreleri ve kırma-eleme tesisi elektrik tüketimi gibi veriler toplanmıştır. Laboratuvar çalışmaları kapsamında ise, değişik bölgelerden alınan kayaç numuneleri üzerinde gerçekleştirilen deneyler ile kayacın çeşitli fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir.



Şekil 1. Ocaktaki görsel özelliklere göre ayrılan bölgeler

3.1. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, Çizelge 2'de özellikleri verilen delici makineye ait delme hızı ve yakıt tüketimi değerlerinin belirlenmesi amacıyla ölçümler gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, 5 bölgeye ait toplam 269 adet deliğin delinmesi sırasında fiili olarak delme hızı ve yakıt tüketimi değerleri kaydedilmiştir.

Delici makinalarda "delme hızı" kavramı bazen karışmaktadır. Bu çalışmada delme hızı olarak bir deliğin başlangıç anından bitiş anına kadar geçen sürenin toplam delik boyuna bölünmesi ile elde edilen değer kabul edilmiştir. Net Delme Hızı (NDH) ise delme süresinden tij ekleme sürelerinin çıkarılarak elde edilen değerın toplam delik boyuna bölünmesi ile elde

edilen değerdir. NDH sadece fiili delik delme işleminin yapıldığı süreleri göz önüne almaktadır. Çizelge 3'de Net Delme Hızının (NDH) belirlenmesi için yapılan ölçümlere ait örnek veri formu ve NDH hesaplamaları verilmiştir.

Arazide farklı bölgelerdeki 269 adet deliğin delinmesi esnasında tutulan ilerleme hızı ile ilgili verilerin analizi neticesinde her bölgeye ait NDH değerleri hesaplanmış olup bu değerlerin ortalaması her bölge için Çizelge 4'de verilmiştir. Ayrıca delik delme esnasında delici makina ve kompresörün yakıt tüketimi ile ilgili kayıtlar tutulmuş olup, yapılan hesaplamalar sonucunda her bölgede delinen 1 m için delik ortalama yakıt tüketimi de Çizelge 4'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. Delici Makinanın Teknik Özellikleri

DELİCİ		KOMPRESÖR	
GEMSA ROKOMOBİL	(Delik Dibi Delici)		
Delik Çapı	76-127 mm	Güç	118 kW
Motor Gücü	30 HP (Deutz)	Basınç	203 psi (14 bar)
Hidrolik Rotasyon	1200 Nm (0-75 rpm)	Devir	2400 devir/dak
Hidrolik Baskı	20000 N	Kapasite	10,3 m3/dak (360 cfm)
Çalışma Ağırlığı	2750 kg		
Tij Boyu	3 m		

Çizelge 3. Delik Delme Hızı Ölçümü Veri Formu

No	Tij No	Başlama (zaman) (s:d:sn)	Bitiş (zaman) (s:d:sn)	Delme süresi (dak)	NDH (m/dak)	Delik NDH (m/dak)	Açıklama
1	1	16:27:10	16:30:25	3,3	0,91	0,67	Delik Boyu : 15 m T.Süre: 33,2dk D.Hızı: 0,45 (m/dk)
	2	16:31:55	16:37:00	5,1	0,59		
	3	16:38:20	16:44:20	6,0	0,50		
	4	16:46:00	16:54:40	8,7	0,34		
	5	16:56:40	17:00:20	3,0	1,00		
2	1	09:57:00	10:03:00	3,0	1,00	0,61	Delik Boyu : 15 m T.Süre: 38 dk D.Hızı: 0,39 (m/dk)
	2	10:04:00	10:09:00	5,0	0,60		
	3	10:10:00	10:15:00	5,0	0,60		
	4	10:16:00	10:29:00	13,0	0,23		
	5	10:30:00	10:35:00	5,0	0,60		

Çizelge 4. Bölgelere Ait Net Delme Hızı Değerleri

Bölge No	Net Delme Hızı (m/dak)	Delici Yakıt Tüketimi (l/m)
A	0,28	1,45
B	0,47	1,00
C	0,43	1,17
D	0,36	1,19
E	0,37	1,18

Çizelge 5. Bölgelere Ait Elektrik Tüketim Değerleri

Bölge adı	Elektrik tüketimi (kW-h/m ³)
A	1,48
B	1,43
C	1,45
D	1,51
E	1,46

İkinci bölümde ise, bu beş bölgeden elde edilen ürünlerin kırma-eleme tesisinde işlenmesi sırasında tüketilen elektrik enerjisinin belirlenmesine yönelik ölçümler yapılmıştır. Bu amaçla 70 gün boyunca farklı bölgelerden gelen malzemelerin işlenmesi sırasında tüketilen elektrik enerjisi kaydedilmiştir. Bu ölçümlerden elde edilen bölgelere ait birim elektrik tüketim değerleri Çizelge 5'de verilmiştir.

3.1. Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvar çalışmaları kapsamında, ocakta ki 5 bölgeden alınan numuneler üzerinde 5 adet standart kaya mekanik deneyi gerçekleştirilerek, bu bölgelere ait kayaçların mekanik özellikleri belirlenmiştir. Bu deneyler; Tek eksenli basma dayanımı deneyi, Üç eksenli basma dayanımı deneyi, Endirekt çekme dayanımı deneyi, Nokta yükleme dayanımı deneyi, Schmidt sertliği belirleme deneyidir. Bu deneyler sonucu elde edilen veriler Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6 Deneylerin Sonuçları

Bölge	Basma Dayanımı (MPa)	Endirekt Çekme Dayanımı (MPa)	Nokta Yükleme Dayanımı (MPa)	Schmidt Sertliği İndeksi (MPa)	Kohezyon (MPa)	İçsel Sürtünme Açısı (°)
A	68,33 (13,62)	6,75 (1,89)	3,71 (0,61)	40,50 (2,76)	18	35
B	61,90 (15,93)	4,78 (2,33)	3,15 (1,40)	47,70 (3,50)	24	30
C	63,54 (11,49)	4,93 (2,27)	4,32 (0,42)	42,40 (3,63)	11	25
D	66,36 (10,12)	6,41 (1,62)	3,55 (0,62)	45,20 (3,01)	31	31
E	64,08 (10,73)	5,48 (1,00)	6,50 (1,31)	43,50 (2,27)	17	33

* Parantez içindeki değerler Standart sapma değerleridir.

4. İSTATİSTİKSEL ANALİZ

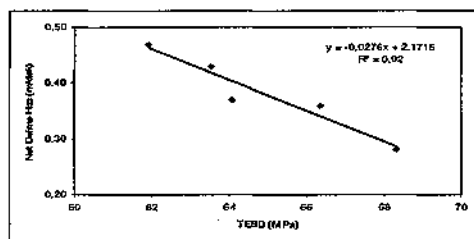
Bu bölümde arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen veriler ışığında, kayaların mekanik özellikleri ile delme hızı ve kırma-eleme işlemindeki elektrik enerjisi tüketimi arasındaki ilişkiler ortaya konulmuştur. Kayaların mekanik özellikleri ile net delme ilerleme hızı arasındaki ilişki grafiksel olarak gösterilmiş ve ilişkinin denklemi geliştirilmiştir.

4.1. Net Delme Hızı ile Mekanik Özelliklerin İlişkisi

Şekil 2'de tek eksenli basma dayanımı ile ilerleme hızı arasındaki ilişki görülmektedir. Tek eksenli basma dayanımı arttıkça t_{ij} 'in kayaçta Net Delme Hızı (NDH) düşmektedir. İlişkinin denklemi;

$$NDH = -0,0276\sigma_c + 2,1715, \quad r^2 = 0,92$$

NDH, net delme hızı (m/dk), ve σ_c , tek eksenli basma dayanımıdır (MPa).

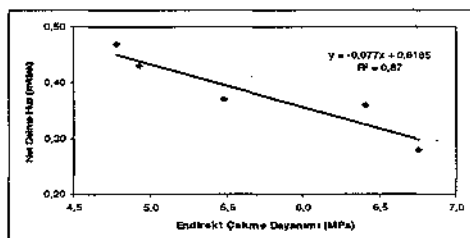


Şekil 2. Tek eksenli basma dayanımı-Net delme hızı ilişkisi

Şekil 3'de endirekt çekme dayanımı ile ilerleme hızı arasındaki ilişki görülmektedir. Endirekt çekme dayanımı arttıkça net delme hızı (NDH) düşmektedir. İlişkinin denklemi;

$$NDH = -0,077\sigma_t + 0,8185, \quad r^2 = 0,87$$

σ_t : endirekt çekme dayanımını (MPa) ifade etmektedir.

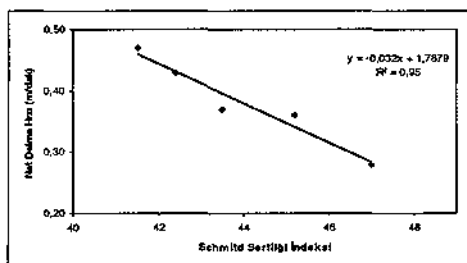


Şekil 3. Endirekt çekme dayanımı-Net delme hızı ilişkisi

Şekil 4'de Schmidt sertlik indeksi ile ilerleme hızı arasındaki ilişki görülmektedir. Kayacın Schmidt sertliği ile ilerleme hızı (NDH) arasında ters ilişki mevcuttur. İlişkinin denklemi,

$$NDH = -0,032ISI + 1,7879, \quad r^2 = 0,95$$

Olup, ISI: Schmidt sertliği indeksi'ni ifade etmektedir.

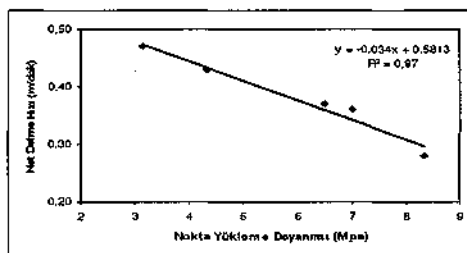


Şekil 4. Schmidt sertliği indeksi-Net delme hızı ilişkisi

Şekil 5'de Nokta Yükleme Dayanımı ile ilerleme hızı arasındaki ilişki görülmektedir. Kayacın nokta yükleme dayanımı ile ilerleme hızı (NDH) arasındaki ters ilişki grafikten görülmektedir. Bu ilişkinin denklemi

$$NDH = -0,034I_s + 0,5813, \quad r^2 = 0,97$$

olup, I_s nokta yükleme dayanımını (MPa) ifade etmektedir.

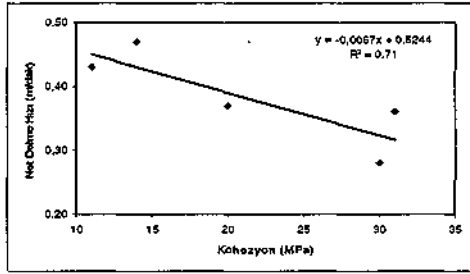


Şekil 5. Nokta yükleme dayanımı-Net delme hızı ilişkisi

Şekil 6'de Kohezyon ile delme hızı arasındaki ilişki görülmektedir. Kayacın kohezyonu arttıkça net delme hızı azalmaktadır. Bu ilişkinin denklemi;

$$NDH = -0,0067c + 0,5244, \quad r^2 = 0,71$$

c: Kohezyon (MPa)

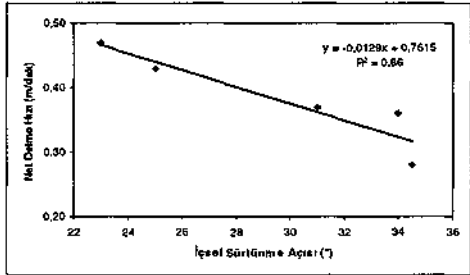


Şekil 6. Kohezyon-Net delme hızı ilişkisi

Şekil 7'de içsel sürtünme açısı ile net delme hızı arasındaki ilişki görülmektedir. İçsel sürtünme açısı arttıkça net delme hızı azalmaktadır. Bu ilişkinin denklemi;

$$NDH = -0,0129\phi + 0,7615, \quad r^2 = 0,86$$

ϕ : İçsel sürtünme açısı (°)



Şekil 7. İçsel sürtünme açısı-Net delme hızı ilişkisi

Denklemler incelendiğinde, kohezyon-NDH ilişkisi dışında elde edilen korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu da kayaçların mekanik özellikleri ile delme hızı arasında oldukça güçlü bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde net delme hızı azaldığı zaman birim delik için yakıt tüketimi artmaktadır. Bu durum Çizelge 3'de görülmektedir.

4.2. Mekanik Özellikler ile Kıрма İşlemi Elektrik Tüketimi İlişkisi

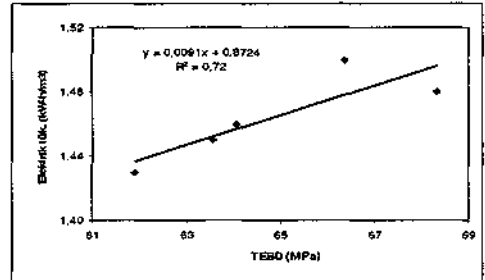
Çalışmanın bu aşamasında işletmenin farklı bölgelerindeki malzemelerin kırma tesisindeki elektrik tüketimi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu amaç için tesisin elektrik sayacından belirli dönemlerdeki elektrik tüketimleri okunmuştur. Elde edilen elektrik

tüketimlerinin ortalama değerlerinin kayacın çeşitli mekanik özellikleri ile olan ilişkisi grafiksel olarak gösterilmiştir.

Şekil 8, Tek eksenli basma dayanımı ile elektrik tüketimi arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Grafik incelendiğinde doğrusal bir ilişkinin varlığı görülmekte olup bu ilişki aşağıdaki denklemle ifade edilmiştir.

$$ET = 0,0091\sigma_c + 0,7245 \quad r^2 = 0,72$$

ET, Elektrik tüketimi (kW/h/m³) ve σ_c tek eksenli basma dayanımıdır.

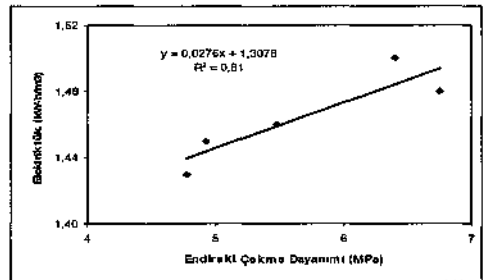


Şekil 8. Tek eksenli basma dayanımı-Elektrik tüketimi ilişkisi

Şekil 9, Endirekt çekme dayanımı ile elektrik tüketimi arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Grafik incelendiğinde doğrusal bir ilişkinin varlığı görülmekte olup bu ilişki aşağıdaki denklemle ifade edilmiştir.

$$ET = 0,0276\sigma_t + 1,3078, \quad r^2 = 0,81$$

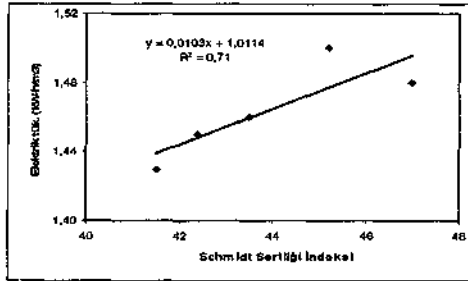
σ_t , Endirekt çekme dayanımını ifade etmektedir.



Şekil 9. Endirekt çekme dayanımı-Elektrik tüketimi ilişkisi

Schmidt sertliği ile elektrik tüketimi arasında doğrusal bir ilişkinin varlığı Şekil 10'da görülmektedir. Bu doğrunun denklemi aşağıda verilmiştir:

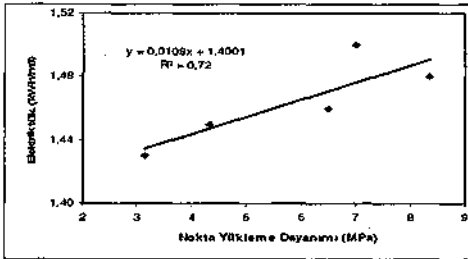
$ET = 0,0103ISI + 1,0114$, $r^2 = 0,71$
 ISI Schmidt sertliği indeksini ifade etmektedir.



Şekil 10. Schmidt sertliği indeksi-Elektrik tüketimi ilişkisi

Nokta Yükleme dayanımı ile elektrik tüketimi arasında doğrusal bir ilişkinin varlığı Şekil 11'de görülmektedir. Bu doğrunun denklemi aşağıda verilmiştir:

$ET = 0,0109I_s + 1,4001$, $r^2 = 0,72$
 I_s : Nokta yükleme dayanımı indeksini ifade etmektedir.



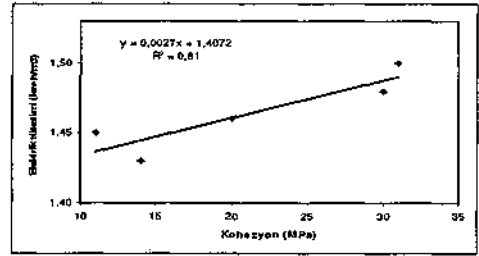
Şekil 11. Nokta yükleme dayanımı-Elektrik tüketimi ilişkisi

Şekil 12 Kohezyon ile elektrik tüketimi arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Grafik incelendiğinde doğrusal bir ilişki varlığı görülmekte olup bu ilişki aşağıdaki denklemle ifade edilmiştir.

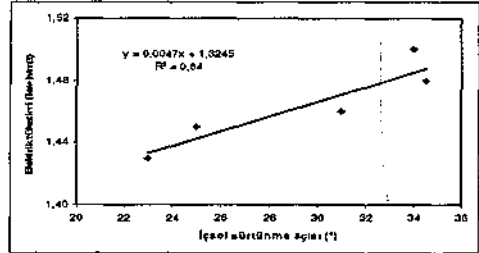
$ET = 0,0027c + 1,4072$, $r^2 = 0,81$
 c: kohezyondur

Şekil 13, içsel sürtünme açısı ile elektrik tüketimi arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Grafik incelendiğinde doğrusal bir ilişki varlığı görülmekte olup bu ilişki aşağıdaki denklemle ifade edilmiştir.

$ET = 0,0047\phi + 1,3245$, $r^2 = 0,84$
 ϕ İçsel sürtünme açısını ifade etmektedir.



Şekil 12. Kohezyon-Elektrik tüketimi ilişkisi



Şekil 13. İçsel sürtünme açısı-Elektrik tüketimi ilişkisi

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışma sahasında yapılan gözlemler ve laboratuvarındaki deneysel çalışmaların sonuçları, çalışma sahasının kayaçların mekanik özelliklerine bağlı olarak beş (5) ayrı bölgeye ayrılabilceğini göstermiştir. Kayacın mekanik özellikleri hem kayacın serbest hale getirilmesi için uygulanan delme-patlatma yöntemindeki delme işleminin verim ve maliyetini, hem de boyut küçültme amaçlı olarak yapılan kırma işleminin maliyetini etkilemektedir. Kayaçların mekanik özellikleri ile delme ve kırma maliyetleri arasında doğrusal bir ilişki olduğu ortaya konmuş ve bu ilişkiler 12 ayrı denklem ile verilmiştir. Genel olarak delik delme ile mekanik özellikler arasında ters ilişki mevcut iken (Şekil 2-7), kırıcı elektrik tüketimi ile mekanik özellikler arasında aynı doğrultuda bir ilişki mevcuttur (Şekil 8-12).

Delik delme işleminde, sadece mazot tüketiminde bölgeler arasında %45'e varan farklar ortaya çıkmaktadır. Buna bağlı olarak delik delme süresi uzadığı için birim sabit maliyetler de bölgeler arasında farklı olacaktır. Elektrik tüketiminde ise %5'ler seviyesinde bir maliyet farklılığı ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışma, işletme sahasında üretimin uzun zaman dilimlerinde aynı bölgeden yapılmasıyla üretim maliyetlerinde ve ürün kalitesinde önemli farklılıkların olacağını göstermiştir. Bunu engellemek için, gerçekleştirilen bir üretim planı ile dengeli bir maliyet ve standart bir ürün kalitesinin elde edilmesi amaçlanmıştır.

Teşekkür

Yazarlar, bu çalışmanın her aşamasındaki yardımlarından dolayı Kırdar Taşocağı Yetkililerine teşekkür ederler.

Kaynaklar

[1] Protodyakonov M M. "Mechanical properties and drillability of rocks", Fifth Symposium on Rock Mechanics. Minneapolis, MN: University of Minnesota;1962, p. 103-18.

[2] Paone J, Madson D, Bruce WE. "Drillability studies—laboratory percussive drilling" USBM RI 7300, 1969.

[3] Selim A A, Bruce W E "Prediction of penetration rate for percussive drilling" USBM RI 7396, 1970.

[4] Olsen R, Blindheim O T "On the drillability of rock by percussive drilling" Second Congress International Society on Rock Mechanics, 1970. p.65-70.

[5] Schmidt R L. "Drillability studies—Percussive drilling in the field. USBM RI 7684, 1972.

[6] Tandanand S, Unger HF. "Drillability determination—A drillability index of percussive drills" USBM RI 8073, 1975.

[7] Pathinkar A G, Misra G B, "Drillability of rocks in percussive drilling from 'energy per unit volume' as determined with a microbit" Min Eng 1980;32:1407-10.

[8] Rabia H, Brook N. "An empirical equation for drill performance prediction. The state of the arts in rock mechanics" *Proceedings of the 21st US Symposium on Rock Mechanics*. Columbia, MO: University of Missouri-Rolla;1980. p.103-11.

[9] Rabia H, Brook N. "The effects of apparatus size and surface area of charge on the impact strength of rock" *Int J Rock Mech Min Sci* 1981;18:211-9.

[10] Miranda A, Mello-Mendes F. "Drillability and drilling methods" *Fifth Congress International Society on Rock Mechanics*, Melbourne, vol.5. 1983. p.E195-E200.

[11] Pandey A K, Jain A K, Singh D P. "An investigation into rock drilling" *Int J S Surf Min Rec*. 1991;5:114-39.

[12] Thuro K, Spaun G. "Introducing the 'destruction work' as a new rock property of toughness referring to drillability in conventional drill and blast tunnelling" *Eurock'96 Prediction and Performance in Rock Mechanics and Rock Engineering*, vol. 2. 1996. p. 707-713.

[13] Thuro, K. "Prediction of drillability in hardrock tunnelling by drilling, blasting. In: Golse J et al., editors. *Tunnels for people*, 1997. p. 103-108.

[14] Kahraman S. "Rotary and percussive drilling prediction using regression analysis" *Int J Rock Mech Min Sci* 1999;36: 981-989.

[15] Kahraman S, Bilgin N, Feridunoglu C. "Dominant rock properties affecting the penetration rate of percussive drills" *Int J Rock Mech Min Sci* 2003;40: 711-723.

[16] Elevli B, Akcakoca H, Uysal Ö, Ediz İ G. "Kırdar taşocağında galeri atımından çevreye duyarlı basamak sistemine geçişin teknik ve ekonomik değerlendirmesi" 3. *Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, İstanbul, 2003, s.179-183

[17] Akcakoca H, Elevli B, Uysal Ö, Ediz İ G. "Changing from gallery blasting to bench blasting method in a quarry", *Mine Planning and Equipment Selection*, Wrocław, 2004, p.157-159.

[18] Ediz, G., Elevli, B., Önce, G., Akcakoca, H., Uysal, Ö., Doğruöz, C., Topal, İ., (2003) Taşocağı (Basamak Sistemine Geçiş) Projesi. *Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya*, 23 sayfa.

[19] Kişisel Görüşmeler, Şirket yetkilileri, Eylül 2006.

Çatalca Yöresi Akyol Taş Ocağında Patlatılmalı Kazı Çalışmalarından Kaynaklanan Titreşimlerin Çevresel Hasar Riski Açısından Analizi

The Analysis of Ground Vibration Induced by Blast Excavation in Terms of Environmental Damage Risk at Akyol Quarry in Çatalca

**Ali Kahrıman*, Ümit Özer*, Abdulkadir Karadoğan*, Deniz Adıgüzel*, Güngör Tuncer*,
M. Yaşar Kara**, Hasan Akyol****

*İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 34320, Avcılar, İstanbul
kahrıman@istanbul.edu.tr

**Akyol Mıdır ve Mermer San. Tic.A.Ş., Çatalca, İstanbul

ÖZ: Bu çalışmada; İstanbul ili Çatalca ilçesi sınırları içerisinde bulunan Akyol Taş Ocağı'nda basamak patlatması sonucu oluşan yersarsıntısı ölçüm sonuçları sunulmaktadır. Sahada yapılan basamak patlatmaları sırasında patlayıcı madde olarak ANFO ve emülsiyon tipi patlayıcılar, ateşleme sistemi içinse elektriksiz kapsüller kullanılmıştır. Her atımın ölçekli mesafe unsurları dikkatlice kaydedilirken titreşim cihazları ile yersarsıntısı unsurları ölçülmüştür. Söz konusu saha çevresinde bulunan yapıların, patlatma faaliyetlerinden dolayı zararının olup olmadığının belirlenmesi amacıyla, ölçülen frekans ve en yüksek parçacık hızı (PPV) değerleri, USBM ve Alman DIN 4150 normlarına göre değerlendirilmiştir. Daha sonra parçacık hızının kestirimi için, ölçekli mesafe ve parçacık hızı veri çiftleri sözkonusu saha için analiz edilmiştir. Bu analiz sırasında literatürde yaygın kullanıma sahip kareköklü ölçekli mesafe eşitliği kullanılmıştır. Değerlendirme sonunda, söz konusu saha için parçacık hızı ile ölçekli mesafe arasında, % 95 tahmin aralıklarıyla beraber iyi korelasyonlu ($r=0,86$) bir ampirik ilişki elde edilmiş ve önerilmiştir. Bu ilişki kullanılarak, söz konusu sahada gelecekte yapılacak patlatma çalışmaları için pratik kullanım kolaylığı sağlayacak, en yüksek parçacık hızı ve gecikme başına maksimum şarj değerlerinin tahminini içeren tablolar verilmiştir.

Anahtar kelimeler: Basamak patlatması; çevresel şikâyetler; yersarsıntısı; en yüksek parçacık hızı

ABSTRACT: This study presents the results of ground vibration measurements induced by bench blasting carried out in the Akyol quarry at Çatalca. ANFO and emulsions as blasting agent and non-electric detonators as initiation system were used during bench blasting at this site. The parameters of scaled distance were recorded carefully and the ground vibration components were measured by using vibration monitors. In order to determine the possible damage to the neighboring buildings, and structures at this quarry, the particle velocities and frequency values of all blast events are evaluated according to the United States Bureau of Mines (USBM) and German DIN 4150 Norms. Then, in order to predict peak particle velocity (PPV), the data pairs belonging to this quarry were gathered together to represent the region and were analyzed statistically. During this analysis, The equation of square root scaled distance extensively used in the literature was taken into consideration for the prediction of peak particle velocity. At the end of statistical evaluation, an empirical relation which gives average line at 95% confidence level and upper bound 95% prediction line with a powerful correlation coefficient ($r=0,86$) was established between peak particle velocity and scaled distance. By using this relationship, PPV and maximum charge amount per delay tables were prepared for practical usage in the future studies at this quarry.

Key words: Bench blasting; environmental complaints; ground vibration; peak particle velocity

1.GİRİŞ

Patlatmanın kaçınılmaz olduğu taş ocakçılığı, madencilik, inşaat altyapı kazıları, kuyu-tünel, boru hattı, baraj gibi çeşitli sektörlerde; yersarsıntısı ve hava şokundan kaynaklanan çevresel problemlerle sıkça karşılaşmakta ve tartışılmaktadır. Bu nedenle, patlatma tasarımı yalnızca parçalanma derecesi, maliyet gibi teknik ve ekonomik unsurlar değil, aynı zamanda söz konusu problemlerin elimine edilmesi de dikkate alınmalıdır. Son yıllarda, patlatmalı kazılardan sorumlu teknik elemanların karşılaştıkları sorunlardan biri de yersarsıntısı ve hava şokları nedeniyle, çevrede yaşayan kişi ya da kuruluşların haklı veya haksız şikâyetleridir.

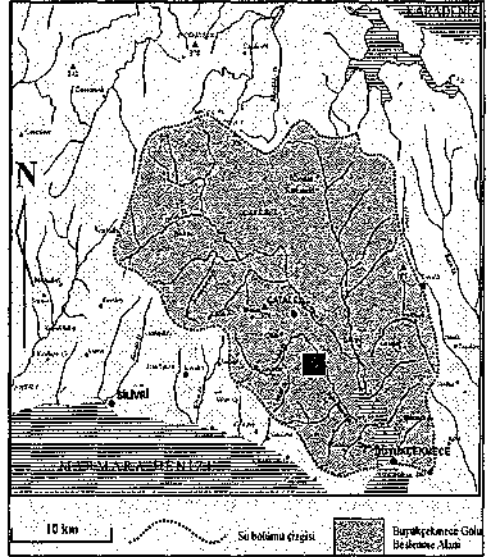
Nüfus artışı ve şehirleşmeye paralel olarak bu tür gerçek ya da psikolojik rahatsızlıklar giderek de yoğunlaşmaktadır. Bu nedenle, iyi bir patlatmadan beklenen en önemli unsurlardan biri de atımın çevresel etkiler açısından emniyetli olmasıdır. Bu tür çevresel duyarlılıklar dikkate alındığında; patlatma kaynağından belirli bir uzaklıkta bulunan bir yerleşim biriminin ya da tesisin, patlatma sonucunda oluşacak yer sarsıntısı, taş savrulması ve hava şoku gibi sonuçlardan etkilenmemesi için, patlatma tasarımı herhangi bir gecikme aralığında kullanılabilecek en fazla patlayıcı madde miktarını önceden belirleyebilmek ve kontrollü atımlar gerçekleştirebilmek önemlidir.

Patlatmadan kaynaklanan çevresel problemler, gelişmiş ülkelerde; ülkemize göre daha çok önceleri yaşanmıştır. Bu nedenle bu konuların çözümü ve konuyla ilgili bazı standartların oluşturulması amacıyla çeşitli sistematik araştırma programları yürürlüğe konulmuştur. Bu programların sonucunda "Kontrollü Patlatma Tekniğinin İlkeleri" ortaya konulmuştur [1]. Günümüzde patlatma sonucu oluşan yersarsıntıları ve hava şokunun etkilerini belirlemek ve gerekli önlemleri alabilmek için araştırmacılar ve bilim adamları tarafından deneysel çalışmalar sürdürülmektedir. Bu konularda çeşitli yasal hükümler geliştirilmeye çalışılmaktadır[2,3].

2.MALZEME VE YÖNTEM

2.1. Çalışma Sahasının Tanımı

1994 yılından beri faaliyette bulunan Akyol Mıdır ve Mermer San. Tic. A.Ş.'nin kireçtaşı ocağı, Marmara Bölgesinin Trakya kesiminde İstanbul ili sınırları içerisinde bulunan Çatalca ilçesinin Muratbey Beldesinin hemen güneyinde yer almaktadır (Şekil 1).



Şekil 1 İnceleme Alanı Yer Bulduru Haritası (Siyah Renk ile Gösterilen Alan) [4]

Çalışma sahası ve yakın çevresinde, Metamorfik yapıdaki kayalar üzerine normal bir fayla Orta Eosen Oligosen yaşlı Kırklareli Kireçtaşı ve onun üzerinde uyumlu olarak İhsaniye Formasyonu gelmektedir. Bu birimlerin üzerine uyumsuz olarak Oligosen-Miyosen yaşlı Pınarhisar Formasyonu gelmektedir, bu birimin üzerinde uyumlu olarak Süloğlu Formasyonu, onun üzerinde uyumlu olarak Danişment Formasyonu yer almaktadır. Jeolojik birimleri sırası ile uyumsuz olarak Kuvaterner yaşlı Alüvyon ve Yamaç molozu örtmektedir [4].

Basamak patlatmasıyla üretim yapılan ocakta, Orica firmasının ürettiği ateşleme sistemleri ve patlayıcı maddeleri kullanılmaktadır. Patlayıcı madde olarak,

kolon şarjı için ANFO, dip şarjı için suya dayanıklı emülsiyon patlayıcı (Powergel 650),Yemleme içinse kapsüle duyarlı emülsiyon patlayıcı (Powergel Magnum), ateşleme sistemi içinse elektriksiz kapsüller (Exel) kullanılmaktadır. Sahada basamak atımı şeklinde gerçekleştirilen atımlara ilişkin örnek teşkil etmesi bakımından, çoğu atımda uygulanan patlatma tasarım parametreleri Çizelge 1’de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

Çizelge 1 Basamak Patlatması Tasarım Parametreleri [5]

Patlayıcı Madde	ANFO
Delik Eğimi:	85°
Basamak yüksekliği	9 m
Delik çapı	89 mm
Dilim Kalınlığı	2,5 m
Delikler arası Mesafe	2,5 m
Delik Taban Payı	1 m
Delik Uzunluğu	10 m
Sıkılama	3 m
Sıra Sayısı	1

2.2 Araştırmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı; İstanbul İli Çatalca İlçesi Muratbey Beldesinin yakınında, agrega üretimine yönelik olarak faaliyet gösteren Akyol Mıdır ve Mermer San. Tic. A.Ş.’ye ait kireçtaşı ocağındaki üretim sırasında, patlatmadan kaynaklanan yersarsıntısının oluşturduğu çevresel problemlerin birçok atım olayı bazında ölçülerek, bu unsurların söz konusu ocağın çevresinde bulunan yerleşim birimlerindeki yapılarda hasarlara neden olabilecek seviyelerde olup olamayacağı konusunda bir değerlendirme yapılmasıdır.

2.3 Araştırmada Uygulanan Yöntem

Bu çalışma kapsamında, Akyol taş ocağında yapılan patlatma çalışmalarının, çevredeki yerleşim birimlerinde olası hasar düzeyini belirlemek amacıyla, titreşim ölçümleri yapılmıştır.

Söz konusu çalışma alanlarında egemen kaya birimi, aynı zamanda kazı ve üretimi yapılan kireçtaşıdır. Bu araştırma kapsamında; çalışma alanında egemen olan kaya biriminin

(kireçtaşı) kazı zorluğu derecesini belirlemek amacıyla uygulanmakta olan patlatmalı kazı faaliyetlerinin gözlemlerine ek olarak, Nokta yükleme dayanım testleri yapılmıştır. Bu bölge jeolojisini oluşturan kristalize kireçtaşının sertlik değerlerinin bulunabilmesi amacıyla, laboratuarda yapılan Nokta yükleme dayanım deneyleri sonucunda, elde edilen sertlik değerlerinin, Uluslararası Kaya Mekaniği Derneği (ISRM) tarafından önerilen sertlik göstergesindeki yerleri “Yüksek Dayanımlı” olarak belirlenmiştir [6]. “Yüksek Dayanımlı” sahip kireçtaşından oluştuğu belirlenen söz konusu ocakta, üretim hedeflerinin gerçekleştirilebilmesi için patlatmalı kazının kaçınılmaz olduğu anlaşılmıştır.

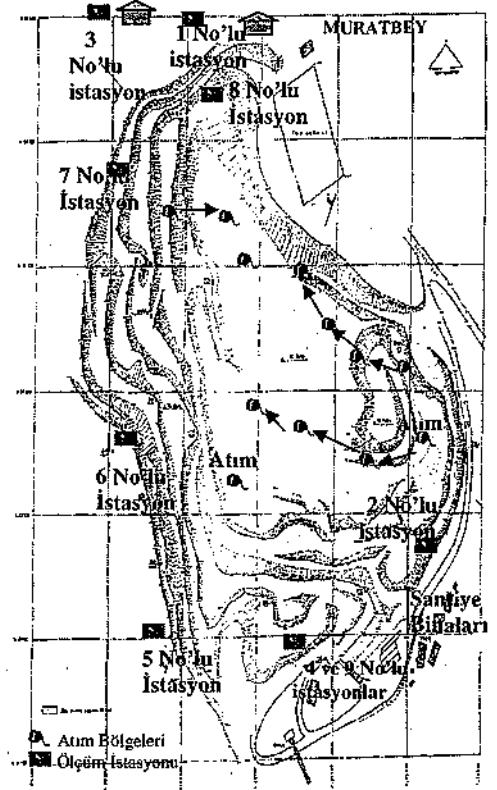
Çalışma kapsamında, öncelikle söz konusu ocakta uygulanmakta olan patlatma düzeni ile ilgili gözlem ve incelemeler yapılmıştır. İncelemeler sonucunda uygulanan patlatma modellerinin, esas olarak “basamak patlatması” olduğu anlaşılmıştır. Söz konusu ocakta yapılan atımlarda uygulanan patlatma paternleri, delik düzenleri ve patlayıcı şarjları; işletmelerin yetkilileri tarafından sistematik olarak uygulanma gelen şekliyle (herhangi bir müdahalede bulunulmadan) gözlemlenmiş ve ölçümler bu şekildeki çalışmalara spontane olarak uygulanmıştır. Titreşim ölçümlerine esas olacak söz konusu atımlarda, sadece gerekli kantitatif ölçüm ve gözlemler yapılmıştır. İşletme yetkililerinin atımlarda uyguladıkları patern ve protokoller, gerekli verilerin türetilmesinde kullanılmıştır. Her bir gecikme başına düşen patlayıcı madde miktarı, her bir delik için planlanan patlayıcı maddenin kontrollü bir şekilde şarj edilmesiyle belirlenmiştir. Atım noktaları ile ölçüm istasyonları arasındaki mesafeler GPS kullanılarak belirlenmiştir. Ölçekli mesafenin belirlenmesinde, kaynaklarda en sık kullanılan kareköklü eşitlikten yararlanılmıştır ($SD=R/W^{0.5}$) [7].

Araştırma kapsamında, 18 Kasım 2005 - 25 Mayıs 2006 tarihleri arasında toplam 384 atım için ölçekli mesafe unsurları kaydedilirken, yer sarsıntısı ölçümleri sırasında çoğunlukla White Mini-Seis Model titreşim ölçer cihazı kullanılmıştır. 26 Mayıs - 1

Haziran 2006 tarihleri arasında yapılan toplam 10 atım ise 5 adet Instantel Minimate Plus ve 1 adet White Mini-Seis Model titreşim ölçer cihazları kullanılarak incelenmiştir. Aynı atımın farklı noktalardaki etkilerini incelemek için, bazı atımlarda birden çok cihaz kullanılmıştır. Atımların sağlıklı bir şekilde ölçülmesi amacıyla, bazı atımlarda da farklı model titreşim ölçer cihazı (Instantel minimize plus) kullanılmıştır. Böylece cihaz arızası veya başka nedenlerden doğabilecek yanlış ölçümler önlenmiştir. Çıkarılan sonuçların daha sağlıklı olması amacıyla 26 Mayıs 2006-1 Haziran 2006 tarihleri arasında yapılan deneme atımları sırasında farklı model titreşim ölçer cihazı kullanılmıştır. Kullanılan iki farklı model titreşim ölçer cihazının, bu cihazlara ait bilgisayar programları sayesinde, kaydedilen patlatma olaylarının geniş analizleri yapılabilmektedir. Cihazların kayıt çıktılarında kaydedilen patlatma olaylarının USB ve DIN normlarına göre değerlendirmeleri de mevcuttur. Cihaz, kuruluş modunda 0,50 mm/sn'nin üzerinde oluşacak titreşim hızı seviyelerini ölçecek hassasiyette ayarlanmıştır. Esasen normal trafik akışının yarattığı titreşim seviyelerinden veya bina içi insan hareketlerinin yaratacağı titreşim seviyelerinden (0,6 mm/s civarındadır) çok daha düşük titreşimleri kaydedecek şekilde ayarlanmıştır.

Söz konusu ocaktaki titreşim ölçümleri, özellikle, ocağa yakın olan Muratbey Beldesi yönünde ve şantiye binaları yönünde farklı noktalardan yapılmıştır. Titreşim ölçer cihazları konumlandırılırken mesafenin etkisini belirlemek amacıyla, bazı atımlarda ocağa yakın noktalar bilinçli bir şekilde seçilmiştir. Bazı atımlarda ise özellikle şikâyet konusu olan binaların bulunduğu bölgeler bilinçli bir şekilde seçilmiştir. Ölçülen ve değerlendirmeye alınan patlatma olayları içerisinde, atım noktası ile ölçüm yeri arasındaki uzaklık en az 73 m, en fazla ise 569 m olmuştur. Atım bölgeleri ve ölçüm istasyonları koordinatlar dikkate alınarak, ölçekli bir plan üzerine işlenmiş ve atımlar sonucunda oluşan basamak ilerlemeleri oklarla Şekil 2' de, istasyon noktalarının koordinatları ve yerleri ise Çizelge 2'de gösterilmiştir. Şekil

den de görüldüğü gibi 1,3,7 ve 8 No' lu istasyonlar Muratbey Beldesi yakınlarında, 2,4,5,6 ve 9 No' lu istasyonlar ise tesis binalarının yakınlarında seçilmiştir.



Şekil 2 Atım Noktalarını ve Ölçüm İstasyonlarını Gösterir Plan [4]

Daha sonra, sahada yapılan atımlarda elde edilen toplam 302 olayın ölçüm sonuçları bilgisayar destekli veri değerlendirme ünitesine aktararak yorumlanmıştır. Titreşim ölçer cihazı ile elde edilen kayıtlar; ülkemizde konuyla ilgili standart ve kıstasların bulunmaması dolayısıyla, uluslararası standartlarla karşılaştırılarak hasar normları içindeki yeri belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca söz konusu ocaktaki tüm atımların, atım bilgileri, tasarım parametreleri, delik geometrisi ve ateşleme bilgileri, patlayıcı

madde bilgileri, istasyon noktalarının koordinatları ve titreşim ölçümleri oluşturulan patlatma veri formlarına her atım için ayrı ayrı kaydedilmiştir.

Çizelge 2 İstasyon Noktalarının Yerleri ve Koordinatları [4]

İstasyon Nokta No	İstasyon Noktalarının Yerleri	Koordinat Değerleri		
		X	Y	Z
1	Muralbey Alt Taraf	4550351	625549	70
2	Ofis Binası	4549812	625973	57
3	Muralbey Üst Taraf	4550296	625466	85
4	Tesis Üst Tarf	4549785	625781	80
5	Kompresör Binası	4549719	625540	102
6	Üst tepe	4549965	625479	105
7	Ara Tepe	4550105	625476	93
8	Alt Tepe	4550217	625516	80
9	Tesis Alt Tarf	4549785	625787	92

3.DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1. Ölçüm Sonuçları ve Değerlendirmesi

Araştırma kapsamında 18 Kasım 2005 – 25 Haziran 2006 tarihler arasında; Akyol Taş Ocağı'nda toplam 384 adet atıma ait toplam 302 adet olay cihazlar tarafından kaydedilmiştir. Örnek teşkil etmesi bakımından kaydedilen bu olayların birkaçının ölçüm parametreleri Çizelge 3' de verilmiştir.

Çizelge 3 Bazı Atımlara Ait Ölçüm Değerleri

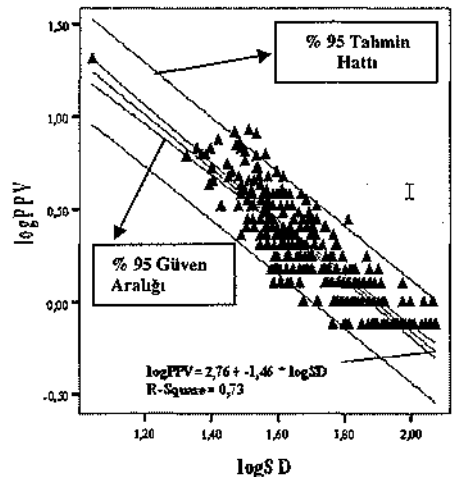
Atım Kayıt No	Maks. Parçacık Hızı PPV (mm/sn)	Frekans F (Hz)	Gec.Baş. Top.Şarj W (kg)	Ölçek Mes. SD
1	0,76	10,4	48	63,5
10	0,76	15,5	42	87,3
50	2,03	11,6	25	54
100	4,57	22,2	53	25,4
200	6,35	21,3	24	36,5
300	5,33	34,1	35	34,5
302	0,76	15,5	33	64,9

Bu verilerden hareketle; ölçülen maksimum parçacık hızı (PPV) ile ölçekli mesafe (SD) veri çiftleri arasında SPSS bilgisayar programı kullanılarak regresyon analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucunda, kaynaklara da uygun iyi korelasyonlu bir ilişki elde edilmiştir. Ayrıca PPV-SD arasındaki bu ilişkinin %95 tahmin aralığı da bulunmuştur. Bölgede bundan sonra yapılacak kontrollü patlatma tasarımlarında, parçacık hızı tahmininde kullanılması önerilen çalışma sahasının sabitlerini veren ilişki aşağıdaki formülle ifade edilmiştir.

$$PPV = 578,92 \times SD^{-1,46}; (r = 0.86)$$

Buna göre çalışılan saha sabitleri sırasıyla $K = 578,92$ ve $\beta = -1,46$ olarak bulunmuştur. İyi bir korelasyon katsayısı ($r=0,86$) ile sonuçlanmış olan bu regresyon ifadesi, söz konusu ocakta titreşim ölçer kullanılmadığı durumlarda; herhangi bir atımdaki gecikme başına kullanılan belirli miktardaki bir patlayıcı maddenin yaratacağı titreşimin hızının belirli bir uzaklıktaki değerinin ne olacağını tahmin etmede önemli bir yaklaşım olarak (kabul edilebilir limitlerdeki bir sapma ile) kullanılabilir.

Elde edilen bu ilişkinin logaritmik grafiksel görünümü Şekil 3' de gösterilmiştir.



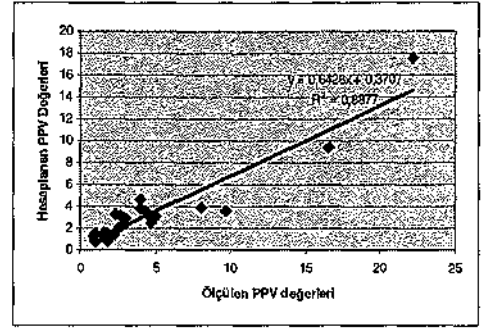
Şekil 3. Maksimum Parçacık Hızı ve Ölçekli Mesafe Arasındaki İlişki

Bu yaklaşımın ve bulunan %50 tahmin hattının ve %95 tahmin aralığının yeni veriler ile ocağın derinleşmesi de dikkate alınarak zaman esası olarak güncelleştirilmesi gözden uzak tutulmamalıdır.

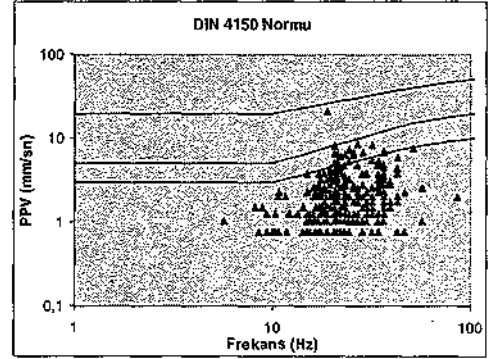
Daha sonra bulunan bu ilişkinin doğruluk derecesini anlamak için, 26 Mayıs-31 Haziran 2006 tarihleri arasındaki atımların, ölçümleri yapılmadan önce bu regresyon ifadesiyle ($PPV = 578,92 \times SD^{-1.46}$) PPV hesaplamaları yapılmış ve daha sonra atımlar titreşim ölçer cihazlarıyla ölçülmüştür. 26 Mayıs 2006 tarihinde yapılan atım için farklı ölçüm noktaları belirlenmiş ve 5 adet İntanste Minimate marka titreşim ölçer cihazı kullanılmıştır. Diğer deneme atımları içinse 1 adet White Mini-Seis Model titreşim ölçer cihazı ile önceki noktalardan ölçüm alınmıştır.

Hesaplanan ve ölçülen PPV değerleri arasında regresyon analizi yapılmış ve kuvvetli bir ilişkinin ($r=0,94$) olduğu tespit edilmiştir. Hesaplanan ve ölçülen PPV değerleri arasındaki bu ilişki Şekil 4' de gösterilmiştir. Şekil 4'deki grafikten elde edilen ilişki de, söz konusu sahada bundan sonra yapılacak atımlar için, % 50 tahmin hattına göre bulunan regresyon ifadesinin ($PPV = 578,92 \times SD^{-1.46}$) kullanılabilirliğini göstermektedir. Böylece söz konusu ocakta bundan sonra yapılacak patlatma çalışmaları sırasında, bu regresyon ifadesi ile gecikme başına kullanılan en yüksek şarj ve atım noktasına olan uzaklık kullanılarak, ocak çevresindeki herhangi bir yerde patlatma faaliyetinden dolayı oluşacak olan ve hasar verme riski açısından büyük öneme sahip olan PPV değeri hesaplanabilecektir.

Araştırma kapsamında; ölçüm cihazlarının kaydettiği yer sarsıntısı ölçüm sonuçlarının, çevredeki tesis ve yapılara etki derecelerini tahmin ve mukayese etmek amacıyla; parçacık hız bileşenleri, oluşum frekansları da dikkate alınarak, daha önce bahsedilen uluslararası genel kabul görmüş DIN 4150 normuna göre değerlendirilmiştir. Yapılan bu değerlendirmeye ait grafik Şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 4. Hesaplanan ve Ölçülen PPV Değerlerinin İlişkisi



Şekil 5. Kaydedilen Maksimum Parçacık Hızı ve Frekansların DIN Kriterine Göre Yorumu

Söz konusu grafikten de anlaşılacağı üzere, DIN Normuna göre yapılan değerlendirmelerde birkaç atımın kerpiç, eski yıpranmış tarihi eserler gibi sağlam olmayan yapılarda (en alttaki hasar limiti çizgisi) hasar yaratabileceği, bir atımın ise normal dayanımlı yapılarda (ortadaki hasar limiti çizgisi) hasar yaratabileceği sonucu çıkarılmıştır. Bu atımın ölçüm istasyonuna uzaklığı 73 m olup, PPV değeri 20,8 mm/s ve frekansı da 18,9 Hz olmuştur. Oluşan PPV değerine göre frekansının düşük çıkması ve diğer atımlara göre atım yerinin ölçüm istasyonuna yakın olması, bu atımın DIN 4150 normuna göre hasar limitinin üstünde çıkmasını sağlamıştır. Fakat bu atımın, ofis binasına ve yakınındaki tesis binalarına herhangi bir olumsuz etkisi görülmemiştir.

Ayrıca kaydedilen tüm atımlarda, ölçülen frekans değerlerinin %40'ına yakın kısmı 20-25 Hz değerleri arasında olmuş, % 90'ından fazlası ise 15 Hz değerinden büyük çıkmıştır. Bu da ölçülen değerlerin büyük kısmının hasar limitlerinin altında çıkmasını sağlamıştır. Ancak; söz konusu ocağın çok yakınında yerleşim biriminin olmasından dolayı, bu değerlerin, her zaman çevre yapılar için belli bir hızda hasar riski taşıyacağı gerçeği gözden uzak tutulmamalıdır.

Araştırma kapsamında söz konusu ocakta yürütülen çalışmalar sonucu, sahada bundan sonra yapılacak atımların kontrollü yapılmasının temini amacıyla, patlatma sorumlularının işini kolaylaştırmak ve atımların daha çok psikolojik olduğu anlaşılan çevresel etkilerini en aza indirmek için, bazı pratik yaklaşımlar geliştirilmiştir.

Bu yaklaşımlardan birisi; söz konusu bölgeyi temsil edecek şekilde elde edilen en yüksek parçacık hızı tahmin denklemi ve SPSS bilgisayar programından elde edilen %95 üst tahmin hattı denklemi kullanılarak, söz konusu sahada hasar etkisi yaratacak belirli bir parçacık hızı limitine göre gecikme başına kullanılabilecek maksimum patlayıcı madde miktarının, mesafenin fonksiyonu olarak belirlenmesidir. Geliştirilen bu yaklaşım Çizelge 4'de verilmiştir. Çizelge 4 incelendiğinde, belirli bir tasarıma sahip bir atımda, izin verilen maksimum parçacık hızı bilindiğinde (Bu çizelgede verilen PPV değeri sembolik alınmış olup herhangi bir kıstas değeri taşımamaktadır) bunu aşmamak üzere yapılacak atımlarda, belirli mesafelerde gecikme başına kullanılacak en fazla patlayıcı madde miktarları hesaplanmış ve verilmiştir.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

İstanbul'da yol, çimento ve inşaat hammadde ihtiyaçlarının bir bölümünü karşılamak üzere, üretim faaliyetlerini sürdüren Akyol Mıdır ve Mermer San. Tic. A.Ş.'nin Muratbey Beldesinin yakınında bulunan Akyol taş ocağında, yapılan patlatma çalışmaları sırasında, titreşim ölçer cihazı ile alınan titreşim kayıtlarından elde edilen veriler ışığında ortaya çıkan sonuçlar ve bu sonuçlardan elde edilen bulgulara dayalı olarak

gelecekte yapılacak faaliyetlerde dikkate alınması gereken bazı öneriler aşağıdaki gibi olmuştur.

Çizelge 4 Eşik Hasar Limitine Göre Hesaplanan Gecikme Başına Düşen Maksimum Şarj Miktarı

Mes. (m)	Eşik hasar limiti (mm/sn)		Maksimum gecikme başına düşen şarj miktarı W_d (kg)			
			%50 ortalama doğrusuna göre		%95 üst tahmin hattı göre	
	DIN 4150	USB M	DIN 4150	USB M	DIN 4150	USB M
50	3	20	1,8	25	0,8	10
100	3	20	7,3	98	3,1	41
200	3	20	29,1	394	12,3	166
300	3	20	65,4	887	27,8	374
500	3	20	181,8	2464	77,1	1038
1000	3	20	727,4	9859	308,	4152

- Çalışma alanlarında egemen olan kaya biriminin kireçtaşı olduğu ve patlatmalı kazının teknik ve ekonomik nedenlerle kaçınılmaz olduğu yerinde yapılan gözlem ve testlerle anlaşılmıştır.
- Atımlarda enerjinin kayayı parçalamada kullanılmasını sağlamak amacıyla "Basamak Patlatması" ilkeleri uygulanmaktadır.
- Ölçüm istasyonu seçiminde, titreşim ölçer cihazı konumlandırılırken mesafenin etkisini belirlemek amacıyla, bazı atımlarda ocağın diğer tarafındaki şantiye binası yakını bilinçli bir şekilde seçilmiştir. Bazı atımlarda ise, söz konusu ocağın bulunduğu bölgedeki Muratbey Beldesinin ocağa yakın binalarının yanı sıra bilinçli bir şekilde seçilmiştir.
- Elde edilen veriler ışığında, çalışma sahalarında kontrollü patlatma tasarımlarına izin veren ampirik bir ilişki geliştirilerek saha sabitleri belirlenmiştir.
- Kaydedilen tüm atımlarda ölçülen maksimum parçacık hızı ve karşılık gelen frekans değerleri üzerinde, Alman DIN 4150 Normuna göre yapılan değerlendirmelerde, söz konusu sahada yapılan patlatmaların ölçü alınan noktalar itibarıyla çevrede bulunan yerleşim birimlerine ve ocakların içindeki tesis ve yapılarda herhangi bir hasar yaratmadığı (atıma yakın seçilen birkaç

istasyondan elde edilen kayıtlar hariç) anlaşılmıştır.

- Araştırma kapsamında söz konusu işletmede yürütülen çalışmalar sonucu, ocakta bundan sonra yapılacak atımların kontrollü yapılmasının temini amacıyla, patlatma sorumlularının işini kolaylaştırmak ve atımların psikolojik kökenli çevre etkilerini en aza indirmek için, Çizelge 4'de verilen pratik bir yaklaşım geliştirilmiştir. Daha düşük değerlere göre yeni pratik tablolar türetilerek çalışmalar daha da kontrol altına alınabilecektir.
- Kaydedilen olaylarda ortaya çıkan maksimum parçacık hızlarına karşılık gelen frekans değerlerinin dağılımları incelendiğinde, ölçülen frekans değerlerinin %40'ına yakın kısmı 20-25 Hz Değerleri arasında olmuş, % 90' nın dan fazlası ise 15 Hz değerinden büyük çıkmıştır. Bu da ölçülen değerlerin büyük kısmının hasar limitlerinin altında çıkmasını sağlamıştır.
- Söz konusu işletmede bugüne kadar yapılan atımlarının çevredeki bina ve tesislere hasar vermemiş olması, konuyla ilgili elemanların tedbiri elden bırakmalarına neden olmamalı, aksine atımlar daha dikkatli tasarlanmalı ve özenle uygulanmalıdır.
- Delik delme işleminde ve şarjında gerekli hassasiyet mutlaka artan şekilde gösterilmelidir. Sıkılama uygun malzeme ile mutlaka usulüne uygun olarak yapılmalıdır.

Sonuç olarak; basamak patlatması ilkelerinin uygulandığı anlaşılan ve kazı faaliyetlerini sürdüren Akyol Mıdır ve Mermer San. Tic. A.Ş.'nin taş ocağında, bu çalışma sırasında izlenen ve ölçülen atımlar sırasında, patlatmadan kaynaklanan ve kayaç içinde oluşan titreşimin, ölçü alınan noktalar itibarıyla çevrede bulunan başta Muratbey Beldesindeki şikâyet konusu binalarda olmak üzere, yerleşim birimlerine ve ocakların içindeki tesis ve yapılarda hasar yaratma riski açısından etkili olamayacağı anlaşılmaktadır.

Ancak başarısız tasarımların uygulandığı durumlarda yakındaki yerleşim birimlerinde veya ocakların içindeki yapı ve personele yönelik istenmeyen kaya fırlaması sonucu mal

ve can kayıpları da söz konusu olabileceği göz önünde tutulmalıdır.

Parçacık hızı büyüklüğünün tahmininde kullanılan, söz konusu ocak için bulunan formülün, çeşitli etkiler nedeniyle düzensiz sonuçlar verebileceği de göz önünde bulundurulmalıdır. Yeterli sayıda veri ile elde edilen bu tahmin denklemini desteklemek için daha fazla olayın, farklı yönlerde izlenerek, bulunan bu tahmin denkleminin ocak gelişme yönleri ve durumu da dikkate alınarak güncel tutulması yararlı olacaktır.

Kaynaklar

[1] Kahrıman, A., 1995, "Sivas Ulaş Yöresi Selestit Cevheri ve Yankayaçları İçin Optimum Patlatma Koşullarının Araştırılması ve Kayaç Özellikleri İle İlişkilendirilmesi" Doktora Tezi.

[2] Kahrıman, A., 2004, "Analysis of parameters of ground vibrations produced from bench blasting at A Limestone Quarry", Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 24, Elsevier, London, U.K, pp. 887-892.

[3] Kahrıman, A., Ozer, U., Aksoy, M., Karadoğan, A., Tuncer, G., 2006, "Environmental impacts of bench blasting at Hisarcik Boron open pit mine in Turkey", Environmental Geology, Springer-Verlag 3020 Production Department.

[4] Adıgüzel, D., 2006, "Çatalca Yöresi Akyol Taşocağında Patlatmadan Kaynaklanan Titreşim Etkilerinin Araştırılması" Yüksek Lisans Tezi.

[5] Kahrıman, A., Karadoğan, A., Adıgüzel, D., 2006, "Çatalca Yöresi Akyol Taş Ocağında Patlatmalı Kazı Çalışmalarından Kaynaklanan Titreşim ve Hava Şokunun Ölçümü (Kasım - Aralık 2005, Ocak 2006 Raporu)", İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Döner Sermaye Projesi. İstanbul, Şubat.

[6] ISRM Uluslararası Kaya Mekaniği Derneği, 1992

[7] OSM Bülteni, 1983, USA.

[8] USBM Bülteni, (RI 8507) 1980, USA.

Patlayıcı Olmayan Kayaç Parçalayıcılar ve Madencilik Sektöründeki Kullanımı

Non-Explosive Rock Breaking Agents and Their Usage in Mining Sector

Doğan KARAKUŞ, Gürcan KONAK, A. Hakan ONUR, Oktay ERTEN

DEÜ Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, 35160, Buca, İZMİR
dogan.karakus@deu.edu.tr, gurkan.konak@deu.edu.tr, ahmet.onur@deu.edu.tr, oktay.erten@ogr.deu.edu.tr

ÖZ: Herhangi bir yapının veya kaya kütesinin parçalanması, doğadaki yerinin değiştirilmesi zor ve maliyetli bir operasyondur. Özellikle, kalabalık ve yerleşim bölgelerindeki yıkım, yol, baraj yapımı ve özellikli madencilik operasyonlarının geleneksel patlayıcılar kullanılarak gerçekleştirilmesi ürettikleri olumsuz çevresel etkiler nedeniyle sakıncalıdır. Bu bağlamda, geleneksel patlatma operasyonlarına alternatif olan patlayıcı olmayan kayaç parçalayıcılar gündeme gelmektedir. Bu parçalayıcıların olumsuz çevresel etkileri en az düzeyde üretmesi özellikli kayaç parçalama işlemlerinde avantaj sağlamaktadır. Madencilik ve altyapı çalışmalarında bu ürünlerin kullanımı artmaktadır. Düşük detonasyon hızları ve antigrizütün özellikleri nedeniyle yeraltı ocaklarında istenilen bir ürün halini almaktadırlar. Bunun yanında söz konusu ürünlerin doğaltaş sektöründe kullanılan çeşitleri de mevcuttur.

Bu bildiride, alternatif kayaç parçalama tekniklerinden olan patlayıcı olmayan kayaç parçalayıcılar ve madencilik sektöründeki kullanımları irdelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Patlatma, kayaç parçalayıcı, çevresel etki

ABSTRACT: The breakings of any type of structure or rock mass, the changing of their locations in nature are difficult and costly operations. Especially, conducting of demolition works, road paving, dam constructing and specific mining operations by using ordinary explosives in urban areas have some drawbacks, because of bad products produced by ordinary explosives. In this case, non explosive rock breaking agents which are alternative to ordinary blasting operations are taken into consideration. The fact that these agents produce bad environmental products at minimum level makes the use of these agents to be common. In mining and constructing sector, the uses of mentioned products are on the increase. Because of the fact that these blasting agents have low detonation velocity and flameless peculiarity, they are becoming to be popular for underground mines. Moreover; some types of the mentioned agents which are used in natural stone sector are also available on the market.

In this paper, non explosive rock breaking devices which are one of the techniques of alternative rock breaking and their usage have been dealt with

Keywords: Blasting, rock breaking agent, environmental effect

1. GİRİŞ

Ülkemizde, madencilik sektöründe yeni teknolojiye bütünleşme istenilen düzeyde olmamaktadır. Oysaki Avrupa Birliği sürecinde olan ülkemiz için her alanda yeni teknoloji kullanımının gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Kaldı ki, çevre bilincinin artması, doğaya gereken önemin verilmesi madencilik sektöründe yeni teknolojilerin kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Çevresel hassasiyetin yüksek olduğu bölgelerde patlatma operasyonlarının gerçekleştirilmesi amacıyla ilk kez İngiltere’de kullanımı gerçekleştirilen patlayıcı olmayan kayaç parçalayıcılar piyasadaki isimleriyle (Cardox, Nonex, Bristar, PCF, Dexpan) bugün hemen hemen bütün dünya madenciliğinde kullanılmaktadır. Özellikle İngiltere, Avustralya ve diğer Avrupa ülkelerinde tam bir mühendislik çalışması şeklinde gerçekleştirilen madencilik operasyonları, ülkemizde özellikle küçük ölçekli işletmelerde yeterince profesyonelce yapılmamaktadır. Bu eksikliğin ana nedeni AR-GE çalışmalarına gereken önemin verilmeyişidir. Örneğin, Türkiye doğaltaş madenciliği incelendiğinde hatalı mühendislik çalışmalarından kaynaklanan rezerv kayıpları sektörü dünya sıralamasında istenilen yerde olamamamıza neden olmaktadır. Bununla birlikte, mevcut blokların ana kütleden ayrılmasında kimyasal esaslı kayaç parçalayıcılar ve ayırıcıların (Dexpan) kullanımıyla daha az ürün kaybı olmakta ve ortalama ocak veriminin artırılması sağlanabilmektedir.

2. PATLAYICI OLMAYAN KAYAÇ PARÇALAYICILAR

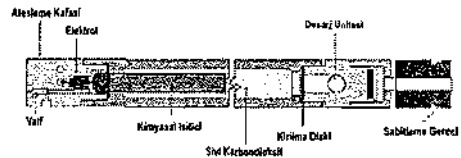
2.1. Cardox

60 yıldan beri İngiltere’de Cardox kullanımı yapılmaktadır. Diğer Avrupa ülkeleri ve Avustralya’daki kullanımı çok yakın bir geçmişe dayanmaktadır. Sistem ilk olarak, kömür damarları için bir patlayıcı olarak geliştirilmiş ve günümüze kadar bu sistemin çalışmaları ve ticareti yapılmıştır. Cardox sistemi yüksek mukavemetli, sıvı karbondioksitle dolu yeniden kullanılabilen çelik tüp, kimyasal enerji vericisi ve kırılma diskinden

oluşmaktadır. Cardox tüpü ateşlendiğinde karbondioksit neredeyse ateşlemeyle eş zamanlı olarak sıvı halden gaz hale geçer. Gaz halindeki karbondioksit hızlı hacim artışından dolayı büyük bir enerji potansiyeli yaratır. Cardox gaz haline geçtiğinde meydana gelen basınç yardımıyla kayaç içerisindeki mevcut mikroçatlak, çatlak ve kırıklar arasına yayılır. Gaz serbest kaldığında kendi orijinal hacminin yaklaşık 600 katı kadar genişler. Bu genişleme 300 MPa (3000 bar) değerinde bir basınç yaratır. Çeşitli genişliklerdeki kırılma diski kullanımıyla kartuşun detonasyonundan elde edilen basınç 1200 ile 2800 bar arasında ayarlanabilir. Bu da her uygulama için sistemin esnek hale getirilmesini sağlar [1].

2.1.1. Cardox Bileşenleri

Cardox kartuşunun en önemli bileşeni, sıvı karbondioksittir ve tüp içerisindeki hazneye şarj cihazı kullanılarak pompalanır. Bir diğer bileşen ise kimyasal enerji sağlayıcısının takıldığı ateşleme kafasıdır. Kalınlığı çeşitli olan kırılma diski ise yüksek hacim artışı ile ortaya çıkan basınç değerini ayarlar ve tüpün şarj ünitesindeki başlığına yerleştirilir. Söz konusu kırılma diskleri her inç² de 5’ten 17.5 ton’a kadar kırılma basıncı sağlayacak şekilde seçilebilir. Ateşlendiğinde diskin merkezi ayrılır, şarj ünitesinde yer alan karşılıklı iki adet delik, gaz haldeki karbondioksitin tüpten dışarı çıkmasını sağlar. Cardox kartuşu ilk kullanımdan sonra şarj edilerek ve kimyasal ısıtıcı değiştirilerek defalarca kullanılabilir [3]. Kimyasal enerji vericiden oluşan güvenli ısıtıcı (Beethoven) patlatma kutusundan sağlanan küçük elektrik şarjı ile aktive edilir. Bu işlem karbondioksitin gaz haline geçerek genişlemesi ve kırılma diskini kırmasını sağlayan ısıyı üretir. Şekil 1’de şematik olarak Cardox tüpü ve bölümleri görülmektedir.



Şekil 1. Cardox Bileşenleri [1].

Cardox tüpleri 686 mm'den 1245 mm'ye kadar 4 farklı boyda ve 45, 51, 64 mm çaplarında üretilmektedir [2]. Uygulamalarda kullanılan Cardox tüp tipleri B20, B37, F57, C74 şeklinde isimlendirilir.

2.1.2. Cardox Kullanım Alanları

Cardox bütün dünyada pek çok projede başarıyla uygulanmaktadır. Başlıca uygulamaları; Kaya kütesinin kazılması, çelikle kuvvetlendirilmiş (betonarme) ve kütle beton duvarlardaki kontrollü parçalamalarda, kapalı ya da çevrelenmiş alanlardaki kontrollü yıkımlarda, yeraltı galeri açılmasında, tünel ve kuyu açma işlerinde, maden üretim aşamasında yardımcı ekipman olarak (patar atımları), kanal kazılarında ve köprü yıkımlarında, ocak operasyonlarında büyük kütlede taş üretiminde, açık işletme madencilğinde, depolama (silo) yapılarında, rekültivasyon işlemlerinde yardımcı ekipman olarak, su altı projelerinde, ulaşımı olmayan bölgelerde güç iletimi için gerçekleştirilen projelerde kullanılır. Bu ürünün sıradan patlayıcılara göre avantajları; gürültü, vibrasyon ve toz miktarındaki azalmanın yanı sıra herhangi bir gaz çıkışı riskini de ortadan kaldırır. Bir diğer avantajı yüksek hızda dağılan gaz soğutma etkisi gösterir ısıyı düşürür. Bu da hava/gaz karışımından doğan herhangi bir infilakı önler. Patlayıcı olarak tanımlanmadığı ve diğer patlayıcıların kullanım standartları ile eşdeğer tutulmadığı için bu tip patlayıcılar parçalayıcı olarak nitelendirilir ve kullanımı için herhangi resmi bir yeterlilik belgesi aranmaz.

2.1.3. Cardox Kullanımıyla Yapılmış Testler

Cardox'a ait teknik bilgilerde, ürünün kullanımıyla oluşan vibrasyon ve gürültü değerleri verilmektedir. Buna göre yapılan testler;

- Test 1- tek yatay tüp, ateşlenen tüp sayısı 1
- Test 2- yatay orta çekme paterni yaratmak için pozisyonlandırılmış eşzamanlı 2 tüp
- Test 3a- 10 m yüksekliğindeki ve 1m dilim kalınlığındaki düşey basamak paterni içerisindeki eş zamanlı 3 tüp
- Test 3b- 10 m yüksekliğindeki ve 1.5 m dilim kalınlığındaki düşey basamak paterni içerisindeki eş zamanlı 2 tüp.

Bu testlerin sonuçları çizelge 1, 2, 3 ve 4'te görülmektedir.

Çizelge 1. Ölçülen Vibrasyon Seviyeleri (mm/s) [3]

Test	5mX	5mY	5mZ	10m	20m
Test 1	0,398	0,355	0,631	0,316	0,079
Test 2	0,282	0,251	0,631	0,447	0,2
Test 3a	2,82	1,59	3,55	0,631	0,1
Test 3b	1,59	0,282	2,512	0,447	0,1

Çizelge 2. Ortalama Vibrasyon Değerleri (mm/s) [3]

5m	10m	20m	30m
0,81	0,45	0,14	0,08

Çizelge 3. Ölçülen Gürültü Seviyeleri (dB) [3].

Test	10m	30m	Ateşlenen tüp sayısı
Test 1	99	94	1
Test 2	102	89	2
Test 3a	98	85	3
Test 3b	95	79	2

Çizelge 4. Ortalama Gürültü Seviyeleri (dB) [3].

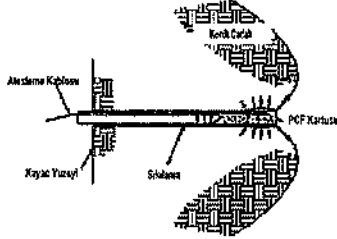
10m	30m
98	86

Ülkemizde ise cardox İzmir Tire'deki Tire Linyit Sanayi ve Ticaret A.Ş. tarafından işletilen yeraltı kömür işletmesinde üretim aşamasında kullanılmaktadır [4].

2.2. PCF (Penetrating Cone Fracture)

PCF (penetrating cone fracture)'ın açılımıdır. Teknik, sıkıştırılmış gazın detone edilmesiyle kısa patlayıcı deliğinden sürekli kayaç kırma ve kazma işlemini açıklar. PCF dayanımları 80 Mpa'dan 350 Mpa'a kadar olan kayaç çeşitliliklerinde başarıyla kullanılmaktadır [5]. Konik penetrasyon çatlağı terimi gaz enjeksiyonu ile oluşan özgül çatlak biçiminden gelir. Detonasyon sonucu patlayıcı deliği tabanına doğru 45 derece açıyla yayılan küresel çatlak oluşturulur. Söz konusu gaz kayaç

yapısındaki mikroçatlaklar içerisine yayılır ve hacim artışıyla kayada var olan zayıf noktalar boyunca kayacı çatlatır. Şekil 2 PCF kartuşu kullanımı sonucu kayada oluşan parçalanmayı göstermektedir.



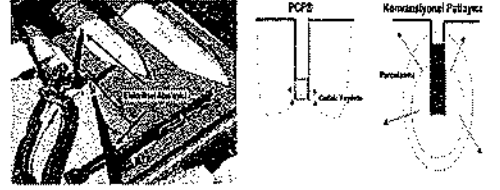
Şekil 2. PCF Kullanımıyla Oluşan Parçalanma Durumu [6].

Üründe, bileşik nitroselülöz tozundan imal edilmiş ticari olarak mevcut olan katı yakıt kullanılmıştır. 1992'de 150-350 Mpa dayanımındaki kayalarda gerçekleştirilen denemelerden sonra ürüne ait araştırma ve geliştirme çalışmaları Colorado School of Mines'ta sürdürülmüştür [7]. 1998'de bu ürüne ait haklar Avustralya'daki Brandrill Ltd.'in sahip olduğu Rock Breaking Solutions firması tarafından alınmıştır. 1999'da çevresel açıdan hassas bölgelerde ürünün başarılı uygulamaları ardından ürün yeraltı ve yüzey madencilik operasyonları için iki kısma ayrılmıştır. Özellikle Kuzey Amerika'da yerüstü ocak operasyonlarında ve Güney Afrika'da düşük damar kalınlığına sahip yeraltı ocaklarında başarıyla kullanılmaktadır [8].

2.2.1. PCF Bileşenleri

PCF kartuşu tek bir açıklığı olan toz halindeki yakıt ile doldurulan plastik bir tüpten oluşur. Kartuşun diğer ucu köşeli biçimlidir. Bu durum kartuşun sıkılamaya kilitlenmesini sağladığı gibi kartuşun delik içerisine yerleştirildiğinde ateşleme esnasında bir yalıtım sağlar. Söz konusu tüp ve kapak yüksek yoğunluklu polipropilen (HDPP) maddesinden imal edilmiştir. Kapak içerisinde detonasyonu sağlayan elektriksel ateşleyicinin yerleşimi için 3 mm'lik bir açıklık vardır. Elektriksel ateşleyici Şekil 3'te gösterildiği gibi temelde akım geçtiğinde sıcaklık üreten bir rezistanstır.

Devreden akımın geçmesiyle oluşan sıcaklıkla kartuş içerisindeki yakıt ateşlenmektedir.



Şekil 3. PCF Kartuşları, Elektriksel Ateşleyiciler ve PCF ile Kayaç Parçalama Mekanizması [6].

2.2.2. Ürün Uygunluğu

Şekil 3'te görüldüğü gibi PCF değişik uygulamalar için çeşitli boyutlarda üretilen esnek bir ürün özelliğine sahiptir. Bu ürünün kullanımıyla oluşan vibrasyon değerinin normal patlayıcıların kullanımıyla oluşan vibrasyon değerinin yarısı kadar olduğu, fırlayan taş parametresinin düşük hıza sahip olduğu ve maksimum mesafesinin 10 m olduğu yapılan deneylerle saptanmıştır. [9] Olumsuz çevresel parametrelerdeki bu azalma konvansiyonel patlayıcılarda olduğu gibi sıkıştırırmaya dayalı bir parçalama değil çekme gerilmesine dayalı bir kayaç parçalama sonucu oluşmaktadır. (Şekil 3.) Bu ürünün kullanımında kayaç, çekme gerilme dayanımı yenilerek parçalandığından basma dayanımının yenilmesiyle kayacın parçalandığı konvansiyonel patlayıcıların kullanımına göre daha az ince tane boyutu elde edilmektedir. Bunun yanında toz miktarı önemli ölçüde azalmaktadır. Kayacın parçalanmasında kayaca ait çekme gerilme dayanımının aşılması için gerekli olan enerji baskı dayanımının aşılması için gerekli olan enerjiden daha düşük olduğundan bu ürünün kullanımında daha düşük enerji gereksinimlerine ihtiyaç vardır. 200 gr PCF 1.2 kg konvansiyonel patlayıcıyla eşit hacimde kayaç parçalar ya da kırar. Ürün özellikle derin yeraltı madenlerinde düşük toksik özelliği nedeniyle, atım gerçekleştirilen bölgeye yeniden giriş zamanını azaltması ve böylece verimin %40 oranında artmasını sağlaması açısından son derece yararlıdır. Ürün ayrıca kullanıcıya daha doğru bir kazı profilinin elde edilmesini ve çevresel kontrolü sağlar. PCF kartuşunun yanmasıyla konvansiyonel

patlayıcılarda olduğu gibi bazı gazlar açığa çıkar. Yanma sırasında üretilen başlıca gazlar; CO₂, NO, CO, H₂'dir. Bunla birlikte testler standart tünel havalandırma durumunda 1 dk'lık ölçümdeki en yüksek CO konsantrasyonunun 20 ppm'den az ve NO konsantrasyonunun ise 5 ppm'den az olduğunu göstermiştir [10]. Ayrıca ürün kullanım yeraltında kullanılan havalandırma sistemlerinde çok kapsamlı bir değişimi gerektirmemektedir.

2.2.3. Ürün Kullanımı

PCF büyük boyutlu kayaçlarda kullanıldığında patlayıcı deliğinin kayaç çapının en az 1/6'sı kadar açılması gereklidir. Yerinde parçalanma durumunda ise 1-1.1 m delik boyu yeterlidir. Ürünün basit olarak kullanımı şöyledir; Kartuş elektriksel ateşleyici ile birlikte delik içerisine yerleştirilir. Aynı şekilde sıkılama kartuşu ve kapağı delik içerisine yerleştirilir. Son olarak elektriksel ateşleyici ateşleme kablosuna bağlanır ve ateşleme gerçekleştirilir. İstenilen miktarda kartuş ateşleme hattına bağlanabilir ve eş zamanlı olarak ateşlenebilir [10]. Herhangi bir nedenle detone olmamış kartuş kolaylıkla çıkartılır ve elektriksel ateşleyicinin değiştirilmesiyle yeniden kullanılır. Detone olmamış kartuşun çıkartılamaması durumunda, bir başka kartuş söz konusu kartuşa çok yakın bir şekilde yerleştirilir ve ateşlenir.

2.2.4. PCF Kullanımıyla Gerçekleştirilen Vibrasyon Testleri

Ürüne ait çevresel parametre değerlerinin saptanabilmesi için ABT mühendislik firması tarafından Avustralya'daki Caning baraj bölgesinde deneyler gerçekleştirilmiştir. Vibrasyon değerinin okunması için 3 istasyon bölgesi seçilmiştir. Düşey yönde ölçülen tanecik hızları çizelge 5'de ve frekans değerleri çizelge 6'da verilmiştir.

- 1No'lu vibrasyon okuma lokasyonu patlatmanın yapıldığı yerden 6 m mesafede
- 2No'lu vibrasyon okuma lokasyonu patlatmanın yapıldığı yerden 8 m mesafede
- 3No'lu vibrasyon okuma lokasyonu patlatmanın yapıldığı yerden 12 m mesafededir.

Çizelge 5. Düşey (v) Yönde Ölçülen Tanecik Hızı (mm/s). [1]

Atım Sayısı	1 Nolu	2 Nolu	3 Nolu	PCF şarj miktarı (gr)
1	2.12	1.32	0.45	100
2	1.9	1.83	1.45	80
3	1.27	0.8	0.68	100
4	1.73	1.55	0.9	100
5	1.84	1.27	0.91	100
6	2.45	1.55	1.33	100
7	2.31	1.67	0.84	100
8	0.85	0.56	0.38	100
9	1.62	0.89	0.84	100
10	1.11	0.95	0.84	100
11	0.81	0.91	0.87	100
12	0.91	0.92	0.62	100
13	2.25	1.47	1.28	2x80
14	2.65	1.58	1.25	2x80
15	2.43	1.25	0.98	2x80

Çizelge 6. Ölçülen Frekans (Hertz) Değerleri [1]

Atım Sayısı	1 Nolu	2 Nolu	3 Nolu	PCF şarj miktarı (gr)
1	500	1100	350	100
2	150	150	200	80
3	350	350	350	100
4	1550	1350	1000	100
5	1600	550	450	100

Frekansın 40 Hz'in üzerinde olduğu güvenli maksimum tanecik hızı;

- PPV<50 mm/s güvenli bölge
- PPV>50 mm/s muhtemel hasarlı bölge

Frekansın 40 Hz'in altında olduğu güvenli maksimum tanecik hızı;

- PPV<13 mm/s ahşap yapılar için güvenli
- PPV<19.5 mm/s modern yapılar için güvenli

Diğer bir deneysel çalışma PCF ile konvansiyonel patlayıcıların kullanımındaki vibrasyon değer farklılığını saptamak için yapılmıştır. Bu deneylerde ABT mühendislik tarafından yürütülmüştür.

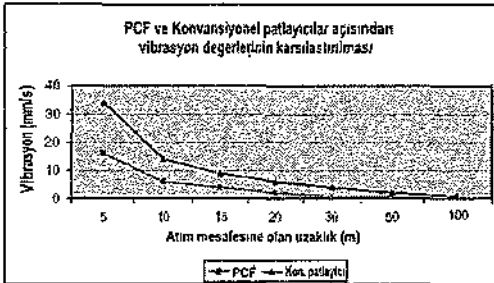
$$PPV = k \left(\frac{R}{\sqrt{Q}} \right)^{-\beta}$$

Maksimum tanecik hızı hesaplamada birçok yaklaşım olmakla birlikte USBM tarafından önerilen eşitlik diğerlerine göre daha çok kabul görmüştür. [11] Yukarıda verilen eşitlikte; k sahaya ait sarsıntı iletim katsayısı, β ise sönümlenme katsayısını temsil etmektedir. R patlatmanın gerçekleştirildiği bölgeye olan mesafe ve Q ise gecikme başına şarj miktarıdır. Sonuçlar %95 güvenlilikle elde edilmiştir.

$$PPV_{95\%} = 1090 \left(\frac{R}{\sqrt{Q}} \right)^{-1.39} \quad (1)$$

$$PPV_{95\%} = 1483 \left(\frac{R}{\sqrt{Q}} \right)^{-1.25} \quad (2)$$

- (1). Denklem PCF için maksimum parçacık hızını vermektedir.
(2). Denklem Konvansiyonel patlayıcı için maksimum parçacık hızını vermektedir.



Şekil 4. PCF ve Konvansiyonel Patlayıcılar Açısından Vibrasyon Değerlerinin Karşılaştırılması [1]

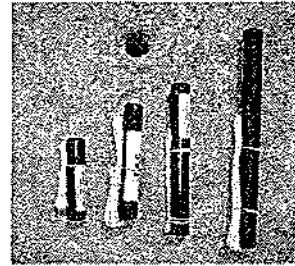
Şekil 4'te görüldüğü gibi PCF kullanımıyla oluşan vibrasyon değeri konvansiyonel patlayıcılara nazaran daha düşüktür.

2.3. Nonex

Nonex sistemi de PCF gibi katı yakıt içerikli bir sistemdir. İngiltere'de kaya kütlelerinin büyük ebattaki plakalar şeklinde kazanılmasını gerektiren şist ocaklarında bu ürünün özel uygulamaları gerçekleştirilmektedir.

2.3.1. Ürün Bileşenleri

Nonex sistemi yakıt içerikli bir sistemdir. Katı yakıt içeriği amonyum nitrat ve nitroselülöz'dür. Nonex, ateşlendiğinde CO₂ ve Nitrojen gibi yüksek hacimde zararsız gazlar üreten yakıt içerikli kartuşlardan oluşur. Delik içerisindeki kartuş detone edildiğinde açığa çıkan gaz basıncının artmasını sağlar. Nonex kartuşları 6 farklı boyutta üretilmektedir. Şekil 5'te görülen 25 mm'den 75 mm'ye kadar olan kartuşlar blok halinde veya büyük boyutlu kaya kütlelerinde kullanılır. Bunun yanında 100 mm'den 300 mm'ye kadar olan kartuşlar ise yerinde kayaç parçalama işlemlerinde kullanılır. Örnek olarak zemin ya da duraylı ana kayaçlar verilebilir.



Şekil 5. Farklı Boyutlardaki Nonex Kartuşları [12]

2.3.2. Ürün Uygunluğu

Bu sistemin ana avantajı detonasyon sonucunda ortaya çıkan düşük orandaki gürültü, vibrasyon ve fırlayan taş parametreleridir. Nonex özellikle kayacın kırılmasını ve aşırı parçalanmasını gerektirmeyen durumlar için uygundur. Bu ürünün kullanımıyla kayaçta parçalanmaya neden olmayan ayırma şeklinde boyut küçültme sağlanır. Nonex sisteminin bu özelliği nedeniyle özellikle doğaltaş sektörü üreticileri bu ürünün kullanımına yönelmiştir. Ayrıca ürünün konvansiyonel patlayıcı olarak sınıflandırılmaması da diğer bir avantajdır.

2.3.3. Ürün Kullanımı

Nonex kartuşu ateşleme için küçük bir hazırlık gerektirir. Kartuş ilk olarak patlayıcı deliği içerisine yerleştirilir ve ardından sıkılama yapılır. Kartuşun başlangıç kısmındaki köşeli biçim sıkılamanın tüm kartuşu bütünüyle

çevrelemesini ve iyi bir şekilde delik içerisine yerleşimini sağlar. Tüm bu işlemlerden sonra kartuş ateşleme kutusu vasıtasıyla detone edilir. Nonex kullanımı sonucu sarsıntı değerlerinin saptanması için Avustralya'da Riverview Avenue bölgesindeki bina yıkım işleminde Heilig and Partners firması tarafından bağımsız vibrasyon okuması gerçekleştirilmiştir. Yıkım boyunca iki farklı yerde 6 adet atım gerçekleştirilmiştir. Ölçüm mesafesi 6 ile 10 m olarak seçilmiştir. Kabul edilebilir tanecik hızı 5 mm/s olarak belirlenmiştir. Ölçüm sonuçları çizelge 7'de verilmiştir. Görüldüğü gibi nonex kullanımıyla bu değer aşılmamıştır.

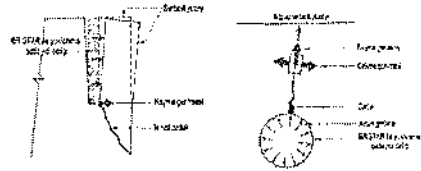
Çizelge 7. Nonex Kullanımında Ölçülen Vibrasyon Değerleri [12]

Atım sayısı	1. Ölçüm yeri (mm/s)	2. Ölçüm yeri (mm/s)
1	3.4	3.84
2	1.5	3.36
3	1.0	3.15
4	0.7	3.13
5	1.0	2.93
6	1.6	3.26

2.4. Bristar

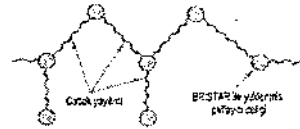
Bristar kayacın kırılması veya çatlatılması için katı malzemenin ve suyun kullanıldığı patlayıcı olmayan kayaç kırma tekniğidir. Bristar kırılacak olan beton ya da kayaçta açılan delik içerisine dökülen ve doğru oranda su ile karıştırılan toz halindeki bir maddedir. Bulamaç hazır hale geldiğinde sertleşir ve genişler buna bağlı olarak etrafındaki kayacı çatlatır ya da kırar. Bristar maddesi kuvvetli adhezyon ve sürtünme direncine sahiptir. Delik girişi dışındaki her yerde sürekli artan gerilmeler oluşturur. Çoğu kayacın kırılması için gereken tek eksenli baskı dayanımı 1000 ile 2000 kg/cm² arasındadır. Bu durum betonda ise 150-500 kg/cm² arasında değişmektedir. konvansiyonei patlayıcılarla kayaç sıkıştırma esasına göre kırıldığından verilen tek eksenli baskı dayanım değerini yenmek zorundadırlar. Bristar çekme gerilmesine dayalı parçalanma sağlar bu da daha düşük bir gerilme değerinin yenilmesi anlamına gelir. Çekme gerilmesi çoğu beton malzeme için 40 kg/cm² ile 70 kg/cm² arasında değişir. Bristar 600 kg/cm²'den daha fazla bir gerilmeye sahip

olduğundan çoğu kayacı ve beton malzemeyi uygun delik düzeninde ve doğru kullanımla kırabilmektedir. Kullanımından 24 saat sonra Bristar 600 kg/cm²'nin üzerinde bir gerilme değerine erişir. Kayaç kırma prosesi boyunca ürün kırılacak materyal içinde genişler ve yayılır. Çatlamlar basma gerilmesiyle aynı hatta olan deliğin içindeki bir noktadan başlar. Şekil 6.



Şekil 6. Bristar ile Kayaç Parçalama Mekanizması [13]

İlk kırıkların görülmesinin ardından, artan genişleme kırılmalarına neden olarak yayılır ve yeni çatlak ve kırıkları oluşturur. Bristar kullanımı sonucunda, tek delikte 2 ile 4 arasında kırılma bölgesi oluşur. Çoklu bitişik delikler için şekil 7'de görüldüğü gibi çatlakların yayılması ve diğer deliklerde oluşacak çatlaklarla bağlantı kurması için her delikte aynı seviyede ürün kullanılmaktadır ve bu sayede Bristar'dan maksimum performans alınmaktadır.



Şekil 7. Çatlakların Diğer Deliklerle Bağlanması [13]

Kırılmanın yönü; kırılma paterninin planlanması, uygun delik tasarımının yapılması, derinlik ve eğim değişiklikleri ile yeniden düzenlenebilir.

2.4.1. Ürün Bileşenleri

Bristar tozu silika (silisik asit)'den oluşan bir inorganik madde ve bir organik maddenin karışımından oluşur. Herhangi bir açıdan tozun zararı yoktur. Kullanıma hazır hale gelmesi için önce Bristar tozu su ile karıştırılır ve delikler

içerisine dökülür. İki ana Bristar ürünü vardır. Bunlar; Bristar ve Süper Bristar 2000'dir. Süper Bristar 2000'nin Bristar'a göre avantajı daha kısa sürede hazır hale gelmesi ve kayacı 40dk. ile 3 saat arasında kırmasıdır. Bristar'da bu durum 10 ile 20 saat arasında gerçekleşmektedir. Kırılacak materyalin farklı sıcaklıklar arz ettiği durumlar için farklı derecelerde Bristar ürünü mevcuttur.

2.4.2. Ürün Uygunluğu

Bristar kayaçları gürültü, vibrasyon, gaz emisyonu, fırlayan taş ve toz gibi parametreleri oluşturmadan kırabilir. Bu durum çevresel açıdan duyarlı bölgelerde kullanıldığında çok yararlıdır. Ürünün kullanılması için herhangi bir ateşi ehliyetine gerek olmaması piyasada bu ürünün daha iyi bir şekilde talep görmesini sağlar. Ayrıca çevresel olumsuz etkiler nedeniyle gerçekleştirilmesi mümkün olmayan bir takım patlatma veya kayaç parçalama operasyonlarının gerçekleştirilmesi mümkün hale gelmektedir. Bristar, kırma için birçok deliğin gerekli olduğu özellikle boşluk kısıtlamaları ve minimum serbest yüzeyin olduğu durumlarda dezavantajlıdır. Örneğin, kuyu ve tünel açma işlerinde sadece bir serbest yüzey vardır ayrıca açılan delikler paraleldir. Bu nedenle oluşacak çatlakların yayılması mümkün değildir. Bu durumda Bristar kullanımı yerine kontrollü patlatma ya da orta çekme şeklinde ürün veren patlatma operasyonları önerilir.

2.4.3. Ürün Kullanımı

Bristar kullanımındaki ilk aşama delik paterninin oluşturulmasıdır. Bu dizayn önemlidir ve kayaç özellikleri, eklemler, kırılacak kayaç hacmi, ikincil kırma mekanizmaları ve çalışma periyodu gibi birçok faktöre bağlıdır. Yapılan çalışmalar en iyi sonuçların daha uzun deliklerdeki uygulamalardan elde edildiğini göstermiştir. Delik paterninin oluşturulmasından sonra, deliklerin doldurulması için ne kadar Bristar ürününün gerekli olduğu hesaplanmalıdır. Uygulamalarda karıştırma için 1 litre su ile 5 kg Bristar'ın karıştırılması önerilir. Karışım elde edildikten sonra 5 dk içinde deliklere şarj edilmelidir, aksi takdirde ürünün kullanımıyla kayaç içerisinde istenilen

oranda genleşme sağlanamaz. Şekil 8'de karıştırma işlemi görülmektedir.



Şekil 8. Bristar ürününün uygun oranda su ile karıştırma işlemi [13]

Çizelge 8. Delik Çapına Göre Kullanılacak Bristar Miktarı [13]

Delik Çapı	mm	36	38	40	42	44	46	48	50
Bristar	kg/m	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.8	3.0	3.3

2.5. Dexpan

Dexpan su ile karıştırılıp patlayıcı deliğine dökülen orijinalinde toz halinde olan bristar'a benzer bir maddedir. Karışım bekletildiği zaman meydana gelen hacim artışı ve sertleşme ile kayaçta kırılmaya ve çatlamaya neden olur. Çoğu beton materyal ve kayaç 500 kg/cm² çekme gerilmesinde kırılırlar dexpan bu değeri yeterince aşmaktadır.

2.5.1. Ürün Bileşenleri

Dexpan ince toz haline getirilmiş alüminyum, silikon ve kalsiyum oksitten oluşan kimyasal bir maddedir. Toz ve uygun orandaki suyun karıştırılması, elde edilen bulamacın hacminde artışa sebep olan kimyasal reaksiyonla sonuçlanır. Bu durum ise delik çevresinde kırılma ve çatlamalar yaratır. Kimyasal reaksiyon sıcaklığa bağlıdır. Bu yüzden kırılacak olan materyalin sıcaklığına uygun dexpan ürününün kullanılması gereklidir çizelge 9.

Çizelge 9. Dexpan Ürünleri Kullanımına Ait Sıcaklık Aralıkları [14]

Ürün	Materyal Sıcaklığı (°C)
Dexpan 1	25-40
Dexpan 2	10-25
Dexpan 3	-5-10

2.5.2. Ürün Uygunluğu

Dexpan kullanıldığında gürültü, vibrasyon, fırlayan taş ve gaz emisyonu gibi parametreleri üretmediği için nüfus yoğunluğu yüksek olan bölgeler ile çevresel bakımdan hassas durum arz eden uygulamalar açısından son derece avantajlıdır. Dexpan'ın dezavantajı uygulandığında kayada çatlama meydana getirebilmesi için 8-24 saat arasında bekleme süresine ihtiyaç duymasıdır. Bu nedenle sürekli bir kayaç parçalama işlemi söz konusu değildir.

2.5.3. Ürün Kullanımı

Ürün kullanımında ilk işlem uygun delik paterninin dizayn edilmesidir. Bu işlem basit olarak delikler arası mesafenin 30-60 cm olması ve delik çaplarının 4-5 cm olmasıyla yapılır. Patlayıcı delikleri standart deliciler kullanılarak delinebilir. Delikler parçalanacak ya da kırılacak olan materyalin derinliğinin %95'i kadar delinmelidir. Dexpan karışımının hazırlanış aşamasında 3'e 1 oranında su kullanılmalıdır. 1 birim su ile 3 birim dexpan karıştırılmalıdır. Karışımın tam anlamıyla gerçekleştirilmesi son derece önemlidir. Bu nedenle karıştırma işlemlerinde gerekli ekipmanlar kullanılmalıdır. Deliklerin delinmesinden sonra delik içleri hava tabancası kullanılarak temizlenmeli ve karışım deliğe boşaltılmalıdır. Bu işlem delik içerisinde kalan tozun ortamdaki uzaklaştırılmasını sağlar. Karışımın hazırlanmasından 10 dakika sonra karışım delik içerisine dökülmelidir. Düşey delinen delikler tercih edilir fakat yatay delikler delindiğinde ise karışımın delinen deliklere şarj işleminde pompa ekipmanı kullanılır. Bunun yanında yatay delikten karışımın akmasını önlemek için sıkılastırılabilir tapası kullanılır. Delikler karışım ile şarj edildikten 45 dakika sonra ilk çatlaklar görülmeye başlanır. Kayada tamamen bir ayrılma 24 saat içerisinde gerçekleşir. Bu ürünün kullanımına ait herhangi bir izin ve eğitime gerek yoktur. Bunun yanında saklanması için ruhsat ve konvansiyonel patlayıcılarda olduğu gibi bir resmi depo düzenine ihtiyaç yoktur. Kullanım alanları; Madencilik, kayaç kırma, doğaltaş madenciliği, yıkım işlerinde, yol kazılarında, tahkimatlı beton ve betonarme parçalamalarında, tünel kazılarında, su altı kazılarında, kireçtaşı ocaklarında başarıyla uygulanır[15].

3. SONUÇ

Son yıllarda kullanımı artan patlayıcı olmayan kayaç parçalayıcılar madencilik endüstrisinde gerçekleştirilen spesifik patlatma operasyonları için uygun niteliktedir. Bu tip parçalayıcıların geleneksel patlatma operasyonlarında oluşan vibrasyon, fırlayan taş, gürültü ve toz gibi parametreleri minimum düzeyde üretmesi, kullanımı için herhangi bir lisans gerektirmemesi, depolama ve taşınması için yasal bir düzenlememenin olmaması sebebiyle konvansiyonel patlayıcılara nazaran çok daha avantajlıdır. Bildiri içerisinde verilen test sonuçlarından da görüldüğü gibi bu tip ürünlerin kullanımında oluşan vibrasyon ve gürültü seviyeleri istenilen düzeyin altında olmuştur. Kullanım amaçlarının geniş olması bu ürünlerin bir çok mühendislik işlerinde kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Madencilik endüstrisinin yanı sıra, inşaat sektöründe de avantajlı ve aranan bir ekipman durumundadırlar. Kullanımı şehir yaşantısına uygun olduğu için özellikle kalabalık bölgelerdeki her türlü yıkım ve kayaç parçalama işlemleri zaman kaybı ve çevreye hasar vermeden gerçekleştirilebilmektedir. Ülkemizde önemli bir sektör halini alan doğaltaş madenciliğinde boyutlu taş üretimi örneğin, granit üretiminde itme gücü yüksek tahrir gücü düşük patlayıcılar kullanılmasına rağmen istenilen verim alınamamaktadır. Kullanılan patlayıcılar bloğa zarar vermekte ve tahmin edilen değerden çok daha düşük miktarda uç ürün elde edilmektedir. Bu tip parçalayıcıların kullanımı ile verim artırılabilir gibi daha güvenli bir üretim olanağı sağlanabilmektedir. Günümüzde, Amerika başta olmak üzere Çin ve Avrupa'da doğaltaş üretici ülkeler bu ürünleri kullanmakta ve sektörde söz sahibi olmaktadır. Bu bildiri, mühendislik ve madencilik endüstrisinde gerçekleştirilen kayaç parçalama ve patlatma operasyonlarına alternatif olabilecek patlayıcı olmayan kayaç parçalayıcıların kullanımına dikkat çekmekte ve bu bağlamda özellikle doğal sektörü üreticilerine katkısının olması beklenmektedir.

Kaynaklar

- [1] Caldwell T., "A Comparison of Non-Explosive Rock Breaking Techniques" *Bachelor of Engineering Thesis, The University of Queensland*, MMME4114.
- [2] Haase H., and Pickering R.G.B. 1991. Non-Explosive Mining: "An untapped potential for South African gold mining industry". *J.S. Afr. Inst. Min. Met.* 91(11), 1991, 381-388
- [3] Cardox ürün tanıtım kataloğu "The Cardox System" from: Long-Airdox(Cardox) Limited.
- [4] Başaran, S. C. "Cardox Kırma ve Uygulama Sonuçları" 2. *Delme ve Patlatma Sempozyumu*. 1996, ISBN 975-395-172-8 CaBa İç ve Dış Ticaret Madencilik Sanayi A.Ş.
- [5] Singh S.P., 1998, "Non-Explosive Applications of the PCF Concept for Underground Excavation", *Tunneling and Underground Space Technology* 13(3):305-310
- [6] Brandrill Limited, www.brandrill.com/framesets/pcffaq.htm.
- [7] Anonymous, 1993, "Surgical Ore Removal", *Canadian Mining Journal*, pp 10-13
- [8] Brandrill, http://www.hatch.co/Mining-Mineral_Processing/Articles/031.pdf.
- [9] RockTek USA Ltd, 2001, "General Introduction to PCF (Penetrating Cone Fracture)" *Rock Excavation*.
- [10] RockTek, 2003, <http://www.rocktek.com/prodrk.html> Innovations in Rock Breaking
- [11] Siskind, D.E., Stagg, M.S., Kopp, J.W. and Dowding, C.H. "Structure Response Produced by Ground Vibration from Surface Mine Blasting" *RI 8507, U.S. Bureau of Mines*, 1980.
- [12] Nonex Systems, www.nonexsystemsusa.com
- [13] Bristar, <http://www.demolitiontechnologies.com/about.html>
- [14] Dexpan, <http://www.archerusa.com/Product-Dexpan.htm>
- [15] Howarth D.F., Hood M., 1995, "Potential Impact of Alternative Rock Excavation Technologies on Mine Performance", in *Explo 95: Exploring the Role of Rock Breakage in Mining and Quarrying* pp 149-156.

Açık Ocak Patlatma Uygulamalarında, Patlayıcı Madde Kullanımı ve Yapılan Uygulama Hataları

Use of Explosive in Open Quarry and Application Faults

E. Alpaydın, M.O. Özkazanç

Nitromak A.Ş., Ankara

ÖZ: Yaşamın bütün alanında olduğu gibi, patlayıcı madde sektöründe de çalışanlar yaptıkları işe gereken özeni göstermek zorundadırlar. Çalışmalar sırasında yapılan hatalar, yanlış uygulamaların buna bağlı bir şey olmaz mantığı ile birleşmesi sonucunda çok ciddi ve olumsuz sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Burada yapılan yanlışlıklar, geri dönülemez boyutlarda olup tahmin edilemeyecek derecede tahribatlar yaratır. Bu işle uğraşanların, öncelikle kendi ve çevre güvenliklerini sağlamaları gerekir. Ekonomi, patlayıcı madde emniyeti ile birlikte düşünülmelidir. Ekonomik düşünce yapısında emniyetli olabilmek her zaman mümkün olmayabilir. Ayrıca pahalı olan ürünün her zaman ekonomik olduğunu da düşünmek yanlıştır. Amaç, doğru zamanda, doğru yerde doğru tercihler yapabilmektir. Ürün seçiminde, deliklerin şarj edilmesinde, patlayıcı maddenin naklinde, patlama sonrası artan malzemenin iadesi vb. patlatma operasyonunun her aşamasında öncelikle emniyet önlemleri tüzük hükümlerinin belirlediği şekilde alınmalıdır. Ekonomi beraberinde mutlaka gelecektir.

ABSTRACT: Like all the other occupations, it is at paramount importance for workers to pay the necessary attention to their job in the blasting sector. Little mistakes happened during the studies, may lead to serious adverse results when combined with the thought "take it easy nothing will happen". Such mistakes may be so catastrophic that they may cause irreversible and unwanted situations at the end, which may even can not be guessed. Those people who dealing with explosives should first take the necessary safety precautions for themselves and their environment. Economy of the conducted job should always be considered with the items of safety. It is not always possible to maintain a complete safety as long as the economy is accepted as the only must. Conversely, it is not always economic to utilize the expensive product. It should always be intended to make the right choices in the right time and place. Safety precautions should be taken in comply with the stated laws and regulations in every step of the blasting operation such as explosive selection, charging of the holes, transportation of the explosives, returning the excess explosives to the magazine, etc. Economy shall follow the taken safety measures, automatically.

1. GİRİŞ

Patlayıcı maddeler günümüzde insan yaşamı için çok önemli bir duruma gelmiştir. Bugün çevremize baktığımızda, patlayıcı maddelerin ne kadar geniş bir kullanım alanı olduğunu gözlemlemek pek de zor olmayacaktır.

- İnsanlığın en önemli ihtiyaçlarından biri olan enerji ve sulama amaçlı baraj inşaatlarının yapımında,

- Ulaşım yapmamızı sağlayan karayolu yapım çalışmalarında,

- Günlük hayatımızın her anında ihtiyaç duyduğumuz metalik madenler ve kömür madeninin bulunduğu yerden çıkartılması sırasında,

- Doğal gaz boru hatlarının düşenmesi için her türlü kanal açma işlerinde,

- Agrega ve hazır beton işinde hammadde temini için hammadde ocaklarında yapılan patlatmalarda,

- Binaların yıkılmasında

- Orman yangınlarının söndürülmesinde,

- Enerji hatlarının tesis edilmesinde,

ve bunlarla birlikte aklımıza gelmeyen bir çok alanda patlayıcı maddeler kullanılmaktadır.

Patlayıcı maddelerin insan yaşamında bu kadar önemli bir yeri olduğu halde, biz bunları tüketirken acaba yeterince özen gösteriyor muyuz ?.

2. PATLAYICI MADDE NEDİR? SINIFLANDIRILMASI VE ÖZELLİKLERİ

Öncelikle patlayıcı maddenin tanımını yapmamızda yarar vardır. Patlayıcıların ana özelliği, ateşlendiklerinde yüksek sıcaklıkta büyük hacimde gaza dönüşmeleridir. Bu ani dönüşüm sırasında açığa çıkan gazlar, kayaç içerisinde yüksek bir basınç oluşturarak kayacın parçalanmasını sağlamaktadır. Başka bir tanım olarak; belirli oranlarda kimyasal maddelerin karışımı ile oluşmuş, reaksiyon sonucunda çok yüksek sıcaklıkta ısı ve büyük miktarlarda gaz açığa çıkaran maddelere patlayıcı madde denir tanımı da son derece doğrudur.

Patlayıcı maddeler alevlenerek ateş alan maddelerdir. Bu tür maddelerde meydana gelen reaksiyonun hızı ses hızından (340 m/sn) düşüktür [1].

2.1. Patlayıcı Maddelerin Sınıflandırılması

Patlayıcı maddeler en genel anlamda iki şekilde sınıflandırılırlar.

2.1.1. İdeal Patlayıcılar

- Yüksek patlama hızları vardır ve bu teorik olarak hesaplanabilir.

-Kritik çapları düşüktür.

-Yoğunlukları yüksektir.

-Patlatma çapının hız etkisi yoktur.

Bu sınıfa giren patlayıcı maddeler askeri patlayıcılar ve bizim konumuzun dışındadır.

2.1.2. İdeal Olmayan Patlayıcılar

- Değişken patlama hızları vardır ve kolaylıkla hesaplanamaz.

-Kritik çapları yüksektir.

-Yoğunlukları düşüktür.

-Patlama çapı, patlama hızına etkisi vardır.

Bu tür patlayıcılar sivil amaçlı patlayıcı maddelerdir. Yaşamımızın her alanına giren patlayıcılar bu sınıflandırmanın içine girmektedir.

2.2. Patlayıcı Maddelerin Özellikleri

Sivil amaçlı patlayıcı maddeleri, özellikleri bakımından iki grupta incelemek mümkündür. Bunlardan biri fiziksel, diğeri de detonasyon özellikleridir.

-Yoğunluk

-Hassasiyet

-Suay direnç

-Kimyasal stabilite

-Oksijen dengesi

-Duman özellikleri

-Emniyet özellikleri

Fiziksel özellikler olarak sıralamak mümkündür. Patlayıcı maddelerde Detonasyon özellikleri ise;

-Patlama Hızı

-Patlama Basıncı

-Enerji

-Güç

olarak sıralandırılabilir [2].

3. PATLAYABİLİR KARIŞIMLARIN KULLANILMASI VE YANLIŞLIKLAR

Bu grup içerisinde üretilmekte olan patlayıcılar Amonyum Nitrat bazlı patlayıcılar olup, değişik katkı maddeleri ile emülsiyon

haline getirildikten sonra hassaslaştırılarak patlayıcı özelliği kazandırılan patlayıcılardır.

ANFO, Amonyum Nitrat ile Fuel Oil'in karışımından oluşan, patlayabilir karışımlara en iyi örnek olarak verilebilecek bir patlayıcıdır. ANFO;

-Temel girdilerinin yaygın olarak bulunabilmesi,

-Diğer patlayıcılara göre daha ucuz olması,

-Hazırlanmasının kolay olması,

-Kullanımının kolay olması,

-Depolama ve taşınmasının diğer patlayıcılara göre daha emniyetli olduğu düşüncesi gibi nedenlerden dolayı yaygın olarak kullanılmaktadır [3].

ANFO'nun kullanılmasında en çok yapılan yanlışlıklar;

A - ANFO'nun İşletmede Hazırlanması: ANFO'nun işletmelerde hazırlanmasının iki tane olumsuz sonucu vardır. Bunlardan bir tanesi yasal sorunlar, diğeri ise iş ve performans kaybına neden olmasıdır.

14.08.1987 tarih ve 87/12028 sayılı "Patlayıcı Maddelerle Av Malzemesi ve Benzerlerinin Usul ve Esaslarına İlişkin Tüzük" te 04.05.1999 gün ve 99/12746 sayı ile bazı değişiklikler yapılmış ve bu düzenlemede ANFO tüzük kapsamına alınmış ve işyerlerinde üretimi yasaklanmıştır.

Bilindiği gibi patlayıcı maddelerin üretilmesi mevcut tüzük hükümlerine göre yapılmalıdır. 1 Nisan 2005 tarihinde yürürlüğe giren yeni ceza yasasına göre;

Madde.181. Teknik usullere aykırı olarak faaliyette bulunurken çevreye kasaten zararda bulunanlara 6 aydan 2 yıla kadar hapis cezası,

Madde.193. Patlayıcı maddeyi izinsiz imal eden ve ticaretini yapan 2 aydan 1 yıla kadar hapis cezası ile cezalandırılır [4].

İzinsiz imal edilen bu patlayıcı maddelerin kullanıldığı iş yerlerindeki taş ocaklarının işletme ruhsatları da iptal edilmektedir. Bu durum, o işletmenin ticari faaliyetinin sona ermesi anlamına gelmektedir.

ANFO yerine gübre kullanılarak işletmede hazırlanmasının yasal sıkıntıların yanında gözardı edilen bir önemli etken de performans kaybıdır. ANFO, eğer uygun hammaddeler kullanılarak yapılmışsa ve amonyum nitrat/mazot oranı 94,5/5,5 ise patlatma

işlemlerinde (patlatma ile ilgili diğer parametrelerin uygun olması halinde) en güzel sonuç elde edilecektir.



Şekil 1. Amacına Uygun Olmayan ANFO Kullanılması Sonucu İri Bloklu Patlatma (Kırıcı kullanma zorunluluğu)

ANFO içerisinde amonyum nitrat mazot oranının 94,5/5,5 değerinin üzerinde veya altında olması durumunda ANFO her zaman enerji kaybına uğrayacaktır. Başka bir deyişle ANFO dan en yüksek verim bu karışım oranında elde edilir. Burada en önemli etken kullanılan amonyum nitratın özellikleridir. Gübre, üretim teknolojisi ve diğer özelliklerine bağlı olarak ANFO üretiminde kullanılması için uygun değildir [3].

Cizelge1. Ağırlıkça % Mazot Miktarına Göre ANFO'nun Enerji Kaybı ve Patlama Etkisi

Mazot Mik. (%)	Enerji Kaybı (%)	Patlama Etkisi
5,5	Yok	En iyi sonuç
5,0	5,3	Aşırı oksijen
4,0	12,1	Portakal renkli gazlar
7,0	1,5	Yetersiz oksijen
8,0	2,9	Enerjide azalma ve siyah duman
9,0	4,9	Enerjide azalma ve siyah duman

B-ANFO'nun Sulu Deliklerde Kullanılması: ANFO, suya dayanıklı bir patlayıcı madde değildir. Dolayısıyla sulu deliklerde ANFO kullanılması doğru bir

uygulama değildir. ANFO'nun sudan etkilenmemesi için poşetlerle delik içine şarj edilmesi de çözüm olamaz. ANFO, sudan daha az yoğun olduğu için, su içerisinde batması mümkün değildir. Delik içerisinde saf su olmadığından, suyun yoğunluğunun bilinenden daha yüksek olacağını düşünürsek, ANFO'nun şarj edilmesi daha da zor olacaktır.

Poşetleme sırasında izalasyonun tam olarak sağlanmaması, delik içine poşetin indirilmesi sırasında tapalarla desteklenmesi ve bu destekleme sırasında poşetlerin zarar görmesi ve bu noktalardan suyun poşet içine sızmasını ANFO'nun yapısının bozulmasına neden olacaktır.

Sulu deliklerde suyun, delik içerisine hava basılarak dışarıya atılması ve daha sonra suyu boşaltılan deliğin ANFO ile doldurulması da doğru bir uygulama değildir. ANFO nemden de etkilenir. Delik kenarlarında kalan sulu ve nemli yapı ANFO'nun özelliklerini kaybetmesine neden olur. Özellikle küçük çaplı (2-4 inch) patlatma deliklerinde bu durum daha da önem kazanmaktadır.

C-ANFO'nun İnfilaklı Fitol İle Kullanılması: Ateşleme sistemi olarak infilaklı fitilin kullanıldığı durumlarda delik çaplarına dikkat etmek gerekir. Özellikle 64-76 mm (2-3 inch) delik çaplarında ANFO kullanımı sırasında infilaklı fitil kullanılması uygun değildir.

Bilindiği gibi infilaklı fitilin kendisinde aynı zamanda patlayıcı maddedir ve metresinde belirli miktarlarda PETN içerir. Ayrıca çok hızlı yanar (yaklaşık 7000 m/sn). Bu durum infilaklı fitil kullanımında, patlatma deliği kolonu boyunca şarj edilen ANFO'nun yapısını bozar. Özellikle küçük çaplı deliklerde ANFO yapısının bozulmasına bağlı olarak patlatma veriminde düşme ve performans kayıplarına neden olur.

D-Emülsiyon Kullanımı: Emülsiyon patlayıcı maddesinin sadece sulu deliklerde kullanılması gerektiği düşüncesi yaygındır ki, bu düşünce yanlıştır. Atım performansının artırılması için kuru deliklerde emülsiyon patlayıcı maddesi kullanılabilir.

Bilindiği gibi açık ocaklarda yapılan patlatmalarda en önemli ve sıkıntılı bölge, basamak taban seviyesi kotudur. Taban kesmesinin iyi olması, yükleme performansını

olumlu yönde etkileyecektir. Bu nedenle özellikle delik tabanındaki problemleri çözebilmek için, delik tabanında emülsiyon kullanmak ve devamında kolon şarjına ANFO ile devam etmek, patlatma verimini önemli oranlarda artırır.

Emülsiyon patlayıcıların;

-Her türlü kayaç yapılarına göre üretilmesi,

-Üstün kaya kırma özelliklerine sahip olması,

-Suya dayanıklı olması,

-İsı değişikliklerinden etkilenmemesi,

-Patlama hızının yüksek olması,

-Emniyetli olması,

gibi özelliklerine bağlı olarak her türlü patlatma operasyonlarında kolaylıkla kullanılabilir [5].

4. ŞARJ İŞLEMLERİ SIRASINDA YAPILAN YANLIŞLIKLAR

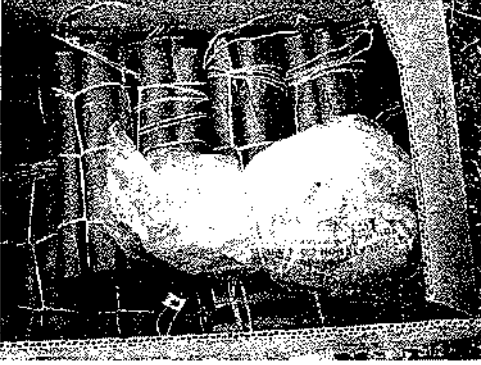
Patlayıcı maddelerin çalışma sahasına getirilmesinden sonra uygulamada bir takım yanlışlıklar yapılmaktadır. Bunların çoğunun sonuçlarının bilindiği, ancak bir şey olmaz mantığının güdülmesi sonucunda yanlışlıkların yapılmasına devam edildiği gözlenmektedir.

4.1. Patlayıcı Madde Ve Kapsülün Birarada Olması

En fazla yapılan yanlışlıkların başında gelmektedir. Özellikle kapsüle duyarlı patlayıcı maddelerin içine kapsül yerleştirilmiş halde taşınması çok tehlikelidir ve ciddi problemler yaratabilir.

Kapsül boylarının uzatılarak başka yerlerde yemleme içine takılarak çalışma alanına hazır hale getirilmesi, bir çok işletme tarafından yapılmaktadır. Bu son derece hatalı bir uygulamadır. Tüzük kapsamında patlayıcı maddeler ile kapsüllerin değil iç içe taşınması, bir arada bulundurulması ve birlikte taşınması bile yasaklanmıştır.

Bu nedenle bu tür uygulamalardan kaçınmak gerekir. Doğru olan, kapsülün delik başında gerekiyorsa uzatma kablosunun (ateşleme kablosu veya zil teli) takılarak uzatılması ve daha sonra yemleme içine takılarak ve delik içerisine dikkatlice indirilmesi gerekmektedir.



Şekil 2. Kapsül ve Kapsüle Duyarlı Patlayıcı Maddenin Birarada Olması (Genellikle yapılan, yanlış uygulama).

Yemlemenin hazırlanması kritik bir işlemdir ve aceleyle getirilmemelidir. Kesinlikle prosedürlere uygun olarak hareket edilmelidir. Kapsüller kartaşa yerleştirilirken zorlanmamalı uygun malzemelerle yemlemede yuva açılmalı ve kapsüller ondan sonra yerleştirilmelidir [6].

4.2. Gereğinden Fazla Kişinin Çalışma Sahasında Bulunması

Dikkat edilmesi gereken önemli bir noktadır. Bir çok işletmelerde gözlenmektedir ki, patlatma deliklerinin şarj edilmesi sırasında ilgisiz insanların atım grubu üzerinde bulunduğu görülmektedir. Bu durum çalışma güvenliğini tehlikeye atmaktadır. Patlatma deliklerinin şarj edilmesi sırasında, bu işe ehil olan insanların dışında kalanların bölgeden uzaklaştırılması gerekmektedir. Çoğunluğunun izleyici olarak bulunduğu bu durum şarj ve ateşleme sistemlerinin bağlantısının yapıldığı anda yanlış uygulama içerisinde olmamıza neden olabilir.

4.3. Amacına Uygun Olmayan Patlatma Aksesuarlarının Kullanılmaması

Bu durumda uygulamalarda gözardı edilmektedir. Verimli ve başarılı bir uygulama için mutlaka planlı çalışmak gerekmektedir. Patlatma işlemlerinde kullandığımız ateşleme cihazı (manyeto), kapsül ölçüm cihazı (galvanometre veya ohmmetre), ateşleme kablosu (zil teli), hat kablosu, yuva açma

çubuğu vb. gibi patlatma aksesuarlarının, bu işe uygun olanlarının seçilmesi gerekmektedir.



Şekil 3. Atım grubu Üzerinde Gereğinden Fazla İnsan Bulunması Sakıncalıdır

Maliyeti belirlemede çok fazla etkisi olmayan patlatma aksesuarlarını seçerken dikkatli olunması, çalışmaların amacına uygun olarak yapılmasında önemli bir rol oynar.

Bir çok çalışma sahasında karşılaştığımız en önemli hatalardan biri de akü veya şebeke akımı ile ateşlemenin yapılmasıdır. Bu durum son derece tehlikeli olmakla birlikte, patlatma performansımızı olumsuz yönde etkiler.

Akım kaçaklarının önlenmesi için izolasyon malzemelerinin kullanılmaması ve diğer akımkaçığı önleyici tedbirlerin alınmaması da çalışmalarımızı olumsuz yönde etkiler.

4.4. Patlatma İşleri İle Uğraşan Personelin Giyimi

İnsan veya ekipmanların üzerinde elektrostatik yük oluşabilir. Bu elektrostatik yük, sentetik giysilerin veya plastiklerin sürtünmesi, kuru rüzgar esintisi, kum veya kar fırtınaları ve araç egzozlarından meydana gelebilir.

Patlatma işi ile ilgili uğraşan personel antistatik giysileri tercih etmemelidir. Statik elektrik oluşturacak veya oluşturması olası bütün etkenlerin ortadan kaldırılması gerekmektedir. Kış aylarında giyilen yünü giyeceklerin statik elektriğin vücudumuzda birikmesinde önemli rolü vardır. Bu durumdan olumsuz etkilenmemek için vücudumuzda biriken statik elektriğin zaman zaman toprağa

boşaltılması gerekmektedir. Basit ve masrafsız olan bu uygulama, bir çok can ve mal kayıplarının önüne geçilmesinde çok etkilidir. Özellikle elektrikli ateşleme sistemlerinin kullanıldığı durumda antistatik giysilerin önemi daha da artmaktadır.

4.5.Şarj Esnasında Yakıcı Maddelerin Bulundurulması

Yapılan en büyük yanlışlıkların başında gelmektedir. Burada en büyük tehlike sigaradır. Şarj işlemi ile uğraşan çalışanların ağızlarında sigara ile çalışmalarına rastlamak her zaman olasıdır ve sürpriz değildir.

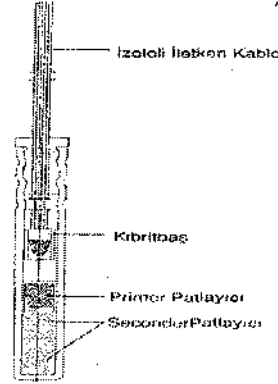
5. ATEŞLEME SİSTEMLERİ KULLANIMI SIRASINDA YAPILAN YANLIŞLIKLAR

Ateşleme sistemleri patlatma operasyonlarının ilk ve en önemli basamağıdır. Doğru şekilde yapılmaması ve uygulanmasındaki yanlışlıklar, olumsuz sonuçların ortaya çıkmasına neden olur.

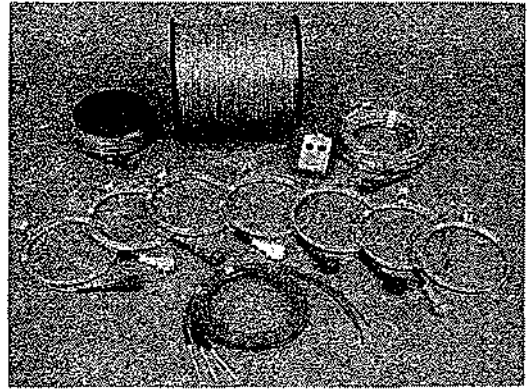
5.1. Ateşleme Sisteminin Seçiminde Yapılan Yanlışlıklar

İşletmeler, maliyetleri bahane ederek gecikmeli kapsül kullanmaları gereken durumlarda, gecikmesiz kapsülleri tercih etmekteyler. Bu durum patlatma performansını olumsuz yönde etkilediği gibi, çevresel olumsuzluklarda yaratır. Bu durum insanlar üzerinde psikolojik sorunlar yaratır ve onların maddi kayıplara uğramasına neden olabilir. Çalışmaların daha ileri safhalarında işletme faaliyetlerinin aksamasına kadar giden bu durumdan olumsuz olarak etkilenmemek için, uygun ateşleme sistemlerini kullanmak yararlı olacaktır.

Çevresel etkilerin fazla olduğu atım grubunda, çok fazla sayıda patlatma deliğinin olması halinde, elektrikli kapsüllerin gecikme süreleri yeterli olmayabilir. Bu durumda, elektriksiz (nonel) kapsüllerin kullanılması yararlı olacaktır.



Şekil 4. Elektrikli Kapsül Kesidi

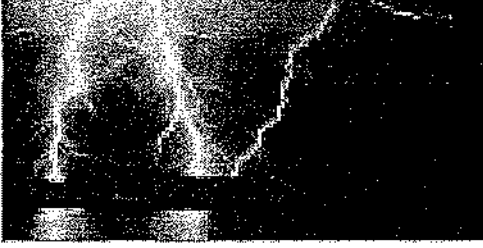


Şekil 5. Elektriksiz (nonel) Ateşleme Sistemleri

5.2. Uygun Olmayan Hava Koşullarında Kullanılması

Elektrik yüklü havalar, elektrikli ateşleme sistemlerinin kullanılması sırasında en önemli riski oluşturur.

Yıldırım, patlayıcı maddelerin üzerine düştüğünde büyük bir ihtimalle infilak olacaktır. Ancak, yıldırım kilometrelerce uzağa düşse bile elektrikli kapsüller için büyük risk oluşturacaktır. Yıldırım düşmesi sonucunda elektrikli kapsül devrelerinin ateşlenmesi ile bir çok olay meydana gelmiştir.



Şekil 6. Yıldırım çalışmaları olumsuz etkiler

Etrafta iletken maddelerin olduğu durumlarda (örneğin sülfürlü cevher, metal ekipmanlar vs.), yıldırım düşmesi durumuna bağlı olarak ateşleme ihtimali daha yüksek olacaktır.

Elektrikli aktivitelerin yoğun olduğu durumlarda patlatma ekibi uyarılmalı, gerekirse yıldırım savar (paratoner) kullanılmalı, mümkünse tüm patlatma sahası boşaltılmalıdır [7].

5.3. Elektromanyetik Alanlarda Elektrikli Kapsül Kullanılması

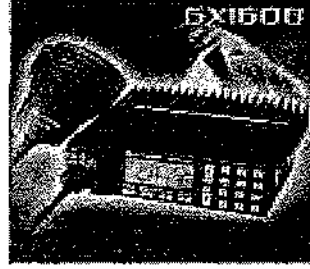
Yine bir çok işletme tarafından gözardı edilen bu durum, istenmeyen sonuçlar doğurmaktadır. Günümüzde bir çok çalışma sahası böyle fiziksel koşullara sahip durumda çalışmalarını sürdürmektedir.

Yüksek gerilim hatları, enerji nakil hatları veya trafolar elektromanyetik alan oluşmasına sebep olur.

Kapsül telleri bazı durumlarda anten görevi görür. Havadaki radyo frekanslarını yakalayarak kapsüllerin infilak olmasına neden olur. Özellikle yüksek güçte frekans yayan askeri telsizler, deniz kuleleri ve telsiz istasyonları çok ciddi tehlike kaynaklarıdır.

Cep telefonları, el ve araç telsizleri elektromanyetik alan oluşturduğundan, elektrikli ateşleme sistemlerinin kullanıldığı durumlarda ortam içerisinde bulunması son derece zararlıdır.

Günümüzde kullanımı çok yaygınlaşan cep telefonlarının en büyük özelliği, kapalı durumda bile aktarma yapabilmektedir. Cep telefonlarının atım sahasına götürülmemesi doğru bir uygulama olacaktır.



Şekil 7. Telsizler ve Cep Telefonları Elektromanyetik Alan Oluşturur

6. GALERİ YÖNTEMİ İLE ÇALIŞMA

Galeri patlatmaları yöntemi ile çalışma sakıncalı olmakla birlikte, ülkemizde halen uygulanmaktadır. Galerî patlatmaları tamamen kontrolsüz patlatmalar olup, sonuçları hakkında önceden yürütülen fikir her zaman gerçekleşmeyebilir. "Allah ne verdiyse" patlatmaları olarak da tanımlanabilir.



Şekil 8. Galerî Patlatmalarının Sonucu

Galeri patlatmalarının bir çok olumsuz sonuçları vardır. Atım sonucunda, kazılıp yüklenmesi son derece zor bir pasa elde edilir. Şekil 8'de görüldüğü gibi büyük boyutta ve fazla sayıda blok ortaya çıkması bazan ikinci bazan da üçüncü delme patlatmayı gerektirir ki, bu da maliyeti önemli oranlarda artırır.

Galeri patlatmalarında, patlayıcının belli bölgelerde etkili olması ve o bölgede aşırı şarj yoğunluğundan dolayı ufalanma meydana gelmesi, her zaman istenen bir sonuç değildir.

Patlatma sonrası doğanın dengesinin bozulması, çevresel yönden ciddi bir problem oluşturmaktadır.

Atım sonucunda askıda kalan taşların, çalışmaların devamında oluşturacağı riski gözardı etmek mümkün değildir.

Patlatma anında oluşan taş savrulmaları, patlatma sonucunda oluşan hava şoku ve yer sarsıntısı, diğer olumsuzluklardan biridir.

Tüm bunların ışığında galeri yöntemi ile çalışma, yapılan yanlışlıkların en başında gelmektedir [3].

7. SONUÇ

Patlayıcı madde ile uğraşanların bilinçli veya farkında olmadan yaptıkları yanlış uygulamaları bunlarla sınırlamak mümkün değildir. İşletmelerin çalışma şartlarına bağlı olarak, yapılan yanlışlıkları örneklemek ve artırmak mümkündür. Bunlardan bazıları; depolama sırasında yapılan yanlışlıklar, depolar arası nakliyeler sırasında yapılan yanlışlıklar, artan malzemelerin iadesi ve imhasında yapılan yanlışlıklar, vb. olarak sıralanabilir. Yine ateşleme sistemlerinin kullanılmasındaki akım kaçakları, bunların önlenmesinde yapılması gerekenler, yanlış uygulamalar, kapsüllerin patlamama nedenleri gibi sonuçlar yanlış uygulama neticeleridir.

Patlayıcı maddeleri yönlendirmek bizim elimizdedir. Onların bizi yönlendirmesine izin vermemeliyiz.

Kaynaklar

- [1] Özkazaç, M.O., 2003, Nitromak Sektörel Dergi, Sayı 1
- [2] Alpaydın, E., 2000, Nitromak Eğitim Semineri Döktümanları
- [3] Özkazaç, M.O., 2004, Nitromak Sektörel Dergi, Sayı 3
- [4] Çamlı, F., 2004, Nitromak Sektörel Dergi, Sayı 4
- [5] Alpaydın, E., 2004, Nitromak Sektörel Dergi, Sayı 4
- [6] (5)İnsel, N., 2004, Nitromak Sektörel Dergi, Sayı 4
- [7] Alpsar, M.M., 2004, Nitromak Sektörel Dergi, Sayı 5

Grovak Agregalarının Tane Dayanım Büyüklüklerinin Beton Dayanım Büyüklükleri Üzerindeki Etkilerin Araştırılması

Effect of Granuler Strength of Greywacke Aggregate on Concrete Compressive Strength

Gözde KURT, Ali Osman YILMAZ, Nihal ARIOĞLU, Ergin ARIOĞLU

Yapı Merkezi Holding Grubu, Ar-Ge Bölümü, Çamlıca, İstanbul
gozde.kurt@ym.com.tr, aoyilmaz@ktu.edu.tr, arioglu@itu.edu.tr, ergin.arioglu@ym.com.tr

ÖZ: Bu çalışmada Bolomey bağıntısı kullanılarak, kırma ve çakıl grovak agregalarının kullanıldığı betonlara ait agrega faktörü " K_a " belirlenmiştir. Verilen su/çimento oranı için kırma grovağın, çakıl grovağın basınç dayanımından % 10 mertebesinde büyük olduğu ortaya konulmuştur. Kırmataşın normal dayanımlı betonlarda hesaplanan agrega faktörünün, agreganın tane dayanım büyüklüklerinden biri olan % 10 ince yük değerinden bağımsız olduğu görülmektedir. Bu çalışma kapsamında, betonun bir anlamda gevreklik ölçüsü olan (çekme dayanımı/basınç dayanımı) oranı, agrega türü ve basınç dayanımı bazında - 15 MPa < f_b < 55 MPa aralığı içinde - incelenmiştir. Yapılan istatistiksel çözümlemeye göre sözkonusu oranın aynı litolojide kullanılan iri agrega için, sadece basınç dayanımının bir fonksiyonu olduğu gösterilmiştir. Artan basınç dayanımı ile (çekme dayanımı/basınç dayanımı) oranı azalmakta, diğer kelimelerle betonun daha kırılğan bir davranış sergileyeceği ifade edilebilir. Aynı basınç dayanım düzeyi için iri agrega litolojisinin değiştirilmesi durumunda ise, örneğin bazalt ve andezit türü kayaların betonların daha kırılğan - gevrek - yapıda olacağı ileri sürülebilir.

Anahtar Kelimeler: Agregalar; agrega faktörü; beton basınç ve çekme dayanımları; grovak.

ABSTRACT: In this study, the effect of aggregate granuler strength - ten percent fines value - of greywacke on concrete compressive strength was investigated by means of the Bolomey relationship. Results obtained show clearly that the aggregate granuler strength has no influence on the aggregate factor " K_a " for 15 MPa < f_b < 55 MPa - normal strength concrete -. In addition, the influence of aggregate type on the ratio between the splitting tensile and compressive strength for concretes containing greywacke andesite and bazalt was evaluated by carrying out regression analysis. The ratio under consideration can be expressed in terms of compressive strength and aggregate type.

Keywords: Aggregates; aggregate factor; compressive and splitting tensile strengths; greywacke.

1. GİRİŞ

Beton bileşiminde ağırlıkça % (70 ~ 80) yer alan agreganın türü, fiziksel özellikleri, granülometrik yapısı ve tane dayanımı, dolayısıyla mekanik büyüklükleri betonun dayanım ve dayanıklılık özelliklerini farklı düzeylerde etkiler. Verilen beton bileşim oranlarında (su/çimento, agrega/çimento vb.) sözkonusu etkilemenin boyutu, uygulamada çoğu kez tam olarak sayısallaştırılmaz. Daha açık anlatımıyla, beton karışım tasarımında agrega türünün ve litolojisinin sağlayabileceği somut faydalar gözardı edilmektedir [1,2,3]

Bu bildiride, [4,5] kaynağında rapor edilmiş, işlenmemiş deneysel verilerden yararlanılarak, kırma grovak ve grovak çakılının kullanıldığı betonlarda tane dayanım büyüklüğü olan % 10 ince yük değerinin beton basınç dayanımı üzerindeki etkisi Bolomey (dayanım – çimento/su oranı) ilişkisiyle analitik şekilde belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca; agrega türünün ve litolojisinin betonun gevreklik – kırılabilirlik – ölçütü olan çekme dayanımı/basınç dayanımı oranına [2] etkisi belirli bir ayrıntıda incelenmiştir. Çalışma kapsamında ele alınan konuların istatistiksel çıkarımları verilerek, uygulama açısından değerlendirmeleri yapılmıştır.

2. DENEYSEL VERİLERİN KISA TANIMI

2.1. Kullanılan Agregalar

Araştırmaya konu olan agregaların litolojisi grovak^(*) olup, beton karışımlarında kullanılan iri ve ince agrega (maksimum tane boyutu $D_{\max}=19$ mm) agregalara ait kimi mühendislik özellikleri topluca Çizelge 1’de takdim edilmiştir. Bildirinin yazarları tarafından yapılan istatistiksel değerlendirmenin sonuçları ise Çizelge 2’de görülmektedir. Buna göre, iri agreganın ortalama yoğunluğu ve % 95 güven derecesine karşı gelen değişim aralığı sırayla 2,63 gr/cm³ ve 2,65-2,61 gr/cm³’dir. Su emme

büyüklüğü açısından bakıldığında, aynı sırada istatistiksel değerlendirmenin sonuçları Çizelge-2’de görülmektedir. Buna göre, iri agreganın ortalama yoğunluğu ve % 95 güven derecesine karşı gelen değişim aralığı sırayla 2,63 gr/cm³ ve 2,65-2,61 gr/cm³’dir. Su emme büyüklüğü açısından değerlendirildiğinde ise, aynı sırada anılan değer %0,93 ve %1,11-0,74 olmaktadır. Genellikle beton karışımlarında kullanılacak iri agregaların su emme değerinin %2’den büyük olmaması istenir. İncelenen agregalar agregaların uygun olduğu ifade edilebilir. İri agreganın tane dayanım büyüklüklerinden biri olan “ %10 10 İnce Yük Değeri - %10 İ.Y.D. – nin ortalama değeri 340 kN olup, hesaplanan değişkenlik katsayısı ise $V=\%25$ mertebesinde dir. Britanya Beton pratiğinde sıkça kullanılan değerlendirmeye göre ağır trafik yüklerine maruz beton yol kaplamalarında %10 İ.Y.D.’nin 150 kN’ dan büyük olması istenmektedir [2]. Diğer kelimelerle sözü edilen iri agregaların mekanik yüklemelere karşı “dirençli” oldukları rahatlıkla söylenebilir.

2.2. Beton Karışımları, Kür koşulu ve Numune Boyutları

Beton karışımlarının genel özellikleri şöyledir: Çimento: Sülfata dayanıklı Portland çimento (ASTM V); Su/çimento oranı: 0.5, 0.6, 0.7 –ağırlıkça–; karışım suyu miktarı: 145 – 175 lt/m³; İri agrega miktarı: 1020–1100 kg/m³; Katkı: Su/çimento oranı 0.5 ve 0.6 olan beton karışımlarında işlenebilirlik nedeniyle hava sürükleyici katkı. Karışımların çökmesi: 75 mm –(50–100 mm)– çökme değerini ayarlamak amacıyla, su azaltıcı katkı kullanılmıştır.

Karışımlar $\Phi_{100 \times 200}$ mm’ lik silindir numunelerinde 24 saat saklandıktan sonra kalıplarından çıkartılarak – 28 gün – deney süresi boyunca 21° C sıcaklıktaki nemli oda – standart kür koşulları – kür edilmiştir. (Normal dayanım düzeylerinde $\Phi_{100 \times 200}$ mm’ lik silindir dayanımı $\Phi_{150 \times 300}$ mm silindir dayanımına eşdeğer alınabilir [6].

*:İnce kesitlerinde plajiolit, ortoz, kırıvars, muskovit, biolit, pyroxene, hornblende ve Fe-Ti oksitleri belirlenmiştir. Kumtaşı dokusundaki bu kayalarda kristaller iri ve çok ince taneli olarak ayrılmaktadır [5].

Çizelge 1. Beton Karışımlarında Kullanılan Agrega Türleri ve Mühendislik Özellikleri*

No**	İri Agrega	İnce Agrega	Tane Şekli	Yoğunluk, gr/cm ³	Su Emme, ω, %	%10 İnce Yük Değeri, İ.Y.D., kN
1	Kırma Grovak	Kırma Grovak /Silis kumu	Yuvarlak/Köşeli	2,62	0,49	425
2	Kırma Grovak	Kırma Grovak /Silis kumu	Yuvarlak/Köşeli	2,67	0,72	360
3	Kırma Grovak	Kırma Grovak /Silis kumu	Yuvarlak/Köşeli	2,69	0,68	365
4	Kırma Grovak	Kırma / Doğal Grovak	Yuvarlak/Köşeli	2,61	0,88	410
5	Çakıl Grovak	Doğal Grovak	İri yuvarlak/Elips	2,63	1,35	305
6	Çakıl Grovak	Doğal Grovak	Yuvarlak köşeli/Elips	2,6	1,44	390
7	Çakıl Grovak	Doğal Grovak	Yuvarlak altı/Uzun	2,62	1,00	312
8	Çakıl Grovak	Doğal Grovak	Yuvarlak/Elips	2,63	0,90	404
9	Çakıl Grovak	Grovak /Silis kumu	Yuvarlak/Altı köşeli/Elips	2,63	1,04	295
10	Çakıl Grovak	Kırma / Doğal Grovak	Yuvarlak köşeli/Elips	2,63	0,79	415
11	Çakıl Grovak	Doğal Grovak	Yuvarlak	2,63	0,78	432
12	Çakıl Grovak	Doğal Grovak	Yuvarlak	2,65	0,73	315
13	Çakıl Grovak	Grovak /Silis kumu	Yuvarlak	2,64	0,62	453
14	Grovak / Silttaş	Doğal Grovak	Yuvarlak/Elips	2,60	1,72	220
15	Grovak / Çakıl Şist	Doğal Grovak	Yuvarlak/Elips	2,67	0,80	140

[4,5] kaynaklarından derlenmiştir.

**Agrega işletmelerinin coğrafi bölgesini belirtir.

Çizelge 2. Beton karışımlarında kullanılan agregaların mühendislik özelliklerine ait istatistiksel büyüklükler.

Mühendislik Özellikleri	n	$\bar{X}$	$\bar{X}_{alt}$ (*)	$\bar{X}_{üst}$ (*)	S	V
Yoğunluk, gr/cm ³	15	2,63	2,61	2,65	0,03	0,98
Su Emme, ω, %	15	0,93	0,74	1,11	0,34	36,11
%10 İnce Yük Değeri, İ.Y.D., kN	15	349	300	399	86,33	24,71

$\bar{X}$ = Farklı mühendislik özelliklerine ait ortalama değer, n=Kullanılan data sayısı, $\bar{X}_{alt,üst}$ = Ortalamanın alt ve üst değerleri, S=Standart Sapma, V= Değişkenlik katsayısı, % t=Student Sayısı; - %95 güvenlik katsayısı için-

$$\bar{X}_{alt,üst} = \bar{X} \mp t \cdot \frac{S}{\sqrt{n-1}}, \quad V = \frac{S}{\bar{X}} \cdot 100, \%$$

3. BOLOMEY (BASINÇ DAYANIMI – ÇİMETO/SU ORANI) BAĞINTISININ AGREGA FAKTÖRÜ

3.1. Genel

Literatürde özellikle normal dayanımlı betonlarda kullanılan agreganın özelliklerini nümerik şekilde yansıtan amprik bağıntılardan biri de Bolomey 1926 (dayanım-çimento/su oranı) ilişkisidir [Alıntıl原因 7].

$$f_b = f_c \cdot K_a \cdot \left(\frac{M_c}{M_{su}} - A \right)$$

Burada;

f_b = Betonunu basınç dayanımı,

f_c = Karışımda kullanılan çimentonun 28 günlük basınç dayanımı. (sülfata dayanıklı çimento, (Tür V) için $f_c=30$ MPa alınmıştır.)

K_a = Agreganın granülometrik özelliklerini ve dayanımını yansıtan amprik faktör. Granülometrik özellikleri – tane dağılımı, yüzey şekli – değişim göstermiyorsa, agrega faktörü doğrudan doğruya tane dayanım büyüklüğünün bir fonksiyonudur. [2,8].

$\frac{M_c}{M_{su}}$ = Karışımda kullanılan çimento miktarının, karışım suyuna oranı – ağırlıkça –

A = Dayanım düzeyine ilişkin amprik faktör. 28 günlük dayanım sözkonusu ise $A=0,5'$ tir [alıntıl原因 2].

Agrega faktörü Bolomey bağıntısından,

$$K_a = \frac{f_b}{f_c \cdot \left(\frac{M_c}{M_{su}} - 0,5 \right)}$$

olarak yazılabilir. Verilen karışım bileşenleri – M_c , M_{su} – ve çimento norm dayanımı için agrega faktörü " K_a " yukarıdaki ifadeden hesaplanabilir.

3.2. Kırma Grovak ve Çakıl Agregaların Kullanıldığı Betonlarda Agreg Faktörünün Belirlenmesi

Mackechne 2006 ham verileri (Bakınız Çizelge 2) kullanılarak hem kırma grovak, hem de grovak çakılı içeren betonlar için agrega faktörü hesaplanmıştır (Çizelge 3). Şekil 1' de ise belirlenen " K_a " değerlerinin aynı agregalara ait % 10 ince yük değerleriyle - % 10 İ. Y. D. – değişimleri görülmektedir. [4,5] kaynağında rapor edilen andezit, bazalt ve kireçtaşı iri agregalarının kullanıldığı betonlar için hesaplanan K_a faktörleri de Şekil 1'de belirtilmiştir. Aynı şekilde diğer bir tane dayanım faktörü olan agrega ezilme değerinin- A. E. D.- agrega faktörü ile ilişkisi işlenmiştir. (Sözü edilen ilişkinin %14<A. E. V.< % 30 aralığı için geçerli olduğu ve litoloji farklılığı keza dikkate alınmalıdır.) Çizelge 3 ve Şekil 1 yakından incelendiğinde pratik mühendislik açısından şu çıkarımlar yapılabilir:

- Kırma grovağa ait agrega faktörünün ortalama değeri ($K_a=0,963$) olup, çakıl grovak için hesaplanan ortalama değerden ($K_a=0,87$) yaklaşık %10 büyüktür. Daha açık anlatımıyla verilen çimento türü ve su/çimento oranında kırma grovak betonun 28 günlük basınç dayanımı, grovak çakılının kullanıldığı betonun dayanımından %10 daha büyüktür. Her iki agrega türü için hesaplanan agrega faktöründe değişkenlik katsayısı %10' un altında kalmıştır. Bu, K_a değerinin "üniform" olduğunu işaret eder. Petrografik yapıları grovaktan farklı olan andezit ve bazalt agregalarını içeren betonlara karşı gelen agrega faktörünün ortalama değeri ise 1,08 bulunmuştur. Buna göre, aynı su/çimento oranı için adı geçen iri agregaların kullanıldığı betonların 28 günlük dayanımlarından %12 daha büyük olduğu anlaşılmaktadır.
- İncelenen K_a faktörü, tane dayanım faktörlerinden bir anlamda kaya numunesinin tek eksenli basınç değerinden " σ_k " bağımsızdır. Bu olgu normal dayanımlı betonlarda gözlenmektedir.

Çizelge 3. Sertleşmiş Betonun Deney sonuçları, 28 günlük basınç ve çekme dayanımları^(*)

No	Su/Çimento oranı, $M_{su}/M_{çim}$	Basınç Dayanımı, f_b , MPa	Yarma Çekme Dayanımı, $f_{ç,y}$, MPa	$f_{ç,y} / f_b$ (**)	%10 İnce Yük Değeri, İ.Y.D., kN
1	0,5	43,5	4,2	0,10	425
	0,6	32,5	3,7	0,11	
	0,7	24,5	3,1	0,13	
2	0,5	44,8	3,7	0,08	360
	0,6	34,1	3,4	0,10	
	0,7	27,3	3,3	0,12	
3	0,5	43,4	4,2	0,10	365
	0,6	33,6	3,9	0,12	
	0,7	26,5	3,1	0,12	
4	0,5	41,5	3,9	0,09	410
	0,6	33,7	3,5	0,10	
	0,7	29,9	3,3	0,11	
5	0,5	38,8	3,5	0,09	305
	0,6	30,9	3,2	0,10	
	0,7	23,8	2,6	0,11	
6	0,5	50,4	4,7	0,09	390
	0,6	30,3	3,5	0,12	
	0,7	23,8	2,9	0,12	
7	0,5	47,1	4,4	0,09	312
	0,6	32,3	3,5	0,11	
	0,7	21,4	2,7	0,13	
8	0,5	38,5	3,5	0,09	404
	0,6	30,5	3,3	0,11	
	0,7	23,0	2,5	0,11	
9	0,5	46,5	3,7	0,08	295
	0,6	27,5	3,0	0,11	
	0,7	20,5	2,4	0,12	
10	0,5	49,5	4,5	0,09	415
	0,6	37,5	4,3	0,11	
	0,7	27,5	3,4	0,12	
11	0,5	40,0	4,3	0,11	432
	0,6	28,5	4,1	0,14	
	0,7	22,9	3,4	0,15	
12	0,5	45,5	4,2	0,09	315
	0,6	30,0	3,2	0,11	
	0,7	20,0	2,6	0,13	
13	0,5	38,5	3,9	0,10	453
	0,6	25,0	3,5	0,14	
	0,7	19,8	2,8	0,14	
14	0,5	37,5	4,1	0,11	220
	0,6	32,0	3,3	0,10	
	0,7	23,0	3,0	0,13	
15	0,5	37,5	3,2	0,09	140

(*) [5] kaynağı'ndan alınmıştır (Sayfa, 394).

(**) Bu oran, bildiri yazarları tarafından hesaplanmıştır.

Diğer kelimelerle, anılan dayanım düzeylerinde – büyük su/çimento oranlı beton – agreganın mekanik büyüklüklerinin beton dayanımı üzerindeki etkileri büyük ölçüde maskelenmektedir. Beton basınç dayanımı artukça, diğer bir deyişle su/çimento oranı azaldıkça, agreganın mekanik büyüklükleri, beton basınç dayanımı ve elastik modülü üzerindeki etkisi daha belirgin şekilde ortaya çıkmaktadır [9]. Kireçtaşı agregasının kullanımı durumunda ise mekanik özelliklerin yanısıra kimyasal aderans –kenetlenme– olgusu da önem taşımaktadır. [10].

3.3. Agregatürü Bazında (Basınç Dayanımı – Çimento/Suoranı) Bağlantılarının Çıkartılması

Çizelge 3’de belirtilen ortalama agregat faktörleri dikkate alınır, Bolomey (basınç dayanımı- çimento/su oranı) ifadeleri şöyle ifade edilebilir:

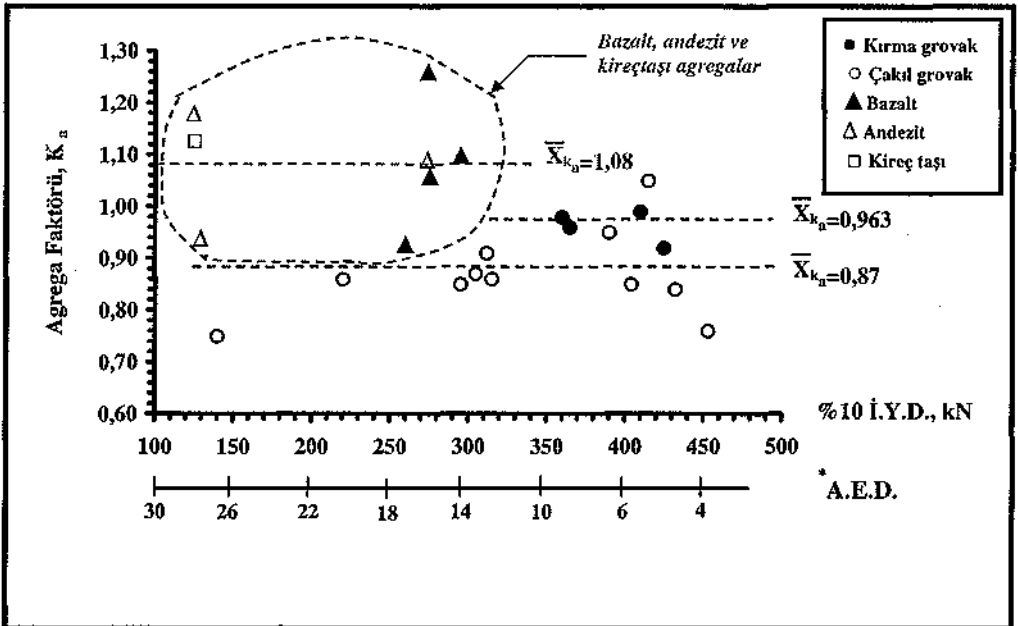
- Agregat türü: Kırmataş grovak

$$f_b = 28,89 \cdot \left(\frac{M_c}{M_{su}} - 0,5 \right) ; \text{MPa}$$

- Agregat türü: Grovak çakılı

$$f_b = 26,1 \cdot \left(\frac{M_c}{M_{su}} - 0,5 \right) ; \text{MPa}$$

Bolomey bağlantısından hesaplanan basınç dayanımlarının ölçülen dayanım değerleriyle karşılaştırılması 1:1 tekniğiyle Şekil 2’de yapılmıştır. Şekilden görüleceği gibi ortalama sapmalar $\Delta \pm 10\%$ un altında kalmıştır. Ayrıca regresyon analiziyle her iki agregat türü için (dayanım-çimento/su oranı) ifadeleri çıkartılmıştır (Şekil 3a ve b). Aynı şekil üzerinde ortalama agregat faktörü ve verilen norm çimento dayanımına ait Bolomey bağlantıları işlenmiştir. İlginçtir ki, ifadelerin değişimleri aynıdır.



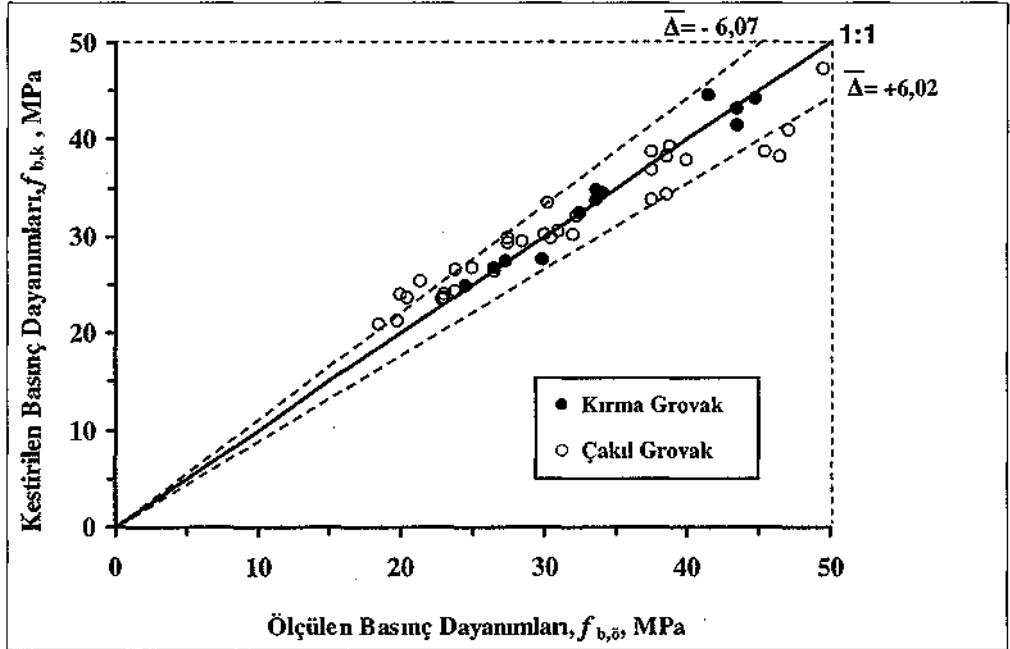
Şekil 1. Bolomey basınç-çimento/su bağlantısından kırma grovak ve çakıl agregalar için çıkartılan agregat faktörünün çeşitli tane dayanım büyüklükleri ile değişimi ($X_K = K_a$ değerlerinin ortalaması, % 10 İ. Y. D. = % 10 ince yük değeri, *A. E. D.=Agrega ezilme değeri. A.E.D. = $38 - 0,08 \cdot (\%10 \text{ İ.Y.D.}) - \%14 < \text{A. E. D.} < \%30$ aralığında geçerli –alıntılayan [11]).

Şekil 3a' da aynı kaynaktan rapor edilen andezit, bazalt ve kireçtaşı' nın iri agrega olarak kullanıldığı betonlara ait dayanım düzeyleri işlenmiştir. Açıkta ki, aynı (çimento/su) oranında agrega litolojisinin değişimi – kırma taş bazında – betonun 28 günlük basınç dayanım değeri üzerinde önemli etkisi olmaktadır. Kısacası, aynı (çimento/su) oranı için bazalt, andezit ve kireçtaşı agregalarının kullanıldığı betonların basınç dayanımı, kırma grovaki betonunkinden daha büyüktür.

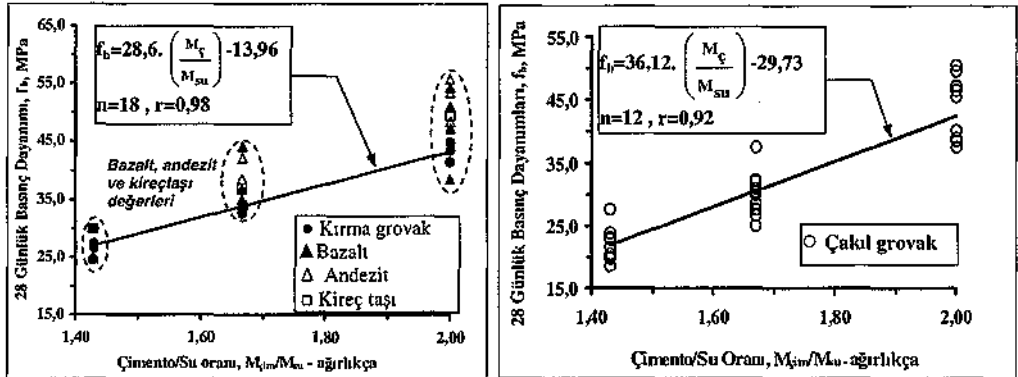
3.4. Yarma Çekme Dayanımı/Basınç Dayanımı Oranının Agrega Türü Bazında İncelenmesi

(Yarma çekme dayanımı/basınç dayanımı) oranı malzemenin önemli bir karakteristik büyüklüğü olup, betonun “gevreklik-kırılganlık-ölçütü” ’nü belirler. Anılan oranın büyük değer alması, malzemenin “sünek” davranışını

sergilerken, küçük değer alması ise “kırılganlığı” gösterir. Bu oran, basınç dayanımına hassas bir şekilde bağlıdır. Ve artan basınç dayanımıyla, sözü edilen oran azalır [12,13]. Grovaki agregaları içeren betonlara ait (f_{ct}/f_b) oranı ile (f_b) arasında, bu bildirinin yazarları tarafından çıkartılan regresyon bağıntısının değişimi Şekil-4' te görülmektedir. Aynı şekilde [13] kaynağından çıkartılmış regresyon bağıntısı da çizilmiştir. Ayrıca; [4] kaynağında rapor edilen andezit, bazalt ve kireçtaşı içeren betonlara ait dayanım değerlerinden hesaplanan (f_{ct}/f_b) oranları da Şekil 4' de işlenmiştir.

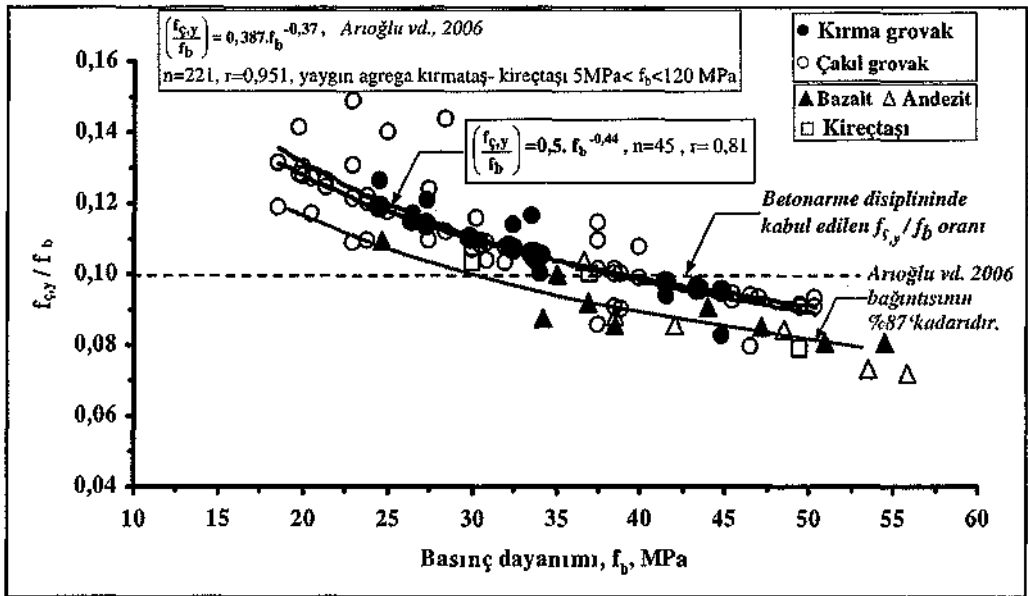


Şekil 2. Kırma grovak ve çakıl grovak agregalarının kullanıldığı betonlarda ölçülen 28 günlük basınç dayanımları ve Bolomey bağıntısından elde edilen basınç dayanımlarının 1:1 tekniği ile gösterimi ve hesaplanan ortalama sapma miktarları $\left(\text{Sapma, } \Delta = \frac{f_{b,ö} - f_{b,k}}{f_{b,ö}} \cdot 100, \% \right)$



Şekil 3a. Kirma grovak agregasının kullanıldığı betonlarda 28 günlük basınç dayanımının (çimento/su oranı) ile değişimi ve bazalt, andezit, kireçtaşı betonlarla karşılaştırılması;

b: Grovak agregalı betonlarda (28 günlük basınç dayanımı – su/çimento oranı) ifadesi. (f_c = Çimentonun 28 günlük basınç dayanımı, $f_c=30$ MPa, n = Kullanılan veri sayısı, r = Korelasyon katsayısı).



Şekil 4. Kirma ve çakıl grovak agregaların kullanıldığı betonlarda 28 günlük basınç dayanımının, yarma-çekme dayanımı/basınç dayanımı oranı arasında çıkartılan çeşitli regresyon bağıntıları değişimi ve regresyon analizinde yer almayan bazalt, andezit ve kirmataş betonlara ait dayanım değerleri ile karşılaştırılması ($f_{ct,y}$ =Yarma çekme dayanımı, f_b =Basınç dayanımı n =Kullanılan veri sayısı, r = Korelasyon katsayısı).

Şekil-4 yakından incelendiğinde elde edilen sonuçlar şöyle sıralanabilir:

- Grovak agregalarının kullanıldığı betonlara ait sözkonusu oran basınç dayanımıyla ifade edilmektedir. Artan basınç dayanımıyla (f_b), ($f_{c,y}/f_b$) oranı belirgin biçimde azalmaktadır. Daha açık deyişle, basınç dayanımının büyük olduğu durumda malzeme "gevrek" özellik kazanmaktadır.
- Yaygın olarak kırmataş – kireçtaşı içeren betonlar için elde edilen: $f_{c,y}/f_b = 0,387.f_b^{-0,37}$ amprik bağıntısı bu çalışma kapsamında çıkartılan, 15 MPa < f_b < 50 MPa aralığında geçerli olan regresyon bağıntısıyla iyi bir uyum içindedir.
- Andezit, bazalt iri agregalı betonlarda – 32,5 MPa < f_b < 55 MPa – ise sözü edilen oran Şekil-4'de belirtilen ifadelerin altında yer almaktadır. Diğer kelimelerle andezit, bazalt gibi daha sağlam iri agregalardan üretilen betonlar aynı basınç dayanımı düzeyinde kırma grovaklı agregalı betonlara kıyasla daha gevrek bir davranış sergilemektedirler.
- Betonarme disipliniinde yazılan kitaplarda yaygın bir şekilde kullanılan ($f_{c,y}/f_b$) oranının değeri kesinlikle 0,10 olmamaktadır [14].

4. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında incelenen konulardan elde edilen belli başlı sonuçlar şöyle özetlenebilir:

- Aynı çimento norm dayanımı ve su/çimento oranı için kırma grovakların kullanıldığı betonların 28 günlük basınç dayanımı, çakıl grovaklı betonların basınç dayanımından yaklaşık %10 daha büyüktür (Çizelge-3). Bu sonuç büyük ölçüde kırmataş ile çimento hamuru arasında gelişen "mekanik aderans"ın daha güçlü olmasıyla ilişkilidir.
- Her iki agregata türünde, Bolomey bağıntısının agregata faktörü, agregata tane dayanım büyüklüğünden –%10 ince yük değeri– tamamen bağımsızdır (Şekil-1). İncelenen dayanım düzeyinde –su/çimento oranı 0,7 ile 0,5 arasında değişmiştir– bu sonuç normaldir. Daha açık deyişle, agreganın mekanik büyüklüklerinin betonun basınç dayanımına etkisi yüksek/çok yüksek dayanım düzeyinde daha belirgin olmaktadır. (Aynı

çimento türü ve su/çimento oranında iri agreganın tane dayanımının artması, betonun basınç dayanımını artırır.).

- Betonun gevreklik ölçütü olan $\left(\frac{\text{yarıma çekme dayanımı}}{\text{basınç dayanımı}} \right)$ oranı, basınç

dayanımının bir fonksiyonudur (Şekil - 4). Artan basınç dayanımıyla sözkonusu oran azalmakta, daha açık anlatımıyla malzeme "gevrek" davranış sergilemektedir. Verilen basınç düzeyi için karakteristik oranı denetleyen belli başlı etmenler agregata litolojisi ve yüzey özellikleridir. Örneğin, iri agreganın andezit, bazalt olması durumunda aynı dayanım düzeyinde incelenen oran grovak içeren betonlara ait değerden daha küçüktür.

- Betonarme disipliniinde yazılan yerli/yabancı dildeki kitaplarda (Yarıma çekme dayanımı/basınç dayanımı) oranı 0,10 olarak belirtilmektedir. Halbuki, anılan oran en genel anlamıyla $f_{c,y}/f_b = f$ (Agregata litolojisi, basınç dayanımı) şeklinde değişmektedir ve büyüklüğü 0,10' dan farklıdır (Bkz Şekil-4).

Teşekkür

Yazarlar, bu çalışmanın yapılması ve yayınlanması konusunda gösterdikleri akademik teşvikten ötürü başta Yapı Merkezi Holding A.Ş.' nin Onursal Başkanı Dr. Müh. Sayın Ersin ARIÖĞLU olmak üzere, Yönetim Kurulu Başkanı Yüksek Mühendis Sayın Emre AYKAR' a ve diğer üyelerle teşekkürlerini burada açıklamak isterler. Çalışmada yapılan çıkarım ve görüşlerden yazarları sorumlu olup, çağıştıkları kurumu bağlamaz.

Kaynaklar

[1] Arıoğlu, E., Arıoğlu, N., Yılmaz, A.O., Çözümlü Beton Agregaları, Evrim Kitabevi, İstanbul, 1999, s198.

[2] Arıoğlu E., Arıoğlu N., Yılmaz A.O., "Beton Agregaları Çözümlü Problemler – Bilgi Föyleri –", Evrim Yayınevi, İstanbul, 2006.

[3] Yılmaz, A.O., Arıoğlu N., Arıoğlu E., Normal ve Yüksek Dayanımlı Betonlarda Elastik Modül/Basınç Dayanımı Oranının Araştırılması, *Prefabrikasyon Dergisi*, Sayı 77-78, İstanbul, Nisan 2006.

[4] Mackechnie, J. R., "Properties of New Zealand Concrete Aggregates", Technical Report 11 (TR 11), September 2003.

[5] Mackechnie, J. R., "Shrinkage of Concrete Containing Greywacke Sandstone Aggregate", *ACI Materials Journal*/September-October 2006, Vol. 103, No. 5, pp 390-396.

[6] Arıoğlu E., Arıoğlu N., Girgin C., "Normal ve Yüksek Dayanımlı Betonlarda Numune – Şekil ve Boyut Etkisi, Hazır Beton, Ocak – Şubat, 1999, s 40-51.

[7] Popovics, S., "Strength and Related Properties of Concrete", John Wiley & Sons, Inc., New York, 1998.

[8] Arıoğlu E., Kurt G., Demirtunç H., Discussion of "Using Clay Brick as Coarse Aggregate in Concrete" by Fouad M. Khalaf, DOI: 10.1061/(ASCE)0899-1561(2006)18:4(518), July/August 2006, Vol. 18, No. 4, pp 18-26.

[9] Arıoğlu, E., Köylüoğlu, Ö., S., Discussion of "Coarse Aggregate Strength in High Strength Concrete by T. P. Chang, N. K. Su", *ACI Materials Journal* / November – December, 1996, pp 637 – 639.

[10] Arıoğlu, E., "M. Tokyay'ın Agregatı Tipinin Yüksek Dayanımlı Betonların Mekanik Özelliklerine Etkileri" makalesine tartışma yazısı, İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergisi, Yazı:130, Ankara, 1998, s1829 – 1833.

[11] Alexander, M., Mindess, S., "Aggregates in Concretes, Taylor & Francis, London and New York, 2005.

[12] Arıoğlu E., Girgin C., Arıoğlu N., "Betonda Çekme/Basınç Dayanım Oranının İrdelenmesi", *Hazır Beton*, Ocak – Şubat, 2002, s 58 – 63.

[13] Arıoğlu E., Arıoğlu N., Girgin C., "Evaluation of Ratio between Splitting Tensile Strength and Compressive Strength for Concretes up to 120 MPa and its Application in Strength Criterion", *ACI Materials Journals*, Vol.103, No.1, January–February 2006, pp 18-24.

[14] Arıoğlu, E., "V. Yerlici ve U. Ersoy tarafından yazılan "Betonun Çekme ve Basınç Dayanımı arasındaki ilişki" adlı makaleye ait tartışma yazısı. İ.M.O. Teknik Dergi, Ankara, 1996, s 1059 - 1062.

Eskişehir’de Beton Üretiminde Kullanılan Doğal ve Kırmataş Agregaların Reaktifliğinin İncelenmesi

Reactivity Investigation of Natural and Crushed Stone Concrete Aggregates Used in Eskişehir

İ.Bekir Topçu, A.Raif Boğa, Cenk Karakurt

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 26480, Batı Meşelik, Eskişehir
ilkerbt@ogu.edu.tr, ahmetrb@ogu.edu.tr, ckarakurt@ogu.edu.tr

ÖZ: Çimentodaki alkali oksitlerin eşdeğer alkali miktarı % 0.6 dan fazla olduğunda ve beton agregalarında aktif silis bulunması durumunda “alkali-silika reaksiyonu” (ASR) oluşabilmektedir. ASR betonda büyük genişlemelere yol açarak betonun çatlayıp kısa sürede bozulmasına yol açmaktadır. Sıcaklık, nem ve basıncın artması da bu reaksiyonları arttırmaktadır. Çalışmada Eskişehir’de hazır beton firmalarının kullandığı ve üç farklı ocak tarafından (E, S ve A) üretilen kırmataş agregalar ile Sakarya nehri doğal agregalarının beton içerisindeki reaktifliği belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda E kırmataşı ve Sakarya nehri doğal agregası olan Osmaneli kumunun reaktif olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca numunelerde oluşan genişlemeler, çimento yerine % 10, 20 oranlarında uçucu kül ve % 1, 2 oranlarında Li_2CO_3 gibi katkıları kullanılarak azaltılmıştır.

Anahtar kelimeler: Beton, kırmataş agrega, alkali-silika reaksiyonu, kalıcılık

ABSTRACT: If equivalent value of alkali content of alkali oxides in cement is higher than 0.6 % and concrete aggregate includes reactive silicate, alkali-silicate reaction (ASR) should appear. ASR should make high volume expansion and this causes cracks and destroys in concrete at short time. Increase of temperature, humidity and pressure increase these reactions. In this study, three types of crushed stone aggregate (E, S, A) used by ready mixed concrete plants in Eskişehir and Sakarya river natural aggregate examined for reactivity determination in concrete. According to test results we come to a conclusion that (E) crushed stone and Sakarya river natural aggregates are reactive. Furthermore expansions of specimens are reduced with usage of admixtures like fly ash as a replacement material for cement in ratio of 10 %, 20 % and Li_2CO_3 in 1 %, 2 % respectively.

Key words: Concrete, crushed stone aggregate, alkali-silicate reaction, durability

1. GİRİŞ

Alkali-silika reaksiyonu (ASR) çimentodan kaynaklanan alkali oksitlerle reaktif silika formları içeren agregalar arasında oluşan ve betonda genleşme etkisi yaratan bir reaksiyondur. ASR basitçe iki aşamada gerçekleşir. Birinci aşamada alkalilerle reaktif silikaların birleşmesiyle ASR jel ürünleri oluşur ve daha sonra ikinci aşamada alkali-silika jelleri ortamdaki nem ile birleşerek genleşmeleri oluşturur. Oluşan bu genleşmeler de zamanla betonun çatlamasına ve bozulmasına neden olur [1,2,3]. Servis ömrü boyunca kuru kalan bir betonda ASR ciddi bir tehlike olmayabilir. Araştırmalar bağıl nem oranı % 80'in üstünde olan betonlarda ASR'nin oluştuğunu göstermektedir [4]. ASR'ye neden olabilecek reaktif silika mineraller opal, camı silika, kalsedon, tridimit, kristobalit, kuvars olarak söylenebilir [5]. Betonda ASR'yi ortaya çıkarmak için kullanılan deney yöntemleri agregalar ve harç örneklerinde yapılabilen deneyler olmak üzere ikiye ayrılabilir. Harçlarda yapılan deneylerden olan ASTM C 227 deney yönteminin uzun zaman alması ve uygulamasının zor olmasından dolayı hızlı yöntemler daha kullanışlı olmaktadır [6]. Bu çalışmada da daha hızlı olmasından dolayı ASTM C 1260 [7] deney yöntemi seçilmiştir. İçinde aktif silis bulunan ve ASR'ye yol açan agregaların kullanılması halinde, bağlayıcı maddeye bir miktar puzolan ilave edilerek reaksiyon hızı azaltılabilmektedir. ASR nedeni ile oluşacak genleşmelerin önlenmesi için bağlayıcı maddelerin alkali içeriği düşük olmalı ve dış kaynaklardan alkali gelmesi önlenmelidir. Bir başka deyişle boşluk suyunun pH'nın çok yüksek olması engellenmelidir [8]. Mineral katkıların ASR üzerindeki etkileri bilinmektedir. Doğal puzolanlar, uçucu küller, yüksek fırın cürufu ve silis dumanı genleşen jel oluşmasını azaltmaktadır. Bunların etkisi arayer sıvısındaki $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengesini kurmak şeklinde ortaya çıkmaktadır ve ayrıca daha geçirimsiz beton elde etmede bu mineral katkıların çok büyük yararları vardır [9]. Daha önce yapılan çalışmalarda da uçucu kül ve lityum katkısı kullanımının ASR nedeniyle oluşan genleşmeleri azalttığı ve belli oranlarda çimento

yerine kullanımının yararlı olacağı belirtilmiştir [10-16].

Bu çalışmada Eskişehir'de hazır beton firmalarının kullandığı ve üç farklı ocak tarafından üretilen kırmataş agregalar ile Sakarya nehri doğal agregalarının beton içerisindeki reaktifliği belirlenmiştir. Ayrıca oluşan genleşmeler sonucunda sınır değerlerin aşılması halinde bu genleşmeleri azaltmak için % 10 ve 20 oranlarında uçucu kül ve % 1 ve 2 oranlarında Li_2CO_3 gibi mineral ve kimyasal katkılar kullanılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deney çalışmalarında harç numunelerinin üretiminde kullanılan malzemelerin bazı özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca ASTM C 1260'a göre üretilen numunelerde genleşmeler ölçülerek genleşmelerin tehlikeli sınırlar içerisinde olup olmadığı bulunmuştur. Oluşan genleşmeleri azaltmak amacıyla kullanılan katkıların genleşmeler üzerindeki etkileri de araştırılmıştır.

2.1. Kullanılan Malzemeler

2.1.1 Çimento

Numune üretiminde Eskişehir Çimento Fabrikasının ürünü olan CEM I 42.5 çimentosu kullanılmıştır. Kullanılan bu çimentonun kimyasal analizleri yaptırılmış ve Çizelge 1'de gösterilmiştir.

2.1.2. Uçucu Kül ve Lityum Katkısı

Tunçbilek Termik Santraline ait F sınıfı uçucu kül (UK) kullanılmıştır. Yapısının büyük miktarı (% 80-90) silis ve bir miktar alüminen meydana gelmektedir. Kullanılan UK'nın kimyasal analiz sonuçları da Çizelge 1'de gösterilmiştir. UK'nın puzolanik aktivitesi % 89.40 olarak bulunmuştur. Lityum katkısı olarak piyasada tuz halinde satılan % 99 saflıkta lityum karbonat kullanılmıştır.

Çizelge 1. Çimento ve Uçucu Külün Kimyasal Bileşimi

Kimyasal Bileşen	CEM I 42.5 (%)	Uçucu Kül (%)
SiO ₂	20.47	58.59
Al ₂ O ₃	5.68	21.89
Fe ₂ O ₃	3.08	9.31
CaO	62.66	4.43
MgO	1.80	1.41
P ₂ O ₅	-	-
K ₂ O	0.95	-
Na ₂ O	0.30	-
SO ₃	3.22	0.41
Cl	0.014	-
Kızdırma kaybı	2.49	0.59
Çözünmeyen Kalıntı	0.47	-
Serbest Kireç	0.98	-

2.1.3 Agregalar

Üretilen numunelerde Eskişehir'de hazır beton firmalarınınca kullanılan ve üç farklı ocak tarafından üretilen E, S ve A kırmataş agregaları ile Sakarya nehri doğal agregası olan Osmaneli kumu kullanılmıştır. Harç numunelerinde kullanılan bütün agregalar Çizelge 2'de gösterilen granülometriye göre hazırlandıktan sonra kullanılmıştır.

Çizelge 2. Kullanılan Agregaların Granülometrisi

Elek Boyutları	Elek Arası Malz., %
4.75 mm (No.4) - 2.36 mm (No.8)	10
2.36 mm (No.8) - 1.18 mm (No.16)	25
1.18 mm (No.16) - 600 µm (No.30)	25
600 µm (No.30) - 300 µm (No.50)	25
300 µm (No.50) - 150 µm (No.100)	15

2.2. Karışım Oranları

Hazırlanan numunelerde CEM I 42.5 çimentosu kullanılmış ve genleşmeleri azaltmak için çimento yerine % 10 ve 20 oranlarında UK, % 1 ve 2 oranlarında Li₂CO₃ katılarak her bir agregaya için 7 seri harç numunesi üretilmiştir. Toplamda 4 farklı agregaya için 28 seri harç numunesi üretilmiştir. Bu yöntemde ASTM C 1260 [7]'a göre numunelerdeki su-çimento oranı 0.47, agregası-çimento oranı 2.25 olacak şekilde hazırlanmış ve 990 gr agregaya karşılık 440 gr

çimento kullanılmıştır. Harç numunelerinin karışım oranları Çizelge 3'te gösterilmiştir.

Çizelge 3. Harç Numunelerinin Karışım Oranları

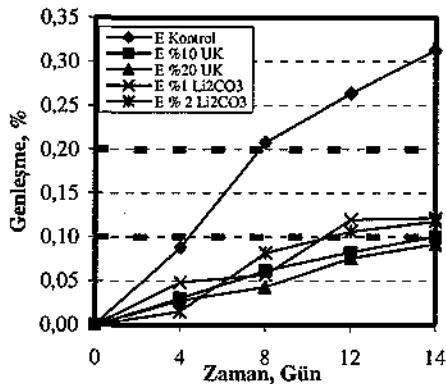
Malz. (gr)	Kontrol	% 10 UK	% 20 UK	% 1 Li ₂ CO ₃	% 2 Li ₂ CO ₃
Çim.	440	396	352	435.6	431.2
UK	0	44	88	0	0
Li ₂ CO ₃	0	0	0	4.4	8.8
Agrega	990	990	990	990	990
Su	206.8	206.8	206.8	206.8	206.8

2.3. ASTM C 1260 Hızlı Harç Çubuk Deneyi

ASTM C 1260 [7] hızlı harç çubuğu deneyi, 25×25×285 mm boyutlarındaki harç çubuklarının yüksek alkali ortam içerisinde, yüksek sıcaklıkta saklanarak boy değişimlerinin ölçülmesi temeline dayanmaktadır. Numuneler dökümden 24 saat sonra kalıptan çıkarılmış ve ilk boy ölçümleri yapılarak 80 °C sıcaklıktaki saf suya yerleştirilmişlerdir. Saf suda 24 saat bekletildikten sonra numunelerin komparatörde sıfır okumaları yapılmış ve daha sonra numuneler hazırlanan 80 °C 1 N NaOH çözeltisi içinde 14 gün bekletilmişlerdir. NaOH çözeltisi 40 gr NaOH'a karşılık 900 mL sudan oluşmaktadır. Numunelerde 4 gün arayla genleşme değerleri belirlenmiştir. Çözelti içerisindeki numuneler çıkarılıp kurulandıktan sonra 15±5 sn içerisinde komparatör okumaları yapılmış ve daha sonra numuneler alındıkları çözeltiye tekrar yerleştirilmiştir.

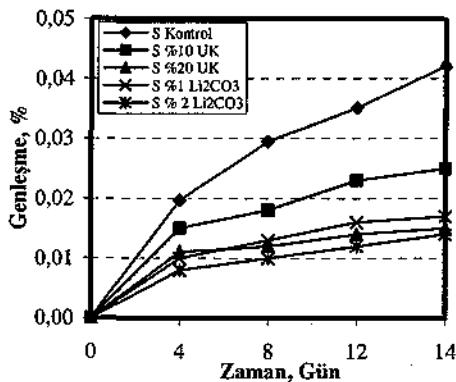
3. HIZLI HARÇ ÇUBUĞU DENEYİ SONUÇLARI

ASTM C 1260 [7]'a göre dökümden 16 gün sonraki genleşme miktarları % 0.10'un altında ise zararsız, % 0.10 ile % 0.20 arasında ise potansiyel zararlı, % 0.20'nin üstünde ise zararlı olarak sınıflandırılmıştır. Harç çubuklarındaki genleşme % 0.2'yi geçince tehlikeli boyutta alkali-silika reaksiyonu çatlakları oluştuğu bilinmektedir. Yapılan çalışmada genleşmeler 14. güne kadar okunarak UK'nın ve Li₂CO₃'ün genleşmelere olan etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.



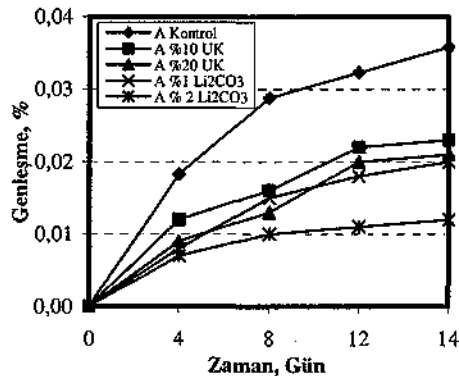
Şekil 1. E Kırmataşı İle Üretilen Harç Numunelerinin Genleşmeleri

E kırmataşı ile üretilen ve genleşmeleri azaltmak için UK'nın ve Li_2CO_3 'ün kullanıldığı serilerde oluşan genleşmeler Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekil 1 incelendiğinde E kırmataşı ile üretilen kontrol numunelerindeki genleşmeler 14. günde % 0,20'lik sınır değer üzerine çıkmıştır. Bu sonuca göre E kırmataş agregasının reaktif olduğu söylenebilir. Genleşmeleri azaltmak için % 10, 20 oranında UK ve % 1, 2 oranında Li_2CO_3 kullanılması halinde genleşme miktarları azalmıştır.



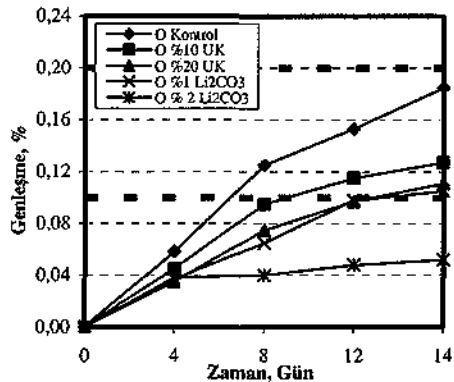
Şekil 2. S Kırmataşı İle Üretilen Harç Numunelerinin Genleşmeleri

S kırmataşı ile üretilen serilere ait genleşmeler Şekil 2'de gösterilmiştir. Görüldüğü gibi genleşmeler sınır değerlerin çok altında kalmıştır. Bu sonuçlara göre S kırmataş agregası reaktif değildir.



Şekil 3. A Kırmataşı İle Üretilen Harç Numunelerinin Genleşmeleri

A kırmataşı ile üretilen serilere ait genleşmeler Şekil 3'de gösterilmiştir. Şekil 3'den görüldüğü gibi genleşmeler sınır değerlerin çok altında kalmıştır. S kırmataş agregası gibi A kırmataşının da reaktif olmadığı Şekil 3'den gözükmemektedir.



Şekil 4. Osmaneli Kumu İle Üretilen Harç Numunelerinin Genleşmeleri

Şekil 4'den görüldüğü gibi Osmaneli kumu ile üretilen numunelerdeki genleşmeler kontrol numunelerinde bile 14. günün sonunda sınır değer altında kalmıştır. Ancak oluşan genleşmeler % 0,10'luk potansiyel zararlı bölgeyi geçmiştir. Genleşme miktarlarına göre Osmaneli doğal agregası potansiyel zararlıdır. Li_2CO_3 katkısının % 2 olarak kullanıldığı serilerde oluşan genleşmeler sınır değerlerin çok altında kalmıştır.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan deneyler sonucunda Eskişehir'de beton üretiminde kullanılan E kırmataşı ile Osmaneli kumunun reaktif olduğu A ve S kırmataşlarının ASR açısından herhangi bir zararının olmadığı sonucuna varılmıştır. Li_2CO_3 katkısının % 2 oranında ve UK'nın ise % 20 oranlarında kullanılması ile çok önemli genleşme azalışları elde edilmiştir.

Araştırmacılar tarafından yapılan testlere göre, uçucu külün ve lityum tuzlarının ASR'den dolayı meydana gelen genleşmeleri etkin bir biçimde azalttığını genel olarak kabul edilmektedir. Bu iddia hem yaygın laboratuvar araştırmaları hem de saha uygulamalarıyla desteklenmiştir. Ancak bugüne kadar, lityum katkıları üzerinde yapılan çalışmalar, mekanizmanın tam olarak anlaşılmasını sağlamamış veya bu tip katkıların ASR genleşmesini azaltma mekanizması açıklanamamıştır [17-20].

Sonuç olarak A ve S kırmataşları beton üretiminde rahatlıkla kullanılabilir. Osmaneli kumu ve E kırmataşının ise uçucu kül ve lityum karbonat gibi katkıları ile beraber kullanılmasında yarar vardır.

Kaynaklar

- [1] Baradan, B., H. Yazıcı, H. Ün, "Betonarme Yapılarda Kalıcılık", *DEÜ Mühendislik Fakültesi Yayınları*, İzmir, 282s, 2002.
- [2] Bazant, Z.P., Zi, G., Meyer, C., "Fracture Mechanics of ASR in Concretes with Waste Glass Particles of Different Sizes", *Journal of Eng. Mechanics*, Vol.126, No.3, 226-232, 2000.
- [3] Jin, W., Meyer, C., Baxter, S., "Glascrete'- Concrete with Glass Aggregate", *ACI Materials Journal*, Vol.97, No.2, 208-213, 2000.
- [4] Aşık, İ., Şen, H., Ergintav, Y., Ünsal, A., Şentürk, E., Bayrak, E., "Alkali Agregat Reaksiyonu Yönünden Zararlı Olan Bir Ocağın İyileştirilmesi", *Beton 2004*, İstanbul, 2004.
- [5] Erdoğan, T.Y., "Beton", *ODTÜ Geliştirme Vakfı*, Ankara, 728s. 2003.

[6] Davraz, M., Gündüz, L., "Doğal Amorf Silikanın Alkali Silika Reaksiyonu Gelişimine Etkisi", *Beton 2004*, İstanbul, 664-673, 2004.

[7] ASTM C 1260. "Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar Method)", *Annual Book of ASTM Standards*, Philadelphia, USA.

[8] Aköz, F., Çakır, Ö., "Alkali Agregat Reaksiyonunun Betonda Neden Olduğu Hasarların Deneyisel Olarak Araştırılması", *IMO 17.Teknik Kongre*, İstanbul, 2004.

[9] Akman, M.S., "Betonlarda Alkali-Silika Reaksiyonunun Fiziko-Kimyası, Hasar Düzeyi, Önlem ve Onarım Süreçleri", *Sika Teknik Bülten*, 4-7 1999.

[10] Shao, Y., Lefort, T., Moras, S., Rodriguez, D., "Studies on Concrete Containing Ground Waste Glass", *Cement and Concrete Research*, Vol. 30, 91-100, 2000.

[11] Polley, C., Cramer, S.M., Cruz, R.V., "Potential for Using Waste Glass in Portland Cement Concrete", *Journal of Materials in Civil Engineering*, ASCE, Vol.10, No.4, 210-219, 1998.

[12] Topçu, İ.B., Boğa, A.R., "Prefabrik Beton Direklerde Alkali-Silika Reaksiyonunun İncelenmesi" *11.Beton Prefabrikasyon Sempozyumu*, İzmir, 2004.

[13] Topçu, İ.B., "Atık Camlı Harçlarda Alkali Silika Reaksiyonu", *5.Ulusal Beton Kongresi*, İstanbul, 185-194, 2003.

[14] Topçu, İ.B., Boğa, A.R., Demir, A., "Prefabrik Elemanlarda Alkali-Silika Reaksiyonunun İncelenmesi", *Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi*, Antalya, Bildiriler Kitabı, Cilt 2, 279-289, 2005.

[15] Topçu, İ.B., Boğa, A.R., Pala, E., "Uçucu Kül ve Lityum Katkılarının Alkali-Silika Reaksiyonuna Etkisi, *Yapı Mekaniği Semineri 2005*, Eskişehir, 88-95, 2005.

[16] Topçu, İ.B., Boğa, A.R., "Alkali-Silika Reaksiyonunun Azaltılmasında Kullanılan Katkılar", *GAP V. Müh. Kong.*, Harran Univ., 26-28 Nisan 2006, Şanlıurfa, Turkey, ss. 948-954, 2006.

[17] Malvar, L.J., Cline, G.D., Burke, D.F., Rollings, R., Sherman T.W., Grene, J., "Alkali-Silica Reaction Mitigation: State-Of-The-Art and Recommendations", *ACI Materials Journal*, Vol.99, No.5, 2002.

[18] Shehata, M.H., Thomas, M.D.A., "The Effect of Fly Ash Composition on the Expansion of Concrete Due to Alkali-Silica Reaction" *Cem. and Concr. Research*, Vol.30, 1063-1072, 2000.

[19] Shon, C.S., Zollinger, D.G., Sarkar, S.L., "Communication, Evaluation of Modified ASTM C 1260 Accelerated Mortar Bar Test for Alkali-Silica Reactivity, *Cement and Concrete Research*, Vol.32, 1981-1987, 2002.

[20] Kawamura, M., Fuwa, H., "Effects of Lithium Salts on ASR Gel Composition and Expansion of Mortars", *Cement and Concrete Research*, Vol.33, 913-919, 2003.

Bimsbetonların Genleştirilmiş Perlit Agregalar İle Teknik Özelliklerinin İyileştirilmesi Üzerine Teknik Bir Analiz

A technical analysis on improving the technical properties of pumice concretes with expanded perlite aggregates

Lütfullah GÜNDÜZ¹, Nükhet ŞAPCI¹, Mustafa BEKAR¹, Münir İSKER²

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezi, ISPARTA

²KaleBlok bims A.Ş., Genel Müdür, NEVŞEHİR

lutfi@mmf.sdu.edu.tr, pomzamer@sdu.edu.tr

ÖZ: Hafif doğal agregaların farklı endüstri alanlarında kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Bunlar arasında özellikle bims kayacı, inşaat sektöründe hafif beton agregası olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca, inşaat endüstrisinde doğal malzemelerden yapılmış, hafif, boşluklu ve yalıtımlı duvar elemanlarının kullanımı da giderek önem kazanmaktadır. Bu elemanlar, inşaat endüstrisinde yarı taşıyıcı veya duvar dolgu elemanı olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle, bims agregası, genleşmiş perlit agregası vb. gibi malzemeler, hafif beton agregası olarak değerlendirilebilmekte ve bimsbeton üretiminde önemli birer bileşen olmaktadır. Bu makalede, bims agregası ve genleşmiş perlit agregası katkılı bimsbeton örnekleri üzerine bir dizi teknik inceleme yapılmış olup, bu bimsbeton harçlarından elde edilmiş boşluklu duvar hafif blok elemanlarının analiz sonuçları irdelenmiştir. Ayrıca, genleşmiş perlit agregası katkısının bimsbeton özelliklerine olan etkisi de sayısal olarak irdelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Bims agregası, Genleşmiş Perlit, Bimsbeton, Hafif Blok, Analiz

ABSTRACT: The usage of lightweight natural aggregates show gradually rising trend in different industrial areas. In majority, pumice aggregates are specially used as a lightweight concrete aggregate in civil structuring applications. However, using the lightweight hollow and well insulated masonry elements made by natural materials is also very important task in building industry. These elements are used as semi-structural or non-load bearing masonry blocks in building industry. Therefore, the materials such as pumice aggregate, expanded perlite aggregate etc. are evaluated as lightweight concrete aggregate and they are almost very important components of producing the pumice lightweight concrete. In this paper, a series of experimental test works were carried out on pumice lightweight concretes with pumice aggregate and expanded perlite aggregate. In addition, the analysis results of lightweight hollow masonry blocks made by these pumice mortars were evaluated. However, the effects of admixture ratio for expanded perlite aggregate on the properties of pumice concrete were also evaluated in numerical aspects.

Key words: Pumice aggregate, expanded perlite, pumice concrete, lightweight block, analysis.

1. GİRİŞ

Teknolojik özellikleri ve birçok endüstriyel hammadde türüne göre değişik avantajlara sahip olan hafif agregalar, giderek artan bir eğilimle farklı endüstri dallarında yaygın bir kullanım alanı bulmaktadır. Hafif agregaların dağılım aralığı oldukça geniş olup, orijinleri, görünümleri, yoğunlukları, sınıfları, yüzey koşulları, porozite, mekanik mukavemet, su emme, fiyatları bakımından birbirlerinden farklılık gösterirler. Yapı endüstrisinde, endüstriyel olarak elde edilen suni agregalar, hafif beton ve hafif yapı elemanlarının üretiminde birer hammadde olarak kullanılması yanı sıra, doğal olarak oluşmuş bazı kayalarda hafif agrega olarak değerlendirilebilmektedir. Endüstriyel olarak elde edilen hafif agregalardan biri de genişlemiş perlit agregalarıdır [1,2].

Genişlemiş perlit agregası, perlit kayacının yüksek sıcaklıklara (760-1200 °C) maruz bırakılması sonucunda oldukça düşük birim ağırlık ve yüksek yalıtım özelliğine sahip olması bakımından inşaat sektöründe yapı malzemesi olarak tercih edilen bir hafif agrega türüdür [1,3].

Bimsblok yapı elemanlarının ürün oluşturmada önce tasarlanan bimsbeton harcına göre mekanik dayanımının ne olabileceğini önceden kestirmek amacı ile farklı karışım reçeteleriyle elde edilecek bimsbeton harcıyla standart dolu küp örnekleri dökülüp, bu örneklerin mekanik dayanım değerleri ile aynı bimsbeton harcıyla üretimi tasarlanan bimsblok elemanlarının dayanım değerlerinin önceden kestirimini yapmak mümkündür.

Bu makale de, TS standartlarına uygun olarak Hafif yapı elemanlarının birim hacim ağırlık değerlerinin, daha düşük değerlere çekilmesi amaçlanmış ve böylece ısı yalıtım değerlerinin de artırılması hedeflenmiştir. Bu nedenle iri boyutlu pomza agregası ve ince boyutlu genişlemiş perlit agregası farklı karışım kombinasyonlarında ve TS standartlarına uygun çimento dozajlarında standart dolu küp numuneleri olarak dökülmüş ve kür sürelerini tamamladıktan sonra, birim hacim ağırlık, basınç dayanımı ve ısı yalıtımı bakımından irdelenmiştir.

2. PERLİT VE BİMS AGREGALAR

İnşaat sektöründeki büyük ivmelenme, kullanılacak yapı malzemelerinin teknik yönden üstün parametre ve değerlere sahip olmalarının gerekliliği, birçok yeni yapı malzemelerinin kullanımına ve uygulanmasına zemin hazırlamaktadır. Son yıllarda teknik üstünlükleri ve avantajları sebebiyle geniş bir kullanım alanı bulmaya başlayan bimsbetondan mamul hafif yapı elemanlarının farklı formlardaki ürünleri, inşaatlarda duvar veya dolgu blok elemanı olarak değerlendirilmektedir [2,4]. Bims agrega, aynı zamanda fiziksel, kimyasal ve yapısı itibarıyla, inşaat sektöründe kullanılan doğal hafif agrega sınıfına girmektedir [2,3,4,5].

Bims agregasının başlıca kullanıldığı endüstriyel sektörler [2]:

- * İnşaat sektörü
- * Tekstil sektörü
- * Tarım sektörü
- * Kimya sektörü
- * Diğer endüstriyel ve teknolojik alanlar.

Bims, hafif beton ve yalıtım agregası, binalarda kargir duvarlarda, panel duvarlarda ve dolgu blok elemanlarında kullanılan ve mineral esaslı bir bağlayıcı, su ve ilave katkı maddelerinin uygun oranlardaki karışımları ile hafif ve esnek bir beton elde etmeye yarayan, farklı tane büyüklüklerine sahip, doğal hafif ve yalıtım özelliği olan bir agregadır [2]. Bimsbeton üretimi için gerekli olan malzemeler genellikle bims agregası, çimento ve karışım suyudur. Belirli oranlarda bu malzemelerin karıştırılmasıyla elde edilen harç, sektörel tanımla bimsbeton harcı olarak isimlendirilmektedir. Bimsbeton harcı, inşaat sektörünün birçok alanında kullanılabilir [6]. Bu kullanım alanlarının başında, boşluklu duvar bloklarının yapımı, lento yapımı, hafif beton üretimi, panel duvar üretimi, hafif örgü ve sıva harcı üretimi vb. bir dizi uygulamalar gelmektedir. Günümüzde bimsbeton üretimi için, alternatif bims agregaları kullanılabildiği gibi, ilave katkı maddeleri ile betonun teknik özellikleri iyileştirilebilmektedir. Bu çalışmada da, geliştirilmiş perlit agregaların mineral katkı malzemesi olarak uygulandığı bimsbeton özelliklerine olan etkisi analiz edilmiştir. Genişlemiş perlit agrega, İzmir Menderes bölgesinden temin edilmiş olup, maksimum tane

boyutu 1 mm olarak belirlenmiştir. Genleşmiş perlit agrega örneklerinin teknik özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir

Çalışma kapsamında kullanılan bims agrega örnekleri de Nevşehir bölgesinden temin edilmiş olup, iki ayrı boyut grubunda sınıflandırılan (0-4mm ve 4-8mm) agrega örneklerinin teknik analizleri Süleyman Demirel Üniversitesi, Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezi Laboratuvarlarında yapılmıştır. Bu analiz bulguları Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelge 1 ve Çizelge 2'den de görüldüğü gibi, bimsbeton üretimi için kullanılacak bu her iki agrega türü, doğal hafif agrega sınıfında yer alan malzemelerden olduğu görülmüştür.

Çizelge 1. Genleşmiş perlit agrega örneklerinin teknik özellikleri.

Özellikler	Genleşmiş Perlit Agrega	Birim
Renk	Beyaz	-
Sertlik (MOHS Ölçeği)	5 - 5.5	-
pH	6.6 - 8	-
Özgül Kütle	2.300	gr/cm ³
Kuru Birim Hacim Ağırlık	40 - 220	kg/m ³
Su Emme	40 - 60	%
Doluluk Oranı	1.80 - 9.60	%
Gerçek Porozite	98.2 - 90.4	%
Zararlı Maddeler Analizi	Yok	-
Kükürt Analizi	0.34	%
Yapısal Bozunma	870	°C
Erime Noktası	1100	°C
Ateşe Dayanım	Yanmaz	-
Ateşe Geçiktirme	3	Saat
Özgül Isı Kapasitesi	0.200 - 0.215	kcal/kg°C
Isı İletkenlik (l)	0.040 - 0.050	W/mK
Ses Geçiş Katsayısı	0.25	-
Ses Yutuculuk	35 - 40	dB

3. GENLEŞMİŞ PERLİT AGREGALI BİMSBETON ANALİZİ

Yapıda hafif malzeme kullanmak, gerek bina ölü ağırlığının düşürülmesinde gerekse binanın ısı yalıtım özelliğini iyileştirmede en etkin faktör olarak bilinmektedir [3]. Bu

bakımdan, bina inşasında doğal ve hafif malzeme kullanımının önemi, giderek artmakta ve birçok araştırmacı hafif betonun mamul yapı elemanlarının geliştirilmesine yönelik bir dizi araştırma çalışmalarını sürdürmektedir. Bu araştırmalar arasından bir dizi inceleme, bimsbetondan mamul hafif yapı elemanlarının üretilmesi ve dolayısıyla düşük birim ağırlık ve yüksek mukavemet sağlayan bimsbeton karışım kombinasyonları üzerine sürdürülmektedir [2]. Günümüzde sektörel alanda bimsbeton olarak elde edilen birim hacim ağırlık (BHA) değerleri 800-1300 kg/m³ arasında değişim göstermektedir [7]. Bu birim ağırlıkları, karışım kombinasyonunda kullanılan bims agregasının türü, maksimum tane boyutu ve bimsbetonun elde ediliş şekillerine göre değişebilmektedir [7,8,9].

Çizelge 2. Bims agrega örneklerinin teknik özellikleri.

Özellik	Birim	0-4 mm	4-8 mm
Renk	-	Beyaz	Beyaz
MOHS Sertliği	-	6	6
pH	-	5.5 - 6	5.5 - 6
Kimyasal Tepkime	-	HF asit hariç tüm asitler	HF asit hariç tüm asitler
Özgül Kütle	gr/cm ³	2.33	2.33
Birim Ağırlık	kg/m ³	760	590
Su Emme	%	28	34
Doluluk Oranı	%	45	40
Görünür Porozite	%	55	60
Gerçek Porozite	%	67	69
Doyma Derecesi	%	42	49
Zararlı Maddeler Analizi	-	Zararsız	Zararsız
Kükürt Analizi	%	0.21	0.21
İlk Yapısal Bozunma Isısı	°C	940	925
Erime Noktası	°C	1240	1240
Ateşe Dayanım	-	Yanmaz	Yanmaz
Özgül Isı Kapasitesi	kcal/kg°C	0.252	0.255
Isı İletkenlik	W/mK	0.164	0.132
Ses Geçiş Katsayısı	-	0.20	0.20
Sıva Tutma	-	Son derece iyi	Son derece iyi

Ancak, genelde uygulanan karışım kombinasyonu ince ve orta irilikte bims agregası, Portland çimentosu ile karıştırılmakta ve düşük çökme değerlerinde (2-3 cm) (kuru karışım kıvamında) bimsbeton harcı elde edilmektedir. Bu harç, vibrasyon + presleme ünitelerinde özel olarak tasarlanmış duvar yapı elemanı blok kalıplarına dökülerek, nihai ürünler elde edilmektedir.

Bu çalışmada, bimsbeton birim ağırlıklarını daha asgari düzeylere indirgeyebilmek, dolayısıyla daha hafif bir harç elde etmek amacıyla bims agregasıyla üretilen bimsbeton harcına belirli oranlarda geliştirilmiş perlit agregası ilave edilerek, bir dizi deneysel ve gözlemsel inceleme çalışması Süleyman Demirel Üniversitesi, Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezi Laboratuvarlarında yapılmıştır. Araştırmada, gelişmiş perlitin karışıma ilavesi sonrası bimsbeton özelliklerine ne ölçülerde bir avantaj sağladığını analiz etmek amacıyla, öncelikle yalnızca bims agregasıyla elde edilmiş bimsbeton kontrol örnekleri hazırlanmış ve bu örneklerinin teknik özellikleri belirlenmiştir. Kontrol bimsbetonun elde edilmesinde, bir dizi Portland 42,5 çimento dozajında Nevşehir bölgesi bims agregası 0-4mm ve 4-8 mm boyutlarında farklı oranlarda kullanılmıştır. Daha sonra, bimsbetonda aynı karışım oranlarını kullanarak ince bims agregası yerine 0-1 mm boyutlu geliştirilmiş perlit agregaları yer değiştirilerek, bimsbeton örnekleri yeniden dökülmüştür. Elde edilen teknik bulgular karşılaştırılarak, gelişmiş perlit agregasının bimsbetona etkisi irdelenmeye çalışılmıştır. Bimsbeton örnek hazırlanması TS 3234 standardının öngördüğü prensiplere göre yapılmıştır [6].

Nevşehir bölgesinden temin edilen tüvenan bims agregaları, primer bir kırıcıdan kırılarak 0-4mm ve 4-8mm olmak üzere iki ayrı boyut grubuna ayrılmıştır. Gelişmiş perlit agregalar ise İzmir-Menderes bölgesinde temin edilmiştir. 140, 160, 180 ve 200 (kg/m³) çimento dozajlarında kontrol ve gelişmiş perlit agregalı bimsbeton örnekleri vibrasyon + presleme ünitesinde kuru karışım kıvamında 100x100x100 mm boyutlu küp formülü kalıplara, farklı karışım kombinasyonlarında dökülmüştür.

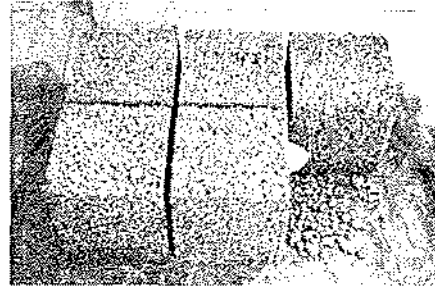
Hazırlanan bimsbeton örnekleri doğal ortam kütleme işlemine tabii tutulmuş olup, 7, 14 ve 28. gün kür sonrasında etüvde kurutulmaksızın deneysel analizler yapılmıştır. Kür sonrası, numunelerin birim ağırlık ve mukavemet değerleri belirlenmiştir. Burada, yalnızca özetle 160 doz olarak hazırlanan bimsbeton örneklerinin teknik değerleri irdelenmiş olup, numune hazırlamada kullanılan bimsbeton karışım kombinasyonları Çizelge 3'de verilmiştir.

Bu karışım kombinasyonlarında hazırlanan bimsbeton harçlarının her birisi için, küp numune kalıplarına dökümü yapılmadan önce, taze harcın birim hacim ağırlığı ölçülmüş olup, ayrıca bu taze harç vibrasyon+preslemeyle küp kalıba yerleştirildikten sonra elde edilen sıkışmış harcın da birim hacim ağırlığı belirlenmiştir. Bu iki taze harç birim ağırlığı arasındaki fark, her bir karışımın ne ölçülerde kalıba yerleşebildiği, diğer bir deyişle ne kadar sıkışabildiği saptanmıştır (Çizelge 4). Genellikle, taze bimsbeton harcı vibrasyon ve preslemenin etkisiyle bir miktar sıkılaşacağı kaçınılmazdır, ancak bu sıkışma miktarının çok yüksek olması elde edilecek yerleşmiş bimsbetonun birim ağırlığını arttıracaktır. Bu nedenle, genelde bu tarz uygulama yardımıyla vibrasyon ve presleme basıncının büyüklüklerinin ayarlanması yapılabilmektedir. Çizelge 4'den de görüldüğü gibi, kontrol bimsbetonun sıkışma oranı %36.49 olarak belirlenmiş olmasına rağmen, gelişmiş perlit agregası katkılı bimsbetonun sıkışma oranlarının daha da büyük olduğu gözlenmiştir. Özellikle, gelişmiş perlit katkı oranı arttıkça, sıkışma oranının da arttığı görülmüş olup, katkı miktarının artmasına göre vibrasyon ve presleme basıncının ve sürelerinin düşürülmesinin gerekliliği tecrübe edinilmiştir. Gerekli ayarlama yapılmadığı durumlarda, hedeflenen bimsbeton birim ağırlıklarının çok üzerinde ağırlık değerleri elde edilebilecektir.

Toplam dört serilik bir karışım kombinasyonunda dökülen küp örneklerinin 7, 14 ve 28. günlerde birim ağırlık ve dayanım değerlerine ilişkin bulgular ise Çizelge 5'de verilmiştir. Kuru karışım olarak elde edilmiş gelişmiş perlit agregalı bimsbeton örneklerinin 28 gün kür sonrası genel görünümü Şekil 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3. Bimsbeton örneklerinin hazırlanmasında kullanılan karışım kombinasyonları (160 kg/m³ çimento dozajı).

Karışım	Kalıplama Öncesi Taze Bimsbeton BHA (kg/m ³)	Vibrasyon+Presleme Sonrası Bimsbeton Sıkışma Oranı (%)
Kontrol	644	36.49
M1	631	34.39
M2	568	46.83
M3	525	50.67



Şekil 1. Genleşmiş perlit agrega katkılı bimsbeton örnekleri genel görünümü. (160 kg/m³ çimento dozajı)

Çizelge 4. Taze bimsbeton örneklerinin birim ağırlık ve sıkışma oranları (160 kg/m³ çimento dozajı).

Karışım	Karışıma Giren Miktar				Hacimce Kullanım Oranı			
	0-4mm Nevşehir Pomzası (kg)	4-8mm Nevşehir Pomzası (kg)	0-1mm Genleşmiş Perlit (kg)	Portland Çimento (kg)	0-4mm Nevşehir Pomzası (kg)	4-8mm Nevşehir Pomzası (kg)	0-1mm Genleşmiş Perlit (kg)	Portland Çimento (kg)
Kontrol	202	368	-	195	25.80	60.20	-	14.00
M1	-	368	43	195	-	60.20	25.80	14.00
M2	-	315	58	195	-	51.60	34.40	14.00
M3	-	263	72	195	-	43.00	43.00	14.00

Çizelge 5. Bimsbeton küp örneklerinin teknik analizleri (160 kg/m³ çimento dozajı)

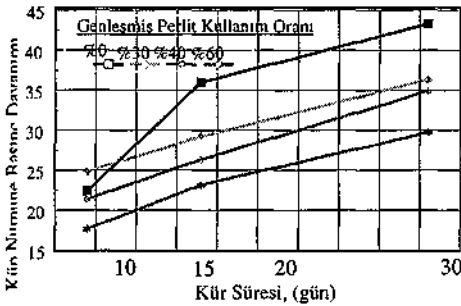
Karışım	7 gün kür sonrası BHA (kg/m ³)	14 gün kür sonrası BHA (kg/m ³)	28 gün kür sonrası BHA (kg/m ³)	7 gün kür sonrası Dayanım (kg/cm ²)	14 gün kür sonrası Dayanım (kg/cm ²)	28 gün kür sonrası Dayanım (kg/cm ²)
Kontrol	837	813	767	22.38	35.97	43.27
M1	808	806	755	24.83	29.20	36.33
M2	798	756	733	21.39	26.31	34.88
M3	736	730	688	17.63	23.15	29.72

Çizelge 5 irdelendiğinde görüleceği gibi, bimsbeton örneklerinin birim ağırlık değerleri, kür süresine bağımlı olarak düşmektedir. Taze bimsbeton harcı, doğal ortam kürlenme sürecinde giderek bünyesinde karışım suyunu atması (nem atımı) sebebiyle, kuru bir duruma gelmektedir. Kontrol bimsbeton örneklerinde süreye bağlı bu nem atımı, 7, 14 ve 28. günlerde sırasıyla %4.71, %7.51 ve %12.74 olarak gerçekleşmiştir. Ancak, düşük oranda genleşmiş perlit agrega katkısı ile bimsbetonun nem atım

seviyesinin düştüğü ve kontrol bimsbeton harcına göre daha geç sürede kuruduğu gözlenmiştir. Genleşmiş perlit agrega katkılı bimsbeton örnekleri için bu olgu M1 karışım kombinasyonunda sırasıyla %4.72, %4.95 ve %10.97 olduğu, M3 karışım kombinasyonunda ise sırasıyla %6.95, %7.71 ve %13.02 olduğu görülmüştür. Bu olgu, karışımda yer alan agrega malzemelerin gözeneklilik derecesi ve karışım suyunu bünyelerinde muhafaza etmelerinin bir fonksiyonu olarak gelişmektedir.

Yapılan bu analiz irdelemesi göstermiştir ki, bimsbeton birim ağırlıklarının günümüzde arzu edilen ve daha hafif bimsbeton kategorisinde değerlendirilen beton karışımları, genişlemiş perlit agregasıyla katkıyla sağlanabilmektedir. Kalıba harç yerleşiminde vibrasyon ve presleme basıncının süre ve ayarlamaları üzerine gerekli düzenlemeler yapıldığı takdirde, yerleşmiş harç için 600 kg/m^3 civarında katkılı bimsbeton birim ağırlıkları sağlanabilmektedir. Bununla birlikte, perlit agreganın tane boyutu arttıkça, bimsbetonun birim ağırlığını bu değerin de altında elde etmek mümkün olabilmektedir. Bu da, yalnızca bims agregasıyla elde edilen bimsbeton birim ağırlıklarında 200 kg/m^3 'e ulaşan hafiflemeler elde edilebileceği anlamına gelmektedir.

Diğer taraftan, bimsbeton örneklerinin basınç dayanım değerleri de, birim ağırlığın tersine kür süresine bağımlı olarak artmaktadır (Şekil 2).

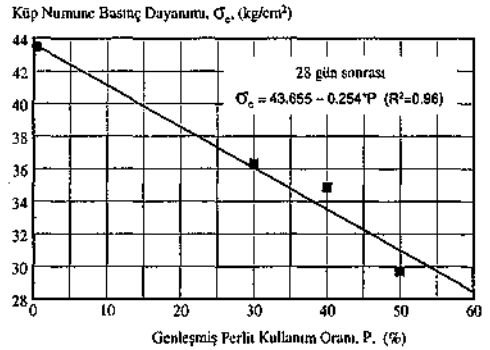


Şekil 2. Bimsbeton Örneklerinin Kür Süresine Bağımlı Basınç Dayanım Değerleri

Bimsbeton örneklerinin dayanım değeri, kür süresine bağlı olarak lineer bir artış trendi göstermekte olup, kontrol bimsbetonun dayanım değeri 7. kür gününden sonra, diğer her bir örneğin değerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Genişlemiş perlit agregasının tane olarak mukavemeti, aynı boyuttaki bims agregasının mukavemetinden daha düşük olması sebebiyle bimsbetondaki katkı miktarı arttıkça, mukavemet düşüşü de artmaktadır. Bu nedenle, arzu edilen her bir miktarda genişlemiş perlit agregası katkısı, olumlu sonuçlar vermeyebilecektir. Yapılacak deneysel analizlerle, hedeflenen maksimum ürün dayanımını sağlamak amacıyla, optimum

genişlemiş perlit agregası katkı oranı tespit edilmelidir. Bu amaçla, 28 günlük dayanım değerlerine göre 160 kg/m^3 çimento dozajı için elde edilen grafiksel yaklaşım Şekil 3'de verilmiştir. Grafiksel analizden de görüldüğü gibi, genişlemiş perlit agregası katkı oranı arttıkça, bimsbetonun dayanımı düşmekte ve bu düşme oranı lineer bir ilişki ile tanımlanabilmektedir. Perlit katkı oranı ve bimsbeton dayanımı arasında kurulan bu ilişki yardımıyla, istenilen mukavemet değeri için ne kadarlık bir perlit katkısı kullanmak gerektiği yorumlanabilmekte ve kestirimi yapılabilmektedir.

Bu eğrisel ilişkinin değerlendirmesi ve yorumlaması aşağıdaki bölümde detaylandırılmıştır



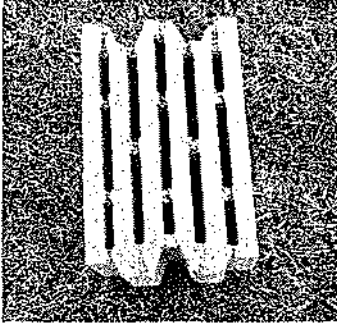
Şekil 3. Genişlemiş perlit katkı oranı küp dayanım ilişkisi (160 kg/m^3 çimento dozajı).

4. HAFİF YAPI ELEMANI ANALİZİ

Ülkemizde hafif agregalı beton kagir birimlerin üretimi, boyutlandırması ve inşaat sektöründe hafif yapı elemanı olarak kullanım kriterleri, TS EN 771-3:Nisan 2005 standardında öngörülmüştür [10]. Bu çalışmada yukarıda değinilen genişlemiş perlit agregası katkılı bimsbeton harcının, bu standarda uygun 5 sıra boşluklu bir duvar blok elemanının üretiminde getireceği avantajlar ve elde edilecek blok teknik kapasitesine ilişkin bir dizi inceleme çalışması yapılmıştır.

Buradaki ön analizlerde kullanılan blok elemanının genel formu Şekil 4'de gösterilmiştir. Bu irdelemede, özellikle blok elemanı olarak $190 \times 390 \times 185 \text{ mm}$ boyutlarında 5 sıra boşluklu ve lamba zıvanalı geometriye sahip duvar blok elemanının sağlayabileceği değerler

bakımından bir değerlendirme yapılmıştır. Blok elemanın 7, 14 ve 28. gün kür sürelerinde birim ağırlık değeri, sağlayacağı mukavemet, birim ağırlık sınıfı, ısı iletkenlik değeri ve standardın öngördüğü diğer bazı teknik değerlendirmeler irdelenmiştir [10]. Blok elemanı için elde edilen birim ağırlık (BA) ve birim hacim ağırlık (BHA) sınıfı değerlendirmesi Çizelge 6'da verilmiştir.



Şekil 4. Analizlerde kullanılan boşluklu ve lamba zıvanalı blok elemanı formu

Çizelge 6'dan da görüldüğü gibi, kontrol bimsbetonu ile dökülen blok elemanlarının 28 günlük birim ağırlık değerleri 8 kg civarında elde edilmektedir. Özellikle günümüzde nakliye maliyetlerinin hesaplanması ve ısı yalıtım değerlendirmelerinin yapılması konusunda, blok elemanlarının birim ağırlık değerleri en önemli parametre olarak irdelenmektedir. Bu nedenle, blok üretimi bakımından hafif blok elde etmek ve standardın öngördüğü geometrilerde ürünlerin hafifletilmesi oldukça önem arz etmektedir. Bu çalışmada elde edilen ön verilere göre, 160 kg/m³ çimento dozajında genişlemiş perlit agreganın katkı olarak kullanıldığı bimsbeton karışımları ile blok elemanları birim blok başına yaklaşık 1 kg civarında bir hafifleme

sağlayabildiği gözlenmiştir. Bu da birim ağırlık sınıfı bakımından ortalama 100 kg/m³'lik bir BHA değerinde bir düşmeye karşılık gelmektedir ki, bu da önemli bir farktır. Özellikle blok elemanı için ısı yalıtım değerlendirmesi yapılırken birim ağırlık sınıfının 500 kg/m³ grubunda yer alması, bu elemanın ısı iletkenlik değerinin önemli ölçülerde düştüğü ve dolayısıyla daha ısı yalıtımlı bir ürün konumuna geldiğini göstermektedir.

Diğer taraftan, blok elemanının birim ağırlıklarının düşmesi, doğal olarak basınç dayanım değerini de düşürecektir. Ancak, blok elemanını hafifletmek önemli olduğu kadar, mukavemet değerini de düşürmemek önemlidir. TS EN 771-3 standardına göre, duvar blok elemanları için dayanımla ilgili herhangi bir limit değer belirtilmemiş olmasına rağmen, pratik incelemeler göstermektedir ki, minimum blok dayanımı 20 kg/cm² ve ortalama olarak 25 kg/cm² lik değerleri sağlaması arzu edilir [11].

Bu bağlamda, çalışmada elde edilen blok analizlerindeki blok dayanım değerlerine bakıldığında, 28 gün kür sonrası tüm karışım kombinasyonlarında hazırlanan bimsbeton harcıyla dökülen blokların dayanımı, bu değerleri sağladığı görülmüştür (Çizelge 7). Kontrol bimsbetonu ile elde edilen blok elemanları 28 günde 33.60 kg/cm² lik bir dayanımı sağlarken, genişlemiş perlit agregası katkılı bimsbetondan mamul blok elemanlarının ise dayanım değeri, kullanılan katkı miktarına göre sırasıyla 28.21, 27.08 ve 23.08 kg/cm² olarak elde edilmiştir. Görüldüğü gibi, genişlemiş perlit agregası katkısı arttıkça, blok dayanımları da düşmekte, ancak arzu edilen mukavemet değerlerini sağlamaktadır. Ayrıca, kür süresine bağlı olarak blok elemanlarının dayanım değerleri de iyileşmektedir (Şekil 5)

Çizelge 6. Bimsbetondan mamul duvar blok

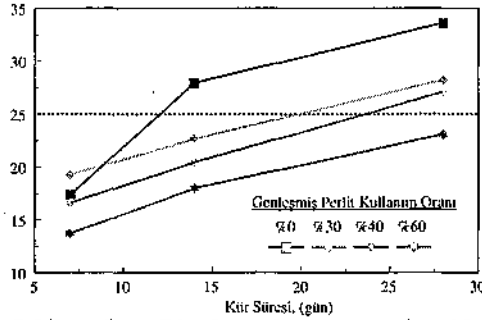
elemanın birim ağırlık analiz (çimento dozajı).

Karışım	7 gün kür sonrası	14 gün kür sonrası	28 gün kür sonrası	7 gün kür sonrası	14 gün kür sonrası	28 gün kür sonrası
	BA (kg)	BA (kg)	BHA (kg)	BHA (kg/m ³)	BHA (kg/m ³)	BHA (kg/m ³)
Kontrol	8.91	8.65	8.16	650	631	596
M1	8.60	8.58	8.04	627	626	586
M2	8.49	8.05	7.80	620	587	569
M3	7.83	7.77	7.32	572	567	543

Çizelge 7. Bimsbetondan mamul duvar blok elemanının dayanım analiz (160 kg/m³ çimento dozajı).

Karışım	7 gün kür sonrası dayanımı (kg/cm ²)	14 gün kür sonrası dayanımı (kg/cm ²)	28 gün kür sonrası dayanımı (kg/cm ²)
Kontrol	17.38	27.93	33.60
M1	19.28	22.67	28.21
M2	16.61	20.43	27.08
M3	13.69	17.98	23.08

Blok Basınç Dayanımı, kg/cm²

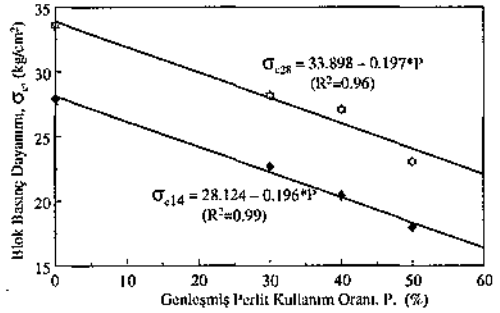


Şekil 5. Bimsbetondan mamul blok elemanlarının kür süresine bağımlı basınç dayanım değerleri.

Bununla birlikte, sektörel uygulamalarda genellikle blok elemanları üretim sonrası 12-15 günlük kür sürelerinde kullanılacakları alanlara veya bölgelere sevk edilmektedir. Bu bakımdan, blok elemanlarının taşınması sırasında zayıflarının olmaması ve nakledilebilecek ölçülerde yeterli bir mukavemeti sağlaması gerekmektedir. Bu değer de, edinilen tecrübeyle genelde 12. günde minimum 17 kg/cm²'lik bir dayanımı sağlamasıdır. Blok elemanın bimsbeton karışım kombinasyonunda yer alan bileşenler, 12 gün doğal kürlenme sonrası bu değeri sağlamalıdır. Yapılan bu araştırma çalışmasında genleşmiş perlit agrega katkılı tüm bimsbetondan mamul blok elemanlarının bu değeri sağladığı da görülmüştür.

Sürdürülen bu araştırma çalışmasında, genleşmiş perlit agrega katkısının, ürün bazında blok dayanımına olan etkisini incelemek amacıyla elde edilen verilere göre grafiksel bir analiz yapılmıştır (Şekil 6). Bu grafiksel analizde de görüldüğü gibi, perlit katkı oranı ile blok dayanımı arasında lineer azalan bir ilişkinin var olduğu tespit edilmiştir. Örneğin, 14 gün

kürleme sonrasında 20 kg/m² lik minimum blok dayanımını elde edebilmek için, bimsbeton karışımında en fazla %41 genleşmiş perlit agrega katkısı kullanmak yeterli olacaktır. Benzer şekilde, 28 gün kür sonrası 25 kg/m² lik minimum blok dayanımını elde edebilmek için ise, en fazla %46 genleşmiş perlit agrega katkısı kullanmak gerekecektir. Bu nedenle, çalışmada kullanılan blok geometrisi için kullanılabilecek maksimum perlit agrega katkısı %46 olarak tespit edilmiştir. Burada sunulan değerler yalnızca 0-1 mm boyutundaki perlit agregaları için verilmiş olup, kullanılacak genleşmiş perlit agregasının farklı tane boyutuna göre değişkenlik gösterecektir.



Şekil 6. Genleşmiş perlit katkı oranı blok dayanım ilişkisi (160 kg/m³ çimento dozajı).

Blok elemanları üzerine yapılan bir diğer inceleme ise, perlit agrega katkı miktarının bloğun ısı iletkenlik değeri, ses yutuculuk ve ateşe dayanım değerlerine olan etkisi analiz edilmiştir. Ayrıca, blok birim ağırlığı sebebiyle 1 m² duvar örgüsünde duvarın birim ağırlığı ve bloğun yüzey yoğunluk değerleri de tespit edilmiştir. Elde edilen analiz bulguları Çizelge 8 ve Çizelge 9'da 14 ve 28 gün kür süreleri için ayrı ayrı verilmiştir. Bu çizelgelerden de görüldüğü gibi, perlit agrega katkı oranı arttıkça, blok elemanının ısı iletkenlik değeri iyileşmekte, bununla birlikte duvar birim ağırlığı da düşmektedir. TS EN 1745 standardında öngörülen hesap prensibine göre belirlenen blok ısı iletkenlik değerleri [12], perlit agrega katkısı ile bimsbeton birim ağırlığının düşmesinin de bir fonksiyonu olarak önemli büyüklüklerde iyileşme sağlandığı görülmüştür.

Kontrol bimsbetonu ile dökülen blok elemanın 28 gün kür sonrası ısı iletkenlik değeri, 0,161 W/mK olarak belirlenmiş olup, bu bimsbeton karışımın ince pomza madde oranı hacimce %30 genişlemiş perlit agrega ile yer değiştğinde, bloğun ısı iletkenlik değerinin 0,139 W/mK değerine ulaştığı, diğer bir değişle %15.82 daha yalıtımlı hale geldiği görülmüştür. Perlit katkı oranı arttıkça, bu iyileşme miktarı %26 seviyelerine kadar ulaşabilmektedir.

Yapılan araştırma çalışması, perlit katkı oranı arttıkça blok elemanın ses yutuculuk değerinin düştüğünü göstermiştir. Bilindiği gibi bir malzemenin ses yutuculuk özelliği, yüzey yoğunluğunun bir fonksiyonu olarak değişim göstermektedir. Yüzey yoğunluğu arttıkça, ses yutuculuk değeri de iyileşmektedir. Ancak, perlit agrega katkısı, bimsbeton elemanın yüzey yoğunluğunu azalttığı için, bloğun ses yutuculuk değeri de buna bağlı olarak azalmaktadır. Elde edilen verilere göre bu durum değerlendirildiğinde, blok elemanlarının ses yutuculuk değerlerinin 43 dB 'in üzerinde olduğu görülmektedir. Bu da, binalarda ses yalıtımı için gerekli limit değerleri sağlayabilen

büyükölçülerdedir. Diğer taraftan ateşe dayanım, malzemenin doğası ve blok elemanın geometrisinin bir fonksiyonu olarak değerlendirilebilmektedir.

Buradaki bimsbetonun elde edilmesinde kullanılan tüm malzemeler yanmaz A1 sınıfı malzemeler kategorisinde olması sebebiyle, blok elemanı yanmaz, alev almaz, parlamaz ve patlamaz bir özelliktedir. Ancak, geometrisine bağlı olarak yüksek sıcaklığa maruz kalması durumunda, ateş geciktirme süresinde bir değişim görülebilmektedir. Bu da, bloğun hacimsel doluluk oranı ile doğrudan ilişkili bir parametredir. Bu çalışmada kullanılan blok geometrisi, tüm analizlerde aynı olduğu için, blok elemanlarının ateş geciktirme süresi 5.39 saat olarak belirlenmiştir.

Çizelge 8. Bimsbetondan mamul duvar blok elemanın 14 gün kür sonrası bazı teknik özellikleri (160 kg/m³ çimento dozajı).

Karışım	Isı İletkenlik Değeri (W/mK)	Ses Yutuculuk Değeri (dB)	Ateşe Dayanım Süresi (saat)	Duvar Birim Ağırlığı (kg/m ²)	Blok Yüzey Yoğunluğu (kg/m ²)
Kontrol	0.170	46	5.39	108	120
M1	0.147	46	5.39	107	119
M2	0.139	45	5.39	101	112
M3	0.134	44	5.39	97	108

Çizelge 9. Bimsbetondan mamul duvar blok elemanın 28 gün kür sonrası bazı teknik özellikleri (160 kg/m³ çimento dozajı).

Karışım	Isı İletkenlik Değeri (W/mK)	Ses Yutuculuk Değeri (dB)	Ateşe Dayanım Süresi (saat)	Duvar Birim Ağırlığı (kg/m ²)	Blok Yüzey Yoğunluğu (kg/m ²)
Kontrol	0.161	45	5.39	102	113
M1	0.139	45	5.39	101	111
M2	0.135	44	5.39	98	108
M3	0.128	43	5.39	92	101

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada pomza ve genişlemiş perlit agrega örnekleriyle hazırlanan 4 ayrı bimsbeton karışımının öncelikle, bimsbeton olarak teknik analizleri yapılmış olup, bimsbeton özelliklerine genişlemiş perlit katkı oranının etkisi irdelenmiştir. Bu çalışma sürecinde elde edilen genel tecrübe ve verilerin ışığında, TS EN 771-3 standardına uygun geometrik boyutlarda tasarlanan ve 5 sıra boşluklu bir blok elemanın, bu bimsbeton karışımları ile elde edilen ürün formunun teknik özellikleri de ayrıca detaylı olarak analiz edilmiştir. Araştırma bulgularına göre genişlemiş perlit agrega katkısı, bimsbetona blok üretimi açısından önemli avantajlar sağlayacak bir konuma getirmektedir. Günümüzde önemli bir konu durumuna gelen bimsbeton birim ağırlıklarının düşürülmesi, genişlemiş perlit agrega katkısı ile sağlanabilmektedir. Bununla birlikte, bimsbetondan mamul boşluklu duvar blokları daha ısı yalıtımlı hale de gelmektedir. Bu çalışma, farklı tane boyutlarındaki genişlemiş perlit agregaların benzer şekilde analizi ile, perlit agrega boyutunun bimsbeton özelliklerine olan etkisi de detaylı olarak irdelenmelidir. Bu makale ile, konu üzerine yapılacak araştırmalara bir ışık tutulması amaçlanmıştır.

Kaynaklar

- [1] Eriç, M., 1994. *Yapı Fiziki ve Malzemesi*, Literatür Yayıncılık, İstanbul, Antalya, s257.
- [2] Gündüz, L., "Pomza Teknolojisi", Cilt-1, Isparta, 1998.
- [3] Şener, F., 1999. *Yalıtımlı Hafif Yapı Hammaddeleri*, Enerji Tasarrufunda Jeotermal Enerjinin Ve Yalıtımlı Hafif Yapı Malzemelerinin Önemi Sempozyumu, MTA, 12-13 Nisan, Ankara, s31-47.
- [4] Gündüz L., Rota A., Hüseyin A., 2000, "Türkiye ve Dünyadaki Pomza Oluşumlarının Malzeme Karakteristiği Analizi", 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir.
- [5] Failla A., Mancuso P. and Miraglia N., 1997, "Experimental - Theoretical Study on Pumice Aggregate Lightweight Concrete", Technical Report, Italy.

[6] TS 3234, 1978. Bimsbeton Yapım Kuralları, Karışım Hesabı ve Deney Metotları, 30s.

[7] Neville, A., M., 1996, "Properties of Concrete", Fourth and Final Edition, Addison Wesley Longman Limited, Harlow, UK.

[8] Kornev N.A., Kramar V.G. and Kudryavtsev A.A., 1980, "Design peculiarities of prestressed supporting constructions from concretes on porous aggregates", The Concrete Society, The Construction Press, Lancaster, London, New York, UK.

[9] TS 1114 EN 13055-1:2004, Hafif Agregalar-Bölüm 1: Beton, Harç ve Şerbette Kullanım için, s39, TSE, Ankara.

[10] TS EN 771-3:Nisan 2005, Kagir Birimler-Özellikler-Bölüm 3: Beton Kagir Birimler (Yoğun ve Hafif Agregalı), TSE, Ankara.

[11] TS 2823, 1986. Bimsbetondan Mamul Yapı Elemanları (Tadil: 1988/08), 27s.

[12] TS EN 1745:Nisan 2004, Kagir ve Kagir Mamulleri-Tasarım Isıt Değerleri Tayini Metotları, TSE, Ankara.

Tüf Agregası İle Üretilen Blok Elemanların Özelliklerinin Araştırılması

Investigation of Properties of Block Element Produced With Volcanic Tuff

Osman ÜNAL, Tayfun UYGUNOĞLU, Hakan AKBABA

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, 03100, Afyonkarahisar
unal@aku.edu.tr , uygunoglu@aku.edu.tr, hakanakbaba38@gmail.com

ÖZ: Bu deneysel çalışmada, Afyon ve çevresinde bulunan volkanik tüfün agregası olarak kullanılmasıyla üretilen blok elemanların özellikleri araştırılmıştır. Agregası granulometrisinin blokların fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki etkisi belirlenmiştir. Karışımlarda çimento miktarı 220 kg/m³ olarak sabit tutulmuştur. Karışımlar 0/4 mm, 4/8 mm ve 8/16 mm boyutlarında volkanik tüf kullanılarak hazırlanmıştır. Farklı granulometrilere olmak üzere 5 farklı seri tasarlanmıştır. 10x10x10 cm. boyutlarındaki numuneler üzerinde birim hacim ağırlık, görünen porozite, su emme, basınç dayanımı ve ısı iletkenlik deneyleri gerçekleştirilmiştir. Seriler içerisinde en iyi fiziksel ve mekanik özellikler % 50 oranında ince malzeme (0/4) içeren numunelerde görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Volkanik tüf, hafif agregası, blok eleman, fiziksel ve mekanik özellikler

ABSTRACT: In this experimental study, properties of block element produced with volcanic tuff lightweight aggregate in Afyon and region were investigated. Effect of different aggregate granulometry on the physical and mechanical properties of block element was investigated. In the mixes, cement content was kept at 220 kg/m³. The specimens were produced with use of volcanic tuff in size of 0/4 mm, 4/8 mm and 8/16 mm. The 5 different series were designed as in separate granulometries. On the produced specimens that in size of 10x10x10 cm., bulk density, specific porosity, water absorption, compressive strength and thermal conductivity tests were performed. In the series, the best physical and mechanical properties were obtained on the series that have been containing to % 50 fines aggregate (0/4 mm).

Keywords: Volcanic tuff, lightweight aggregate, block element, physical and mechanical properties

1. GİRİŞ

Türkiye dünyanın en zengin ve kaliteli hafif agrega yataklarına sahiptir. Beton içerisinde hafif agrega kullanılarak taşıyıcı yapı elemanlarına gelen yükler azaltılabilir ve ısı iletkenlik katsayılarının düşük olması nedeni ile ısı yalıtımı sağlanabilir [1]. Teknolojideki son gelişmelere bağlı olarak, yapılan binalarda aranan en önemli özelliklerin başında, yapının hafifliğinin sağlanması gelmektedir. Duvarlar rijitlikleri ve ağırlıkları ile özellikle deprem yükü etkisi altında yapıyı önemli ölçüde etkileyebilmektedir. Beton sektöründe hafif agrega kullanımının önemi, ülkemizde yaşanan depremler sonucunda daha iyi anlaşılma başlamıştır. Ülkemizde hafif ve doğal agrega olarak kullanılabileceğimiz malzemeler arasında, farklı yörelerde bulunan pomza oluşumları, volkanik cüruf oluşumları, diatomit ve perlit oluşumlarını sayabilmek mümkündür. Hafif betonlar birim kütleleri, kullanım yerlerine göre büyük değişiklikler göstermekte ve buna bağlı olarak özellikleri de farklılık göstermektedir. Ülkemizde de zengin ve kaliteli hafif agrega yatakları bulunmasına rağmen, hafif beton kullanımı yok denecek kadar azdır. Bunun nedenlerinden biride bu konu üzerinde yeterli Ar-ge çalışmalarının yapılamamasıdır [2].

Günümüzde uçucu kül, silis dumanı, çeşitli bölgelerden çıkarılan pomza, volkanik tüfler, ince tahıl, palmiye yaprakları, odun talaşı gibi malzemeler hafif beton üretiminde en yaygın olarak kullanılanlar arasındadır. Avrupa ve Amerika'da hafif agrega olarak imal edilmiş beton köprüler ve çok katlı binalar yapılmıştır. Hafif agregalardan imal edilmiş betonlar ölü yüklerde ağırlık olarak büyük azalma sağladığından deprem bölgelerinde deprem kuvvetinin azalmasına sebep olmaktadır. Hafif agregalardan imal edilmiş betonlarla yapılan binaların maliyetinde büyük indirimler sağlanacağından binalarda hafif betonların kullanımı büyük önem kazanmıştır [3].

Birçok hafif beton üretme yöntemleri vardır. Bu yöntemlerden bir tanesi de beton bileşimlerinden olan ince malzemeyi çıkarmaktır. Hafif beton üretiminin diğer bir yolu kimyasal katkılar kullanarak beton bünyesinde hava kabarcıkları oluşturmaktır. Bu tip betonlar gözenekli veya gaz beton olarak da

bilinirler. Hafif beton üretiminin en popüler yolu ise hafif agrega kullanmaktır [4].

Tüf, yanardağdan püsküren magmadan aniden ayrışıp soğuyan ve bünyesindeki gazların kaçması sonucu gözenekli olarak oluşan piroklastik (ateşte parçalanmış) tanelerin meydana getirdiği, tortul olarak ta kabul edilen kayalara verilen genel bir isimdir [5]. Bünyelerinde yaygın bir şekilde gaz boşlukları vardır. Sayılamayacak biçimdeki gözenekleri yanı erimiş lavın parçalanmasına eşlik eden hızlı soğuma esnasında gazın genleşmesinden oluşur. Tüf ve tüfit çoğu kez iç içe karışmış olarak bulunurlar. Tüf hücreli yapı göstermeyen camın sert tozları veya kuvars feldspat ve mafik minerallerin çok ince kristallerini kapsayabilir. Tüfit mineral tanelerini ve patlama ile fırlatılmış kayaç tozlarını kapsar.

Tüfün ortalama eriyebilirliği 1343 °C dir. 760 °C nin altında herhangi bir değişikliğe uğramaz. Bu sıcaklıkta dış yüzeydeki lifler buruşur, çekilir. 480-650 °C aralığındaki alevlerde yapısal bozulma veya parçalanmaya uğramaz. Doğal nem oranı çok düşüktür. Mohs sertlik skalasına göre sertliği 5,5-6 arasında değişmektedir. Basınç mukavemeti ise 95-130 kg/cm² arasındadır. Camın kendine has yoğunluğu 2,5 gr/cm³ olmasına rağmen tüfün gözenekli yapısı 1gr/cm³ ten daha az yoğunluk vermektedir. Gözenek çeperleri camdan oluşan bir zar ile ayrıldığından tüf düşük bir geçirgenliğe sahiptir [6].

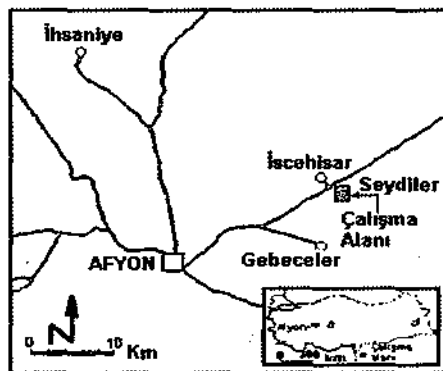
Tüf agregalarının kimyasal özelliklerinin oluşumunda en etkin bileşen SiO₂'dir. Bu değer yüksek veya düşük oluşu, tüfün asidik veya bazik karakterli bir özelliğe sahip olduğunu gösterir. Ancak hafif beton agregaları ile Türk standartlarında agreganın bu karakteri ile ilgili bir sınırlama getirilmemiştir. Bunun yanında özellikle (SiO₂+Al₂O₃) miktarındaki artışın puzolanik aktiviteyi ve dolayısıyla da basınç dayanımını arttırdığı bilinmektedir [7].

Betonun gözenekliliğini işgal eden su, mekanik ve termik özellikleri olumsuz yönde etkilediğinden, betonun hiç su emmemesi ya da az su emmesi istenir. Betonun su emmesi hafif beton üretiminde kullanılan hafif agregaların su emme kapasitesine ve agrega/çimento oranına bağlı olarak değişmektedir [2].

Betonların fiziksel özellikleri, bağlayıcı maddelerin devamlı hidratasyon yapması ile zamanla değişim gösterir. Bundan dolayıdır ki, sertleşmiş bir betonun belirli bir özelliğinin hangi güne ait olduğu belirtilmelidir [8].

2. MALZEME VE YÖNTEM

Blok üretiminde kullanılacak tuf agregaları Afyonkarahisar-Ankara karayolunun 24. km.sinde bulunan Seydiler Kasabası civarlarından kayalık halinde temin edilmiştir (Şekil 1). Kayalar çeneli kırıcıda kırılıp, standart eleklerden elendikten sonra kullanılabilir agregaya boyutlarına getirilmiştir. Blok eleman üretiminde kullanılacak agregaya tane boyutları 0-4 mm (ince), 4-8 mm (orta), 8-16 mm (iri) mm dir. Çalışmada beton karışımına karışıma girecek çimento miktarı 220 kg/m³ ve su/çimento oranı 0,15 sabit olmak üzere, agregaya tane dağılımı değiştirilerek 5 farklı seride 10x10x10mm³lük blok numuneler üretilmiştir. Agregaya granülometrisinin değişken olarak belirlendiği bu çalışmada; karışıma giren iri agregaya (16-8mm) oranının sabit tutulması ile, orta agreganın (8-4mm) yerine ince agregaya (4-0mm) kullanılması ile 5 farklı seride karışım oranları elde edilmiştir. Tuf agregası karışım oranları agregaya dağılım grafiği Çizelge 1 ve Şekil 2'de verilmiştir.



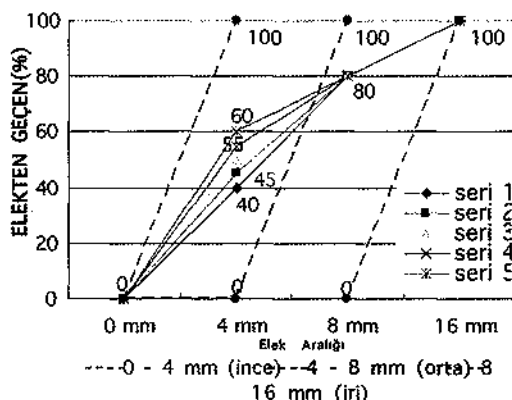
Şekil 1. Tuf Kayaçlarının Temin Edildiği Çalışma Bölgesi

Deneylerde bağlayıcı madde olarak CEM I/B 42,5 R tipi Portland çimentosu kullanılmıştır. Çimentoya ait kimyasal bileşenler Çizelge 2'de verilmiştir (Afyon Set Çimento).

Hafif blokların üretiminde karışım suyu olarak Afyon Kocatepe Üniversitesi, A.N.S. Kampüsü şebeke suyu kullanılmıştır.

Çizelge 1. Tuf Agregası Karışım Oranları

	SERİ-1 Karışım	SERİ-2 Karışım	SERİ-3 Karışım	SERİ-4 Karışım	SERİ-5 Karışım
16-8mm (iri) Tuf	% 20	% 20	% 20	% 20	% 20
8-4mm (orta) Tuf	% 40	% 35	% 30	% 25	% 20
4-0mm (ince) Tuf	% 40	% 45	% 50	% 55	% 60

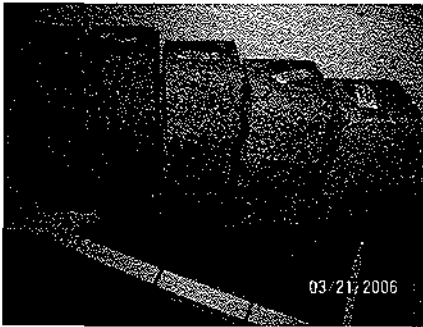


Şekil 2. Serilere Göre Agregaya Dağılımı

Çizelge 2. CEM I/B 42,5R Portland Kompozit Çimentosu Özellikleri

Analiz Grubu	DENEY		Sonuç	Sınır Değer
Kimyasal Özellikler	SO ₃ (%)		2,91	<3,5
	MgO (%)		2,33	<5,0
	A.Z. (%)		1,92	<4,0
	Cl (%)		0,06	<0,1
	Çözünmeyen kalıntı (%)		0,67	<1,5
Fiziksel Özellikler	Kıvamlılık suyu (%)		30	
	Özgül yüzey (cm ² /gr)		3685	>3500
	Priz süresi	Başlama (saat-dak)	2sa.52dak	>1sa
		Sonu(saat-dak)	4sa.36dak	<10sa
	İncelik	No.70de kalan(%)	0,13	
		No.200de kalan(%)	3,15	
	Özgül Ağırlık (kg/dm ³)		3,07	
	BasınçDayanımı (N/mm ²)	2gün	26,5	>20
		7gün	38,7	>31,5

Karışıma girecek agrega hacimsel oranları, agregaların 30 dk. suya doygun, sıkışık birim hacim ağırlık (S.B.H.A.) değerlerine göre hesap edilmiştir. Hafif agrega olarak kullanılan tuf, yüksek porozitesi sebebi ile karışım esnasında su emmesini önlemek için, 30dk. su emdirilip, 30dk. süzdürülerek karışıma katılmıştır. İnce malzemelerde karışıma katılmadan önce, ağırlıklarının belli oranında su ilave edildikten sonra karışıma ilave edilmiştir. Kollu briket makinesinde üretilen bloklar, 18 ± 2 °C laboratuvar koşullarında deney yaşları olan 7, 28 ve 56. günlere kadar laboratuvar ortamında kür edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Laboratuvar Ortamında Kür Edilen Numuneler

4. DENEYLERİN DEĞERLENDİRMESİ

Çalışmayla ilgili yapılan tüm deneyler sertleşmiş bloklar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Numunelerin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek amacı 7, 28 ve 56 günlük numuneler üzerinde arşimet prensibine göre, hacim ağırlık (görünür yoğunluk), su emme, görünür porozite, ve basınç dayanımı deneyleri gerçekleştirildi. Isı iletkenlik katsayısının belirlenmesi "Hot Wire" yöntemine göre 56 günlük etüv kurusu numuneler üzerinde yapılmış ve numunelere ait deney sonuçları Çizelge 3, 4, ve 5'de verilmiştir. Erken yaşlardaki numunelerin görünür yoğunluk değerlerinde fazla bir farklılık olmadığı Şekil 4'de görülmektedir. Sonraki yaşlarda, özellikle 28 günden sonra, görünür yoğunluk değerindeki artışların tüm serilerde hızla arttığı belirlenmiştir.

Çizelge 3. 7 Günlük Deney Sonuçları

SERİLER	Görünür Yoğunluk (kg/m ³)	Porozite (%)	Basınç Dayanımı (N/mm ²)
SERİ - 1	1440	28,56	9
SERİ - 2	1430	28,26	9,73
SERİ - 3	1440	30,09	9,2
SERİ - 4	1440	30,06	8,06
SERİ - 5	1440	29,59	9,04

Çizelge 4. 28 Günlük Deney Sonuçları

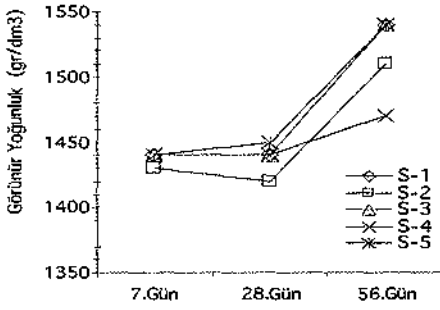
SERİLER	Görünür Yoğunluk (kg/m ³)	Porozite (%)	Basınç Dayanımı (N/mm ²)
SERİ - 1	1440	28,72	13,16
SERİ - 2	1420	28,15	11,76
SERİ - 3	1440	28,74	12,07
SERİ - 4	1440	30,13	13,93
SERİ - 5	1450	30,07	11,85

Çizelge 5. 56 Günlük Deney Sonuçları

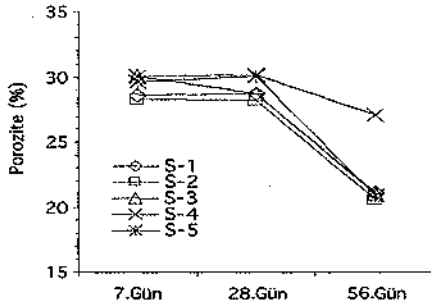
SERİLER	Görünür Yoğunluk (kg/m ³)	Porozite (%)	Basınç Dayanımı (N/mm ²)	Isı İletkenlik (W/m.K)
SERİ - 1	1540	21,09	12,58	0,582
SERİ - 2	1510	20,6	10,69	0,498
SERİ - 3	1540	20,99	11,76	0,496
SERİ - 4	1470	27,11	11,4	0,535
SERİ - 5	1540	20,88	12,65	0,541

Bu artışın sebebinin tufün puzolanik özelliğe sahip olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Yine aynı grafikten karışındaki ince agrega oranının artmasıyla (Seri 1'den, Seri 5'e doğru) ile genel olarak görünür yoğunluk değerinin de arttığı görülmektedir. Blokların porozite değerlerine bakıldığında zamana bağlı olarak boşluk oranının azaldığı ve bu azalışın özellikle 28. günlerden sonra gerçekleştiği Şekil 5'de görülmektedir. Porozite değerinin zamanla azalışı, numunenin su emme değerinin azalmasına ve görünür yoğunluk değerinin artmasına neden olduğunu söylemek mümkündür.

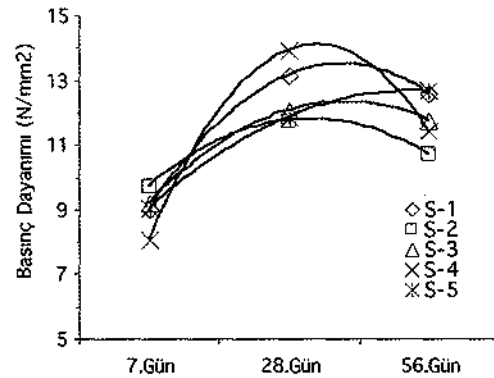
Basınç dayanımı değerlerine bakıldığında özellikle 28 güne kadar olan dayanım artışının ileriki yaşlarda sağlanmadığı görülmektedir. En yüksek dayanım değerleri seri-1 ve seri-4 ile üretilen karışımlarda sağlanmıştır.



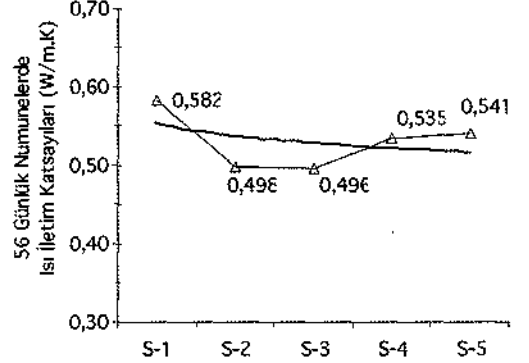
Şekil 4. Hacim Ağırlık Sonuçları



Şekil 5. Porozite Sonuçları



Şekil 7. Basınç Dayanımı Sonuçları



Şekil 7. Isı İletkenlik Sonuçları

7, 28 ve 56. günlerde yapılan basınç dayanımı değerlerinden, ileriki yaşlarda numunelerin dayanımlarının azaldığı Şekil 6'da görülmektedir. Bu azalış ivmesine bakıldığında, karışımlardaki ince malzeme miktarının, diğer serilere oranla daha fazla olduğu serilerde bu azalışında daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun sebebinin özellikle ince malzemede bulunan suyun zamanla buharlaşarak kaybolması sonucu oluşan boşluklarla daha önceden var olan mevcut boşluklarla birleşmesi sonucu malzemenin iç yapısının zayıflaması sonucu gerçekleştiğini söyleyebiliriz [2].

56 günlük bloklar üzerinde gerçekleştirilen ısı iletkenlik deneyi sonuçlarından tüf agregası kullanılarak üretilen blokların ısı iletim katsayılarının ortalama 0,500 W/m.K ile 0,600 W/m.K arasında değiştiği görülmüştür. Şekil 7'de görüldüğü üzere genel olarak agrega karışımındaki ince malzeme miktarının %50 oranında kullanılması ile en düşük ısı iletim katsayısının elde edildiğini söylemek mümkündür.

5. SONUÇLAR

Tüf agregası kullanılarak elde edilen blok elemanın görünür yoğunluk, basınç dayanımı ve ısı iletkenlik değerlerinin, taşıyıcı olmayan blok eleman üretiminde uygulanan standartlara uygun olduğu görülmüştür.

Üretimi yapılan 5 farklı seri içerisinde, yapı bloğu üretimi için en uygun olan agrega karışım oranının iri, orta ve ince tüf agregaları

için sırası ile %20, %30, %50 mertebesinde olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmada ülkemizde bol miktarda rezerv kapasitesine sahip olan volkanik tüflerin inşaat sektöründe gerek hafif beton agregası, gerekse yapı bloğu üretiminde kullanılabileceği yapılan deneysel çalışmalar sonucunda belirlenmiştir.

Kaynaklar

[1] Dinçer, R., Çağatay, H.İ. 2004, "Pomza İle Yapılan Hafif Betonların Mekanik Özellikleri" Ç.Ü. Müh. Mim. Fak. Dergisi., Cilt 19, Sayı,1.

[2] Uygunoğlu, T., 2005, "Afyon Ve Çevresindeki Hafif Agregalarla Üretilen Blok Elemanların Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerinin Araştırılması", Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bil. Ens., Yük. Lis. Tezi.

[3] Sağın, S., 2005, "Pomza İle Üretilen Hafif Beton Blokların Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi", Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bil. Ens., Yük. Lis. Tezi.

[4] Çelik, M.H., Çelik, A., 2004, "Straforun Taşıyıcı Hafif Beton Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması", Politeknik Dergisi, Cilt 7, Sayı 3, S.251-257 Ankara.

[5] Yeğinoba, A., 1997, "Hafif Beton Ve Yüksek Dayanımlı Hafif Beton", Çimento Ve Beton Dünyası, S.22, Yıl-2, Sayı-8, Ağustos.

[6] Demir, İ., 2001, "Afyon Bölgesi Tüflerinin Tuğla Üretiminde Kullanılması" Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi s.113, Ağustos.

[7] Çobanoğlu, İ., Özpınar, Y., 2003, "Sandıklı (Afyon) Tüflerinin Mühendislik Özellikleri ve Beton Agregası Olarak Kullanım Olanaklarının İncelenmesi" Yer Bilimleri Dergisi, Sayı:42, s.205-222.

[8] Yıldız, S., Kaya, A., Keleştemur, H., 2004, "Styropor Kullanılarak Elde Edilen Hafif Betonların Fiziksel Özelliklerinin Deneysel Olarak Araştırılması" Fırat Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt:16, Sayı:2 s.357-366

[9] TS 2823, "Bims Betondan Mamul Yapı Elemanları", 1986, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

[10] TS 825, "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları", 1998, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

[11] TS 1114, "Hafif Agregalar-Beton İçin", 1986, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

[12] TSEN 1097-6 "Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 6: Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini", 2002, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

[13] TS 3289 EN 1354 "Gözenekli Beton-Hafif Agregalı-Basınç Mukavemeti Tayini", 1996, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

İstanbul Ömerli Bölgesi Kumtaşlarının Betonda İnce Agregada Olarak Kullanılabilirliği

The Use of Sandstones in İstanbul Ömerli Region as Fine Aggregate in Concrete

Mehmet Buldum*, Atiye Tuğrul, Gülenden Kara*, Cüneyt Ertuğrul***

*SOYAK Beton San. ve Tic. A.Ş. Mecidiyeköy/İSTANBUL
mbuldu@soyakbeton.com.tr, gkara@soyakbeton.com.tr, certugrul@soyakbeton.com.tr

**İ.Ü., Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Avcılar, İstanbul
tuğrul@istanbul.edu.tr

ÖZ: Günümüzde inşaat faaliyetlerinin hızla artması, beton üretiminde kullanılan agrega gereksinimini arttırmıştır. İstanbul'da yer alan agrega kaynakları bugün yeterli olmakla birlikte, hızla tükenmekte olduğundan önümüzdeki yıllarda agrega ihtiyacı artacaktır. Bu amaçla, İstanbul Ömerli Bölgesinde bulunan Triyas yaşlı kumtaşları alternatif agrega kaynağı olarak araştırılmıştır. Bu çalışmada; öncelikle bölgedeki kumtaşlarındaki renk ve doku değişimleri dikkate alınarak üç farklı noktadan örnekleme yapılmıştır. Kumtaşlarının öncelikle petrografik ve mineralojik özellikleri ile kimyasal bileşimleri belirlenmiştir. Daha sonra kırılarak üretilen kırma kum örnekleri üzerinde standart agrega deneyleri yapılarak, beton agregası olarak kullanılabilirlikleri ortaya konmuştur. Ayrıca, hızlandırılmış harç çubuğu deneyleri ile kumtaşları alkali-agrega reaksiyonu yönünden değerlendirilmiştir. İncelenen kumtaşlarının beton özelliklerine etkilerinin araştırılması amacıyla, kumtaşları ile bölgede üretilen kireçtaşları kullanılarak deneme betonları yapılmış ve bunların dayanım ve durabilite özellikleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen veriler, referans deney numuneleriyle karşılaştırıldığında; incelenen kumtaşlarının, günümüzde beton üretiminde kullanılmalarının ekonomik olmamasına karşın, agrega ihtiyacının tartacağı dönemlerde, yüksek dayanımlı betonlar dışında, olağan betonların üretimlerinde kullanılabileceği saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: İstanbul, Ömerli, kumtaşı, ince agrega, beton

ABSTRACT: Today rapidly increase in construction activities, cause to increasing demand for aggregate, using in concrete production. Aggregate resources in İstanbul are enough now, but decrease very fast. Therefore, aggregate requirements will be increased. In this aim; Triassic sandstones in İstanbul Ömerli Region were studied as alternative aggregate resource. In this study, specimens were taken from three different locations, where colour and texture of the sandstones are different. Firstly, petrographical and mineralogical characteristics and chemical composition of the sandstones were determined. The crushed samples were then tested, to determine usability of the fine aggregates in concrete by using standard aggregate test. In addition, accelerated mortar bar were used to evaluate the potential alkali reactivity of the sandstones. To determine the effects of the sandstones fine aggregates on concrete properties, testing concretes were produced by using the sandstones and lime stones that quarried in the same region, and their strength and durability characteristics were compared. According to the results obtained; in spite of using sandstones as fine aggregate in concrete is not economic today, in the future, when the requirements of aggregates increases, the sandstones can be used in low strength concrete.

Key words: İstanbul, Ömerli, sandstone, fine aggregate, concrete

1. GİRİŞ

Betonun kütle ve hacim olarak en büyük bileşeni olan agregat, beton özellikleri üzerinde önemli etkilere sahiptir. Betonun dayanım, durabilite, hacim sabitliği ve ekonomikliği üzerinde agregat önemli bir rol oynar. Günümüzde İstanbul'da agregat kaynaklarının tükenmekte olması önümüzdeki yıllarda alternatif agregat kaynaklarının bulunmasını ve kullanılmasını gerektirmektedir. Bu amaçla Ömerli bölgesindeki kumtaşlarının betonda ince agregat olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır (Şekil 1).

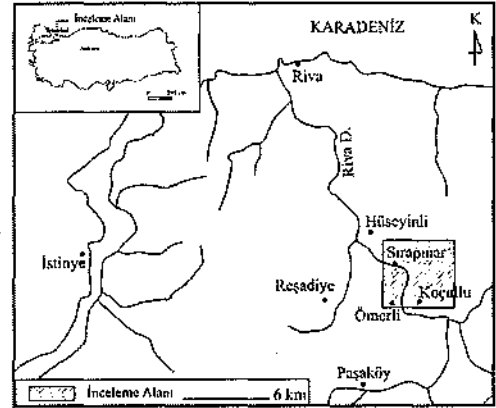
Bu çalışma kapsamında öncelikle bölgedeki kumtaşlarındaki renk ve doku değişimleri dikkate alınarak üç farklı noktadan numuneler alınmıştır. Kumtaşlarının petrografik, mineralojik özellikleri ile kimyasal bileşimleri; hazırlanan ince kesitler üzerinde polarizan mikroskobu ile yapılan incelemeler, X ışınları ve kimyasal analizler ile belirlenmiştir. Örnekler üzerinde standart agregat deneylerinin yapılabilmesi için, blok örnekleri kırma eleme tesisinde ince agregat boyutuna getirilmiştir. Fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenen ince agregatlar, hızlandırılmış harç çubuğu deneyleri ile alkali-silis reaksiyonu yönünden de araştırılmıştır. İncelenen kumtaşlarının beton özelliklerine etkilerinin araştırılması amacıyla, üretilen ince agregatlar ile bölgede üretilen kireçtaşları kullanılarak deneme betonları yapılmış ve bunların dayanım ve durabilite özellikleri araştırılmıştır.

2. JEOLJİ

İnceleme alanında Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı sedimentler kayalar yüzeylenmektedir. En alt düzeyde; kireçtaşı ile temsil edilen Alt Devoniyen yaşlı İstinye Formasyonu ve üstüne uyumsuz olarak çökelen Alt Devoniyen yaşlı şeyl ve grovakla temsil edilen Kartal formasyonu bulunur. Kırmızı kumtaşı ile temsil edilen Triyas yaşlı Kapaklı Formasyonu, Paleozoyik birimler üzerine uyumsuz olarak gelir. Senozoyik yaşlı tutturulmamış çakıl, kum, kilden oluşan Belgrad formasyonu ise tüm birimler üzerinde uyumsuz olarak yer alır (Şekil 2).

İncelenen kumtaşları Kapaklı Formasyonuna aittir. Bu formasyonun alt

düzeyleri çoğunlukla çakıltaşı, daha üst düzeyleri ise yer yer şeyl ara tabakalı kumtaşından oluşur. Üste doğru şeyl katkısı artmaktadır. Formasyon bileşimindeki demiroksitten dolayı alacalı-kırmızı renkli olup, orta-iri taneli ve orta-kötü boylanmalıdır. Çakıl ve kum taneleri az yuvarlak ve köşelidir. Çakıl çapları yer yer 10 cm'ye ulaşmaktadır.



Şekil 1. İnceleme Alanının Yer Bulduru Haritası

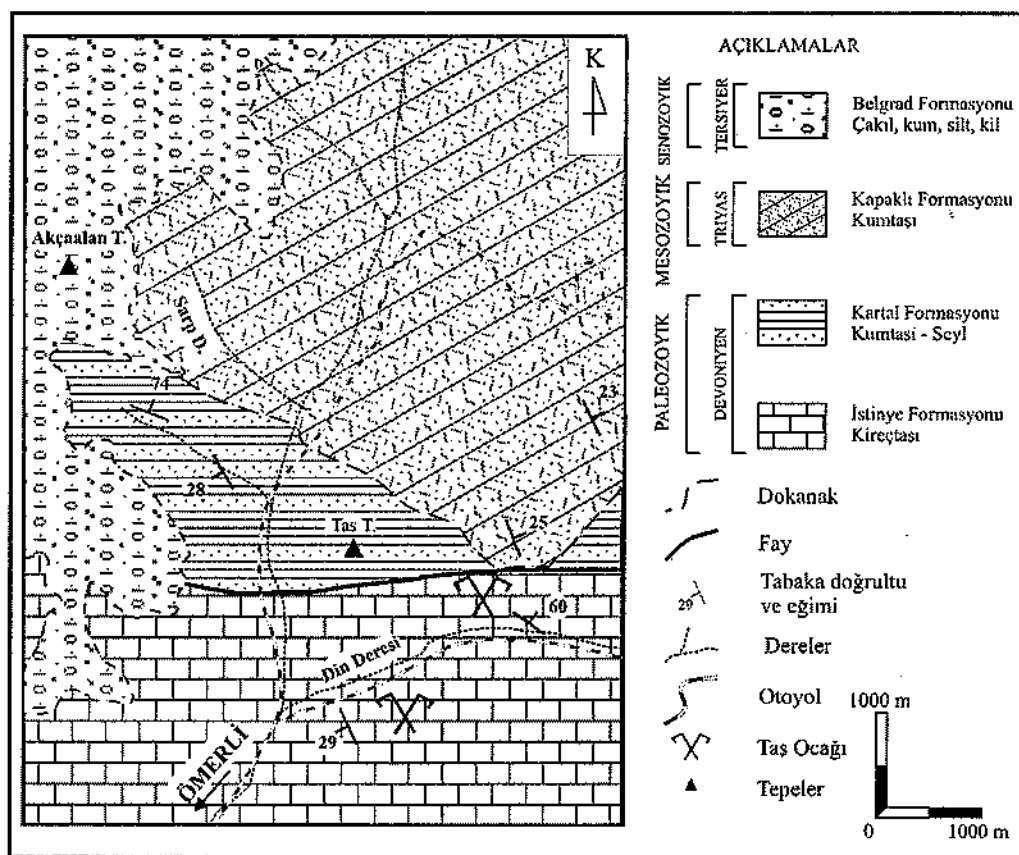
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1 Kumtaşlarının Petrografik ve Mineralojik Özellikleri

Kumtaşlarından alınan örneklerden ince kesitler hazırlanmıştır. Kumtaşları üzerinde polarizan mikroskobu ile yapılan petrografik araştırmalarda kumtaşlarının bağlayıcıları, mineral bileşimleri, boşluk, tane boyu ve tane şekilleri belirlenmiştir.

Kumtaşları genel olarak kuvars, kalsit ve plajoklastan oluşmaktadır. Örneklerin bazılarında (K1 ve K2) az oranda mika da bulunmaktadır.

Çizelge 1'de kumtaşlarının petrografik özellikleri sunulmuştur. Kumtaşlarının bağlayıcıları karbonat ve demir oksitten oluşmaktadır. K1 örneğinde ayrıca silis bağlayıcısı da bulunmaktadır. Kaya kırıntısı olarak kireçtaşı ve metamorfik kaya parçaları içermektedirler. [1]'e göre Kumtaşları litolojik olarak litarenit, subarkoz ve feldispatlı litarenit olarak sınıflandırılmıştır.



Şekil 2. İnceleme Alanının Jeoloji Haritası

K1 kötü boylanmış, orta-iri taneli, az yuvarlak, K2 orta boylanmış, iri tane boylu, yuvarlak ve az köşeli, K3 kötü boylanmış, orta iri taneli, az yuvarlak çok köşelidir.

3.2 Kumtaşlarının Kimyasal Özellikleri

Agregaların bazı kimyasal bileşenleri, beton dayanıklılığı üzerinde olumsuz etki gösterir. Bu olumsuz etkilerin saptanması için [2]'ye uygun olarak kumtaşlarının suda çözünebilen klorür, asitte çözünebilen sülfat ve toplam kükürt içerikleri saptanmıştır. Sonuçlar Çizelge 2'de sunulmuştur.

Çizelge 1. Kumtaşlarının Petrografik Özellikleri

Örnek Kodu	K1	K2	K3
Sınıflandırma*	Litarenit	Subarkoz	Feldispatlı litarenit
Kuvars (%)	20 – 25	50 – 60	15 – 20
Feldispat (%)	5	5 – 10	3 – 5
Kaya kırıntısı (%)	30 – 5	15	30 – 35
Bağlayıcı (%)	15 – 20	15 – 20	35 – 50
Boşluk (%)	3 – 5	3 – 5	3 – 5

* Folk [2]'a göre yapılmıştır.

Çizelge 2. Kumtaşlarının Kimyasal Özellikleri

Örnek Kodu	K1	K2	K3
Suda çözünebilir klorür (Cl ⁻) (kütlece %)	0,011	0,020	0,017
Asitte çözünen sülfat (SO ₄ ²⁻) (kütlece %)	0,049	0,010	0,018
Toplam kükürt (kütlece %)	0,010	0,002	0,004

3.3. Kumtaşı İnce Agregalarına Ait Özellikler

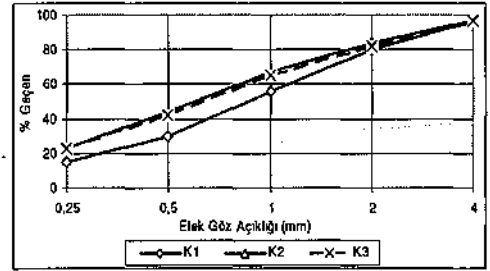
İnceleme alanındaki üç farklı lokasyondan alınan blok örnekleri kırma eleme tesislerinde ince agrega boyutuna getirilmiştir. Bu bölümde kumtaşlarından üretilen ince agregalar üzerinde yapılan metilen mavisi, kum eşdeğeri, tane boyu dağılımı, su emme ve özgül ağırlık, gevşek yığın yoğunluğu deneyleri ile hızlandırılmış harç çubuğu deneylerinden elde edilen veriler sunulmuştur. Tüm deneyler en az üç kez tekrarlanmış olup, çizelgelerde sunulan değerler bu deneylerden elde edilen sonuçların aritmetik ortalamasıdır.

Kumtaşından elde edilen kırma kumların tane büyüklüğü dağılımı ve çok ince malzeme içeriği [3]'e göre belirlenmiştir. Şekil 3'te görüldüğü gibi, K2 diğer numunelere göre daha ince bir granülometriye sahiptir. En kaba granülometri K1'e aittir. Çok ince madde içeriği ise en düşük K1'de, en yüksek K3 örneğindedir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Kumtaşı Agregalarına Ait Özellikler

Agrega Deneyleri	K1	K2	K3
Çok İnce Malzeme Muhtevası (%)	6,2	7,6	8,1
Metilen Mavisi Absorpsiyonu (g/Kg)	1,00	1,75	1,60
Kum Eşdeğeri (%)	35	25	31
D.Y. K. Tane Yoğunluğu (gr/cm ³)	2,59	2,60	2,57
Su Emme Değeri (%)	2,43	3,16	2,53
Gevşek Birim Ağırlık (gr/cm ³)	1,50	1,46	1,51

Kumtaşı ince agregaları üzerinde [4]'e uygun olarak yapılan metilen mavisi deney sonuçları Çizelge 3'te sunulmuştur. Metilen mavisi absorpsiyonu en fazla K2'de, en az ise K1'dedir.



Şekil 3. Kumtaşı Kökenli İnce Agregaların Granülometri Eğrisi.

[5]'e göre yapılan kum eşdeğeri deney sonuçlarına göre askıda kalan zararlı malzeme miktarı en çok K2 de bulunmaktadır (Çizelge 3).

Tane yoğunluğu ve su emme deneyleri [6]'ya göre yapılmıştır. En yüksek tane yoğunluğu K1'e, en düşüğü ise K3'e aittir. Su emme değerlerinden en yükseği K2, en düşüğü ise K1 örneğinde bulunmuştur (Çizelge 3).

Kumtaşlarından elde edilen ince agregaların gevşek birim ağırlık değerleri [7]'ye göre belirlenmiştir. Bu değerlere göre K3>K1>K2 şeklinde bir sıralanma söz konusudur (Çizelge 3).

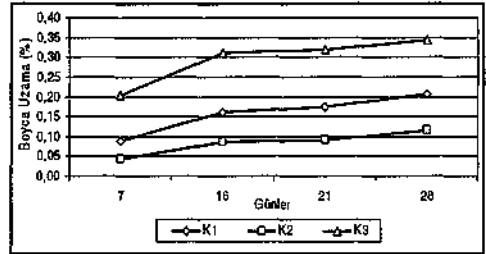
Kumtaşı numuneleri ile [8]'e uygun olarak hızlandırılmış harç çubuğu deneyleri yapılmıştır. Deneyler ile, kumtaşı agregalarının çimento hamuruyla oluşturabileceği reaksiyon sonucu, genişlemelerine bağlı olarak boy uzamaları belirlenmiştir. Deneylerde kullanılan çimentonun (CEM I 42.5 R) özellikleri [9; 10]'a göre belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 4'de sunulmuştur. Deneyler üç numune üzerinde tekrarlanmış olup, elde edilen 7, 16, 21 ve 28 günlük genişleme oranları Şekil 4'de sunulmuştur. Bu şekilde görüldüğü gibi en yüksek genişleme K3 örneğinde, en düşüğü ise K2 örneğinde saptanmıştır.

Çizelge 4. Hızlandırılmış Harç Çubuğu Deneyleri ile Deneme Betonlarında Kullanılan Çimentonun Özellikleri

Özellikler	CEM I 42,5 R	Alt limit	Üst limit
Kimyasal Öz.			
Çözünmeyen kal. (%)	0,39		≤ 5,0
SiO ₂ (%)	19,96		
Al ₂ O ₃ (%)	5,04		
Fe ₂ O ₃ (%)	2,77		
CaO (%)	64,61		
MgO (%)	1,68		
Na ₂ O (%)	0,21		
K ₂ O (%)	0,63		
SO ₃ (%)	2,97		≤ 4,0
Kızd. kaybı (%)	2,35		≤ 5,0
Cl (%)	0,01		≤ 0,10
Serbest CaO (%)	0,83		
C3A (%)	8,68		
2C3A+C4AF (%)	25,78		
Fiziksel Öz.			
Özgül Ağırlık	3,14		
Özgül yüzey (cm ² /gr)	3383		
Su/çimento oranı (%)	26,6		
Priz Başlangıcı (dak.)	163	≥ 60	
Priz Sonu (dak.)	193		
Hacim Gen. (mm)	0,9		≤ 10
Basınç Dayanımı			
2 Günlük (MPa)	27,9	≥ 20,0	
7 Günlük (MPa)	45,4		
28 Günlük (MPa)	55,6	≥ 42,5	≤ 62,5

3.4. Kumtaşı Agregaları ile Üretilen Deneme Betonları ve Özellikleri

Kumtaşlarından elde edilen ince agregaların beton özelliklerine etkilerini araştırmak amacıyla laboratuvarında deneme betonları üretilmiştir. Bu betonlar 2 grup altında toplam 8 seri olarak üretilmiştir. Taze betonda yapılan deneyler; kıvam tayini, yoğunluk deneyi, hava içeriği tayini, sertleşmiş betonda yapılan deneyler ise; basınç ve yarmada çekme dayanımının tayinidir. Ayrıca beton dayanıklılık özelliklerini belirlemek için basınçlı su geçirirlihi deneyi yapılmıştır.



Şekil 4. Kumtaşı Örneklerinin Genleşmeye Bağlı Boy Uzunlarının Karşılaştırılması

3.4.1. Kullanılan Malzemelerin Özellikleri

Üretilen deneme betonlarında CEM I 42,5 R tipi çimento kullanılmıştır. Bu çimentonun kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 4'de sunulmuştur. Bu çizelgede görüldüğü gibi; kullanılan çimentonun özellikleri [9]'da verilen kriterlere uygundur.

Deneysel çalışmalarda kullanılan kumtaşı kökenli ince agregalara ait veriler Çizelge 3'de görülmektedir. Karşılaştırma yapabilmek amacıyla üretilen referans örneklerinde kullanılan agregalara ait özellikler Çizelge 5 ve Çizelge 6'da verilmiştir. Bu agregalar, Ömerli bölgesinde üretilen rekristalize kireçtaşları ve silis kumundan oluşmaktadır.

Üretilen betonlarda rafine linyosülfonat ve modifiye polimer karışımı esaslı akışkanlaştırıcı katkı kullanılmıştır.

Çizelge 5. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Agregaların Tane Boyu Dağılımı

Elek aralığı	Doğal Kum	K.taş Kum	K.taş 1 No	K.taş 2 No
	% Geçen			
31,5 mm	100	100	100	99
16,0 mm	100	100	100	52
8 mm	100	100	55	3
4 mm	97	100	3	-
2 mm	92	79	2	-
1 mm	81	50	-	-
0,5 mm	63	34	-	-
0,25 mm	13	24	-	-

Çizelge 6. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Agregalara Ait Özellikler

Agrega Deneyleri	Doğal Kum	K.taş Kum	K.taş 1 No	K.taş 2 No
D.Y. K. Tane Yoğunluğu (gr/cm ³)	2,55	2,69	2,70	2,70
Su Emme (%)	0,90	2,03	0,65	0,35
Yassılık İndeksi (%)	-	-	33	12
Metilen Mavisi Absorpsiyonu (gr/Kg)	0,98	0,66	-	-
Kum Eşdeğeri (%)	75	50	-	-

3.4.2. Beton Karışımları ve Üretimi

Beton karışım hesaplarında [11]'de önerilen yöntem esas alınmıştır. İnce agreganın % 64 ve % 100'ü kumtaşı ince agregasından oluşan iki grup beton üretilmiştir. Ayrıca daha iyi bir karşılaştırma yapabilmek için ince agregalar olarak kireçtaşıdan oluşan referans betonları da üretilmiştir. Betonlarda çimento miktarı 320 kg/m³'te sabit tutmak hedeflenmiştir. Üretilen tüm betonlarda % 44 ince agregalar, % 28 kırmataş I no ve % 28 Kırmataş II no kullanılmıştır. Karşılaştırmayı en iyi şekilde yapabilmek için çökme değerleri 140 mm de sabit tutulmuştur. Çimento dozajının % 0,8'i kadar katkı maddesi kullanılmıştır. Üretilen betonların kodları ve gerçek bileşim miktarları Çizelge 7 ve Çizelge 8'deki gibidir.

3.4.2.1. Sertleşmiş Beton Özellikleri

Üretilen betonlarla 150 x 150 x 150 mm boyutlarında küp numuneler hazırlanmıştır. Numuneler, üretimden 24 saat sonra kalıplarından çıkarılarak 20±2 °C'de kirece doygun su ile dolu kür havuzunda bekletilmiştir. Sertleşmiş betonların dayanım özelliklerini belirlemek amacıyla, basınç ve yarmada çekme deneyleri yapılmıştır. [12]'ye göre 7. ve 28. günde her bir karışıma ait örnekler üzerinde yapılan basınç deneylerinden elde edilen sonuçlar Çizelge 9'da sunulmuştur. Numune yaşının 28. gününde [13]'e göre yapılan yarmada çekme deneyi sonuçları ise yine aynı çizelgede sunulmuştur.

Çizelge 7. I. Grup Betonların Bileşimleri ve Taze Beton Özellikleri

Beton Kodu	K1-1	K2-1	K3-1	Ref-1
Çimento (kg/m ³)	319	323	318	320
Su (kg/m ³)	241	255	249	190
Doğal Kum (kg/m ³)	270	258	265	283
Kırma Kum (kg/m ³)	Kumtaşı	479	460	469
	Kireçtaşı	-	-	-
Kırmataş 1 No (kg/m ³)	499	478	491	524
Kırmataş 2 No (kg/m ³)	499	478	491	524
Kimyasal Katkı (kg/m ³)	2,55	2,58	2,55	2,56
Su / Çimento	0,76	0,79	0,78	0,59
Çökme (mm)	140	140	140	140
Hava içeriği (%)	1,7	1,7	1,7	1,5
Taze beton yoğunluğu (kg/m ³)	2310	2256	2286	2367

Çizelge 8. II. Grup Betonların Bileşimleri ve Taze Beton Özellikleri

Beton Kodu	K1-2	K2-2	K3-2	Ref-2
Çimento (kg/m ³)	320	322	320	320
Su (kg/m ³)	252	264	252	192
Doğal Kum (kg/m ³)	-	-	-	-
Kırma Kum (kg/m ³)	Kumtaşı	741	707	731
	Kireçtaşı	-	-	-
Kırmataş 1 No (kg/m ³)	492	467	487	524
Kırmataş 2 No (kg/m ³)	492	467	487	524
Kimyasal Katkı (kg/m ³)	2,56	2,58	2,56	2,56
Su / Çimento	0,79	0,82	0,79	0,60
Çökme (mm)	140	140	140	140
Hava içeriği (%)	1,5	1,3	1,4	1,1
Taze beton yoğunluğu (kg/m ³)	2299	2231	2279	2384

Beton örneklerinin su geçirimsizliği [14]'e göre belirlenmiştir. Deney sonuçları Çizelge 10'da verilmiştir.

4. DENEYSEL VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Agregalarda bulunan sülfatlar, betonun toplam sülfat içeriğini artırarak betonda zararlı etkilere sebep olabilir. Sülfatın zararlı etkisi, sülfat iyonlarının sertleşmiş betondaki alüminli

Çizelge 9. Üretilen Betonların Basınç ve Yarmada Çekme Dayanımları

Beton Kodu	Basınç Dayanımı (MPa)		Yarmada Çekme Dayanımı (MPa)
	7 Gün	28 Gün	28. Gün
K1-1	24,6	29,4	2,3
K2-1	24,9	28,8	2,2
K3-1	24,1	28,1	2,6
Ref-1	35,8	39,6	3,4
K1-2	25,8	28,8	2,4
K2-2	18,9	23,7	2,2
K3-2	24,1	27,3	2,4
Ref-2	35,0	36,0	3,4

Çizelge 10. Betonların Basıncılı Su Geçirirliiliği

Beton Kodu	En Derin Su Penetrasyonu (mm)	Ortalama Su Penetrasyonu (mm)
K1-1	19	15
K2-1	14	11
K3-1	15	13
Ref-1	13	11
K1-2	18	12
K2-2	22	15
K3-2	18	15
Ref-2	13	10

ve kalsiyumlu bileşenlerle kimyasal reaksiyona girmesi sonucu oluşur. Reaksiyon ürünleri, sertleşmiş betonda genişleme yaratarak agrega-çimento hamuru aderansının olumsuz yönde etkilenmesine, çatlak oluşumuna ve geçirirliiliğin artmasına yol açar. İleri derecedeki etkilenmelerde ise betonun tamamen dağılması söz konusudur [15]. Kumtaşı ince agregalarının asitte çözülebilen sülfat içeriği [16]'da belirtilen en düşük asitte çözülebilen sülfat içeriği değerinin sahip olduğu kategori olan $AS_{0,2}$ (%0,2)'den daha düşüktür.

Belirli şartlar altında agregalarda mevcut olan kükürt bileşikler, sülfatları oluşturmak üzere beton içinde indirgenebilirler. Bu bileşikler ayrıca betonda şişmeye bağlı bozulmaya sebep olur. [16] Toplam kükürt

içeriği değerinin %1'den az olmasını önermektedir. Kumtaşı örneklerinin toplam kükürt içeriği bu değerin çok altında kaldığından zararsız niteliktedirler.

Klorürler, miktarları büyük oranda agregaya kaynağına bağlı olarak, agregalarda sodyum ve potasyum tuzları halinde bulunabilir. Bu tür tuzlar, betonun toplam klorür muhtevasını artırarak betonda kullanılan donatının korozyonuna neden olabilir [16]. Korozyon riskini en aza indirmek amacıyla, betondaki bileşenlerin tümünün dikkate alındığı toplam klorür miktarının sınırlandırılması genel bir uygulamadır [2]. Betonun klorür muhtevası, bileşen malzemelerden gelen klorür iyonlarının çimento kütlesine oranı olarak ifade edilmektedir. Hesaplama sonuçları Çizelge 11'de sunulmuştur. Bu tablo incelendiğinde [17]'de belirtilen çimento kütlesine göre en fazla klorür içeriği bakımından, üretilen tüm betonlar Cl 0,10 sınıfından daha düşük klorür içeriğine sahiptir. Bu sonuçlara göre klorür içeriği bakımından her türlü kullanım amaçlı betonlarda kumtaşı kökenli ince agregalı betonlar kullanılabilir.

Çizelge 11. Betonların Toplam Klorür İçeriği

Beton Kodu	Betonun Klorür İçeriği (%)
K1-1	0.06
K2-1	0.07
K3-1	0.06
Referans-1	0.04
K1-2	0.04
K2-2	0.06
K3-2	0.05
Referans-2	0.01

İnce agregaların çok ince malzeme içerikleri % 6.2 ile 8.1 arasında değişmektedir. Çok ince malzemenin fazla olması, betonda olumsuz etkilere neden olabilmektedir. Bu malzemeler agregaya tanelerinin etrafını sararak çimento hamuru ile arasındaki aderansın azalmasına neden olmaktadır [18]. Beton karma suyu miktarını artırarak betonun dayanım ve durabilitesine olumsuz etki eder. Ayrıca, betonda büzülme artırmaktadır [19]. Bu

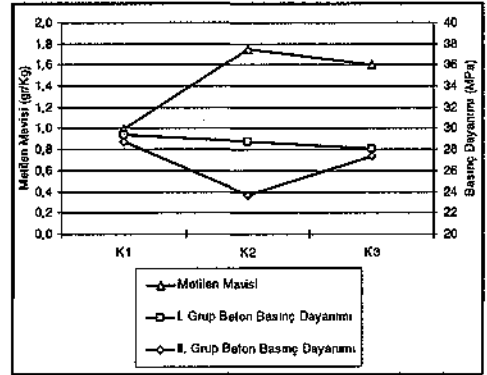
olumsuz etkilerin yanı sıra betonun işlenmesinde ve yerleştirilmesinde olumlu bir rol oynar [20]. Çok ince malzeme oranının tek başına bilinmesi beton kalitesine etkisini tam olarak yansıtmamaktadır. Çok ince madde olarak adlandırılan taş unu ve kil arasında farklılıklar vardır. Taş unu betonun su ihtiyacını arttırmakta ise de kil kadar su emmemektedir. Bu nedenle çok ince malzeme oranıyla birlikte bu malzemenin kalitesinin belirlenmesi gereklidir. Nitekim, [16]'ya göre çok ince madde oranı % 3'ü aştığında bunların kalitesinin belirlenmesi gerekmektedir.

İnce agregalarda çok ince tanelerin kalitesinin belirlenmesinde metilen mavisi ve kum eşdeğeri deney sonuçları kullanılmaktadır. Metilen mavisi deneyi ince agregada içindeki kil, demir oksit ve organik madde miktarını sınırlandırmak için [21] tarafından önerilen, bir deney metodudur. Deney sonucu; ince agregada içinde potansiyel olarak bulunan zararlı malzemenin miktarını gösterir [22]. Deney sırasında ince agregada tarafından fazla miktarda metilen mavisi emilimi ince agregada içerisinde zararlı kilin varlığına işaret eder [23]. Düşük absorpsiyon değerleri düşük oranda zararlı kil varlığını gösterir [24]. Kum Eşdeğeri ise, ince agregalarda kil ya da toz gibi malzemelerin bağlı oranını gösteren bir yöntemdir. Kumtaşı ince agregalarının metilen mavisi değeri 1-1,75 g/kg, kum eşdeğerleri % 25-35 arasındadır. Metilen mavisi değeri arttıkça kum eşdeğerinin düştüğü görülmektedir. Yüksek metilen mavisi değeri ya da düşük kum eşdeğer yüzdesi agregada kalitesinin düşüklüğüne işaret etmektedir. Standartlarda bu değerlerin sınırlandırılmasına yönelik kesin bir değer bulunmamaktadır. Ancak yapılan araştırmalar; metilen mavisi değerinin 1g/Kg'ın altında olmasının, beton dayanımına olumsuz bir etkisinin olmadığını [25] ve kum eşdeğeri yüksek bir ince agreganın beton özelliklerine olumlu etki ettiğini göstermiştir [26].

Şekil 5 ve 6 incelendiğinde; örneklerden üretilen betonlarda metilen mavisi değerinin artması ve kum eşdeğerinin düşmesiyle beton dayanımlarının düştüğü görülmektedir. II. Grup betonlarda ince agregada olarak %100 kırma kumu kullanıldığından metilen mavisi ve kum eşdeğer değerlerinin beton dayanımlarına etkisi daha belirgindir. II. Grup betonlarda metilen mavisi

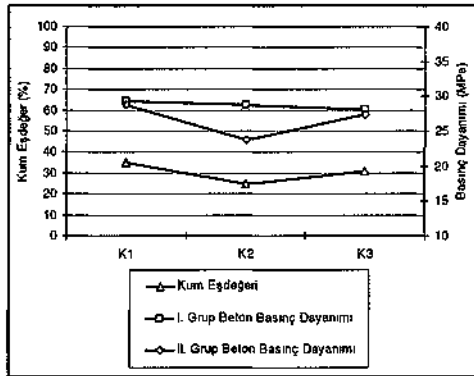
değeri 1g/kg dan 1,60 g/kg'a çıktığında ve kum eşdeğeri %35'ten %31'e düştüğünde 1,5 MPa (%1,4) dayanım kaybı olmuştur. Aynı şekilde metilen mavisi değerinin 1,75 g/kg'a çıktığında ve kum eşdeğeri %25'e düştüğünde 5,1 MPa (%18) dayanım kaybı olmuştur. I. Grup betonlarda ince agregada olarak kumtaşı ile beraber doğal kum kullanılması bu dayanım kayıplarının daha düşük seviyelerde olmasına sebep olmuştur. Bu sonuçlar, kireçtaşı ince agregalı referans betonlarla karşılaştırıldığında, I. Grup betonlarda dayanım kayıplarının daha fazla olduğu görülmektedir. I. Grup betonlarda dayanım farkları 10,2 MPa (%26) ile 11,5 MPa (%29), II. Grup betonlarda 7,2 MPa (%20) ile 8,7 MPa (%24) arasında olmuştur.

Agregada su emme oranı, agreganın fiziksel ve mekanik özelliklerine ve dayanıklılığa etki eder [27]. Dayanım, donma-çözülme ve dolayısıyla durabiliteye etkileyeceğinden bu değerlerin bilinmesi ile sakıncalı etkilerin varlığı yönünde değerlendirmeler yapılabilir.



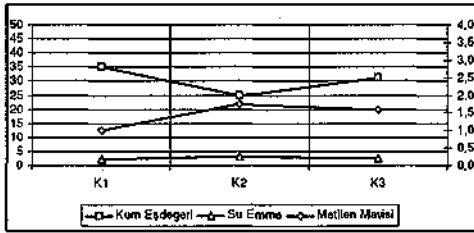
Şekil 5. 28 Günlük Beton Basınç Dayanımlarının Metilen Mavisi Deney Sonuçlarıyla Karşılaştırılması

Su emme değeri yüksek agregalar beton karışım suyu miktarını arttıracığından dayanım düşüklüğüne sebep olur. Su emme deneyi verilerine göre K2'nin su emme değeri [16]'da önerilen üst sınır olan % 3'ten büyüktür. K1 ve K3'ün su emme değerleri üst sınırın altında, ancak yüksek sayılabilecek bir düzeydedir.



Şekil 6. 28 Günlük Beton Basınç Dayanımlarının Kum Eşdeğer Deney Sonuçlarıyla Karşılaştırılması

Şekil 7'de görüldüğü gibi su emme, metilen mavisi ile doğru orantılı, kum eşdeğeri ile ters orantılıdır.



Şekil 7. Su Emme, Metilen Mavisi ve Kum Eşdeğer Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması

Kumtaşı ince agregaları; suya doymun kuru yüzeyli tane yoğunluğu ve gevşek yığın yoğunluğu değerlerine göre normal yoğunluklu agregalar grubunda yer almaktadır.

Alkali-silis reaksiyonu; agregalarda bulunabilen aktif silisin, çimentoda bulunan Na_2O ve K_2O alkali hidroksitleri ile reaksiyon oluşturmaları ve bunun sonucunda genişleyen bir jelin meydana gelmesi sonucu oluşur. Oluşan alkali-silika jeli çimento hamurundan su emerek şişer ve mikro çatlaklar oluşur. Artan jel oluşumu çatlakları büyütür, yaygınlaştırır ve betonda hasara yol açarak dayanım kaybı meydana getirir [28]. [8] 16 günlük genişleme oranlarını dikkate almaktadır. Buna göre

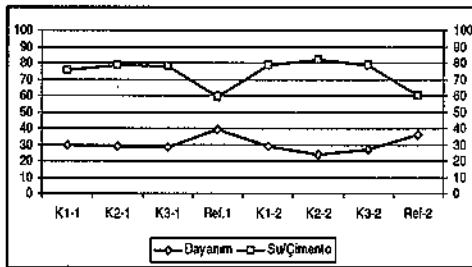
genleşme oranı %0,1'den düşük ise agrega "zararsız", %0,20 den büyük ise "potansiyel zararlı" kabul edilmekte, %0,10-0,20 arasında ise ek bilgi sağlayan yöntemlere başvurulmalıdır. Bu yöntemler petrografik analiz ve alkali reaksiyon ürünlerinin tanımlamasıdır. Deney verilerine göre; K2 örneği zararlı reaksiyonlara sebep olmaz. K1 ve K3 örnekleri ise potansiyel olarak zararlı reaksiyonlara sebep olabilir. Alkali-silis reaksiyonunu etkilerini belirlemede kullanılan ve benzer deney yöntemlerinden birisi olan [29]'da ise 21 günlük genişleme oranları dikkate alınmaktadır. Bu standarda göre; 21 günlük genişlemelerin % 0,1'den fazla olması durumunda agregalar reaksiyon açısından sakıncalı olarak değerlendirilmektedir. Genel değerlendirmede, kumtaşlarının kullanıldığı harç çubuklarındaki 21 günlük genişleme yüzdesi standart limitin üzerindedir. Petrografik incelemelerde kumtaşları içerisinde tespit edilen, metamorfik kaya kökenli kaya kırıntıları ve kuvarslar reaksiyona neden olabilir. K2 örneğinde kaya kırıntısının az oluşu genişleme oranının daha düşük çıkmasına neden olabilir. Nitekim, [30; 31; 32] tarafından metamorfizma etkisiyle kuvarsların basınç altında kalmaları ve çatlaklı olmalarının alkali-silis reaksiyonuna neden olabileceği ifade edilmiştir.

Üretilen taze betonların yoğunlukları karşılaştırıldığında referans betonların yoğunlukları $2367\text{-}2384 \text{ kg/m}^3$ arasında olup, en yüksek değerdedir. Kumtaşı ince agregalı taze betonların yoğunlukları ise $2231\text{-}2310 \text{ kg/m}^3$ arasındadır. En düşük değer ince agregasının tamamı kumtaşı kırma kumu olan K2-2 kodlu betona aittir. Taze betonun yoğunluğu, betonu oluşturan malzemelerin özelliklerine ve beton içerisinde bulunan boşluk miktarına bağlıdır. Taze betonlar arasındaki yoğunluk farkının temelinde karışımlarındaki su ve agrega oranı farklılığı yatmaktadır.

Betonun basınç dayanımı, eksenel basınç yükü etkisi altındaki betonun kırılmamak için gösterebileceği direnme kabiliyeti olarak tanımlanır [33]. Betonun çekme dayanımı ise, betonda çekme etkisi yaratacak kuvvetlerin neden olacağı şekil değiştirmelere ve kırılmalara karşı betonun gösterebileceği direnme kabiliyeti olarak tanımlanır [19]. Betonun kalitesine ve

yaşına bağlı olarak betonun çekme dayanımı basınç dayanımının %7 – %17'si arasındadır [19]. Betonların basınç ve çekme dayanımları karşılaştırıldığında kumtaşı kökenli ince agregası içeren betonlar daha düşük dayanım göstermiştir. Burada en büyük etki su/çimento oranındaki yükseklikten kaynaklanmaktadır. Aynı hacimler içerisinde eşit miktarda çimentonun agregası ile olan bağıntı ortam içerisinde var olan yüksek miktardaki su zayıflatmıştır. Su/çimento oranı ile dayanım arasındaki ilişki Şekil 8'de sunulmuştur. Bu şekilde görüldüğü gibi su/çimento oranı ile basınç dayanımı arasında ters orantı bulunmaktadır.

Sertleşmiş betonun bulunduğu ortamdaki sıvı ve gazlar beton içerisine girebilmektedir. Bu olay betonda yer alan boşlukların birbirleriyle bağlantılı olması durumunda gerçekleşmektedir.



Şekil 8. Farklı Betonlarda Su/Çimento ile Basınç Dayanımı Değişiminin Karşılaştırılması

Geçirimsizlik olarak tanımlanan bu özellik betonda bazı olumsuz etkilere yol açmaktadır. Sertleşmiş betonun içerisine dışardan giren sıvı ve gazların akış göstererek daha iç bölgelere ulaşması betonun zarar görmesine neden olur. Sertleşmiş beton üzerinde yapılan dayanıklılık deneylerinden biri olan basınçlı su geçirimsizliği deney sonuçlarına göre kumtaşı ince agregalı betonlarda ortalama su işleme derinliği 11-15 mm arasındadır. Agregası en büyük tane boyutunun 22,4 mm olması pas payının 22,4 mm'den daha çok olmasını gerektirecektir. Dolayısıyla su geçirimsizliği bakımından kumtaşı kökenli ince agregası içeren betonlar uygun limitler arasındadır.

Çizelge 12'de; üretilen betonların dayanım, su/çimento oranı ve çimento içeriğine

karşılık gelen durabilite kriterleri için [17]'de önerilen çevresel etki sınıfları görülmektedir. Ayrıca betonların bu çevresel etki sınıflarına denk gelen dayanım sınıfları yer almaktadır. Bu tabloda görüldüğü gibi referans betonlar çevresel etki sınıfları bakımından C25/30 beton sınıfındadır. Kumtaşı kökenli ince agregalı betonlar ise C20/25'in altındaki dayanım sınıflarına karşılık gelir. Dayanım açısından kumtaşı ince agregalı betonlar bu çimento dozajları ile yeterli özellikleri karşılamamaktadır. Ancak uygun çimento dozajı ve/veya katkı kullanıldığında dayanım artırılabilir.

Çizelge 12. Betonların Çevresel Etki Sınıflarına Göre Değerlendirilmesi

Beton Kodu	Özellikler			Özelliklerin Uyduğu Çevresel Etki Sınıfı	Çevresel Etki Sınıfına Karşılık Gelen Beton Sınıfı
	Dayanım (MPa)	Su / Çimento	Çimento İçeriği (kg/m³)		
K1-1	29,4	0,76	319	X0	C20/25 altı
K2-1	28,8	0,79	323	X0	C20/25 altı
K3-1	28,1	0,78	318	X0	C20/25 altı
Ref-1	39,6	0,59	320	XC2	C25/30
K1-2	28,8	0,79	320	X0	C20/25 altı
K2-2	23,7	0,82	322	X0	C20/25 altı
K3-2	27,3	0,79	320	X0	C20/25 altı
Ref-2	36	0,60	320	XC2	C25/30

5. SONUÇLAR

İstanbul Ömerli Bölgesi'nde yüzeylenen Triyas yaşlı Kapaklı Formasyonuna ait kumtaşlarının betonda ince agregası olarak kullanılabilirliğinin araştırıldığı bu çalışmada; agregası kalitesinde beklenmeyen değişiklikleri azaltmak amacıyla inceleme alanındaki üç farklı lokasyondan örnekleme yapılmıştır. Bu örnekler; petrografik özelliklerine göre, litarenit, subarkoz ve feldispatik litarenit olarak sınıflandırılmıştır.

Agregası boyutunun küçülmesi ile zararlı etkilerinin artacağına bilinmesine rağmen, incelenen kumtaşlarının bağlayıcılarının zayıf

olması ve/veya örneklemenin yüzeye yakın kesimlerden yapılması nedeniyle, kırıldıklarında ince agrega oranı yüksek olduğundan, betonda ince agrega olarak kullanılmaları araştırılmıştır.

Klorür, sülfat ve toplam kükürt içeriği bakımından incelenen kumtaşlarının betonda zararlı etkileri olmayacaktır. Ancak çok ince madde içerikleri, metilen mavisi değerleri, kum eşdeğer deney sonuçları ve dolayısıyla su emme değerleri betonda kullanım açısından yüksektir. Bu değerlere göre incelenen kumtaşları betonda dayanım ve durabilite açısından problemlere yol açabilir. Ayrıca bu kumtaşlarına alkali-silis reaksiyonu yönünden de dikkat edilmelidir. Her ne kadar kayanın ayrışmamış kesimlerinden örneklem yapılmasına özen gösterildiyse de, daha derinlerde yüzeyel ayrışma etkisi azalacağından agrega kalitesi artabilir.

Kumtaşı ince agregası ile üretilen betonların basınç ve çekme dayanımları, referans betonlarından daha düşüktür. Bu durum kumtaşlarından üretilen ince agregalı betonların su/çimento oranının yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

Elde edilen tüm verilere göre; incelenen kumtaşlarının, günümüzde beton üretiminde kullanılmalarının ekonomik olmamasına karşın, agrega ihtiyacının artacağı dönemlerde, yüksek dayanımlı betonlar dışında, olağan betonların üretimlerinde kullanılabileceği saptanmıştır.

Kumtaşlarının heterojen olmaları nedeniyle, ocak planlaması, ocak yerindeki hakim jeolojik özelliklere göre yapılmalıdır. Ayrıca, yer yer seçici ocak işletmeciliğinin mümkün olamayacağı ve bu nedenle karşılaşılabilecek muhtemel problemler açısından, mümkün olduğunca, en kötü koşulların dikkate alınması gerekliliği unutulmamalıdır.

Teşekkür

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından T-784/27122005 sayılı proje ile desteklenmiştir. Yazarlar ayrıca Soyak Beton San. ve Tic. A.Ş.'ye teşekkür ederler.

Kaynaklar

[1] Folk, R.L., "Petrology of sedimentary rocks", *Hemphill Publishing Company*, Austin, Texas, 182 p. 1968.

[2] TS EN 1744-1, "Agregaların Kimyasal Özellikleri İçin Deneyler – Bölüm 1: Kimyasal Analiz", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000.

[3] TS 933-1, "Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini – Eleme Metodu", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1999.

[4] TS EN 933-9, "Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 9: İnce Tanelerin Tayini – Metilen Mavisi Deneyi", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2001.

[5] TS EN 933-8, "Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 8: İnce Tanelerin Tayini – Kum Eşdeğeri Deneyi", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2001.

[6] TS EN 1097-6, "Agregaların Mekanik Ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler – Bölüm 6: Tane Yoğunluğu Ve Su Emme Oranı Tayini", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002.

[7] TS EN 1097-3, "Agregaların Mekanik Ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler-Bölüm 3: Gevşek Yığın Yoğunluğunun ve Boşluk Hacminin Tayini", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1999.

[8] ASTM C 1260, "Standard Method for Potential Alkali-silica Reactivity of Aggregates (Mortar Bar Method)". Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.02, Concrete and Aggregates. 648-651, 1994.

[9] TS EN 197-1, Çimento- Bölüm 1: Genel Çimentolar-Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002.

[10] TS EN 196-2, Çimento deney metotları-Bölüm 2: Çimentonun kimyasal analizi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002.

[11] TS 802 Beton Karışım Hesapları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1985.

[12] TS EN 12390-3, "Beton-Deney Numunelerinin Basınç Dayanımı Tayini", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2003.

- [13] TS EN 12390-6, "Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 6: Deney Numunelerinin Yarmada Çekme Tayini", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002.
- [14] PrEN 12364, "Testing Concrete-Determination of the Depth of Penetration of Water Under Pressure", 1996.
- [15] Tosun, K., Yazıcı, H., Yiğiter, H. ve Baradan, B., "Uçucu Kül İçeren Çimento Harçlarının Sülfat Dayanıklılığının İncelenmesi", 5. Ulusal Beton Kongresi, 17-26, İstanbul, 2003.
- [16] TS 706 EN 12620, "Beton Agregaları", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2003.
- [17] TS EN 206-1, "Beton - Bölüm 1: Özellikli Performans, İmalat ve Uygunluk", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002.
- [18] Fookes, P.G., "An Introduction to the Influence of Natural Aggregates on the Performance and Durability of Concrete", *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 123, 207-229, 1980.
- [19] Erdoğan T.Y., "Beton", ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayını, Ankara, 2003.
- [20] Neville, A.M., "Properties of Concrete", 4th Adn, Pitman, 844, London, 1995.
- [21] ISSA International Slurry Seal Association, *Test Method for Determination of Methylene Blue Adsorption Value (MBV) of Mineral Aggregate Filler and Fines*, ISSA Bulletin 145, 1989.
- [22] Kandall, P. S., Lynn C. Y., Parker, F., "Tests for Plastic Fines in Aggregates Related to Stripping in Asphalt Paving Mixtures", *National Center of Asphalt Technology Report no 98-3*, Auburn University Alabama, 1998.
- [23] Verhoef, P.N.W., "The Methylene Blue Adsorption Test Applied to Geomaterials", *Memoirs of the Centre of Engineering Geology in the Netherlands, Delft University of Technology*, No.101, GEOMAT.02, 70, 1992.
- [24] Stapel, E.E., and Verhoef, P.N.W., "The Use of the Methylene Blue Adsorption Test in Assessing the Quality of Basaltic Tuff Rock Aggregate", *Engineering Geology*, Vol.26, 233-246, 1989.
- [25] Hasdemir S., "Metilen Mavisi Deney Sonuçlarının Beton Basınç Dayanımlarına Etkisi", *Beton 2004 Kongresi Bildirileri*, 615-622, İstanbul, 2004.
- [26] Eryürlü, D., Işık M., Öztekin E., "Kum Eşdeğerliği Deneyinin Beton Performansı Üzerine Etkisinin İncelenmesi", *Beton 2004 Kongresi Bildirileri*, 604-614, İstanbul, 2004.
- [27] Smith, M. R., Collis, L., "Aggregates: Sand, Gravel and Crushed Rock Aggregates for Construction purposes", *Geological Society, Engineering Geology Special Publication 17*, London, 2001.
- [28] Postacıoğlu, B., "Beton, Bağlayıcı Maddeler, Agregalar", Cilt 2, Teknik Kitaplar Yayınevi, İstanbul, 1987.
- [29] CSA (Canadian Standards Association), "Test method for detection of alkali-silica reactive aggregate by accelerated expansion of mortar bars. A23.2-94. Methods of Test for Concrete", *Canadian Standards Association*, Ontario, Canada. 236-242, 1994.
- [30] Stanton, T.E., Porter, O.J., Medar, L.C., Nicol, A., "California experience with the expansion of concrete through reaction between cement and aggregate". *J. Am. Concrete Inst.* 13, 209-236, 1942.
- [31] Bell, F.G., "Engineering Geology", *Blackwell Science*, Oxford, 359 pp., 1998.
- [32] Gogte, B.S., "An evaluation of some common Indian rocks with special reference to alkali-aggregate reactions", *Eng. Geol.* 7, pp. 135-153, 1973.
- [33] Erdoğan, T.Y., "Sıcak İklim Koşullarının Beton Özellikleri Üzerindeki Etkileri", *Kuzey Kıbrıs 1. Beton Kongresi, Bildiriler Kitabı*, 144 - 158, 1990.

İstanbul Çatalca Bölgesindeki Kuvarsitlerin Alternatif Beton Agregası Olarak Değerlendirilmesi

Evaluation of Quartzites in Çatalca Region As Alternative Concrete Aggregate

Atiye TUĞRUL*, Gülenden KARA, Ömer ÜNDÜL*, Cüneyt ERTUĞRUL ****

*İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Avcılar/İstanbul

** SOYAK Beton San. ve Tic. A.Ş. Mecidiyeköy/İstanbul

tugrul@istanbul.edu.tr, oundul@istanbul.edu.tr; gkara@soyakbeton.com.tr, certugrul@soyakbeton.com.tr

ÖZ: Kaliteli beton ihtiyacının hızla arttığı İstanbul'da farklı kayaç türlerinin alternatif beton agregası olarak kullanılabilirliklerinin araştırılması gerekmektedir. Bu çalışmada, İstanbul'un Çatalca Bölgesinde yüzeyleyen Paleozoyik yaşlı kuvarsitlerin betonda agrega olarak kullanılabilirlikleri araştırılmıştır. Kuvarsitlerin öncelikle petrografik özellikleri incelenmiştir. Daha sonra laboratuvarda üretilen kırmataş örnekleri üzerinde standart agrega deneyleri yapılarak, beton agregası olarak kullanılabilirlikleri ortaya konmuştur. İncelenen kuvarsitlerin beton özelliklerine etkilerinin araştırılması amacıyla, kuvarsitler ile bölgede üretilen kireçtaşları kullanılarak deneme betonları yapılmış ve bunların dayanım özellikleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca, farklı çimentolar ile hızlandırılmış harç çubuğu deneyleri gerçekleştirilmiş ve sonuçları alkali - agrega reaksiyonu yönünden değerlendirilmiştir. Elde edilen tüm veriler değerlendirildiğinde, kuvarsitlerin aşındırma etkisinin diğer kayaç türlerine oranla daha yüksek olmasına karşın, İstanbul'da alternatif beton agregası olarak kullanılabilmesinin uygun olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: İstanbul, agrega, kuvarsit, alkali - agrega reaksiyonu, beton

ABSTRACT: Due to increasing demand for good quality concrete requirement in İstanbul, different rock types should be investigated as alternative aggregate in concrete. In this study, Palaeozoic quartzite that cropped out in Çatalca Region in İstanbul was investigated for using as concrete aggregate. Firstly, petrographical characteristics of the quartzites were studied. The laboratory crushed samples were then tested, to determine usability of the aggregates in concrete by using standard aggregate test. To find the effects of the quartzites on concrete properties, testing concretes were produced by using quartzites and limestones that quarried in the same region and their strength and durability characteristics were correlated. In addition, accelerated mortar bar test that carried out with different cements, were used to evaluate the potential alkali reactivity of the quartzites. According to evaluation of results obtained; although abrasiveness of the quartzites is very high, they can be used as alternative concrete aggregate in İstanbul.

Key words: İstanbul, aggregate, quartzite, alkali-aggregate reaction, concrete

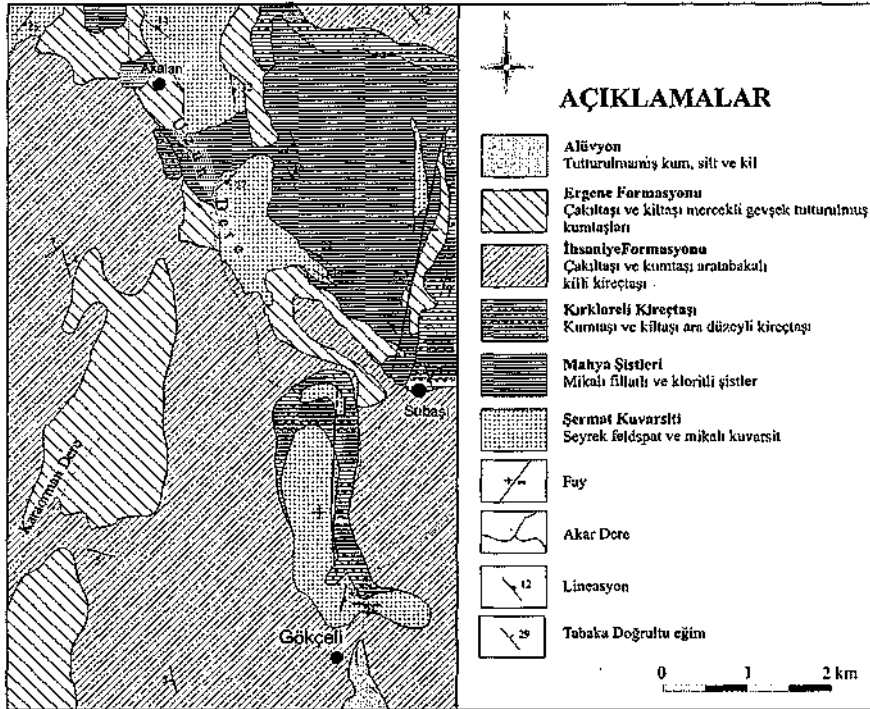
Araziden alınan blok örnekleri, laboratuvarda çeneli kırıcı ile kırmataş boyutuna getirilmiştir. Örnekler üzerinde petrografik ve kimyasal analizlerin yapılmasının ardından, standart agrega deneyleri yapılmıştır. Daha sonra kuvarsit agregaları kullanılarak deneme betonları yapılmış ve bu betonların özellikleri araştırılmıştır. Araştırmada ayrıca, bölgede üretilen ve yaygınca kullanılan kireçtaşlarından da aynı karışım oranları ile deneme betonları yapılmış ve her iki betonun dayanımı karşılaştırılmıştır.

İçermektedir. Çalışma alanındaki birimler, yaşlıdan gence doğru kısaca özetlenmiştir.

İnceleme alanında en yaşlı birimi; Permo-Triyas yaşlı Şermat Kuvarsiti oluşturur (Şekil 2).

Bu birim; beyaz, açık gri renkli, ayrışma yüzeyi sarı ve gri renkli, çok az mika ve feldspatlı, orta-kalın tabakalı, kataklastik kesimlerde kolayca ufalanabilen kuvarsitlerden oluşur.

Yer yer belirgin yapraklanma gösterir. Bu birim üzerine, dereceli geçişle genelde fillatların ve killi şistlerin egemen olduğu Mahya Şistleri gelmektedir [10].



Şekil 2. İnceleme Alanının Jeoloji Haritası

2. JEOLJİ

İnceleme alanının da içinde bulunduğu Trakya Havzası birçok araştırmacı tarafından incelenmiş ve haritalanmıştır [10].

İnceleme alanında yüzeylenen kayalar, Istranca Masifi olarak da bilinen metamorfik kayalar topluluğunun üst kesimlerinin bir kısmını ve onları örten Tersiyer birimlerini

Gri, mavimsi gri, siyahımsı gri, yapraklanma yüzeyi beyaz mikali fillatlar ile sarımsı gri, yeşilimsi gri renkli klorit şistler ve yer yer siyahımsı gri, gri bazen de pembe beyaz renkli kalkıştlerden oluşmaktadır. Metamorfik kayalar transgresif olarak Tersiyer çökelleriyle örtülmüştür. Bu çökellerden Orta-Üst Eosen yaşlı Kırklareli kireçtaşı inceleme alanında yüzeylenmektedir. Bu birim; beyaz, grimsi beyaz, sarımsı beyaz renkli, bol fosilli, orta kalın

katmanlı, kumtaşı ve kiltası ara düzeyli resifal kireçtaşlarından oluşur.

Kırklareli kireçtaşı üzerine yanal ve düşey geçişle Üst Eosen-Alt Oligosen yaşlı İhsaniye Formasyonu gelir. Bu birim kil, karbonat çimentolu kumtaşı- çakıltası ara tabakalı, yer yer tuf seviyeli kirli beyaz, açık gri-sarımsı gri, beyaz renkli killi kireçtaşı-marn-kumlu kireçtaşından oluşur. Bu birimlerin üzerine diskordan olarak Orta-Üst Miyosen yaşlı Ergene Formasyonu gelmektedir [11,10]. Bu formasyon; beyaz, sarımsı beyaz renkli, çapraz tabakalı, kiltası ve çakıltası mercekli gevşek tutturulmuş kumtaşları ile temsil edilmektedir. Çalışma alanında vadi tabanı ve ağzlarında gelişmiş alüvyonlar, tutturulmamış kum, silt ve kilden oluşur.

Bu araştırmada incelenen kuvarsitler, Şermat Kuvarsitlerine aittir. Bu kayalar inceleme alanında; Gökçeli kuzeyi, Çatalkaya tepe yamaçları ve zirvesinde, Taşlı Tepe ve yamaçlarında, ayrıca Subaşı-Akalan arasındaki bölgede Uzun Derenin doğusu boyunca ve Akalan doğusunda yüzeylenmektedir.

Örneklerin büyük çoğunluğunda az oranda yüzeysel ayrışma gözlenmiştir. Ayrışma nedeniyle çatlak yüzeyleri demir oksitle sıvanmıştır. Bölgedeki tektonizmanın etkisiyle kuvarsitlerin yer yer kıvrımlı ve yoğun kırıklı olması ayrışma etkilerini artırmaktadır (Şekil 3).

3. KUVARİTLERİN PETROGRAFİK ÖZELLİKLERİ

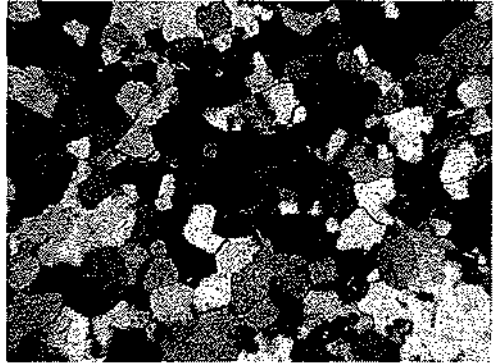
Çalışma alanındaki kuvarsitler; esas olarak kuvars içeren ve çoğunlukla kuvars kumtaşlarının metamorfizması ile oluşan metamorfik bir kayadır. İncelenen alandan alınan iki farklı kuvarsit örneğinden (KV1 ve KV2) hazırlanan ince kesitler üzerinde yapılan petrografik araştırmalar sonucunda, kuvarsitlerin; bileşim, doku, kristal boyutları, ikincil mineral ile opak mineral içerikleri belirlenmiştir.

Petrografik incelemelere göre; kuvarsit örnekleri % 90'dan fazla kuvars içermektedir (Şekil 4). Diğer mineraller ise mika ve opak minerallerdir. Kuvarslar metamorfik kökenli olup, dalgalı sönme göstermektedirler. Taneler renksiz ve öz şekilsiz mineraller halinde, genellikle yuvarlağımsı ve eş boyutludur.

Metamorfik doku belirgindir (Mozaik veya girift dokulu). Metamorfizma deformasyon tarafından eşlik edildiğinden, bireysel kuvars taneleri yer yer belli bir yönde sıralanmıştır.



Şekil 3. Kuvarsitlerde Görülen Kıvrım ve Çatlaklar



Şekil 4. Kuvarsitleri Oluşturan Kuvars Tanelerine Ait İnce Kesit Fotoğrafı. (Çift Nikol, Büyütme 25X)

Taze ve az ayrışmış örneklerin petrografik özellikleri birbirine çok yakındır. Ayrışmış örneklerin kahverengimsi olmaları kuvarsitlerin, kuvars dışında içerdiği diğer minerallerinin ayrışmasından ve çatlak-mikroçatlak yüzeylerinin demir oksitle sıvanmasından kaynaklanmaktadır.

4. KUARSİTLERİN KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

İnceleme alanından alınan iki farklı kuvarsit örneği üzerinde [12]' e göre yapılan kimyasal analizler ile kuvarsitlerin kimyasal bileşimleri belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 1'de sunulmuştur. Bu çizelgede görüldüğü gibi kuvarsitler %95'in üzerinde SiO_2 içermektedir. Ayrıca, KV1 örneğindeki Fe_2O_3 ve kızdırma kaybı yüzdesinin KV2 örneğine oranla fazla oluşu KV1 örneğinin yüzeye yakın, az ayrılmış kesimden alınmasından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 1. Kuvarsitlerin Kimyasal Bileşimi

Kimyasal Bileşim	KV1	KV2
SiO_2 (%)	96,82	95,96
Al_2O_3 (%)	0,26	0,66
Fe_2O_3 (%)	0,96	0,48
CaO (%)	0,27	0,58
MgO (%)	0,53	1,26
SO_3 (%)	0,1	0,07
Na_2O (%)	0,03	0,02
K_2O (%)	0,15	0,13
$\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ (%)	2,5	1,25
Klorür (Cl^-) (%)	0,0064	0,0050
Kızdırma Kaybı (%)	0,74	0,17
Toplam (%)	99,87	99,30

5. KUARSİT AGREGALARINA AİT ÖZELLİKLER

Kuvarsitlerin agrega olarak kullanılabilirliğini araştırmak amacıyla, laboratuvarda çeneli kırıcı ile kıymataş haline getirilen örnekler üzerinde standart agrega deneyleri yapılmıştır. Bu deneyler ile; kuvarsit agregalarına ait, dane boyu dağılımları, özgül ağırlık (doğru-yüzey kuru esasta), su emme, metilen mavisi değeri, yassılık ve şekil indeksi, Los Angeles aşınma yüzdesi belirlenmiştir. Deneyler TS EN Standartlarında belirtilen esaslara uygun olarak yapılmıştır.

Kuvarsitlerden elde edilen kıymataş ve kırma kumların tane büyüklüğü dağılımı [13]'e göre yapılmış olup, sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir. Bu çizelgede görüldüğü gibi, kuvarsitlerin beklenenden daha ince bir granülometriye sahip olmaları, sert, gevrek ve dolayısıyla kırılma olmaları nedeniyledir. Çok

az orandaki ince madde ise çatlak yüzeylerine sıvanmış ayrışma ürünlerinden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 2. Kuvarsit Agregaları Üzerinde Yapılan Agrega Deney Sonuçları

	Kırma Kum	Kıymataş I No	Kıymataş II No
Tane boyu dağılımı (Elek Aralığı)	% Geçen		
31,5 mm			100
22,4 mm		100	100
16 mm		100	52
11,2 mm		99	3
8 mm	100	64	0
5,6 mm	100	6	
4 mm	89	3	
2 mm	50		
1mm	28		
0,5 mm	17		
0,25mm	11		
0,125 mm	1		
Tane yoğunluğu (DYK) (gr/cm^3)	2,66	2,65	2,65
Su emme (%)	0,33	0,11	0,06
Metilen Mavisi Değeri	0,25		
Yassılık İndeksi (%)		30	
Şekil İndeksi (%)		1,65	
Los Angeles Aşınma Yüzdesi (%)		13,5	
Kırılabilirlik (%)		32	
Dinamik parçalanma (%)		21,4	
Aşındırabilirlik (gr/l)		1880	

Doygun ve yüzeyi kurutulmuş esasta tane yoğunluğu ile su emme değerleri, [14]'e göre belirlenmiştir. Sonuçlar Çizelge 2'de sunulmuştur. Tane yoğunluğu değerlerine göre; kuvarsit agregaları normal ağırlıklı agrega grubunda yer almaktadır. Ayrıca, [15]'e göre ince agregaların su emmesinin % 3'ten az olması istenir. Kuvarsit agregalarına ait su emme değerleri, bu değerin çok altındadır.

Kuvarsit agregalarına ait yassılık indeksi [16], ve şekil indeksi ise [17] standartlarda belirtilen esaslara uygun olarak belirlenmiştir. Sonuçlar Çizelge 2'de sunulmuştur. Kuvarsit agregalarında yassı tanelerin bulunuşu,

kuvarsitlerin gevrek ve kırılgan olmalarının yanı sıra, içerdikleri süreksizliklerden kaynaklanmaktadır.

Kuvarsit agregalarının mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla, [18] standardında belirtilen esaslara uygun olarak Los Angeles aşınma deneyi yapılmıştır. Deneyde 500 çevrim uygulanmıştır. [19]' e göre 500 devir sonundaki Los Angeles aşınma değeri %30'un altında olan agregalar betonda kullanılabilir. Çizelge 2'de verilen ortalama değere göre kuvarsit agregaları betonda kullanım yönünden uygundur.

Kuvarsit agregaları üzerinde [20]' ye göre yapılan metilen mavisi deney sonuçları Çizelge 2' de sunulmuştur. Bu çizelgede görüldüğü gibi kuvarsit agregalarının metilen mavisi absorpsiyonları beklenildiği gibi düşük çıkmıştır. Elde edilen az orandaki absorpsiyon değeri yine az orandaki ayrışma ürünlerinden kaynaklanmaktadır.

Ayrıca, gerek agrega üretimi açısından, gerekse de sert olmaları nedeniyle uygulamada kullanılan ekipmanlarda oluşturabileceği muhtemel problemler açısından, incelenen kuvarsitlere ait kırılabilirlik, dinamik parçalanma yüzdesi ve aşındırabilirlik Metso Minerals tarafından belirlenmiştir. Elde edilen veriler Çizelge 2'de sunulmuştur. Yine aynı kuruluş tarafından yapılan değerlendirmeye göre kuvarsitler diğer kayalara oranla orta derecede kırılabilir ve orta derecede parçalanabilir özellikte olup, çok aşındırıcı kayaç grubunda yer almaktadır.

Kuvarsit agregalarında alkali-silis reaksiyonuna yol açabilen minerallerin varlığı ve oranları; ince kesitler üzerinde, [21] tarafından önerilen yöntemle uygun olarak belirlenmiştir. Yapılan incelemelerde; kuvarsitlerde alkali silis reaksiyonuna neden olabilecek kuvars polimorflarına rastlanılmamıştır. Ancak, basınç etkisinde kalmış, çatlaklı kuvarslar ile metamorfizma geçirmiş kuvarslarda reaksiyon gelişebileceği literatürde belirtildiğinden [8, 3, 9] kuvarsit agregaları üzerinde hızlandırılmış harç çubuğu deneyleri yapılmıştır.

Kuvarsit agregalarını alkali-silis reaksiyonu yönünden değerlendirmek amacıyla, [22] ve [23]'e göre hızlandırılmış harç çubuğu deney metodu kullanılmıştır. Deneyler az

ayrışmış ve ayrışmamış kuvarsitler ile, iki farklı çimento kullanılarak hazırlanan dört grup harç çubuğu üzerinde yapılmıştır. Deneyler ile, kuvarsit agregalarının çimento hamuruyla oluşturabileceği reaksiyon sonucu, genişlemesine bağlı olarak boy uzamaları belirlenmiştir. Deneylerde kullanılan iki farklı çimentonun (CEM I 42.5 R) özellikleri [24, 12]'ye göre belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 3' de sunulmuştur.

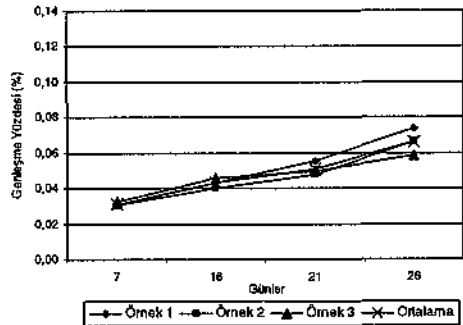
Çizelge 3. Hızlandırılmış Harç Çubuğu Deneylerinde Kullanılan Çimentoların Özellikleri

Özellikler	Ç1	Ç2	CEM I 42.5 R Alt limit	CEM I 42.5 R Üst limit
Kimyasal Öz.				
Çözünmeyen kal. (%)	0,36	0,28		≤ 5,0
SiO ₂ (%)	20,28	20,15		
Al ₂ O ₃ (%)	4,96	5,41		
Fe ₂ O ₃ (%)	2,82	3,32		
CaO (%)	64,48	64,27		
MgO (%)	1,64	0,90		
Na ₂ O (%)	0,21	0,31		
K ₂ O (%)	0,64	0,95		
SO ₃ (%)	2,92	3,06		≤ 4,0
Kız. kaybı (%)	2,27	1,56		≤ 5,0
Cl (%)	0,02	0,04		≤ 0,10
Serbest CaO (%)	0,55	1,69		
C3A (%)	8,38	8,72		
2C3A+C4AF (%)	25,33	27,54		
Fiziksel Öz.				
Özgül Ağırlık	3,15	3,18		
Özgül yüzey (cm ² /gr)	3180	3650		
Su/çimento oranı (%)	26,5	26,2		
Priz Başlangıcı (dak.)	175	149	≥ 60	
Priz Sonu (dak.)	210	202		
Hacim Gen. (mm)	1	1		≤ 10
Basınç Dayanımı				
2 Günlük (MPa)	29,8	26,6	≥ 20,0	
7 Günlük (MPa)	44,8	39,2		
28 Günlük (MPa)	58,4	51,7	≥ 42,5	≤ 62,5

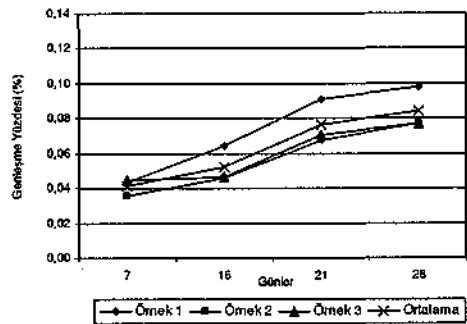
Deneyler üç numune üzerinde tekrarlanmış olup, elde edilen genleşme oranları; 7, 16, 21 ve 28 günlük dönemler halinde Çizelge 4 ve Şekil 5'te sunulmuştur. Çizelge 4'te görüldüğü gibi, 7 günlük ölçümler sonucunda, ortalama en yüksek genleşmenin KV2Ç2 kodlu harç çubuklarında, ortalama en düşük genleşmenin ise KV1Ç1 kodlu harç çubuklarında olduğu belirlenmiştir. 16, 21 ve 28 günlük genleşme oranları için ortalama en yüksek ve en düşük değerler genellikle aynı örnek ve çimentolarla elde edilmiştir.

Çizelge 4. Alkali Silis Reaksiyonlarına Göre Boyca Genleşme Yüzdeleri

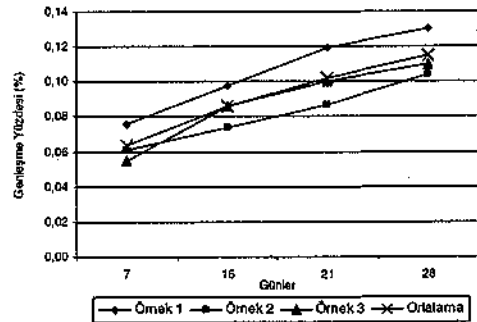
Genleşme (%)	KV1Ç1	KV1Ç2	KV2Ç1	KV2Ç2
7 Günlük				
Min.	0,013	0,030	0,043	0,054
Maks.	0,035	0,033	0,045	0,076
Ort.	0,026	0,031	0,041	0,064
16 Günlük				
Min.	0,031	0,040	0,047	0,074
Maks.	0,051	0,046	0,064	0,098
Ort.	0,041	0,043	0,052	0,086
21 Günlük				
Min.	0,041	0,048	0,067	0,087
Maks.	0,067	0,055	0,091	0,119
Ort.	0,053	0,051	0,076	0,102
28 Günlük				
Min.	0,054	0,059	0,077	0,104
Maks.	0,073	0,074	0,098	0,130
Ort.	0,063	0,066	0,084	0,115



(b)

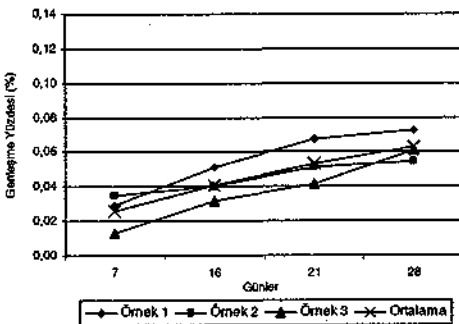


(c)



(d)

Şekil 5. 7, 16, 21 ve 28 Günlük Genleşme Yüzdelерinin Değişimi a) KV1Ç1 b) KV1Ç2 c) KV2Ç1 d) KV2Ç2



(a)

6. KUARSİT AGREGALARI İLE ÜRETİLEN DENEME BETONLARI VE ÖZELLİKLERİ

6.1. Kullanılan Malzemelerin Özellikleri

Kuvarsitlerden elde edilen agregaların beton özelliklerine etkilerini araştırmak amacıyla, laboratuvarında kuvarsitler ile bölgede üretilen kireçtaşları kullanılarak 2 seri deneme betonu üretilmiştir. Üretilen betonlar üzerinde gerçekleştirilen deneyler [25] standardına uygun şekilde yapılmıştır. Üretilen taze betonlara ait kıvam ve yoğunluk, sertleşmiş betona ait beton basınç ve yarmada çekme dayanımı belirlenmiştir.

Üretilen deneme betonlarında CEM I 42.5 R tipi çimento kullanılmıştır. Bu çimentonun kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 3'de sunulmuştur (Ç2 kodlu çimento). Bu çizelgede görüldüğü gibi; kullanılan çimentonun özellikleri [24]'de verilen kriterlere uygundur.

Deneme betonlarında kullanılan kuvarsit agregalarının özellikleri Çizelge 2'de görülmektedir. Karşılaştırma yapabilmek amacıyla üretilen referans örneklerinde kullanılan kireçtaşı agregalarına ait özellikler Çizelge 5'de verilmiştir.

Üretilen betonlarda rafine linyosülfonat ve modifiye polimer karışımı esaslı akışkanlaştırıcı katkı kullanılmıştır.

6.2. Beton Üretimi

Beton bileşim hesapları mutlak hacim yöntemine göre yapılmıştır [26]. Çimento dozajı 300 kg/m³ alınmıştır. Karışımların granülometreleri; [27]'de belirtilen B₃₂ referans eğrisi üzerinde ve pompa betonu üretiminde önerilen aralıkta olacak şekilde, % 24 kırma kum, % 20 doğal kum, % 28 kırmataş II ve % 28 kırmataş I olarak belirlenmiştir (Çizelge 6). Bu karışımlara ait granülometri eğrileri A₃₂, C₃₂, B₃₂ referans eğrileri ile birlikte Şekil 6'da sunulmuştur. Bütün karışımlarda; çimento dozajının % 0,8'i kadar orta akışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılmıştır (Çizelge 6). Şekil 6'da görüldüğü gibi; üretilen tüm betonlar uygun sınırlar içinde kalmıştır.

Çizelge 5. Referans Olarak Hazırlanan Deneme Betonlarında Kullanılan Kireçtaşı Agregalarının Özellikleri

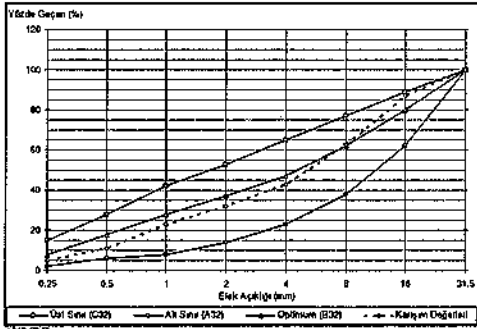
	Doğal Kum	Kırma Kum	Kırmataş I No (Kçt)	Kırmataş II No (Kçt)
Elek Aralığı	% Geçen			
31,5 mm				
22,4 mm				99
16 mm				51
11,2 mm			95	13
8 mm			47	6
4 mm	99	95	6	
2 mm	95	66	1	
1mm	82	39		
0,5 mm	32	26		
0,25mm	9	11		
0,125 mm	3	8		
Tane yoğunluğu (DYK) (gr/cm ³)		2,58	2,59	2,59
Su emme (%)		2,35	1,61	1,32
Metilen Mavisi Değeri	1,41	1,75		
Kum Eşdeğeri (%)	95,8	54		

Taze beton kıvamının (veya işlenebilirliğinin) ölçülebilmesi için [28]'de önerilen çökme yöntemi kullanılmıştır. İşlenebilirlik özelliğinin sertleşmiş betonun dayanım ve dayanıklılığına önemli derecede etki etmesi nedeniyle, üretilen tüm betonları en iyi şekilde karşılaştırmak için çökme değeri sabit tutulmuştur. Karışımların hepsinde çökme değerinin 140-145 mm olması sağlanmıştır. Üretilen betonların yoğunlukları ise [29]'a göre belirlenmiştir (Çizelge 6).

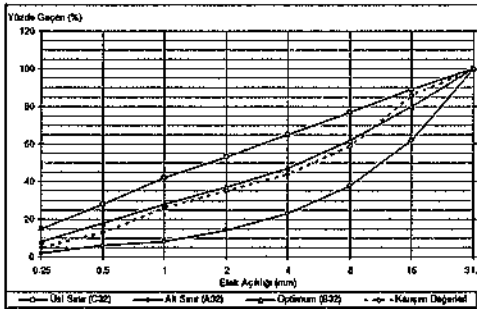
Çizelge 6'da özellikleri verilen betonlarla 150 mm x 150 mm x 150 mm boyutunda küp numuneler üretilmiştir. Numuneler, üretimden 24 saat sonra kalıplarından çıkarılarak 20±2 °C'de kirece doygun su ile dolu kür havuzunda bekletilmiştir.

Çizelge 6. Beton Bileşimleri ve Taze Beton Özellikleri (KU: Kuvarsit, KI: Kireçtaşı)

Beton Kodu	KU300	KI300
Çimento (kg/m^3)	300	300
Su (kg/m^3)	179	196
Kırmataş II (kg/m^3)	529	501
Kırmataş I (kg/m^3)	529	501
Kırma kum (kg/m^3)	452	427
Doğal kum (kg/m^3)	358	351
Akışkanlaştırıcı katkı maddesi (kg/m^3)	2,12	2,12
Su / Çimento	0,61	0,67
Çökme (mm)	140	145
Taze beton yoğunluğu (kg/m^3)	2365	2268



(a)



(b)

Şekil 6. (a) Kuvarsit (b) Kireçtaşı Agregaları ile Üretilen Betonlara Ait Granülometri Eğrilerinin Referans Eğrileri ile Karşılaştırılması

Sertleşmiş betonların dayanım özelliklerini belirlemek amacıyla, basınç ve yarmada çekme deneyleri yapılmıştır. [30]'a göre 7. ve 28. günde yapılan basınç deneylerinden elde edilen sonuçlar Çizelge 7'de sunulmuştur. Numune yaşı 28. gününde [31]'e göre yapılan yarmada çekme deneyi sonuçları ise Çizelge 8'de verilmiştir.

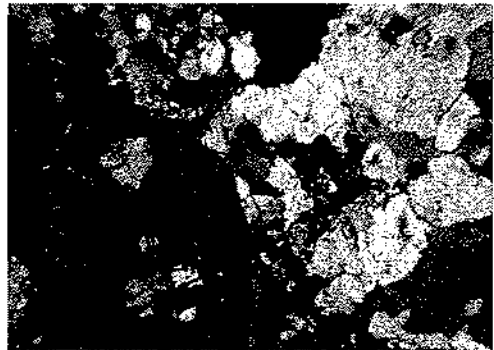
Çizelge 7. Üretilen Küp Şeklindeki Beton Örneklerinin 7 ve 28 Günlük Basınç Dayanımları

Numune Kodu	Basınç Dayanımı (MPa)	
	7. gün	28. gün
KU300	33,4	40,8
KI300	30,0	36,6

Çizelge 8. Üretilen Küp Şeklindeki Beton Örneklerinin 28 Günlük Yarmada Çekme Dayanımları

Numune Kodu	Yarmada Çekme Day. (MPa)
	28. gün
KU300	3,40
KI300	3,43

Kuvarsit agregaları ile üretilen deneme betonlarından ayrıca ince kesitler hazırlanarak, polarizan mikroskopunda incelenmiştir. Şekil 7'de çimento-agrega sınırı görülmektedir.



Şekil 7. Kuvarsit Agregalarıyla Üretilen Deneme Betonunun İnce Kesit Fotoğrafı (Çift Nikol, Büyütme: 25X)

7. DENEYSEL VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Klorürler, miktarları büyük oranda agrega kaynağına bağlı olarak, agregalarda sodyum ve potasyum tuzları halinde bulunabilir. Bu tür tuzlar, betonun toplam klorür muhtevasını arttırarak betonda kullanılan donatının korozyonuna neden olabilir [15]. [25]' te beton klorür içeriğinin belirlenmesinde agregadan gelen klorür miktarı da dikkate alınmaktadır. Çizelge 1'e göre, [25]' te belirtilen çimento kütlelerine göre en fazla klorür içeriği bakımından, üretilen deneme betonları Cl' 0.10 sınıfından daha düşük klorür içeriğine sahiptir.

Bu sonuçlara göre, klorür içeriği bakımından her türlü kullanım amaçlı betonlarda incelenen kuvarsit agregaları kullanılabilir.

Kuvarsitlerin %95'inden fazlasını oluşturan silis, kayacın mukavemetini arttırmış ve kırıldığında daha iri tane boyu dağılımı göstermesine neden olmuştur. [15]' de agrega granülometrisine bir sınırlama getirilmemiştir.

Kuvarsit agregalarının suya doymuş kuru yüzeyli tane yoğunlukları 2,65-2,66 gr/cm³ arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre kuvarsit agregaları normal yoğunluklu agregalar grubunda yer almaktadır. [32]'e göre su emme, kayanın fiziksel ve mekanik özelliklerden başlıca dayanım, büzülme, donma ve dolayısıyla durabilirliği etkilemektedir. Genelde düşük su emme oranına sahip agregalar, mekanik etkilere ve ayrışmaya karşı daha dayanımlıdır. [33]'e göre su emme değerinin değişken olmaması büyük mukavemet değişimlerini önlemek açısından karışım tasarımı ekonomisi için istenen bir özelliktir. Su emme değeri yüksek agregalar beton karışım suyu miktarını arttıracğından mukavemet düşüklüğüne sebep olur. Farklı boyuttaki kuvarsit agregalarına ait ortalama su emme değeri %0,3 ün altındadır. Bu değerlere göre; kuvarsitlerin su emme değeri [15]'de önerilen üst sınır olan % 3'ten çok küçüktür. Metilen mavisi deney verileri de bu sonucu doğrulamaktadır. Düşük absorpsiyon değeri yine az orandaki ayrışma ürünlerinden kaynaklanmaktadır. [34] tarafından metilen mavisi değerinin 1g/kg'ın altında olmasının, beton dayanımına olumsuz bir etkisinin olmadığı saptanmıştır.

Agrega tanelerinin şekli, beton üretiminde iri agregalar için söz konusu olup, daha çok betonun mukavemeti üzerinde etkisi vardır. Beton içerisinde, iri agregalar arasında önemli oranda boşluklar oluşabilmektedir. Küresel agregalardan oluşan betonda, boşluklar daha azdır. Ayrıca, betonun dayanımının yüksek olmasında, agrega tanelerinin yığın içerisindeki yerleşimi de etkin rol oynamaktadır [35]. Yassılık ve şekil indeksi deneylerinden elde edilen verilere göre; kuvarsitlerin yüksek dayanımlı kayaç gurubunda olmalarına karşın, bu kayaçlardan üretilen agregaların yassı, küresel olmayan taneler içermeleri, kuvarsitlerin gevrek ve kırılğan olmalarının yanı sıra, içerdikleri süreksizliklerden kaynaklanmaktadır. Ayrıca kırıcı türünün etkisi de önemlidir [36, 37]. Kusurlu taneleri yüksek devirli, vurma ile işlem gören kırıcılar üretmektedir [38]. Deneylerde kullanılan kırmataşlar laboratuvar tipi çeneli kırıcı kullanılarak elde edilmiştir.

Yol ve havaalanlarındaki betonlar çarpma ve aşınma etkileri atındadır. Betonun bu etkilere dayanıklı olabilmesi için, yapımında kullanılan iri agreganın aşınmaya ve çarpmaya karşı yeterli mukavemete sahip olması gerekmektedir. Los Angeles aşınma deneyi, agregaların aşınmaya karşı dayanımlarını belirlemede yaygınca kullanılmaktadır [39, 35]. [40], [19] ve [27] standartlarına göre, incelenen kuvarsitler, aşınmaya karşı oldukça dayanımlı olup, bütün alanlarda kullanılabilecek özelliktedir.

Kuvarsit agregalarına ait, kırılabilirlik, dinamik parçalanma yüzdesi ve aşındırabilirlik, gerek agrega üretimi açısından, gerekse de sert olmaları nedeniyle uygulamada kullanılan ekipmanlarda oluşturabileceği muhtemel problemler açısından önemlidir. Metso Minerals tarafından, incelenen kuvarsitler üzerinde yapılan araştırma verilerine göre; kuvarsitler diğer kayaçlara oranla orta derecede kırılabilir ve orta derecede parçalanabilir özellikte olup, çok aşındırıcı kayaç gurubunda yer almaktadır. Nitekim, kuvarsit agregalarının üretimi sırasında kullanılan malzemelerin aşınmasından dolayı, bunları değiştirmekten kaynaklanan sürelerin uzaması nedeniyle üretim süresi uzadığından, üretim kapasitesinin düştüğü ve bu durumun da kireçtaşı gibi agregalara oranla yaklaşık 1.5 kat

bir maliyet artışı yarattığı uygulamadan bilinmektedir.

Alkali-silis reaksiyonu; agregalarda bulunabilen aktif silisin, çimentoda bulunan Na_2O ve K_2O alkali hidroksitleri ile reaksiyon oluşturmaları ve bunun sonucunda genleşebilen bir jelin meydana gelmesi sonucu oluşur. Oluşan alkali-silika jeli çimento hamurundan su emerek şişer ve mikro çatlaklar oluşur. Artan jel oluşumu çatlakları büyütür, yaygınlaştırır ve betonda hasara yol açarak dayanım kaybı meydana getirir [39]. Genleşmeye neden olan reaksiyonların oluşabilmesi için agregadaki aktif silisten başka, çimentoda yeterli miktarda Na_2O ve K_2O alkali hidroksitleri bulunması ve ortamın nemli olması gerekmektedir. [22], 16 günlük maksimum genleşme oranlarını dikkate almaktadır. Buna göre genleşme oranı %0,1'den düşük ise "zararsız" olarak kabul edilmektedir. Nitekim kuvarsit agregaları ile yapılan harç çubuklarındaki genleşme oranları 16 gün sonunda %0,1'in altında kalmıştır. Alkali-silis reaksiyonunu etkilerini belirlemede kullanılan ve benzer deney yöntemlerinden birisi olan [23]'de ise 21 günlük genleşme oranları dikkate alınmaktadır. Bu standartta yer alan 21 günlük genleşmelerin %0,1'den fazla olması durumunda agregalar reaksiyon açısından sakıncalı olarak değerlendirilmektedir. Genel değerlendirmede, ayrılmamış kuvarsit agregaları ile Ç2 kodlu çimento kullanılarak hazırlanan harç çubuklarındaki 21 günlük genleşme yüzdesi [23]'e göre standart limitin üzerindedir. Kuvarsit üzerinde yapılan petrografik incelemelerde her ne kadar alkali silis reaksiyonuna neden olabilecek kuvars polimorfalarına rastlanılmasa da, [8], [3] ve [9] tarafından belirtildiği gibi metamorfizma etkisiyle kuvarsların basınç altında kalmaları, çatlaklı olmaları alkali-silis reaksiyonuna neden olabilmektedir.

Kuvarsitlerin beton agregası olarak kullanılması durumunda; her ne kadar büyük çoğunluğu standartlarda verilen limit değerlerin altında kalsa da, mümkün olduğunca düşük alkaliniteye sahip çimentoların ($\text{Na}_2\text{O} + 0.658 \text{K}_2\text{O}$ değeri % 0.60'dan düşük) kullanılması uygun olacaktır. Ayrıca, bu etkilerden kurtulabilmek için, beton içerisinde puzolanik maddelerin kullanımı alkali-silis reaksiyonunu

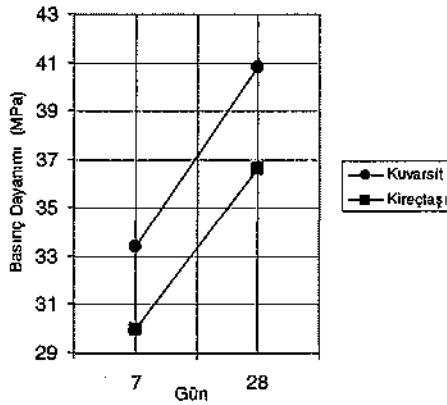
azaltabilmekte veya önleyebilmektedir [41, 32, 39].

Taze betonun yoğunluğu, betonu oluşturan malzemelerin özelliklerine ve beton içerisinde bulunan boşluk miktarına bağlıdır. Betonu oluşturan malzemelerin özgül ağırlığının yüksek olması betonun yoğunluğunun yüksek olmasına sebep olmaktadır. Nitekim, kuvarsit ve kireçtaşı agregaları ile üretilen taze beton yoğunlukları karşılaştırıldığında bu durum açıkça görülmektedir.

Kuvarsit agregaları ile üretilen beton kireçtaşı agregası ile üretilen referans betonuna göre daha yüksek dayanım göstermiştir (Şekil 8). Çizelge 6'da görüldüğü gibi, kuvarsit agregaları ile üretilen beton için aynı çimento dozajında daha az su kullanılmıştır. Öte yandan, [42]'ün belirttiği gibi; agrega-çimento hamurunun elastisite modüllerinin birbirlerine yakın olmasıyla ara yüzde gerilme yığılmaları azalmakta, bileşenler arasındaki elastik uyum sonucu, oluşan çatlak agrega içinden geçmekte ve beton basınç dayanımı yükselmektedir. Aynı durum kuvarsitler için söz konusu değildir. Gevrek bir malzeme olan kuvarsit ile üretilmiş betonun kırık yüzeyi incelendiğinde, kırığın genellikle agrega ile çimento arasında geliştiği gözlenmiştir.

Betonun çekme dayanımı, betonda çekme etkisi yaratacak kuvvetlerin neden olacağı şekil değiştirmelere ve kırılmalara karşı betonun gösterebileceği direnme kabiliyetidir [43]. Betonun üzerine gelen basınç veya eğilme kuvvetleri beton içerisinde dolaylı olarak çekme kuvvetlerinin oluşmasına neden olmaktadır. Kireçtaşı agregaları ile üretilen referans betonun yarmada çekme dayanımı 3,43 MPa, kuvarsit agregaları ile üretilen betonun yarmada çekme dayanımı ise 3,40 MPa'dır.

Beton üretiminde kullanılan agrega ile çimento arasında kuvvetli bir aderansın olması istenmektedir. Agregası ve çimento arasındaki bağ üç farklı mekanizmaya bağlıdır. Bunlar; pürüzlü agrega yüzeyi (ince çatlaklar içeren) ile çimentonun hidratasyon ürünleri arasındaki mekanik bağ, bazı agrega hidratasyon [35]'e göre; çimento ile agreganın kuvvetli bir aderans mukavemetinin bulunması, betonun mekanik mukavemetinin yüksek değerler almasına etki etmektedir.

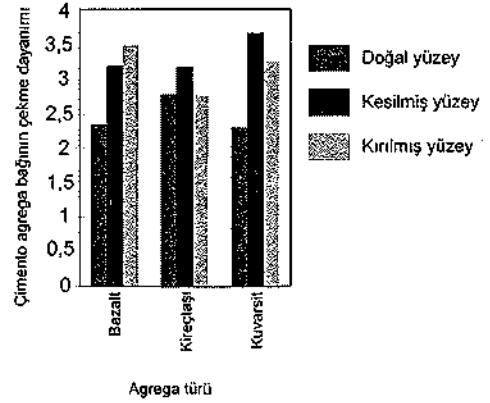


Şekil 8. Kuvarsit ve Kireçtaşı Agregalı Betonların Dayanım Değerlerinin Karşılaştırılması

Bu da agreganın türüne, tane şekline ve tanenin yüzey pürüzlülüğüne bağlıdır. Agregada bulunan girinti ve çıkıntılara çimento hamurunun girmesi, agregaya ile çimentonun birbirinden ayrılmasını güçleştirerek bir bağ oluşmaktadır. Böylece çimento, agregada üzerinde daha geniş bir temas yüzeyine sahip olmaktadır. [46] ise, agregaya ile çimento aderans düzeyinin sadece agregaya yüzey pürüzlülüğüne değil, agregadaki çatlak özellikleri ve yüzey pürüzlülüğünü kontrol eden önemli parametrelerden olan kayacın yapısı ve dayanımına bağlı olduğunu saptamışlardır. Araştırmacılar, uygulamada yaygınca kullanılan bazalt, kireçtaşı ve kuvarsit agregalarının yüzey pürüzlülüklerini yüzey profilometresi ile ölçerek karşılaştırmışlardır. Elde ettikleri verilere göre; bazalt agregaları en pürüzlü yüzeye sahiptir. Farklılıklar, kayacın dokusu, sertliği ve mineraller arası bağ ile ilgilidir. Kuvarsitlerde kırma işlemi sonrası gelişen konkoidal kırıklar yüzey pürüzlülüklerinin diğer sert kayalara oranla düşük çıkmasına neden olmuştur.

Şekil 9, sadece agregaya yüzey karakteristiklerinin agregaya ile çimento arasındaki bağın gücünü belirlemede yeterli olmadığını göstermektedir. Agreganın mekanik dayanımı, içsel yapısı ve çimento ile oluşturduğu kimyasal

reaksiyonlar agregaya-çimento arasındaki aderansı kontrol eden diğer önemli parametrelerdir [46].



Şekil 9. Agregaya Yüzey Pürüzlülüğünün Çimento-Agrega Bağının Çekme Dayanımına Etkisi [46].

Kuvarsit agregaları ile çimento arasındaki bağ, bazalt ve kireçtaşı gibi diğer kayalar türlerinden çok farklıdır. Kuvarsitten su ile ayrılan Si^{4+} ile CH (kalsiyum hidroksit) arasındaki puzolanik reaksiyon çimento ile kuvarsit agregaları arasındaki güçlü aderansa neden olabilmektedir [47]. Puzolanik reaksiyon sonucu gelişen CSH (kalsiyum silikat hidrat) dayanımı nedeniyle bağ kuvvetini artırmaktadır. Ancak, kuvarsit agregaları yüzeyindeki, pürüzsüz yüzeyli konkoidal kırıklar ve diğer kırık yüzeyleri, kısmen gevşemiş kesimler (bu kayalar türünün gevrek kırılması sonucu oluşan), çimento ile bağını zayıflatır. Nitekim yapılan çekme deneyleri sonrası kuvarsitlere ait parçalar çimento hamurunda gözlenmiştir. Tersine, bazalt agregalarında, zayıflık zonu içermeyen daha güçlü kristalin doku nedeniyle daha güçlü bir aderans gelişmektedir [46].

8. SONUÇLAR

Kuvarsit agregaları, gerek beton üretiminde, gerekse yol agregası olarak kullanılan agregaya kaynakları içinde, fiziko-mekanik özellikleri nedeniyle önemli agregaya kaynağıdır. Kuvarsit agregaları ile referans olarak kullanılmak amacıyla bölge

kireçtaşlarından üretilen deneme betonlarının dayanımları karşılaştırıldığında kuvarsitlerin dayanımı daha yüksektir. Kuvarsit agregaları ile çimento arasındaki bağ, bazalt ve kireçtaşı gibi diğer kayaç türlerinden farklıdır. Bu tür agregaların yüzey pürüzlülüğü bazalt türü agregalara oranla azdır. Kuvarsit agregaları ile çimento arasındaki güçlü aderans, yüzey pürüzlülüğünden çok, kuvarsitten su ile ayrılan Si^{4+} ile CH arasındaki puzolanik reaksiyondan kaynaklanmaktadır. Kuvarsitlerin aşınmaya karşı dayanımları da oldukça yüksektir. Bu nedenle bu tür kayaçlar, yol üst yapısında aşınma tabakası için önemli bir malzemedir.

Kuvarsit agregalarının üretimi sırasında kullanılan malzemelerin aşınmasından dolayı, bunları değiştirmekten kaynaklanan sürelerin uzaması nedeniyle üretim süresi uzayacağından, üretim kapasitesi düşecektir. Ayrıca aşınan parçaların daha sık değişmesi de maliyeti artırmaktadır. Bu durum kireçtaşı gibi agregalara oranla yaklaşık 1.5 katlık bir maliyet artışı yaratacaktır. Buna karşın, kireçtaşı agregaları ile yapılan deneme karışımları, kuvarsit agregaları ile yapılan deneme karışımları ile kıyaslandığında; kuvarsit agregalı deneme karışımındaki su/çimento oranında diğerine göre 0,06 oranında azalma görülmüştür. Beton üretiminde, su/çimento oranının 0,06 oranında düşmesi, betonun birim maliyetini düşüreceğinden, agrega üretim maliyetinin yükselmesi, beton üretim maliyetinin düşmesi ile dengelenecektir. Bu 0,06 oranındaki düşme durabilite koşulları açısından bir kazançtır.

Teşekkür

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 517/05052006 sayılı proje ile desteklenmektedir. Yazarlar ayrıca Soyak Beton San. ve Tic. A.Ş.'ye teşekkür ederler.

Kaynaklar

[1] Duman, T.Y., Keçer, M., Ateş, Ş., Emre, Ö., Gedik, İ., Karakaya, F., Durmaz S., Olgun, Ş., Şahin, H. ve Gökmenoğlu, O., "İstanbul Metropolü Batısındaki (Küçükçekmece-Silivri-Çatalca Yöresi) Kentsel

Gelişme Alanlarının Yerbilim Verileri", *Maden Tetkik Arama ve Genel Müdürlüğü*, 2004.

[2] Jackson, M.L., "Glossary of Geology", fourth ed. *American Geological Institute*, Alexandria, Virginia, 1997.

[3] Bell, F.G., "Engineering Geology", 3rd ed. *Blackwell Science*, Oxford, 359 pp., 1998.

[4] Freidin, C., "Behaviour of silica-concrete based on quartz bond in sulphuric acid", *Cement & Concrete Composites*, 21, 317-323, 1999.

[5] Attewell, P.B. and Farmer, I.W., "Principles of Engineering Geology", *Chapman and Hall*, London, 1045 p., 1976.

[6] Arnold, D., "Building in Egypt: Pharaonic stone masonry", *Oxford University Press*, New York, 316 p., 1991.

[7] Plinninger, R., Kasling, H., Thuro, K., Spaun, G., "Testing conditions and geomechanical properties influencing the CERCHAR abrasiveness index (CAI) value", *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, 40, 259-263, 2003.

[8] Stanton, T.E., Porter, O.J., Medar, L.C., Nicol, A., "California experience with the expansion of concrete through reaction between cement and aggregate". *J. Am. Concrete Inst.* 13, 209-236, 1942.

[9] Gogte, B.S., "An evaluation of some common Indian rocks with special reference to alkali-aggregate reactions", *Eng. Geol.* 7, pp. 135-153, 1973.

[10] Yurtsever, A., Çağlayan, A., Arda, A. ve Özcan, I., "Yıldız Dağları (İstranca Dağları)'nın jeolojisi", *Cilt II, Senozoyik çökel kayaları. MTA Rap. No: 9929*, Ankara (yayınlanmamış), 1993.

[11] Saraç, G., "Kuzey Trakya Bölgesinde Edirne-Kırklareli, Saray-Çorlu, Uzunköprü-Dereikebir Yörelerinin Memeli Faunası", *A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, Ankara (Yayınlanmamış) 1987.

[12] TS EN 196-2, Çimento deney metodları-Bölüm 2: Çimentonun kimyasal analizi, TSE, Ankara, 2002.

[13] TS 3530 EN 933-1, Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini - Eleme Metodu, TSE, Ankara, 1999.

[14] TS EN 1097-6, Agregaların Mekanik Ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 6: Tane Yoğunluğu Ve Su Emme Oranı Tayini, TSE, Ankara, 2002.

[15] TS 706 EN 12620, Beton Agregaları, TSE, Ankara, 2003.

[16] TS 9582 EN 933-3, Agregaların geometrik özellikleri için deneyler - Bölüm 3: Tane Şekli Tayini - Yassılık Endeksi, TSE, Ankara, 1999.

[17] TS 3814 EN 933-4, Agregaların geometrik özellikleri için deneyler - Bölüm 1: Tane şeklinin tayini - Şekil indisi, TSE, Ankara, 2001.

[18] TS EN 1097-2, Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler, Bölüm 2: Parçalanma direncinin tayini için metodlar, TSE, Ankara, 2000.

[19] ASTM C 131, "Standard test method for resistance to abrasion of small size coarse aggregate by use of the Los Angeles machine", *Annual Book of ASTM Standards*, 1996.

[20] TS EN 933-9, Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 9: İnce Tanelerin Tayini - Metilen Mavisi Deneyi, TSE, Ankara, 2001.

[21] ASTM C 295, "Petrographic examination of aggregates for concrete", *Annual Book of ASTM Standards*, ASTM Publication, 1994.

[22] ASTM C 1260, "Standard method for potential alkali-silica reactivity of aggregates (mortar bar method)", *ASTM Standards*, Volume 04.02, Concrete and Aggregates. 648-651, 1994.

[23] CSA (Canadian Standards Association), "Test method for detection of alkali-silica reactive aggregate by accelerated expansion of mortar bars. A23.2-94. Methods of Test for Concrete", *Canadian Standards Association*, Ontario, Canada. 236-242, 1994.

[24] TS EN 197-1, Çimento- Bölüm 1: Genel Çimentolar- Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri TSE, Ankara, 2002.

[25] TS EN 206-1, Beton-Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk, TSE, Ankara, 2002.

[26] TS 802, Beton Karışım Hesapları, TSE, Ankara, 1985.

[27] TS 706, Beton agregaları, TSE, Ankara, 1980.

[28] TS EN 12350-2, Beton-Taze beton deneyleri - Bölüm 2: çökme (slump) deneyi, TSE, Ankara, 2002.

[29] TS 12350-6, Beton-Taze beton deneyleri - Bölüm 6: Yoğunluk, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002.

[30] TS EN 12390-3, Beton-Deney numunelerinin basınç dayanımı tayini, TSE, Ankara, 2003.

[31] TS EN 12390-6, Beton - sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 6: Deney numunelerinin yarmada çekme tayini, TSE, Ankara, 2002.

[32] Smith, M.R., Collis, L., "Aggregates: Sand, Gravel and Crushed Rock Aggregates for Construction purposes", *Geological Society, Engineering Geology Special Publication 17*, London, 2001.

[33] Manzak, O., Dondurmacı, A., Köylüoğlu, O.S., Arıoğlu, E., "Quality assurance and evaluation of concrete aggregate in Yapı Merkezi Prefabrication" Inc., *Proceedings of 1. National Symposium on Crushed Rock*, 163-178, 1996.

[34] Hasdemir S., "Metilen mavisi deney sonuçlarının beton basınç dayanımlarına etkisi", *Beton 2004 kongresi bildirileri*, İstanbul s. 615-622, 2004.

[35] Baradan, B., "Yapı Malzemesi II (Bağlayıcı Maddeler, Agregalar, Beton)", *Dokuz Eylül Üniversitesi Müh.-Mim. Fak. Yay.*, No:207, 204, 1991.

[36] Erdoğan, M., "İstanbul ve dolayının yapay agrega potansiyeli", *MJTMK Bülteni*, s. 14, 29-41, 1993.

[37] Erdoğan, M., "Safaaalanı (Tekirdağ) yöresi amfibolitizistinin agrega özellikleri ve kırıcı türünün malzeme geometrisine etkisi", 2. *Ulusal Kırmataş Sempozyumu' 99, Bildiriler kitabı*, 81-87, 1999.

[38] McNally, G.H., "Soil and rock construction materials", *E and FN Spon, Firts published*, p. 403, London and New York, 1998.

[39] Postacioğlu, B., "Beton, Bağlayıcı Maddeler, Agregalar", *Cilt 2, Teknik Kitaplar Yayınevi*, İstanbul, 1987.

[40] ASTM C 33, "Standard specifications for concrete aggregates", *Annual Book of ASTM Standards*, 1986.

[41] Fookes, P.G., "An Introduction to the Influence of Natural Aggregates on the Performance and Durability of Concrete", *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 123, 207-229, 1980.

[42] Şengül, Ö., "Agrega türünün normal ve yüksek dayanımlı betonların mekanik davranışına etkisi", *Hazır Beton*, Sayı. 44, 75-80, 2001.

[43] Erdoğan T.Y., "Beton", *ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayını*, Ankara, 2003.

[44] Hsu, T.T.C. and Slate, "O.F.", *ACI Journal*, 465-485, 1963.

[45] Monteiro, P.J.M. and Mehta, P.K., Interaction Between Carbonate Rock and Cement Paste "*Cement and Concrete Research*", 16, 127-134, 1986.

[46] Tasong, W.A., Lynsdale, C.J. and Cripps, J.C., "Aggregate-cement paste interface II: Influence of aggregate physical properties", *Cement and Concrete Research*, Vol. 28, No. 10, 1453-1465, 1998.

[47] Alexander, M.G., Mindess, S., Diamond, S. and Qu, L., "Material Structure", 28, 479-506, 1995.

Mermer Atıklarının Düşük ve Orta Trafik Hacimli Sıcak Karışım Asfalt Kaplamalarda Kırmataş Olarak Kullanılabilirliği

Use of Marble Waste in Low and Medium Trafficked Asphalt Pavement as Aggregate

Cahit GÜRER, Hüseyin AKBULUT, Ahmet YILDIZ*, Sedat ÇETİN

Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Bölümü, ANS Kampüsü, Afyonkarahisar.
Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Müh.Bİ, ANS Kampüsü, Afyonkarahisar.
cgurer@aku.edu.tr, hakbulut@aku.edu.tr, ayildiz@aku.edu.tr, scetin@aku.edu.tr

ÖZ: Son yıllarda bilim adamlarının üzerinde sıkça durduğu konulardan birisini atıkların geri dönüşümü veya yeniden kullanımı oluşturmaktadır. Özellikle mermer atıkları ülkemiz için önemli bir çevre sorunudur. Mermer atıkları çeşitli şekillerde değerlendirilse de bu artık malzemeler etkili şekilde değerlendirilememektedir. Bu çalışmada Afyonkarahisar Bölgesinden elde edilen ocak atığı mermerlerin, agrega hammaddesi olarak, düşük ve orta trafik hacimli asfalt kaplamalarda kullanılabilirlik olasılıkları araştırılmıştır. İlk önce standart yol üst yapı kırmataşlarına uygulanan deneyler gerçekleştirilmiştir. Daha sonra Marshall Stabilité ve akma deneyleri yapılarak mermer ve kontrol kırmataşlarının optimum bitüm oranları sırası ile % 4,68 ve % 4,30 olarak ekonomiklik sınırları içerisinde olduğu tespit edilmiştir. Dolaylı çekme deneyi sonuçlarına göre mermer kırmataşlardan üretilen asfalt briketler 1176 tekrarda kırılırken, kontrol numunesi briketleri 2112 tekrarda kırılmışlardır. Mermer kırmataşları yol katmanlarının ikinci tabakası olan binder tabakasında kullanılacağından, daha az gerilme alacağı, dolayısı ile trafik hacmi düşük ve orta derecede olan kaplamalarda kırmataş olarak değerlendirilebileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Mermer, Atık, Kırmataş, Sıcak Karışım Asfalt, Marshall

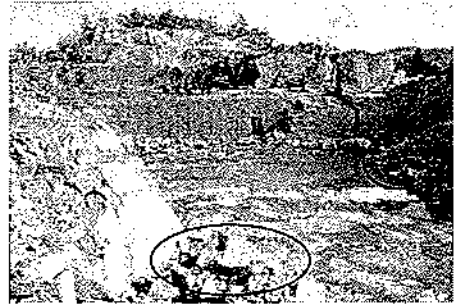
ABSTRACT: One of the important subjects in science that are mostly investigated by scientists is to utilize and reduce the waste. Particularly marble wastes are important environmental problem for our country. Although marble wastes were used different application they haven't been used efficiently. In this study, waste from quarries of Afyonkarahisar region was investigated for the use of raw material instead of aggregate and possible usage of asphalt pavements of light and medium trafficked binder courses. Firstly standard aggregate tests were performed. Afterwards, Marshall stability-flow test were carried out on the hot mix asphalts and optimum asphalt bitumen percents of marble mix (A) and control mix (K) were performed as 4, 68 % and 4, 30 % respectively. According to the indirect tensile tests results while marble asphalt briquettes were broken in 1176 cycle, control asphalt briquettes were failed in 2112 cycle. That are produced from waste of marble and the test results were compared control specimens. Because the marble aggregates were used second road layer, they were exposed the low stress, consequently might be used in low and medium trafficked asphalt pavements.

Key words: Marble, Waste, Aggregate, Marshall Mix Design, Hot Mix Asphalt.

1.GİRİŞ

Pek çok inşaat mühendisliği uygulamasında olduğu gibi asfalt kaplama yapımının da en önemli bileşeni kırmataşlardır. Kırmataş malzemesi herhangi bir asfalt yol üst yapısının ağırlıkça % 88-96'sını hacimce ise % 75'den çoğunu oluşturur (ACMA, 1992). Dolayısı ile yol üst yapı inşaatları kırmataş malzemesinin en çok tüketildiği inşaat mühendisliği uygulamalarından birisidir. 1 km'lik bir otoyolun yapımı için yaklaşık olarak 12500 ton agreganın tüketildiği bilinmektedir (Zoorop ve Suparma 2000). Kırmataşlar yakınlardaki taş ocaklarından veya doğal kaynaklardan elde edilmektedir. Sonuç olarak yeni kırmataş kaynaklarına talep her geçen gün

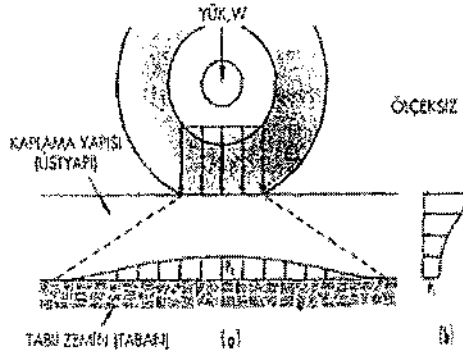
artmakta ve yeni taş ocaklarından dolayı yeryüzünün görünümü giderek bozulmaktadır. Ocaklarda blok çıkarma işlemi sırasında blok üretiminin ortalama % 40 ila % 60'ı mermer atığı olarak atılmaktadır. Literatüre göre Afyon bölgesinde sadece ocaklarda yıllık 86000 m³ parça atık meydana gelmektedir. Afyonkarahisar Belediyesinin yol üst yapı inşaatı tükettiği yıllık kırmataş miktarı yaklaşık 35000 m³'dür. Şehir içi yolların önemli bir bölümü düşük ve orta trafik hacmine sahip olduğundan memerden üretilen kırmataşlar bu bölgenin ihtiyacını rahatlıkla karşılayabilir. Şekil 1'de ocak sahasındaki mermer atıkları görülmektedir.



Şekil 1. Ocak Sahalarındaki Mermer Atıkları

Mermer ocaklarında açığa çıkan parça atıklarının kırmataş olarak yol üst yapılarında değerlendirilmesi artan talebin bir bölümünü karşılayabileceği gibi çevresel bozulmalarında yavaşlamasını sağlayacaktır [1]. Afyonkarahisar bölgesi mermercilik sektörü açısından 70 milyon m³'lük rezervi ile Türkiye'de önemli bir konumdadır. Afyon-İncehisar bölgesinde 17 adet mermer ocağı işletmesinde 2002 yılında 172 050 m³'lük blok mermer üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu üretim Türkiye blok mermer üretiminin % 12'sini karşılamaktadır [2]. Literatürden bilindiğine göre parça mermer atıkları yalnızca temel ve alt temel malzemesi olarak değerlendirilmektedir. Bunun yanında toz mermer atıklarında sıcak karışımlara filler olarak ilave edilebilmektedir [3,4,5,6].

Kırmataşlar asfalt kaplamalarının servis süresi boyunca önemli rol oynarlar. Kırmataşlar asfalt kaplamanın yük taşıma kapasitesinden sorumlu olup buna bağlı olarak asfalt kaplamanın performansı büyük oranda kırmataşa bağlıdır. Genellikle yol üst yapıları farklı özelliklere sahip tabakalar halinde yapılırlar. En üstten başlayarak bu tabakalar sırasıyla kaplama tabakası (aşınma ve binder), temel ve alt temel tabakalarıdır. Asfalt kaplamalarda araç yüklerinden oluşan gerilmelerin değeri yolun en üst tabakasından için, kullanılan matzemelerin mekanik özellikleri de bu gerilme dağılımına uygun olarak seçilir [7]. Dolayısı ile binder tabakasına dökülen sıcak karışım asfalttaki kırmataşın aşınma tabakasındaki kırmataş kadar kaliteli olması gerekmez.



Şekil 2. Bir Esnek Yol Üst Yapısında Düşey Yönde Gerilme Dağılımı

Parça mermer atıklarının binder tabakasında kullanılmasıyla hem ekonomik kırmataş hammaddesi elde edilebileceği gibi hem de çevresel kirlenme azaltılmış olacaktır. Bu çalışmada mermer kırmataşların sıcak karışım asfalt kaplamalarda kullanılabilirliği deneysel olarak araştırılmıştır.

2. MATERİYAL VE YÖNTEM

2.1. Agrega ve Asfalt Çimentosu

Çalışmada iki farklı kırmataş kullanılmıştır. A kodlu kırmataş Afyonkarahisar-İscehisar Bölgesindeki homojen mermer ocağı atıklarından üretilmiş kırmataş, K kodlu diğer kırmataş ise Afyonkarahisar-Çobanlar bölgesindeki bir ocaktan temin edilen kireçtaşı kökenli kontrol numunesidir. Bağlayıcı olarak ise İzmir Aliğa rafinerisinden elde edilen 60/70 penetrasyon dereceli asfalt çimentosu kullanılmıştır.

2.2. Deneysel Yöntem

Çalışma iki kısımdan oluşmaktadır: Birinci kısımda kırmataş numunelerinin fiziksel ve mekanik özellikleri tespit edilmiştir. Bu amaçla özgül ağırlık, birim ağırlık, su emme, elek analizi, yassılık indeksi, donma-çözülme kaybı, donma-çözülme sonrası Los Angeles aşınma deneyi, Los Angeles Aşınma deneyi, darbelenme deneyi, Vialit yöntemi ile yapışma deneyleri yapılmıştır.

İkinci kısımda kırmataş numuneler üzerinde Marshall Stabilité ve Akma deneyleri

yapılarak optimum bağlayıcı oranları tespit edilmiştir. Son olarak asfalt numuneler üzerinde dolaylı çekme deneyleri yapılarak yorulma ömürleri bulunmuştur.

3. DENEY SONUÇLARI

3.1. Agrega Deneyleri

Sıcak karışım asfaltta kullanılacak kırmataşların fiziksel ve mekanik özelliklerinin tespit edilmesi en önemli aşamalardan birisini oluşturur. Birim ağırlık deneyi ile sıcak karışım asfalt kaplamalarda kullanılacak kırmataşlar hakkında bir fikir edinilebilir. Çünkü hafif kırmataşlar yüksek boşluk oranına sahip olabileceğinden genelde sıcak karışım asfalt kaplama yapımında kullanılmaz. Kırmataşların özgül ağırlıklarının tespit edilmesi ile sıcak karışım asfalttaki karışımların özgül ağırlıkları, boşluk oranları, bağlayıcı ile dolu agrega boşluğu yüzdeleri saptanır. Çizelge 1.'de kırmataş numunelerine ait özgül ağırlık ve birim hacim ağırlığı sonuçları görülmektedir.

Çizelge 1. Kırmataş Numunelerinin Özgül Ağırlık ve BHA Sonuçları

Kırmataş Derecesi	BHA (gr/cm ³)				Özgül Ağırlıklar (gr/cm ³)					
	Sık.	Gev.	Sık.	Gev.	Zahiri		Hacim		Özg. Ağ. İçin İlgili Standart	
Numuneler	A		K		A	K	A	K		
Kaba	1,493	1,385	1,504	1,366	2,705	2,691	2,694	2,677	ASTM C127	
İnce	1,579	1,419	1,533	1,403	2,724	2,703	2,685	2,655	ASTM C128	
Filler	1,640	1,518	1,791	1,625	2,742	2,757	-	-	ASTM C128	
Kırmataş Karışımı Efektif Özg. Ağırlığı	-	-	-	-	2,703	2,685	-	-	-	-
Kırmataş Karışımı Hacim Özg. Ağırlık	-	-	-	-	2,692	2,671	-	-	-	-
Kırmataş Karışımı Zahiri Özg. Ağırlık	-	-	-	-	2,714	2,699	-	-	-	-

Kırmataşların tane boyutu dağılımlarının şartnameye uygunluğunun belirlenmesi için elek analizi deneyi yapılır. Bu amaçla numune alma yöntemleriyle konveyör bandından numune alınır. Bu şekilde alınan numuneler agrega

yığını en doğru şekilde temsil ettiği için genellikle en doğru sonucu bu şekilde alınan numuneler verir. Kırmataş numunelerine ait elek analizi sonuçları Çizelge 2.'de görülmektedir.

Çizelge 2. Kırmataş Numunelerinin Elek Analizi Sonuçları

Elek	Elek (mm)	% Geçen (A)	% Geçen (K)	Şartname Limitleri
3/4"	19,0	82,6	100	77-100
1/2"	12,5	67,8	67,2	59-77
3/8"	9,5	60,8	56,9	49-66
No. 4	4,75	47,9	47,1	34-52
No. 10	2,00	28,0	27,4	23-39
No. 40	0,42	15,5	14,5	12-22
No. 80	0,180	9,5	11,2	7-14
No. 200	0,074	4,0	4,5	2-7

Kırmataşlar taşıma, serme ve sıkıştırma, yol yüzeyinden geçen araçların frenleme ve çekişleme kuvvetleriyle aşınma ve darbelene etkilerine maruz kalırlar. Bu amaçla kırmataşların aşınma ve parçalanma dayanımlarını tespit etmek için kırmataşlar üzerinde Los Angeles aşınma ve darbelene kaybı deneyleri yapılmıştır. Yassı danelerin çekme dayanımları çok düşük olduğu için şayet bu oran standardın belirttiğinden yüksekse, karışımın kompaksiyonu sırasında degradasyona yol açabilir. Çekme gerilmelerine çok fazla maruz kalan yol üst yapıları açısından yassı dane oranının belirlenmesi önemlidir. Yassı dane oranı arttıkça karışımın diğer fiziksel ve mekanik özelliklerinde de bir zayıflama görülür.

Afyonkarahisar gibi don etkisinin sık görüldüğü bölgelerde, kırmataşların sıcaklık değişimlerine karşı dayanıklı olmaları gereklidir. Kırmataşlar bu tip çevrimler sonrası aşınma dirençlerini kaybetmemelidir. Bu durumun önceden tespit edilebilmesi kaplamanın performansı açısından oldukça önemlidir. Bunun için kırmataşlar üzerinde donma-çözülme ve donma-çözülme sonrası Los Angeles aşınma deneyleri yapılmıştır. Bir diğer önemli deneyde kırmataş numunelerinin bitümle olan adhezyonunun tespit edilmesidir. Bunun için kırmataşlarda Vialit Yöntemi ile yapışma deneyi yapılmıştır. Mekanik özelliklerle ilgili deney sonuçları Çizelge 3.'de verilmiştir.

Çizelge 3. Agregaların Mekanik Özelliklerle İlgili Deney Sonuçları

Kırmataş Özellikleri	Standart	Numuneler	Sonuçlar	Sınır Değerler
(LAV) Los Angeles Aşınma Kaybı (%)	CEN EN 1097-2	A	27,44	≤35
		K	20,91	≤35
(AIV) Darbelenme Kaybı	CEN EN 1097-2	A	18,66	≤18
		K	18,60	≤18
Yassılık İndeksi (%)	CEN EN 933-3	A	9,41	≤35
		K	4,85	≤35
Donma-Çözülme Kaybı (%)	CEN EN 1367-1	A	2,85	≤12
		K	2,05	≤12
Donma Çözülme Sonrası LAV (Direnç Kaybı) (%)	CEN EN 1367-1	A	34,74	-
		K	8,75	-
Vialit Deneyi Sonuçları (%)	K.G.M. Fenni Şart.	A	2	≤12
		K	7	≤12

3.2. Sıcak Karışım Asfalt Deneyleri

Sıcak karışım asfalt kaplamalarda kullanılacak kırmataşların laboratuvar ortamında performanslarının belirlenebilmesi için Marshall stabilite, akma ve dolaylı çekme deneyleri ile kırmataşların sıcak karışım asfalt performansları belirlenmeye çalışılmıştır.

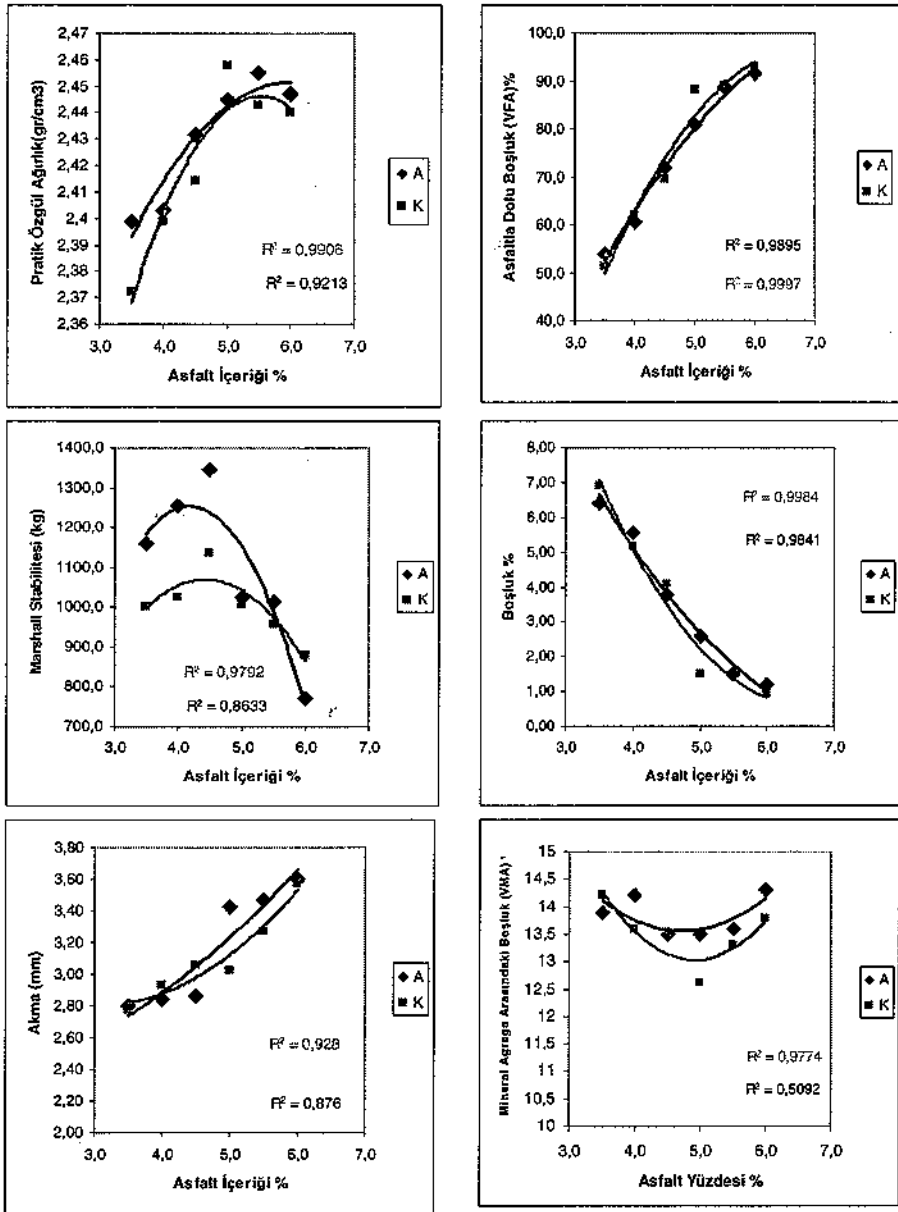
Marshall deneyinde asfalt çimentosu oranları % 0,5 oranlarında artırılmıştır. Doğru bilgileri almak için her asfalt çimentosu içeriğinde üç deney numunesi hazırlanmıştır. Böylece her kırmataş numunesinde sıcak karışım asfalt dizaynı için altı farklı asfalt çimentosu oranında 18 deney numunesi kullanılmıştır.

Karışımlar hazırlanmadan önce, yaklaşık 1200 gr agregası karışımı ve filler alınarak sıcaklığı 175-190 °C'ye ulaşıncaya kadar ısıtılmıştır. Deneme yüzdesindeki bitüm (agrega ağırlığının %4, % 4,5 oranlarında) ise 135-140 °C sıcaklığa kadar ısıtılmış ve ısıtılan kırmataş ile 160-165 °C sıcaklıkta kırmataş yüzeyi tamamen asfalt ile kaplanana kadar karıştırılmıştır. Karışımlar önceden ısıtılmış kalıplara yerleştirilerek otomatik Marshall kompaktör vasıtasıyla 50 darbe (düşük trafik hacimli yolların binder tabakası için) uygulanarak sıkıştırılmıştır. Sıkışan karışım numuneleri oda sıcaklığında 24 saat soğumaya

bırakılmıştır. Daha sonra numunelerin kuru, yüzey kuru suya doymun yoğunlukları tespit edilmiştir. Ardından numuneler gerçek hayatta maruz kalabileceği en kötü şartlarda, 60 ± 1 °C 'lik, su banyosunda 30 ila 40 dakika bekletildikten sonra Marshall Stabilite ve Akma ölçer cihazına yerleştirilerek, numunenin kırılmasını sağlayan yük (kg) miktarı olan stabilite ve kırıldığı andaki deformasyon miktarı olan akma (mm) değerleri ölçülmüştür. Daha sonra elde edilen değerlerden şu grafikler çizilmiştir:

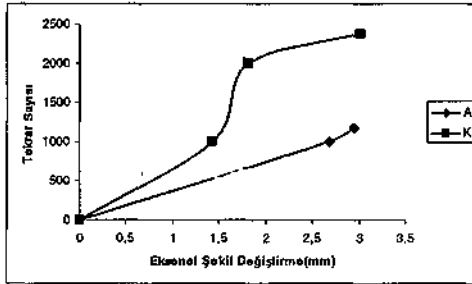
- Pratik özgül ağırlığa (D_p) karşılık asfalt içeriği.
- Marshall stabiliteye karşılık asfalt içeriği.
- Marshall akmaya karşılık asfalt içeriği.
- Boşluğa (V_h) karşılık asfalt içeriği.
- Bitüm ile dolu boşluğa (VFA) karşılık asfalt içeriği.
- Mineral agregalar içindeki boşluğa (VMA) karşılık asfalt içeriği.

Mermer (A) ve kontrol (K) kırmataşlarından üretilen sıcak karışımlara ait yukarıda belirtilen grafikler Şekil 3'de görülmektedir.



Şekil 3. Marshall Dizayn Grafikleri

Trafığe maruz her üst yapıda taşıtların geçmesiyle oluşan deformasyonların çoğunluğunun elastik olmasının rağmen çok küçük de olsa plastik deformasyon oluşmaktadır. Numunelerin 40 °C'deki birim plastik deformasyon değerleri ve yorulma ömürleriyle ilgili deney sonuçları Şekil 4.'de görülmektedir.



Şekil 4. Plastik Deformasyon Deneyi Sonuçları

Kırılmalar numunenin ortadan ikiye ayrılması şeklinde gerçekleşmiştir. Numuneler plastik deformasyon deneyine tabi tutulmadan önce ilk boyları ölçülerek kaydedilmiştir. Birim plastik deformasyon,

$$\varepsilon = \frac{\Delta L(mm)}{L(mm)}$$

ifadesiyle hesaplanır. Burada L ilk boy, ΔL ise belirli tekrar sayılarında ölçülen deformasyon değeridir. Elde edilen sonuçlara göre A karışımında K karışımına göre daha fazla birim plastik deformasyon meydana gelmiştir. Dolayısıyla A karışımının yorulma ömrü K karışımına nazaran oldukça düşüktür. A karışımının düşük ve orta trafik hacimli kaplamalarda kullanılması planlandığından binder tabakası için kısa vadede bir sakınca yaratmayacağı düşünülmektedir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kırmataş ve sıcak karışım deneylerinden oluşan iki aşamalı deneyler sonrasında şu sonuçlara ulaşılmıştır:

Yapılan Los Angeles aşınma deneyi neticesinde her iki kırmataş numunesi de

şartnamenin belirttiğinden daha da düşük aşınma kaybı vermiştir. Bununla birlikte A numunesinin aşınması K numunesine göre yüksek çıkmıştır. Darbelenme aşınmaları her iki numunede de şartname sınırında sonuç alınmıştır. Kırmataşların binder tabakalarında kullanılmaları düşünüldüğünden aşınma tabakası kadar gerilmelere maruz kalmayacağından, aşınma değerlerinin düşük ve orta trafik hacmi için makul derecede olduğu düşünülmektedir.

Her iki numunenin de donma çözülme kayıpları ve kırıcı cinsine bağlı olarak değişebilen yassı dane miktarları da şartnamenin belirttiği sınırlardan çok düşüktür. Fakat donma-çözülme çevrimi sonrası direnç kaybı A numunesinde K numunesine göre 4 kat daha fazladır. Binder tabakasında kullanılması planlanan A numunesinin gerçek koşullarda bu etkiye direkt maruz kalmayacağı dolayısı ile bu durumun problem yaratmayacağı düşünülmektedir.

A ve K karışımları için optimum asfalt çimentosu oranları sırasıyla % 4,68, % 4,53 olarak elde edilmiştir.

A karışımının stabilite değerlerinin K karışımına göre oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum pratik özgül ağırlık grafiklerinde de doğrulanmaktadır. Daha yoğun olan A karışımının stabilite değerleri daha yüksek elde edilmiştir. Her iki karışımın en yüksek stabilite değerleri şartname sınırları içerisinde. Fakat yüksek stabiliteye sahip karışımlar genelde ağır trafik yükleri altında çatlak oluşturmaya eğilimlidirler. Bu tip karışımlar gevrek davranış sergiledikleri için yorulma ömürlerinin de daha kısa olacağı söylenebilir. Nitekim yorulma deneyi sonucunda A karışımının yorulma ömrü K karışımına göre düşüktür. İçsel sürtünmenin bir göstergesi olan akma değerlerinin her iki numunede de yaklaşık aynı olduğu görülmüştür. Her iki karışımın boşluk ve asfalıla dolu boşluk oranları da benzer değişim göstermiştir.

Laboratuvar ortamında yapılan çalışma sonuçlarına göre mermer kırmataşlarla üretilen sıcak karışımların düşük ve orta trafik hacimli yolların binder tabakalarında değerlendirilebileceği görülmüştür. Mermer parça atıklarının esnek yol üst yapılarında değerlendirilmesiyle büyük miktarlarda açığa

çıkan mermer atıkları hem değerlendirilmiş hem de atıklar bertaraf edilmiş olacaktır.

Teşekkür

Yazarlar araştırmaya destek olan Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna teşekkürü bir borç bilirler.

Kaynaklar

[1] Akbulut, H., İçağa, Y., Gürer, C., "Atık Agregaların Asfalt Yol Kaplamalarında Tekrar Kullanım İmkanları ve CEN Standartları" *III. Ulusal Kıymataş Sempozyumu*, İstanbul, 2003.

[2] Kuşçu, M., Bağcı, M., "Afyon Mermer Sektörü ve Türkiye Mermer Sektöründeki Yeri", *Türkiye IV. Mermer Sempozyumu (MERSEM 2003) Bildiriler Kitabı*, ss 127-137, Afyon, 2003.

[3] de Rezende, R. L., and de Carvalho, J., C., "The Use of Quarry Waste in Pavement Construction", *Resources Conservation & Recycling*, Elsevier Science, 2003.

[4] Okagbue, C., O., Onyeobi, T. U. S., "Potensial of marble dust to Stabilise Red Tropical Soils For Road Construction", *Engineering Geology*, Elsevier Science, Vol:53, pp 371-380, 1999.

[5] Terzi, S., Karşahin, M., "Mermer Toz Atıklarının Asfalt Betonu Karışımında Filler Malzemesi Olarak Kullanımı", *TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Teknik Dergi*, Cilt 14, Sayı 2, 2003.

[6] Çetin, A., "Endüstriyel Atıkların Asfalt Beton Kaplama Karışımında Değerlendirilmesi", *Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*, Eskişehir, 1997.

[7] Umar, F., Açar, E., "Yol Üstyapısı, *İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası*, İstanbul, 1991.

Kırmakum İçeriğinin Uçucu Küllü Betonların Dayanım ve Klor Geçirimsizliklerine Etkisi

Effect of Crushed Sand Content on the Strength and Chloride Permeability of Fly Ash Concretes

Çağatay Alıcı, Ü. Anıl Doğan, Özkan Şengül, Canan Taşdemir
adogan@ins.itu.edu.tr, osengul@ins.itu.edu.tr, tasdemir@itu.edu.tr,

ÖZ: Yapılan deneysel çalışmada; sadece portland çimentosu içeren betonlar ve çimentonun %30 oranında uçucu kül ile yer değiştirildiği betonlar olmak üzere iki tür beton tasarlandı. Her iki seride de, kalker kırmakumu/ince doğal agrega oranları %0, %25, %50, %75, %100 olan karışımlar üretildi. Böylece toplam 10 farklı beton elde edildi. Bütün karışımlarda, bağlayıcı miktarı 300 kg/m³, su/bağlayıcı miktarı ise 0,65 olarak sabit tutuldu. Yaklaşık aynı işlenebilmeyi sağlamak için bir akışkanlaştırıcı maddesi de kullanıldı. Numuneler üzerinde basınç dayanımı, eğilme dayanımı ve hızlı klor geçirimsizliği deneyleri yapıldı. Deney sonuçları kalker kırmakumu içeriğinin beton özelliklerinde etkili olduğunu ortaya koydu. Kalker kırmakumu içeriğinin artırılmasıyla birlikte beton dayanımlarında bir miktar artış kaydedildi. Kür yöntemi ve çimentonun bir bölümünün uçucu külle yer değiştirilmesinin de beton özelliklerini değiştiren etkenler oldukları sonucuna varıldı.

Anahtar Kelimeler: Beton, Kırmakum, Uçucu Kül, Kür, Klor Geçirimsizliği

ABSTRACT: In the experimental study, two series of concretes, one with portland cement and the other with 30% fly ash replacement, were produced. Natural fine aggregate was partially replaced by crushed limestone fine aggregate at percentages of 0%, 25%, 50%, 75%, 100% in these mixtures and compressive and flexural strengths and resistance to chloride ion penetration of the concretes were obtained. Effect of curing conditions was also studied as a part of the experimental program and three different curing methods were applied. Replacement of natural sand by crushed limestone aggregate affected both the strength and also chloride permeability of the concretes. With partially replacing portland cement by 30% fly ash, substantial reductions in the chloride permeability were obtained. The test results showed the importance of curing on the properties of concrete, especially for the fly ash concretes.

Keywords: Concrete, Crushed sand, Fly ash, Curing, Chloride Permeability

1. GİRİŞ

Beton hacminin yaklaşık %75'ini oluşturan agregaların kalitesi ve türü betonun performansını ve dürabilitesini büyük ölçüde etkilemektedir. İyi beton elde edebilmek için uygun agrega kullanılması gerektiği bilinen bir gerçektir. Agreganın kimyasal ve mineralojik bileşimi, petrografik yapısı, özgül ağırlığı, sertliği, dayanımı, fiziksel ve kimyasal kararlılığı, boşluk yapısı ve rengi gibi özellikleri, kayacın özelliklerine bağlıdır [1]. Ancak, uygulamada genellikle agreganın tane şekli ve boyutu, yüzey yapısı ve su emmesi gibi özellikleri göz önüne alınır. Tüm bu agrega özelliklerinin beton özellikleri üzerinde önemli etkisi vardır [2].

Beton üretiminde farklı tür ve özelliklerde agregalar kullanılmaktadır. Betonda kullanılan iri agregaların büyük bir bölümü kırmataş agregalarıdır. İnce agregalar betonda kullanılan agrega karışımında önemli bir yer tutar ve deniz, nehir veya diğer kaynaklardan elde edilen doğal ince agregalar kırmataş iri agregalarla birlikte yaygın olarak kullanılmaktadır.

Kırmataş agrega üretimi sırasında bol miktarda ince agrega da elde edilmektedir. Kırmataş kumunun tane şekli, granülometri, ince malzeme gibi özellikleri doğal kuma göre oldukça farklı olabilir. Kırmataş kumu yüksek oranda ince malzeme (150 veya 75 µm elekten geçen malzeme) içerebilir. Bazı standart ve yönetmeliklerde agregada bulunan ince malzemelerin (150 veya 75 µm dan küçük malzeme) miktarına sınırlama getirilmektedir. Örneğin ASTM C33-03 standardı [3], kırmakum için 75 µm dan ince malzeme miktarını en fazla %7 olarak sınırlamıştır.

Kalker kayacı İstanbul ve çevresinde yaygın olarak bulunur ve bu malzemeden elde edilen kırmataşlar beton üretiminde çokça kullanılmaktadır. Daha önce yapılan bir çalışmada [2], basınç yüklemesi sırasında elde edilen yükleme - boşaltma eğrileri arasındaki farkın kalker iri agregası ile üretilmiş betonlarda daha az olduğu ortaya konmuştur. Yükleme - boşaltma eğrilerinin birbirlerine yakın olması ise bu betonlarda agrega - çimento hamuru arayüzeyinin daha sağlam olduğunun bir göstergesidir. Kalker agregası - çimenro hamuru arayüzeyinin daha iyi özelliklere sahip olmasının

çeşitli nedenleri olabilir. Kalker agregası ile çimento hamuru arasında oluşan bir reaksiyonun arayüzey özelliklerini iyileştirmede etken olabileceği belirtilmiştir [4]. Kalker agregası ile çimento hamuru arasındaki elastik uyum da nedenlerden bir başkası olabilir. Çimentoda bir bileşen olarak da kullanılabilen veya betona bir katkı malzemesi olarak ilave edilebilen kalker filleri beton özelliklerini iyileştirebilmektedir [5].

İri agregalar konusunda çeşitli çalışmalar bulunmasına rağmen, ince agregaların beton özelliklerine etkisini inceleyen çalışmalar oldukça sınırlıdır. Yapılan bu çalışmanın temel amacı; kalker kırmakumunun beton özelliklerine etkisini araştırmaktır. Deneysel çalışmada doğal kum kalker kırmakumu ile farklı oranlarda yer değiştirilerek uçucu küllü betonlar üretilmiş ve kalker kırmakumunun beton basınç ve eğilme dayanımı ile klor iyonu geçirimsizliğine etkileri incelendi. Kür koşullarının beton özelliklerine etkileri de çalışmanın bir bölümünü oluşturdu.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Kullanılan Malzemeler

Beton üretiminde aynı kalker iri kırmataş agregaları kullanıldı. Bu agregalara ilave olarak; doğal kum ve kalker kırmakumu da betonlarda kullanıldı. Doğal kum ve kalker kırmakumunun granülometrilere Çizelge 1'de görülmektedir. Bu ince agregaların su emme ve özgül ağırlık değerleri ise Çizelge 2'de verilmektedir.

Çizelge 1. Doğal Kum ve Kalker Kırmakumunun Granülometrilere

Elek boyutu (mm)	Elekten geçen, %	
	Doğal kum	Kalker kırmakumu
4	100	100
2	99	73
1	93	53
0.5	82	36
0.25	15	20
0.074	0.47	8.8

Çizelge 2. Kullanılan Kumların Su Emme ve Özgül Ağırlık Değerleri

Agrega türü	Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	Su Emme (%)
Doğal kum	2,60	0,96
Kalker kırmakumu	2,70	1,92

Çizelge 1'de görüldüğü gibi, kalker kırmakumunun % 8,8'i 74 mikron elekten geçmektedir. Bu değer doğal kum için elde edilen değerden yaklaşık 19 kat daha yüksektir. Kırmakumun özgül ağırlığı ve su emme oranı da doğal kuma göre daha yüksektir.

Üretilen betonlarda aynı PÇ 42,5 çimentosu ve C tipi uçucu kül kullanıldı. Kullanılan uçucu külün ortalama tane boyutu 71µm'dur. Çimentonun 7 ve 28 günlük basınç dayanımları sırasıyla 47,8 ve 52,5 MPa'dır. Çimento ve uçucu külün özgül ağırlıkları ise sırasıyla 3,06 ve 2,00 gr/cm³'dir.

2.2. Beton Üretimi

Çalışmada, %30 uçucu kül içeren ve kül içermeyen olmak üzere iki seri beton üretildi. Her bir beton serisinde doğal kum %25, %50, %75 ve %100 oranlarında kalker kırmakumu ile kısmi yer değiştirildi. Söz konusu iki seride de,

ince agregalar olarak sadece doğal kum içeren kontrol betonları da hazırlandı. Böylece toplam 10 farklı beton karışımı elde edildi. Üretilen betonlarda kalker kırmakumunun doğal kum ile kısmi yer değiştirilmesi bire bir hacim olarak yapıldı.

Uçucu kül içeren betonlarda portland çimentosu %30 oranında C tipi uçucu külle bire bir ağırlık olarak yer değiştirildi. Üretilen tüm betonlarda 0,65 su/çimento oranı, toplam bağlayıcı miktarı, iri agregalar granülometrisi ve agregalar en büyük boyutu sabit tutuldu. Karışımlarda yaklaşık aynı işlenebilmeyi sağlayarak 18±2 cm çökme elde edebilmek için bir akışkanlaştırıcı katkı maddesi de kullanıldı.

Üretilen betonlar NXY ve FXY olarak isimlendirildi. Burada N harfi normal betonları, F harfi ise uçucu kül içeren betonları ifade etmektedir. N ve F harflerini izleyen XY rakamları ise doğal kumun kalker kırmakumu ile yer değiştirilme oranlarını (%0, %25, %50, %75 veya %100) göstermektedir.

Tüm karışımlar bir laboratuvar mikserinde hazırlanarak ve küp, silindir ve prizma numuneler üretildi. Beton bileşimleri ve bazı taze beton özellikleri Çizelge 3'de gösterilmektedir.

Çizelge 3. Beton Bileşimleri ve Taze Beton Özellikleri

Beton kodu	N00	N25	N50	N75	N100	F00	F25	F50	F75	F100
Çimento (C), kg/m ³	290	298	298	300	305	221	226	228	228	229
Uçucu Kül (K), kg/m ³	0	0	0	0	0	66	67	68	68	68
Su, (S) kg/m ³	189	193	193	195	198	186	191	192	192	193
S/(Ç+K)	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
İri kırmataş, kg/m ³	978	1003	1003	1011	1028	967	989	996	997	1003
Doğal Kum, kg/m ³	769	592	396	198	0	760	584	393	195	0
Kırma Kum, kg/m ³	0	205	411	619	839	0	202	408	609	819
Akışkanlaştırıcı, %	1,9	1,2	0,4	0,4	0,6	1,6	1,2	0,3	0,2	0,3
Birim ağırlık, kg/m ³	2225	2292	2300	2324	2370	2200	2260	2283	2290	2313
Hava, dm ³ /m ³	59	34	34	27	11	58	57	29	29	23
Çökme, cm	16	16	18	16	18	20	16	19	19	18

2.3. Kür Koşulları ve Yapılan Deneyler

Üretilen numuneler 24 saat sonra kalıplardan çıkarıldı ve ardından 3 farklı kür yöntemi uygulandı:

i) Deneylerin yapılacağı güne kadar $23 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki su kürü;

ii) İlk 7 gün boyunca ıslak çuval altındaki kürün ardından deney gününe kadar laboratuvarda hava kürü;

iii) Deney gününe kadar laboratuvarda hava kürü.

Her bir kür koşulu için: basınç ve eğilme deneyleri ile ASTM C1202 [6] standardına göre hızlı klor geçirimsizliği deneyleri yapıldı. Tüm deneyler 90 günlük numuneler üzerinde gerçekleştirildi. Tüm deneyler 3'er adet numune üzerinde yapıldı.

3. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

3.1. Taze Beton Özellikleri

Bazı taze beton özellikleri Tablo 3'de verilmiştir. Kalker kırmakumu kullanımı betonların işlenebilmesini arttırmıştır. Sadece doğal kum ile üretilmiş betonlarla (N00 ve F00), kalker kırmakumu içeren betonlarda aynı işlenebilmeyi elde edebilmek için çok daha az akışkanlaştırıcı madde gerekli olmuştur. Çizelge 3'de görüldüğü gibi, fazla akışkanlaştırıcı katkı içeren betonlarda hava miktarı da biraz daha yüksektir. Bu durum çalışmada kullanılan akışkanlaştırıcının hava sürüklenme özelliği nedeniyle ortaya çıkmıştır. Her bir beton için gerekli olan akışkanlaştırıcı madde miktarı ile elde edilen çökme değerleri birarada dikkate alındığında betonda uçucu kül kullanımının işlenebilmeyi olumlu yönde etkilediği söylenebilir.

3.2. Mekanik Özellikler

3.2.1. Basınç Dayanımı

Üretilen betonların basınç dayanımları Çizelge 4'de verilmiştir. Tablodan görüldüğü gibi doğal kumun kalker kırmakumu ile kısmi yer değiştirilmesinin beton basınç dayanımında önemli etkisi olmuştur. Şekil 1 portland çimentosu ile üretilmiş betonların basınç dayanımlarını göstermektedir. Sürekli suda kür

edilmiş betonlar ile 7 gün boyunca ıslak çuval altında kürün ardından laboratuvar ortamında bekletilmiş betonlarda kalker kırmakumu oranının artmasıyla birlikte basınç dayanımlarında az oranda artış elde edilmiştir.

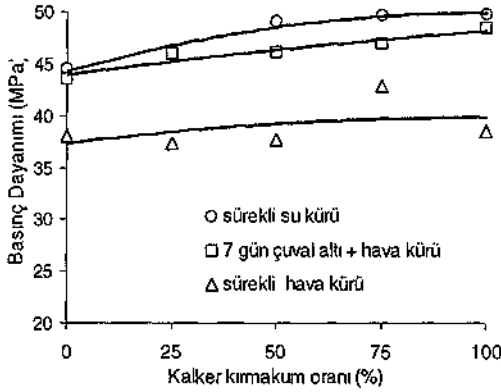
Çizelge 4. Beton Basınç Dayanımları

Karışım	Basınç Dayanımı (MPa)		
	Sürekli su kürü	7 gün ıslak çuval altı + hava kürü	Sürekli hava kürü
N00	44.5	43.6	38.1
N25	46.0	45.9	37.3
N50	49.0	46.1	37.7
N75	49.6	46.9	42.8
N100	49.8	48.4	38.5
F00	25.6	25.2	24.7
F25	35.6	33.2	28.7
F50	36.4	29.8	27.6
F75	37.5	34.3	31.2
F100	43.7	38.2	33.5

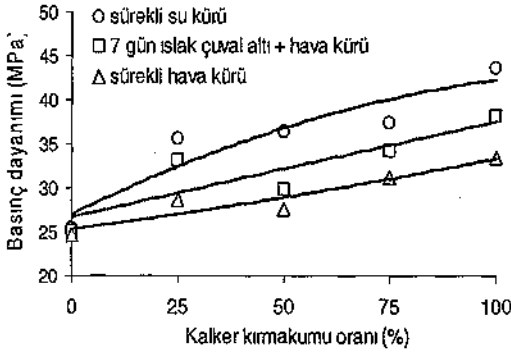
Bağlayıcı olarak portland çimentosu içeren bu tür betonlarda en büyük basınç dayanımı artışı ince agrega olarak sadece kalker kırmakumu içeren betonda (N100) olmuş ve bu betonun basınç dayanımı sadece doğal kum içeren betona (N00) göre yaklaşık % 11 artmıştır. Çizelge 4'de görüldüğü gibi, portland çimentosu ile üretilmiş ve sürekli hava kürü uygulanmış betonlarda kırmakum içeriği basınç dayanımını etkilememiştir.

Çizelge 4 ve Şekil 2'de gösterildiği gibi, kalker kırmakumu içeriğinin uçucu küllü betonların basınç dayanımlarında önemli etkisi olmuştur. Uçucu küllü betonlarda kırmakum içeriğinin %0'dan %25'e çıkartılmasıyla birlikte beton basınç dayanımlarında önemli artışlar olmasına karşın, kırmakum içeriğinin %25'den %75'e çıkartılmasıyla dayanımdaki artışlar çok sınırlı kalmıştır. İncelenen uçucu küllü betonlar arasında en yüksek basınç dayanımları ince agrega olarak sadece kalker kırmakumu içeren betonlarda (F100) elde edilmiştir. Sürekli su içinde kür edilmiş uçucu küllü betonlarda, %100 oranında kalker kırmakumu içeren betonların (F100) basınç dayanımı sadece doğal kum ile

üretilmiş betonların (F00) dayanımından yaklaşık %70 daha yüksektir.



Şekil 1. Portland çimentosu ile üretilmiş betonların basınç dayanımı



Şekil 2. %30 oranında uçucu kül ile üretilmiş betonların basınç dayanımı

İnce agrega olarak kalker kırmakumu kullanılması durumunda daha yüksek basınç dayanımı elde edilmesinin çeşitli nedenleri olabilir. Önceki çalışmalar [7] beton dayanımının harç fazının dayanımına bağlı olduğunu göstermiştir; aynı bileşim ve iri agrega, ancak farklı ince agrega içeren betonlarda elde edilen yüksek beton dayanımları daha iyi harç fazı özelliklerine işaret etmektedir. Kalker kırmakumunun yüzey özellikleri ve aderans karakteristikleri daha iyi bir harç fazı elde edilmesine yardımcı olabilir.

Kalker agregası ile çimento hamuru arasındaki reaksiyonun arayüzey özelliklerini iyileştirmede etken olabileceği belirtilmiştir [4]. Bu çalışmada kullanılan kalker kırmakumun içerdiği yaklaşık % 9 oranındaki 74 mikron elekten geçen ince malzeme de daha iyi bir beton performansı elde edilmesine yardımcı olan faktörlerden bir tanesi olabilir. Kalker fileri çimentoda bir bileşen olarak veya bir beton katkısı olarak kullanılabilir. İnce malzemelerin kullanımıyla birlikte boşlukları doldurma etkisine bağlı olarak daha sıkı bir tane dizilişi sağlanarak daha iyi bir beton performansı elde edilebilir.

Çalışmada elde edilen sonuçlar kür işleminin önemini açıkça ortaya koymaktadır. Sürekli su kürü uygulanmış numunelerin dayanımları en yüksek iken, sürekli hava kürü uygulanmış olanların ise en düşük olmuştur. İlk 7 gün ıslak çuval altında tutulmalarının ardından hava kürü uygulanmış numunelerde ise dayanım sürekli hava kürü numunelerine göre daha yüksek, sürekli su kürü uygulanmışlara göre daha düşük elde edilmiştir.

Çizelge 4 incelendiğinde, bağlayıcı olarak sadece portland çimentosu içeren betonlar ile %30 oranında uçucu kül içeren betonlar karşılaştırıldığında, uçucu külün tüm kür koşulları ve kırmakum içerikleri için basınç dayanımlarını düşürdüğü görülmektedir. Örneğin, sürekli su içinde kür edilmiş ve ince agrega olarak sadece doğal kum içeren betonlarda, portland çimentosunun %30 oranında uçucu kül ile yer değiştirilmesi sonucu dayanımlar %42 oranında azalmıştır. Bu çalışmadaki sertleşmiş beton deneylerinin tümü 90 günlük numunelerde yapılmıştır ve bu süre içinde uçucu külün pozolanik reaksiyonunun önemli bölümü tamamlanır. Buna rağmen uçucu küllü betonların dayanımlarındaki büyük azalmalar çalışmada kullanılan külün pozolanik aktivitesinin düşük olduğuna işaret etmektedir. Uçucu külün kimyasal ve fiziksel özellikleri pozolanik aktiviteyi etkiler.

3.2.2. Eğilme Dayanımı

Üretilen betonların eğilme dayanımları Çizelge 5'de verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi eğilme dayanımlarının gelişimi basınç dayanımlarına benzerdir.

Çizelge 5. Beton eğilme dayanımları

Karışım	Eğilme Dayanımı (MPa)		
	Sürekli su kürü	7 gün ıslak çuval altı + hava kürü	Sürekli hava kürü
N00	6.5	6.8	6.2
N25	7.5	7.4	6.5
N50	7.6	7.5	6.9
N75	7.9	7.9	7.0
N100	7.4	8.0	7.3
F00	5.1	4.8	4.3
F25	6.1	5.5	5.2
F50	6.9	5.6	4.9
F75	7.4	5.7	5.3
F100	6.7	6.4	6.1

Bağlayıcı olarak sadece portland çimentosu içeren betonlar için; sürekli su kürü uygulanmış betonlar ile 7 gün ıslak çuval altında bekletilmiş betonların eğilme dayanımları birbirlerine yakın iken, hava kürü uygulanmış betonların dayanımları daha düşüktür. Kür yönteminin önemi uçucu küllü betonlarda daha açık olarak görülmektedir. Bu tür betonlarda da en düşük eğilme dayanımı sürekli hava kürü uygulanmış betonlarda elde edilmiştir. Betonun çekme dayanımı üniform olmayan büzülmelelere bağlı olarak, basınç dayanımına göre yetersiz külden çok daha fazla etkilenebilir [1].

3.3. Hızlı Klor Geçirirliiliği

ASTM C 1202 standardına göre yapılan hızlı klor geçirirliiliği deneyi ince agrega olarak sadece doğal kum içeren kontrol karışımları ile, %50 ve %100 oranlarında kalker kırmakumu içeren betonlarda gerçekleştirildi. Bu deney betonun elektriksel iletkenliği esasına dayanır. Deneyde, çözelti hücreleri arasına yerleştirilmiş olan beton numunesinden belirli süre sonunda geçen toplam elektrik akımı belirlenir.

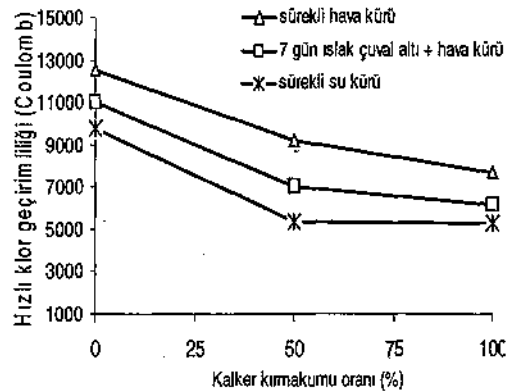
Elde edilen deney sonuçları Çizelge 6'da verilmektedir. Söz konusu deney sırasında bazı numunelerin sıcaklıkları fazla yükseldiği için bu numunelerin deneyleri erken sonlandırıldı ancak bu deneyler için yaklaşık sonuçlar elektrik akımı – zaman grafiğinin ekstrapolasyonu ile bulundu.

Çizelge 6. Hızlı klor geçirirliiliği deney sonuçları

Karışım	Hızlı klor geçirirliiliği (Coulomb)		
	Sürekli su kürü	7 gün ıslak çuval altı + hava kürü	Sürekli hava kürü
N00	9800	>11000	>12000
N50	5400	7050	9200
N100	5300	6200	7700
F00	3050	>12000	>14000
F50	2650	10500	>13000
F100	2350	10400	>12000

Her iki seri betonda ve üç kür koşulu için, genel olarak kalker kırmakumu kullanımıyla birlikte beton klor geçirirliiliklerinde azalmalar elde edildi.

Şekil 3'de gösterildiği gibi, portland çimentosu ile üretilmiş betonlarda %50 oranında kırmakum kullanımıyla klor geçirirliiliğinde önemli düşüş sağlanmasına karşın, kırmakum oranının %100'e çıkartılması durumunda klor geçirirliiliğindeki azalma oldukça sınırlı kaldı.

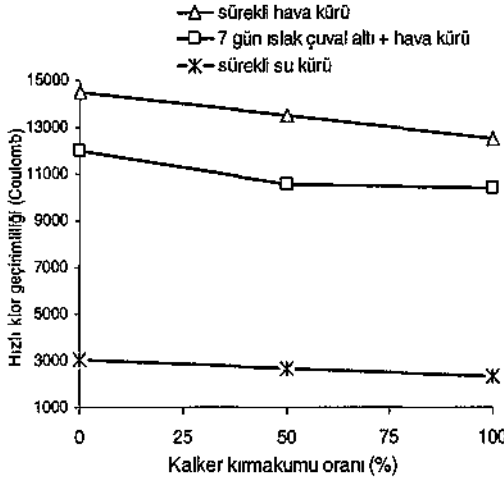


Şekil 3. Portland çimentosu ile üretilmiş betonların hızlı klor geçirirliilikleri

Kür koşullarının portland çimentolu betonların klor geçirirliiliklerine etkisi Şekil 3'de açıkça görülmektedir.

Uçucu küllü betonlarda elde edilen klor geçirirliilikleri Şekil 4'de gösterilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi kırmakum kullanımıyla

birlikte uçucu küllü betonların klor geçirimsizliklerindeki değişim oldukça azdır. Örneğin, sürekli su içinde kür edilmiş uçucu küllü karışımlarda, %50 (F50) ve %100 (F100) oranlarında kırmakum içeren betonların klor geçirimsizlikleri kontrol karışımına (F00) göre sırasıyla %13 ve %22 azalmıştır.



Şekil 4. %30 oranında uçucu kül içeren betonların hızlı klor geçirimsizlikleri

Sürekli su içinde kür edilmiş betonların klor geçirimsizlikleri karşılaştırıldığında uçucu küllün klor geçirimsizliklerine etkisi açık olarak görülmektedir (Tablo 6). Örnek olarak, sadece doğal kum içeren betonlardan portland çimentolu karışımın (N00) klor geçirimsizliği 9800 Coulomb iken, bu karışımdaki portland çimentosunun %30 oranında uçucu kül ile yer değiştirilmesiyle elde edilen karışımın (F00) klor geçirimsizliği 3050 Coulomb oldu. Bu değerler yaklaşık %70 oranında bir azalmaya denk gelmektedir.

Hızlı klor geçirimsizliği deneyi sonuçları beton boşluk yapısını yansıtır ve daha düşük bir klor geçirimsizliği daha boşluksuz bir iç yapının bir ifadesi olarak kabul edilebilir. Uçucu kül içeren betonların daha düşük klor geçirimsizliği sonuçları bu betonların iç yapılarının daha boşluksuz olduğuna işaret etmektedir. Uçucu küllün puzolanik reaksiyonu betondaki kapiler boşlukları azaltarak bunların birbirleriyle olan

bağlantılarının kesilmesine ve buna bağlı olarak betonda klor iyonu taşınımının azalmasına neden olur [8]. Betonda en zayıf halka olarak kabul edilen agrega – çimento hamuru arayüzeyi oldukça boşluklu bir yapıya sahiptir ve betonun geçirimsizliğinde önemli bir rol oynar. Uçucu küllün puzolanik reaksiyonu sonucu agrega – çimento hamuru arayüzeyinin özelliklerinin iyileştirilmesi de uçucu küllü betonların klor geçirimsizliğini azaltan etkenlerden bir tanesidir. Uçucu kül içeren betonların klor iyonu girişi ve taşınımına karşı gösterdiği iyi performans başka çalışmalarda da ortaya konmuştur [9, 10].

Çizelge 6'da gösterildiği ve yukarıda açıklandığı gibi, sadece sürekli su içinde kür uygulanmış numuneler karşılaştırıldığında uçucu küllü betonlar normal betonlara daha düşük klor geçirimsizliklerine sahiptir. Ancak sürekli hava kürü uygulanmış veya 7 gün ıslak çuval altında tutulmuş ve ardından hava kürü uygulanmış numunelerde durum tam tersidir ve uçucu kül içeren betonların geçirimsizlikleri normal betondan daha yüksektir. Örneğin 7 gün ıslak çuval altında kürün devamında hava kürü uygulanmış betonlardan %100 oranında kırmakum içeren numuneler karşılaştırıldığında normal betonun (N100) klor geçirimsizliği 6200 Coulomb iken uçucu küllü beton (F100) için bu değer 10400 Coulomb olmaktadır.

Kür koşullarının uçucu küllü betonların klor geçirimsizlikleri üzerindeki etkisi Şekil 4'de açıkça görülmektedir. En düşük geçirimsizlikleri sürekli su içinde kür edilmiş numunelerde, en yüksek geçirimsizlikler ise sürekli hava kürü uygulanmış olanlarda elde edilmiştir. Hava kürü uygulanan betonların klor geçirimsizlikleri su kürü uygulanmış olanlara göre yaklaşık 5 kat daha yüksektir. Şekil 3 ve 4 karşılaştırıldığında portland çimentolu betonların uçucu küllü betonlara göre kür koşullarından daha fazla etkilendiği görülmektedir. Bu sonuçlar özellikle uçucu küllü betonlarda uygun kürün önemini ortaya koymaktadır.

4. SONUÇLAR

Yapılan deneysel çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Doğal kumun kalker kırmakumu ile kısmi yer değiştirilmesi beton basınç dayanımlarını önemli oranda etkiledi. Genel olarak, artan kalker kırmakumu miktarıyla birlikte beton basınç dayanımlarında artış elde edildi. Bu artışlar uçucu kül içeren betonlarda çok daha belirgin oldu.
2. Portland çimentosunun %30 oranında uçucu kül ile yer değiştirilmesi ile üretilen betonların basınç dayanımları normal betona göre daha düşük oldu.
3. Betonların hızlı klor geçirimsizlikleri kalker kırmakumu ile azaldı. Bu azalma bağlayıcı olarak sadece portland çimentosu içeren betonlarda çok daha fazla oldu.
4. Sürekli su içinde kür edilmiş uçucu kül içeren betonların klor geçirimsizlikleri normal betonlara göre daha düşük oldu. Ancak, hava kürü veya 7 gün ıslak çuval altında kürün ardından hava kürü uygulanmış numunelerde ise uçucu küllü betonların klor geçirimsizlikleri daha yüksektir.
5. Elde edilen deney sonuçları özellikle uçucu kül içeren betonlar için uygun kürün önemini ortaya koymuştur.

Teşekkür

Yazarlar, çalışmaya verdikleri destek için Soyak Beton Sanayi ve Ticaret A.Ş.'ye teşekkür ederler.

Kaynaklar

- [1] Neville, A.M., "Properties of Concrete", John Wiley & Sons Inc., London, 844 p., 1997, ISBN 0-582-23070-5.
- [2] Şengül, Ö., Taşdemir, C., and Taşdemir, M.A., "Influence of Aggregate Type on the Mechanical Behavior of Normal and High Strength Concretes", *ACI Materials Journal*, Vol. 99, No.6, November/December, 528-533, 2002.
- [3] ASTM C-33, "Standard Specification for Concrete Aggregates. 11 p., 2003.

[4] Monteiro, P.J.M. and Mehta, P.J.M., "Interaction between Carbonate Rock and Cement Paste", *Cement and Concrete Research*, Vol 16, 127-134, 1986.

[5] Poitevin, P., "Limestone Aggregate Concrete, Usefulness and Durability", *Cement and Concrete Composites*, 21, 89-97, 1999.

[6] ASTM C-1202-97 (1997) "Standard Test Method for Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration" 6 p.

[7] Donza, H., Cabrera, O. and Irassar, I.F., "High strength concrete with different fine aggregate", *Cement and Concrete Research*, 32, 1755-1761, 2002.

[8] Li, S. and Roy, D.M., "Investigation of relations between porosity, pore structure and chloride diffusion of fly ash and blended cements", *Cement and Concrete Research*, 16, 5, 749-759, 1986.

[9] Zhang, M.H., Bilodeau, A., Malholtra, V.M., Kim, K.S. and Kim, J.C., "Concrete incorporating supplementary cementing materials: effect on compressive strength and resistance to chloride ion penetration", *ACI Materials Journal*, 96, 2, 181-189, 1999.

[10] Sengul, O., Tasdemir, C., and Tasdemir, M.A., "Mechanical Properties and Rapid Chloride Permeabilities of Concretes with Ground Fly Ash", *ACI Materials Journal*, 102, 6, November/December, 414-421, 2005.

Kireçtaşı Kırmataş Agregalarının Kilitli Beton Parke Bloklarında Kullanımı

Use of Crushed Limestone Aggregate in Concrete Interlocking Pavement Blocks

A. Ersoy¹, U. Atıcı², T.Y. Yünsel¹, T.Tekmen¹

¹ Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Balcalı, ADANA
aersoy@cukurova.edu.tr, tyunsel@cukurova.edu.tr

² Niğde Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, NİĞDE
uatıcı@nigde.edu.tr

ÖZ: Agregası asfalt, sıva, dolgu, filtrasyon uygulamaları, yol stabilizasyonu ve beton üretiminde temel bir malzeme olarak kullanılmaktadır. Agreganın mekanik, fiziksel, kimyasal ve petrografik özellikleri, agreganın kullanımını belirlemektedir. Bu çalışmada Ceyhan (Adana) yöresi kırmataş kireçtaşı agregalarının kilitli beton parke bloklarında kullanımı değerlendirilmiştir. Çalışma iki aşamadan oluşmuştur. Birincisi, uluslararası standartlar kıstas alınarak, Ceyhan kireçtaşı agregasının mekanik, fiziksel, kimyasal ve petrografik nitelikleri belirlenmiştir. Türkiye’de genellikle kilitli parke beton bloklarının üretimi deneme ve yanılma metodu ile yapılmakta olup, bu durum ekonomik olmayan şartları ve düşük mühendislik özelliklerine neden olmaktadır. Bu uygulama teknik bilgi, tecrübe ve güven eksikliğinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, çalışmanın ikinci aşaması olarak, kilitli parke üretimi için su-çimento oranı, agrega boyutu (0-5 mm, 5-10 mm, 10-20 mm) ve oran deneyleri çeşitli kür sürelerinde yapılmıştır. Dayanım, sertlik ve aşınma sonuçları esas alınarak optimum su-çimento oranı, optimum agrega tane boyutu ve oranları belirlenmiştir. Bu sonuçlar, kilitli beton parke bloklarının üretim maliyetini azaltmış ve mühendislik özelliklerini önemli ölçüde artırmıştır.

Anahtar kelimeler: Kilitli beton parke taşları, agrega özellikleri, su-çimento oranı, mekanik özellikler.

ABSTRACT: Aggregate is a basic material which is used in asphalt, plaster, filling and filtration applications, road stabilization and concrete. Aggregate using limits are determined by its petrographic, chemical, physical and mechanical properties. In this study, the application of crushed limestone aggregate of Ceyhan (Adana) area in concrete interlocking pavement blocks (CIPB) is evaluated. The study consists of two stages. Firstly, physical and mechanical, petrographic and chemical properties of Ceyhan limestone aggregate are described based on international standards. In Turkey, CIPB are generally being produced by trial-error method which results in uneconomical conditions and lower engineering properties. This has raised due to lack of confidence and the lack of technical knowledge and experience. Therefore, secondly, the experiments of water-cement ratio, dosage and aggregate granulometry and proportions for CIPB production were carried out. Optimum dosage and water-cement ratio, optimum proportions and grading of the aggregates were determined using criteria of strength; Schmidt rebound hardness and abrasion resistance results. These results provide to decrease production cost of CIPB and significantly increase engineering properties of CIPB.

Key words: Concrete interlocking paving block, aggregate properties, water-cement ratio, mechanical properties.

Agrega sahası kireçtaşlarından oluşmuştur. Bu kireçtaşları ofiyolit karmaşığı üzerinde olup, Misis Kompleksi içerisinde allohton birim olarak değerlendirilmiştir. Kireçtaşlarına Kretase, Ofiyolitlere ise Eosen-Miyosen yaşı verilmiştir [7,8].

Taş ocağı sahasındaki kalkerler açık işletme yöntemi ile üretilmektedir. Masif kayaç bloklarının arasındaki çatlaklı, kırıklı, minyatür faylar gibi yapıların bulunması ocak işletme üretimini kolaylaştırmaktadır. Sığ delme makineleri ile delme-patlatma işlemi yapılarak kayaçlar yerinden sökülürken, küçük boyutlara ve bloklara ayrılmaktadır. Kalker parçaları ve blokları büyük tonajlı kamyonlarla, hemen taş ocağı yakınındaki kırma ve eleme tesislerine nakliyesi yapılmaktadır. Alanda kesin rezerv hesaplaması yapılmamakla birlikte, potansiyel rezervi oldukça fazladır. Taş ocağı alanındaki kalkerler kırıcılardan, eleklerden geçirilerek ve belirli tane boyutlarına indirilerek asfalt mıcır (agregası) olarak yol üst yapısında kullanılmaktadır.

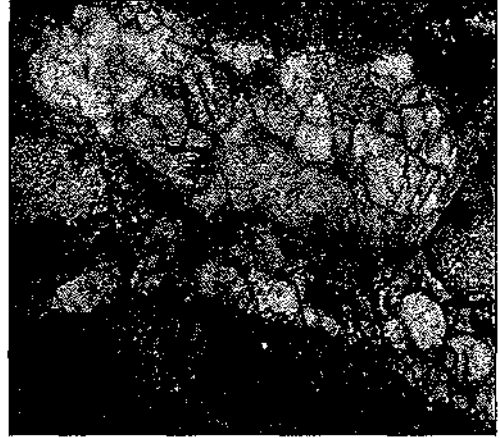
2.2. Agregaların Petrografik Özellikleri

İnce kesitlerle yapılan mikroskobik incelemenin amacı kalkerler içinde bulunan dolomit, demir bileşikleri ve nadir olarak bulunan killer gibi yabancı mineralleri belirlemektir. Bu nedenle, özellikle kalkerlerden dolomit ve demir bileşiklerini ayırt etmek için ince kesitlerin boyanması yöntemi kullanılmıştır.

Kalkerler iki ana dokudan oluşmuştur. Bu dokulara göre kalkerler mikritik ve sparitik kireçtaşları olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 2). Mikritik kireçtaşları ince taneli olup, mikrokalsit kristallerinden oluşmuştur. Mikrit tamamen kalsiyum karbonattan oluşmuştur. Sparitik kalkerler ise iri taneli olup, taneler daha keskin kenarlara sahiptir. Bu sparitik dokuda zaman zaman oldukça uzun kalsit kristalleri mevcuttur (Şekil 2).

Kalkerlerin hacimsel olarak boşluk miktarı azdır. Oluşan boşluklar düzensiz ve bazen de uzamış halde bulunmaktadır. Diğer yandan, kalkerler mikroskobik ince çatlaklara sahiptir. Bu çatlaklar ikincil olarak oluşmuş kalsit, dolomit kristalleri ve nadir olarak demir bileşikleri doldurarak damarcıklar oluşturmuştur. Ayrıca bazen kalkerlerdeki dilinimler boyunca kalsit ile dolomit yer değiştirmiştir. Dolomitler

genellikle ince tanelidir. Dolomit çatlaklarına demir bileşikleri dolarak ince damarcık ağı meydana gelmiştir. Dolomitlerin dilinimleri boyunca kalsit kristalleri yer değiştirmiştir. Kalkerlerde olduğu gibi dolomitlerde de düzensiz boşluklar mevcuttur. Bu boşluklar birbirleri ile bağlantılı değildir. Yani etkili bir gözeneklilik söz konusu değildir.



Şekil 2. Mikritik ve Sparitik Dokuya Sahip Kalkerin Mikroskobik Görünümü (x5).

2.3. Agreganın Kimyasal Analizleri

Onbeş kalker numunesinin temel element analizi yapılmıştır. Bu numunelerin element analizlerinin aritmetik ortalaması Çizelge 1'de sunulmuştur. Çizelge 1'den de görüldüğü gibi CaO miktarının % 55 ve üzeri saf kalker olarak değerlendirilmiştir. CaO'nun % 55'in altında bulunan konsantrasyonlardaki kalkerde az da olsa yabancı madde bulunduğuna işaret etmektedir. Kalker numunelerinin kimyasal analizinde MgO miktarı, dolomit varlığına, çok nadir Fe₂O₃ miktarı demir minerallerinin (pirit, hematit, manyetit gibi) varlığına, % 1 civarındaki SiO₂ kil minerallerinin ve kuvarsın varlığına işaret etmektedir. Yani bu minerallerin varlığı kalkerler içinde yabancı madde miktarını arttırmaktadır.

Çizelge 1. Onbeş Kalker Numunesinin Kimyasal Analiz Sonuçlarının Ortalama Değerleri.

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	K.K.
1.02	0.34	0.15	55.24	0.83	0.06	0.11	39.99

K.K: Kızdırma kaybı

2.4. Agreganın Mekanik ve Fiziksel Özellikleri

Kalkerin mekanik ve fiziksel özellikleri TSE 699 :[9] ve ISRM :[10] ye göre yapılmıştır. Bu özellikler ve sayısal değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Bu özellikler TSE 706 EN 12620:[1]; BS 812-101: [3] ve ASTM C33: [4] standartlarına uygunluk göstermektedir. Sonuç olarak Ceyhan yöresi agregalarının KBPB'de kullanımında herhangi bir olumsuzluk görülmemiştir.

Çizelge2. Kireçtaşının Fiziksel ve Mekanik Özellikleri.

Tek eksenli basma dayanımı (MPa)	85 ± 15.7
İndirek çekme dayanımı (MPa)	9.8 ± 1.7
Elastisite (Young) tanjant Modülü (GPa)	18.6
Nokta Yükleme dayanımı (MPa)	4.28
Los Angeles Aşınma değeri (%)	26.6
Kaba Yoğunluk (gr/cm ³)	2.76
Gerçek Yoğunluk (gr/cm ³)	2.73
Porozite (%)	1.35
Doluluk oranı (%)	98.65
Birim kuru hacim ağırlığı (gr/cm ³)	2.75
Birim suya doymuş hacim ağırlığı (gr/cm ³)	2.78
Ağırlıkça su emme (%)	0.48 ± 0.28
Hacimce su emme (%)	0.15
Shore Scleroscope sertliği	55
Schmidt çekici sertliği	48
Mohs sertliği	2.97
P-ultrasonik dalga hızı (km/s)	6.45
S-ultrasonik dalga hızı (km/s)	4.49

2.5. Çimento Özellikleri

Bu çalışmada, Adana Çimento Sanayi tarafından üretilen Portland çimentosu (PC 42.5) kullanılmıştır. PC 42.5 çimentonun spesifik gravitesi 3.11 gr/cm³tür. İncelik spesifik yüzey alanı 3100 cm²/g, ilk donma süresi 200 dakika, son donma süresi ise 270 dakikadır. 90 µm elekte kalan miktar % 0.3, 45 µm elekte kalan miktar ise % 3.8'dir. Çimentonun kimyasal analiz sonucu Çizelge 3'de verilmiştir.

Çimentonun fiziksel ve kimyasal özellikleri TS EN 196-1'e [11] göre uygunluk göstermektedir.

Çizelge 3. Çimentonun Kimyasal Analizi.

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O
19.97	5.64	4.02	62.08	2.35	2.86	0.95
Na ₂ O	LOI	Serbest Kireç	Kızdırma Kaybı			
0.21	0.94	1.11	1.52			

2.6. Kilitli Beton Parke Blokları

Kilitli beton parke blokları (KBPB) veya taşları estetik görüntüsü ve kullanım avantajları ile dış zeminlerde, şehir içi araç ve yaya yollarında, sanayi tesislerinin iç ve dış mekânlarında, park, bahçe, yürüyüş ve şehir içi yaşam alanlarında ve toplu konut alan ve yollarında oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır.

KBPB'nin alternatif malzemelere kıyasla birçok avantajı mevcuttur. Çok çeşitli form ve renkleri, asfalt ve dökme beton kaplamaya göre daha esnek ve ekonomik olması, yaya geçidi ve diğer yol işaretlerinde renkli taş uygulaması, kısa ömürlü olan boyama işlemini ortadan kaldırması söylenebilir. Ayrıca, KBPB % 5'ten daha az bir emiciliğe sahiptir. Bu oran asfalt ve diğer kaplama malzemelerinin emiciliğinden oldukça düşüktür. Bu nedenle, yol ömrüne ve görüntüsüne en fazla zarar veren tuzlar ve kimyasalların zararlı etkileri azalmaktadır.

KBPB döşenmesi kolay olup, özel makine ve çok kalifiye işçi gerektirmez. Herhangi bir alt yapı çalışması için kırılmadan sökülüp tekrar yerine kaplanabilir. Döşeme işlemi her iklim şartlarında yapılabilirdiğinden, zamanlamadan doğacak maliyet artışını önler. Kullanım kolaylığı, uzun ömrü, bakım ve onarım masraflarının az oluşu, KBPB'yi kullanabilecek en ekonomik malzeme olmasını sağlar. KBPB tamamen yerli malzemelerden üretilmesi ülke ekonomisi açısından önemli bir avantajdır.

Yaprak, S tipi, çim plağı, ünitez parke, prizma parke ve kilitli parke gibi çeşitli şekillerde ve boyutlarda üretilmektedir. Çalışmada kilitli beton parkeler kullanılmıştır. Bu parkenin boyut ve ağırlık özellikleri Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. KBPB'nin Boyut ve Ağırlık Özellikleri.

Genişlik	Uzunluk	Yükseklik	Adet/m ²	kg/adet	kg/m ²
163	198	100	36	5.8	210
163	198	80	36	4.8	173
163	198	60	36	3.8	135

1.7. Deney Yöntemleri

KBPB karışım deneyleri, Kozan Belediyesi (Adana) parke üretim tesislerinde yapılmıştır. Tüm karışımlar için normal musluk suyu kullanılmıştır. Tüm numuneler % 65 rölatif nem şartlarında, 20°C sabit sıcaklıkta ve çevre şartlarına tabii tutulmuşlardır. Tüm numuneler 3, 7, 28, 90 ve 180 gün kür şartlarında testleri yapılmıştır.

Tek eksenli basma dayanımı ve yarmada çekme dayanımı ASTM C-39: [12]; TS EN 12390-5: [13] ve BS EN 1338: [6] standartlarına göre yapılmıştır. Dayanım testleri KBPB her bir karışım numunesinden uzunluğu çapının iki katı olmak üzere en az beş karot numunesi bilgisayar kontrollü, tam otomatik baskı makinesi ile yapılmıştır.

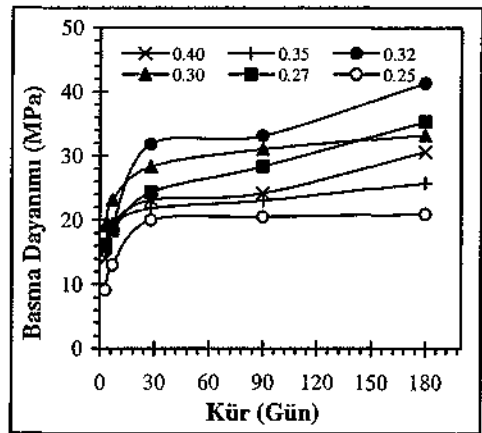
KBPB numunelerinin yüzey sertlikleri Digi-Schmidt 2000 kullanılmasıyla ölçülmüştür. Bu ölçümlerde ASTM C805: [14] ve BS EN 12504.2: [15] standartları esas alınmıştır. Her bir karışım numunesinin farklı noktalarında en az yirmi ölçüm alınmıştır. Aşınma direnci testinde Böhme Metodu kullanılmış olup, BS EN 1338: [6] ve TS 2824 EN 1338 :[5] standartları kıstas alınmıştır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

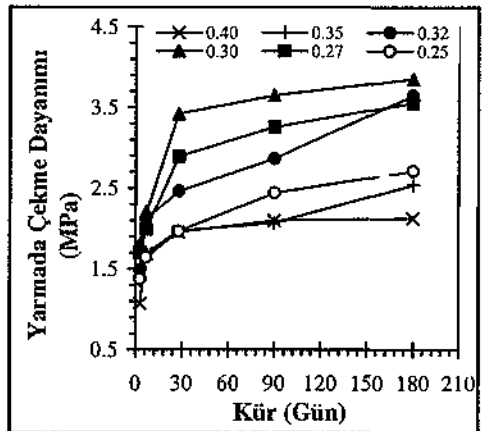
3.1. Su-Çimento Oranı ve Dozajın Belirlenmesi

Optimum su-çimento oranını belirlemek için, dayanım, sertlik ve aşınma değerleri esas alınarak altı farklı su-çimento oranında (0.25, 0.27, 0.30, 0.32, 0.35 ve 0.40) karışım (A, B, C, D, E, F) hazırlanmıştır. Bu karışımlar 3, 7, 28, 90 ve 180 gün kür sürelerinde dayanım ve çekme dayanımları yapılmıştır. Çeşitli kür sürelerinde tek eksenli basma dayanım sonuçları Şekil 3'de verilmiştir. Dayanım KBPB'nin kalitesini ve özelliklerini değerlendirmede önemli bir parametredir. Şekil 3'den de görüldüğü gibi tüm karışımların dayanımı kür süresinin artmasıyla artmaktadır. En yüksek

dayanım 0.32 su/çimento oranı ile elde edilmiştir. Bu en uygun karışım olarak düşünülmüştür. Ancak, en yüksek yarmada çekme dayanımı 0.30 su/çimento oranında görülmüştür. Bu durum Şekil 4'de sunulmuştur. Sonuç olarak, 0.30-0.32 yapılacak karışımlar için en uygun su/çimento oranları düşünülmüştür. Ayrıca yukarıda belirtilen su/çimento oranları için Böhme aşınma deney sonuçları 7, 28, 90 ve 180 gün kür sürelerinde ve sertlik sonuçları 28 ve 90 gün kür sürelerinde Çizelge 5'de verilmiştir. Bu aşınma ve sertlik sonuçları 0.30 ve 0.32 su-çimento oranının en uygun olduğunu desteklemektedir.



Şekil 3. Farklı Su-Çimento Oranlarında Basma Dayanımı ve Kür Grafiği.



Şekil 4. Farklı Su-Çimento Oranlarında Yarmada Çekme Dayanımı ve Kür Grafiği.

Çizelge 5. Farklı Su-Çimento Oranlarında ve Kür Sürelerinde Böhme Aşınma Direnci ve Schmidt Sertlik Sonuçları.

W/C	Böhme aşınma (cm ³ /50cm ²)			Schmidt sertlik		
	7	28	90	28	90	180
0.25	12.3	12.1	11.9	10.3	23.8	24.2
0.27	12.1	11.2	10.4	10.2	29.5	34.9
0.30	11.3	10.7	10.1	9.4	33.9	36.9
0.32	10.4	10.2	9.7	8.2	31.7	36.2
0.35	11.1	10.8	10.1	9.6	28.2	35.1
0.40	12.1	12.0	10.3	10.1	27.8	30.3

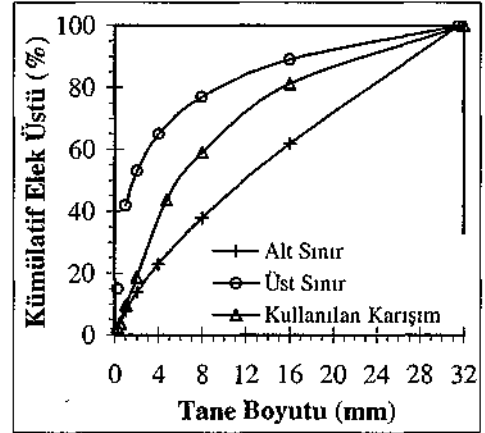
Altı adet dozaj deneyleri yapılmıştır. Farklı kür sürelerinde dozaj deney sonuçları ve basma dayanım sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir. Çizelge'den de görüldüğü gibi 300 dozaj en yüksek dayanıma sahip olup, KBPB için bu değer, en uygun dozaj değeri olarak değerlendirilmiştir. Özellikle belirtmek gerekir ki, yarmada çekme dayanımı, sertlik ve aşınma sonuçları da 300 dozajın en uygun olduğunu desteklemektedir.

Çizelge 6. Dozaj Özellikleri ve Farklı Kür Sürelerinde Basma Dayanımı Sonuçları.

Dozaj	Çimento (%)	Su (%)	Kür süresi (gün)				
			3	7	28	90	180
450	19.8	5.6	14.1	19.4	23.9	26.0	41.2
400	18.0	5.2	15.0	19.5	26.0	29.0	42.2
350	16.3	4.8	16.1	19.2	22.5	25.0	40.6
300	14.3	4.4	19.1	23.2	28.1	28.5	48.8
250	12.3	4.0	16.2	18.4	26.3	27.6	26.1
200	10.2	3.5	9.4	13.0	20.3	27.5	27.2

3.2. Agrega Boyutu ve Oranlarının Belirlenmesi

Çalışmada 0-5 mm, 5-10 mm ve 10-20 mm üç farklı tane boyutuna sahip agrega kullanılmıştır. Bu agregalar TS 3530 EN 933-1'e [16] göre elek analizine tabi tutulmuş ve farklı oranlarda karıştırılarak (0-5 mm: %30, 5-10 mm: %30 ve 10-20 mm: %40) TS 706 EN 12620'ye [1] göre granülometrik eğri içerisinde 4 nolu bölgede olan karışımlar elde edilmiştir. Elde edilen agreganın granülometrik dağılımı Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. KBPB Karışımlarında Kullanılan Agreganın Granülometrik Dağılımı.

Su-çimento oranı belirlenmiş olan karışımlarda en uygun tane boyutu ve oranlarını belirlemek amacıyla üç farklı tane boyutuna sahip malzeme kullanılmıştır. KBPB'nin yüksekliğinin 60 mm olması nedeniyle agreganın maksimum tane boyutu 20 mm olarak seçilmiştir. 0-5 mm, 5-10 mm ve 10-20 mm tane boyutuna sahip agregalar % 20'lik dilimler halinde toplam 21 adet değişik karışımlarının granülometrik dağılımları incelenmiş olup, TS 706 EN 12620 ye [1] uygun olan 6 adet karışım (A, B, C, D, E, F) hazırlanmıştır. Hazırlanan harç için su çimento oranı 0.30-0.32 dozaj ise 300 olarak alınmıştır. Bu karışımlar 3, 7, 28, 90 ve 180 gün kür sürelerinde, basma dayanımı [17], yarmada çekme dayanımı [18], Schmidt sertlik indeksi [10] ve Böhme aşınma testleri [5] yapılmıştır. Agrega boyutları, oranları karışımlarının basma dayanım sonuçları Çizelge 7'de verilmiştir. Yukarıda da belirtildiği gibi öncelikle altı karışım yani A, B, C, D, E, F hazırlanmıştır. Bu karışımların dayanım sonuçları değerlendirilmiştir. Buradan da görüldüğü gibi "D" karışımı tüm kür sürelerinde en yüksek dayanıma sahiptir. "D" karışımı daha detaylı analizini yapabilmek için üç farklı tane boyutundaki agreganın % 10'luk oran farkları kullanılarak granülometrik dağılımı TS 706 EN 12620: [1]'e uygun olan beş (D₁, D₂, D₃, D₄, D₅) yeni karışım hazırlanmıştır (Çizelge 7).

Çizelge 7. Farklı Granülometrik Dağılım Sunan Agregaların Karışım Oranları ve Basma Dayanım Değerleri.

Karışım kodu	Agrega boyutu (mm) ve oranları % ve kg/m ³						Farklı kür sürelerinde (gün) basma dayanımı (MPa)				
	0-5		5-10		10-20						
	(%)	(kg/m ³)	(%)	(kg/m ³)	(%)	(kg/m ³)	3	7	28	90	180
A	16	274	16	274	49	822	20.8	27.4	28.3	29.2	29.6
B	16	358	33	548	33	548	17.6	21.6	26.3	27.1	26.1
C	16	358	49	822	16	274	19.6	23.4	25.8	25.7	29.4
D	33	716	16	274	33	548	22.6	30.3	30.6	32.6	36.8
D ₁	24	413	8	138	49	827	19.0	22.8	23.8	22.0	35.5
D ₂	24	537	16	276	41	689	18.3	23.5	23.5	24.5	29.9
D ₃	24	537	24	414	33	551	18.6	21.1	23.7	25.3	28.6
D ₄	33	716	8	138	41	689	21.5	25.2	26.8	31.6	36.4
D ₅	41	894	8	138	33	551	19.3	20.1	20.3	22.8	25.8
E	33	716	33	548	16	274	21.4	23.5	24.2	30.6	34.5
F	49	1073	16	274	16	274	17.7	25.9	28.7	29.3	29.1

Bu karışımlarında dayanım, sertlik ve aşınma testleri yapılmıştır. Bu karışımlardan da "D₄" karışımı tüm kür sürelerinde en yüksek dayanım vermiştir. Sonuç olarak, KBPB üretim için "D" karışımı % 33 0-5 mm, % 16 0-10 mm ve % 33 10-20 mm Agregaya veya "D₄" karışımı % 33 0-5 mm, % 8 5-10 mm ve % 41 10-20 mm agregalar kullanılabilir en uygun modellerdir.

Çizelge 7'deki karışımlara ait yarmada çekme dayanımı, Schmidt yüzey sertlik ve aşınma sonuçları Çizelge 8-10'da verilmiştir. Bu çizelgeden de görüldüğü gibi kür sürelerinin artmasıyla çekme dayanımı ve sertlik değerleri artmakta ve aşınma değerleri düşmektedir. Bu sonuçlar "D" ve "D₄" karışımlarının KBPB için en uygun üretim reçeteleri olarak kullanılabilir.

BS EN 1338: [6] standardına göre, 28 günlük kür süresinde KBPB'nin yarmada çekme dayanımı yol uygulamaları için 3.6 MPa'dan daha düşük olmamalı ve her bir numune test sonucunun 2.9 MPa'dan aşağı olmaması gerekir. Çizelge 8'den de görüldüğü gibi 28 ve 90 gün kür sürelerinde D, D₄ ve E karışımları BS EN 1338:[6] standardını sağlamaktadır. 180 gün kür süresinde ise tüm karışımlar bu standarda uygunluk göstermektedir. Sonuç olarak, KBPB için karışım modeli ve kür süresi en önemli parametreler olarak değerlendirilebilir.

Çizelge 8. Farklı Kür Sürelerinde Yarmada Çekme Dayanımı.

	3	7	28	90	180
A	2.2	3.0	3.2	3.4	3.6
B	1.8	3.1	3.4	3.5	3.6
C	3.1	3.2	3.4	3.4	3.7
D	3.6	4.3	4.5	4.7	4.9
D ₁	2.1	2.5	2.6	2.7	3.9
D ₂	2.0	2.9	3.1	3.5	4.1
D ₃	2.0	2.8	3.2	3.4	4.0
D ₄	2.5	3.2	3.6	3.8	4.5
D ₅	1.9	2.9	3.1	3.3	3.5
E	2.7	3.5	3.8	4.2	4.4
F	2.1	3.2	3.4	3.5	3.8

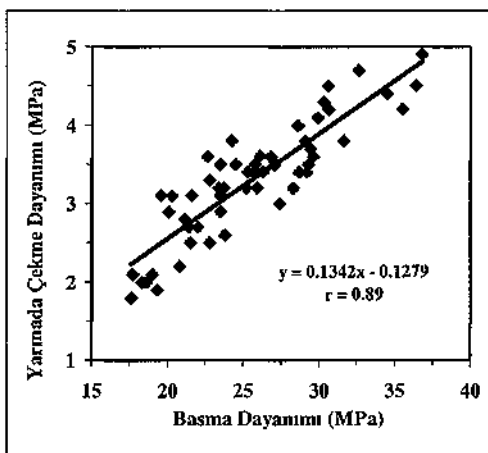
Çizelge 9. Farklı Kür Sürelerinde Schmidt Yüzey Sertlik Sonuçları

	3	7	28	90	180
A	26.7	28.7	33.3	34.0	35.2
B	26.4	25.7	29.0	32.4	35.0
C	25.5	28.0	32.0	33.2	34.4
D	27.3	30.2	32.3	35.3	36.9
D ₁	26.5	30.1	33.6	33.9	35.4
D ₂	24.4	28.3	32.5	34.4	35.2
D ₃	25.8	29.5	32.2	33.8	34.8
D ₄	28.4	29.6	35.3	36.9	37.5
D ₅	25.1	26.6	29.5	31.4	33.8
E	26.3	27.9	29.1	34.2	36.0
F	24.6	28.4	29.8	35.6	37.0

Çizelge 10. Farklı Kür Sürelerinde Aşınma Direnç Sonuçları.

	3	7	28	90	180
A	12.3	11.6	10.5	10.3	9.9
B	13.8	12.6	9.9	9.3	8.4
C	11.5	11.2	10.4	10.2	9.3
D	9.9	9.5	9.1	8.4	6.2
D ₁	12.5	10.8	9.8	9.3	7.2
D ₂	12.9	11.1	10.2	9.5	7.4
D ₃	12.8	9.6	9.1	8.9	8.7
D ₄	10.5	9.2	8.5	7.8	6.5
D ₅	12.5	10.1	9.8	8.8	8.2
E	12.2	11.9	11.3	10.	6.5
F	13.3	12.1	11.2	10.6	9.8

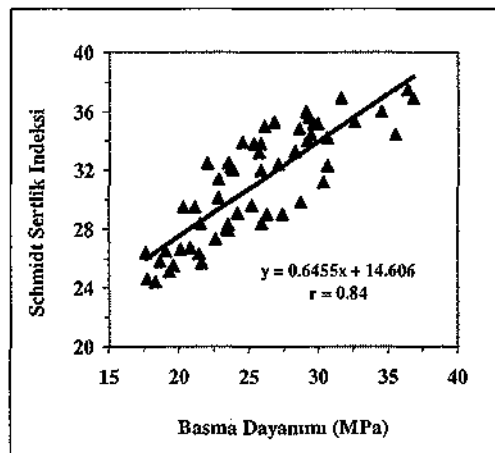
Basma dayanımı ile yarmada çekme dayanımı ilişkisi Şekil 6'da verilmiştir. İki dayanım arasında doğrusal iyi bir ilişki mevcuttur. İki parametre arasındaki korelasyon katsayısı 0.89'dur.



Şekil 6. Basma Dayanımı ile Yarmada Çekme Dayanımı Arasındaki İlişki.

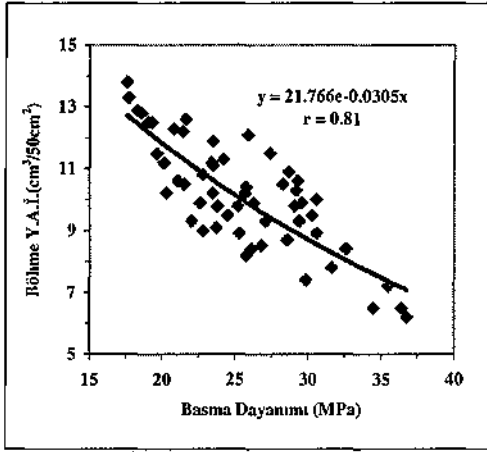
Schmidt yüzey sertliği eski, numuneye zarar vermeyen ve oldukça sık kullanılan bir testtir. Bu test güvenliği yüksek, iyi yapı tasarımı sağlayan, hızlı ve çok ekonomik bir yöntemdir. Schmidt sertlik testi KBPB'de lokal değişimlere oldukça hassastır. Örneğin, çekiç ucu altındaki büyük bir agrega parçasının varlığı yüksek sonuca, tersine çekiç ucunda bir boşluğun olması

düşük sonuç ölçümüne neden olmaktadır. Sonuç olarak, KBPB aşınma direnci, parkelerin yüzey sertliğine bağlıdır. Aynı kür sürelerinde ölçülen basma dayanımı ile Schmidt sertlik sonuçlarının ilişkisi Şekil 7'de sunulmuştur. İki parametre arasındaki korelasyon katsayısı $r = 0.84$ olup, doğrusal bir ilişki vardır. Genellikle dayanımı yüksek olan malzemenin yüzey sertliği de yüksek olmaktadır.



Şekil 7. Basma Dayanımı ile Schmidt Yüzey Sertlik İndeksi Arasındaki İlişki.

Aşınma KBPB'nin tüm karışım kür sürelerinin artmasıyla düşmektedir. Bu düşüş 90 ve 180 günlük kür sürelerinde oldukça düşük miktarlardadır (Çizelge 10). Bu durum kür süresinin KBPB aşınmasında çok önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Şekil 8'de gösterildiği gibi tüm karışımlarda aşınma, basma dayanımı ile orantılı olarak bulunmektedir. Basma dayanımı ile aşınma direnci arasında negatif üssel bir ilişki mevcuttur (Şekil 8). Yani basma dayanımı arttığında aşınma azalmaktadır. KBPB'nin aşınma mekanizmasında lokal olarak yüksek-yoğun stres etkili olmaktadır. Aşınma direnci dayanım ve yüzey sertliği tarafından kontrol edilmektedir. Yüksek dayanımlı KBPB yüksek aşınma direnci sergilemektedir. Örneğin dayanım 15 MPa artması, aşınma direncini % 30-40 azaltmaktadır.



Şekil 8. Basma Dayanımı ile Aşınma Direnci Arasındaki İlişki.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmanın sonuçları aşağıda maddeler halinde özetlenebilir:

1. Ceyhan yöresi kireçtaşı kırmataş agregalarının mekanik, fiziksel, petrografik ve kimyasal özellikleri tanımlanmıştır. Agregaların beton üretiminde ve yol üst yapısında kullanımı, standartlara uygunluk göstermektedir.
2. Agregaların kilitli beton parke blokları (KBPB) için kullanımında, en uygun su-çimento oranı 0.30-0.32 olarak belirlenmiştir.
3. KBPB üretimi için en uygun dozaj 300 olarak bulunmuştur.
4. En ideal karışımlar ("D" veya "D₄") % 33 0-5 mm, % 16 5-10 mm ve % 33 0-5 mm veya % 33 0-5 mm, % 8 5-10 mm, % 41 10-20 mm agregası içerdikleri bulunmuştur. Bu agregası oranları ve granülometrisi KBPB'nin mühendislik özelliklerini arttırmakta ve üretim maliyetini düşürmektedir.
5. KBPB'nin basma dayanımı, yarmada çekme dayanımı ve Schmidt yüzey sertliği arasında pozitif doğrusal bir ilişki mevcuttur. Basma dayanımı ile aşınma direnci arasında da üssel negatif bir korelasyon varlığı söz konusudur.

Kaynaklar

- [1] TS 706 EN 12620, "Beton Agregaları", TSE yayınları, Ankara, 46s, 2003,
- [2] BS 812:2, "Methods for Determination of Physical Properties", BSI, London, 1995.
- [3] BS 812:101, "Guide to Sampling and Testing Aggregates", BSI, London, 2000.
- [4] ASTM C-33-01a, "Specifications for Concrete Aggregates", Annual Book of ASTM standards, 2001.
- [5] TS 2824 EN 1338, "Zemin Döşemesi için Beton Kaplama Blokları-Gerekli Şartlar ve Deney Metotları", TSE yayınları, Ankara, 62s, 2005.
- [6] BS 1338, "Concrete Paving Blocks-Requirements and Test Methods", BSI, London, 2003.
- [7] Kozlu, H., "Misis -Andırın Dolaylarının Stratigrafisi ve Yapısal Evrimi", Türkiye 7. Petrol Kongresi, Ankara.
- [8] Kelling, G.; Gökçen, S.L.; Floyd, P.A.; Gökçen, N., "Neogene Tectonics and Plate Convergence in The Eastern Mediterranean", New data southern Turkey Geology, V.15, 425-429, 1987.
- [9] TS 699, "Tabii Yapı Taşları-Muayene ve Deney Metotları", TSE yayınları, Ankara, 84s., 1987
- [10] ISRM, "Rock Characterization Testing and Monitoring ISRM Suggested Methods", Brown, E.T., (Editor), Pergamon Press, 211 p, 1981.
- [11] TS EN 196-1, "Çimento Deney Metotları- Bölüm 1: Dayanım", TSE yayınları, Ankara, 24s, 2002.
- [12] ASTM C-39, "Test for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens", Annual Book of ASTM Standards, 2001.
- [13] TS EN 12390 -5, "Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 5: Flexural strength of test specimens", TSE, Ankara, 2002.
- [14] ASTM C 805, "Test for Rebound Number of Hardened Concrete", Annual Book of ASTM Standards, 1997.
- [15] BS EN 12504:2, "Testing Concrete in Structures, Non - destructive Testing Determination of Rebound Number", BSI, London, 2001.

[16] TS 3530 EN 933-1, “ Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini - Eleme Metodu ”, *TSE yayınları, Ankara*, 11s, 1999.

[17] TS EN 12390-3, “Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri- Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini”, *TSE yayınları, Ankara*, 12s, 2003.

[18] TS EN 12390-6, “Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 6: Deney numunelerinin yarmada çekme dayanımının tayini”, *TSE yayınları, Ankara*, 6s, 2002

Döşeme ve Kaplama Plaklarının Yapımında Kullanılan Agreganın Cins ve Boyutlarının, Plakların Fiziko-Mekanik Özelliklerine Etkisi

The Effects to Physico-Mechanical Properties on The Types and Dimension of Aggregates Used for Production of Concrete Flooring Tiles

Ahmet M. Kılıç, M. Özgür Keskin

Çukurova Üniversitesi, Müh.-Mim. Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 01330, Balcalı, ADANA
kilicm@cu.edu.tr; okeskin@cu.edu.tr

ÖZ: Yapılarda kullanılan döşeme ve kaplama plaklarının, estetik yönleri yanında, dayanımlarının yüksek ve mümkün olabildiğince hafif olması istenir. Bu amaçla günümüzde, hem ince ve hem de yapılarında kullanılan dayanım değerleri yüksek malzemelerle, suni mermer plaklar üretilmektedir. Suni mermer plak olarak tanımlanan döşeme ve kaplama plakları genel olarak, belirli oranlarda agrega, çimento ve su karışımlarıdır. Bu plakların üretiminde, farklı cins (bazalt, kireçtaşı) agregalar kullanılabilir. Yapılarına giren farklı cins bu agregalar da plaklara, farklı dayanım özellikleri kazandırmaktadır. Agreganın türü dışında, boyutu da fiziko-mekanik değerlere etki etmektedir. Bu çalışma kapsamında, agrega tür (bazalt ve kireçtaşı katkılı) ve boyutunun (0-2 mm ve 4-7 mm) kaplama plakalarının fiziko-mekanik özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Döşeme ve kaplama plakaları, Agreganın Cins ve Boyutlarının, Fiziko-mekanik özellikler,

ABSTRACT: The concrete flooring tiles being used in buildings aim to have mere aesthetic and in addition to this more resistible and lighter. However, The artificial marble tiles which have high resistance values are produced, nowadays. This artificial marble tiles are according to there generally produced from agreeable ratio of aggregates, cement and water mixtures. These kind of tiles can be produced from different types of (basalt, limestone) aggregates. However, the tiles produced from different aggregates give the different resistance properties. Except for the type of the aggregate, the dimension of the aggregate is affected the physico-mechanical values of the flooring tiles. In this study, the physico-mechanical properties of the aggregates being produced flooring tiles have investigated and then the difference of the production properties on different types of aggregates have been tried to find. However, the values found from the tests have been investigated in statistically and comparatively.

Key words: Flooring tiles, Aggregate, Physico-mechanical properties

1. GİRİŞ

Döşeme plakları, karosiman, karo-mozaik, dizme (palladiyen), suni mermer, özel biçimli ve yivli olmak üzere çeşitli sınıflara ayrılır. Yapımlarından en çok 28 gün sonra bu plakların bazı fiziko-mekanik özelliklere sahip olması istenir. Bu özellikler, görüntüş, biçim ve gönyeden sapma, yüzey düzgünlüğü (düzlem yüzölçümü), yüzey parlaklığı, su emme, eğilmede çekme mukavemeti, aşınmaya dayanıklılık, rengin ışığa dayanıklılığı ve dona dayanıklılık gibi özelliklerdir. Bu özellikleri tespit etmek için TS 213/Nisan 1994 ve TS 213-1 EN 13748-1 /Eylül 2005 standartlarında belirtilen bazı deneyler kullanılır. TS 213 standardı, Eylül 2005'te yürürlüğe giren TS 213-1 EN 13748-1 standardı ile değiştirilmiştir. Suni mermerler için görüntüş özelliğinde, çatlak, kırık köşe ve kenarlar, agrega danelerinin düşmesinden dolayı veya başka nedenlerden dolayı meydana gelmiş çukur ve boşluklar bulunmamalıdır. Biçim ve gönyeden sapma özelliğinde, üst yüz ile yan yüzün birbirini kestiği yerdeki açılar ile yan yüzün kesişen kenarları arasındaki açılar dik olmalıdır. Yüzey düzgünlüğü özelliğinde, düzlemde sapma miktarı, plakların boyutunun % 0,75'inden fazla olmamalıdır. Yüzey parlaklığı, 35 Gloss'tan az olmamalıdır. Su emme miktarı % 5'ten fazla olmamalıdır. Eğilmede çekme mukavemeti değeri 5 N/mm²'den ve aritmetik ortalaması 6 N/mm²'den küçük olmamalıdır. Aşınma değeri tek plak için 50 cm²'lik numune yüzey alanında 18 cm³'ten aritmetik ortalaması 15 cm³'ten fazla olmamalıdır. Don deneyinden sonra, eğilmede çekme mukavemeti değeri 4 N/mm²'den ve aritmetik ortalaması 5 N/mm²'den küçük olmamalıdır [1]. Kullanımda, bu özelliklerden bazılarının, standartlara uygunluğunun deneylerle tespit edilmesi istenir. Bu özellikler, yüzey parlaklığı, su emme yüzdesi, aşınmaya dayanıklılık ve eğilmede çekme mukavemetidir. Bu özelliklerin tayini için laboratuvar deneylerinde kullanılacak numunelerin belirli boyutlarda olması istenir (Şekil 1). Bu boyutlar, su emme için normal plak boyutu iken, aşınma deneyi için 71 mm×71 mm, eğilmede çekme mukavemeti deneyi için ise plak kalınlığı ×100 mm×200 mm' dir [1,2].



Şekil 1. Deneylerde Kullanılan Plaklardan Kesilmiş Numuneler

2. MALZEME TEMİNİ VE ÜRETİM YÖNTEMİ

Karo üretim tesisinde üretilen suni mermer plaklardan alınan numuneler, kullanımda istenilen özelliklerin tayini için Çukurova Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Kalite Kontrol Laboratuvarları'nda su emme, eğilmede çekme mukavemeti, aşınmaya dayanıklılık deneylerine tabi tutulmuştur.

Döşeme ve kaplama plaklarının üretiminde kullanılan agregalar, Marmara Adası (İstanbul), Ceyhan (Adana) ve Mersin Bölgesi'ndeki taş ocaklarından, plaklarda dolgu malzemesi olarak kullanılan mikronize mermer tozu ise Niğde Bölgesi mermer ocaklarından gelmektedir. Plaklarda yine desen ve dayanım için kullanılan bazalt ise Sivas'taki taş ocaklarından, genelde kırılmış ve sınıflandırılmış olarak, getirilmektedir. Ocaklardan sınıflandırılmamış malzeme gelmesi durumunda, fabrikada bulunan eleklerden geçirilerek sınıflandırılır. Bu eleme işlemi genelde, 4 mm altı malzemeyi ayırmak için yapılmaktadır. Plakların üretiminde ana malzeme olarak kullanılan çimento ise Adana Bölgesi Oyak Çimento Fabrikası'ndan getirtilen beyaz çimentodur.

Beyaz çimentolu suni mermer plakların üretiminin ilk aşamasında, bir harmanda, 50 kg çimento, 75 kg mermer tozu ve 150 kg agrega suyla birlikte, mikser içinde karıştırılır. Karışım, kalıp makinasında kalıba dökülerek preslenmekte ve kür süresini tamamlamak için kurumaya bırakılmaktadır. Kür süresi, 7-15 gün

arasında değişmekte ve plaklar zaman zaman sulanmaktadır. Kür süresini tamamlayan plaklar cilalama işlemine tabi tutulmaktadır. Cilalamadan çıkan plaklar kullanıma hazır hale gelmektedir. Bu işlemten sonra paketlemeye geçilmektedir.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Döşeme ve kaplama plakalarının endüstriyel kullanımı için, görünüş, biçim ve gönyeden sapma, yüzey düzgünlüğü (düzlem yüzölçümü), yüzey parlaklığı, su emme, eğilmede çekme mukavemeti, aşınmaya dayanıklılık, rengin ışığa dayanıklılığı ve dona dayanıklılık gibi özelliklerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında bu özelliklerden; su emme, eğilmede çekme mukavemeti ve aşınmaya dayanıklılık özelliklerini tespit etmek için TS 213/Nisan 1994 ve TS 213-1 EN 13748-1 /Eylül 2005 standartlarında uygun deneyler gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, fabrikadan her bir cins numune için rastgele 20 adet (4 adet 5'lik paket) numune alınmış ve bu numunelerden rastgele seçilen plaklar üzerinde, yukarıda belirtilen fiziko-mekanik özellikler belirlenmiştir.

3.1. Su Emme Deneyi

Her bir cins için laboratuara getirilen plaklardan 4 adet plak deney için ayrılarak, yüzeyleri kuru bir bezle silinmiş ve kuruması için 24 saat süreyle etüvde bekletilmiştir (Şekil 2). Kuruyan plaklar desikatörde soğutulduktan sonra, havanın neminden etkilenmemesi için, hemen tartılmış ve 4 cm derinliğe sahip, içleri su dolu, metal tepsilere yerleştirilmiştir. Bu şekilde su içerisine bırakılan numuneler ısıtıcı üzerine konularak suyun kaynaması beklenmiş ve 5 saat süresince su kaynatılmıştır. Bu işlemten sonra ısıtıcının üzerinden alınan ve içerisinde numune bulunan tepsisi, yaklaşık oda sıcaklığına gelinceye kadar soğutulmuştur. Daha sonra plaklar su içerisinden alınıp ıslak bir bez yardımıyla silinmiş ve hemen tartılmıştır.

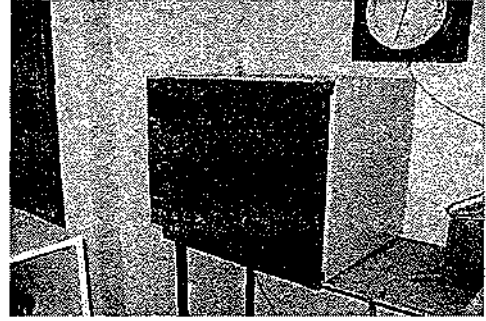
Deneyin tamamlanmasından sonra, tartım değerlerinden faydalanılarak aşağıdaki formülle kütlerce yüzde su emme oranı tespit edilmiştir.

$$S = (m_d - m_k) / m_k \times 100 \quad (1)$$

Formülde;

m_k : Numunenin kurutulmuş kütlesi (gr),

m_d : Kaynatılarak su emdirilmiş numunenin kütlesi (gr)'dir.



Şekil 2. Laboratuarda Kullanılan Etüv

3.2. Eğilmede Çekme Mukavemeti Deneyi

Her bir cins için laboratuara getirilen plaklardan 5 adet plak deney için ayrılarak, bu plaklardan, Çukurova Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Kesme ve Parlatma Laboratuvarı'nda ıslak taş kesme testeresi ile, 10 cm×20 cm boyutlu numuneler elde edilmiştir. Bu numuneler etüvde 2 saat 110°C'de kurutulmuş ve oda sıcaklığına gelinceye kadar soğutulmuştur. Numunelerin kalınlıkları, en ve boy uzunlukları kumpas yardımıyla ölçülerek, eğilme dayanımı test cihazında kırılmış ve kırılma yükleri tespit edilmiştir (Şekil 3).

Numune boyutları ve kırılma yükü değerleri kullanılarak eğilmede çekme mukavemeti değeri, (f_c) N/mm² cinsinden aşağıdaki formülle tespit edilmiştir.

$$F_c = (3.P.L) / (2.b.d^2) \quad (2)$$

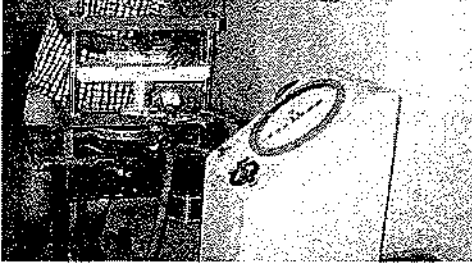
Formülde;

P : Kırılma anındaki yük (N),

L : Mesnetler arası mesafe (mm),

d : Numunenin ortalama kalınlığı (mm)

b : Plak genişliği (mm)'dir.



Şekil 3. Laboratuvarda Kullanılan Eğilmede Çekme Mukavemeti Dayanımı Deney Aleti

3.3. Aşınmaya Dayanıklılık Deneyi

Her bir marka için laboratuara getirilen plaklardan 5 adet plak deney için ayrılarak, bu plaklardan, ıslak taş kesme testeresi ile, her bir kenar uzunluğu $71 \pm 1,5$ mm olan kare prizma şeklinde numuneler hazırlanmıştır. Bu numuneler etüvde 2 saat 110°C 'de kurutulmuş ve oda sıcaklığına gelinceye kadar soğutulmuştur. Numunelerin parlak yüzeyleri, kenarlardan birer cm içeriden ve tam merkezden olmak üzere dokuz farklı noktadan işaretlenerek, aşınmadan önceki kalınlıkları kumpas yardımıyla tespit edilmiştir. Daha sonra, Böhme yüzey aşındırma cihazında (Şekil 4), TS 699/Ocak 1987'ye uygun olarak [3], aşındırıcı toz yardımıyla parlak yüzey aşındırılmıştır. Kullanılan aşındırıcı toz, zımpara tozu olarak adlandırılan ve standartlarda belirtilen, % 70-80 oranında Al_2O_3 içeren ve tane boyutu % 80'den fazla 0,100-0,125 mm olan gri renkli tozdur.

Aşındırma işleminden sonra, aşındırılan yüzey dokuz farklı noktadan işaretlenerek, kumpas yardımıyla kalınlıklar tespit edilmiştir. Aşınmadan önceki kalınlıkların aritmetik ortalamasının aşınmadan sonraki kalınlıkların aritmetik ortalamasından farkı alınarak, yüzey aşınma değeri aşağıdaki formülle, $\text{cm}^3/50 \text{ cm}^2$ cinsinden tespit edilmiştir.

$$\Delta h = (d_0 - d_1) \times 50 \quad (3)$$

Formülde;

d_0 ; Aşınmadan önceki ortalama kalınlık (mm)

d_1 ; Aşınmadan sonraki ortalama kalınlık (mm)'tir

(Formülde sonucun 50 ile çarpılmasının nedeni 50 cm^2 'lik yüzey alanının aşındırılması ve bu yüzeydeki hacimsel kaybın tespit edilebilmesidir).



Şekil 4. laboratuvarda Aşınmada Dayanıklılığı Belirlemek İçin Kullanılan Böhme Deney Aleti

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışma kapsamında, özellikle Çukurova Yöresinde kullanım olanağı bulan, Özçete Karo, Mermer, Hazır Basamak San. Tic. Ltd. Şirket'i'nde üretilen, Döşeme ve kaplama plakalarına ait; su emme, eğilmede çekme mukavemeti ve aşınmaya dayanıklılık özellikleri gibi fiziko-mekanik özellikleri belirlenmiştir. Deneyler fabrikada üretilen değişik malzeme ve değişik boyutlar için yapılmıştır. Her bir özelliği belirlemek için 10 adet olmak üzere toplam, 60 adet deney gerçekleştirilerek sonuçlar elde edilmiştir.

Su emme deneyi bazalt katkılı ve kireç taşı katkılı numuneler için ayrı ayrı belirlenmiş olup, deneylerde kullanılan tane boyut aralığı ise 0-4 mm ve 4-7 mm aralığındadır. Su emme deneyi sonucunda, su emme oranları ortalama % 3.86 ile % 4.96 aralığında elde edilmiş olup, bulunan sonuçlar Çizelge 1 ve 2'de verilmektedir.

Çizelgeelerde de görüldüğü gibi, her iki malzeme için de tane boyu aralığı büyüdükçe su emme yüzdesi azalmaktadır. Ayrıca, bazalt katkılı numunelerin su emme yüzdelерinin de, kireçtaşı katkılı numunelerin su emme yüzdelерine oranla daha yüksek değerlerde oldukları görülmektedir (Şekil 5).

Eğilmede çekme dayanımı deneyleri için de su emme deneyi için kullanılan özelliklerdeki numuneler kullanılmış olup, değerler, 8.7 N/mm^2 ile 9.7 N/mm^2 aralığında elde edilmiştir. Deneyler sonucunda elde edilen bulgular Çizelge 3 ve 4'de verilmektedir.

Eğilmede çekme mukavemeti değerleri incelendiğinde, bu değerlerin malzeme boyut ve cinsine bağlı olarak değiştiği görülmektedir.

Şöyle ki, malzeme boyutu küçüldükçe bu değerler küçülmemekte, buna karşın büyüdükçe ise bu değerler artmaktadır. Ayrıca kireçtaşı katkılı numunelerin eğilmede çekme dayanımı değerleri, bazalt katkılı olan numunelere göre daha yüksek olarak elde edilmiştir (Şekil 5).

Çizelge 1. Bazalt Katkılı Numunelerin Su Emme Değerleri

Numune Grubu 1 (Bazaltlı)	Tane Boyu, mm	Numune No	Su Emme %	Ortalama Su Emme, %
	0-4mm	1	4,95	4,96±0,027
		2	4,98	
		3	4,97	
		4	4,92	
		5	4,99	
	4-7 mm	1	4,39	4,36±0,031
		2	4,36	
		3	4,38	
		4	4,31	
		5	4,35	

Çizelge 2. Kireçtaşı Katkılı Numunelerin Su Emme Değerleri

Numune Grubu 2 (Kireçtaşı)	Tane Boyu, mm	Numune No	Su Emme %	Ortalama Su Emme, %
	0-4mm	1	4,77	4,76±0,015
		2	4,78	
		3	4,74	
		4	4,77	
		5	4,76	
	4-7 mm	1	3,81	3,86±0,032
		2	3,88	
		3	3,89	
		4	3,85	
		5	3,88	

Aşınmaya dayanıklılığın belirlenmesi içinde yukarıda belirtilen ve her iki deneyde de kullanılan özelliklere sahip numuneler kullanılmıştır. Deney sonucunda elde edilen

değerlerin $6.3 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ ile $8.5 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ arasında olduğu görülmüş olup elde edilen bulgular Çizelge 5 ve 6'da verilmektedir.

Elde edilen bulgular incelendiğinde, tane boyu yükseldiğinde bu değerlerin azaldığı, buna karşın düştükçe arttığı görülmektedir. Ayrıca, bazalt katkılı numunelerin aşınmaya karşı dayanıklılık değerlerinin, kireç katkılı numuneler oranla daha yüksek olduğu da görülmektedir (Şekil 5).

Çizelge 3. Bazalt Katkılı Numunelerin Eğilmede Çekme Mukavemeti Değerleri

Numune Grubu 1 (Bazaltlı)	Tane Boyu, mm	Numune No	Eğilme Muk., N/mm^2	Ortalama Eğilme Mukavemeti, N/mm^2
	0-4mm	1	8,7	8,7±0,15
		2	8,7	
		3	8,5	
		4	8,9	
		5	8,6	
	4-7 mm	1	9,1	9,2±0,11
		2	9,3	
		3	9,1	
		4	9,3	
		5	9,3	

Çizelge 4. Kireçtaşı Katkılı Numunelerin Eğilmede Çekme Mukavemeti Değerleri

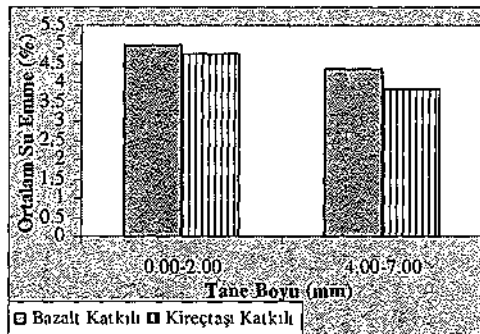
Numune Grubu 2 (Kireçtaşı)	Tane Boyu, mm	Numune No	Eğilme Muk., N/mm^2	Ortalama Eğilme Mukavemeti, N/mm^2
	0-4mm	1	9,5	9,4±0,17
		2	9,4	
		3	9,6	
		4	9,6	
		5	9,2	
	4-7 mm	1	9,8	9,7±0,11
		2	9,9	
		3	9,6	
		4	9,7	
		5	9,8	

Çizelge 5. Bazalt Katkılı Numunelerin Aşınma Kaybı Değerleri

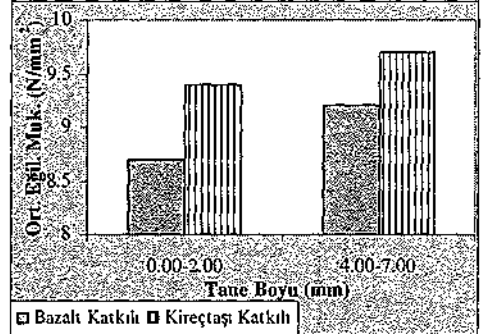
Numune Grubu 1 (Bazaltlı)	Tane Boyu, mm	Numune No	Aşınma Kaybı cm ³ /50 cm ²	Ortalama Aşınma Kaybı cm ³ /50 cm ²
	0-4mm	1	8,5	8,5±0,22
		2	8,9	
		3	8,3	
		4	8,6	
		5	8,5	
	4-7 mm	1	7,0	6,9±0,11
		2	6,9	
		3	7,1	
		4	6,8	
5		6,9		

Çizelge 6. Kireçtaşı Katkılı Numunelerin Aşınma Kaybı Değerleri

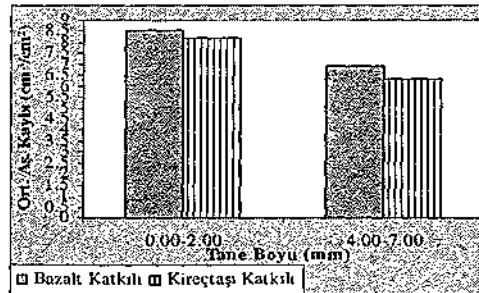
Numune Grubu 2 (Kireçtaşı)	Tane Boyu, mm	Numune No	Aşınma Kaybı cm ³ /50 cm ²	Ortalama Aşınma Kaybı cm ³ /50 cm ²
	0-4mm	1	8,3	8,2±0,12
		2	8,0	
		3	8,2	
		4	8,3	
		5	8,2	
	4-7 mm	1	6,6	6,3±0,19
		2	6,1	
		3	6,2	
		4	6,4	
5		6,4		



a) Su Emme



b) Eğilmede Çekme Mukavemeti



Şekil 5. Malzeme Boyut ve Cinsinin Fiziko-Mekanik Özellikler Üzerindeki Etkisi

5.SONUÇLAR

Gerçekleştirilen deneyler neticesinde aşağıda belirtilen sonuçlar elde edilmiştir:

- Deneyler sonucunda, elde edilen su emme, eğilmede çekme mukavemeti ve aşınmaya dayanıklılık değerleri, hem bazalt katkı ve hem de kireçtaşı katkı plaklar da, standartlarda istenilen değerleri karşılamaktadır.

- İri tanelerin kullanıldığı plakların ince taneli plaklara göre daha az su emme oranına, daha yüksek eğilme mukavemetine ve de daha az aşınma kaybı değerlerine sahip oldukları görülmüştür.

- Malzeme cinsine göre yapılan deneylerde ise; bazalt katkı plakların su emme oranının kireçtaşı katkı plaklara oranla daha yüksek, eğilmede çekme mukavemeti değerlerinin kireçtaşı katkı plaklara oranla daha düşük ve de son olarak, aşınma kayıplarının ise kireçtaşı katkı plaklara oranla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

- Bütün bunların yanı sıra, her iki cins plak için bulunan fiziko-mekanik değerler arasında çok büyük farklılıklar bulunmayıp bu değerler birbirlerine oldukça yakındır.

Teşekkür

Çalışmada yardımlarını esirgemeyen, Özçete Karo Ltd. Şti. Sahibi Sayın İsmail Özçete ve Burhan Özçete'ye teşekkür ederiz.

Kaynaklar

[1] "TS 213 Döşeme kaplama plakları-Beton". Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Nisan 1994.

[2] "TS 213-1 EN 13748-1 Terrazo Karolar-İç Mekânlarda Kullanım İçin". Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Eylül 2005.

[3] "TS 699 Tabii Yapı Taşları Muayene ve Deney Metotları". Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Ocak 1987.

Taş Ocaklarındaki Mevcut Kırma-Eleme Tesislerinin Performans Açısından Değerlendirilmesi

Evaluation in respect to Performance of Crushing-Sieving Plants in Quarry

Vedat Deniz & Sıtkı Ögütçü

Süleyman Demirel Üniversitesi, Müh.-Mim. Fakültesi, Maden Müh. Bölümü, Isparta, Türkiye
vedat@sdu.edu.tr

ÖZ: Taş ocaklarında kullanılan birçok boyut küçültme donanımı bulunmakla birlikte, uygun ekipmanın seçimi ve kırıcı özelliklerinin optimizasyonu, boyut küçültme işlemleri açısından önemlidir. Bu çalışmada, Isparta ve Denizli'de benzer özellikte olan taş ocaklarının kırma-eleme tesisleri örnek olarak incelenmiştir. Bu amaçla, tesislerde bulunan kırıcı ve elek giriş ve çıkışlardan numuneler alınmış ve kırıcı ve eleklerin performansları incelenmiş ve tesislerindeki uygulama hataları ortaya konmaya çalışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Taşocağı, Kireçtaşı, Kırma, Eleme, Performans

ABSTRACT: Although there are a lot of crusher equipments in quarries, choosing the optimum equipment and optimization of crusher properties are very important task for the operation of crushing. In this study, the crushing-sieving plants in Isparta and Denizli region were analysed as sample plants. Samples were collected from input and output of the crushers and sieves in these plants and the performance of these equipments were analysed for this aim. In addition, application errors of these plants were defined and some suggestions were recommended.

Key words: Quarry, Limestone, Crushing, Sieve, Performance

1.GİRİŞ

Kırma ve öğütme işlemlerinde enerji gereksinimi oldukça yüksektir. Enerjinin, işlemler açısından önemli bir sorun olduğu gerçeği göz ardı edilemez. Taş ocaklarında kullanılan bir çok boyut küçültme ekipmanları bulunmakla birlikte, uygun ekipmanın seçimi ve kırıcı özelliklerinin optimizasyonu, boyut küçültme işlemleri açısından önemlidir [1, 2].

Bir çok kırıcı üretici firması, kırılacak olan kayalar için bir çok tür kırıcı üretmektedir. Alternatifler arasından doğru seçim yapmak çok zordur. Genelde doğru seçim yapılamamakta ve verimsiz ve yanlış uygulamalar görülmektedir. Bir çok taş ocağında, birbirine benzer kırma-eleme ekipmanları söz konusudur. Fakat, taş ocaklarındaki kireçtaşlarının özellikleri farklı olmasına rağmen aynı ekipman ve aynı dizayn yaklaşımı tüm ocaklar açısından geçerlidir. Kırıcı-

eleme ekipmanın seçimi doğru olsa bile, kırıcı ve elekler verimsiz olarak çalıştırılmaktadır [3].

Genel uygulama, öncelikle bir çeneli kırıcı sonra bir şoklu kırıcı ardından da üç katlı bir elek olarak dizayn edilmektedir. Bu dizayn, hemen hemen tüm taş ocaklarındaki kırma-eleme tesislerinde benzerdir.

Taşocaklarında çok yaygın kullanılan çeneli ve darbeli kırıcıların, kireçtaşı türüne göre kırıcı ve elek çalışma parametreleri ve besleme miktarının etkileri konusunda yapılmış bir çalışma yoktur. Bu nedenle, bu tür çalışmaların kırıcı ve elek üretici firmalar ile farklı malzemeler için farklı dizaynlar yapılması için benzer modeller geliştirerek uygun seçimlerin yapılması da gerekmektedir.

Beton üretiminde kullanılan kum, çakıl, kırmataş gibi malzemelerin genel adı agregadır. Beton içinde hacimsel olarak %60-75 civarında yer işgal eden agregası önemli bir bileşendir.

Agregalar tane boyutlarına göre ince (kum, kırma kum v.b.) ve kaba (çakıl, kırmataş v.b.) agregalar olarak ikiye ayrılır. Agregalarda aranan en önemli özellikler şunlardır: Sert, dayanıklı ve boşluksuz olmaları, zayıf taneler içermemeleri (deniz kabuğu, odun, kömür v.b.) basınca ve aşınmaya mukavemetli olmaları, toz, toprak ve betona zarar verebilecek maddeler içermemeleri, yassı ve uzun taneler içermemeleri, çimentoyla zararlı reaksiyona girmemeleridir. Betonda kullanılacak agregalar -8+0, -16+8 -32+16 mm boyutunda olmalıdır [4].

Bir kırıcının kırma işlemini verimli yapması için, ufalama oranına uygun bir ufalama yapması gerekir. Eğer, kırıcının teorik ufalama oranlarının altında çalışıyorsa kırıcının gereksiz ufalama yaptığı, yani zaten ufalanmış olan bir malzeme beslediği ortaya çıkar ki, bu durumun çözümünde kırıcı öncesi bir eleminin yapılması gerekir. Eğer ufalama oranı büyük olursa da gereksiz ince malzeme üretimine neden olacak ve kırıcı kapasitesi düşecektir [2].

Bir eleğin elek verimi için bir çok formül geliştirilmiş olmasına rağmen ayırma işleminin zorluklarını hesaba katmadıkları için verim hakkında mutlak bir değer vermezler. Örneğin elek açıklığının çok altında ve çok üstünde irilik ve incelikte tanelerden oluşan bir besleme malının elek üstünde ayırma zorluğu aynı değildir. Eleme işleminin verimi Tromp eğrisinin eğimi ile de temsil edilebilir. Tromp eğrilerinin genel yapısı S eğrileri şeklindedir. Ordinat değerinin % 50 olduğu noktadan apsise çizilen paralelin eğriyi kestiği noktadan indirilen dikmenin yatay eksenini kestiği tane iriliği (dr) Tromp'a göre ayırma sınır tane iriliğini vermektedir. Bu tane iriliğindeki partikül eleme işleminde %50 ihtimalle elek üstü veya elek altı ürününe geçebilmektedir. Genel olarak sınır tane iriliği, elek açıklığından daha küçük bir değer almaktadır. Ayırma işleminin dikliği ile değerlendirilir. Bu eğri ne kadar dikse, ayırma o kadar başarılı olmuştur [5].

2. MALZEME VE YÖNTEM

Deneylerde, kimyasal özellikleri Çizelge 1'de verilmiş olan kireçtaşları kullanılmıştır. İlk önce malzemelerin standart Bond öğütülebilirlikleri yapılmıştır. Daha sonra, 4 farklı taş ocağındaki kırma-eleme tesisindeki kırıcı ve eleklerin giriş ve çıkışlarında zamana bağlı olarak temsili örnekler alınmış ve alınan örneklerin laboratuvarda elek analizleri yapılmıştır. Verilerden,

kırıcı ve elek performansları irdelenmeye çalışılmıştır.

Çizelge 1. Deneylerde kullanılan malzemelerin kimyasal özellikleri

Eleman	Amiroğlu	Ak beton	Kartuş	Özdenler
CaO	52.01	57.39	56.36	59.77
SiO ₂	0.28	0.00	0.18	0.27
Al ₂ O ₃	0.87	0.35	0.12	0.1
Fe ₂ O ₃	0.18	0.00	0.12	0.11
MgO	0.00	0.00	0.32	0.27
SO ₃	0.01	0.00	0.01	0.01
K ₂ O	0.02	0.02	0.05	0.08
CaCO ₃ + MgCO ₃	91.7	97.34	94.3	94.4

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1. Bond Öğütülebilirlik Deneyleri

Farklı devreden yük oranları için de yapılabilen Bond öğütülebilirlik deneyi birbirine bağlı işlemler dizisinden oluşur. Sadece birinci periyotta geçerli olmak kaydıyla; değirmenin kaç tur döndürüleceği, önceki deneyimlerden yararlanarak belirlenir. Bu değer genellikle 90-150 dönüş olarak alınabilir. Birinci periyotta, Bond değirmenine boyutları ve sayıları belli olan 20130 gr bilya ve -3.35 mm ufalanarak 700 cc sıkıştırılmış ve miktarı belirlenmiş malzeme konulur ve belirlenen dönüş sayısına ulaşınca kadar değirmen çalıştırılır. Bu işlemde sonra, öğütülmüş malzeme değirmenden alınır ve sına boyutundaki elekte elenir. Eleme işlemi tamamlandıktan sonra, elek altı malzeme yani ürün tartılır ve ayrı bir yere konulur. Elek üstü malzeme ise tekrar değirmene beslenir. Bu işlemlerin ardından birinci periyoda ait öğütülebilirlik hesaplanmalıdır. Öğütülebilirlik, değirmenin bir dönüşü ile üretilmek istenen boyuttaki sına boyutlu malzeme olup birimi g/dv dir [6].

Öğütülebilirlik deneyleri 4 farklı agrega tesisi içinde ayrı ayrı yapılmıştır. Bond öğütülebilirlik test sonuçları Kartuş-Avpaş'a ait kireçtaşında 1.77 g/dv, Amiroğlu Madencilğe ait

kireçtaşı 1.86 g/dv, Ak Beton'a ait kalsitte 2.79 g/dv, Özdenler Madencilik'e ait kireçtaşı 3.04 g/dv olarak tespit edilmiştir.

Öğütülebilirlik değerinin büyük olması malzemenin kolay ufalanacağını işaret etmektedir. Burada da Özdenler Madencilik A.Ş. ait kireçtaşının diğerlerine göre daha kolay ufalanacağı görülmektedir. Yapılan bu çalışma ile kireçtaşı tütünün ufalamada önemli rol oynadığı ortaya çıkmıştır. Standart Bond öğütülebilirlik değeri ile iş endeksi değerleri kırıcı seçiminde önemli rol oynamaktadır.

3.2. Taş Ocaklarının (Kırma-Elleme) Performans Açısından İncelenmesi

Ülke ekonomisine de önemli katkısı bulunan Agregatör üretim tesislerinde kullanılan ekipmanları, ekipmanların performansları ve teknik dizaynları açısından yeterliliklerini incelemek gerekmektedir. Bunun en temel nedeni boyut küçültmenin dünya enerji tüketiminin en fazla olduğu alan olmasıdır. Bu konuda duyarlılık, elbette ki Türkiye'deki enerji üretiminin ucuz olmamasıdır. Mevcut enerjiyi en ekonomik biçimde kullanmak ise en önemli amaç olmalıdır. Ülkemizde Agregatör sektöründe; Üretici firmaların büyük çoğunluğu "küçük-orta ölçekli işletmeler" olup, üretim miktarları değişken ve kalite anlayışı istenen derinlikte değildir. Üretim ölçekleri ellerindeki rezerv miktarlarına uygun değil, çoğu kez "optimum üretim ölçeğinin altında üretim yapmaktadırlar. Bu nedenle "genel verimlilik" ve birim yevmiye başına üretilen "katma değer" büyüklükleri çok düşüktür. Bununla birlikte taş ocaklarında kullanılan boyut küçültme ekipmanlarının optimizasyonu boyut küçültme açısından oldukça önemlidir.

Bu kapsamda Isparta yöresinde bulunan Kartaş-Avpaş Ltd.Şti. agregatör üretim tesisi, Denizli yöresinde bulunan Amiroğlu Madencilik, Ak Beton Şirketler Grubu ve Özdenler Madencilik A.Ş. agregatör üretim tesisleri incelenmiştir.

3.2.1. Kartaş-Avpaş Ltd. Şti. Agregatör Tesisi

Kartaş Ltd. Şirketi (Isparta) agregatör üretim tesisi homojen bir mineralojik özellik göstermektedir. Burada kullanılan kırıcılar; çeneli, darbeli ve çekiçli kırıcılardır. Yine burada kullanılan sınıflandırıcı 3 katlı titreşimli bir elek olup, elek boyutları 25mm, 10mm ve 5 mm boyutundadır.

Çeneli kırıcının ufalama oranı 3.1'dir. Kapasitesi 140 ton/saat, maksimum besleme boyutu 350 minimum besleme boyutu ise 75 mm'dir. Motor gücü 70 kw'dır. Çeneli kırıcıdan çıkan ürünlerin %29.19'u 25mm'lik, %6.56'sı 10 mm'lik %2.07'si 5mm'lik elek için kritik boyuttadır.

Şoklu kırıcıya giren malzemenin yani çeneli kırıcıdan çıkan malzemenin %29.19'u 25 mm boyutunun altındadır. Buraya bir elek konulması durumunda malzemenin %29.19'u şoklu kırıcıya girmeden kazanılacak, kırıcı zorlanmayacak, kapasite artacak, gereksiz enerji sarfiyatı önlenmiş olacak ve maliyetler düşürülmüş olacaktır. Şoklu kırıcının ufalama oranı 6.18, kapasitesi 140 ton/saat, motor gücü 160 kw'dır. Şoklu kırıcıdan çıkan ürünlerin %70.03'ü 25mm'lik, %24.71'i 10 mm'lik %8.59'u 5mm'lik elek için kritik boyuttadır.

Çekiçli kırıcının ufalama oranı 4.48, kapasitesi 20 ton/saat, motor gücü 90 kw'dır. Çekiçli kırıcıdan çıkan ürünlere baktığımızda; %11'i 25mm'lik, %43'u 10 mm'lik %21'i 5mm'lik elek için kritik boyuttadır. Çekiçli kırıcıya +25 ve -10+5 mm'lik malzeme beslenmektedir. -10+5 mm'lik malzemenin beslenme sebebi; betonda kullanılacak malzeme miktarı ne kadar ince olursa mukavemetin artacağı ve kullanılacak çimento miktarının azalmasına sebep olacaktır. Ayrıca bu tesiste -5+0 mm boyutundaki malzemenin de az alınması sebebiyle bu şekilde bir çözüm getirilmiştir. Çekiçli kırıcıya beslenen malzemenin %24.33'ü 5 mm boyutunun altındadır.

Tesisdeki üç katlı titreşimli eleğin performansı için Tromp eğrisi Şekil 1'de gösterilmiştir. Tromp eğrilerine baktığımızda, özellikle 5mm'lik elek için eleme işleminin de eleme süresinin yetmediği, 10 mm'lik elekte ise bir yırtılmanın olduğu gözükmemektedir.

Elekten kaynaklanan sorunlar neticesinde yani topaklanma veya eleme süresinin hatalı olmasından dolayı elenmesi gereken ve elenmeyen malzeme çekiçli kırıcıya beslenmekte bu oran da çok yüksek olduğu için tesisin kapasitesini düşürmektedir.

3.2.2. Amiroğlu Madencilik Agregatör Tesisi

Bu üretim tesisinde kullanılan kırıcılar çeneli, darbeli ve çekiçli kırıcılardır. Ayrıca, sınıflandırıcı olarak 3 katlı titreşimli elek kullanılmakta olup elekler 25, 15, 4 mm boyutundadır. Eleklerin boyutları karayolları, köy

hizmetleri ve betonda istenen malzemeye göre değişmektedir. Tesis genel olarak beton santraline malzeme vermekte bundan dolayı da elek boyutları çok aralıklı değişmektedir.

Burada kullanılan çeneli kırıcının ufalama oranı 3.76'dır. Kapasitesi 150 ton/saat, maksimum besleme boyutu 300 minimum besleme boyutu ise 50 mm'dir. Motor gücü 91 kw'dır. Çeneli kırıcıdan çıkan ürünlerin %22'si 25mm'lik, %14'ü 15 mm'lik %4'ü 4mm'lik elek için kritik boyuttur.

Şoklu kırıcıya beslenen malzemenin %22'si istenen boyutun altındadır. Buraya konulacak elek vasıtasıyla kırıcıya girecek ve zaten istenilen boyutun altındaki malzemenin girişi engellenecektir. Bununla birlikte kapasite artacak, gereksiz enerji sarfiyatı minimize edilecek ve maliyetler düşürülecektir. Ayrıca kırıcının da zorlanması engellenmiş olacaktır. Şoklu kırıcılar genelde malzemenin iç gerilmesini yok etmekte önemli bir yere sahiptir. Burada kullanılan şoklu kırıcının ufalama oranı 3, kapasitesi 170 t/h, motor gücü 90kw'dır. Şoklu kırıcıdan çıkan ürünlerin %90'ı 25mm, %56'sı 15mm, %13'ü de 4 mm altındaki boyutta olmaktadır.

Üçüncü aşamada kullanılan kırıcı Çekiçli olup ufalama oranı 5.12'dir. Motor gücü 125 kw olup bu kırıcıdan çıkan ürünlerin boyut dağılımına bakıldığında, %99'u 25mm, %95'i 15mm, %54'ü de 4 mm altındadır. Çekiçli kırıcıya beslenen malzeme +25 ve -15+4 mm boyutundaki malzemedir. Yine burada da malzemenin %56.84'ü 25 mm boyutunun altındadır. -15+4 mm boyutlu malzemenin de beslenme sebebi ince boyutun yani -4+0 mm boyutlu malzemenin daha fazla istenmesidir. Fakat bununla birlikte malzeme içinde 4 mm boyutunun altındaki malzeme miktarı %18.16'dır.

Tesisteki üç katlı titreşimli eleğin performansı için Tromp eğrisi Şekil 2'de gösterilmiştir. Tromp eğrilerine bakıldığında, özellikle 5mm ve 15 mm'lik elekler için eleme işleminin de eleme süresinin yetmediği, 25 mm'lik elekte ise bir yırtılmanın olduğu gözükmektedir.

Eleğin verimsiz çalışması, beslemenin kontrolünün olmayışı, elek yatak kalınlığının fazla olması sebep olarak gösterilebilir. Gerekli önlemler alınmadığı takdirde ise yüksek maliyetle ve istenilen ürün boyut dağılımının asla elde edilmediği bir tesis ortaya çıkacaktır. Bu durum betonun da kalitesini bozacak ve standartların istediği boyut ve miktarda agrega betonun içine girmeyecektir.

3.2.3. Ak Beton Agregası Tesisi

Ak beton (Denizli) agrega üretim tesisinde kullanılan kırıcılar çeneli, şoklu ve çekiçli kırıcılardır. Burada diğer üretim tesislerinden farklı olan bir durum söz konusudur. Malzemede istenilen boyutun altındaki kısmın yüzdesi fazla ise o kırıcının üstüne bir elek konulur. Burada da aynı durumla karşılaşmaktadır. Yani çekiçli kırıcının üstünde bir elek bulunmakta ve bu elek gereksiz ufalanmayı ve enerji sarfiyatını dolayısıyla maliyetleri minimize etmek amacıyla konulmuştur. Sınıflandırma işlemini yapan elekler 3 katlı titreşimli elek olup, göz açıklıkları 25, 15 ve 5 mm'dir. İhtiyaca göre bu elek boyutları değiştirilmektedir. Bu eleklerin boyutunu kullanm alanı belirlenmektedir.

İlk aşamada kullanılan kırıcı Çeneli kırıcı olup ufalama oranı 4.18'dir. Kapasitesi 220 ton/saat, maksimum besleme boyutu 700 minimum besleme boyutu ise 50 mm'dir. Motor gücü 180 kw dir. Çeneli kırıcıdan çıkan ürünlerin dağılımına bakıldığında, %53'ü 25mm'lik, %42'si 15 mm'lik %23'ü 5mm'lik eleğin altında çıkmıştır.

Çeneliden sonra malzeme şoklu kırıcıya gitmektedir. Şoklu kırıcının motor gücü 180 kw kapasitesi 180 t/h'dir. Şoklu kırıcıdan çıkan ürünlerin %96'sı 25mm'lik, %90'ı 15 mm'lik %70'i 5mm'lik eleğin altındadır. Çeneli kırıcıdan çıkan malzeme şoklu kırıcıya beslenmeden önce tek katlı bir eleğe beslenmekte ve malzemenin %59'u istenilen boyutun altına indirilmiş olduğu için malzemenin %41'i şoklu kırıcıya beslenmekte ve bu sayede gereksiz enerji kaybı, kapasite azalışı ve maliyetleri minimize edilmiştir. Eğer böyle bir yöntem kullanılmıyorsa şoklu kırıcı aşırı zorlanacak ve doğal olarak da maliyetler artacaktır.

Bu tesisteki üç katlı titreşimli eleğin performansı için Tromp eğrisi Şekil 3'de gösterilmiştir. Tromp eğrilerine bakıldığında, elek performanslarının kötü olduğu ve 5mm ve 15 mm'lik eleklerde ise bir yırtılmanın olduğu gözükmektedir.

3.2.4. Özdenler Madencilik Agregası Tesisi

Bu üretim tesisinde diğer tesislerden farklı olmak üzere Çeneli ve Çekiçli kırıcının yanı sıra bir de Merdaneli kırıcı kullanılmaktadır.

Merdaneli kırıcıdan alınan malzeme çekiçli kırıcıya beslenmektedir. Bu üretim tesisinde çeneli kırıcının çıkışında elek bulunmaktadır. Malzemede kirlilik, tozlu luk istenmediğinden dolayı üretim sırasında malzemeye karışan yabancı maddelerin

uzaklaştırılması amacıyla konulmuştur. Sınıflandırma için 3 katlı titreşimli elek olup, 25 mm, 13 mm ve 5 mm boyutlarındadır.

Çeneli kırıcının ufalama oranı 4.75'dir. Kapasitesi 170 ton/saat, maksimum besleme boyutu 400 minimum besleme boyutu ise 50 mm'dir. Motor gücü 75 kw'dır. Çeneli kırıcıdan çıkan ürünler incelendiğinde; %22'si 25mm'lik, %11'i 13 mm'lik %3.5'u 5mm'lik eleğin altındadır.

Beslenen malzemenin %22'sinin 25 mm boyutunun yani istenen boyutun altında olmasına rağmen, elek konulmasına ihtiyaç duyulmamıştır. İkinci kırıcı olarak Çekiçli kırıcı olup, motor gücü 160 kw kapasitesi 150 t/h'dir. Çekiçli kırıcıya gelen malzemenin maksimum tane boyutu 75 mm'dir. Çekiçli kırıcıdan çıkan ürünlerin %88'i 25mm'lik, %67'si 13 mm'lik %30'u 5mm'lik elek boyutunun altındadır.

Merdaneli kırıcılarda malzemenin kırma işleminde kalma süresinin az olması nedeniyle, diğer kırıcılara nazaran daha iri malzeme içeren ürün verirler. Merdaneli kırıcıya gelen malzemenin maksimum tane boyutu 38.1 mm'dir. Merdaneli kırıcının motor gücü 75 kw kapasitesi 190 t/h'dir. Buradaki merdaneli kırıcıya -13+5 mm boyutlu malzeme beslenmektedir. -13+5 mm boyutundaki malzemenin %47.61'i merdaneli kırıcıya beslenmekte geri kalanı ise ürün olarak alınmaktadır.

Bu tesisteki üç katlı titreşimli eleğin performansı için Tromp eğrisi Şekil 3'de gösterilmiştir. Tromp eğrilerine bakıldığında, özellikle 5 mm'lik elek performansının kötü olduğu ve 5mm ve 25 mm'lik eleklerde ise bir yirtılmanın olduğu gözükmektedir.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bond öğütülebilirlik test sonuçları da Özdenler Madencilğe ait kireçtaşının diğerlerine göre daha kolay ufalanacağı görülmektedir. Öğütülebilirliğe göre kırıcı seçiminin yapılması tesis verimliliği ve maliyetler açısından daha uygun olacaktır.

Kırma-eleme tesislerindeki sorunlara bakıldığında hatalar genel olarak;

- Hemen hemen tüm kırma-eleme tesislerinde, çeneli kırıcı öncesi bir ızgara olmadığı ve bu nedenle hem iri boyutların tıkanıklık yaratması sorunu ve hem de ince malzemenin kırıcı kapasitesini düşürdüğü tespit edilmiştir.

- Çeneli kırıcıdan çıkan ürünler bir eleme işlemine tabii tutulmadan şoklu kırıcıya veriliyor olması

şoklu kırıcının kapasitesinin düşmesine ve aşırı ince malzeme üretmesine neden olmaktadır.

- Elekler yüksek kapasite ile çalıştırıldığından dolayı yatak kalınlığı artmakta ve elek altına geçmesi gereken malzeme geçmediğinden dolayı tekrar bir kırıcıya beslenmekte bundan dolayı da tesisin enerji sarfiyatları gereksiz artmakta, kapasite düşmekte ve dolayısıyla maliyetler artmaktadır.

- Eleklerde aşınmalardan dolayı elek altına geçmemesi gereken malzeme geçmekte bu durumda standartların istediği durumlar elde edilmemektedir.

- Tesislerde kullanılan titreşimli eleklerin verimliliği hesaba katılmadan çalıştırılmaktadır. Elenen ürünlerin stoklandığı yerlerde, ne alttan çekme sistemi ne de silo sistemi kullanılmakta, onun yerine yükleyiciler ile yükleme yapılmakta ve hem zaman hem de gereksiz enerji masrafı ortaya çıkmaktadır.

- Elde edilen ürünlerin en çok kullanılabilecek bir dizayn seçilmediği görülmektedir. Bütün bu sorunların ülkemizdeki taş ocaklarında bu olumsuzluklara ışık tutmak ve bazı çözüm önerileri getirmek gerektiği bu çalışmada vurgulanmıştır.

Kaynaklar

[1] Deniz, V. ve Soydan, N., "Laboratuvar Çaplı Bir Çeneli Kırıcının Kapasitesine Tesirli Boyut Küçültme Oranının ve Kömür Türünün Etkileri", GEOSOUND Yerbilimleri Bilim&Teknolojisi Dergisi, Çukurova Üniversitesi, No: 34, 81-87. 1999

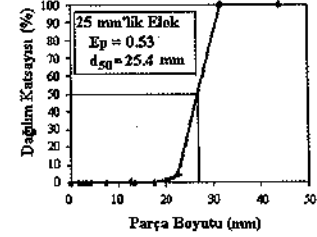
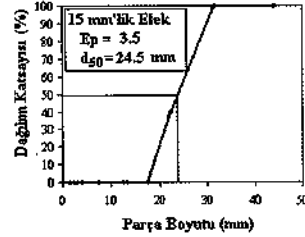
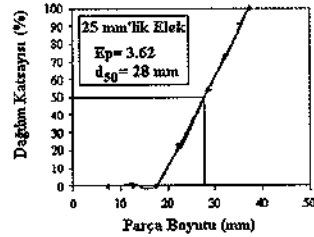
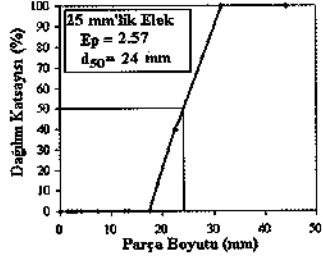
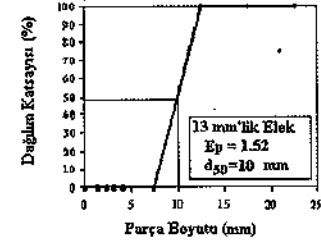
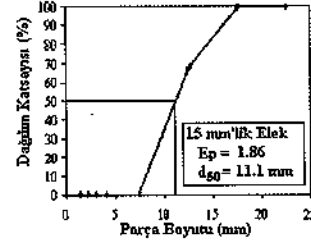
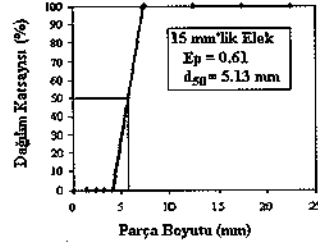
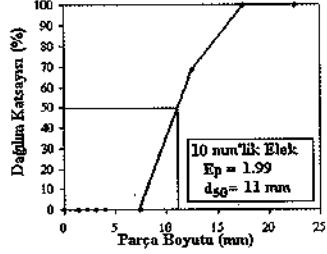
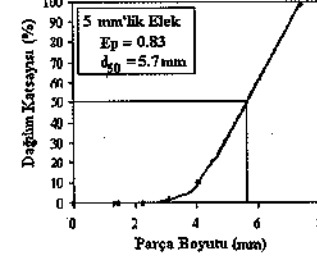
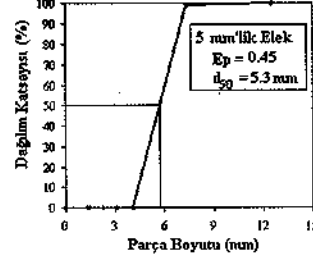
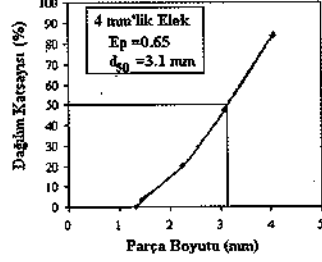
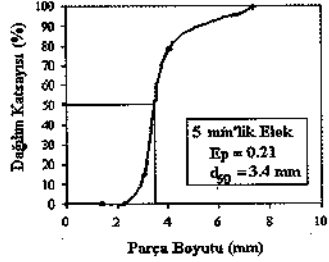
[2] Deniz, V., "Cevher Hazırlama Ders Notları", S.D.Ü. Müh. Mim. Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Isparta, 2000.

[3] Deniz, V., "Darbeli Kırıcıda Kireçtaşı Türünün Kırılma Özellikleri Üzerine Etkisi", 1. Taşocakları Kongresi, Lefkoşe, KKTC, 167-171, 2005.

[4] Arıoğlu, E., "Agrega sektörüne genel bakış; değerlendirme-öneriler", 3.Ulusal Kıymat Sempozyumu, İstanbul, 239-247, 2003.

[5] İpekoğlu, Ü., "Cevher Hazırlama", D.E.Ü, Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir, 1989.

[6] Deniz, V., "Bond Öğütülebilirliği ve İş İndeksi ile Statik ve Dinamik Parametreler Arasındaki İlişkiler", Doktora Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, 1996.



Şekil 1. Kartaş-Avpaş Tesisi Katlı Elek Tromp eğrisi

Şekil 2. Amiroğlu Tesisi Katlı Elek Tromp eğrisi

Şekil 3. Akbeton Tesisi Katlı Elek Tromp eğrisi

Şekil 4. Özdenler Tesisi Katlı Elek Tromp eğrisi

Çimento Hammadde Öğütme Sistemlerinin Optimum Seçimi ve İşletilmesi

Optimum Selection and Operation of Cement Raw Material Grinding Systems

Hasan ERGİN, Deniz ÖZDEMİRCAN

İTÜ, Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 34390, Maslak, İstanbul
hergin@itu.edu.tr

Çimento hammadde öğütme ve hazırlama prosesi, çimento üretiminde gerek proses ekonomisi gerekse ürün kalitesi açısından çok önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmada, çok sayıda çimento tesisinde hammadde öğütme sistemleri ve hammaddelerin özellikleri incelenerek optimum öğütme sistemi seçimi ve işletilmesine ışık tutacak bir veritabanı oluşturulmuştur. Bunun için öncelikli olarak, öğütme konusu fabrikaya ait hammaddelerin; öğütülebilirlik, rutubet içeriği, aşındırıcılık ve yapışkanlık gibi spesifik özellikleri laboratuvar ortamında tesbit edilmesi gerekmektedir. İkinci aşamada, oluşturulan veritabanı kullanılarak mevcut hammadde öğütme sistemlerinin; öğütme kapasitesi, maksimum besleme boyutu, sistemin bakım masrafları ve enerji tüketimi, yatırım maliyetleri açısından optimum kullanım sınırları ve şartları tanımlanmaktadır. Bu çalışmada birlikde kullanılarak çimento öğütme sistemlerinin optimum seçimi ve işletilmesi amaçlanmaktadır.

Anahtar kelimeler: Çimento, çimento hammaddeleri, öğütme sistemleri

ABSTRACT: The cement raw material grinding and preparation systems are vitally important on the process economy and product quality in cement manufacturing. In this study, a database has been created by collecting grinding system and materials data from the many cement plants that can facilitate the optimum selection of cement raw material grinding system and its operation. Firstly, the material characteristics such as grindability, moisture content, abrasivity, stickiness etc. are required to be determined for a specific plant. Then the database is used to compare and limit the current grinding systems for the studied materials in terms of grinding capacity, drying capacity, energy consumption, feed size, maintenance and reliability of the system and investment costs. The use of material grinding system data would allow the optimum selection and operation of cement raw material grinding system.

Keywords: Cement, cement raw materials, grinding systems

ası
:

yalı
nem
ıkla
kçe
aya
yeti
den
men
arici
nem
lıkla
anelli
kalış
lemi
edir.

1. GİRİŞ

Çimento üretim prosesi; hammaddenin üretilmesi ve hazırlanması, pişirme, çimento öğütme ve paketlenme aşamalarından oluşmaktadır. Çimento hammaddeleri ocakta üretilip kırıldıktan sonra hammadde öğütme sistemleriyle ince boyutlara öğütür. Fırına beslenecek hammadde karışımında aşağıdaki sıralanan gereksinimleri karşılanması gerekmektedir (Şekil1).

- İstenilen kalitede klinker üretmek için, fırına beslenecek hammaddelerin belirli boyut dağılımlarını elde edecek şekilde öğütülmesi,
- Hammadde komponentlerinden doğru oranlarda karışımların hazırlanması,
- Karışımların homojenize edilmesi,
- Hammaddenin kurutulması ve kolay nakledilebilir ve stoklanabilir olması.

Bazı hammadde öğütme sistemlerinde malzemenin kalış süresi çok kısa olup, hammaddenin homojenizasyonu ve döner fırında iyi ve stabil pişirme koşullarının sağlanarak istenilen nitelikte klinkerin üretilmesinde bazı ciddi sorunlarla karşılaşabilmektedir.

Hammadde öğütme prosesi hem proses ekonomisi hemde ürün kalitesi açısından çok önemli bir rol oynamaktadır. Seçilecek öğütme sistemi fabrikada kullanılacak ana ve yardımcı hammaddelerin öğütülebilirlik, nem içeriği, aşındırıcılık ve yapışkanlık gibi spesifik özelliklerini dikkate alarak tasarlanması gerekmektedir. Seçilecek proses hem ekonomik ve aynı zamanda güvenilirlik açısından değerlendirilmelidir. Bu sistemdeki bir arıza fırının durmasına ve klinker stoklarına bağlı olarak fabrikanın tamamen durmasına neden olabilmektedir. Günümüzde en çok kullanılan hammadde öğütme sistemleri; kurutma ve öğütme işleminin aynı makinada gerçekleştirildiği bilyalı ve dik valsli değirmenlerdir. Son yıllarda alternatif olarak kullanılan hammadde öğütme sistemlerinden biri de yüksek basınçlı merdaneli ezicilerdir. Ayrıca yüksek verimli rotor tipi separatörler çimento hammadde öğütme sistemleri ile birlikte yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır [1,2].

Bu çalışmada mevcut hammadde sistemleri incelenerek, değişik hammadde özellikleri için optimum sistem seçimi ve

işletilmesine ışık tutacak endüstriyel veriler sunulmaktadır.

2. HAMMADDE ÖĞÜTME SİSTEMİ SEÇİMİNDE ROL OYNAYAN PARAMETRELER

2.1. Malzeme ile İlgili Parametreler

2.1.1. Besleme Boyutu

Öğütme makinalarının öğütebileceği maksimum parça boyutu değişmektedir. Dolayısıyla, hammaddelerin sahip olduğu en büyük parça boyutu hammadde öğütme sisteminin seçiminde rol oynamaktadır. Seçilecek öğütme sistemi, halihazırda mevcut olan kırıcı sistemi ile uyumlu olmalıdır.

2.1.2. Ürün Boyutu

Hammaddenin normal şartlarda inceliği 90 μ elektüstü olarak ölçülse de; iyi pişebilmesi için 90 μ elektüstü malzeme miktarı %10-20 arasında olmalıdır. Serbest kuvars içeren hammadde çok ince boyuta kadar öğütülmelidir. Ancak ince boyutta iyi dağılım gösteren karışımı komponentleri içeren hammaddeler daha iri öğütülebilmektedir. Laboratuvar testleri ile hammadde inceliği ve pişebilirliği arasındaki ilişki aranarak gereksiz çok ince öğütmeyi önlenmeli ve ekonomik öğütme boyutunun tesbit edilmesi gerekmektedir.

2.1.3. Nem içeriği

Çoğu çimento hammaddelerinin nem içeriği %3-8 arasında olsa da, bazı durumlarda %20 'den fazla neme sahip hammaddelerde bulunmaktadır. Nem içeriği, öğütme ekipmanının seçimini iki nedenden dolayı etkiler. Malzemenin yapışkanlığı olası öğütme alternatiflerini kısıtlayabilir. Kurutma için gerekli olan sıcak gaz hacmi, seçilecek öğütme ekipmanının boyut ve çeşidi için etkili bir unsur olabilir. Kurutma, %6-7 nem içeriğine kadar fırın çıkış gazı ve ızgara soğutucusundan gelen ikincil ısı kaynakları olabilmektedir. Ancak, daha yüksek nem içeriğine sahip hammaddeler, seçilecek öğütme sistemine bağlı olarak 350 °C'nin üzerinde sıcak gazın ihtiyaca bağlı olarak aynı bir üniteye üretilmesi ve sisteme verilmesini gerektirmektedir.

Standart kurutma kapasitesi %5 nem içeriğidir. Yüksek miktarda enerji tüketimi ve ilave ekipmanlarla bu seviye %10 lara çekilebilmektedir.

2.2.3. Enerji Tüketimi

Ortalama nem içeriğine sahip, standart öğütülebilirliği olan bir hammadde için konvansiyonel bilyalı değirmenin toplam enerji tüketimi 20 kWh/t civarındadır. Ancak dik valsi değirmenlerde ve nihai öğütme sistemi olarak kullanılan yüksek basınçlı merdaneli ezicilerde, toplam spesifik enerji tüketimi bilyalı değirmenlerin %75'i kadardır.

Hatta yüksek nem içeriğine sahip hammaddelerde, dik valsi değirmenlerin kullanılmasında enerji tüketimi açısından ilave avantajlarda hasıl olmaktadır.

2.2.4 Öğütülebilen En Büyük Besleme Boyutu

Bilyalı değirmende, değirmenin çapı ve en büyük bilya çapına bağlı olarak maksimum besleme boyutu 25-50mm'dir. Dik valsi değirmenlerde; en büyük besleme boyutu vals çapının %5-7 si kadar olabilmekte buda mevcut dik değirmenlerde 100-120 mm civarına tekabül etmektedir. Yüksek basınçlı merdaneli ezici için maksimum besleme boyutu, vals çapının bir fonksiyonudur ve vals çapının %3-5 i arasındadır. Mevcut makina boyutları için maksimum besleme boyutu 30-60 mm arasındadır.

2.2.5. Sistem Bakım ve Güvenilirliği

Günümüzde bilyalı değirmenler güvenilirliği kanıtlanmış makinalardır. Dik valsi değirmenler, bilyalılarına göre daha karmaşık sistemler olup, beraberinde daha çok bakım gerektirmektedir. Aşınma oranı (gr/ton) bilyalı değirmende, dik valsi değirmenlerden daha fazla olmasına rağmen, aşınan parçalarda birim maliyet bilyalı değirmenler için daha düşüktür. Dik valsi değirmenlerdeki arızaların giderilmesi çok vakit alabilir ve üretimde ciddi aksaklıklara yol açabilmektedir. Yüksek basınçlı merdaneli eziciler çimento endüstrisindeki uygulamalar için hala yeni sayılan makinalar olarak addedilmektedir ve dolayısıyla yaygın olarak bilyalı değirmenlerle

birlikte ön öğütücü olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle, son öğütücü sistem olarak henüz güvenilirlikleri istenilen seviyede değildir. Bakım maliyetleri aşırı aşınmalar nedeniyle diğer sistemlere oranla daha fazladır.

2.2.6. Yatırım Maliyetleri

Dik valsi değirmenler çok kullanılan sistemlerden biri olmalarının yanı sıra, bilyalı değirmen ve yüksek basınçlı merdaneli ezici sistemlerine nazaran ilk yatırımları daha yüksektir. Bilyalı değirmenlerin ve yüksek basınçlı merdaneli ezicilerin separatörlerle kapalı devre işletilmeleri durumunda ilk yatırım maliyetleri artmakta ancak sistemin kapasitesi ve enerji verimliliği de yükselmektedir.

3. ÇİMENTO HAMMADDE ÖĞÜTME SİSTEMLERİ VE SON GELİŞMELER

Başlıca kullanılan hammadde öğütme sistemleri değişik tasarımlı bilyalı değirmenler, dik valsi değirmen ve yüksek basınçlı merdaneli ezici üniteleri olup, otojen değirmenler ve darbeli/çekikli tipte kırıcılar da öğütme sistemlerinde ayrıca kullanılmaktadır. Bahsedilen son iki sistem, yaygın kullanımı olmaması nedeniyle burada irdelenmeyecektir [2,3].

3.1. Bilyalı Değirmenler

Bilyalı değirmenler; sondan taşmalı, ortadan taşmalı veya hava süpürmeli olarak malzemenin taşındığı tasarımları olup, yaygın kullanımı olan sistemlerdir. Öğütmede öğütme ortamının oluşturduğu darbe darbe kuvveti ve aşındırma kuvvetleri etkindir. Bu sistemler, düşük ve orta düzeyde nem içeriğine sahip hammaddeler için çok uygundur. Ayrıca sistemden yararlanma oranının yüksek olması, güvenilir olması ve bakımının kolay olması bu sistemlerin yaygın kullanılmasına yol açmaktadır. Ancak elektrik enerji tüketimi oldukça yüksektir. Bilyalı değirmenler genellikle iki kamaralı olup beslenen malzemeler birinci kamarada ufalanmakta, ikinci kamarada ince öğütülmesi gerçekleştirilmektedir. Bir ve üç kamaralı değirmenlerde azda olsa kullanılmaktadır. Bu sistemlerin dinamik separatörlerle kapalı devre işletilmeleri son yıllarda yaygınlaşmaktadır.

3.1.1. Sondan Boşaltmalı Değirmen

Sondan boşaltmalı değirmen, düşük nem içerikli veya ön-kurutmadan geçmiş malzemeleri öğütmek için kullanılır. Değirmenden çıkan malzeme mekanik konveyör yardımıyla taşınarak dinamik seperatöre beslenir. Mekanik taşıma sistemi oldukça verimli olmakla birlikte elektrik enerji tüketimi de çok azdır. Değirmen malzemenin sertliğine ve besleme boyutuna bağlı olarak bir yada iki öğütme kompartımanlı olabilir. Değirmen sistemi konvansiyonel, basit ve kolay kurulumu sahiptir. Ancak düşük kurutma kapasitesine sahiptir. %1-1.5 nem içeriğine sahip hammaddeler sıcak gaz ihtiyacı olmaksızın kurutulabilir. Ancak %5 ve üzerinde nem içeriğine sahip hammaddelerin kurutulması için mutlaka sıcak gaza ihtiyaç duyulur. Kurutmanın verimli yapılmaması çok kritik bir husus olup, değirmen verimliliği üzerinde çok etkin olan orta diyaframın tıkanmasına yol açabilir.

3.1.2. Ortadan Boşaltmalı Değirmen

Malzeme değirmenin iki uçundan beslenir ve orta kısımdan alınır. Zor öğütülen malzemelerin ve özellikle değişik öğütülebilirliğe sahip hammaddelerin öğütülmesinde kullanılır. Bu nedenle, genellikle spesifik enerji tüketimi diğer değirmenlere göre daha yüksektir. Bu değirmenlerde bir veya iki kurutma kompartımanı olabilir. Dinamik sepatörle kapalı devre çalıştırılan sistemlerde sepatör geri dönüşünün %30'u genellikle ince öğütmenin olduğu kompartımana verilir. Kurutma kapasitesi orta düzeydedir. %15 nem içeriğine sahip hammaddeler ancak fırın çıkış gazına, sıcak hava üreticisinden ilave olarak sağlanacak gazla yapılabilir. Karmaşık yapısından dolayı kullanımı ve idaresi biraz zordur.

3.1.3. Hava Süpürmeli Değirmen

Kurutma, öğütme ve taşıma bölümleri birbirine bağlantılıdır ve malzeme pnömatik olarak taşınır. Orta düzeyde bir öğütme kapasitesi vardır. Tek öğütme kompartımanlı tasarımlarında astar plakalarının tasarımı çok önemlidir. Değirmenin giriş kısmı kaldırıcı, kalan kısmı ince öğütmeye yardımcı olacak

astarlarla kaplanması gerekir. Bu değirmende kompartımanlar arasındaki diyaframların verimliliği üzerinde önemle durulması gereken bir konudur. Sistemin zayıf noktalarından biri kurutma ve öğütme kompartımanlarının arasındaki diyaframın, gaz akışı için düşük basınç düşüşü sağlayacak ve beslenen malzemeler için iyi bir geçişe imkan verecek şekilde işletilmesinde karşılaşılan zorluktur. Hava hızının 6m/s 1 geçmemesi gerekir ve bu nedenle ancak orta düzeyde bir kurutma kapasitesine sahiptir.

3.2. Dik Valsli Değirmenler

Kurutma, öğütme ve separasyon aynı makinada yapılır. Öğütme tablası dişli bir sistemle düşey eksen etrafında döndürülmektedir. Öğütülecek malzeme, dönen öğütme tablası üzerine değirmen yan kenarından içeri giren bir besleyiciden beslenir. Tabla üzerine düşen malzeme merkezkaç kuvveti etkisi ile tabla kenarına doğru hareket eder ve tabla ile valsler arasından geçerken valslerin uyguladığı ezme kuvvetleri nedeniyle öğütülür. Öğütülen malzeme hava kaynağından gelen sıcak gaz akımına kapılarak sepatöre taşınır. Sıcak gaz ile temas eden malzemenin nemi buharlaşır ve malzeme kurur. Bu değirmenlerde nem içeriği %22'ye çıkan malzemeler dahi öğütülebilmektedir. Separatörde ayrılan iri taneler tekrar öğütme tablasına dönerken, yeterli ineliğe ulaşmış malzeme ürün olarak değirmeni terkeder. Günümüzde kullanılan dik değirmenler öğütme elemanlarının konfigürasyonu açılarından farklılıklar göstermektedir.

Dik değirmenlerin diğer çimento öğütme değirmenlerine göre avantajları ve dezavantajları şu şekildedir:

- Dik yapıları nedeniyle daha az yer kaplarlar.
- Gürültüsüz çalışırlar.
- Besleme malzemesi daha iridir. Vals çapının %5-7'i büyüklüğünde taneler değirmene beslenebildiğinden, çoğunlukla ikinci kırma gerektirmez ve enerji tasarrufu sağlanmış olur.
- Yüksek kullanılabilirlik nedeniyle 1 fırın 1 değirmen kombinasyonu mümkündür.
- Spesifik enerji gereksinimi düşüktür. Bilyalı değirmenlere göre %30'a varan enerji tasarrufu söz konusudur.

- Tek bir makinada yüksek kapasitelere erişilebilir. Günümüzde hammadde öğütmede ulaşılan kapasite 650 ton/s civarındadır.
- Yalnızca kuru öğütme yapılabilir
- İyi yetişmiş elemanlarca aşınma elemanlarının kısa sürede değiştirme imkanı işletme masraflarını nispeten azaltır.
- İlk -yatırım maliyetleri ve bakım masrafları diğer sistemlerden daha yüksektir.

3.3. Yüksek Basınçlı Merdaneli Eziciler

Taneli malzeme yığınlarının basınç altındaki yüzeyler arasında öğütülmesinin diğer bir şekli de yüksek basınçlı merdaneli ezici uygulamasıdır. Besleme malzemesi merdaneler arasından geçerken 50MPa 'yı aşan yüksek basınç altında aglomere olarak kekleşmekte ve merdaneleri ince, yassı briketler halinde terk etmektedir. Bu briketler daha sonra ayrı bir ünite olarak devrede bulunan veya havalı separatör içinde yerleşik bir desaglomeratörde deaglomere edilirler. Bu ürün incelendiğinde taneciklerin geniş bir tane büyüklüğü dağılımı aralığında olduğu görülmektedir. Ürünün yaklaşık %20'si 32 µ, yaklaşık %40'ı 90 µ altında inceliktedir. Kek içinde ince taneler arasında bazı iri tanelerin ise hiç öğütülmediği gözlenmiştir. Elde edilen ürün içindeki taneciklerin çok önemli bir bölümünde basınç uygulaması nedeniyle mikro çatlaklar oluşmaktadır. Bu ise öğütme işleminde spesifik enerji tüketimini azaltıcı rol oynamaktadır.

Yüksek Basınçlı Merdaneli Ezicilerde dikkat edilmesi gereken önemli noktalar şu şekildedir:

- Merdaneler üzerinde sürekli olarak malzeme yığını bulunmalıdır.
- Bu malzeme yığını içindeki sıkışmış hava, malzemenin merdaneler arasında ilerlemesine ve basıncın etkili bir şekilde tanelere ulaşmasına engel olacağından uygun havalandırma klapeleri ile boşaltılmalıdır.
- Besleme malzemesi içindeki maksimum tane iriliği, merdaneler arası açıklığın 3 katından fazla olmamalıdır.
- Besleme malzemesinin çok fazla iri tanelerden ya da çok miktarda ince tanelerden oluşmaması gerekir.

- Merdanelerde farklı malzemeler bir arada öğütülecekse bu malzemeler iyice karıştırılmalıdır.

Yüksek basınçlı merdaneli ezicilerde öğütülen malzeme ne kadar ince ürün içerirse, öğütme enerjisi tüketimi o kadar azdır. Bu yüzden tüm öğütmenin mümkün olduğunca merdaneli ezicilerde yapılması amaçlanmaktadır. Örneğin yüksek basınçlı merdaneli ezicilerin son öğütme konfigürasyonunda ulaşılan enerji tasarrufu %50'ye kadar çıkmaktadır. Tek makinada kapasite 250 t/s'e çıkabilmektedir. Nem içeriği, sistemin öğütme randımanını düşürmekte ve merdane yüzeylerinde aşınma oranını artırmaktadır. Bu sistem ön-kurutmadan geçmiş, düşük neme sahip hammaddeler için uygundur.

4. HAMMADDE ÖĞÜTME SİSTEMLERİN OPTİMUM SEÇİMİ

Hangi öğütme sistemin kullanılacağına karar verilirken göz önünde bulundurulacak önemli faktörler Çizelge 1'de sunulmaktadır. Öğütme kapasitesi, kurutma kapasitesi, enerji tüketimi, maksimum besleme boyutu, bakım kolaylığı, değişik malzeme özelliklerine uygunluğu ve yatırım masrafları başlıca dikkate alınması gereken parametrelerdir. Hammaddelerin nem içeriği seçilecek öğütme sisteminin performansını etkileyen en önemli kriterdir. Sistemin kurutma kapasitesi; izin verilebilir maksimum gaz hızı, kurutucu kompartıman hacmi ve sistemde varolan mevcut sıcak gaz miktarı ve sıcaklığı ile sınırlıdır. Öğütme sistemlerinin seçimini ve verimliliğini etkileyen bir diğer faktörde, hammaddelerin kırıcılarda öğütme sisteminin kabul edeceği en uygun tane boyutuna indirilmelidir. Bilyalı değirmenlerde, maksimum bilya çapının değiştirilmesi ile ancak beslenecek olan hammaddenin boyutunda çok küçük bir ayarlama yapılabilmektedir. Öğütme kapasitesi en yüksek sistemler valsli disk değirmenlerdir. Bilyalı değirmenlerde öğütme kapasitesi beslenen malzeme boyutu ufaldıkça artmaktadır. Yüksek basınçlı merdaneli ezicilerde öğütme kapasitesi diğer sistemlere nazaran daha düşüktür.

Çizelge 1. Çimento Hammadde Öğütme Sistemleri Performanslarının Kıyaslanması

(*) = 350 °C den daha yüksek ilave sıcak gaz üreticisi yardımıyla.

Hammadde Öğütme Sistemi	Maksimum Besleme Boyutu (mm)	Enerji Tüketimi	(*)Kurutma Kapasitesi (%H ₂ O)	Max. Öğütme Kapasitesi (ton/s)	Bakım Kolaylığı	Yapışkan Malzemeye Uygunluğu
Bilyalı Değirmenler Sondan Boşaltmalı	25-30	Orta	5-6	350	Basit	Uygun Değil
Ortadan Boşaltmalı	30-50	Yüksek	10-15	350	Basit	Uygun
Hava Süpürmeli	25-30	Orta	10-15	375	Basit	Uygun
Dik Valsli Değirmen	100	Düşük	10-20	600	Özel	Uygun
Yüksek Basıncılı Merdaneli Ezici	50	Düşük	4-5	250	Özel	Uygun Değil

Yapışkan özellik gösteren hammaddeler öğütmeden önce mutlaka kurutma işlemine tabii tutulmalıdır. Yüksek basınçlı merdaneli eziciler kurutma işlemi için uygun değildir. Bilyalı değirmenlerde aşınan parçalar kolayca değiştirilebilmektedir. Dik valsi değirmenlerde aşınan parçalarında değiştirilmesi ve bakım işlemleri oldukça komplekstir. Yüksek basınçlı merdaneli ezici sistemlerde de aşınmalar ciddi sorunlar oluşturabilmektedir. Çimento hammaddelerinin öğütülebilirlikleri geniş bir spekturumda değişmektedir. Spesifik enerji tüketimi öğütülecek malzemenin öğütülebilirliğine ve ulaşılacak boyut dağılımına bağlı olmakla birlikte, aynı şartlar altında, dik valsi değirmenler ve yüksek basınçlı merdaneli ezicilerde enerji tüketimi daha düşüktür. Öğütme sistemlerinin seçiminde sistemin kompleks olup olmadığı ve sistemin kapasitesinin genişletilmeye uygun olup olmadığı da dikkate alınmalıdır.

5. SONUÇLAR

Çimento hammadde öğütme sistemleri ürün kalitesi ve proses ekonomisi açısından çok önemli bir yere sahiptir. Optimum öğütme sistemi seçiminde; malzeme ile ilgili parametreler ve öğütme sistem parametreleri birlikte değerlendirilmelidir. Endüstriyel sonuçlar kullanılarak hazırlanan ve bu

çalışmada sunulan veriler, hammadde öğütme sisteminin optimum seçimine ve işletilmesine ışık tutacaktır. Hammaddelerin öğütülebilirliği, besleme boyutu, ürün boyutu ve nem içeriği dominant parametreler olarak dikkate alınmaktadır. Öğütme sistemlerinin, maksimum besleme boyutu, enerji verimliliği, öğütme ve kurutma kapasitesi, bakım kolaylığı, değişik malzemeleri öğütmeye uygunluğu ve bakım masrafları açısından performansları önemli parametreler olmaktadır.

Kaynaklar

- [1] Uralan, S., "The importance of raw materials in cement industry", Proc. of Int. Symp. on Industrial Minerals and Building Stones, 29-34, 2003.
- [2] Smidth, F.L., "Raw Material Grinding", International Cement Production Seminar, Lecture 4.3., 2003.
- [3] Jorgensen, S.W., Modern Cement Grinding Technology", Internal Report, F.L.Smidt & Co. Copenhagen, Denmark, 28 p., 2000.
- [4] Ergin H., Kuzu C., "Çimento Hammaddeleri için Optimum Kırıcı Seçimi ve İşletilmesi", 3. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, İstanbul-Türkiye, 191-197, 2003.

İkiztepeler Graniti'nin (Kırklareli-Demirköy Batoliti) Fiziko-Mekanik Özellikleri ve Yapı Malzemesi Olarak Kullanılabilirlikleri

Physico-Mechanical Properties of İkiztepeler Granite (Kırklareli-Demirköy Pluton) and Usability as Building Materials

İ.Feda ARAL¹; Şerafettin ÇENGEL²

¹N.K.Ü. Çorlu Müh. Fak.İnşaat Müh. Böl. Çorlu/TEKİRDAĞ; ²MTA.Kocaeli Bölge Müdürlüğü KOCAELİ
ifeda@corlu.edu.tr

ÖZ: Trakya Bölgesi'nin kuzeyinde Istranca Masifi içerisinde Demirköy'ün kuzeybatısında yer alan, İkiztepeler graniti olarak adlandırılan kayaçların jeolojik-mühendislik özellikleri incelenip fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır. Kayaçların gerek blok verme ve gerekse kırılıp öğütülüp agrega olarak inşaat sektöründe kullanılmalarının yanında, gölet, baraj, dalga kıran ve parke taşı olarak kullanılabilirlikleri araştırılmıştır. Arazi çalışmaları ile granitlerin oldukça kalın masif yapı, ince-orta daneli, yer yer bazik anklav parçaları içermekte olduğu ve aplit ve kuvars damarları ile kesildiği saptanmıştır. Granotoid kökenli olan kayaç geniş yayılımına sahip olup Kretase magmatitlerindendir. Kayaçların laboratuvar çalışmaları ISRM (1981)'e göre; tek eksenli basma dayanımı, nokta yük indeksi, özgül ağırlığı, su emme (ağırlıkça), porozite, indirek çekme (brazilian) deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İkiztepeler graniti, yapı malzemesi, agrega, fiziko-mekanik özellik

ABSTRACT: Physical and mechanical properties of İkiztepeler granite located in the north-west part of Demirköy in Istranca massive of north part of Thrace region was examined and investigated on the usability of rocks. This was done as aggregate by breaking or grinding. The investigated material is intended to be used as small dams, dams, water break and cabbie stone. It is observed by means of land working that granites were rather thick and massive in it's apperance. Besides that thin-central part pointed basic oxides in some parts and intersects with anklav aplit quartz veins. İkiztepeler granite are Kretase magmatics that have wide dissemination and granotoid in origine. Laboratory studies were done according to ISRM (1981) and experiments of uniaxial compressive strength, point load index, specific gravity, porosity, indirect tensile strength were determined.

Key Words: İkiztepeler granite, building materials, agregate, physico-mechanic properties

1. GİRİŞ

Doğal yapıtaşları farklı türden amaçlar çerçevesinde, uygarlıklarda paralel olarak insanlar tarafından kullanılmaktadır. Güncel kullanımda daha çok inşaat kaplama, döşeme, heykel cam sanayi, süs eşyası, porselen türtü gibi alanlarda tercih edilmektedir. Doğal taşlar önceleri sadece yapı taşı olarak kullanılmakta iken daha sonra süsleme ve sanatsal tasarımı amaçlarıyla da kullanılmaktadır. Doğada bulunan kayaçların mühendislik özelliklerinin yanında kesilebilme, işlenebilme ve kırılabilme özellikleri bulunmaktadır. Bu özellikler çerçevesinde de kullanım alanları belirlenmektedir.

Kırklareli ili Demirköy ilçesi kuzeybatısında geniş yayılıma sahip olan İkiztepe graniti farklı zamanlarda değişik firmalar tarafından işletilmiş, bloklar halinde üretim yapılmış ve yapılmaktadır (Şekil 1). Bu çalışma kapsamında İkiztepe graniti olarak adlanan doğal yapı taşının değişik standartlara göre fiziksel ve mühendislik özellikleri hem arazi hem de laboratuvar deneylerine tabi tutularak incelenmiş, elde edilen değerler ile yapı malzemesi olarak kullanılabilirliği yorumlanmıştır.

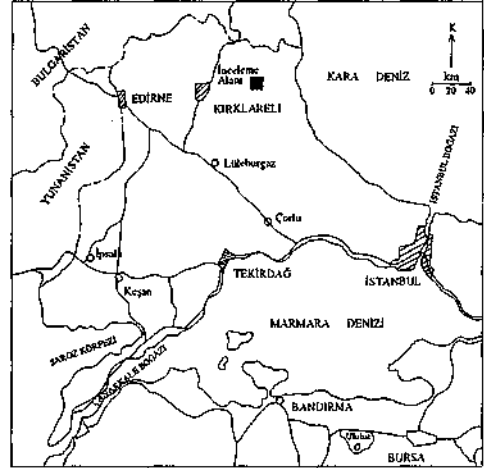
Üretim sonucu elde edilen bloklar; dış cephe kaplaması ve yapı taşı olarak kullanılmakta, ayrıca üretim artığı malzemeler; yol üst ve alt yapı malzemesi, köprü ve menfez inşaatlarında, dalga kıran inşaatlarında, balast ve parke taşı olarak kullanılmaktadır [1].

Kırklareli-Demirköy ve yakın yöresinin jeolojisi, petrolojisi, evrimi ve jeokimyasına yönelik; çeşitli araştırmacılara ait çalışmalar bulunmaktadır [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 ve 13].

2. JEOLOJİ

Trakya'nın kuzey kısmında yer alan Istranca masifi, batıda Tunca ırmağı, kuzeyde Bulgaristan ve doğuda Karadeniz ile sınırlanmıştır. Masif güneyden Tersiyer havzası ile sınırlandırılmıştır. Masif içerisinde; metamorfik kayaçların (gnaysler, mikaşistler, mermer, kuvarsit, kalkşist, fillitler gibi) yanında plütonik kayaçlarda (granit,

granodiyorit, diyorit, gabro, siyenit, monzonit gibi) yer almaktadır.



Şekil 1. İnceleme Alanı Yer Bulduru Haritası

Metamorfik kayaç birimleri masifin genel durumuna paralel olarak BKB-DGD doğrultuyu izlerler. Plutonik kayaçlar ise metamorfik kayaç serilerini keserek dokanaklarda farklılaştırmaya gitmiştir.

İnceleme alanı ve yakın yöresinde yer alan mağmatitler belirli bölgelerde yoğunlaşmış ve yoğunlaştıkları yöne göre ayrılmış ve tanımlanmaya çalışılmıştır (Şekil 2). Bunlar:

1. Ahmetler Çağlayık Graniti
2. Dereköy yöresi mağmatik kayaçlar topluluğu
3. Şükrü paşa-Armu veren-Karanlıkköy-Gülyaka-Yığıtbaşı-Karacadağ sınırları arasındaki mağmatik kayaçlar,
4. Demirköy sokulumu ve İkiztepe graniti,
5. Kıyı köy Poliçe arası Karadeniz kuşağı mağmatik kayaçlar,

Tanımlanan bu gruplar jeolojik yaş olarak Jura'dan geç, Senomaniyen'den yaşıdır [13]. Ayrıca [2], biotitlerde yaptığı K/Ar metodu ile yaş tayininde Koniasiyen (Üst Kretase) yaşı vermiştir. Bazı araştırmacılar, 70 ile 84 milyon yıl gibi bir yaş tayini yapmışlardır [10, 9]. Eldeki bu verilere göre sokulum kayaçlar Senomaniyen öncesi olası Alt Kretase yaşıdır [13].

Demirköy sokulumu yani belirlenen grublar içerisindeki İkitzepeler graniti (Kdig) inceleme alanındaki kayaç grubudur. Grup olarak Demirköy sokulumu olarak yer alan (Kd) sokulum içerisinde geniş alan kaplayan İkitzepeler graniti (Kdig) [7] tarafından adlanmıştır. Açık grimsi, yeşilimsi pembe renkli, orta-iri daneli granittir. İkitzepeler graniti, bir bütün olarak Demirköy sokulumunun batı-kuzeybatı ve kuzeydoğusunda yüzeyler. Ayrıca kimi bazı kesimlerde aplit sokulumları yoğunudur. Açık yeşilimsi pembe renkli yer yer gnaysik dokulu granit, çeperlerine doğru kataklastik etkinin arttığı ve granitin şisti yapı kazandığı görülür [13].

İkitzepeler granit sokulumunun güney-güneybatısı en dış kesimindeki mikrogranitle olan dokanağı tektoniktir. Ayrıca tektonik dokanak devam ederek granodiyorit ile kuvars diyorit arasına girmiştir.

Hamdibey yerleşim yerinin kuzeyinde çok iri K-feldspat kristalli, biotitli gnaysik dokulu, aplit dayklı İkitzepeler graniti 1,5 km kuzeybatıda granodiyoritlere olası geçiş gösterirler [13].

[7], İkitzepeler granitini Demirköy sokulumunun en geç kristallenen fasiyesi olmayıp Demirköy sokulumundan yaşlı Neokimmerid orojenezi geç fazında yerleştiğini, kataklaze olduğunu ve hidrotermal alterasyon geçirdiğini kabul etmektedir. [4] ise, İkitzepeler graniti eşdeğeri kayaçları, pertitik fasiyesi olarak ayırtlanmış, kısmen kataklazmaya uğradığını ve granodiyoritik mağmadan ayrı bir magma ürünü olduğunu belirtmiştir.

3. MİNERALOJİ, PETROGRAFİ VE JEOKİMYA

Demirköy batoliti içerisinde daha çok kenar zonlarında yüzeyleyen İkitzepeler granitinin içerisinde makroskobik olarak; biotit, muskovit, hornblend, epidot ve az miktarda kuvars gözlenmektedir. Nadiren de olsa pirit ve kalkopirit kristalleri de gözlenmiştir. İkitzepeler granitinde dayklar ve ince-orta daneli yer yer bazik anklav parçaları bulunmaktadır. Arada gözlenen aplit damarları 1 cm ile 1 m. arasında kalınlığa sahiptir. Aplit

daykları zaman zaman atıma uğramışlardır. Bazen yer yer de damla, damlamsı şekillidir. İnce çatlaklar ve kırıklar boyunca epidot gelişleri gözlenmiştir.

İnce kesitlerinde yapılan mikroskobik incelemelerde: plajiyoklas (An. 5-10), kuvars, albit, hornblend gözlenmiştir. Mafik mineral olarak tremolit/aktinolit, klorit, epidot, kalsit, serisit, muskovit bulunmaktadır. Ayrıca tali mineral olarak; titanit, apatit, zirkon gözlenmiştir. Doku olarak; iri K-feldspat kristalli, biotitli gnaysik, kısmen de fibrolepido-granoblastik dokuludur. Kayacı "metagranit" ya da "kalksilikat gnays" olarak adlayabiliriz.

İkitzepeler granitleri SiO_2 , CaO, alkali ilişkileri arasında kalsik ve kalkalkalen; Al doygunluğu açısından peralümina ve metalüminalıdır. Silisik bileşenli granit fazı ile K feldispatizasyonu ile temsil edilen potasik bileşen üzerlemeli iki farklı fazda yerleşmiştir [8].

Sirednagorie-Pontid kuşağı üzerinde yer alan Geç Subhersiniyen Demirköy sokulumu I tipi kalkalkalen ve ada yayı karakterli, yitim kökenli bir sokulumdur [13].

Arazi çalışmalarında seçilen 5 adet örneğe jeokimyasal analiz yaptırılmıştır (Çizelge 1). Analizler MTA Genel Müdürlüğü laboratuvarlarında yaptırılmıştır. Analiz sonuçları incelendiğinde SiO_2 değerleri %74,6 ile 76,30 arasında olduğu görülmektedir. Mineral kompozisyonuna bakıldığında; Plajiyoklas : %32,3, K-Feldspat: % 34,2 Biotit: %2-3, Apatit: %1,8, Zirkon: %0,2, Titanit: % 0,2, Opak Mineral: %0,5 olarak izlenmiştir.

İnceleme alanındaki İkitzepeler granitine ait örneklerin kimyasal bileşimleri saptanmış olup bunlara ait ana element oksit içerikleri Çizelge 1 de sunulmuştur. Çizelgede görüldüğü gibi örnekler % 74,60- 76,30 arasında değişen miktarda SiO_2 içermektedir. Al_2O_3 miktarı ise % 12,48 ile 13,67 arasında değişim göstermektedir. Fe_2O_3 oranı ise 0,88-2,16 arasındadır. MgO % 0,18-0,40, CaO % 0,33-1,29 arasında değişim sunmaktadır. Na_2O % 2,93-3,64 ve K_2O % 4,16-4,73 arasında değişen oranlara sahiptir. TiO_2 % 0,02-0,15, P_2O_5 % 0,01-0,04 değerleri arasındadır. MnO değerleri düşük olup % 0,02-0,08 arasındadır.

Cr_2O_3 oldukça düşük olup % 0,02-0,11 arasındadır. Ateşte kayıp değerleri ise %0,40 ile 1,0 arasındadır. Kimyasal analizlerin gösterildiği Çizelge 1 de SiO_2 oranı % 50 den fazla olması nedeni ile bu tür kayaların alkali-silis reaktivitesi açısından “**potansiyel reaktif agrega özelliği**” gösterebilmektedirler [14].

4. FİZİKO- MEKANİK ÖZELLİKLER

İkiztepeliler graniti fiziksel ve mekanik özellikleri belirlemek amacı ile laboratuvar koşullarında bazı deneylere tabi tutulmuştur. Kullanım alanları olarak; bina dış cephe kaplaması, banyo , lavabo ve mutfak tezgahı, yer döşemesi, merdiven basamağı, şömine gibi yerlerde kullanılmaktadır.

Granitlerin süreksizlik düzlemleri incelendiğinde; eklem ara uzaklığı ya da aplit veya kuvars damarları arası uzaklık yoğunluklu olarak 300 cm den fazla (çok geniş eklem aralıklı), nadiren de 100-300 cm arası (geniş eklem aralıklı) eklem ara uzaklığına sahiptir [14]. Süreksizliklerin ya da eklemlerin açıklığı ile dolgu türü kayacın kütlelerinin mühendislik davranışında etkili olmaktadır. Özellikle doğal yapı taşlarının üretiminde maliyet ve emniyet açısından önemli olmaktadır. İkiztepeliler granitinin süreksizlik açıklıkları 1 mm den daha az olması nedeni ile “**kapalı**” özelliğindedir. Bu da; “**sıkı-çok sıkı açıklıklı eklemli kaya**” olarak tanımlanmasını göstermektedir [14]. Granitlerin kaya kalitesi tanımlamasının değeri olan RQD (Rock Quality Designation) RQD: $100 \cdot e^{-0,1\lambda} (0,1\lambda + 1)$ (Priest and Hudson, 1976) formülü ile % 95’in üzerinde değer vermektedir. Burada λ 1 m. uzunluğundaki bir aralık da ki ortalama çatlak

sayısı olarak alınmıştır. İkiztepeliler granitinin kaya kalitesi “**çok iyi kaliteli kaya**” olarak tanımlanabilir.

İkiztepeliler granitlerinden alınan örneklerin fiziksel ve mekanik özelliklerini saptamaya yönelik yapılmış olan bütün laboratuvar deney sonuçları Çizelge 2 de sunulmuştur. Çizelge 2 incelendiğinde granitlerin özgül ağırlığı ile birim ağırlığının birbirine yakın olması, porozitenin düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Bu da tek eksenli basma dayanımını yükseltmektedir.

Mineral sertliğine göre yapılan sertlik sınıflamasında 8 Mohs sertliğini (çelik ile çizilebilen) vermektedir. Ayrıca schmidt çekici ile geri tepme sayısı sınıflandırmasına göre (68-73 arası) granitlerin “**çok aşırı sert kaya**” grubunda olduğu saptanmıştır [14]. Ayrıca Deere and Miller’e göre; tek eksenli basma dayanımı sayısal değerleri ile elastisite modülü sayısal değerleri dikkate alındığında İkiztepeliler granitleri “**yüksek dirençli-orta modül oranlı kaya**” olarak belirlenmiştir. İkiztepeliler granitinin ağırlıkça su emmesinin oldukça düşük olması (% 0,33 ile 0,47 arası), kayacın kılcalılığından düşük olması malzeme olarak dona karşı dayanıklı olduğunu ortaya koymaktadır. Los Angeles aşınma kaybının düşük olması (1000 devirde %5 ile 8) kayaların mühendislik özelliklerinin yapılarada kullanımı açısından uygun olduğunu göstermektedir [15].

Çizelge 1. Örneklerin Majör Oksit Element Sonuçları.

Örnek No	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_5	MnO	Cr_2O_3	AK	Top.
Ör. 1	75,41	12,92	0,88	0,28	0,60	3,61	4,74	0,06	0,01	0,04	0,10	1,0	99,65
Ör. 2	76,21	12,52	1,31	0,18	0,72	3,35	4,83	0,08	0,01	0,08	0,11	0,40	99,80
Ör. 3	74,60	12,48	2,16	0,39	1,29	2,93	4,51	0,15	0,03	0,06	0,08	0,80	99,48
Ör. 4	75,64	13,67	1,61	0,32	0,43	3,17	4,16	0,02	0,04	0,02	0,03	0,81	99,92
Ör. 5	76,30	12,89	1,23	0,40	0,33	3,64	4,20	0,05	0,02	0,03	0,02	0,77	99,88

Çizelge 2. kiztepeliler Graniti Fiziko-Mekanik Özellikleri

	Min.	Max.	Arit.Ort.
Özgül Ağırlık-Gs	2,62	2,66	2,65
Kuru Birim Hacim Ağırlığı-KN/m ³	24,85	27,16	26,12
Doygun Birim Hacim Ağırlığı-KN/m ³	25,01	27,21	26,37
Efektif Porozite-%	0,38	0,72	0,61
Total Porozite-%	0,42	1,57	1,02
Su Emme (ağırlıkça)-%	0,33	0,47	0,43
Schmith Çekici Sertliği (geri tepme sayısı)	68	73	69
Nokta Yük Endeksi-MPa	11,11	12,05	11,54
Tek Eksenli Basma Dayanımı-MPa	115,01	132,25	123,11
Çekme Dayanımı-MPa (Brazilian)	23,10	26,33	24,55
Elastisite Modülü-GPa	38,14	46,41	45,09

5. SONUÇLAR

Bu çalışma da Istanca masifi içerisinde yer alan İkiztepeliler granitlerinin yapı malzemesi olarak kullanılabilirlikleri araştırılmıştır. Bunu belirlemek için arazi ve laboratuvar çalışmaları sonuçları değerlendirilmiş mevcut standartlara uyularak sonuçlandırılmıştır.

Kayaçların laboratuvar analizleri, [14, 15 ve 16] standartlarına uygun olarak yapılmış olup; özgül ağırlığının 2,65, kuru birim hacim ağırlıklarının 26,12 KN/m³, doymuş birim hacim ağırlığının 26,37 KN/m³, efektif porozitenin % 0,61, total porozitenin % 1,02, ağırlıkça su emmenin % 0,43 olduğu [17]'ye göre yapı taşı olarak kullanılabilirlikleri uygundur.

İkiztepeliler granitinin schmidt çekici sertliğine göre 69 (geri tepme sayısı) ile "aşırı sert kaya" olduğu, nokta yükleme indeksi 11,54 Mpa, tek eksenli basma dayanımının 123,11 Mpa, çekme dayanımının (brazilian) 24,55 Mpa, elastisite modülünün 45,09 GPa olduğu ve sayısal değerlere göre "yüksek dirençli-orta modül oranlı" olduğu belirlenmiştir.

Granitlerin süreksizlikleri, ara uzaklıkları (eklem ara uzaklığı ya da aplit veya kuvars damarları arası uzaklık) yoğunluklu olarak 300 cm den fazla "çok geniş eklem aralıklı", nadiren de 100-300 cm arası "geniş eklem aralıklı" olduğu, süreksizlik açıklıkları 1 mm den daha az olması nedeni ile "kapalı"

özelliktir. Bu da; "sıkı-çok sıkı açıklıklı eklemli kaya" olduğu ancak bazı eklem araları aplit damarları ile dolgu olup açıklıklar yer yer 1 m. ye kadar ulaşmaktadır. Bu da kayacın bir zayıflık zonu olduğunu ortaya koymaktadır. RQD'ye (kaya kalitesi sınıflaması) göre yapılan sınıflamada (% 90 nın üzerinde değere sahip) "çok iyi kaliteli kaya" olduğu saptanmıştır.

İkiztepeliler granitleri alkali-silis reaksiyonu nedeni ile, beton agregası olarak kullanılmak istendiğinde düşük alkaliniteli çimentoların kullanılması ve beton içerisine puzzolinitik maddelerin katılması gerekmektedir.

Kaynaklar

- [1] Goodman, R.E., 1993, Engineering geology: Rock in Engineering Construction. Wiley, NewYork, 412 pp..
- [2] Pamir, H.N. ve Baykal, F., 1947, Istanca masifinin jeolojik yapısı: MTA. Derleme No:2257, (yayınlanmamış).
- [3] Bürküt, Y., 1966, Istanca Kristalen Masifinin Petrojenezi: Madencilik, C:VIII, 5,4-11.
- [4] Aykol, A., 1979, Kırklareli-Demirköy Sokulumunun Petrolojisi ve Jeokimyası, İTÜ Maden Fak., Doğentlik Tezi, 180 s.
- [5] Moore, W.J., McKee, E.H. and Akıncı, Ö., 1980, Chemistry and cronology of plutonic rocks in the Pontids, Northern Turkey:

Symposium on The European copper deposits: Belgrade, Yugoslavie, 209-216.

[6] Aydın, Y., 1982, Yıldız Dağları (Istranca) Masifinin Jeolojisi, İTÜ Müh. Mim. Fak., Doçentlik Tezi, 107 s., (yayınlanmamış).

[7] Üşümezsoy, Ş., 1982, Istranca masifinin petrojenetik evrimi, İ.Ü. Yerbilimleri Fak. Doktora Tezi, 94 s.

[8] Umut, M., Kurt, Z., İmİK, M., Özcan, İ., Sarıkaya, H. Ve Saraç, G., 1983, Tekirdağ-Silivri (İstanbul)-Pınarhisar alanının jeolojisi: MTA. Derleme No: 7349 (yayınlanmamış).

[9] Umut, M., Kurt, Z., İmİK, M., Özcan, İ., Ateş, M. ve Saraç, G., 1984, Edirne-Kırklareli-Lüleburgaz-Uzunköprü civarının jeolojisi: MTA. Derleme No: 7604 (yayınlanmamış).

[10] Aykol, A., Tokel, S., 1991, The Geochemistry and Tectonic Setting of Demirköy-Istranca Granitoid Chain, NW Turkey, Minerolojik Magazine, 55, s:249-256

[11] Yurtsever, A., vd., 1993, Yıldız Dağları (Istranca Masifi)'nin Jeolojisi. Cilt:1, MTA. Gn. Md. Rap. No: 9929, (yayınlanmamış).

[12] Şengün, M., 1993, Yıldız Dağları (Istranca Masifi)'nin Jeolojisi. Petrografi Örneklerinin Tanımlamaları. Cilt:III. MTA. Gn. Md. Rap. No: 9929-b.

[13] Çağlayan, M.A., ve Yursever, A., 1998, 1:100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları: Burgaz-A3, Edirne-B2, ve B3, Burgaz-A4 ve Kırklareli-B4, B5 ve B6, Kırklareli-C6 paftaları. MTA. Jeoloji Etüdları Dairesi. Ankara.

[14] ISRM., 1981, Basic geotechnical description of rock masses, Int. Journal of Rock Mechanics and Mining Science and Geomechanical Abstract, 18, 85-110 pp.

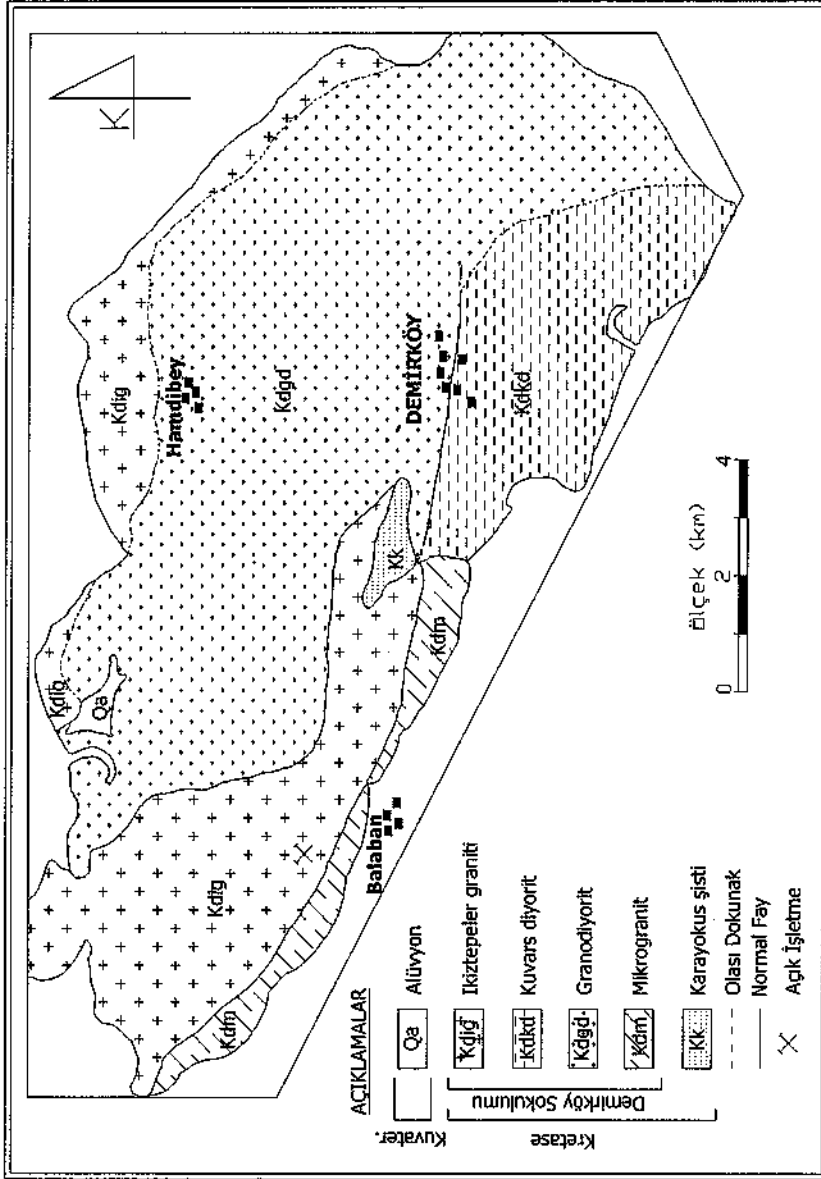
[15] ASTM (American Society Testing Materials), 1980, Annual Book of ASTM Standards - Natural Buildings Stones; Soil and Rock, Part 19, ASTM Publication Office, Philadelphia, USA.

[16] TSE (Türk Standartları Enstitüsü) 1978, Doğal yapı taşlarının muayene ve deney metodları. TSE. Matbaası: 16s.

[17] TSE (Türk Standartları Enstitüsü) 1993, Traverten-yapı ve kaplama taşı olarak kullanım, TSE 11143, UDK 552, 54:691, 215, Ankara.

[18] Katayama, T., St John, D.A., Futagawa, T., 1989, The petrographic comparison of rocks from Japan and New Zealand potential reactivity related to interstitial glass and silica minerals. In K. Okada, S. Nishibayashi, & M. Kawamura (Eds.), 8th International Conference (on) alkali-aggregate reaction, 537-541, London.

[19] Tokel, S. Ve Aykol, A., 1987, Kırklareli-Demirköy granitoidinin jeokimyası: Kuzey Tetis ada yayı sisteminde Sirednogarie-Istranca bölümünün evrimi:Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, s:25.



Şekil 2. İnceleme Alanı Jeoloji Haritası ([13]'den değiştirilerek)



Trakya-Saroz Körfezi Kuzeyi, Mecidiye (Keşan) Kireçtaşlarının Kırmataş ve Endüstriyel Amaçlı Değerlendirmesi

Evaluation of Utilization Potential of The Thrace-Northern of the Saroz Gulf, Mecidiye (Kesan) Limestones For Aggregate and Industrial Purposes

Bektaş UZ⁽¹⁾, Fahri ESENİ⁽¹⁾, Gürkan BACAK⁽²⁾, Gürsel YANIK⁽³⁾

¹İTÜ, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34390, Maslak, İstanbul

²ZKÜ, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 67100, Zonguldak

³DPÜ, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kütahya
uz@itu.edu.tr, bacakgur@karafmas.edu.tr

ÖZ: Bu araştırma Edirne ili Keşan ilçesi GB sında yaklaşık 30 km² lik alanda yer alan Eosen yaşlı kireçtaşlarının kırmataş ve endüstriyel kalsit olarak değerlendirilmesine yönelik jeolojik, mineralojik ve petrografik incelemeleri kapsamaktadır. Eosen yaşlı konglomera ve kireçtaşları metamorfitlet üzerinde uyumsuz olarak bulunurlar. Mecidiye Formasyonu olarak bilinen kireçtaşları sığ denizel mikritik dokulu beyaz ve bej tonlarda, genelde masif yapıdadırlar. Sahadan derlenen örneklerin mikroskopik incelemelerinden, orta-bol fosil içerikli, mikritik doku ve çatlak dolgusu şeklinde ikincil saf kalsit oluşumları izlenmiştir.

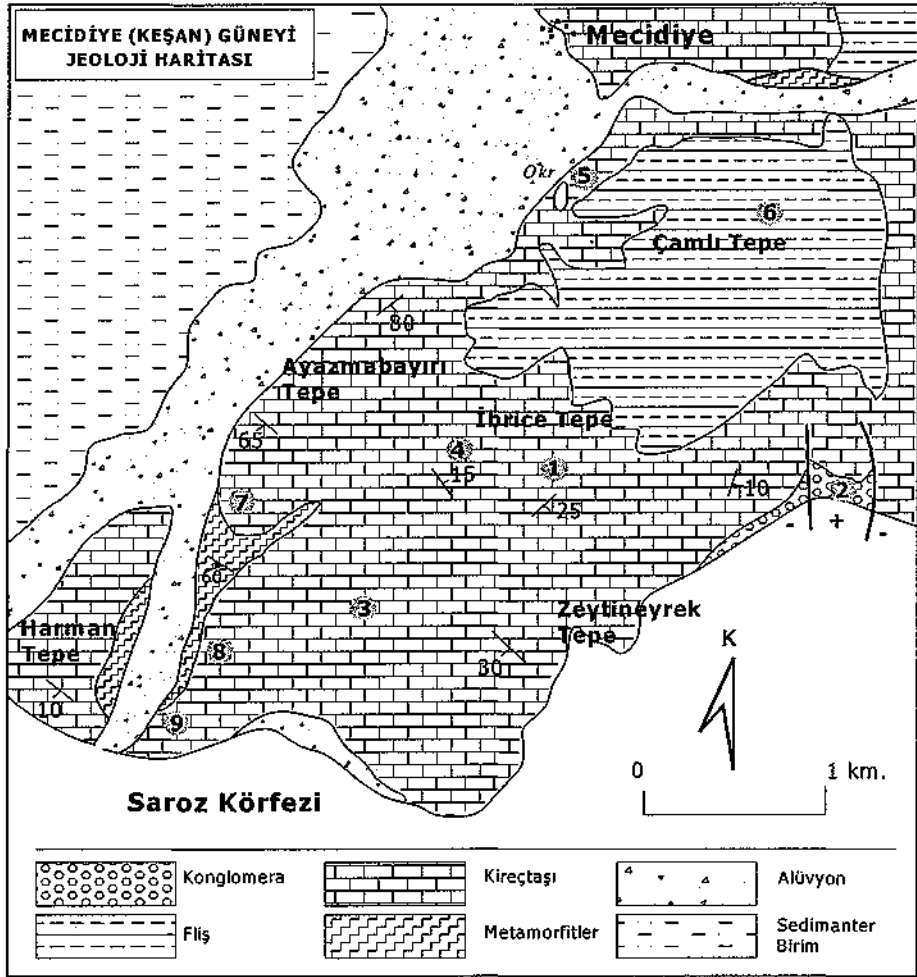
Kimyasal olarak, %97,30-98,40·CaCO₃, %1,16-1,75 MgCO₃, % 0,5-1,1 asitte erimez, %83-87 beyazlık değerleri elde edilmiştir. Jeolojik, petrografik, kimyasal ve fiziksel incelemelerden bölgedeki kireçtaşlarının kırmataş üretimi ve endüstriyel kalsit olarak değerlendirilebileceği ortaya konulmuştur.

Anahtar kelimeler: Mecidiye, Kireçtaşı, Kalsit, Agregat, Petrografi

ABSTRACT: The present study covers geological, mineralogical, petrographical investigations aimed at utilizing as aggregates and industrial calcite of Eocene aged limestones occurring in an area of approximately 30 km² in the southwestern of the township of Kesan, Edirne. Eocene limestones and conglomerates are unconformably lied upon the metamorphics. Limestones, known as Mecidiye Formation, are neretic, micritic textured, white to beige coloured and generally massive in structure. Abundant and rare fossiliferous, micritic and secondary pure calcite filling vein mineralisations were determined through the microscopical studies of the samples, sampled from the study area.

Chemically 97,30-98,40% CaCO₃, 1,16-1,75 % MgCO₃, 0,5-1,1% insoluable materrial and 83-87% whiteness values were calculated. The geological, petrographical, chemical and physical studies show that limestones inthe region can be utilized for aggregate production and industrial calcite.

Key words: Mecidiye, Limestone, Calcite, Aggregate, Petrography



Şekil 2. Çalışma Alanı Jeolojî Haritası [1]

3. PETROGRAFİ

Saha genelinden petrografik inceleme amaçlı toplam 9 adet kayaç örnekleme yapılmıştır. Bunlardan kireçtaşlarına ait örneklerin laboratuvarında ince kesitleri hazırlanarak, petrografik, polarizan-optik mikroskop altında incelemeleri ve tanımlamaları yapılmıştır (Çizelge 1).

Kireçtaşı örneklerinin mikroskopik incelemelerinden; Orta ve bol fosil içerikli, mikritik ve zonal (çatlak ve mercleklerde) mikrokristalin ikincil saf kalsit kristalleri

içerdiği belirlenmiştir. Özellikle M 9 numaralı kireçtaşı örneği en bol fosil içerikli (%70) olanıdır. M2 ve M3 benzer özellikler sunmuş olup, ortalama % 20 fosil içerikli, esasen mikritik, yanısıra %25 oranında ikincil saf kalsit kristallidir. M 4 kodlu örnek sahadaki kireçtaşı yüzeylemesinde en az fosil içerikli buna karşın en çok ikincil kalsit kriptokristalin ve mikrokristalin tane boyulu zonlar içeren örneğidir. Kireçtaşı örneklerindeki genel tane boyu dağılımı 0.1-0.3 mm civarındadır.

Çizelge 1. Sahadan derlenen örneklerin numara, türü ve lokasyonları [5]

Örnek	Türü	Lokasyon
M-1	Kireçtaşı	İbrice Tepe, Taş Ocağı
M-2	Konglomera	Küçük Derindere ve Büyük Derindere arası
M-3	Kireçtaşı	Cebel Tepe Güneydoğu yamacı
M-4	Kireçtaşı	İbrice Tepe Batısı, yolun batı yamacında, kuzeydeki 124 rakımlı tepe ile güneydeki 93 rakımlı tepe arası
M-5	Fliş, Marn	Mecidiye Köyü güneyi, kireç ocağı batısı
M-6	Fliş, Marn	Çamlı Tepe doğusu
M-7	Metamorfik	Kurutma kanalı kuzeyi, kömürlük ağılı güneyi
M-8	Metamorfik	Askeri kamp kuzeydoğusu, 68 rakımlı tepenin batı yamacı
M-9	Kireçtaşı	Askeri kamp kuzeydoğusu, 68 rakımlı tepenin güneybatı yamacı

3.1. Kimyasal İnceleme ve Beyazlık

M1, M2, M3 kodlu örneklerin kimyasal ana element analiz sonuçları ve beyazlık değerleri Çizelge 2 de verilmiştir. Görüleceği üzere kireçtaşı örneklerinde %97,20, 98,40 CaCO_3 , % 1,16-1,75 MgCO_3 , %0,5-1,1 asitte erimeyen oranı ve %83-87 oranlarında beyazlık değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 2. Kireçtaşı Örneklerine Ait Kimyasal Değerler ve Beyazlık Oranları [5]

Örnek No	M-1	M-2	M-4
CaCO_3 (%)	97,30	97,20	98,40
MgCO_3 (%)	1,75	1,70	1,16
Asitte Erimeyen (%)	1,0	1,1	0,5
Beyazlık (%)	84	83	87
Yoğunluk g/cm^3	2,69	2,68	2,70
Sertlik (Mohs)	3	3	3

Sahada dağılım sunan fliş çökellerinden derlenen örneklerde (M2, M5, M6) petrografik açıdan XRD yöntemiyle ($\text{Cu K}\alpha$ radyasyon ve $2\theta = 1^\circ / 0,5$ dk. hızda) incelenmiş olup, Çizelge 3'de mikroskopik bileşimleri minerallerin kayac içindeki çokluk sırasına göre verilmiştir.

Ayrıca M5 kodlu örnek için tüm kaya ana element analizi gerçekleştirilmiştir (Çizelge 4). Örnekler petrografik olarak killi kumtaşı, kili karbonatlı kumtaşı ve marn olarak tanımlanmıştır.

Çizelge 3. Fliş Örneklerinin XRD Yöntemiyle Belirlenmiş Mineralojik Bileşimi

Örnek	Mineralojik Bileşim
M-2	Kuvars+Kalsit+Kaolinit
M-5	Kalsit+Kuvars+İllit+Kaolinit
M-6	Kalsit+Kuvars+İllit+Kaolinit+Smektit

Çizelge 4. M-5 Örneğine Ait Kimyasal Analiz Sonuçları

Bileşim	Oran (%)
SiO_2	46,55
Al_2O_3	17,42
TiO_2	0,64
Fe_2O_3	3,31
Cr_2O_3	0,01
MnO	0,03
MgO	0,67
CaO	28,28
Na_2O	0,08
K_2O	2,55
BaO	0,05
SrO	0,01
P_2O_5	0,13
F	0,16

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bilindiği üzere endüstriyel açıdan kalsit terimiyle CaCO_3 bileşimine sahip olan ve kristal boyu 1-100 mm arasında değişen beyaz renkli sedimanter kayalar ifade edilmektedir. Bunlar iri parçalar halindeyken ekonomik fazla bir değeri yokken 1-100 mikron arası, hatta 1 mikronunda altındaki tane boyutlarında öğütüldüklerinde ticari önem kazanmaktadırlar. Günümüzde endüstriyel kalsit, hali imalatı boya, optik deterjan, yem, kağıt ve plastik sanayiinde geniş uygulama ve kullanım alanlarına sahiptir. Bunun yanında boyutları 2-3 cm civarında olan kırılmış ve elenmiş kalsiyum karbonatlar (kalsit, dolomit ve kireçtaşları) inşaat ve yol asfaltlama ve agrega amacıyla kullanılmaktadırlar [1,2].

Özellikle oya sanayiinde kullanılacak olan kalsitin ortalama 1-5 mikron tane boyuna kadar

öğütülmüş (maksimum 20 mikron) ince taneli, saf, beyaz renkli olmasının yanı sıra demiroksit (%0.01) ve magnezyum oksit (%<0.2) gibi impuriterin düşük değerlerde olması istenir [2,3].

Kireçtaşı ortalama %50 den fazla oranda kalsit ve dolomitten oluşan geniş alanlarda yayılım sunan CaCO_3 bileşimli ve genelde tabakalı, kısmen masif yapıları kimyasal sedimanter kayalardır. bilindiği üzere mıcır, bloktaş, çimento üretiminde demir ve diğer metallerin tasfiye ve rafine edilmesinde, beton agregasında, kum-kireç ve çimento karışımı olarak sıvada, cam yapımında, ziraatçılıkta yaygın ve geniş kullanım alanına sahiptir. Mermer, bloktaş veya levha olarak kullanımda sertlik ve rijitlik önemlidir. Yapıda dağılgan olabileceğinden killi bünye istenmez [3, 4, 6].

Portland çimentosu üretiminde ise kireçtaşlarının %3 den fazla MgCO_3 içermesi istenir. Alkali oranları % 1.5 olmalıdır. Çimento üretiminde %5' den az kuvars, MgO ve pirit (FeS) içeriği istenir [1].

Gerek saha jeolojik ve gerekse laboratuvar çalışmaları sonucunda Keşan İlçesi, Mecidiye ve İbrice arası ve çevresindeki bölgede yaygın olarak izlenen Eosen yaşlı mikritik kireçtaşları yüksek CaCO_3 içeriklidir (%98). Özellikle M 4 numaralı örneğin alınmış olduğu İbrice Tepe Batısında (123 ve 93 rakımlı tepeler arası) kireçtaşları az çatlaklı, bozuşmamış ve kalın tabakalı-masif yapılarında, ikincil kristalize, saf kalsitlerce daha zengin (%70-75) ve fosil içerikleri daha düşüktür. CaCO_3 içeriği %98 oranında olup kayacın beyazlık derecesi %85-90 oranındadır. Bu kesimde yer alan kireçtaşlarının kırmataş-agrega malzemesi üretimi dışında endüstriyel kalsit açısından değerlendirilebileceği belirlenmiştir.

Kaynaklar

[1] Kuşcu, M., "Endüstriyel Kayaçlar ve Mineraller", *Akd. Üniv.Fen Bilimleri Enst. Yayını*, 2, 78-103, 177, 1991.

[2] Kuşcu, M., Bacak, G., "Endüstriyel Hammadde Olarak Kalsit., *Akd. Üniv. Isparta Müh. Fak. Dergisi*, Say.7, 291-303, 1993.

[3] Önem, Y., "Sanayi Madenleri", *Kozan Ofset Matbaacılık*, 129-133, 68, , ISBN 975-96255-04 1997.

[4] Uz, B., Bacak, G., Esenli, F., Yılmaz, M., "Geological Evaluation Of Yatagan-Yenikoy (Mugla-Turkey) Marbles As Industrial Calcite", *41st Forum on the Geology of Industrial Minerals, Istanbul, Proceeding Book*, 29-30, 2005

[5] Uz, B., "AR-82605 Ruhsat No'lu Sahanın (Mecidiye Güneyi, Çatlak Tepe Mevki, Şeşan) Jeolojik Ve Hammadde Açısından Etüdü, *İnceleme Raporu, (İTÜ-yayınlanmamış)*, 18, 2003.

[6] Uz, B., Bacak, G., Yılmaz, M., "The Marbles Of Erikli Ridge Area Which Can Be Given As An Example Of The Armutlu Peninsula. Study And Investigation Of The Marbles With Respect To Block Shaped And Industrial Usage". *Int. Semp. On Industrial Minerals And Building Stones, Istanbul-Turkey, Proceeding Book*, 759-767, 2003.

Eskişehir Bölgesi Agregaların Özellikleri

Properties of Eskişehir Region Aggregates

İlker Bekir TOPÇU, Mehmet CANBAZ

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 26480, Batı meşelik, ESKİŞEHİR
ilkerbt@ogu.edu.tr

ÖZ: Agregalar beton yapımında, çimento ve su karışımından oluşan çimento hamuruyla bir araya getirilen, kum, çakıl, kırmataş gibi doğal veya yüksek fırın cürufu gibi yapay kaynaklı olan taneli malzemelerdir. Agregaların maliyeti oldukça düşük olduğundan betonda ucuz bir dolgu malzemesi olarak düşünülebilir. Agregaların betonda kullanılabilmesi için belirli fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklere sahip olması gerekmektedir. Bu çalışmada Eskişehir bölgesinde kullanılan agregalar üzerinde birim ağırlık, özgül ağırlık, su emme, ince madde oranı, organik madde oranı, tane şekli, elek analizi, aşınma, basınç dayanımı, donma-çözülme, alkali-silika reaksiyonu, sülfat deneyleri yapılmıştır. Agregaların fiziksel, kimyasal ve mekanik özellik deneyleri ile dayanıklılığı belirlenmiştir. Düzenli yapılacak deneyler ile agregaların üretim kalitesinin sürekliliği sağlanması gerektiği vurgulanmıştır.

Anahtar kelimeler: Agregalar, kırmataş, kum, beton, fiziksel ve mekanik özellikler

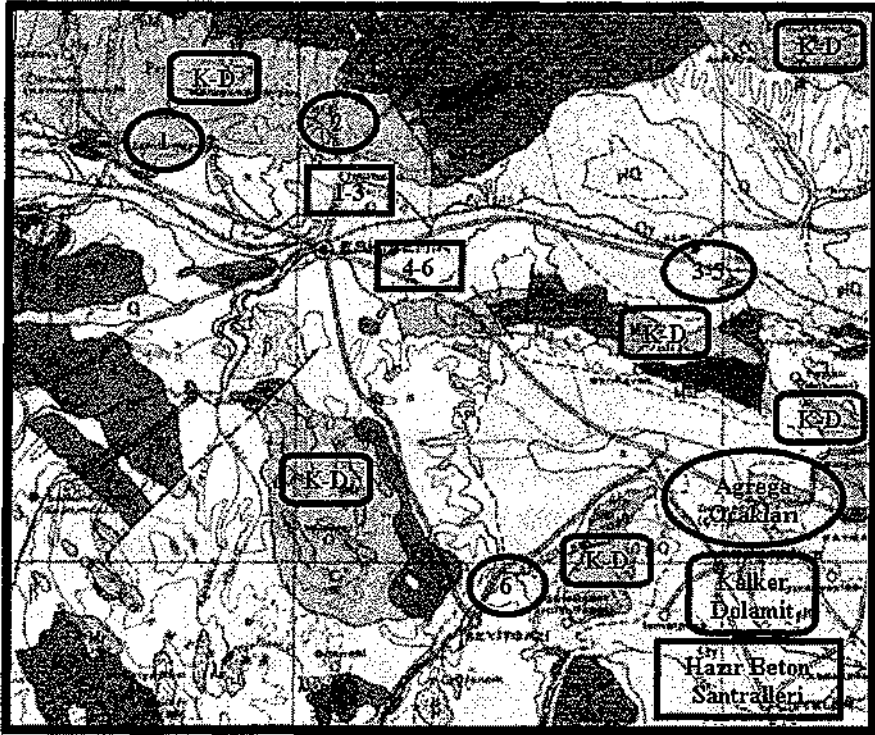
ABSTRACT: Aggregates, natural sourced as sand, gravel, crushed stone or artificial sourced as granulate blast furnace slag, were a granulated material that mixed with cement paste formed cement and water for production of concrete. Because of lower cost, aggregate was an inexpensive filling material in concrete. Aggregates must to have definite physical, chemical and mechanical properties for using in concrete. In this study, unit weight, specific gravity, water absorption, rate of fine particle, rate of organic material, shape of particles, sieve analyses, abrasion, compressive strength, freeze-thaw, alkali silica reaction, sulfate tests were done on aggregates used in Eskişehir region. Physical, chemical and mechanical properties and also durability of aggregates were determined. It's emphasized that to obtain sustainability of quality of aggregates production

Key words: Aggregate, crushed stone, sand, concrete, physical and mechanical properties

1.GİRİŞ

Agregalar beton yapımında kullanılan önemli bir bileşendir. Genel olarak çimento ve suyun oluşturduğu çimento hamuru ile birbirlerine bağlanarak betonu oluştururlar [1]. Agregalar, doğal, yapay veya geri kazanılmış şeklinde sınıflandırılabilir. Doğal agregalar mineral kaynaklardan elde edilirler. Kırmataşlar, çakıl, nehir kumu bu sınıfa girer. Beton kullanımındaki hızlı artış sonucu çakıl ve nehir kumu kaynakları yetersiz kalmıştır. Taş ocaklarında kırmataş üretimine başlanmış ve yaygınlaşmıştır. Maliyetinin uygun olması, istenilen tane boyutlarında üretilebilmesi, çimento hamuru yapışma yüzeyinin artması gibi avantajlarına karşın kırılma sırasında mikro çatlaklara sahip olması, daha fazla su emmesi, pürüzlü yüzey ve sivri köşeleri nedeni ile oluşan yerleştirme ve sıkıştırma problemleri gibi özelliklere dikkat edilmelidir. Endüstrideki gelişmeye bağlı olarak atık miktar ve çeşidi artmıştır. Yüksek fırın cürufu gibi granüler

yapıdaki endüstriyel atıklar yapay agregalar olarak betonda değerlendirilebilmektedirler [2]. Ayrıca binaların çeşitli nedenlerle yıkılıp tekrar yapılması sırasında ortaya çıkan atık betonlar, camlar, tuğlalar ve kiremitler kırılarak betonda geri kazanılmış agregalar olarak kullanılabilirler [3-6]. Agregalar ile çimento hamuru arasında kristal yapı yönünden bir süreklilik sağlanması yani epitaksial bağ oluşturmaları CaCO_3 ile sağlanır. Aderansı arttıran bu özellik kalker ve dolomit agregalarında oldukça fazla görülür [7]. Agregalar en büyük tane çapı 4 mm'den büyük ise iri agregalar, küçük ise ince agregalar veya kum olarak adlandırılır [8]. İri agregalar olarak Eskişehir ve civarında daha çok kalker ve dolomit kökenli kırmataşlar kullanılırken, ince agregalar olarak kalker kökenli kırmakum veya nehir kumu kullanılmaktadır. Şekil 1'de görüldüğü gibi Eskişehir'de 6 adet kırmataş ocağı hazır beton firmalarına agregalar üretmektedir. Bunun dışında Bilecik iline bağlı Osmaneli ilçesinden Sakarya



Şekil 1. Eskişehir Bölgesi Agregalar Ocakları ve Hazır Beton Firmaları [10].

nehirinden elde edilen kumda yaygın olarak kullanılmaktadır. Şekil 1 incelenecek olursa K-D ile gösterilen bölgeler beton agregası için uygun paleozoyik (545 myö-251.4 myö) yaşlı metamorfik kayalarlardır. Metamorfik kayalar, dağların oluşumu sırasında dağ köklerinde veya magmanın yüzeye doğru sokulmasıyla ya da fay zonları boyunca yüksek sıcaklık ve basınç etkisiyle; çökel, magmatik veya başka bir metamorfik kayanın değişmesi sonucu oluşurlar. Şekilde görülen metamorfik kayalar, kalker ve dolomit kökenlidir. Kalkerler (CaCO_3) kahverengimsi beyaz renkte, dolomitler ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) ise koyu gri renktedir [9].

Agregalar betonun yaklaşık % 70'ini oluştururlar. Betonda oluşabilecek problemlerin önemli bir kısmına uygun olmayan agreganın kullanımı neden olur. Yüksek dayanım ve dayanıklılığa sahip beton üretilmek isteniyorsa agreganın seçimi çok daha fazla önem kazanır. Agreganın fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve hangi sınırlarda olması gerektiği standartlarda belirtilmektedir. Avrupa birliğine uyum için çıkarılan yeni standartlar ile daha fazla agreganın özelliği birden fazla deney yöntemi ile belirlenebilmektedir. Böylece agreganın seçiminde agregaya ait daha fazla bilgi ile daha doğru seçim yapılmış olur. Beton bileşenleri içinde denetimi en az yapılan agregadır. Agregalarda üretim kalitesinin sürekliliğini sağlamada özellikle agreganın üreticilerine büyük görevler düşmektedir [11]. Hazır beton üretiminde agregaların su içeriği her gün kontrol edilmeli karışım hesapları düzeltilmelidir [12]. Ayrıca iri agreganın üzerindeki ince maddelerin agreganın çimento hamuru aderansına olumsuz etkileri de gözden kaçırılmamalıdır [13-14]. Bu çalışmada Eskişehir İli'nde kullanılan agregaların üzerinde yapılan deneyler ile agregaların fiziksel, mekanik ve dayanıklılık özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Agreganın kalitesinin kontrolünün taze ve sertleşmiş beton için önemi vurgulanmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

2.1. Malzemeler

Agrega: Eskişehir'de üretilen kalker ve dolomit olmak üzere iki farklı kırmataş ve Sakarya

Osmaneli nehir kumu kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan kalker kırmataşları 0-4, 4-16, 16-32 mm şeklinde gruplandırılırken, dolomit kökenli agregalar ise 4-16, 16-32 mm şeklinde gruplanmıştır. Ayrıca Set Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş. Trakya Çimento Fabrikası tarafından hazırlanan TSE EN 196-1'e uygun olan Rilem Cembureau Standart kumu kullanılmıştır [15].

Çizelge 1. Kullanılan Çimentonun Özellikleri

Kimyasal Bileşim (%)		TSEN197[15]	
		En Az	En Çok
SO ₃	2.67		4
MgO	1.75		
Cl-	0.015		0.1
Na ₂ O+0.658K ₂ O	0.481		0.6
Kızdırma Kaybı	2.30		5
Çözülmez Kalıntı	1.60		5
C ₃ A	8.65		
Basınç Dayanımları (MPa)			
2 Günlük	22.5	20	
7 Günlük	40.2		
28 Günlük	53.5	42.5	62.5
Fiziksel Özellik			
Priz Başlangıcı,sa:dk	2:35	1:00	
Priz Sonu, sa:dk	3:45		
Hacim Genleşme, mm	1		10

Çimento: ÇİMSA Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş. Eskişehir Çimento Fabrikası'nın üretimi olan CEM I 42.5 R çimentosu kullanılmıştır. Bu çimentoya ait özellikler Çizelge 1'de verilmiştir. Özgül ağırlığı 3.09, özgül yüzeyi 3590 cm²/gr olarak bulunmuştur.

Su: Eskişehir şebeke suyu kullanılmıştır. Suyun sülfat içeriği 45 mg/lit, kalsiyum içeriği 57 mg/lit, magnezyum içeriği 83 mg/lit, klorür içeriği 49 mg/lit, buharlaşma bakiyesi 438 mg/lit ve pH 6.75'tür.

2.2. Yapılan Deneyler

Agregaların birim ağırlıkları gevşek ve sıkışık olarak belirlenmiştir. Özgül ağırlık deneyi yapılarak beton karışım hesabı için gerekli agreganın özgül ağırlık değerleri bulunmuştur. Elek analizi deneyleri yapılarak agregaların tane boyutları belirlenmiştir. Tüm agregalar üzerinde su emme deneyleri yapılarak emebilecekleri su miktarları yüzde olarak bulunmuştur. 0-4 mm kırma kum ve nehir kumunda ince madde oranları belirlenmiştir. İnce agregaların zararlı miktarda organik madde içerip içermedikleri organik madde deneyi ile belirlenmiştir. Agregada aktif silis, çimentoda alkali oksitlerin fazla olması durumunda oluşan alkali silika reaksiyonları (ASR) betonda istenmeyen bir durumdur. ASTM standartlarında önerilen kimyasal yöntem ile alkali-silika reaksiyonu oluşup oluşmadığı belirlenmiştir [15]. Bu amaçla kırma kum, nehir kumu, ve TSE 196-1'e uygun standart Rilem kumu, Eskişehir çimento fabrikasının ürettiği CEM I 42.5 çimentosu ve Eskişehir şebeke suyu kullanılarak harç karışımları hazırlanmıştır. Karışımında su-çimento oranı 0.47 iken agreganın çimento oranı 2.25 olarak dikkate alınmıştır. Üretilen 25x25x285 mm boyutlarında harç numuneleri NaOH çözeltisi içinde bekletilmiş boy değişimleri 14 gün boyunca ölçülmüştür. Sülfata dayanıklılık deneyi için ASTM standartlarından yararlanılmıştır [15]. Üretilen 25x25x285 mm boyutlarında harç numuneleri 50 000 mg/lit çözeltilerde bekletilmiş ve belirli aralıklarla boy değişimleri ölçülmüştür. İri agregalarda yassı ve iğne şeklinde istenmeyen tane şekilleri ağırlık olarak belirlenmiş ve yüzde şeklinde ifade edilmiştir. Özellikle iri agregalarda aşınmaya dayanıklılık önemlidir. Bu amaçla Los Angeles aşınma deneyleri yapılarak bu agregaların aşınma sonucu oluşan kayıpları belirlenmiştir. Sıcaklık farkının oldukça fazla değişim gösterdiği bölgelerde önemli olan donma çözülme etkisi iri agregalarda $MgSO_4$ kullanılarak ağırlık kaybı şeklinde belirlenmiştir.

3. SONUÇLARIN İRDELENMESİ

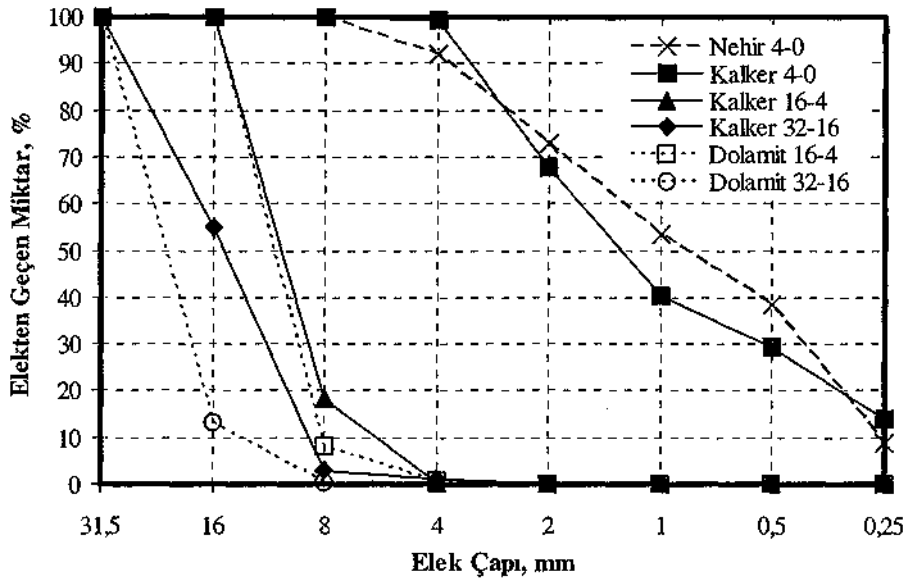
Yapılan deneyler sonucunda, agregaların gevşek birim ağırlıkları 1.27-1.62 kg/dm^3 , sıkışık birim ağırlıklarının ise 1.46-1.79 kg/dm^3 arasında olduğu Çizelge 2'de görülmektedir.

Özgül ağırlıklar ise 2.42-2.64 arasında değişmektedir. Nehir kumunun gevşek ve sıkışık birim ağırlığı diğer agregalara göre daha fazla iken, özgül ağırlığı daha düşük olduğu görülmüştür. Kırma kumun gevşek ve sıkışık birim ağırlığı kırmataşlara göre daha fazla olduğu görülmüştür. Kırmataşlar düzgün şekilli olmamaları nedeniyle boşluklar oluşturmuş, gevşek ve sıkışık birim ağırlıkları düşürmüştür. İnce agregaların iri agregalara göre oldukça fazla su emmedikleri görülmüştür. İnce agregaların yüzey alanlarının büyük olması su emme miktarlarının artmasına neden olmuştur.

Çizelge 2. Agreganın Birim Ağırlık, Özgül Ağırlık, Su Emme Deney Sonuçları

		Birim Ağırlık, kg/dm^3		Özgül Ağırlık	Su Emme, % (24 saat)
		Gevşek	Sıkışık		
Kalker	Nehir Kumu 0-4 mm	1.616	1.789	2.423	10.45
	Kırma kum 0-4 mm	1.543	1.758	2.578	9.92
	Kırma kum 4-16 mm	1.286	1.465	2.484	1.29
	Kırma kum 16-32 mm	1.278	1.491	2.587	0.67
Dolomit	Kırma kum 4-16 mm	1.289	1.488	2.634	1.32
	Kırma kum 16-32 mm	1.301	1.507	2.629	0.74

Şekil 2'de agregaların granülometreleri verilmektedir. Şekil 2 incelendiğinde nehir ve kırma kalker kumun granülometreleri birbirine yakın olduğu görülürken 0.25 mm elek altında kalan ince madde miktarının kırma kumda oldukça fazla olduğu görülmektedir. 16-4 mm aralığındaki agregaların granülometreleri birbirine yakın çıkarken, 32-16 mm aralığındaki agregalarda 16 mm'de önemli farklılıklar görülmüştür. Agreganın tane büyüklüğüne göre ayırım yapılırken yeni standarttaki 32 (31.5), 16, 8, 4, 2, 1, 0.5, 0.25 mm elek göz boyutları kullanılması gerekirken, halen agreganın üreticileri agreganın tane sınıflandırmasında 22, 15, 7, 3, 1 mm gibi eski standarttaki elek göz boyutlarını kullanmaktadırlar.



Şekil 2. Agregatane Dağılımları

Çizelge 3. Agregatane Biçimi, Aşınma ve Donma Çözülme Deney Sonuçları

	Biçimsiz Tane, %	Aşınma Kaybı, %		Donma-Çözülme Kaybı, %
		100 devir	500 devir	
Kalker	27.98	2.40	26.76	13.64
Dolomit	25.91	4.20	30.12	11.57
Sınırlar	< 50	< 10	< 50	< 18

Çizelge 3'te agregatane biçimi, aşınması ve donma-çözülme etkisindeki kayıplar verilmiştir. İstenmeyen tane şekillerinin kalker kırmataşlarında daha fazla olduğu gözlenmiştir. Buna karşılık dolomit kırmataşlarının aşınmaya dayanıklılığı daha az olmuştur. Dolomit kırmataşları donma çözülme etkisine daha dayanıklı olduğu belirlenmiştir.

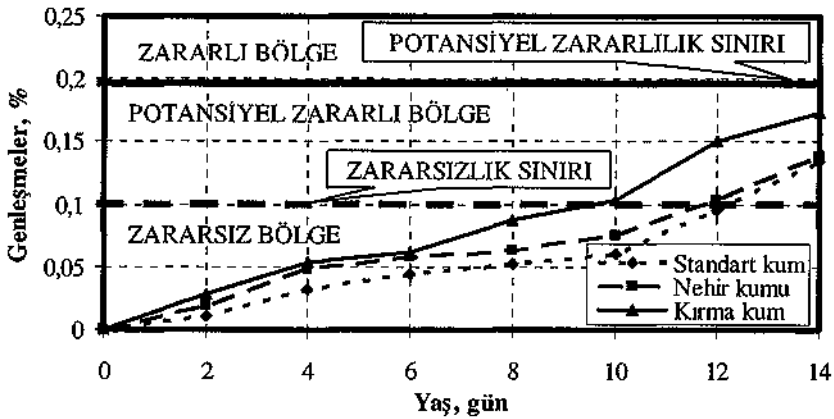
Çizelge 4. İnce Madde Oranı ve Organik Madde Deneyleri Sonuçları

	İnce Madde, %	Organik Madde
Nehir Kum	3.89	açık sarı
Kırma Kum	9.23	berrak

Çizelge 4'te ince agregalar üzerinde yapılan ince madde oranı ve organik madde deney sonuçları verilmektedir. İnce madde miktarı kırmakumunda oldukça fazla olduğu görüldürken, nehir kumunda tehlikeli olmayan miktarda organik maddeye rastlanmıştır.

Şekil 3'te alkali-silika reaksiyonu deneyi sonuçları verilmektedir. Harç çubuklarında genleşme miktarları zararlı sınırı olan % 0.2'yi aşmamıştır. Kırma kum potansiyel zararlılık sınırı olan % 0.1'i 10. günde aşarken, nehir kumu ve standart kum bu sınırı 12. günde aşmıştır. Eskişehir İli çimentosu ve agregaları ile üretilen harçlarda potansiyel alkali-silika reaksiyonu tehlikesi bulunmaktadır. Kırma kumda bu tehlike daha fazladır. Özellikle su ile temas edecek veya nem etkisinde kalacak yüzeylerde bu durum dikkate alınmalıdır. Betonun ileriki yaşlarında oluşabilecek alkali-silika reaksiyonu çatlakları beton dökülmeden önce önlemler alınarak engellenebilir.

Şekil 4'te sülfat deneyi sonuçları verilmektedir. Üretilen harç numunelerinde sülfat etkisi ile oluşan genleşmeler incelendiğinde erken yaşlarda standart kumun daha çok genleştiği gözlenirken, ileriki yaşlarda kırma kum ile üretilen harçların genleşmelerinin



Şekil 3. Alkali-Silika Reaksiyonu Deneyi Sonuçları

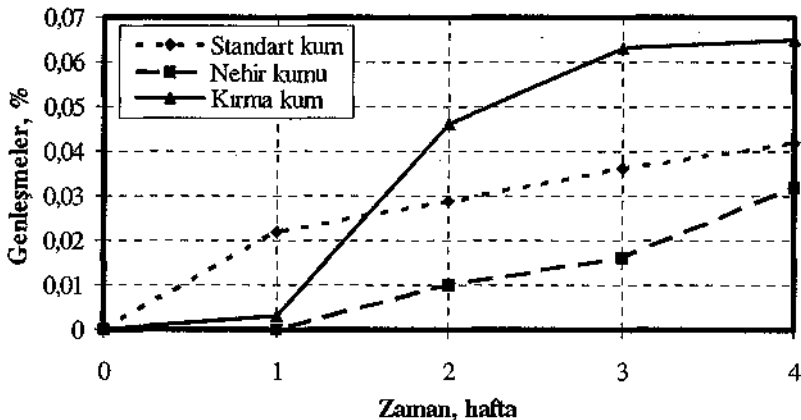
arttığı görülmüştür. Özellikle Porsuk nehri ve çevresi gibi yerlerde zeminde sülfat bulunması durumunda bu bölgelerde dökülecek betonlarda geçirimsizlik sağlanmalı, beton üretiminde sülfata dayanıklı çimentolar kullanılmalı ve agrega seçimine dikkat edilmelidir. Sülfat etkisi ile oluşacak genleşmeler betonda çatlaklara yol açarak betonun dayanım ve dayanıklılığını düşürmektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmada ulaşılan sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- Nehir kumunun birim ağırlığı fazla iken, özgül ağırlığı daha düşüktür.

- İnce agregaların iri agregalara göre oldukça fazla su emmektedirler.
- 0,25 mm elek altında kalan ince madde miktarı kırma kumda fazladır.
- 32-16 mm aralığındaki agregalarda 16 mm'de önemli farklılıklar vardır.
- İstenmeyen tane şekillerinin kalker kırmataşlarında daha fazladır.
- Dolomit kırmataşlarının aşınmaya dayanıklılığı daha az olduğu halde, donma-çözülme etkisine daha dayanıklıdır.
- İnce madde miktarı kırma kumda oldukça fazla iken, nehir kumunda tehlikeli olmayan miktarda organik maddeye vardır.
- Eskişehir İli çimentosu ve agregaları ile



Şekil 4. Sülfat Deneyi Sonuçları

üretilen harçlarda potansiyel alkali silika reaksiyonu tehlikesi bulunmaktadır.

- Sülfat etkisi ile oluşan genleşmeler erken yaşlarda standart kum, ileriki yaşlarda kırma kum ile üretilen harçlarda fazla olmuştur.
- Yeni standartlara uygun olarak düzenli yapılacak deneyler ile agrega üretim kalitesinin sürekliliği üretici firma tarafından sağlanmalıdır.

Kaynaklar

[1] Uğurlu, A., "Agrega-Çimento Hamuru Bağı Üzerine", 2. Ulusal Kırmataş Sempozyumu 99 Bildiriler Kitabı, TMMOB Maden-Jeoloji Odaları İstanbul Şubesi, İstanbul, ss. 213-228, 1999.

[2] Bilir, T., Yüksel İ., Topçu, İ.B., "Betonun Aşınma Direncine Yüksek Fırın Çürufu ve Kazan Altı Külünün Etkisi", 7. Uluslararası Kırılma Konferansı, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, ss. 407-420, 2005.

[3] Topçu, İ.B., "Using Waste Concrete As Aggregates", Cement Concrete Research, Vol. 25, No.7, pp. 1385-1390, 1995.

[4] Topçu, İ.B., Canbaz, M., "The Properties of Concrete Containing Waste Glass", Cement Concrete Research, Vol. 34, No. 2, pp. 267-274, 2004.

[5] Topçu, İ.B., Canbaz, M., "Utilization of Crushed Tile As Aggregate in Concrete", ICCE 12, Twelve International Conference on Composites or Nano Engineering, August 1-6, Tenerife, Spain, 2005.

[6] Senthamarai, R.M., Manoharan, P.D., "Concrete with Ceramic Waste Aggregate", Cement and Concrete Composites, Vol.27, No. 9 - 10 , pp. 910-913, 2005.

[7] Akman, M.S., "Beton Agregaları", Beton Semineri, DSİ Matbaası, Ankara, ss. 15-28, 1984.

[8] Topçu, İ.B., "Beton", TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Eskişehir Şubesi, Yayın No. 2, 260 s., Eskişehir, 2006.

[9] Gözler, Z., Cevher, F., Ergül, E., Asutay, H.J., "Orta Sakarya ve Güneyinin Jeolojisi", MTA, Jeoloji Etüt Dairesi, Ankara, ss. 8-22, 1996.

[10] MTA, 1/500000'lik Jeoloji Haritası, Ankara, 1963.

[11] Çağlayan, M., Haberveren, S., İpekoğlu, B., Kurşun, İ., "Beton Yapımında Kullanılan Agregaların Özellikleri ve Örnek Bir Kuruluş İSTON", 2. Ulusal Kırmataş Sempozyumu 99, Bildiriler Kitabı, TMMOB Maden-Jeoloji Odaları İstanbul Şubesi, İstanbul, ss. 69-88, 1999.

[12] Arıoğlu, E., Acar, E., Manzak, O., Dondurmacı, A., Girgin, C., "Kırmataşın Mühendislik Büyüklüklerinin Beton Karışım Tasarımına Etkileri", 2. Ulusal Kırmataş Sempozyumu 99, Bildiriler Kitabı, TMMOB Maden-Jeoloji Odaları İstanbul Şubesi, İstanbul, ss. 229-240, 1999.

[13] Topçu, İ.B., Uğurlu, A., "Effect of the Use of Mineral Filler on the Properties of Concrete", Cement Concrete Research, Vol. 33, No. 7, pp. 1071-1075, 2003.

[12] Topçu, İ.B., Yakaroğlu, S., "Taş Unu Kullanımının Beton Özelliklerine Etkisi", Hazır Beton, Sayı 29, Eylül-Ekim 1998, ss. 67-70.

[13] Topçu, İ.B., "Yapı Malzemeleri ve Beton Deneyleri El Kitabı", Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, 2006.

Taşocağında Üretim Maliyetlerinin Matematiksel Modelinin Oluşturulması ve Örnek Uygulama

Generation and Application of a Mathematical Model of the Production Costs in a Quarry

Ali Osman YILMAZ, Ergin ARIÖĞLU

KTÜ, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon.
aoyilmaz@ktu.edu.tr

ÖZ: Bir taşocağındaki üretim aşamaları üretim basamağında delik delme, patlatma, elde edilen taşocağı malzemesinin yüklenmesi, kırma-eleme tesisine taşıma, kırma-eleme işlemi, nihai ürünün yüklenmesi ve yıkama aşamalarından oluşmaktadır. Taşocağında toplam maliyet bu üretim aşamalarında oluşan (yatırım + işletme) maliyetlerinin toplamından oluşmaktadır. Bu bildiride bir taşocağı modeli ocak üretiminden elde edilen ürünün yıkanıp piyasaya satış aşamasına kadar olan üretim sürecinde oluşan maliyet unsurlarının matematiksel modellemesi yapılmıştır. Oluşturulan model yardımı ile yukarıda ifade edilen her bir üretim aşamasındaki yatırım ve işletme maliyetleri kolaylıkla bulunabilmektedir. Modelin pratik bir uygulaması bildirinin sonuna ilave edilen örnek bir uygulama ile test edilmiş, elde edilen sonuçlar hakkında değerlendirmeler yapılmıştır..

Anahtar kelimeler: Taşocağı, delme, patlatma, matematik model, örnek uygulama

ABSTRACT: The production stages in a quarry includes drilling, exploding, loading the quarry material obtained, breaking in the breaking- blending facility, loading the final product and washing. The total cost of quarry production is made of the total of the costs accrued in these production stages (investment + operational). In this study, a mathematical modeling is presented for the cost items covering all the processes occur until the product obtained from the quarry is washed and introduced for sale in the market. The model allows the easy calculation of the investment and operating costs at each production stage mentioned above. The model was tested with a practical application attached to this study and the results of the test were evaluated.

Key words: Quarry, drilling, blasting, mathematical model, case study

1. GİRİŞ

Agrega, kentleşmenin bir sonucu olarak ortaya çıkan konut ihtiyacını karşılamaya çalışan ve son yıllarda ülkemizin en önemli sektörlerinden biri haline gelen, inşaat sektörünün temel yapı elemanlarından biridir. Yol altyapı malzemesi, bina inşaatları, köprü inşaatı vb. alanlarda çok yoğun bir şekilde kullanılmaktadır [1,2].

Agrega; doğal, yapay veya her ikisinden yoğun mineral malzemenin genellikle 100mm'ye kadar çeşitli büyüklüklerdeki kırılmamış ve/veya kırılmış tanelerinin bir yığıdır. Teraslardan, nehirlerden, denizlerden, göllerden ve taş ocaklarından elde edilen kırılmış veya kırılmamış agregalara doğal agrega (tabii malzeme); yüksek fırın cüruf taşı, izabe cürufu veya yüksek fırın cüruf kumu gibi sanayi ürünü olan kırılmış veya kırılmamış yoğun yapılışlı agregalar ise yapay agrega olarak adlandırılmaktadır. Tür, boyut ve kullanımına göre ise şu şekilde sınıflandırılabilirler: İri agrega (Çakıl, Kırmataş, Yapay Taş), İnce agrega (Kum, Kırmataş, Yapay Kum) ve Taşunu (Filler)[2].

Agregalar yaygın olarak taşocaklarından ve akarsu yataklarından elde edilmektedir. Akarsu yataklarından üretim, son yıllarda çevre koruma kanunlarının getirdiği kısıtlamalarla azalma eğilimine girmiştir. Agreganın üretimi açısından taşocakları tek üretim alternatifi olarak önemini her geçen gün arttırmaktadır.

Taşocaklarında üretim, deliklerin delinmesi, patlayıcı maddelerin yerleştirilmesi ve patlatılması, ortaya çıkan taş ocağı malzemesinin kepçelerle kamyonlara yüklenmesi ve kırma eleme tesisine taşınması adımlarından oluşmaktadır. Kırma eleme tesisine taşınan taşocağı malzemesi piyasanın istediği boyutta kırma-eleme işlemine tabii tutulmakta ve son ürün olarak stok sahasına yığılmaktadır. Bundan sonraki adım piyasaya sevk işlemidir. Taşocağındaki tüm bu üretim sürecinde bir dizi maliyetin oluşması söz konusudur. Bu maliyetleri yatırım ve işletme maliyetleri olmak üzere ikiye ayırmak mümkündür.

Yatırım maliyeti makine-ekipman maliyetini oluştururken, işletme maliyeti ise

makine ekipmanın kullanım esnasında (mazot, yağ, lastik, işçilik vb) oluşan maliyetler ile patlayıcı madde, elektrik vb diğer tüketim kalemleri oluşturur. Kuşkusuz ticari bir faaliyette bulunan teşebbüslerin gerek kendi içinde maliyet optimizasyonu gerekse diğer üreticilere karşı bir rekabet içinde olmalarından dolayı faaliyet sonucu oluşan maliyetleri en doğru şekilde hesaplamaları son derece önemlidir. Maliyetin yanlış hesaplanması yatırım hedeflerinin yanlış belirlenmesine ve ciddi sıkıntıların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir.

Tüm faaliyetlerin bir model haline getirilerek maliyetlerin eş zamanlı değişimlerinin gözlenmesi hızlı karar alınması yanında ticari faaliyetin bulunduğu konum hakkında da önemli bilgilerin elde edilmesine yardımcı olacaktır. Zaman zaman maliyet unsurlarındaki değişimlerin hemen tespit edilmesi ve toplam işletme karlılığı üzerindeki etkileri bu model yardımı ile belirlemek kuşkusuz önemli hareket kolaylığı sağlamaktadır.

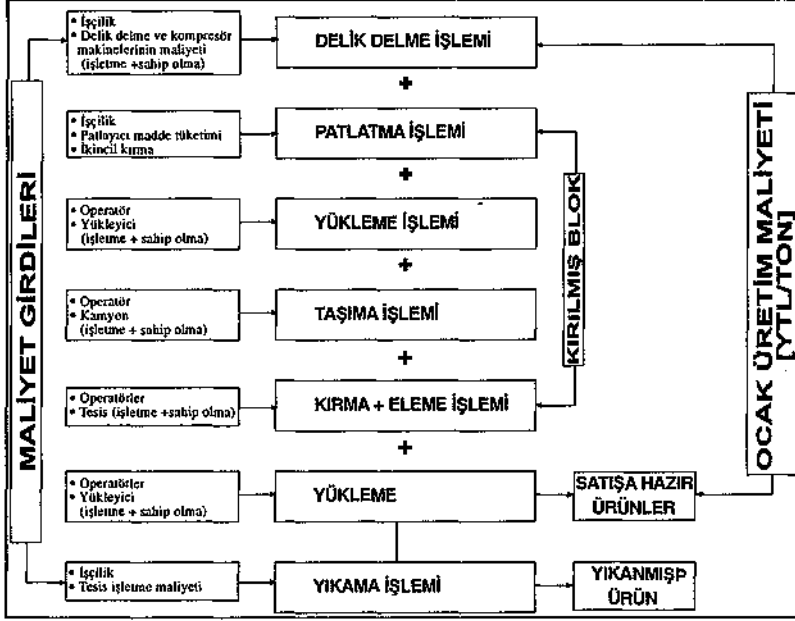
Bu çalışmada tipik bir taşocağı modeli (delme, patlatma, yükleme, taşıma, kırma-eleme) (Şekil 1-2) matematiksel modeli bilgisayar ortamında excel programı ile hazırlanmıştır. Takip eden bölümde verilen tüm üretim aşaması hesaplama adımları ayrı ayrı bilgisayar ortamında oluşturulmuştur.

2. TAŞOCAĞI MODELİ MALİYET UNSURLARI

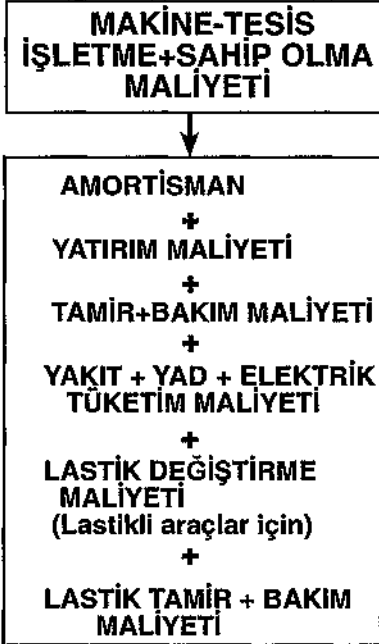
Taşocağı modelinde tüm maliyetler yatırım ve işletme maliyeti diye iki ayrı kısımdan oluşmaktadır. Yatırım maliyetinde amortisman süresi 5 yıl, yılda çalışılan gün sayısı 300 alınmıştır. Yatırım ve işletme maliyetleri her bir üretim aşaması için aşağıdaki çizelgelere verilmiştir [3,4,5,6,7,8].

2.1 Delme Maliyeti

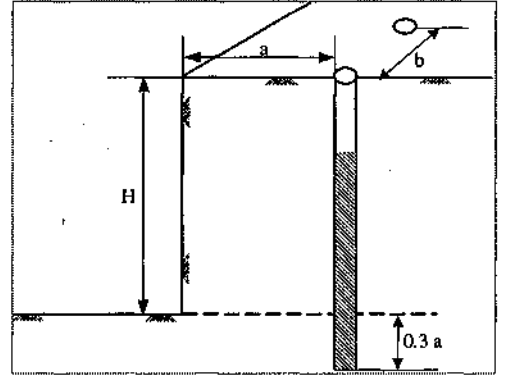
Delme maliyetinde yatırım unsuru olarak delici makine ve kompresör kullanılmaktadır. Basamak tasarımında kullanılan parametreler Şekil 3'de tüm maliyet hesaplamaları Çizelge 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Taşocağı maliyet modeli ayrıntılı akım şeması



Şekil 2. Makine-tesis işletme+sahip olma maliyeti



Şekil 3. Basamak patlatmada geometrik parametreler

2.2 Patlatma Maliyeti

Patlatma maliyetinde yatırım söz konusu değildir. İşçilik ve patlayıcı madde tüketimi işletme gideri olarak hesaplanmıştır. Çizelge 2'de hesaplama ayrıntısı görülmektedir.

Çizelge 1.Delme Birim Maliyeti Hesaplama Formülleri

DELME MALİYETİ

İŞÇİLİK MALİYETİ	
DELİK DELME İŞÇİLİK MALİYETİ	$m_{i,d} = \frac{\sum \ell \cdot \eta_i \cdot m_{yev}}{T_g} = 0.9 \frac{\eta_i \cdot m_{yev}}{a^2 \cdot \gamma}$$m_{i,d} = 0.168 \frac{\eta_i \cdot m_{yev}}{a^2 \cdot \gamma} \cdot \frac{1}{V}$ YTL/Ton
Toplam delik uzunluğu	$\sum \ell = \alpha^{(*)} \ell_s \cdot V_g = 1.10 \times \frac{0.8}{a^2} \times \frac{T_g}{\gamma} = \sum \ell \approx 0.9 \frac{T_g}{a^2 \gamma}$ m/gün
Birim delik uzunluğu başına yevmiye, yev/m	$\eta_i = 1.5 \times \frac{1}{8} \times \eta \cdot \frac{1}{V}$ Yev/m

DELİK DELME MAKİNESİ + KOMPRESÖR MALİYETLERİ

DELİK DELME MAKİNESİ	
SAHİP OLMA MALİYETİ	
AMORTİSMAN	$\frac{M_{\text{delik makinesi}}}{5^{yıl} \times n_{\text{gün/yıl}} \times T_g^{1/gün}}$ [YTL/ton]
FAİZ	$0.6 \times \frac{M_{\text{delik makinesi}}}{n_{\text{ç}} \times T_g} \cdot i$ [YTL/ton]
TAMİR+BAKIM	$0.2 \times \frac{M_{\text{delik makinesi}}}{n_{\text{ç}} \times T_g}$ [YTL/ton]

KOMPRESÖR

SAHİP OLMA MALİYETİ	
AMORTİSMAN	$0.2 \frac{M_{\text{komp.}}}{n_{\text{ç}} \cdot T_g}$ [YTL/ton]
FAİZ	$0.6 \frac{M_{\text{komp.}}}{n_{\text{ç}}} \cdot \frac{i}{T_g}$ [YTL/ton]
TAMİR+BAKIM	$0.2 \frac{M_{\text{komp.}}}{n_{\text{ç}} \cdot T_g}$ [YTL/ton]

İŞLETME MALİYETİ

YAKIT+YAĞ GİDERİ	$1.5(3 \times \text{HP}_{\text{komp.}} \times q'_{\text{komp.}} \times m_m \times t) \cdot \frac{1}{T_g}$ [YTL/ton]
-------------------------	---

$m_{i,d}$: Delik delme işçilik maliyeti, YTL/ton

$\sum \ell$: Toplam delik uzunluğu, m/gün

η_i : Birim delik uzunluğu başına yevmiye miktarı, yevmiye/m

m_{yev} : Yevmiye bedeli, YTL/yev.

T_g : Günlük üretim, Ton/gün

a : Delikler arası mesafe, m

γ : Yoğunluk, ton/m³

η : Yevmiye adedi/vardiyeye

V : Ortalama delme hızı, m/saat

α : Meyilli delik delme faktörü ($\alpha = 1.1$ alınmıştır)

V_g : Yerinde hacim, m³/gün

i : Faiz oranı, %

$q'_{\text{komp.}}$: Birim HP için yakıt tüketimi, lt/saat

m_m : Mazot fiyatı, YTL/lt

t : Kompresör fiili çalışma süresi, saat

$n_{\text{ç}}$: Yılda çalışma süresi, gün/yıl

$M_{\text{delik mak.}}$: Delik delme makinesi bedeli, YTL

M_{komp} : Kompresör bedeli, YTL

HP_{komp} : Kompresör motor gücü, HP

* Eğri delik delme, kademe alt uzunluklarını göz önüne alan faktör $\alpha = 1.10$ olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 2. Patlatma Birim Maliyeti Hesaplama Formülleri

PATLATMA MALİYETİ		
İŞÇİLİK MALİYETİ		
PATLAYICI MADDE İŞÇİLİK MALİYETİ	$n \times \frac{t_p}{8 \text{ saat / vardiyeye}} \times m_{yev} \times \frac{1}{T_g}$	YTL/Ton
PATLAYICI MADDE MALİYETİ	$\frac{q}{\gamma} [m'_p + 0.07m_m + 0.03m_{di}] + 0.15 \text{ (ykr/ton)}$	YTL/Ton
n : Vardiyede yevmiye adedi, yev/vardiyeye t_p : Patlayıcı madde, yerleştirme, sıkılama+ateşleme için toplam süre, saat m_{yev} : Yevmiye bedeli, YTL/yev. T_g : Günlük üretim, Ton/gün q : Kullanılan patlayıcı madde miktarı, kg/m³ m'_p : Patlayıcı madde fiyatı, YTL/kg m_m : Mazot fiyatı, YTL/kg m_{di} : Dinamit fiyatı, YTL/kg 0.15 : Fital vb tüketim için sabit maliyet, YKR/ton		

2.3 Yükleme Maliyeti

Yükleme işleminde yatırım olarak yükleyici makine dikkate alınmıştır. Bu yükleyiciye yönelik işletme maliyetleri ve diğer

işletme maliyeti hesaplama ile ilgili bağıntılar Çizelge 3'de kullanılan notasyonların anlamları ile birlikte verilmiştir.

Çizelge 3. Yükleme Birim Maliyeti Hesaplama Formülleri

YÜKLEME MALİYETİ		
İŞÇİLİK MALİYETİ		
İŞÇİLİK (OPERATÖR) MALİYETİ	$\frac{t'_c}{8} \times m_{op} \times \frac{1}{T_g}$	YTL/Ton
Çalışma saati	$t'_c = \frac{V_g}{V_{pratik}} = \frac{\frac{T_g}{\gamma}}{\frac{\alpha_{kepçe}}{(1+\theta_g)} + \frac{3600}{t} \times \frac{5}{6} \times 0.80}$ $\theta_g = 0.5$ alınır $t'_c = \frac{T_g \cdot t}{1600 \cdot \alpha_{kepçe} \cdot \gamma}$	Saat/gün
t'_c : Çalışma süresi, saat m_{op} : Operatör yevmiye bedeli, YTL/yev. T_g : Günlük üretim, Ton/gün V_g : Günlük üretim (yerinde), m³/gün V_{pratik} : Yükleyici kapasitesi, m³/saat γ : Yoğunluk, ton/m³ α_{kepçe} : Kepçe hacmi, m³ θ_g : Kabarma katsayısı t : Periyot, sn 5/6 : Efektif çalışma oranı, 0.80 : Doldurma oranı		

(Çizelge 3. Devam)

YÜKLEYİCİ SAHİP OLMA MALİYETİ			
	AMORTİSMAN	$\frac{M_y - M_1}{n_{\text{yıl}} \times n_{\text{gün/yl}} \times T_g}$ $n = 5 \text{ yıl alınırsa}$ $0.2 \frac{(M_y - M_1)}{n_{\text{gün/yl}} \times T_g \times \frac{1}{\text{gün}}}$	[YTL/ton]
	FAİZ	$0.6 \frac{M_y - M_1}{n_{\text{gün/yl}} \times T_g} \cdot i$	[YTL/ton]
	TAMİR+BAKIM	$0.2 \frac{M_y - M_1}{n_{\text{gün/yl}} \times T_g}$	[YTL/ton]
İŞLETME MALİYETİ			
	LASTİK DEĞİŞTİRME MALİYETİ (Oldukça ağır çalışma şartları)	$\frac{M_1}{\frac{2500^{\text{saat}}}{t'_{\text{saat/gün}}} \times T_g} = \frac{t'_{\text{saat}} M_1}{2500 \times T_g}$	[YTL/ton]
	Lastik (tamir+bakım) maliyeti	0.15 x lastik değiştirme maliyeti	[YTL/ton]
	Yakıt+yağ Gideri	$(4.5 \times HP_y \times q'_y \times m_m \times t'_{\text{ç}}) \frac{1}{T_g}$	[YTL/ton]
M_y : Yükleyici bedeli, YTL M_1 : Lastik bedeli, YTL $t'_{\text{ç}}$: Çalışma süresi, saat		HP_y : Yükleyici motor gücü, HP q'_y : Yükleyici birim HP için yakıt tüketimi, lt/saat	

2.4 Taşıma Maliyeti

Taşıma maliyeti taşıdığı malzemesinin ocak aynasından kırma-eleme tesisine taşınmasını kapsamaktadır. Yatırım olarak sadece kamyon alımı söz konusudur. Taşıyıcı olarak kamyonlar kullanılmıştır. Taşıma işleminde kamyon ile ilgili kapasite hesapları ve diğer hesaplama detayları Çizelge 4'de açıklanmıştır.

2.5 Kırma-Eleme Maliyeti

Taşoğacında üretilen ocak malzemesi son olarak kırma-eleme tesisinde boyut küçültme işlemine tabi tutularak piyasanın istediği boyuta göre sınıflandırılmakta ve stok sahasına yığılmaktadır. Kırma-eleme tesisinde en büyük yatırım kalemini tüm tesis kuruluş maliyeti oluşturmaktadır. Artan kapasiteye bağlı olarak

tesisin kuruluş bedeli de artacağından, bunun için [7] kaynağında geliştirilen

$$M_{\text{tesis}} = 13769 (T_g)^{0.4327}$$

bağıntısı kullanılmıştır. Burada:

$$M_{\text{tesis}} : \text{Tesis yatırım bedeli, \$}$$

$$T_g : \text{Günlük üretim, ton/gün}$$

750 ton/gün için yatırım bedeli toplam yatırım bedeli (~380.000 YTL) olarak bulunur.

Kırma-eleme tesisi ile ilgili yatırım ve işletme maliyeti hesaplama ayrıntıları Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 4. Taşıma Birim Maliyeti Hesaplama Formülleri

TA-İMA MALİYETİ

İŞÇİLİK MALİYETİ		
Operatör (Şoför) maliyeti	$m_s = \frac{n_s^{\text{adet}} \times \frac{t_{\text{ç,t}}}{8} \times m_s^{\text{Ytl/yev}}}{T_g}$	YTL/Ton
Kamyon sayısı	$n = 1 + 40 \left[\frac{60L^{\text{km}}}{V_{\text{dolu}}} + \frac{60L^{\text{km}}}{V_{\text{boş}}} + t_{\text{manevralar}} \right] \cdot \frac{\alpha^{\text{m}^3}}{\alpha_k + t^{\text{sn}}}$ Kamyon sayısı aynı zamanda şoför sayısı anlamına gelmektedir.	adet
Çalışma süresi, $t_{\text{ç,t}}$	$t_{\text{ç,t}} = 6.25 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{T_g^{\text{t/gün}}}{\alpha \cdot \gamma} \cdot t^{\text{sn}}$	Saat/gün

KAMYON MALİYETİ

KAMYON SAHİP OLMA MALİYETİ		
AMORTİSMAN	$\frac{M_{\text{kamyon}}}{5^{\text{yıl}} \times n_{\text{ç}}^{\text{gün/yıl}} \times T_g^{\text{t/gün}}}$	[YTL/ton]
FAİZ	$0.6 \times \frac{M_{\text{kamyon}}}{n_{\text{ç}} \times T_g} \cdot i$	[YTL/ton]
TAMİR+BAKIM	$0.2 \times \frac{M_{\text{kamyon}}}{n_{\text{ç}} \times T_g}$	[YTL/ton]

İŞLETME MALİYETİ

LASTİK DEĞİŞTİRME MALİYETİ (Oldukça ağır çalışma şartları)	$\frac{M_1}{\frac{2500^{\text{saat}}}{t_{\text{ç}}^{\text{saat/gün}}} \times T_g} = \frac{t_{\text{ç}}' M_1}{2500 \times T_g}$	[YTL/ton]
Lastik (tamir+bakım) maliyeti	0.15 x lastik değiştirme maliyeti	[YTL/ton]
Yakıt+yağ Gideri	$(4.5 \times HP_k \times q_k' \times m_m \times t_{\text{ç}}') \cdot \frac{1}{T_g}$	[YTL/ton]

M_k : Kamyon bedeli, YTL

HP_k : Yükleyici motor gücü, HP

n_s : Şoför sayısı

$t_{\text{ç,t}}$: Çalışma süresi, saat

m_s : Şoför yevmiyesi, YTL/yev.

n : Kamyon sayısı

L : Kamyon gidiş-dönüş mesafesi, km

V_{dolu} : Dolu gidiş hızı, km/saat

$t_{\text{ç}}'$: Çalışma süresi, saat

$V_{\text{boş}}$: Boş dönüş hızı, km/saat

α : Yükleyici hacmi, m^3

α_k : Kamyon hacmi, m^3

t : Yükleyici periyodu, sn

γ : Yoğunluk, ton/ m^3

M_1 : Lastik bedeli, YTL

q_k' : Yükleyici birim HP için yakıt tüketimi, lt/saat

Çizelge 5. Kırma-Eleme Birim Maliyeti Hesaplama Formülleri

KIRMA VE ELEME MALİYETİ			
İŞÇİLİK MALİYETİ			
İşçilik maliyeti	$n_o^{adeti} \times m_y^{Yıl/yev} \times \frac{t_{ç,k}}{8} \times \frac{1}{T_g}$		YTL/Ton
KIRMA+ ELEME TESİSİ			
SAHİP OLMA MALİYETİ			
AMORTİSMAN	$\frac{M_{tesis}}{n^{yıl} \times n_{ç}^{gün/yıl} \times T_g}$ $n = 5 \text{ alınır}$ $0.2 \frac{M_{tesis}}{n_{ç} \cdot T_g}$		[YTL/ton]
	$\frac{M_{tesis}}{2 \times n \times n_{ç}^{gün/yıl} \times T_g} (n + 1) \cdot i$ faiz oranı $n = 5 \text{ alınır}$ $0.6 \frac{M_{tesis}}{n_{ç} \cdot T_g} i$		[YTL/ton]
	$1.20 \times (\text{Amortisman})$ $\cong 0.25 \times \frac{M_{tesis}}{n_{ç} \times T_g}$		[YTL/ton]
İŞLETME GİDERLERİ			
ELEKTRİK TÜKETİMİ	$q \cdot m_e$		[YTL/ton]
n_o : İşçi sayısı m_y : İşçi yevmiye bedeli M_{tesis} : Tesis bedeli, YTL		q : Elektrik tüketimi, kWh/ton m_e : Elektrik birim satış fiyatı, YTL/kWh	

3. DEĞERLENDİRME ve SONUÇLAR

Yukarıda açıklanan taşocağı maliyet modeli bir uygulama ile çalıştırılarak denenmiştir. Modelde girdi olarak kullanılan

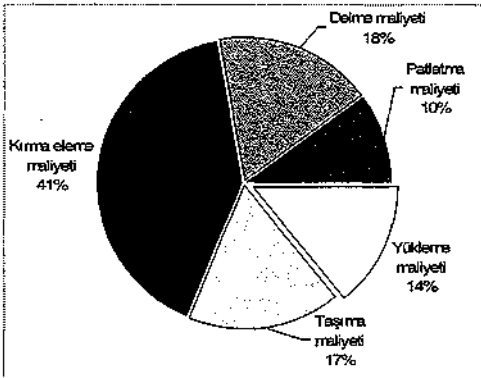
veriler Çizelge 6'da toplu halde verilmiştir. Çizelgede yer almayan kimi veriler güncel değer olarak modele girilmiştir.

Çizelge 6. Taşocağı Maliyet Modeli Girdileri

Kayaç türü: kireçtaşı	İşçilik yevmiyesi, m_{yev} : 30 YTL/yeve
Yoğunluk, γ : 2.7 ton/m ³	Delik delme makinesi, M_{dm} : 200.000 YTL
Dilim kalınlığı, a : 2.4 m	Mazot tüketimi, q' : 0.05 galon/hp.saat
Üretim, T_g : 750 ton/gün	Kompresör, M_{komp} : 10.000 YTL
Basamak yüksekliği, H , 15 m	Anfo, q : 400 gr/ton
Delik delme hızı, V : 15 m/s	Anfo fiyatı, 1 YTL/kg
Amortisman süresi, n : 5 yıl	Dinamit fiyatı, 5 YTL/kg
Çalışma, n_c : 300 gün/yıl	Kabarma katsayısı, θ_g : % 50
Faiz, i , % 15	Yükleyeci fiyatı, $M_{yük}$: 200.000 YTL
Kepçe hacmi, $\alpha_{kepçe}$: 5 m ³	Lastik ömrü: 2500 saat
Tesis fiyatı, M_{tesis} , 380.000 YTL	Kamyon fiyatı, M_{kamyon} : 100.000 YTL

Çizelge 6'da verilen girdiler doğrultusunda maliyet modelinin çalıştırılması ile elde edilen sonuçlara yönelik olarak şu değerlendirmeler yapılabilir:

- Maliyet modelinde kırma-eleme toplam birim maliyetin % 41 ile en fazla paya sahip olurken bunu % 18 ile delme, % 17 ile taşıma, % 14 ile yükleme ve % 10 ile patlatma adımları takip etmiştir (Şekil 4)



Şekil 4. Toplam birim maliyetin maliyet unsurlarına göre dağılımı

- Maliyet modeli bir dizi üretim düzeyi ile test edilmiştir. Modele 200 ton/gün- 1400 ton/gün üretim düzeyi arasında çeşitli üretim büyüklükleri verilmiştir. Baz alanın 750ton/gün üretim büyüklüğünde toplam maliyet

3.27YTL/ton elde edilirken, bunun 0.78YTL/ton'u yatırım 2.49 YTL/ton'u işletme maliyetinden oluşmuştur. 200 ton/gün için toplam birim maliyet 7.28 YTL/ton olurken 1400 ton/gün için anılan büyüklük 2.51 YTL/ton olarak elde edilmiştir. Dikkat edileceği üzere artan üretim düzeyi ile birim maliyet düşmektedir.

Çizelge 7. Taşocağı Maliyet Modeli Çıktısının Üretim Büyüklüğüne Göre Değişimi

Üretim [ton/gün]	Yatırım maliyeti [YTL/ton]	İşletme Maliyeti [YTL/ton]	Toplam maliyet [YTL/ton]
200	2.36	4.92	7.28
300	1.67	3.84	5.51
400	1.31	3.29	4.59
600	0.93	2.72	3.65
750	0.78	2.49	3.27
800	0.74	2.43	3.17
1000	0.62	2.25	2.87
1200	0.54	2.13	2.66
1400	0.47	2.04	2.51

Ekim 2006 fiyatları itibarıyla

- Çizelge 7'de verilen değerlerin değişimi Şekil 5'de çizilmiştir. Açıkça görüleceği üzere yukarıda da ifade edildiği gibi artan üretim büyüklüğü ile toplam birim maliyet üstel bir ifade ile azalmaktadır. İfadenin değişimi;

$$m = 123.50[T_g]^{-0.544}$$

olmaktadır. Burada üretim miktarının büyük olmasının birim maliyet açısından önemi açıkça görülmektedir. Aynı şekil üzerine [8] çalışması da işlenmiştir. Bu çalışmada elde edilen regresyon ifadesi ise

$$m = 28.29[T_g]^{-0.334}$$

şeklinde dir. Her iki ifadenin değişimi yakından incelendiğinde; düşük üretim düzeylerinde aradaki fark nispeten fazla olmasına rağmen artan üretim büyüklüklerinde, özellikle 1100 ton/gün üretim düzeyine kadar aradaki fark azalarak üst üste örtüşmekte, bu üretim düzeyinden sonra ise arada çok küçük fark ile değişim gözlenmektedir. 750 ton/gün için model çıktısı 3.37 YTL/ton birim maliyete karşın bahsedilen kaynakta ifade elden bağıntıdan hesaplanan birim maliyet ise 3.10 YTL/ton olarak bulunmuştur.

• Şekil 5'de toplam yatırım büyüklüğünü veren ifadenin bulunması da araştırılmış. Modelin değişik üretim büyüklüklerinde çalıştırılması ile

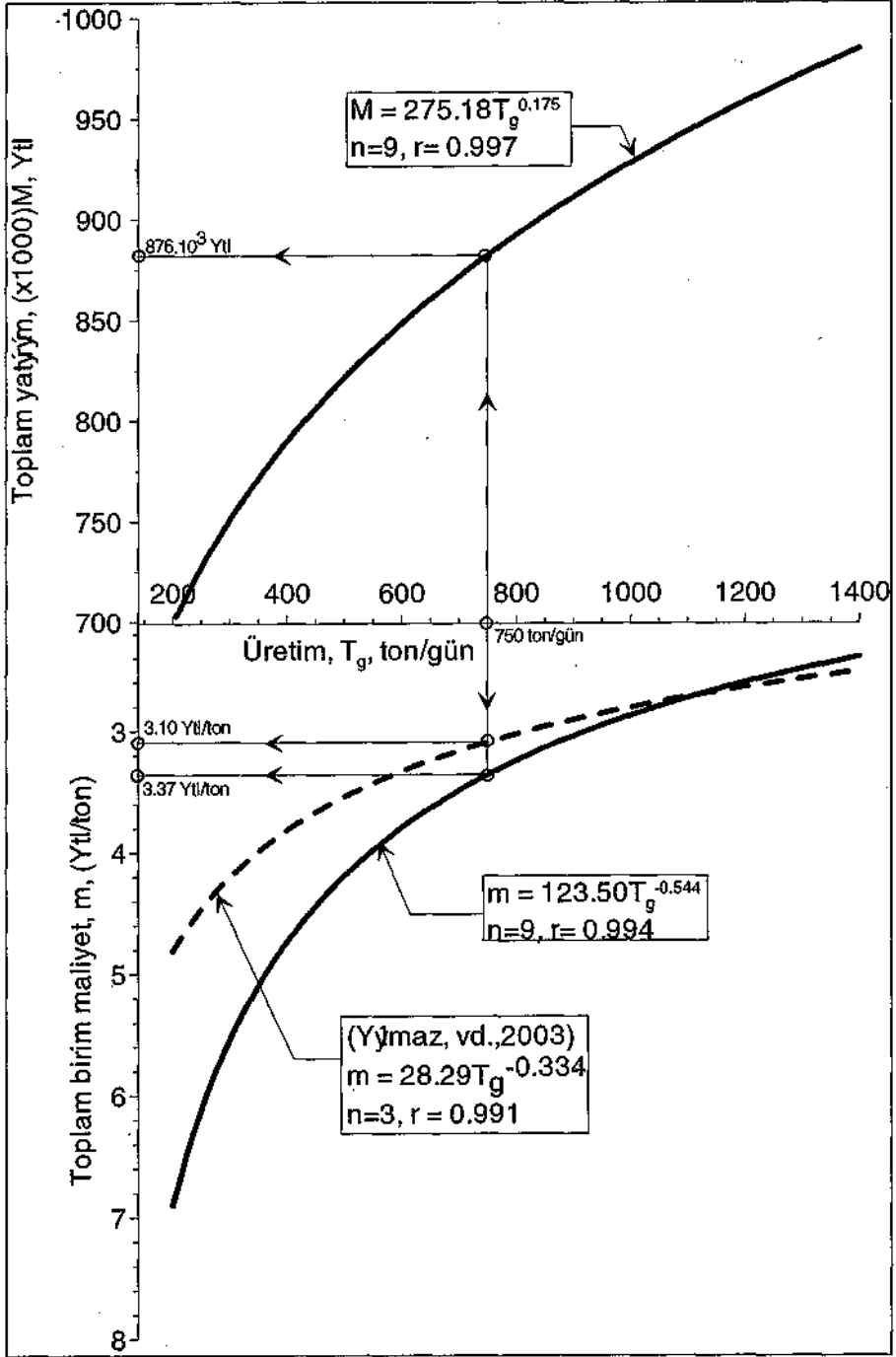
$$M = 275.18[T_g]^{0.175}$$

bağıntısı elde edilmiştir. Örneğin 750 ton/gün için toplam yatırım büyüklüğü 876.10^3 YTL olarak bulunmaktadır. Diğer üretim düzeyleri için yatırım büyüklüğü grafik veya regresyon ifadesinin çalıştırılması ile rahatlıkla kestirilebilir.

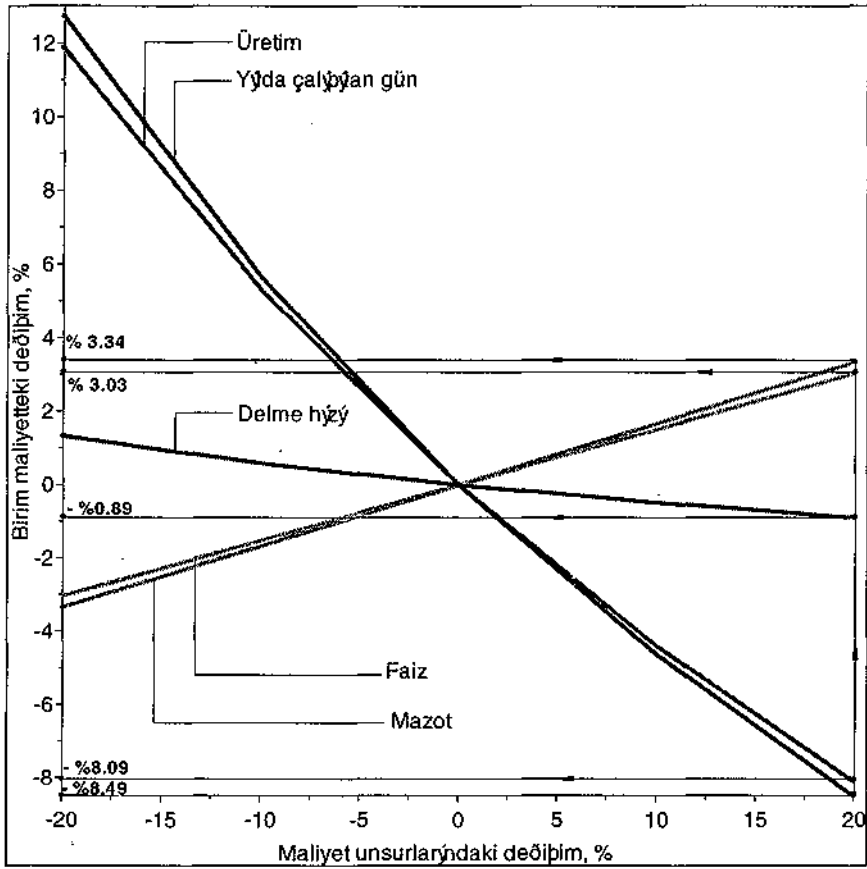
• Taşocağı maliyet modeli ile yapılan bir diğer çalışmada, modelin duyarlı olduğu parametreleri tespit etmeye yönelik olarak duyarlılık analizi çalışması yapılmıştır. Üretim,

yılda çalışılan gün sayısı, delme hızı, faiz ve mazot fiyatındaki değişimlerin toplam birim maliyet üzerindeki değişimlerin büyüklükleri incelenmiştir. Parametrelerdeki % 20 artış, yılda çalışılan gün sayısı -%8.49, üretim -%8.09, delme hızı -%0.89, faiz % 3.34 ve mazot fiyatı % 3.03 oranında birim maliyet üzerinde değişime neden olmuştur. Diğer kelimelerle incelenen bu parametrelerden yılda çalışılan gün sayısındaki birim değişim toplam maliyet üzerinde en fazla değişime neden olmaktadır. Bir başka ifade ile model en fazla çalışılan gün sayısına duyarlı olduğu görülmektedir.

• Gerek maliyetlerin gerekse gelirlerin en doğru şekilde tespit edilmesi işletmelerin faaliyetlerini sürdürülebilir bir gelişme içinde devam ettirebilmeleri için çok gereklidir. Özellikle küçük ve orta ölçekli işletmelerde bu durum çok daha önemlidir. Bu tür işletmeler sınırlı kar marjları ile rekabet etmeye çalışmaktadır ve bu açıdan kaynaklarını en verimli şekilde kullanmak zorundadırlar. Etkin bir maliyet kontrolünün yanı sıra bu şirketleri tehdit eden diğer bir etkende kayıt dışı faaliyetlerini sürdüren ve haksız rekabet ederek piyasanın dengelerini bozan işletmelerdir. Bu şirketler gerek maliyetle-rinde gerekse üretim faaliyetlerinde yanlış beyanda bulunmanın yanı sıra kayıt dışı çalışarak, sistemli ve tüm faaliyetlerini kayıtlı sürdüren ciddi çalışan bir çok işletmenin kapanmasına veya sektör dışına itilmelerine neden olmaktadır [9]. (2001 Ekonomik krizinde bir çok sektör bu tür olgular yaşamıştır). Bu durum ise ülkemizde ulusal vergi kaybının artmasının yanında sistemli ve standartlara uygun üretim yapan işletmelerin faaliyetlerini sürdürememe-lerinden dolayı taşocağı üretim kültürünün de gelişmemesi sonucunu doğurmaktadır.



Şekil 5. Üretim miktarına bağlı olarak toplam yatırım ve birim maliyet değişimleri, (Ekim 2006 fiyatları).



Şekil 6. Taşocağı işletme modeli ile yapılan duyarlık analizi sonuçları

Kaynaklar

- [1] "Alçı, Kireç, Kum, Çakıl, Mıcır, Boya Toprakları, Tuğla-Kiremit", Devlet planlama Teşkilatı, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Endüstriyel Hammaddeler Altı Komisyon Raporu, Yapı Malzemeleri, Ankara 2001.
- [2] Arıoğlu, E., Yılmaz, A.O., "Çözümli Beton Agregaları Problemleri", Evrim Yayınevi, İstanbul, 1999
- [3] Arıoğlu, E., Taşocağı İşletmesi Maliyet Unsurları Matematiksel İfadesi, Yayınlanmamış Rapor, İstanbul, 1995.
- [4] Yılmaz, A.O., Maden Ekonomisi Ders Notları, KTÜ Maden Müh. Bölümü, Trabzon, 2001
- [5] Arıoğlu, E., Arıoğlu, N., Yılmaz, A.O., "Beton Agregaları, Çözümli Problemler-Bilgi Föyleri", Evrim Yayınevi, İstanbul, 2006, ISBN 975 503 145 6

[6] Yılmaz, A.O., Doğu Karadeniz Bölgesinde Faaliyet Gösteren Üç Kurşun-Çinko İşletmesinin Ekonomik Analizi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1998.

[7] Yılmaz, A.O., Kaya, R., Şentürk, M., Tatarhan, A., Çavuşoğlu, İ., Alp, İ., 50-130-250-500 ton/saat Kapasiteli Kırma-Elme Tesislerinin yatırım ve İşletme Maliyetlerinin Belirlenmesi, 3. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, TMMOB Maden Müh. Odası İstanbul Şubesi, İstanbul Aralık 2003

[8] Yılmaz, Kaya, R., Tatarhan, A., 150, 300, 500 ton/saat Kapasiteli Taşocak İşletmeleri Yatırım ve İşletme Maliyetlerinin Belirlenmesi, Yayınlanmamış Rapor, Trabzon, 2003.

[9] Arıoğlu, E., Agregatörüne Genel Bakış: Değerlendirme-Öneriler, TMMOB Maden Müh. Odası İstanbul Şubesi, 3. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, İstanbul, 2003.

İnşaat Ve Yıkım Atıklarının Geri dönüşüm Agregası Olarak Kullanımı

Utilization of Construction & Demolition Wastes as Recycled Aggregate

Özgür ÖZKÖK

AKÇANSA Çimento San. ve Tic. A.Ş. ; AGÜB Yönetim Kurulu Üyesi
ozgur.ozturk@akcansa.com.tr

ÖZ: İnşaat ve yıkım sonucu çıkan atıkların değişik amaçlarda kullanılmak üzere ihtiyaç doğrultusunda yeniden proses edilmesi ile elde edilen agrega “geri dönüşüm beton agregası” (GBA) olarak adlandırılmaktadır. Çevresel duyarlılığın artması ile birlikte doğal kaynakların korunması ve kentsel alanların yakınlarında atıklar için yeterli alan bulunmaması gerçekleri inşaat ve yıkım sonucu çıkan atıkların yeniden kullanımını zorunlu kılmaktadır. Üretim aşaması birkaç değişiklik haricinde konvansiyonel agrega üretimi ile aynı olan geri dönüşüm beton agregasının üretimine Avrupa Birliği ülkeleri, Amerika ve Çin gibi bazı uzak doğu ülkelerinde kırmataş ve doğal agregalar (birincil agrega) kadar önem verilmektedir. Söz konusu ülkelerde yaygın olarak asfalt yol temelleri uygulamalarında kullanılmakta beraber, son yıllarda yapılan akademik ve endüstriyel çalışmalarda beton agregası olarak sınırlı da olsa tekrar kullanılabilceği ortaya konulmuştur. Gelişmiş ülkelerdeki geri dönüşüm stratejileri incelendiğinde atık üretimi ve depolanmasını kısıtlayan mevzuatların geri dönüşümü teşvik eden mevzuatlarla dengeli biçimde uygulandığı, ulaşılan başarıda hükümetlerin kararlı tutumlarının en kritik husus olduğu görülmektedir.

Anahtar kelimeler: geri dönüşüm beton agregası, çevresel duyarlılık, yol temelleri, geri dönüşüm stratejileri

ABSTRACT: The aggregate which is produced by the reprocessing of construction and demolition wastes for use in various purposes are known as recycled concrete aggregate. Together with rapidly growing environmental awareness, the conservation of natural resources and lack of available landfill areas in the vicinity of urban areas lead to the necessity of reuse of construction and demolition wastes. The process resembles to the conventional aggregate production. Particularly in European Union countries, America and far east countries like China the production of recycled concrete aggregates is as important as that of primary aggregates (crushed stone and natural aggregates). Despite the most common use is base/sub-base applications at road construction sector, recent academic and industrial studies proved the possibility of -limited- reuse of that material in concrete. The recycling strategies of developed countries mainly based on very well balanced and applied regulations on restricting the waste production and disposal and promoting recycling. In fact the resolute approach of the governments is the most critical issue to reach achievement.

Key words: recycled concrete aggregate, environmental awareness, road base, recycling strategies

1. GİRİŞ

Gelişmiş ülkeler yan ürünlerin her geçen zaman daha fazla miktarda ortaya çıktığını ve bunların dökülmesi için gereken uygun alanların yetersizliğini tespit ettikleri 70'li yılların başından itibaren geri dönüşüm teknikleri üzerine çalışmalar yapmaya ve geri dönüşüm kültürü oluşturmaya başlamışlardır. Buna paralel olarak inşaat ve yıkım atıklarının herhangi bir alanda depolanması yerine tekrar kullanımı üzerine teknik çalışmalar 70'li yılların ortalarından itibaren başlatılmıştır. İlk olarak yol inşasında kullanılmaya başlanan inşaat ve yıkım atıkları, son dönemlerde yapılan çalışmaların olumlu sonuçlar vermesiyle birlikte beton sektöründe agrega olarak tekrar değerlendirilmesini de sağlamıştır.

Bu çalışma genel olarak dünyadaki geri dönüşüm trendi, buna paralel gelişen inşaat ve yıkım atıklarının agrega haline getirilmesi süreci, oluşan ürünün özellikleri ve değişik alanlardaki kullanımı, çevresel ve yönetsel etki süreçlerini aktarmayı amaçlamaktadır.

2. DÜNYADA GERİ DÖNÜŞÜM TRENDİ

Gelişmiş ülkelerde çevre ve doğal kaynakları koruma bilincinin ortaya çıkarak hızla yaygınlaşması gerek mevzuatsal yaklaşımlar, gerekse bunların uygulanması ile birlikte atık malzeme yönetiminin çok etkin hale getirilmesini sağlamıştır. Artan nüfus ve bazı ihtiyaçların doğal sonucu olarak kentsel alanlar ve civarlarında inşaat ve yıkım atıklarının daha fazla ortaya çıkması, buna karşın bunların döküleceği alanların hızla azalması bu atıkların özelliklerine uygun olarak tekrar kullanılmasını zorunlu kılmıştır. Bu yönde 1977 yılında OECD tarafından hazırlanan "Atık malzemeler ve yan ürünlerin yol inşasında kullanımı" başlıklı rapor agrega sektörü için temel referans halinde gelmiştir[1]. 90'lı yılların başında "sürdürülebilir kalkınma" kavramının Avrupa Birliği'nin (AB) güçlü öncelikleri arasında yer alması sonucu atık ve yan ürünlerin yönetiminde çevresel ve ekonomik konuların bir arada ele alınmasına yönelik Avrupa Konseyi Atık Programı tarafından 1992 yılında "İnşaat ve yıkım atıkları proje grubu" oluşturulmuştur. Çevre konulu 5. Aksiyon Programı'nın Konsey tarafından

onaylanması da atık ve yan ürünlerin yönetimi ve proses sürecinin çevresel yaklaşımla birlikte maliyet düşürücü uygulamalarda kullanılmasını teşvik etmiştir. 1977 yılındaki çalışmanın devamı niteliğinde 1995'te yine OECD uzmanlarının katılımıyla başlatılan "Yol yapımlarında geri dönüşüm stratejileri" isimli proje bu alanda yapılan en geniş araştırma olup bu önemli konuya yeni ve değişik bakış açıları getirmiştir [2].

Özellikle Avrupa'da Birliğin gelişmesi ile birlikte, ticari taşımacılığın artışı daha gelişmiş yol ağları ihtiyacını doğurmuş, bu durum eski mevcut yapıların geri dönüşüm teknikleri ile değerlendirilmesine yönelik önemli fırsatlar sunmuştur [3].

OECD raporları geri dönüşüm çalışmalarında "mühendislik yaklaşımları, çevresel faktörler ve ekonomik uygunluk" kıstaslarının önemini vurgulamaktadır. Bununla beraber gelecekte daha başarılı sonuçlara ulaşılabilmesi için üzerinde durulması önerilen konular şöyle sıralanmaktadır:

- Geri dönüşüm öncesi malzemelerin test edilmesi
- Geri dönüşüm yan ürünlerin akılcı kullanımı
- Kanıtlanmış geri dönüşüm çözümlerinin daha fazla alanda kullanımının teşvik edilmesi
- Yönetmelik ve politikaların geri dönüşümü teşvik eden, dökümü engelleyen biçimde düzenlenmesi
- Geri dönüşümde mühendislik-çevre-ekonomik faktörlerin dengelenmesi
- Araştırma ve bilgi paylaşımının artırılması

Aynı raporda günümüzde geri dönüşümün gelişmesinde kullan-at kültürünü sona erdiren artan çevre duyarlılığının kilit rol oynadığı vurgulanmaktadır. Raporda geri dönüşümü destekleyen sebepler ise şöyle sıralanmıştır:

- Hammaddé kaynaklarının azalması
- Döküm alanı olarak kullanılan yerlerin yetersizliği
- Atıkların döküm ve yakılması sırasında oluşan toprak ve hava kirliliği
- Enerji tasarrufu
- Teknik ve ekonomik avantajlar

Gelişmiş ülkelerdeki uygulamaları incelediğimizde geri dönüşüm stratejisinin kısıtlayıcı mevzuatlar (atık üretimi ve dökümü için vergi konulması gibi) ile atıkların ayrılması, geri dönüşümü ve tekrar kullanımını teşvik eden mevzuatlarla birlikte dengeli olarak uygulandığını görmekteyiz. Mevzuat hazırlanması ve geliştirilmesinde değişik disiplinlerden oluşan çalışma grupları, hükümet ve özel kuruluşların bir arada yaptıkları çalışmalar büyük önem kazanmaktadır, ancak hükümetlerin geri dönüşümü teşvik edici adımlar atması başarıya ulaşmadaki en önemli ve kritik husus olduğu bir gerçek olarak karşımıza çıkmaktadır.

Her ne kadar birçok gelişmiş ülkede uygulaması yaygınlaşmış, mevzuatları büyük ölçüde oluşturulmuş olsa dahi, atık ve yan ürünlerin kullanımını teşvik eden stratejilerin önünde halen büyük engeller olduğu da görülmektedir. Bu engeller şöyle sıralanabilir:

- Yan ürünlerin uzun dönem performansları hakkında yeterli bilgi bulunmaması
- Geri dönüşüm için standart ihtiyacı
- Tüm potansiyel kullanım alanlarının bilinmemesi
- Yüksek miktarda malzeme bulunması
- Atık ve yan ürünün homojenliği ile ilgili sorunlar
- Nakliye maliyetleri
- Mevzuat geliştirilmesi için zaman ve kaynak yetersizliği
- Araştırma yapılması ve eğitim sağlanması
- Farklı zeminlerdeki politikaların tutarsızlığı

Sonuç olarak OECD raporlarında geri dönüşümün miktar ve kalitesinin artırılması için aşağıda verilen altı kıstas önerilmektedir:

- Malzemelerin geri dönüşümde kullanılmasından önce test edilmesi
- Geri dönüşüm ürünlerin yaygın kullanımının sağlanması
- Kanıtlanmış geri dönüşüm yöntemlerinin daha fazla kullanılmasının teşvik edilmesi
- Geri dönüşümü teşvik eden ve dökümü vazgeçirici politikaların desteklenmesi
- Mühendislik, çevre ve ekonomik faktörlerin dengelenmesi
- Araştırma ve bilgi transferinin artırılması

3. AB ÜLKELERİNDE GERİ DÖNÜŞÜM AGREGALARININ KULLANIMI

Avrupa Birliği ülkelerinde geri dönüşüm agregalarına doğal kaynaklara ek hammadde kaynağı gözüyle bakılmakta, sürdürülebilir kalkınma açısından üretilmesi ve kullanılması teşvik edilmektedir. Avrupa Agregası Birliği'nin (AAB) yıllık raporundan alınan aşağıda çizelgeler (Çiz.1 ve 2) Birlik ülkelerindeki geri dönüşüm agregası üretimine ilişkin gerçekçi bir fikir vermektedir:

Çizelge 1. AB Ülkelerinde 2005 Yılı Toplam Geri dönüşüm Agregası Kullanımı [4]

Ülke	Üretim, Mt
Avusturya	3
Belçika	7
Çek Cumhuriyeti	2,5
Danimarka*	-
Finlandiya	-
Fransa	9
Almanya*	50
İrlanda	1
İtalya	3
Hollanda	0,5
Norveç*	0,9
Polonya	2,5
Portekiz*	-
Slovakya	-
İspanya	1
İsviçre*	8,2
İsviçre	3
İngiltere	54
Toplam	145,6

* 2003 yılı verileridir

Çizelge 2. AB Ülkelerinde 2004 Yılı Toplam Agregası Kullanımı İçinde Geri dönüşüm Agregası Kullanım Oranı [5]

Ülke	Oran, %
İngiltere	23
Almanya	16
Belçika	5
Fransa	4
İtalya	1
İspanya	0,5

Her iki çizelgede de görüldüğü gibi, adı geçen ülkeler içinde geri dönüşüm agregasının en yüksek miktar ve oranda kullanıldığı ülke İngiltere'dir. Döküm sahalarına depolanan yıkım atıklarının miktarı yıllık 20 milyon tondan fazla olduğu tahmin edilen [6] bu ülkede geri dönüşüm beton agregası trendinin gelişimi oldukça ilginçtir:

İngiltere'de 1990 yılından itibaren birincil agrega üretimi düşme trendine girdi. 1996 yılında konulan arazi döküm vergisi ile birlikte ise üretim inşaat sektörü gelişiminin gerisinde kalmaya başladı. Bu duruma neden olan diğer faktörler yol yapımlarındaki azalma, inşasında daha az agregaya ihtiyaç duyulan projelerin geliştirilmesi, cam ve çeliğin inşaat sektöründe daha fazla kullanılması ve 2002 yılında uygulamaya konulan agrega vergisidir. Yıkım müteahhitleri arazi döküm vergisinin getirdiği maliyet artışını aşağıya çekebilmek üzere geri dönüşüm agrega tesisleri kurmaya başladılar. Bugün tesislerin 2/3'ünü bu müteahhitler işletmektedirler [7].

4. GERİ DÖNÜŞÜM PROSESİ

İnşaat ve yıkım atıklarının agrega haline dönüşmesi beton yığının kırma prosesinden geçirilmesi sonucu oluşmaktadır. Sonuçta elde edilen ürünün esas standart dahilinde portland klinkerinden üretilmiş olan çimento ve doğal agregadır. Her ne kadar beton atıkları minör ölçekte metal, cam, bitüm, organik malzemeler ve sülfat içerse de, elde edilen ürünün kimyasal kompozisyonu içeriğinin kabaca % 75'ini oluşturan agreganın kompozisyonu ile çimentodan gelen kalsiyum, silikat ve alümina bileşiklerinden oluşmaktadır.

Çizelge 3. İnşaat ve Yıkım Atıklarının Türüne Göre Genel Kimyasal Yapısı [8]

Bileşikler	Silisi beton yığını, %	Kalkersi beton yığını, %
SiO ₂	45-60	4-5
Al ₂ O ₃	15-20	1-2
Fe ₂ O ₃	2-5	1-2
CaO	5-7	52-54
MgO	0,5-1,5	0,2-0,8

4.1. Yıkım Prosesi

Geri dönüşüm prosesinde kullanılacak olan yıkım atıklarının boyutları primer kırıcıya besleme yapılabilecek şekilde olmalıdır. Bu işlem büyük hidrolik kırıcı ve kesiciler yardımıyla yapılır. Boyut olarak üst limitin kabaca sabit tesisler için 1200 mm, mobil tesisler için 400-700 mm olduğu söylenebilir. Yıkım prosesi mümkün olduğunca beton yığının içindeki alçı vb. emprütelerin azaltılmasını sağlayacak biçimde yapılmalıdır [3].

4.2. Kırma Prosesi

GBA üretilen tesisler konvansiyonel agrega tesislerine çok benzerdir. Bu tesisler kırıcılar, elekler, kirleticilerin ayıklandığı ekipmanlar ve demir/çelik materyalin ayıklandığı elektromanyetik separatörlerden oluşmaktadır. Primer kırıcılar genellikle çeneli, sekonder kırıcılar ise darbeli (kısmen konik) tercih edilmektedir. İlk dönemlerde kurulan birinci nesil tesislerde emprütelerin ayıklandığı ekipmanlar bulunmazken, ikinci nesil tesislerde bu ayıklamanın manuel/mekanik olarak yapılabildiği ekipmanlar yer almış, yaş/kuru sistem çalışma imkânları doğmuştur. Üçüncü nesil tesisler ise kirleticilerin de değerlendirilmesini mümkün kılan ekipmanlar ile donatılmıştır [3].

Yığın içindeki güçlendirme malzemeleri hidrolik makaslar ile kesilir. Büyük boyutlu emprüteler elle ayrılır. Emprütelerin efektif sonuçla ayıklanması için genellikle kuru tip sistemler tercih edilir. Kalan kısmın kırılıp elenmesi sonrasında, ince boyutlu emprütelerin büyük oranda bulunduğu en ince fraksiyonda yüksek basınçlı hava uygulamasıyla yoğunluk farkından faydalanılarak ayıklama yapılır. Yaş sistemde ise tüm atık yığını yıkama ünitesinde geçirilir, yine yoğunluk farkı sebebiyle üstte biriken tahta, kağıt, plastik vb. emprüteler geri dönüşüme gidecek ana malzemeden ayrılır. Günümlerde ikinci nesil tesisler en yaygın olarak kullanılındı. Tesisler sabit, yarı mobil ve mobil olabilmektedir [3].

Kırma prosesi sonucu boyutlandırılan ürün için aşağıdaki kısıtlar önerilmektedir:

- Geri dönüşüm agregaları ve doğal agregaların ayrı stoklanması,

- İri ve ince boyutlu agregaların ayrı stoklanması

5. GERİ DÖNÜŞÜM BETON AGREGALARININ ÖZELLİKLERİ

5.1. Fiziksel Özellikler

Geri dönüşüm prosesi sonucu elde edilen agreganın yaklaşık %65-%80'i iri, kalanı ince fraksiyondan oluşmaktadır. İri fraksiyon yeterli tane dağılımı özelliği sebebiyle sunarak yol yapımlarında granül malzeme uygulamalarında temel ve alt temel katmanlarda kullanılır. Özellikle son dönemlerde yapılan çalışmalar bu malzemelerin beton uygulamalarında tekrar kullanılabilirliğini ortaya koymaktadır. İnce fraksiyonun daha fazla su ihtiyacı doğurması sonucu mekanik dayanım ve işlenebilirliği düşürmesi sebebiyle özellikle 4 mm altı boyutlu malzemenin beton uygulamalarında kullanılmaması tavsiye edilmektedir.

Genel olarak GBA doğal agregalara kıyasla daha düzensiz şekil, daha pütürlü yüzey ve daha gözenekli doku özellikleri sunar [9]. Yoğunlukları orijinal betonun yoğunluğuna benzerdir, doğal agregalardan %5-10 civarında azdır. Bunun sebebi gözenekli ve düşük yoğunluklu harç topraklarının bulunmasıdır. GBA ile doğal agrega arasındaki en önemli fark su emme özelliğidir. GBA'da %5-15 arasında değişen su emme orijinal betonun kimyasal kompozisyona bağlıdır. Birçok ülkede %15 üzerinde su emme özelliği olan geri dönüşüm agregaları kullanılmamakta, yapı uygulamalarında en fazla %10 kabul edilmektedir [6].

5.2. Kimyasal Özellikler

GBA'nın kimyasal özellikleri atık yığının özellikleri ile aynıdır. Çimento hidratasyon bileşiklerinin bir bölümü ince parçacıklara yapılmış olarak kalır. Bu yapılmış harç iri agreganın 16-32 mm fraksiyonunda %30, 4-8 mm fraksiyonunda %60 civarında bulunur [3].

GBA'daki ana kirleticiler şöyle sıralanabilir: kil ve toprak, bitüm, polimerler, genişleyen dolgu malzemeleri, alçı, periklazlı refrakter tuğlaları, klorlu maddeler, organik malzemeler, metaller, cam, hafif agregalar, reaktif maddeler ve alüminyumlu çimento

betonu. Tüm bu kirleticilerin varlığı yeni ürünün nihai kullanımındaki etkileri kontrol edebilmek amacıyla dikkatlice değerlendirilmelidir.

Su ve GBA karışımının pH'sı genellikle 11'in üzerindedir. Bu yüksek alkalinite ile teması alüminyum/galvaniz çelik elemanların korozyona uğramasına sebep olabilir [10].

5.3. Mekanik Özellikler

İri boyutlu GBA iyi taşıma kapasitesi gösterir, aşınmaya ve sülfat ataklarına iyi rezistans sağlar. CBR normal değerleri 95 ile 150 arasında değişirken, Los Angeles testinde kayıp oranı %20-45 arasındadır [3].

6. GERİ DÖNÜŞÜM BETON AGREGALARININ KULLANIM YERLERİ

6.1. Yol Yapımında Kullanım

GBA yol uygulamalarında temel, çimento bazlı ya da bağlayıcı bazlı alt temel ve nadiren de yüzey kaplama katmanlarında kullanılmaktadır. Herhangi bir kalite sorunu olmaksızın en yaygın ve büyük miktarda kullanım alanı granüle malzeme olarak temel ve alt temel katmanlarıdır. GBA temel ve alt temel katmanlarında kullanılacağına yüksek sıkışma zorlukları nedeniyle taşıma kapasitesinin konvansiyonel granül katmanlarında aranan miktardan düşük olabileceği gerçeğine karşın, zaman içinde çimentolama prosesi nedeniyle konvansiyonel agregalar ile oluşturulan katmanların taşıma kapasitelerine ulaşmakta ve hatta geçebilmektedir. GBA çalışabilirliği arttırmak ve geçirirliliği düşürmek amacıyla genellikle kum ile karıştırılmaktadır [3].

Temel ve alt temel uygulamalarında GBA'nın çimento veya bitümlü bağlayıcılarla işlem görmesi dayanımını artırır, donma-çözünme evrelerinin vereceği zararı, gözenekliliği azaltır. Ancak düşük yoğunluğu kompanse etmek gerekliliği nedeniyle doğal agregalar için gerekli olandan daha fazla bağlayıcı kullanımı ihtiyacı doğmaktadır.

Yüzey kaplamaları için diğer katmanlara kıyasla daha kaliteli malzeme gerektiğinden, uygulamada kullanımı çok sınırlıdır.

Genel olarak AB ülkelerinde GBA'nın yol yapımında kullanımı oldukça yaygındır.

6.2. Betonda Kullanım

Yapılan akademik ve endüstriyel çalışmalar GBA'nın betonda yeniden kullanılmasının mümkün olduğunu ortaya koymaktadır.

Geri dönüşüm prosesinden çıkan agreganın karakterizasyonu ve seçimi en temel kriterler olmakla birlikte, seçici yıkım teknikleri kompozisyon değişikliklerini bir ölçüde giderebilmektedir. Genellikle GBA ile yapılan beton doğal agregaya ile yapılan betona kıyasla %5-%10 civarında daha hafif olmaktadır. GBA ile hazırlanan beton örneklerinde daha yüksek gözeneklilik bulunmaktadır, deneysel çalışmalarda bu numunelerin doğal agregaya ile hazırlanan numunelere kıyasla daha düşük basınç dayanımları verdiği görülmektedir [11]. Ancak bu durum orijinal betonun basınç dayanımı ile de çok yakından ilgilidir.

Çizelge 4. Doğal Agregaya ve GBA ile Hazırlanan Beton Numunelerinin Özellikleri [11]

Beton özellikleri	Doğal agregaya	GBA
Basınç dayanımı, Mpa	30 ± 2	18 ± 2
Hacim ağırlığı, kg/m ³	2400	1800
Toplam gözeneklilik, %	12	23
Özgül yüzey alanı, m ² /kg	4200	8700

Öte yandan geçirgenlik, donma-çözünmeye karşı dayanıklılık gibi özelliklerin doğal agregaya ile yapılan betona ile aynı hatta daha iyi olduğu ortaya konmuştur. İri GBA ile ince doğal agregaya karışımı ile hazırlanan betonların yeterli basınç dayanımı verdikleri, ince GBA'nın dayanımda düşmeye sebep olduğu görülmüştür. Bu düşme ince fraksiyon oranının %60 üzerine çıktığında son derece belirgin olmaktadır. GBA üretildiği betonun alkali reaktif agregaya içermesi durumunda, yeni betonun alkali-agrega reaktivitesi göstermesi olasılığı bulunmaktadır. Burada eski betonun içindeki çimentonun alkali içeriği bu reaksiyon nedeniyle genişlemeye ancak çok az etkisi olabilir.

7. ÇEVRESEL YAKLAŞIM

Çevresel perspektiften incelendiğinde GBA'nın kullanımı doğal kaynakların ve enerjinin tüketimini önemli ölçüde azaltması nedeniyle büyük avantaj sunmaktadır.

Çevreye muhtemel olumsuz etkileri kırma tesislerinden kaynaklanan toz, gürültü ve vibrasyondur. Bu etkileri minimize etmek tesislerin yer seçiminde hassas davranmakla mümkün olabilir. Bunun yanı sıra yıkım döküntüsünde bulunabilecek belirli bileşiklerin (örneğin asbest) önemli ölçüde tehlike doğurabileceği de bilinmelidir [3].

8. TEKNİK STANDARTLAR

GBA Avrupa Standartları kapsamı içinde yer alsa dahi spesifik hükümler üzerine çalışmalar halen devam etmektedir. Bu nedenle mevcut durumda agregaya standardı baz alınarak her ülkenin oluşturduğu mevzuat ve spesifikasyonlar çerçevesinde teknik değerlendirmeler sürdürülmektedir [12].

9. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Gelişmiş ülkelerde inşaat ve yıkım atıklarının proses edilmesiyle elde edilen GBA gerek yol uygulamalarında gerekse beton üretiminde yeniden kullanılarak çevresel ve ekonomik anlamda önemli değer yaratmaktadır.

Özellikle kentsel dönüşüm projelerinin uygulanması planlanan büyük metropollerde ortaya çıkacak bu tür atık malzemenin benzer şekilde değerlendirilmesi suretiyle ekonomiye kazandırılması ülkemiz için son derece önemlidir. Bu noktada gelişmiş ülkelerde karşımıza çıkan yönetimlerin kararlı tutumu ve mevzuatsal zorunluluklar ülkemizde de tartışılmaya başlanmalıdır.

Kaynaklar

- [1] "The use of waste materials and by-products in road construction", OECD Report, 1977
- [2] "The recycling strategies in road construction", OECD Report, 1995
- [3] SAMARIS (Sustainable and advanced materials for road infrastructure), Literature Review of Recycling of By-products in road construction in Europe, 2004
- [4] UEPG (European Aggregates Association) Annual report, 2005
- [5] UEPG (European Aggregates Association) Annual report, 2004
- [6] Tam, V.W.Y., Tam, C.M., "Crushed concrete production from centralized combined and individual waste sources in Hong Kong", *In Press*.
- [7] BDS Marketing Research Ltd, "An analysis of trends in aggregates markets since 1990 and the effects of the landfill tax and aggregates levy", Report for British Aggregates Association, 2005
- [8] Urcelay, C., "Reciclado de escombros de demolición para la fabricación de cemento", *Cemento Hormigon*, Vol.787, 149-155, 1997.
- [9] Di Niro, G., Dolara, E., Ridgway, P., "Recycled aggregate concrete (RAC): properties of aggregate and RC beams made from RAC", *Proceedings of International Conference - Concrete for environment enhancement and protection*, Vol.1, 1996.
- [10] TRB, "Appropriate use of waste and recycled materials", 2001
- [11] Sani, D., Moricani, G., Fava, G., Corinaldesi, V., "Leaching and mechanical behaviour of concrete manufactured with recycled aggregates", *In Press*
- [12] UEPG Recycling Symposium Conference Report, 2005

İstanbul ve Civarındaki Agregat Üretimi İle Agregat Arz Talep İlişkisi

Aggregate Supply and Demand Relation and Aggregate Production at İstanbul Province and Its Surrounding

Şevket KORUÇ

Akçansa Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş., İstanbul
sevket.koruc@akcansa.com.tr

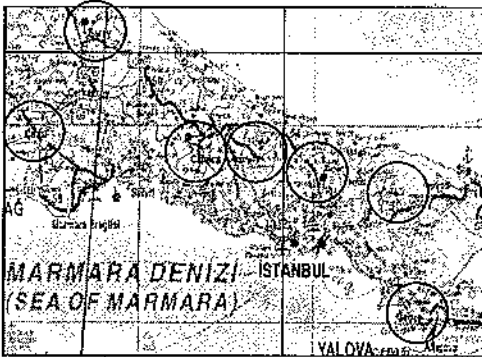
ÖZ: Çalışmada İstanbul ve civarının agregat ihtiyacının karşılandığı Gebze, Ömerli, Cendere, Cebeci, Çatalca ve doğu Trakya bölgesinde bulunan agregat kaynakları incelenmiş ve her bir bölgedeki firma sayısı, üretilen hammadde, kurulu tesis kapasitesi ve yaklaşık rezerv durumları hakkında bilgiler derlenmiştir. Ayrıca bölgelerde 2005 yılında kullanılan çimento ve hazır beton miktarları tespit edilerek gelecek 5 yılda öngörülen büyüme oranlarına göre tüketilecek agregat miktarları kestirilmiştir. Böylelikle 5 yıllık süreçte bölgelerdeki agregat arz talep ilişkisi ortaya konulmuştur.

ABSTRACT: In this paper, aggregate resources at Gebze, Ömerli, Cendere, Cebeci, Catalca and east Thrace of İstanbul province and its surrounding were examined. Number of producers, raw materials, plant capacities and reserves in each region were obtained and summarized. Used quantities of cement and ready mixed concrete were determined for 2005 and it is also estimated future aggregate supply and demand relation in İstanbul based on current production data.

1. GİRİŞ

Agrega; beton yapımında çimento ve su karışımından oluşan bağlayıcı madde yardımı ile bir araya getirilen, organik olmayan, kum, çakıl, kırmataş gibi doğal kaynaklı veya yüksek fırın curufu, genleştirilmiş perlit, genleştirilmiş kil gibi yapay kaynaklı olan taneli malzemelerdir [1]. Betonun hacim olarak yaklaşık % 70-75'ini oluşturan agregalar, betonda ince ve iri agregalar olmak üzere iki sınıfta kullanılırlar. Bunun nedeni beton içinde daha boşluksuz ve homojen bir yapının oluşturulması ve agregalar ile çimento hamuru arasında iyi bir kenetlenmenin olmasıyla yüksek mukavemetli betonun elde edilmesidir [2].

İstanbul'da kullanılan agreganın bir kısmı İstanbul sınırları içerisinde bulunan kaynaklardan, bir kısmı da yakın çevresinde ki kaynaklardan tedarik edilmektedir. Bu kaynaklar İstanbul'un doğusunda Kocaeli'nin Gebze ilçesinde, İstanbul sınırları içinde Ömerli, Cendere, Cebeci ve Çatalca bölgelerinde, doğu Trakya'da ise Çorlu ve Saray bölgelerinde yer almaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. İstanbul ve Civarındaki Agregalar Üretilen Kaynaklar

Bildiride, İstanbul ve çevresinde, kırmataştan beton agregası üretimi yapan hammadde ocakları ve agregalar tesisleri incelenerek, her bir bölgedeki arz miktarı belirlenmiştir. Ayrıca aynı bölgelerde geçmiş yıllarda tüketilen çimento ve hazır beton miktarlarına bağlı olarak ortaya çıkan talep potansiyelleri belirlenmiş, hammadde ocaklarındaki rezerv durumu ile ilgili gözlemler, çevresel etkenler gibi faktörler göz önünde

bulundurularak gelecek 5 yıllık dönem için öngörülen arz-talep ilişkisinin oluşturulması hedeflenmiştir.

2. İSTANBUL VE ÇEVRESİ AGREGA KAYNAKLARI

Yapılan araştırmada ilk olarak; Kocaeli Gebze bölgesi, İstanbul Anadolu yakası, İstanbul Avrupa yakası, Tekirdağ Çorlu ve Tekirdağ Saray bölgelerinde (doğu Trakya) faaliyet gösteren agregalar tesisleri ile bu tesislere bağlı hammadde ocakları incelendi. Bu inceleme sonucunda her bir bölgenin kurulu tesis kapasitesi, hammadde ocaklarının yaklaşık işletilebilir rezerv miktarları ve bunlara bağlı bölgelerin gelecek 5 yıl için toplam arz potansiyelleri ortaya çıkarıldı. Çalışmanın ikinci bölümünde ise; bölgelerde geçmiş yıllarda tüketilen çimento ve hazır beton miktarları belirlenerek gelecek 5 yıllık dönemde öngörülen pazar büyüme oranları doğrultusunda bölgelerdeki talep miktarları ortaya konuldu, Elde edilen tüm bu bilgiler doğrultusunda bölgelerin pazar durumları, birbirleri ile etkileşimleri belirlenmeye çalışıldı.

2.1. Gebze Bölgesi Agregalar Kaynakları

Gebze bölgesi agregalar üreticileri ile yapılan görüşmeler, kırma eleme tesisleri ve hammadde ocaklarının incelenmesi neticesinde; bölgede faaliyet gösteren firma sayısı, hammadde ocaklarında üretilen kayaç türü, çalışan kırma eleme tesisi sayısı ve yaklaşık olarak belirlenen toplam kurulu kapasite miktarı Çizelge 1'de belirtilmiştir.

Çizelge 1. Gebze Bölgesi Agregalar Üreticileri İle İlgili Bilgiler

Firma Sayısı, adet	9
Ocaklarda Üretilen Kayaç	Kalker
Kırma Eleme Tesisi, adet	16
Kurulu Tesis Kapasitesi, ton/yıl	16.200.000

Bölgede yapılan incelemeler neticesinde, bölgenin hızla ve kontrolsüz bir şekilde ilerleyen yerleşim alanları ve sanayi tesisleri ile otoyol arasında sıkışık kaldığı belirlenmiştir. Bu durum çevresel baskıların agregalar üreticileri üzerinde yoğunlaşmasına neden olmaktadır.

2.2. Ömerli Bölgesi Agregat Kaynakları

Ömerli bölgesinde yapılan incelemeler ve araştırmalar sonrasında; bölgede faaliyet gösteren firma sayısı, hammadde ocaklarında üretilen kayaç türü, çalışan kırma eleme tesisi sayısı ve yaklaşık olarak belirlenen toplam kurulu kapasite miktarı Çizelge 2'de belirtilmiştir.

Çizelge 2. Ömerli Bölgesi Agregat Üreticileri İle İlgili Bilgiler

Firma Sayısı, adet	9
Ocaklarda Üretilen Kayaç	Kalker
Kırma Eleme Tesisi, adet	9
Kurulu Tesis Kapasitesi, ton/yıl	12.000.000

Bölge özellikle Ömerli su havzasına yakın konumunda olup, bölgeden geçen Riva deresi civarında planlanan ıslah çalışmaları nedeniyle özellikle bu alanda faaliyet gösteren agregat üreticileri yoğun çevresel baskılara maruz kalmaktadır.

2.3. Cendere Bölgesi Agregat Kaynakları

Cendere bölgesinde bulunan agregat üreticileri ile yapılan görüşmeler, kırma eleme tesisleri ve hammadde ocaklarının incelenmesi neticesinde; bölgede faaliyet gösteren firma sayısı, hammadde ocaklarında üretilen kayaç türü, çalışan kırma eleme tesisi sayısı ve yaklaşık olarak belirlenen toplam kurulu kapasite miktarı Çizelge 3'de belirtilmiştir.

Çizelge 3. Cendere Bölgesi Agregat Üreticileri İle İlgili Bilgiler

Firma Sayısı, adet	6
Ocaklarda Üretilen Kayaç	Kurmtaş
Kırma Eleme Tesisi, adet	7
Kurulu Tesis Kapasitesi, ton/yıl	6.850.000

Bölgede maden ruhsatlı alanların neredeyse tamamı "Muhafaza Ormanı" statüsünde olup, ruhsatlı sahalar içerisinde mevcut ruhsat büyüklükleri ile kıyaslandığında daha küçük alanlarda üretim çalışmaları devam etmektedir. Ormanlık alanların yukarıda belirtilen özel statüsü nedeniyle üreticiler gerekli üretim izinlerinin alınmasında problemler yaşamaktadır.

2.4. Cebeci Bölgesi Agregat Kaynakları

Cebeci bölgesinde yapılan agregat üretim çalışmaları ve kurulu kırma eleme tesisleri ile hammadde ocaklarında yapılan incelemelerde; bölgede faaliyet gösteren firma sayısı, hammadde ocaklarında üretilen kayaç türü, çalışan kırma eleme tesisi sayısı ve yaklaşık olarak belirlenen toplam kurulu kapasite miktarı Çizelge 4'de belirtilmiştir.

Çizelge 4. Cebeci Bölgesi Agregat Üreticileri İle İlgili Bilgiler

Firma Sayısı, adet	17
Ocaklarda Üretilen Kayaç	Kalker/Kurmtaş
Kırma Eleme Tesisi, adet	17
Kurulu Tesis Kapasitesi, ton/yıl	22.000.000

Bölge Gebze bölgesinde olduğu gibi uzun yıllar boyunca İstanbul'un artan nüfusuna paralel bir şekilde ortaya çıkan çarpık ve kontrolsüz kentleşme problemi neticesinde neredeyse yerleşim alanlarının içinde kalmış durumdadır. Buna karşın gerek bölgenin yerleşim alanları ile iç içe olması, gerekse yerel yönetimlerin bölge ile ilgili farklı tasarruf planlarının bulunması nedenlerinden dolayı agregat üreticileri yine bu bölgede de yoğun çevresel baskılara maruz kalmaktadır.

2.5. Çatalca Bölgesi Agregat Kaynakları

Çatalca bölgesi agregat üreticileri ile yapılan görüşmeler, kırma eleme tesisleri ve hammadde ocaklarının incelenmesi neticesinde; bölgede faaliyet gösteren firma sayısı, hammadde ocaklarında üretilen kayaç türü, çalışan kırma eleme tesisi sayısı ve yaklaşık olarak belirlenen toplam kurulu kapasite miktarı Çizelge 5'de belirtilmiştir.

Çizelge 5. Çatalca Bölgesi Agregat Üreticileri İle İlgili Bilgiler

Firma Sayısı, adet	4
Ocaklarda Üretilen Kayaç	Kalker
Kırma Eleme Tesisi, adet	6
Kurulu Tesis Kapasitesi, ton/yıl	10.500.000

Bölgenin İstanbul'un su rezervuarlarından biri olan Büyükçekmece gölüne olan yakınlığı ve yine yakın çevresinde bulunan yerleşim

çimento ve hazır beton miktarlarına [3] ve gelecek 5 yıl için öngörülen büyüme oranlarına göre belirlenen agrega talep miktarları, Çorlu ve Saray bölgesinde bulunan kurulu tesis kapasiteleri doğrultusunda belirlenen agrega arz talep ilişkisi Çizelge 9'da belirtilmiştir.

Çizelge de belirtilen kapasite kullanım oranları, bölgedeki arz yetersizliğini ifade etmekte olup, bölgede ihtiyaç duyulan fakat üretimi yapılamayan yaklaşık 1.500.000 ton agrega, İstanbul Çatalca bölgesi agrega kaynaklarından tedarik edilmektedir.

Çizelge 7. İstanbul Anadolu Yakası Agrega Arz-Talep İlişkisi

	2006	2007	2008	2009	2010
Betonda Kullanılacak Agrega (t)	11.869.120	12.343.885	12.837.640	13.351.146	13.895.192
Asfaltta Kullanılacak Agrega (t)	1.453.643	1.468.179	1.482.861	1.497.689	1.512.666
Diğer Projeler (t)	250.000	250.000			
Toplam Agrega Talebi (t)	13.322.763	13.812.064	14.320.501	14.848.835	15.397.858
Asya Bölgesi Agrega Toplam Arz Potansiyeli (t)	28.200.000	25.932.000	23.664.000	21.396.000	17.280.000
Gebze (t)	16.200.000	15.120.000	14.040.000	12.960.000	11.232.000
Ömerli (t)	12.000.000	10.812.000	9.624.000	8.436.000	6.048.000
Kapasite Kullanım Oranı (%)	0,47	0,53	0,61	0,69	0,89
Öngörülen Büyüme Oranları (%)	16	4	4	4	4

Çizelge 8. İstanbul Avrupa Yakası Agrega Arz-Talep İlişkisi

	2006	2007	2008	2009	2010
Betonda Kullanılacak Agrega (t)	29.015.467	30.176.095	31.383.129	32.636.454	33.943.992
Asfaltta Kullanılacak Agrega (t)	1.938.190	1.957.572	1.977.148	1.996.919	2.016.888
Diğer Projeler (t)*	400.000	400.000			
Toplam Agrega Talebi (t)	31.353.657	32.533.667	33.362.277	34.633.372	35.962.880
Avrupa Bölgesi Agrega Toplam Arz Potansiyeli (t)	39.350.000	33.112.000	27.244.000	20.812.000	16.816.000
CENDERE (t)	6.850.000	6.480.000	6.480.000	6.480.000	6.480.000
ÇATALCA (t)	10.500.000	8.628.000	6.756.000	4.320.000	4.320.000
CEBECI (t)	22.000.000	18.004.000	14.008.000	10.012.000	6.016.000
Kapasite Kullanım Oranı (%)	0,80	0,98	1,22	1,66	2,14
Öngörülen Büyüme Oranı (%)	16	4	4	4	4

Çizelge 9. Doğu Trakya Bölgesi Agregat Arz-Talep İlişkisi

	2006	2007	2008	2009	2010
Betonda Kullanılacak Agregat (t)	3.984.879	4.144.274	4.310.045	4.482.447	4.661.745
Diğer Projeler (t)	975.000	375.000			
Toplam Agregat Talebi (t)	4.959.879	4.519.274	4.310.045	4.482.447	4.661.745
Trakya Bölgesi Agregat Toplam Arz Potansiyeli (t)	3.500.000	3.500.000	3.500.000	3.500.000	3.500.000
Doğu Trakya Bölgesi (t)	3.500.000	3.500.000	3.500.000	3.500.000	3.500.000
Kapasite Kullanım Oranı (%)	1,42	1,29	1,23	1,28	1,33
Öngörülen Büyüme Oranları (%)	16	4	4	4	4

3. SONUÇLAR

Yapılan çalışma neticesinde elde edilen sonuçlar aşağıda sırasıyla belirtilmiştir.

- ✓ Deprem kuşağı üzerinde bulunan ve gelecekte deprem potansiyeli çok yüksek olan, dolayısıyla yeniden yapılaşma zarureti bulunan İstanbul’da, yapılaşmanın olmazsa olmaz materyallerinden biri olan agrega, Gebze, Ömerli, Cendere, Cebeci ve Çatalca agrega kaynaklarından karşılanmaktadır.
- ✓ İstanbul’un agrega ihtiyacını karşılayan kaynaklardan özellikle Gebze, Ömerli, Cebeci ve Çatalca bölgeleri su havzaları, kontrolsüz ve çarpık kentleşme gibi sorunlardan dolayı yoğun çevresel baskılara maruz kalmaktadır. Bunların dışındaki Cendere bölgesi ise içinde bulunduğu ormanlık alanın statüsü nedeniyle rezerv problemleri ile karşı karşıyadır.
- ✓ İstanbul’da artan nüfus ve ihtiyaç duyulan yapılaşma sürecinde günümüzde faaliyet gösteren agrega kaynakları özellikle bölge için yaratacağı katma değer açısından son derece önemlidir. Söz konusu kaynaklarda faaliyetlerin sona ermesi, günümüz agrega fiyatlarında özellikle nakliye maliyetlerinden dolayı aşırı artışlara neden olacaktır.

- ✓ İstanbul Avrupa yakasına en yakın kaynak olan doğu Trakya bölgesi, günümüzde arz potansiyelindeki yetersizlikten dolayı ihtiyaç duyduğu yaklaşık 1.500.000 ton/yıl agregayı Çatalca bölgesi kaynaklarından temin etmektedir.

Kaynaklar

- [1] DOĞAN, T., KARADOĞAN, A., KAHRİMAN, A., DURDU, İ., “İstanbul İli ve Çevresinde Bulunan Kırmataş Ocaklarına Genel Bir Bakış”, 3. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, 167-178, 2003.
- [2] HÜRBAŞ, M., KORUÇ, Ş., SÖNMEZ, R., “Betonda Taş tozu ve Kırm Kum Kullanımı, 3.Ulusal Kırmataş Sempozyumu, 307-315, 2003.
- [3] Türkiye Çimento Müstahsililer Birliği ve Türkiye Hazır Beton Birliği verileri.

Gebze Taşocaklarında Kırma - Eleme Tesislerinin Üretim Kapasitesi ve Verimliliğini Etkileyen Jeomekanik Parametrelerin İrdelenmesi

Investigation of geo mechanical parameters influencing production capacity and efficiency of crushing and screening plants

Adil HALİLİ*, Hüseyin ILGAZ**

*Kancataş İnş. Mad. Taah. San. Ltd.Şti. İşletme Müdürü Gebze, Kocaeli

**Aytaş Ayhanlar Madencilik A.Ş., İşletme Müdürü, Gebze, Kocaeli

ÖZ: Gebze ilçesi Tavşanlı Köyü Taşkaldıran Mevkiinde yer alan Gebze Taş Ocakları Triyas yaşlı Hereke Formasyonunu (Gebze Kireçtaşı) işletmektedir. Genellikle agrega üretiminde kullanılan Gebze Kireçtaşı 12'yi aşkın kırma-eleme tesisinin agrega hammaddesi olarak kullanılmaktadır. Bu tesislerin üretim kapasitesi, verimliliği ve ürün kalitesinin artırılması, birim maliyetler ve zayıfların minimize olabilmesi için tesis seçimi ve dizaynı formasyonun jeolojik, litolojik, yapısal, teknolojik ve jeomekanik özellikleri nazari itibara alınarak yapılmalıdır. Yapılan çalışmalar ve deneyimler Gebze taşocakları tesislerinde primer çeneli kırıcıların, ızgaralı ön elek sistemlerinin, rotorlu sekonder kırıcıların ve diik milli tersiyer kırıcıların kullanılması, ürün kalitesi, verimlilik, üretim kapasitesi artırılmasında ve birim maliyetlerinin, üretim zayıflarının ve ocak içi hafriyatının minimize edilmesi de önemli rol oynamaktadır.

Anahtar kelimeler: Jeomekanik parametreler, primer kırıcı, agregalar

ABSTRACT: Mainly lime stones are produced at trias age Hereke formation from Gebze aggregate quarries which is take place at Taşkaldıran/Tavşanlı village. There are almost 12 crushed stone preparation plants at that district. All plant flow sheet should be designed by taking into consideration of geological, structural and geo-mechanical properties of those quarries raw materials in order to increase plant capacity and efficiency as well as to reduce operational costs and fine material losses. Due to the long term experiences at that area, it can be proposed that grizzly separation before primary crusher is more suitable while using horizontal impact crushers as secondary and vertical impact crushers for tertiary crushing steps. This precautions lead to increases of crushing capacity and efficiency and minimizing of fine material losses.

Keywords: Geo mechanical parameters, primary crusher, aggregates

1. GİRİŞ

İstanbul – Ankara TEM otobanı ve E-5 karayolunun kuzeyinde yer alan Kocaeli Gebze İlçesi, Tavşanlı Köyü, Taş kaldıran Mevkiinde geniş yüzlekler veren Gebze Kireçtaşı (Hereke Formasyonu) Gebze Taş ocakları işletmecileri tarafından işletilmektedir (12'yi aşkın Kırma – Eleme Tesisi çalışmaktadır). Ekonomik değer arz eden Triyas yaşlı bu formasyonun Gebze Taş ocakçıları tarafından sağlıklı, ekonomik verimli işletilebilmesi için formasyonun Jeolojik Litolojik, jeomekanik ve Teknolojik özellikleri ile birlikte üretim amacı ve kapasitesi gibi parametreler detaylı bir şekilde irdelenmelidir. Böylece tesis seçimi ve dizaynı sağlıklı yapılarak üretim kapasitesi, verimliliği ve ürün kalitesini artırarak üretim maliyeti ve zayıflığını minimize etmek mümkündür.

2. JEOLJİK VE JEOMEKANİK PARAMETRELER

2.1. Jeoloji

Gebze Bölgesinde Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı birimler yer almaktadır. Triyas yaşlı birimler Karbonifer serileri üzerinde transgresif olarak açılı diskordansla gelirler. Altınlı ve diğerleri (1970) tarafından Hereke çevresindeki Triyas yaşlı litolojiler, Kapaklı, Erikli Hereke ve Tepecik Formasyonları olarak adlandırılmıştır. Kretaseyi ise Kutluca ve Semsettin formasyonları temsil eder [1,2].

Erikli Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelen Hereke Formasyonu beyazımsı – koyu gri, siyahımsı kireçtaşıdan oluşur. Çok ince orta ve kalın tabakalardan oluşan birim dolomitik kireçtaşı ve dolomit seviyeleri de içerir. Birim genelde GB-KD gidişli olup GD ye eğilimlidir. Batıda 30° - 53° arasında olan eğim, doğu ve kuzeydoğuya doğru 10° – 15° ye düşmektedir. Alt-orta Triyas yaşındaki birimin kalınlığı 200 – 1000 m arasında değişmektedir [3].

Bölgede en önemli yapısal unsurlar katmanlaşma, kırık çatlak ve faylar şeklinde görülen süreksizliklerdir. KD-GB doğrultusunda uzanan Hereke Formasyonu genellikle orta ve kalın katmanlıdır.

Bölgenin maruz kaldığı tektonizma sebebiyle Hereke Formasyonu kıvrılmış ve kırılmıştır. Bu hareketler neticesinde doğan

gerilmeler kireçtaşı birtakım faylanma ve kırıklara neden olmuştur. Tabaka ve çatlak yüzeyleri boyunca yer yer erime boşlukları görülmektedir. İrili ufaklı bu karst boşlukları ve çatlak araları demir oksitli, kırmızı renkli kil ve siltli malzemeler ile doldurulmuştur [4].

Yer yer faylanma ve kırıklarla oluşan ezik zonlar taş ocakları aynalarında açıkça görülmektedir. Bu zonlar boyunca ayrışma olayları ileri derecede etkili olmuş ve derinlere doğru inen topraklaşma ve karstlaşma formasyona yer yer zayıf, dayanıksız, ezik ve bozuk malzeme özelliğini kazandırmıştır. Ayrıca taş ocaklarında çok sayıda küçük ölçekli fay izlemek mümkündür. Bu faylar boyunca, ezilme ve ayrışma zonları gelişmiştir.

2.2. Hereke Formasyonunun Jeokimyası ve Petrografik Özellikleri

Kancataş İnşaat Madenin taş ocaklarından alınan numuneler üzerinde petrografik ve kimyasal incelemeler yapılmıştır. Yapılan petrografik ve kimyasal incelemelerde dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) oranının % 45-10 arasında olduğu tespit edilmiştir. Kimyasal analizler ise MgO oranının % 9.05-1.66 arasında değişmekte olduğunu göstermiştir. Yapılan kimyasal, petrografik ve Makroskopik bulgular birbirini doğrulamaktadır. Başka bir deyişle kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolomit iç içe bulunmaktadır [5].

2.3. Hereke Formasyonunun Teknolojik ve Kırmataş Özellikleri

Formasyon ince, kalın katmanlı ya da masif haldedir Tektonizma ile kıvrılan ve kırılan Formasyonda faylanma ve kırıklarla etkisiyle yer yer ezik zonlar oluşmuştur. Kireçtaşının sert, gevrek durumda olması onun kırılma bir özellikte olduğunu göstermektedir. Bu nedenle sahada gerek yüzeylendiği yerlerde gerekse taş ocağı yarmalarında (ayna basamaklarında) taşın parçalı, kırık dilimlenmiş şekilde olduğu gözlenmektedir.

Bitki kökleri, sıcak, soğuk, don ve yağmur gibi atmosferik olaylar, yeraltı ve yüzey sularının etkisiyle, Formasyonun üstten itibaren derine doğru belirli kesimlerinde yaklaşık 1-4 m kalınlığında ayrışma, erime ve topraklaşma etkileri izlenmektedir. Taşın kalın katmanlı

ve/veya masif olan kesimlerinin yapı taşı olarak işletilmesi mümkündür. Ancak, bölgede faaliyet gösteren 8'i aşkın taş ocağı bu taşı kırma taş hammaddesi olarak kullanmaktadır. Bölge ihtiyacına göre duvar taşı, dolgu taşı olarak da kullanılan Hereke Formasyonu'nun teknolojik özellikleri aşağıdaki gibidir (Çizelge1).

Çizelge1. Hereke Formasyonu'nun Teknolojik Özellikleri [5]

Etlüv kuru su yoğunluk	2700 kg/m ³
Suya doymuş yoğunluk	2720 kg/m ³
Ağırlıkça su emme	%1.2
Don deneyi (Na ₂ SO ₄ çözeltisi ile malzeme kaybı)	%4.7
Los Angeles aşınma kaybı	%5.8 / 100 devir
	%21.6 / 500 devir

Kırma eleme tesislerinin maksimum üretim kapasitesi ve ürünlerin kalitesi kuru ve temiz taş ortamı için dizayn edilmiştir. Başka bir deyişle kuru ve temiz taş konkasörler için ideal bir çalışma ortamıdır. Ancak Gebze taş ocaklarının işletmekte olduğu Hereke Formasyonu bazı jeomekanik nedenlerden dolayı ideal bir ortam değildir. Ancak ocağın jeolojik durumu ve formasyonun Litolojik özellikleri dikkate alınarak Kırma – Eleme makinelerinin seçimi yapılsa; üretim kapasitesi, ürün kalitesi ve verimliliğini arttırmak mümkündür.

Hereke Formasyonu yaşlı birim olduğu için çok farklı tektonik hareketlere maruz kalmıştır. Dolayısıyla birimde çok farklı çatlak, kırık ve fay sistemleri gelişmiştir. Bu süreksizlikler boyunca malzemede ezilme, bozulma, ayrışma ve alterasyon etkisiyle demir oksitli ve killi zonlar oluşmuştur. Bu zonlar sağlam taşla iç içe bulunduğu için malzemenin yapısı ve rengini olumsuz etkilemiştir. Özellikle yağmurlu havalarda ve/veya yeraltı su seviyesi altında çalışma yapıldığı zaman bu etkileşim daha da artmaktadır. Zira malzeme kuru olduğu zaman ayrışmış, bozulmuş ve topraklı malzeme primer kırıcıya gelmeden önce ızgaralardan

kolaylıkla elenerek sistemden uzaklaştırılıyor. Fakat malzeme ıslak veya nemli olduğu zaman baypas işlemi tam anlamıyla yapılamıyor. Sıvanmak, yapışmak ve topaklanmak suretiyle bozuk malzemenin bir kısmı üretim sistemine girerek hem nihai ürünlerin kalitesini olumsuz etkiliyor hem de bunkerdeki besleyici üzerine yapışarak ve malzemenin primer kırıcıya akışının yavaşlamasına ve üretim kapasitesinin azalmasına neden oluyor. Ayrıca oluklardan akan ıslak ve temizlenmemiş malzeme oluk ve elek (özellikle 0-5 mm eleği) tıkanmalarına da neden olmaktadır. Bunların temizlenmesi de ayrıca bir iş kaybıdır. Taş temiz ve net olduğu zaman veya yıkanarak temizlendiği zaman yeraltı ve yüzey suları sadece malzemenin bunkerden akışını yavaşlatır. Suyun başka bir olumsuz etkisi kırıklı ortamlarda ocak içi atık malzemesi artmasına neden olmasıdır. Başka bir deyişle normal hava şartlarında kırılabilir malzemenin büyük bir bölümü hafriyat malzemesi olarak ocaktan uzaklaştırılır. Buda kırılacak temiz taşın birim maliyetinin artmasına neden olur. Diğer yandan ocak içindeki iş makinelerinin sağlıklı bir ortamda çalışabilmeleri için ocak içi suyu tahliye edilerek ocaktaki su seviyesi kontrol altına alınmalıdır. Zira zaman zaman kirli malzemenin ocak içinde yıkanarak kırılmasıyla daha sağlıklı sonuçlar elde edilmesi mümkündür. Böylece hem malzemedeki kirlilik oranı hem de kırma elemeye çıkan toz oranı en aza indirilmiş olur. Suyun başka bir olumsuz etkisi konveyör bantlarının kayma ve patinaj yapmasına neden olmasıdır. Sulu ve ıslak malzeme kırmanın diğer olumsuz yanı sekonder ve tersiyer kırıcı bıçaklarının suyun etkisiyle daha kolay ve çabuk aşınmasıdır. Yağmurlu kış aylarında Hereke Formasyonunun üst kademelerinde (nebatî ve ayrışmış yüzey topraklarının kaldırıldığı halde) üretim yapmak pek ekonomik değildir. Zira süzülen suların etkisiyle yüzeye yakın kesimlerde oluşan erime boşlukları katmanlaşma yüzeyleri ve diğer süreksizlik yüzeyleri boyunca ayrışma sonucu oluşan (ikincil) plastik kil topakları ve yer yer siltli killi ara malzemeleri yıkanarak yeteri kadar temizlenmediği gibi (özellikle plastik kil topakları) ocak içi pasa malzemesini de arttırmaktadır. Dolayısıyla yağmurlu havalarda Hereke Formasyonunun üst

kademelerinde çalışılmaması tavsiye edilmektedir [3].

3. KIRMA ELEME TEKNOLOJİLERİ

3.1. Primer Kırıcılar

Primer kırıcılar; primer çeneli kırıcılar ve primer rotorlu kırıcılar olarak iki çeşittir. Primer çeneli kırıcılar gövde, sabit çene ve pitmandan (oynak çene) oluşurlar. Kıрма işlemi yapılırken, pitman ileri geri hareket dengesi yaylar vasıtasıyla sağlanır. Çeneli kırıcılar malzemeyi sıkıştırarak kırıdıkları için üretimleri genellikle yapraksıdır.

Her türlü dağ ve dere malzemesinin kırılmasında kullanılan bu kırıcılar, taşın ilk kırma işlemini yaparlar ve tesisin büyüklüğüne göre kırılma boyutları ayarlanabilir. 140'lık bir kırıcının çene açıklığı 18-20 cm'dir. Ülkemizde primer kırıcı olarak her ne kadar genellikle primer çeneli kırıcı sistemi kullanılsa da son zamanlarda primer rotorlu kırıcı kullanımında artış görülmektedir.

Primer rotorlu kırıcılar; gövde, rotor ve çarpma plakalarından oluşurlar. Rotorda sıralı bıçaklar vardır. Kapak bölümünde kırma ve çarpma astarları vardır. Gövde içi komple aşınma astarları ile kaplıdır. Bu tip kırıcılar çarpıtma ve sıkıştırma ile kırma işlemi yaptığı için çeneli kırıcılara oranla daha kaliteli (kübik) üretim yapmakla birlikte malzemeyi daha fazla inceltirler [6].

3.2. Sekonder Kırıcılar

Sekonder kırıcılar sekonder çeneli kırıcı, sekonder darbeli kırıcı, sekonder rotorlu kırıcı olarak üretilmektedir. Sekonder çeneli kırıcılar yapraksı malzeme kırıdıklarından dolayı sekonder kırıcı olarak pek tercih edilmemektedir. Bu kırıcılar primer çeneli kırıcıların aynısıdır. Fakat primer çeneli kırıcılara oranla daha yüksek devirli çalışırlar.

Sekonder darbeli kırıcılar çarpıtma özellikleri olduklarından dolayı kübik malzeme üretirler. Bu kırıcılar gövde ve rotordan oluşur. Rotor üzerine kama ve civatalarla bıçaklar monte edilir. Ön yüzünde kaburgalar vardır. Rotor bıçakları malzemeyi kaburgalara çarpıtarak kırarlar. Genellikle 200-450 devir/dakika ile çalışırlar.

Sekonder rotorlu kırıcılar çarpma ve sıkıştırma özellikli olduklarından dolayı karışık malzeme üretirler. Bu tip kırıcılar 400-600 devir/dakika ile dönerler ve primer rotorlu kırıcılarla aynı sistemde üretilirler.

3.3. Tersiyer Kırıcılar

Tersiyer kırıcılar merdaneli, çekiçli (değirmen), darbeli, konik ve düşey milli kırıcılar şeklinde dizayn edilirler. Merdaneli kırıcılar, tamamen sıkıştırarak kırma yaparlar. Birbirine ters istikamette dönen iki tamburdan oluşurlar. Arasına aldığı malzemeyi iki tambur arasında sıkıştırarak kırma yaptığı için, üretimleri yapraksıdır ve darbeli kırıcılara kıyasla daha az toz üretirler.

Çekiçli kırıcılar, gövde ve rotordan oluşurlar. Rotora bağlanan çok sayıdaki çekiç yüksek devir (600-1500 devir/dakika) sayesinde çarpma işlemini yaparlar. Dolayısıyla üretimler kübik ve kalitelidir. Ayrıca kireç taşı gibi yumuşak malzemelerde taş tozu oranını da (0-5 mm) artırırlar.

Darbeli kırıcılar, genellikle tersiyer olarak kullanılmaktadır. Çarpıtma özellikli oldukları için kübik ve kaliteli malzeme üretirler.

Düşey milli kırıcılar, hem sekonder hem de tersiyer amaçlı kullanılırlar. Bu kırıcılar tamamen çarpma ile kırma yaptıkları için üretimleri kübik ve çok kalitelidir. Düşey milli kırıcılar, gövde ve düşey milde bulunan rotordan oluşurlar. Gövdenin içi komple sabit astarlarla kaplıdır. Rotora ise bıçaklar monte edilmiş durumdadır. Kırma işlemini; hızlı devri (1000-1500 devir/dakika) sayesinde malzemeyi astarlarla ve birbirlerine çarpıtarak gerçekleştirilmektedir.

Konik kırıcılar, sekonder ve tersiyer olarak kullanılırlar. Bu kırıcılar sert ve aşındırıcı malzemeleri kırmak için geliştirilmiştir. Kendi eksenine etrafında (100-1500 devir/dakika) dönerek malzemeyi ezme ve darbe etkisiyle kırarlar.

Kırma ve eleme tesislerindeki üretim kapasitesinin sağlıklı olabilmesi için kırıcılar arasındaki kırma dengesi sağlanmalıdır. Yani sekonder kırıcının deşarj aralığı primer kırıcının deşarj aralığına göre ayarlanmalıdır. Tersiyer kırıcının deşarj aralığı ise sekonder kırıcının

deşarj aralığına ve ayrıca eleğin en üst elek ebadına uygun olarak ayarlanmalıdır [6].

3.4. Elekler

Kırma işleminden sonra en önemli parametre elek sistemidir. Primer Kırıcıdan çıkan malzeme ön elek dediğimiz ağır hizmet eleğinden (ızgaralı ön elek) geçirilir. Böylece primer kırıcıdan çıkan malzemenin istenilen ebadının (30-40 mm'den ufak olan parçalarının) sekonder kırıcıya girmeden ayırıcı eleğe (nihai elek) gitmesi sağlanır veya nihai ürünün temiz ve kaliteli olması için bu malzeme yol malzemesi veya ikinci kalite ürün olarak sistem dışına çıkartılır. Bu sistem taş tozu oranının (0-5 mm) düşmesine ve agregası (kırmataş) üretiminin artmasına yardımcı olmakla birlikte nihai ürünlerin temiz ve kaliteli olmasını da olumlu etkiler.

Gebze Taş Ocaklarında ön elek kullanmadan Asfalt ve Beton agregası üretimi oldukça zordur. Zira jeolojik yapı geçirmiş olduğu tektonik hareketler neticesinde çok sık süreksizlik yüzeyleri ihtiva etmektedir. Dolayısıyla formasyonun litolojik özellikleri bu süreksizlik yüzeyleri boyunca altere olduğundan ocaktan çıkarılan malzemenin jeolojik özellikleri düşey ve yatay olarak sık sık farklılık göstermektedir. Buda bize Gebze Taş ocaklarında ön elek kullanmanın üretim kapasitesi, ürün kalitesi ve verimliliği açısından nedenli önemli olduğunu göstermektedir.

Sekonder ve tersiyer kırıcılardan çıkan malzemenin ayırma işlemi nihai eleklerle yapılır. Bu elekler 3 veya 4 katlı olup meyilli ve yatay elek şeklindedir. Devirleri dakikada 500-1500 olan bu eleklerin titreşim sistemleri ileri-geri ve yukarı-aşağıdır.

4. KIRMA - ELEME TESİSLERİ SEÇİMİ ve DİZAYNINI ETKİLEYEN JEOMEKANİK PARAMETRELER

Bilindiği gibi kırma - eleme tesisleri; agregası üretiminde kullanılacak olan doğal hammaddede (Jeolojik Formasyona) en yakın bölgelere kurulurlar. Dolayısıyla her şeyden önce tesisin kurulacağı alanın, jeolojik, morfolojik ve coğrafi durumu detaylı bir şekilde incelenmekle birlikte tesis alanının yol durumu, taş rezervine olan yakınlığı, rezerv miktarı,

kurulacak olan tesisin üretim kapasitesi, ileriye yönelik kapasite artırımı, tesisin geliştirilmesi ve/veya ek tesislerin kurulması gibi parametreler irdelenmeli ve gerekli alt yapı (Makine parkı, elektrik gücü ve trafo seçimi, otomasyon, Elektrik kabloları, v.s.) ona göre hazırlanmalıdır.

Bölgede Gebze Kireçtaşı dediğimiz Hereke Formasyonu yer yer mostra vermesine rağmen genellikle dış etkenler (hava, yağmur, su, don, bitki kökü v.s.) neticesinde taşın ayrışması, bozuşması ve alterasyonu ile oluşan nebati toprakla örtülmektedir. Bu toprak örtüsü çoğunlukla 50 cm ile 1 metre kalınlığında olsada yer yer 3-4 metreye varan toprak kalınlıkları da (özellikle fay zonları, dere yatakları ve yamaçlarında) görülmektedir. Bu nebati örtü kaldırıldıktan sonra formasyonun 8-10 metrelik ilk kademesinden çıkarılan taşın asfalt ve beton agregası üretiminde kullanılması pek elverişli değildir. Dolayısıyla üst kademelerden çıkarılan taşı 0-250 kg, 0-400 kg, dolgu malzemesi ve/veya 0-38 mm, 0-50 mm tuvenan alt temel malzemesi olarak kullanılmalıdır. Ayrıca üst kademelerden çıkarılan malzemeyi ocak içinde ekskavatörle ayıklayarak yükleme yapılırsa primer kırıcıdan sonra ızgaralı önelek kullanmak kaydıyla (0-38 mm veya 0-50 mm sekonder kırıcıya gitmeden tuvenan alt temel veya mekanik dolgu malzemesi olarak alınırsa) 50 mm'nin üstü sekonder ve/veya tersiyer kırıcı kullanarak ikinci kalite agregası üretiminde kullanılması mümkündür.

Gebze Taş Ocaklarında kaliteli agregası (Asfalt ve beton agregası) ancak ocakların taban aynaları kullanılarak sağlıklı ve verimli bir şekilde üretilmektedir. Her ne kadar derinlere doğru dış etkenlerin tesiri azalarak taşın ayrışma, bozuşma ve alterasyon özellikleri minimize olsada tektonik hareketler neticesinde oluşan kırık, çatlak ve fay gibi süreksizlikler ocakların taban aynalarında bariz bir şekilde görülmektedir ve bu süreksizlikler boyunca yer yer (lokal olarak) ayrışma, ezilme ve alterasyon damarları ve etki alanları taban ayarlarındaki taşın Litolojik ve fiziksel özelliklerini olumsuz etkilemektedir. Bu gibi süreksizlikler Hereke formasyonunda sık sık rastlamak mümkündür. Taşocaklarının taban aynalarında sağlam net ve temiz taşı ile altere olmuş damarlar iç içe ve yan yana bulunmaktadır. Dolayısıyla bu malzemeler

zaman zaman ocak imkânlarıyla birbirinden ayırmak son derece zordur. Onun için bu malzemeler çoğu zaman ocak içi kamyonlarına karışık yüklenerek kırma-eleme tesislerine sevk edilmektedir. Kırma-eleme tesislerinde primer kırıcıdan sonra ızgaralı ön elek sistemi varsa bu gibi durumlarda ön elekten 0-38 mm veya 0-50 mm mekanik tüvenan malzemesi alarak sekonder ve tersiyer kırıcılarla kaliteli agrega üretmek mümkündür. Ön elek sistemi yoksa sadece tersiyer kırıcıdan çıkan malzeme sağlıklı beton ve asfalt agregası olarak kullanılabilir.

Sonuç Gebze Taş Ocaklarının Kırma - Eleme tesislerinde ızgaralı baypas sistemi, primer kırıcıdan sonra ızgaralı ön elek sistemi olmadan sağlıklı agrega üretimi yapmak pek olası değildir. Diğer bir ifadeyle ızgaralı önelek sistemi üretim kapasitesini, verimliliği ürün kalitesini, üretim maliyetlerini olumlu yönde etkileyerek üretim zayıflığını minimize etmektedir.

Gebze Taş ocakları bölgesinde kırma-eleme tesisi seçimi ve dizaynı yaparken Gebze Kireçtaşının (Hereke formasyonun) jeolojik litolojik, jeomekanik ve teknolojik özellikleri ile birlikte üretim amacı ve kapasitesi gibi parametreler detaylı bir şekilde irdelenmelidir.

Daha önce belirtildiği gibi Gebze Taş Ocakları tesislerinde sağlıklı ızgaralı baypas sistemi ve ızgaralı ön elek sistemlerinin varlığı üretim kapasitesini, kalitesini ve verimliliğini arttırdığı gibi üretim maliyetlerini, ocak zayıflıklarını ve ocak artığı hafriyatlarını da minimize etmektedir. Dolayısıyla sağlıklı ızgaralı baypas ve ön elek sistemleri Gebze Taş Ocakları tesislerinin ayrılmaz birer üniteleridir. Bu bölgede primer kırıcı seçimi ve dizaynı yaparken önüne ızgaralı ön elek sistemi düşünülerek yapılmalıdır.

Gebze Taş Ocakları Bölgesinde faaliyet gösteren kırma- eleme tesisleri doğru bir seçim olarak genellikle çeneli primer kırıcı kullanmalarına rağmen son zamanlarda, bazı firmalar nadirde olsa Rotorlu primer kırıcı kullanma eylemindeler. Rotorlu primer kırıcılar malzemeyi çeneli primer kırıcılara oranla daha fazla inceltirler diğer bir ifadeyle malzemenin %45-50'sini bir çırpıda 40mm'nin altına düşürdükleri için sekonder ve tersiyer kırıcılara

giden malzeme oranını düşürerek tesis içinde malzeme dolaşımını minimize ederler. Ayrıca rotorlu primerlerden çıkan ince malzeme, çeneli primerlerden çıkan ince malzemeye oranla daha kübüktür. Fakat bu gibi avantajları olmasına rağmen Gebze Taş Ocaklarında ön elek sistemi gerekliliğinden dolayı primer rotorlu kırıcıların kullanımı pek tavsiye edilmemektedir. Zira rotorlu primerden çıkan malzeme ön elek sisteminden geçirildiği takdirde, malzemenin yaklaşık % 45-50'sinin mekanik tüvenan malzemesi (0-38 mm) olarak çıkarılması gerekir, buda agrega üretim kapasitesini yaklaşık %50 oranında olumsuz etkilemektedir ancak agrega kalitesini ve verimliliğini olumlu etkiler.

Gebze bölgesinde primer çeneli kırıcı ve önelektan sonra sekonder kırıcı olarak genellikle dragon tipi rotorlu kırıcılar kullanılmaktadır. Bu tip kırıcılar çarpma ve sıkıştırma özelliklerinden dolayı malzemeyi çeneli primer kırıcılara oranla daha kübik yapımlarına rağmen malzemenin yassılık ve yapraksı özelliklerini tam anlamıyla çözemediklerinden dolayı ürettikleri agregalar özellikle kaba agregalar (5-12 mm, 12-19 mm, 19-25 mm) kısmen yapraksı özelliği gösterirler. Diğer bir ifadeyle sekonder rotorlu kırıcıların kaba agrega üretimlerinin zaman zaman tersiyer kırıcılarla iyileştirilmelerine gereksinim duyulmaktadır. Bu tip kırıcılar Gebze Taş Ocaklarında sekonder kırıcı olarak randımanlı çalışmakla beraber homojen, net ve temiz taş ortamlarında primer kırıcı olarak da randımanlı bir şekilde çalıştırılmaları mümkündür. Bu bölgede çarpıtma özellikli olan dik milli kırıcılar tersiyer kırıcı olarak ideal sonuçlar vermektedir. Bu kırıcılardan geri dönüş malzemelerinin kırımında hem de rotorlu kırıcılardan çıkan kaba agreganın şekillendirilmesinde yararlanılabilir. Zira bu kırıcılar malzemeyi birbirlerine ve kenardaki sabit astarlara çarpıtarak kırıkları için üretimleri fevkalade kübüktür. Şekil 1 'de 2 adet 140'lık Kırma-Eleme tesisinin akım şeması görülmektedir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

1) Gebze Taş Ocakları bölgesinde kırma eleme tesisleri seçimi ve dizaynını yaparken Gebze Taşı dediğimiz Hereke Formasyonunun jeolojik litolojik, yapısal, kimyasal, teknolojik ve jeomekanik özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır.

2) Kırma eleme tesislerinin kurulacağı alanın; jeolojik, morfolojik coğrafi durumu detaylı bir şekilde incelenmekle birlikte tesis alanının yol durumu, tahmini rezerv miktarı, rezerve yakınlığı, üretim kapasitesi, ileriye yönelik kapasite artırımı, tesisin geliştirilmesi ve/veya ek tesislerin kurulması gibi parametreler irdelenmeli ve gerekli alt yapı (Makine parkı, elektrik trafosu, gücü, kablosu, otomasyon v.s.) ona göre hazırlanmalıdır.

3) Gebze taşının üst kesimlerindeki nebati örtü kaldırıldıktan sonra formasyonun 8-10 metrelik ilk kademesinden çıkarılan taşın birinci kalite agrega (Asfalt ve beton agregası) üretiminden ziyade mekanik tuvenan ve/veya ikinci kalite agrega üretiminde kullanılması mümkündür. Kaliteli agrega üretimi için ocakların taban aynaları kullanılmalıdır.

4) Hereke formasyonu; bölgesel tektonizma etkisi altında kalarak birçok kırık, çatlak ve fay gibi süreksizlikler ihtiva etmektedir. Bu gibi süreksizlikler ocakların taban aynalarında formasyonun yer yer ayrışmasına, ezilmesine ve altere olmasına neden olmuştur. Dolayısıyla ocak aynalarında temiz ve net taş ile altere olmuş malzemeler çoğu zaman yan yana ve/veya iç içe bulundukları için bu ocaklarda primer kırıcıdan sonra ızgaralı önelek sisteminin kullanılması ürün kalitesi, ürün kapasitesi ve verimliliği arttırmaktadır.

5) Gebze Taş Ocaklarında; üretimin, verimliliğin ve kalitenin sağlıklı olabilmesi için üretim maliyetlerinin, zayıfların ve ocak içi hafriyatının minimize edilmesi için en uygun kırma-eleme tesisleri çeneli primer kırıcılar ızgaralı önelekler, rotorlu veya dragon tipi sekonder kırıcılar, şekillendirici dik millî tersiyer kırıcılar olarak sıralamak mümkündür.

Temiz ve net taş ortamları için primer rotorlu kırıcıların kullanılması daha sağlıklı sonuçlar vermektedir.

Teşekkür

Bu çalışmanın yapımında destek veren Kancataş İnş. Maden'e, AGÜB'e, yazım ve çizim işlerinde yardımcı olan Deha Deniz Bozgöl ve Zeliha Öksüz'e teşekkür ederiz.

Kaynaklar

[1] Alunlu, E., Soyutürk İ., Saka N., 1970, Hereke Tavşanlı – Tepecik alanının Jeolojisi, İÜ. Fen Fak. Mecmuası, Cilt XXXV, Sayı:1-2, s: 67- 69.

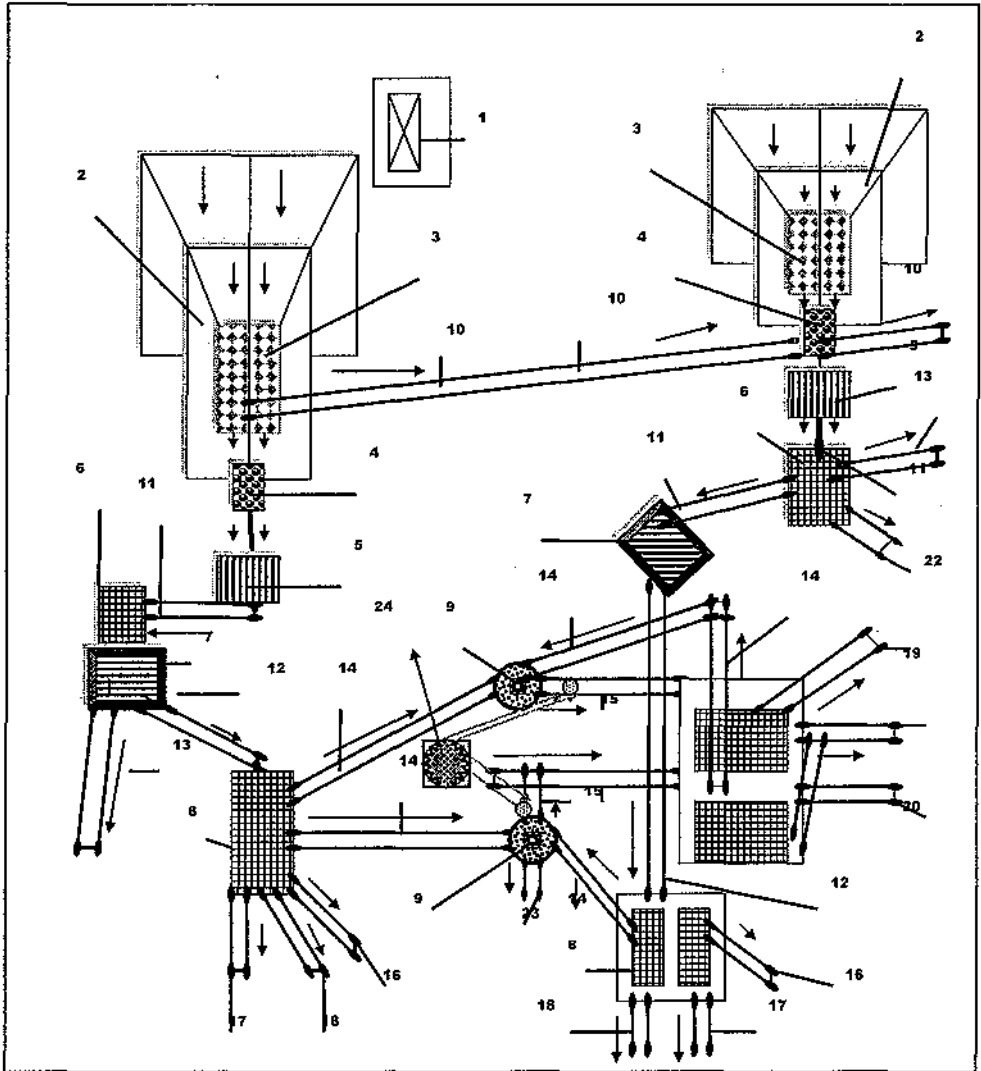
[2] Eren, R.H., Nasuf, E., Ökten, G., Evergen, T., 1996, Kocaeli Gebze ilçesi Tavşanlı Köyü Civarındaki Kireçtaşı Sahalarının Jeolojisi, Rezerv Analizi ve İstanbul Metropolü Yönünden Önemi, 1. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, TMMOB Maden ve Jeoloji Müh. Odaları, s: 53-67.

[3] Halili A., Gözübol A.M., 1999, Hereke Formasyonu'nun (Gebze Kireçtaşı) Kırmataş özelliği ve Kırma-Elemente tesislerindeki davranışı, 2.Ulusal Kırmataş Sempozyumu TMMOB. Maden ve Jeoloji Müh. Odaları İstanbul, s: 89-97.

[4] Erguvanlı K., 1946, Hereke Pudingleri ile Gebze Taşlarının İnşaat bakımından etüdü ve civarının Jeolojisi, İTÜ, s: 88.

[5] Halili A., 2000, Hereke Formasyonu'nun (Gebze Kireçtaşı) Delme Patlatma açısından incelenmesi, 4. Delme – Patlatma Sempozyumu, TMMOB, Maden Mühendisleri Odası.

[6] Halili A., 2003, Agregada üretiminde Kırma-Elemente ve taşın Fiziko-Mekanik özelliklerinin önemi, 3. Ulusal Kırmataş Sempozyumu TMMOB Maden ve Jeoloji Müh. Odaları İstanbul, s: 185-189.



- 1-) Kumanda Kabini
- 2-) Bunkerler
- 3-) Besleyiciler
- 4-) Baypas İzgaraları
- 5-) Çeneli Primer Kırıcılar
- 6-) İzgaralı Ön Elekler
- 7-) Rotorlu Kırıcılar (Dragon)
- 8-) Birinci Nihai Elekler
- 9-) Dik Milli Kırıcılar
- 10-) Birinci Baypas Bantları
- 11-) Çene Deşarj ve Ön Elek Besleme Bantları
- 12-) Dragon Deşarj Bantları

- 13-) İkinci Baypas Bantları
- 14-) Dik Milli Kırıcılar Besleme Bantları
- 15-) Geri Dönüş Nihai Elek Besleme Bantları
- 16-) 0-5 mm. Normal Taş Tozu Bantları
- 17-) 5-12 mm. 1 Numara Mıdır Bantları
- 18-) 12-19 mm. 2 Numara Mıdır Bantları
- 19-) 0-5 mm. Geri Dönüş Toz Bantı
- 20-) 5-12 mm. Geri Dönüş 1 Numara Mıdır Bantı
- 21-) 12-19 mm. Geri Dönüş 2 Numara Mıdır Bantı
- 22-) Çene Balast Malzemesi Oluğu
- 23-) 20-100 mm. Mıdır Oluğu
- 24-) Jet Filtre

Şekil 1. Kancataş Entegre Kırma -Eleme Tesisi

Metilen Mavisi Deneyi İle İnce Tanelerdeki Kil İçeriğinin Belirlenmesi

Determining the clay content using Methylene Blue Dye Test

İlker Bekir TOPÇU, Abdullah DEMİR

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 26480, Batı meşelik, Eskişehir
ilkerbt@ogu.edu.tr

ÖZ: Beton kalitesi günümüzde büyük önem taşımakta, kalıcılığı sağlamak için daha kaliteli betonlar yapılmaya çalışılmaktadır. Kil minerallerinin ince taneli yapısı ve yüzeylerinin aktivitesi, betonlarda istenen işlenebilirliği sağlamak için karışım suyu miktarını arttırmakta, beton basınç dayanımını ve dayanıklılığını düşürebilmektedir. Betonda kullanılan ince agregaların kil içeriğinin belirlenmesine ilişkin basit, pratik ve ucuz bir deney olan metilen mavisi deneyi TS EN 933-9'da açıklanmaktadır. İnce agregaların, ince malzeme yüzdesi düşük olmasına rağmen, bünyesinde kil kökenli malzeme içerdiğinde, metilen mavisi değeri artmaktadır. Bu çalışmada Eskişehir 'de dört farklı agrega ocağından alınan ve hazır beton santrallerinde ince malzeme olarak kullanılan ince agregaların metilen mavisi değerleri belirlenmiştir. Bu agregalarla üretilen beton numunelerin metilen mavisi değerleri ile fiziksel ve mekanik özellikler arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Metilen mavisi deneyi, kil, ince agrega, dayanım, dayanıklılık.

ABSTRACT: Today, quality of concrete has great importance and in order to ensure permanence great effort is paid for producing concrete of higher quality. The fine granulated structure of the clay minerals and activity of their surfaces increase the amount of mixing water needed for providing workability in concrete and also can cause a loss in compressive strength and durability of concrete. The methylene blue test which is a simple, practical and cheap test used for determining clay content in fine aggregate used in concrete is explained in TS EN 933-9. Although fine material percentage in fine aggregate is low; methylene blue value of it increases when it includes materials of clay origin in its body. In this study methylene blue values of fine aggregate samples to be used as fine aggregate in ready-mixed concrete factories, taken from four different aggregate quarries in Eskişehir were determined, and thus a relationship between methylene blue values of the concrete samples produced with these aggregates and physical and mechanical properties of them was searched for.

Key words: Methylene blue dye Test, clay, fine aggregate, strength, durability

1. GİRİŞ

Beton kalitesi günümüzde büyük önem taşımakta, kalıcılığı sağlamak için daha kaliteli betonlar yapılmaya çalışılmaktadır. Yaklaşık olarak 1 m³ beton % 10 çimento, % 70 agreg, % 20 sudan oluşmasına bağlı olarak; betonda çoğunluğu oluşturan agregalarda kalite bakımından belirleyici deneylerin önemi artmıştır. Beton üretiminde kullanılan agregalarda yapılan kontroller; granülometri, su emme, özgül ağırlık ve 0.063 mm elekten geçen ince malzeme miktarı olmaktadır. İnce agregalardaki humuslu ve organik maddeler ince olarak dağılırken betonun sertleşmesine ve basınç dayanımına zarar vermekte, taneli haldeyken ise renk değişmesine veya şişerek betonun yüzeyinde patlamalara neden olmaktadır [1,2,3].

Kum, parçalanmış agreg içinde bulunan agreg taneçiklerinde tipik astarlar olarak ya da karışımında dolgu olarak bulunan en ince madde büyüklüğünü tanımlar <0.075mm gibi. Mineralojik terim olarak kil taneçikler 0.002mm'den tipik olarak daha azlar fakat; 0.010mm'den daha uzundur [4]. Kum ve kilin arasında önemli ayrım şudur; jeolojik olaylara bağlı olarak ve sonradan olma işlemlerden geçirilmesine bağlı olarak farklı tiplerde killer bulunur. Her farklı kilin karakteristik özellikleri beton üzerinde farklı özelliklerin ortaya çıkmasında etkilidir. Daha az miktarlarda bulunan diğer killer, agreg üzerinde önemli hasarlara neden olurken, kilin bazı tipleri performans etkisi bulunmaz.

Zararlı killer nemin etkilerine karşı hassastır, örneğin su emebilirler ve kabarırlar, genişleme ve büzülme işleminin tekrarlanması ile agreg tanelerinin parçalanmasına neden olurlar. Kil içerisindeki suyun büyük bir kısmı gözenek suyunu serbest bırakmaz fakat kil minerallerinin kafesinde içerirler ve yüzeylerinde tutarlar. Kil mineralleri doğal agregaların ince olarak sınıflandırılmış kısımlarında (0.063 mm) bulunabilmektedir. Aşırı miktarda kil içeriği beton ve harçlarda zarar verici etkiler yaratmaktadır. İnce agreg oranının çok düşük olmasına rağmen metilen mavisi deney sonuçlarının yüksek değerlerde çıktığı ve beton basınç dayanımlarının olumsuz etkilendiği görülmüştür. İnce agregaların, ince malzeme yüzdesi düşük olmasına rağmen, bünyesinde kil kökenli malzeme içerebilmesi, metilen mavisi değerini arttırmakta ve beton basınç dayanımını düşürebilmektedir. Agreg

içerisindeki ince madde miktarından çok, bu ince maddelerin özelliği önem taşımaktadır.

Kil kökenli malzeme miktarı metilen mavisi değerini (Methylene Blue Value-MBV) arttırmaktadır [5,6]. Katyon değiştirme yeteneğine sahip olan kil mineralleri sulu çözeltilerinden metilen mavisini soğurabilirler. Killerin bu boyayı aktif yüzeylerine alabilme yeteneği, katyon değiştirme kapasitesi ile yüzey alanının ölçülmesi ve kil minerallerin varlığının ortaya çıkarılması için yapılan test yöntemlerinin temelini oluşturur. Metilen mavisi deneyi de bu gerçeğe dayanır. Kili ortaya çıkarmak için kullanılan en basit yöntemlerden birisi metilen mavisi deneyidir. Bu yöntem 1940'lardan beri kullanılmaktadır ve birçok şekilde geliştirilmiştir. Metilen mavisi değerinin 63 µm elek altı malzeme yüzdesinden bağımsız olarak değiştiği görülmüş, farklı özelliklere sahip agregaların kullanılmasıyla üretilen beton numunelerinin deney sonuçlarıyla ilişkilendirilmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu çalışmada Eskişehir'de dört farklı agreg ocağından alınan ve hazır beton santrallerinde ince malzeme olarak kullanılan ince agregaların metilen mavisi değerleri belirlenmiştir. Bu agregalarla üretilen beton numuneler üzerinde çökme, basınç dayanımı, ultrases geçiş süresi ve aşınma deneyleri yapılmıştır. Farklı özelliklere sahip bu ince agregaların üretilen beton numunelerinde yapılan fiziksel ve mekanik deney sonuçları karşılaştırılmıştır. Üretilen beton numuneleri kullanılan agregaya ve 0.063 mm elek altı malzeme oranına göre kodlanmıştır. B ve C nehir kumları, A ve D kırma kumdur. Bu kodlamada B ve C harfleri farklı iki nehir kumunu, A ve D ise farklı iki kırma kumunu temsil etmektedir. Bu agregaların ince malzeme yüzdeleri değiştirilerek aynı yapıya sahip birer grup daha elde edilmiştir. Bu elde edilen grupların isimlendirilmesi aynı yapıya sahip agreganın önüne 1 rakamı getirilerek yapılmıştır. Çizelge 1'de bu kodlama sonucu karışım oranları gösterilmiştir.

Çizelge 1. Beton numunelerin karışım oranları

Numune Grubu	0.063 mm elek altı malzeme, %	Kum (% 35), kg	Kırmataş1 (%30), kg
A	5	640.54	570.14
B	10	640.50	570.22
C	10	640.45	570.17
D	10	640.24	570.15
A1	8	640.29	570.09
B1	15	640.36	570.21
C1	8	640.55	570.23
D1	15	640.61	570.11

Numune Grubu	Kırmataş2 (%35), kg	Çimento, kg	Su, kg	Birim Ağırlık, kg/m ³
A	665.17	350	175	2490
B	665.12	350	175	2430
C	665.23	350	175	2460
D	665.56	350	175	2520
A1	665.40	350	175	2500
B1	665.22	350	175	2380
C1	665.13	350	175	2410
D1	665.30	350	175	2480

2.1. Metilen Mavisi Deneyi

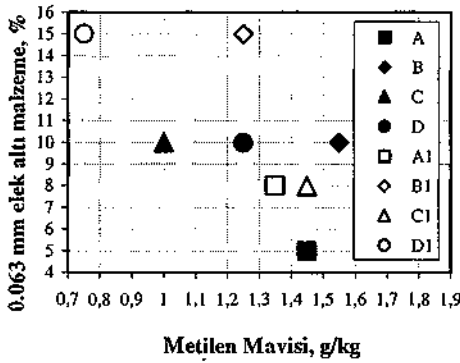
Metilen mavisi deneyine, metilen mavisi çözeltisi hazırlanmasıyla başlanır. Çözelti için 10 gr metilen mavisi tozu, behere konulan 500 ml damıtık 400 °C'deki suya ilave edilir. Toz çözününcüye kadar karıştırılır ve 200 °C'ye kadar soğutulur. Beherdeki çözelti 1 lt' lik ölçülü balona boşaltılır. İçine 1 lt' ye tamamlamak için damıtık su eklenir ve hafif renkli bir cam koruyucu şişesine boşaltılır. Metilen mavisi çözeltisi hazırlanmasından sonra leke deneyine geçilir. Süspansiyon oluşturmak için 500 ml damıtık suya, kurutulmuş deney numunesi kısmı (2 mm elekten geçen 200 gr kum) karıştırarak ilave edilir. Süspansiyon 600 devir/dk hızda 5 dakika karıştırılır. Sonra 5 ml boya çözeltisi ilave edilip, 400 devir/dk ile devam edilir. Sonunda 1 dakika karıştırmanın ardından cam baget ile karışımından 1 damla

alınıp süzgeç kağıdına bırakılır. Süzgeç kağıdının yüzeyi herhangi bir katı veya sıvı ile temas etmeyecek şekilde boş bir beherin veya uygun bir destegin üzerine yerleştirilmelidir. Tekrar 5 ml boya ilave edilip karıştırmaya devam edilir. Yine 1 dakika sonra yine bir damla süzgeç kağıdına bırakılır. Merkezi mavi birikintiyi çevreleyen açık mavi halka oluşması beklenir. Aksi takdirde tekrar 5 ml boya eklenip aynı işleme devam edilir. Halka belirene kadar 1 dakika aralıklarla leke deneyine ve boya ilavesine devam edilir. Beşinci dakika sonunda 5 yerine 2 ml boya eklenerek devam edilir. Halka oluşması durumunda, 5 dakika süreyle varlığını koruyabilirse deney pozitif sayılır ve bitirilir. Halka oluşmasına kadar ilave edilen boya miktarı kaydedilir. Açık mavi renkli halka 8 mm ile 12 mm arasında çapa sahip birikintide, 1 mm kadar olmalıdır [7].

3. DENEY SONUÇLARI

3.1. 0.063 mm Elek Altı Malzeme (İnce Madde) Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çalışmada kullanılan agregalara ait ince madde miktarı ile metilen mavisi değerleri Şekil 1'de verilmiştir. Mineralojik olarak aynı yapıya sahip ince agregalarda ince madde oranı arttıkça metilen mavisi değerlerinde düşüşler görülmüştür. Bu ilişki A ve A1 grubu ince agrega gruplarında, ince madde oranı % 60 oranında arttığında, metilen mavisi değeri % 7 oranında azalmıştır. Bu durum B ile B1 arasında, ince madde miktarı %50 arttığında, metilen mavisi değeri %3 oranında azalmıştır. C1 ile C arasında %25 oranında ince madde miktarı arttığında, metilen mavisi değerinde %31 oranında azalma görülmüştür. Aynı durum D ile D1 arasında, ince madde miktarı % 50 arttığında, metilen mavisi değerinde %40'lık bir azalma görülmüştür. Sonuç olarak 0.063 mm'lik elekten geçen malzeme miktarına ve aynı malzemenin metilen mavisi değerine bakıldığında, 0.063 mm'lik elekten geçen malzeme miktarı düşük olmasına karşın metilen mavisi değerinin yüksek olması, ince madde miktarının, ince madde kalitesi üzerinde çok belirleyici rol oynamadığı göstermektedir.



Şekil 1. 0.063 mm elek altı malzeme miktarı ile metilen mavisi değeri karşılaştırılması

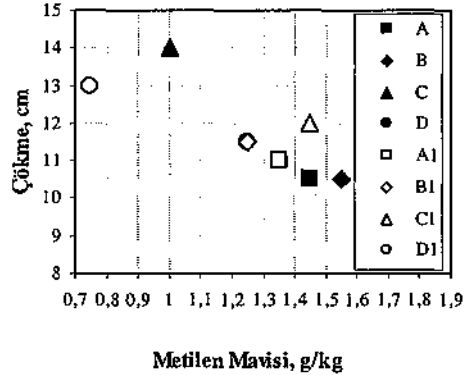
3.2. Çökme Deneyi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Farklı ince agrega oranına sahip beton karışımları hazırlanırken yapılan çökme deneyi sonuçları ile metilen mavisi değerlerin karşılaştırılması Şekil 2'de gösterilmektedir. Çökme deneylerinde çökme miktarları 10.5 ile 13 cm arasında değişmektedir. Aynı mineralojik yapıya sahip agregalar arasında genel olarak metilen mavisi değeri az olan numune grubunun çökme değeri daha yüksektir. Örnek olarak C1 grubunun metilen mavisi değeri 1.45 g/kg iken çökme değeri 12 cm'dir. Öte yandan C ince agrega grubunun metilen mavisi değeri 1.00 g/kg iken çökme değeri 14 cm olmuştur. Buradan çökme değerinde etkili olan suyun zararlı killer sonucu emilmeleri ile karışım içindeki suyun azalması çökme miktarının azalmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla metilen mavisi değeri yüksek olan grubun içerisindeki kil miktarının fazla olması, çökme miktarında düşüşler meydana getireceği şeklinde de anlaşılabilmektedir.

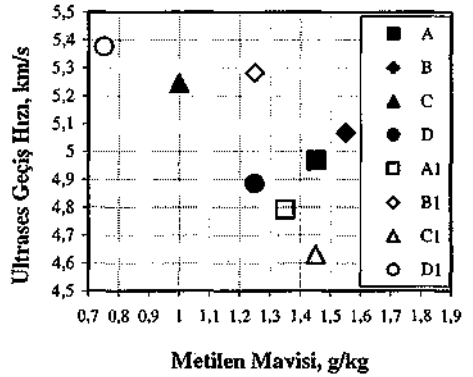
3.3 Ultrases Geçiş Hızı Deney Sonuçları

Yirmi sekiz günlük beton numuneleri üzerinde ultrases geçiş süresi deneyi yapılmıştır. Bu deneyin sonuçlarından ultrases geçiş hızları hesaplanmış ve metilen mavisi değerleriyle karşılaştırılması Şekil 3'de verilmiştir.

Ses hızı numunelerin boşluklu yapılarına göre değişmektedir. Sonuçlar metilen mavisi değeri düşük olan ince agregalarla üretilen



Şekil 2. Taze betonun çökme değerleri ve metilen mavisi değerleri karşılaştırılması

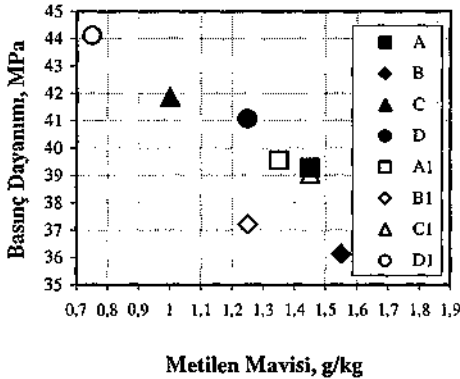


Şekil 3. Ultrases geçiş hızı ve metilen mavisi değerleri karşılaştırılması

numunelerin ultrases geçiş hızlarının yüksek olduğudur. En büyük ultrases geçiş hızı D1 numunesinde 5.4 km/s olarak görülmüştür. D1 aynı zamanda 0.75 g/kg ile en düşük metilen mavisi değerinde sahiptir. Aynı mineralojik yapıya sahip D grubunda ise ultrases geçiş hızı 4.9 km/s olup, metilen mavisi değeri 1.25 g/kg'dır. En düşük ultrases geçiş hızı 4.6 km/s ile C1 grubundadır. Bu grubun metilen mavisi değeri 1.45 g/kg'dır. Ultrases geçiş hızlarında genel olarak artan metilen mavisi değerlerine göre düşüşler görülmüştür. Yalnız aynı yapıya sahip agrega gruplarında düşüşler, metilen mavisi değerleriyle orantılıyken diğer grupların sonuçlarına göre farklılıklar göstermektedir. Yani farklı yapıya sahip grupların sonuçları farklılık göstermiştir.

3.4 Basınç Deneyi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Küp numunelerin 28 gün sonunda yapılan basınç deneyi ile metilen mavisi değerlerinin birlikte gösterimi Şekil 4'de görülmektedir. Şekilden görülen tüm grupların genel olarak bakıldığında metilen mavisi değeri arttıkça basınç dayanımında düşüşler görülmüştür. En küçük basınç dayanımı değerine sahip ince agrega grubu B ve B1'dir. B'nin basınç dayanımı 36.13 MPa iken, basınç dayanımı 37.21 MPa'dır. B ve B1'in ortalama metilen mavisi değeri en yüksek değerlerden biridir. Buna karşılık aralarındaki metilen mavisi azalışı % 3 oranındadır. Buradan çıkartılacak sonuç B ve B1'in aynı mineralojik sahip olduklarından en fazla kil içeriği olan numune gruplarıdır. Öte yandan en büyük basınç dayanımı D ile D1 ince agrega gruplarının ortalama değeridir ve bu grupların metilen mavisi değerleri en düşüktür. Artan metilen mavisi değeriyle basınç dayanımı azalmaktadır. Bu durum aynı yapıya sahip agregalarda ince madde oranları değiştirilerek elde edilen gruplarda metilen mavisi değerinin değişmesiyle görülmüştür.

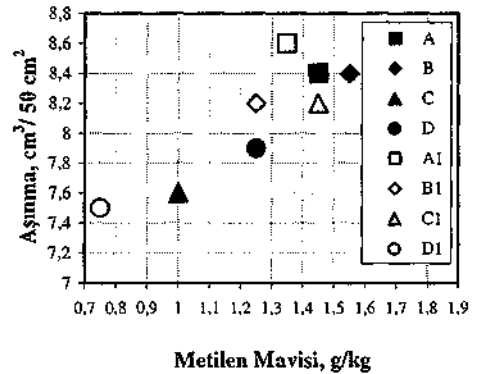


Şekil 4. 28 Günlük basınç dayanımları ile metilen mavisi değeri karşılaştırılması

3.5 Aşınma Deneyi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Böhme deney aleti ile elde edilen aşınma kaybı değerleri ile metilen mavisi değerlerinin karşılaştırılması Şekil 5'te gösterilmektedir. Şekilden artan metilen mavisi değerlerine karşılık aşınma değerlerinin de arttığı gözlenmiştir. Aynı mineralojik yapıya

sahip agregalar kendi aralarında değerlendirildiğinde en büyük aşınma kayıpları $8.4 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ değeriyle A ve yine $8.6 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ değeriyle A1 numune gruplarında görülmüştür. Bu numune gruplarının ortalama metilen mavisi değerleri 1.40 g/kg olup ölçülen en büyük metilen mavisi değerlerine sahip ince agrega gruplarından biridir. Diğer ise aynı mineralojik yapıya sahip B ile B1 ince agrega grubudur. Bu gruplarında da aşınma kaybı yüksektir. Buna karşılık en düşük aşınma kayıpları D ile D1 ince agrega gruplarında görülmüş olup bunların sırasıyla aşınma kaybı değerleri 7.9 ve $7.5 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ 'dir. Bu ince agrega grubunun ortalama metilen mavisi değeri 1 g/kg olup bu çalışmada ölçülen en düşük metilen mavisi değeridir. Sonuçta aşınma kaybı değerleri ile metilen mavisi değerleri arasında doğru orantı olduğu görülmüştür.



Şekil 5. Aşınma miktarları ve metilen mavisi değerleri arasındaki ilişki

4. SONUÇLARIN İRDELENMESİ

Deneylerin sonuçları metilen mavisi değerinin sertleşmiş betonun fiziksel özellikleriyle ilişkisi olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte taze betonda çökme değerleriyle karşılaştırmasına bakıldığında, karışım suyu miktarı aynı olan numunelerin metilen mavisi değeri arttıkça genel olarak çökme değerlerinin azaldığı görülmüştür. 0.063 mm elek altında kalan malzeme miktarının kil içeriği hakkında bilgi vermediği, bu ince kum miktarı düşük olan agregaların metilen mavisi değerinin yüksek çıkabildiği görülmüştür. Ultrases geçiş süresi değerleri yüksek olan

boşluk oranının daha fazla olduğunu düşünebileceğimiz numunelerin metilen mavisi değeri de yüksek çıkmıştır. Aşınma deneyi sonuçlarına göre metilen mavisi değeri arttıkça aşınma kaybı da artmaktadır. Yirmi sekiz günlük basınç dayanımları düştükçe metilen mavisi değeri artmakta, dayanım arttıkça metilen mavisi değeri azalmaktadır. Genel olarak sonuçlar metilen mavisi değerinin agregada zayıf tabakalar yaratan killere işaret ettiğini göstermektedir

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İnce Agregalardaki 0.063 mm'den geçen çok ince malzeme içeriği, kumun beton performansına etkisini tek başına yansıtmamakta, belirlemekte yetersiz kalmaktadır. Betonun davranışını öngörebilmek için çok ince malzemenin kalitesi hakkında fikir veren metilen mavisi deneyine gereksinim vardır. Agreganın ve dolayısı ile onunla birlikte üretilen betonun, kalitesinin sürekliliğini güvence altına almak amacı ile sürekli kalite kontrol planlarında bu deneye yer vermekte yarar görülmektedir. Betonun performansına büyük etkileri dikkate alındığında bu gerek yalnız teknik açıdan değil, ekonomik açıdan da öne çıkmaktadır. Eskişehir'deki agrega ocaklarından alınan ince agregalar arasında metilen mavisi değeri ile fiziksel özellikleri arasında ilişkilendirmede B1 ince agraga numuneleri en iyi sonucu vermiştir.

Agrega kabulünde, 0.063 mm'lik elekten geçen malzeme miktarlarına ve aynı malzemenin metilen mavisi değerine bakılmalı ve basınç dayanımlarına etkisi belirlenerek metilen mavisi kabul değeri oluşturulmalıdır. Agregat üreticileri, üretim süreçlerinde metilen mavisi deney sonuçlarına göre iyileştirmeler yapabilirler.

Kaynaklar

- [1] Hasdemir, S., "Metilen Mavisi Deney Sonuçlarının Beton Basınç Dayanımlarına Etkisi", Beton 2004 Kongresi, İstanbul, ss. 615-622, 10-12 Haziran 2004.
- [2] Eryurtlu, D., Işık M. ve Öztekin E., "Kum Eşdeğerliği Deneyinin Beton Performansı Üzerine Etkisinin İncelenmesi", Beton 2004 Kongresi, İstanbul, ss. 604-614, 10-12 Haziran 2004.
- [3] Topkara, Y.Ö., "İnce Tanelerdeki Kil İçeriğinin Metilen Mavisi Deneyi İle Belirlenmesi" Yapı Malzemesi Çözümlemeleri, Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat Müh. Böl., 50 s., Haziran 2005.
- [4] Woodward, D., Woodside A. and Jellie J., "Clay In Rocks", University of Ulster, Highway Engineering Research Group, SCI Lecture Papers Series 124, 2002.
- [5] Yool, A. I. G., Lees, T. P., and Fried, A., "Improvements to the Methylene Blue Dye Test for Harmful Clay in Aggregates for Concrete and Mortar," Cement and Concrete Research, Vol. 28, No. 10, pp. 1417-1428, 1998.
- [6] Çokça, E., "Relationship Between Methylene Blue Value, Initial Soil Suction and Swell Percent of Expansive Soils", Department of Civil Engineering, Middle East Technical University, Turkish J. Eng. Env. Sci., Vol. 26, pp. 521-529, 2002.
- [7] TS EN 933-9, İnce Tanelerin Tayini-Metilen Mavisi Deneyi, 2001.

Afyon Yöresi Kırmataşlarının Özellikleri Üzerine Bir Araştırma

An Investigation On Properties Of Crushed Stones Of Afyon

İlker Bekir TOPÇU¹, Osman ÜNAL², Tayfun UYGUNOĞLU²

¹Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Müh. Böl., Eskişehir, ilkerbt@ogu.edu.tr

²Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Böl., Afyonkarahisar, unal@aku.edu.tr, uygunoglu@aku.edu.tr

ÖZ: Betonun yaklaşık üçte ikisini oluşturan agregalar, betonun özellikleri üzerinde büyük bir öneme sahiptir. Özellikle kırmataşlar, köşeli yüzey şekilleri sayesinde çimento hamuru ile aderansı arttırmaları gibi olumlu özelliklerinden dolayı betonda kullanımları oldukça yaygınlaşmıştır. Bu çalışmada, hazır beton üretiminde kullanılan Afyon yöresi kırmataş özelliklerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Araştırmada dört farklı agrega tesisinden temin edilen 0/7 ve 7/15 mm elek aralığındaki agregalar kullanılmıştır. A, B, C ve D olarak adlandırılan agregalar üzerinde özgül ağırlık, su emme, aşınma dayanımı (Los Angeles), tane şekli (yassılık indeksi), donma-çözülme dayanımı (Na₂SO₄ çözeltisinde), ince madde (yıkabilir madde) oranı ve organik madde tayini gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar her seri için ilgili standarda göre değerlendirilmiş ve seriler arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Uygun granülometri seçildiğinde, diğer beton bileşenleri de dikkate alınarak, yüksek performanslı beton üretiminde kullanılabilecekleri görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Afyon yöresi, Kırmataş, Elastisite modülü, Los Angeles testi

ABSTRACT: Aggregates that consist of two-thirds of concrete has an important role on the properties of concrete. Especially, crushed stones by force of angular shape are considerably used in the production of concrete because of increase the adhesive with cement. In this study, investigation of properties of Afyon region crushed stone that used in ready-mix concrete production was aimed. Aggregates that obtained from four different companies were used in the research in size of 7/15 mm. and 0/7 mm, respectively. On the aggregates, named as A, B, C and D, some tests were performed such as water absorption, resistance to wear (Los Angeles), particle shape (flakiness index) determination of organic impurity and assessment of fines. Obtained results were evaluated according to concerned standards and compared among them. When favorable particle size distribution was selected, high performance concrete can be produced.

Keys: Afyon Region, Crushed stone, Elastisite number, Los Angeles test

1. GİRİŞ

Beton yapımında kullanılan agrega, çimento, su ve gerektiğinde katkı gibi malzemeler içerisinde maliyeti en ucuz olan malzeme agregalardır. Bu nedenle, istenilen betonu elde edebilmek koşuluyla beton içerisinde mümkün olduğu kadar çok agrega kullanılması betonun daha ekonomik olmasını sağlamaktadır. Beton üretiminde agrega kullanılmasının ekonomik olması yanı sıra betonun teknik özelliklerine de önemli katkıda bulunmaktadır. Agregaların betonda sağladığı başlıca teknik özellikler; çimento hamurunun zamana bağlı olarak gösterebileceği hacim değişikliğinin serbestçe yer almasını önemli ölçüde engellemesidir. Bu nedenle sadece çimento hamurundan oluşmuş olan bir malzemeye oranla betonun göstereceği hacim değişikliği ve buna bağlı olarak yer alabilecek çatlaklar daha az olmaktadır. Ayrıca beton yapımında kullanılacak agregalar genellikle sert ve dayanımı oldukça yüksektir. Agrega dayanımının yüksek olması beton dayanımının da yüksek olmasını sağlamaktadır. Sert ve dayanıklı agregalar, betonun dış etkilere karşı dayanıklılığını da arttırmaktadır [1].

Özgül ağırlığı 2.4 ile 2.8 arasında değişen agregalar normal agrega olarak adlandırılmaktadırlar. Bu tür agregalardan üretilen betonlara da normal beton denilmektedir. Agregaların şekli yuvarlak, köşeli, yassı ve uzun olabilir. Yuvarlak agrega taneleri küreye yakın şekillidirler. Köşeli agrega taneleri, üzerinde keskin çıkıntılar bulunduran tanelerdir. Kırmataş agregaların tane şekli köşelidir. Yassı ve uzun taneler de en büyük boyutu ile en küçük boyutu arasında büyük fark bulunan agregalar olup şekilce kusurlu taneler olarak da adlandırılmaktadırlar. Türk standartlarına göre bu agregaların en büyük boyutu en küçük boyutundan üç kat daha fazla olan tanelerdir. Beton içerisinde bu agregaların miktarının % 50'den fazla olması istenmez. Agrega tanelerinin şekli, taze betonun işlenebilme özelliğini, betonun su ihtiyacını ve buna bağlı olarak betonun fiziksel ve mekanik özelliklerini etkilemektedir. Agrega şekli yanı sıra içerik ve görünüm olarak da yüzeyi temiz olmalı, kil, silt v.b. ince maddeler ve organik

maddeler gibi betonun özelliklerini olumsuz yönde etkileyecek maddeler içermemelidir [2-5].

Agregaların sahip olduğu bir özellik de boşluklu bir yapıya sahip olmalarıdır. Agregaların gözeneklerinde bulunan suyun, sıcaklık derecesinin sıfırın altına düşmesi sonunda donması malzemenin mukavemetinin azalmasına ve hatta parçalanmasına yol açabilir. Bu etkiler suyun donması sonucunda hacminin artmasından ileri gelmektedir. Su donduğunda hacminde %9 oranında bir artış meydana gelir. Bu ifadeden de anlaşıldığı üzere donma olayı agregalarda belirgin bir ölçüde genişleme meydana getirmektedir. Bu genişlemenin sonunda ise agregaların boşluk yapısında önemli değişimler olmaktadır. Donma-çözülme olayının birkaç sefer tekrarlanması sonucu oluşan boşluklar biraz daha genişlemekte ve bunun sonucunda cismin yüzeyinde önemli derecelerde çatlaklar ve hatta döküntüler meydana gelmektedir [6].

Betonun yaklaşık % 70 gibi büyük bir oranını oluşturan agregaların donma-çözülme karşı dayanıklı olması, betonu da donma-çözülme karşı dayanıklı hale getirdiği belirtilebilir. Bu nedenle eğer donmaya dayanıklı bir beton elde etmek isteniyorsa, porozitesi ve su emmesi küçük olan agrega seçilmelidir.

İyi bir beton elde edebilmek için uygun agrega kullanılması gerektiği bilinen bir gerçektir. Agreganın kimyasal bileşimi, minerolojik ve petrografik yapısı, özgül ağırlığı, dayanımı, fiziksel ve kimyasal ağırlığı, boşluk yapısı, rengi gibi özellikleri de betonun özelliklerini etkileyen başlıca özelliklerdir. Bunların yanı sıra genellikle agreganın tane şekli ve boyutu, yüzey yapısı ve su emmesi ve donma-çözülme dayanımları gibi özellikleri de göz önüne alınmalıdır [7,8].

Şengül v.d. [9], agrega türünün farklı beton sınıflarının aşınma dayanımına etkisi üzerine gerçekleştirmiş oldukları çalışmada agrega türü olarak bazalt, kumtaşı ve üç farklı kökenli kırmataş agregaları kullanmışlardır. Agregaları kırmakum, kırmataş No.1 ve kırmataş No.2 olarak üç sınıfta kullanmışlardır. Kırmataş olan agregalardan bazaltın özgül ağırlık ve su emme değeri sırasıyla yaklaşık 2.84 ve % 0,14'tür. Diğer kalker kökenli agregaların

ölgül ağırlık değerleri 2.61 - 2.72 arasında değişim gösterirken su emme değerleri de % 0.7 - 1.4 arasında değişmiştir. Ayrıca agregalar üzerinde 500 devir sonundaki aşınma dayanımları da bazalt agregasının % 12.6; kırmataş agregalarının da % 22.4 ile % 28.4 arasında değerler almıştır. Kırmataş agregaları ile 0.37 su/çimento oranında üretilen betonların basınç dayanımları da 53-64 MPa arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Kumtaşının aşınma değeri de % 22.1 oranındadır.

Agrega aşınma kaybının artmasıyla, betonun da basınç dayanımının, aşınma dayanımının ve elastisite modülünün de azalacağı belirtilmektedir [10,11].

Bu çalışma kapsamında Afyonkarahisar yöresinde bulunan ve hazır beton üretiminde kullanılan kırmataş agregalarının fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenerek ilgili standartlarla ve kendi aralarında karşılaştırılmaları amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Çalışmada, Afyonkarahisar yöresinde bulunan dört farklı kırma ve eleme tesisinden temin edilen 0/7 ve 7/15 mm boyutlarındaki doğal sınıflandırılmış kum ve kırmataş agregaları üzerinde bazı testler gerçekleştirilmiştir. Agregaların temin edildiği tesislerin isimleri gizli tutularak agregalar A, B, C ve D olarak kodlanmıştır. Agregalar üzerinde ölgül ağırlık, su emme, aşınma dayanımı (Los Angeles), tane şekli (yassılık endeksi), donma-çözölme dayanımı (Na_2SO_4 çözeltisinde), ince madde (yıkanebilir madde) oranı ve organik madde tayini gerçekleştirilmiştir.

Ölgül ağırlık deneyi ve su emme miktarları TS EN 1097-6'ya [12] uygun olarak Arşimet prensibine göre suya doygun yüzeyi kuru durumdaki agregaların su içerisinde, suya doygun havada ve etüv kurusu olarak yine havada tartılmalarıyla elde edilmiştir. Doğal sınıflandırılmış agregalarda ise piknometre yöntemi kullanılmıştır.

Aşınma dayanımı, TS EN 1097-2'ye [13] göre 10/14 mm. elek aralığındaki agregalar üzerinde Los Angeles aşınma cihazıyla belirlenmiştir (Şekil 1) [14]. Agreganın boyutlandırılmasında standartta bahsedilen 10/11.2 mm elek aralığı malzemeden %30

oranında; 11.2/14 mm elek aralığındaki malzemeden de % 70 oranında olacak şekilde ayarlanmıştır. Aşındırma için 11 adet standartlara uygun çelik bilye kullanılmış olup, cihazın 500 devir sonundaki agregalarda oluşan aşınma kaybı belirlenmiştir. Cihazın tur sayısı, ayarlanan devir sayısı sonunda cihazın durmasını sağlayan ve cihaz üzerine takılı aparat vasıtasıyla otomatik olarak yapılmaktadır.



Şekil 1. Los Angeles Aşınma Cihazı

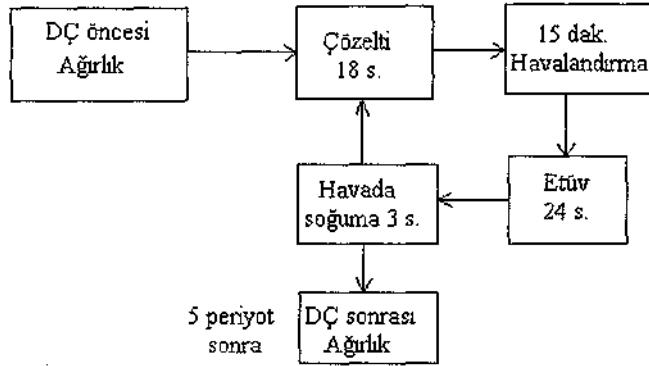
Tane şekli tayininde TS 9582 EN 933-3 [15] standardına göre standarda uygun yapılmış yassılık eleği ile yassılık endeksi belirlenmiştir. Bu eleğe göre 6.3/10 mm, 10/14 mm ve 14/20 mm elek arası malzemeler kullanılarak agregası içerisindeki toplam yassı malzeme miktarı belirlenmiştir.

Donma-çözölme dayanımı TS 706'ya [16] göre % 25'lik sodyum sülfat çözeltisi (Na_2SO_4) kullanılarak belirlenmiştir. 8/16 mm elek aralığındaki malzemenin kullanıldığı deneyde, 18 s. çözelti içerisinde bekletilen agregaların çözeltiden çıkartıldıktan sonra 15 dak. havada bekletilmeleri ve daha sonra 24 s. boyunca etüvde kurutulmaları bir donma-çözölme periyodunu oluşturmaktadır. Donma-çözölme dayanımı, yukarıda bahsedilen periyodun beş sefer tekrarlanması sonucunda ağırlık kaybından faydalanılarak bulunmuştur. Donma-çözölme (DÇ) deneyi Şekil 2'de şematik olarak gösterilmiştir.

Agregalardaki ince madde miktarı TS 3527'ye [17] göre, iri agregalarda 63 µ elek altına geçen maddenin miktarının

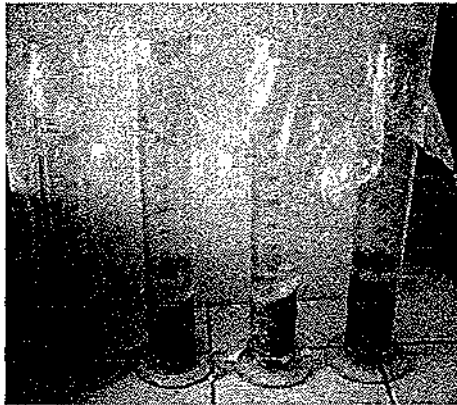
belirlenmesiyle; doğal sınıflandırılmış agregalarda da yine aynı standarda göre 500 ml. cam beher içerisinde 24 s. dinlendirildikten

sonraki ince malzemenin tabaka kalınlığının ölçülmesi yoluyla belirlenmiştir.



Şekil 2. DÇ Deneyinin Şematik Gösterimi

Organik madde içeriği de TS EN 1744-1 [18] standardına göre doğal sınıflandırılmış agregalarda belirlenmiştir. 250 ml. beherin 130 ml. seviyesine kadar doldurulan ince malzemenin üzerine 200 ml. çizgisine kadar %3'lük sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi ilave edilmiş ve 24 s. sonra renk gözlemi yapılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Doğal Sınıflandırılmış Agregalarda Organik Madde Miktarının Belirlenmesi

Kırmataş olan iri agregaların yanı sıra, kullanma ihtiyacına karşın fikir vermesi

açısından doğal olarak sınıflandırılmış agregaların da (0/7 mm) çeşitli özellikleri bu çalışma kapsamında verilmiştir.

3. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

Çizelge 1'de çalışma kapsamında kullanılan dört farklı iri agrega üzerinde standartlara göre gerçekleştirilen deneyler ve sonuçları verilmiştir. Elde edilen deney sonuçları TS 706'nın revizyonu olan ve 2003 yılında yürürlüğe giren TS 706 EN 12620 [19] "Beton Agregaları" standardında verilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Özgül ağırlık açısından B tesisine ait agrega diğerleri arasında en büyük değere sahiptir. Tesislerden elde edilmiş olan agregaların özgül ağırlıkları 2.55 ile 2.7 arasında değişim göstermektedir. Bu agregalara ait su emme değerleri de 1.07 ile 1.36 arasında değiştiği; en fazla su emme değerinin en küçük özgül ağırlığa sahip olan D tesisine ait olan agregada görülmüştür. Aynı zamanda genel olarak özgül ağırlık değerinin artmasıyla su emme değeri de azalmıştır. TS 706 EN 12620'de özgül ağırlık ve su emme için bir sınır değeri verilmemiş olup sonuçların gerektiğinde beyan edilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Agreganın en önemli özelliklerinden birisi de aşınma dayanımı olup %50'den daha

fazla aşınma değerine sahip olan agregaların beton içerisinde kullanılması standartlara göre uygun değildir. Afyon yöresindeki agregaların aşınma değerlerine bakıldığında en fazla aşınma kaybının yine D tesisinden alınan agregalarda % 26.08 olduğu görülmüştür. En az aşınma kaybı da B tesisinden agregalarda görülürken A tesisinden alınan agregaların da aşınma kaybı değerinin B tesisinden alınan agregalarınkine yakın olduğu görülmektedir. Tüm agregaların aşınma dayanımı < % 50 olduğundan hepsi de aşınma dayanımı açısından standartlara uygundur. Aşınma dayanımlarının özgül ağırlık değerleriyle kıyaslandığında, özgül ağırlık değerinin artmasıyla aşınma değerinin de arttığı söylenemez. Bunun sebebi de agregaların mineralojik yapılarından kaynaklandığı belirtilebilir.

Betonda kullanılan agregaların sahip olması gereken bir diğer önemli özellik de

agregaların küreye yakın şekilli olmalarıdır. Böylece agregalar birim hacim içerisinde en az boşlukla daha iyi yerleşirler. Kübik olmayan taneler biçimsiz taneler olarak bilinmektedir. Biçimsiz taneler beton içerisinde kenetlenerek boşluk oluşturmalar ve oluşan bu boşluklar sebebiyle agrega altlarında terlemeye yol açarak agrega ile çimento hamuru arasındaki aderansı zayıflatır. Agregada çimento hamuru arasındaki kenetlenmenin zayıflaması sonucu da betonun dayanımı ve dayanıklılığı azalır. Bu durumdan korunmak için mümkün olduğunca kübik tanelerin seçilmesi hem betonun dayanımını hem de dayanıklılığını arttıracaktır. Çalışma kapsamında kullanılan agregalarda en fazla yassı agrega miktarı % 24.4 olarak D tesisine ait agregalarda görülmüştür. En az yassı agrega oranı da C tesisine ait agregalarda % 11.15 oranındadır. Genel olarak tüm agregalar tane şekli açısından da standart değerlere uygundur.

Çizelge 1. İri Agregalar (7/15 mm) Üzerinde Yapılan Deneyler ve Sonuçları

Deney Adı	İri Agregada (7/15 mm.)				Sınır Değer	İlgili Standart
	A	B	C	D		
Özgül Ağırlık	2.60	2.68	2.62	2.55	-	TS EN 1097-6
Su Emme (%)	1.07	0.7	1.21	1.36	-	TS EN 1097-6
Aşınma Kaybı (Los Angles) (%)	21.96	25.06	24.84	26.08	≤50	TS EN 1097-2
Tane Şekli (Yassılık İndeksi)	16.38	18.43	11.15	24.4	≤50	BS 812
İnce (yıkanebilir) Madde Miktarı (%)	0.52	0.7	1.68	0.48	≤2	TS 3527
Donma-Çözülme Kaybı (Na ₂ SO ₄) (%)	4.96	3.32	6	6.13	≤12	TS 706
Donma-çözülme kaybı / özgül ağırlık	1.9	1.23	2.3	2.4		
Donma-çözülme kaybı / su emme	4.63	4.74	4.95	4.5	-	-
Donma-çözülme kaybı / Aşınma Kaybı	0.23	0.13	0.24	0.24	-	-

Özellikle yol ve hava alanı gibi dış ortama açık yerlerde kullanılan betonlardaki agregaların belirli bir mekanik dayanıma sahip olmaları, dış çevre koşullarına dayanıklı olması istenir. Agregaların dış çevre koşullarına dayanıklı olduklarının belirlenmesi için yapılan testlerden birisi de dona dayanım testidir. Dona

dayanım testi kristalleştiğinde hacmi artan Na₂SO₄ çözeltisi ile gerçekleştirilebilir. Çalışma kapsamında bu çözelti ile yapılan donma-çözülme (DÇ) deneyleri sonrasında ağırlıkça en fazla DÇ kaybı D tesisine ait agregalarda % 6.13 olarak görülürken en az kayıp da % 4.96 olarak A tesisinden alınan agregalarda görülmüştür.

Ancak yine genele bakıldığında tüm agregaların DÇ kaybı değerleri % 12 olan sınır değerden küçüktür.

DÇ deneyi oldukça zaman ve uğraş gerektiren bir deneydir. Kimyasal çözeltiler kullanarak bir agreganın DÇ dayanımının belirlenmesi yaklaşık 10 gün sürmektedir. Bu gibi gereksinimlerin veya kayıpların en aza indirilmesi için DÇ kaybı ile diğer fiziksel ve mekanik özelliklerden olan özgül ağırlık, su emme ve aşınma kaybı arasında oranlama yapılarak ilişki kurulmaya çalışıldı. Yapılan oranlamalar sonucunda özellikle A, C ve D agregalarında DÇ ile aşınma kaybı arasında oldukça yakın bir oran elde edilmiştir. Bu oran ortalama 0.235 olarak alınabilir. DÇ ile özgül ağırlık ve su emme arasındaki oranlar da birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Agregaların su emme oranı ve özgül ağırlıklarının artmasıyla DÇ kayıplarının da arttığı gözlenmiştir. Agregaların absorbe

ettikleri su kadar DÇ deneyi sırasında çözelti absorbe ettikleri ve bu oranda DÇ etkisine maruz kalabilecekleri de düşünülebilir. Ayrıca, agregalar DÇ sırasında oluşan gözenekleri kadar su emecektir ki oluşan bu gözenekler agreganın parçalanma direncine de bağlıdır.

Agrega yüzeylerine yapışan kil, silt gibi çok ince maddeler betonda agregayla çimento arasındaki aderansı ortadan kaldıran unsurlardır. Kilin prizi geciktirme etkisi vardır. Ayrıca su aldıklarında şişerler ve beton içinde hiç dayanımları olmadığından boşluk gibi davranırlar [5]. İri agregalar üzerinde yapılan ince madde miktarı deneyinde en fazla ince madde miktarı % 1.68 oranında C tesisine ait agregalarda görülmüştür. En az ince madde miktarı da D tesisinden alınan agregalarda elde edilmiştir. Tüm agregaların ince madde miktarı beton için zararlı olmadığı yine Çizelge 1'de görülmektedir.

Çizelge 2. Doğal Sınıflandırılmış Agregalar (0/7 mm.) Üzerinde Yapılan Deneyler ve Sonuçları

Deney Adı	Doğal sınıflandırılmış agrega (0/7 mm.)				Sınır Değer	İlgili Standart
	A	B	C	D		
Özgül Ağırlık	2.54	2.67	2.62	2.53	-	TS EN 1097-6
Su Emme (%)	4	2.57	2.38	4.38	≤4	TS EN 1097-6
İnce (yıkınabilir) Madde Miktarı (%)	1.3	7.8	2.61	1.3	≤16	TS 3527
Organik Madde	Açık sarı	Beyaz	Beyaz	Açık sarı	Sarı	TS EN 1744-1

Çizelge 2'de doğal sınıflandırılmış agregaya ait özellikler verilmiştir. Çizelgede A, C ve D tesisinden alınan agregalar doğal iken B tesisinden alınan agrega ise kırma kumdur. A ve D tesisinden temin edilen agregaların su emme oranlarının diğer agregalardan daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu agregalardan D tesisine ait olan % 4.38'lik oranıyla standartta verilen % 4 sınır değerini aşmaktadır. Genel olarak su emme ve özgül ağırlık değerlerine bakıldığında özgül ağırlık değeri arttıkça su emme değeri de azalmıştır. İnce madde oranı açısından da kırma kum olan B tesisine ait agregada % 7.8 oranında elde edilerek yine sınır değerini aştığı görülmektedir. Bu nedenle bu

agreganın yıkanarak kullanılması daha uygundur.

Çürümüş bitki kökleri gibi organik kökenli maddeler agregalara karışabilirler. Agregalarda bulunabilecek organik maddeler zayıf özelliklere sahiptirler. Bu maddeler betonda özellikle prizi geciktirici etki yaparak beton dayanımına olumsuz etkiler yaparlar. Organik madde açısından agregalar incelendiğinde hepsinin de standart değerlere uygun olduğu, açık sarı renge sahip olan agregaların zararsız miktarda organik madde içerdiği görülmüştür.

4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Afyonkarahisar yöresi kırmataş agregaları üzerinde gerçekleştirilen özgül ağırlık, su emme, aşınma dayanımı (Los Angeles), tane şekli (yassılık endeksi), donma-çözülme dayanımı (Na_2SO_4 çözeltisinde), ince madde (yıkanebilir madde) oranı ve organik madde tayini gibi testler sonucunda bu çalışma kapsamındaki tüm tesislerden alınan agregaların TS 706 EN 12620 standardına uygun olduğu görülmüştür. Doğal sınıflandırılmış agregalarda da aynı durum söz konusudur. Farklı tesislerden alınan agregaların özellikleri arasında önemli bir değişim görülmemiştir. Sadece doğal sınıflandırılmış agregalardan D tesisne ait olanda su emme değerinin standart değeri biraz geçtiği görülmektedir. Sonuç olarak uygun tane dağılımı ve beton için gerekli olan diğer bileşenlerin seçimi de göz önüne alındığında ilgili standartlar çerçevesinde normal ve yüksek dayanımlı beton üretiminde kullanılabilecekleri görülmüştür.

Kaynaklar

[1] Erdoğan, T.Y., Beton, ODTÜ Geliştirme Vakfı, ANKARA, 2003.

[2] Topçu, İ.B., Demir A., İnce tanelerdeki kil içeriğinin metilen mavisi deneyi ile Tayini, GAP V. Müh. Kong. Harran Ün., 26-28 Nisan 2006, Şanlıurfa, ss. 1055-1060.

[3] Beshr, H., Almusallama, A.A., Maslehuddin, M., Effect of coarse aggregate quality on the mechanical properties of high strength concrete, Construction and Building Materials 17 (2003) 97-103

[4] Taşdemir C., Agregat Tür ve Boyutunun Betonun Performansına Etkisi, Türkiye Hazır Beton Birliği, hazır beton dergisi, Yıl:8, Sayı: 44, Mart-Nisan, 2001.

[5] Akman, M.S., Yapı Malzemeleri, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 1987.

[6] Neville, A.M., Brooks, J.J., "Concrete Technology" Longman Scientific and Technical, 1987, s.285.

[7] Torgal, F.P., Castro-Gomes, J.P., Influence of physical and geometrical properties of granite and limestone aggregates on the durability of a C20/25 strength class concrete, Construction and Building Materials 20 (2006) 1079-1088.

[8] Şengül, Ö., Agregat Türünün Normal ve Yüksek Dayanımlı Betonların Mekanik Davranışına Etkisi, Türkiye Hazır Beton Birliği, Hazır beton dergisi, Yıl:8, Sayı: 44, Mart-Nisan, 2001.

[9] Şengül Ö., Taşdemir C., Koruç Ş., Yüceer, Z., Agregat türünün farklı beton sınıflarının aşınma dayanımına etkisi, TMMOB İnşaat Müh. Odası, İstanbul Şubesi, 5. Ulusal Beton Kongresi, 1-3 Ekim 2003, ss. 525-534.

[10] Li, H., Zhang, M., Ou, J., Abrasion resistance of concrete containing nano-particles for pavement, Wear 260 (2006) 1262-1266.

[11] Kocatürk A.N., Haberveren S., Altuntepe A., Bayramov, F., Ağar A.Ş., Taşdemir M.A., Agregat konsantrasyonunun betonun aşınma direncine etkisi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul Şubesi, 5. Ulusal Beton Kongresi, 1-3 Ekim 2003, ss. 535-544.

[12] TS EN 1097-6/A1, Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 6: Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2006.

[13] TS EN 1097-2, Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 2: Parçalanma Direncinin Tayini İçin Metotlar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000.

[14] Topçu, İ.B., Yapı Malzemeleri ve Beton Deneyleri El Kitabı, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Müh.-Mim. Fakültesi, İnşaat Müh. Böl., Eskişehir, 2006, ss. 21-41.

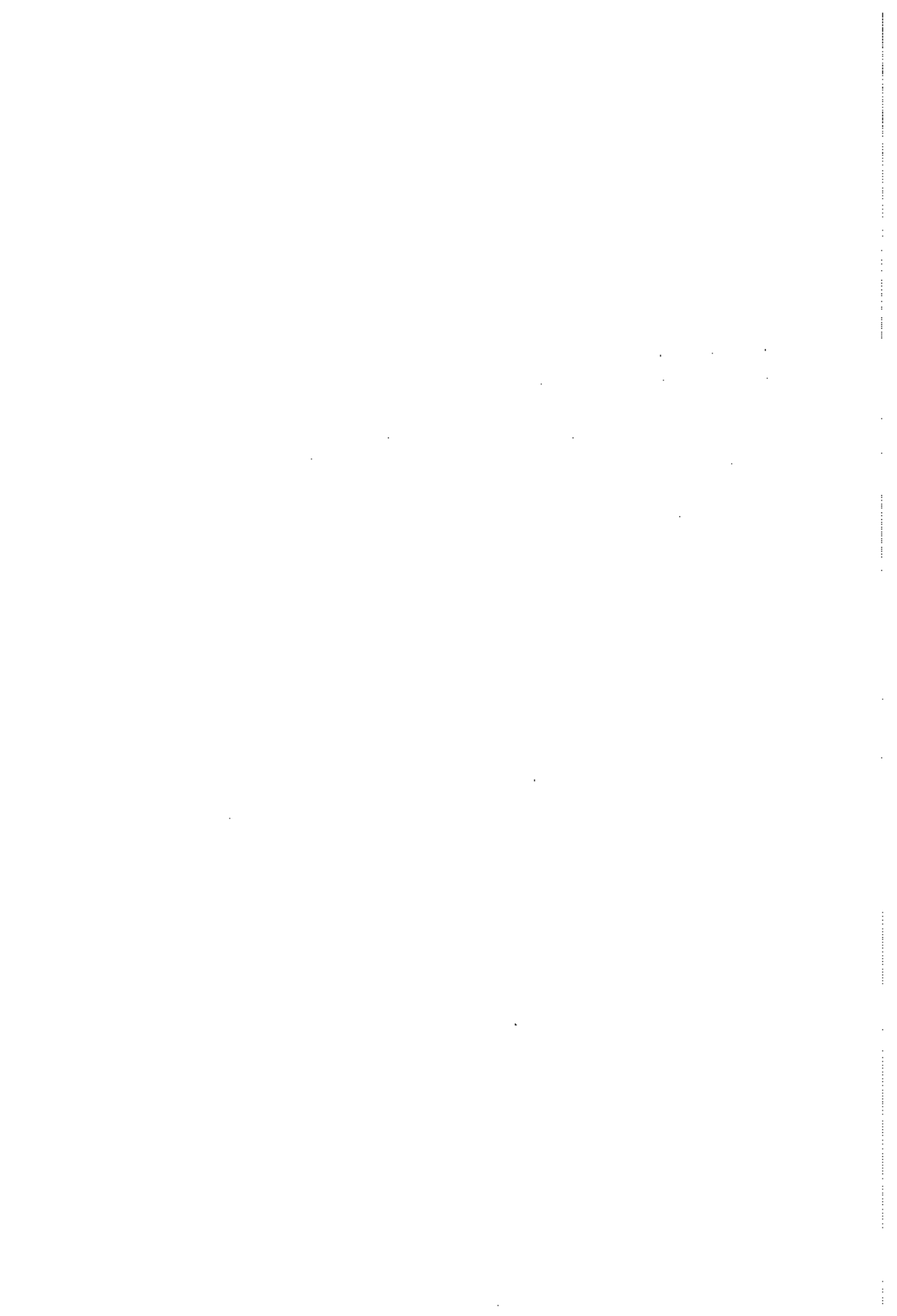
[15] TS 9582 EN 933-3, Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 3: Tane Şekli Tayini - Yassılık Endeksi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1999.

[16] TS 706, Beton Agregaları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1980.

[17] TS 3572, Beton Agregalarında İnce Madde Oranı Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1980.

[18] TS EN 1744-1, Agregaların Kimyasal Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 1: Kimyasal Analiz, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000.

[19] TS 706 EN 12620, Beton Agregaları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2003.



Isparta-Direkli Köyü Mevkii Trakiandezit Taşının Beton Agregası Olarak Değerlendirilmesi

Evaluation of traci-andesite rocks as concrete aggregates from Isparta-Direkli Town Region

Metin DAVRAZ, Lütfullah GÜNDÜZ

Süleyman Demirel Üniversitesi, Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezi, Isparta
lutfi@mmf.sdu.edu.tr

ÖZ: Bu çalışmada, Isparta il merkezi güneydoğusunda yer alan Minasın Mevkii (andezit ocakları) civarındaki volkanik kayaların mineralojik, petrografik ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. Çalışma alanından alınan örnekler üzerinde fiziksel ve mekanik deneyler yapılmış, yöredeki volkanik kayaların beton sektöründe agrega olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Arazi örnekleri üzerinde yapılan fiziksel ve mekanik deneyler sonucunda, incelenen kayaların birim hacim ve gerçek özgül ağırlıkları, ağırlıkça su emme oranları, görüntür ve gerçek poroziteleri, tek eksenli basınç, eğilme, darbe ve don tesirlerine dayanımları, yüzey aşınma değerleri belirlenmiştir. Kayaç örneklerden elde edilen agregalar ile üretilen betonların 3, 7 ve 28 günlük tek eksenli basınç dayanımları Isparta-Diyadin yöresi kalker ocağı agregalarıyla üretilen betonlar ile kıyaslanmıştır. Deneysel veriler ışığında, kireçtaşı agregasına göre trakiandezit agregaların betonda üretiminde % 62 oranında dayanım artışı sağladığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler : Trakiandezit, Basınç dayanımı, Beton, Özellik, Performans

ABSTRACT: In this study, mineralogical, petrographical and chemical properties of andesitic rocks located at Minasın Place (andesite quarries), southeast of Isparta City Centre. Physical and mechanical experiments were carried out on samples collected from the research area and volcanic rocks of the study area were also investigated to be used as aggregates in concrete industry. According to the research findings of physical and mechanical experimental works on the rock samples, the following properties for each rock types were determined: unit weight and specific gravity, water absorption by weight, appearance and real porosity, uniaxial compressive strength, bending strength, blow strength, frost and abrasion resistant. Compressive strengths of the concrete samples produced by the volcanic aggregates were compared with results of concrete samples produced by limestone aggregates from Isparta-Diyadin Quarry at 3, 7 and 28 days curing time. According to the experimental research findings, it was observed that traci-andesite aggregates supply a compressive strength increase of 62% in structural concrete production compared to the limestone aggregates.

Key Words: Traci-andesite, Compressive strength, Concrete, Property, Performance

1. GİRİŞ

Doğada üç önemli kayaç grubu bulunur; volkanik, sedimanter ve metamorfik. Her bir grup kendi içerisinde çok geniş alt gruplara sahiptir. Dünyada kullanılan en yaygın sedimanter kayaçlar başta değişik tipte kireçtaşı ve dolomit olmak üzere, kumtaşları ve konglomeralardır. Metamorfik kayaçlar kuvarsit, kalsitik ya da dolomitik mermerler, kristalin kireçtaşı ve dolomit, amfibolitler, bazı şist grupları ve değişik tipte gnayslardır. Volkanik kayaçların en yaygın tipleri ise granit, siyenit, diyorit, gabro, porfirler (değişik tipleri), riolit, andezit, trakiandezit ve bazaltıdır.

Trakiandezit taşı bilindiği gibi, doğal endüstriyel hammadde olarak kullanılan bir kayaç türüdür. Ülkemizin hemen hemen her bölgesinde yaygın olarak kullanılmakta olup, Tersiyer ve Kuvaterner dönemlerindeki volkanizmaya bağlı olarak oluşmuş trakiandezitik bileşimdeki (tuf, tüfit ve lavlar) kor kayaçlardır. Bu kayaçlar günümüzde olduğu gibi yüzyıllar boyu tarihin hemen her döneminde, her medeniyetin taş ustalarının ilgisini çekmiş ve kale surları, agora anfi tiyatro ve odeon gibi yapılarda, birçok bölgede yapı taşı olarak kullanıla gelmiştir. Günümüzde trakiandezitler homojen, solmayan renkleri ve cilasız, silinmiş, çekiçlenmiş veya kaba yontulmuş yüzey biçimleri ile son 10 yılda yurt içi ve yurt dışı doğal taş kullanıcılarının tercihi olan "rustik" tarz, tarihi dokuyu anımsatma, pastel ve dingin renk ahengi sebebiyle birçok yapı projelerinde kaplama taşı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bununla birlikte, köprü, camii, kilise, gibi yapılarda hem yapı hem de süsleme taşı olarak yoğun şekilde kullanımının yanı sıra, daha çok kaplama, döşeme taşı, bordür, ayrıca sütunlar, anıtlar, portreler, çiçeklikler, kapı, sütun, çeşme, havuz ve mezar taşlarında, bahçe ve duvar süslemelerinde de kullanılmaktadır.

Hemen hemen tüm kayaçlar taşocağından ya da doğal kum-çakıl ocaklarından çıkarılır. Bu kaynaklar, bölgesel jeoloji, üretilebilirlik ve kayaç özellikleri açısından uygun nitelikte olmalıdır. Nihai ürünün mukavemet ve dayanıklılığını garanti etmek için, beton agregaları şu özellikleri sağlamalıdır:

- Mekanik performans (parçalanma, aşınma ve parlatmaya direnç),
- Durabilite (çevre koşulları, özellikle donma/çözülme çevrimine direnç),
- Kimyasal Duraylılık (herhangi bir zararlı reaksiyona -çözünme, çiçeklenme vd.- direnç),
- Alkali agrega reaktivitesi (alkali gözenek çözülmesi ile agrega içeriğindeki zararlı minerallerin reaksiyonu),
- Zararlı maddeler (yumuşak ve parçalanabilir taneler, organik madde, düşük yoğunluklu malzeme vd.),
- Tane şekli ve dokusu (küresellik, yassılık, katılık ve alterasyon),
- Tane boyut dağılımı (derecelenme ve ince madde miktarı),
- Diğer kullanım (beton özellikleri için) ya da belirlenmiş özellikler (özel kullanım için) – yüzeyel rutubet, su içeriği, soğurma, özgül ağırlık, doluluk/boşluk oranıdır.

Agrega kalitesi bir seri standarda dayanarak kontrol edilir. Ayrıca, agreganın mekanik özellikleri, durabilite, kimyasal duraylılık, alkali reaktivite ve zararlı madde içeriği, onun kompozisyonu, dokusal ve yapısal karakteristikleriyle doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle mineralojik ve petrografik kayaç analizi, agrega kalitesini belirlemede son derece önem taşır.

Mekanik gerilim, üretim ve taşıma öncesi, (karışım, yerleştirme ve sıkılaşmayla ilgili olarak) kompaksiyon esnasında, agrega kullanıma girdikten sonra (sabit ve değişken yük ve gerilim altında) meydana gelebilir. Bu tür gerilim altında agregalar basınç ve darbe nedeniyle çatlayabilir veya parçalanabilir. Agreganın parçalanma ve aşınmaya direnci sertlik, sıklık ve klivaj gibi doğal özellikleri ve kayaç bileşenlerinin bireysel özellikleri tarafından son derece etkilenir. Performansı da, porozite, boyut, mineral-kayaç tane şekli, bu taneler (taneler arası bağ, doğal çimento ve çimentolaşma derecesi) arasındaki kohezyon kuvvetleri ve düzeni gibi dokusal özelliklerine, katmanlaşma, tabakalaşma çatlağı, şistozite, makaslama gibi zayıflıklarla ilişkili kayaç bileşenlerinin yapısal karakteristiklerine ve

kırık, çatlak, damar, katmanlaşma gibi kayacın müsterek süreksizliklerine büyük ölçüde bağlıdır.

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de beton ve hammaddeleri konusunda pek çok bilimsel araştırma ve Ar-Ge çalışmaları yapılmış ve halen sürdürülmektedir. Bu çalışmada, Isparta-Direkli Köyü mevki trakiandezit oluşumları teknik açıdan tanımlanmakta ve kırmataş olarak doğal bir agrega şeklinde beton üretiminde kullanımı, yapılan bir seri deneysel incelemeyle, Türk Standartları ve ASTM standartlarına uygunluğu irdelenmektedir. Özellikle C20, C25 ve C30 taşıyıcı beton sınıfı kapsamında, beton karışımlarında trakiandezit kayacının beton agregası olarak kullanımının teknik detayları bu makalede irdelenmektedir.

Isparta-Direkli Köyü mevki andezit oluşumlarının, portland çimentosu ile birlikte kullanımında elde edilen beton türlerindeki iyileştirmeler, yapılan deneysel çalışmalarla analiz edilmiştir. Beton sektörü açısından son derece önemli olabilecek teknik bulgular elde edilmiş olup, deprem olasılığı açısından riskli bir bölge olan Isparta civarında kullanılan beton ve beton ürünlerinin dayanımı, durabilitesi ve servis ömrünü artırmak, fonksiyon ve kullanım ortamına göre kontrollü beton anlayışı yerleştirilerek iç ve dış etkenlere karşı daha dirençli yapıların üretimine geçişte bir basamak teşkil edebilmek amaçlanmıştır.

1.1. Çalışma Alanı

Gölcük volkanitleri Isparta il merkezinin güneydoğusundan kuzeybatısına kadar sırasıyla (Direkli Köyü civarı), Minasın Mevkii, Darıderesi, Gilikkaya Tepe, Karakaya Tepe, Sidre Tepesi, Hisar Tepe, Gölcük Kalderası, Yakaören Köyü ve Kayıköy civarına kadar uzanan geniş bir alanda gözlenir. Ayrıca il merkezinde Çüntür Tepesi, Gönen ilçesi kuzeyinde Tınaz Tepe civarında, Keçiborlu ilçesi İrepedere kuzeyinde ve Asar Tepe doğusunda görülmektedir. Çalışmaya konu olan volkanik kayalar örnekleri Minasın mevki - Direkli Köyü arasında kalan Andezit ocaklarından temin edilmiştir (Şekil 1).

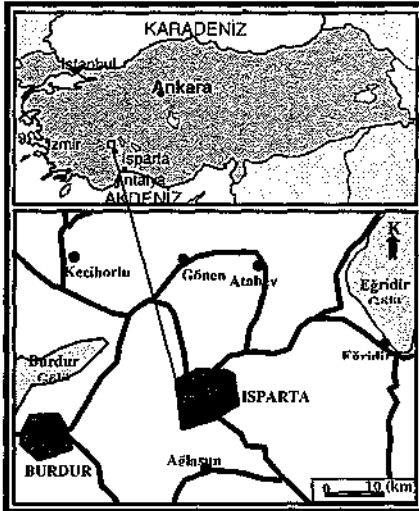
1.2. Materyal ve Yöntem

Çalışmanın ilk aşamasında andezit ocaklarından kayalar örnekleri alınmış olup, mineralojik ve petrografik özelliklerini belirlemek için 15 adet örneğin ince kesitleri hazırlanmış ve polarizan mikroskop altında incelenmiştir. Min-pet analizleri sonucunda kayalar örneğinin kimyasal analizi ise ACME laboratuvarında (Kanada) yaptırılmıştır. Sonraki aşamada, fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla; 50x50x50 mm boyutunda 5 adet, 70x70x70 mm boyutunda 13 adet, 100x100x100 mm boyutunda 10 adet küp, 20x10x5 mm boyutunda 3 adet prizmatik numune, 500 gr civarında öğütülmüş kayalar numunesi hazırlanarak gerçek özgül ağırlık, ağırlıkça su emme, görünür ve gerçek porozite, tek eksenli basınç dayanımı, eğilme dayanımı, darbe dayanımı, don tesirlerine dayanım ve yüzey aşınma deneyleri Süleyman Demirel Üniversitesi (SDÜ) Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezi laboratuvarında yapılmıştır. Daha sonra el örneklerinin alındığı ocaklardan yeterli miktarda kayalar temin edilerek Isparta Belediyesi Yol Yapım ve Asfaltlama Şubesi kırma-eleme tesisinde kırılmış ve sınıflandırılmıştır. TS 706'ya uygun agrega karışım granülometrisi ve beton karışımı tasarımı yapılarak, standart silindirik numune kalıpları ile 15 adet beton numunesi hazırlanmıştır. Elde edilen beton numunelerinin analizleri SDÜ Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezinde yapılmıştır.

2. JEOLojİ ve REZERV BİLGİLERİ

Isparta ve civarı oldukça karmaşık bir jeolojik yapıya sahiptir. Bölgede pek çok yabancı (Poisson, Gutnic vd.) ve yerli (Karaman, Kuşçu vd.) araştırmacılar ayrıntılı olarak çalışmıştır. Bu araştırma kapsamında yöre jeolojisi hakkında ayrıntılara girilmemiş, mevcut çalışmalardan da faydalanılarak Isparta ilini kapsayan lokal alanlardaki volkanizmadan bahsedilmiştir. Kazancı ve Karaman (1988), çalışma alanında yer alan volkanik birimlerin adını Gölcük Krater Gölü'ne atfen Gölcük Volkanitleri olarak belirtmişlerdir [1]. Isparta civarında bulunan volkanik kayalar ve piroklastikler GD-KB doğrultulu bir zon boyunca yayılım gösterir. Pliyosen ile

Kuvaterner başlarında aktif durumdaki bir volkanizmanın ürünleri olan andezitik-trakiandezitik lavlar Gölcük Kalderası orijin olmak üzere çok geniş bir alanda koniler, parazit koniler ve dayklar şeklinde yer alır [2]. Isparta'nın güneyinde ve batısında geniş bir yayılım gösteren Pliyosen yaşlı piroklastik istif içerisindeki Gölcük volkanizmasına bağlı ignimbitler (tras), Ağlasun formasyonu üzerinde uyumsuz olarak yerleşmiştir [3]. Gölcük volkanizmasının üst volkanik evresinin ürünleri tuf ve piroklastik malzemelerdir. Gölcük kalderası civarı, Isparta il merkezi batısı ve Yakaören-Gelincik Köyü arasında paleotopografyaya yerleşen volkanik tortul malzemeler aynı zamanda ekonomiklik arz eden ve halen işletilen pomza seviyelerini içerir. Alt volkanik evrede ise Gölcük krateri başta olmak üzere Pilavtepe, Hisartepe, Karatepe, Sidre Tepesi, Karakaya Tepe ve Cünür Tepesi gibi pek çok baca ve tali bacalardan da civara andezitik, trakiandezitik lavlar yayılmıştır. Bu birimler, Gölcük formasyonunun Andezit Üyesi olarak ayırt edilmiş ve adlandırılmıştır [4].



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

Minasin mevki ve güneyinde yer alan andezit ocaklarında dayklar şeklinde Ağlasun formasyonunu kesen birim trakiandezittir (Şekil 2). Gri ve yeşilimsi gri renkli trakiandezitik kayalar altere olmamış veya alterasyondan çok

az etkilenmiştir. Halen bu yöreden Isparta ve civarının yapıtaşı ihtiyacı karşılanmakta olup, dekoratif taş üretimi de yapılmaktadır. Çalışma alanındaki kayaların yüzeylendiği alanlar GPS (konum belirleme) cihazı ile koordinatlandırılmış ve Gauss yöntemine göre alan hesabı yapılmıştır. Minasin mevki güneyindeki trakiandezit bileşimli volkanitler 140.000 m²'lik bir yayılım alanında ortalama (işletilen ocaklarda) 60 m'lik görünür kalınlık göstermektedir. Ortalama 2,41 ton/m³ birim hacim ağırlığına sahip kayaların bölgedeki görüntür rezervi 6.800.000 ton civarındadır.

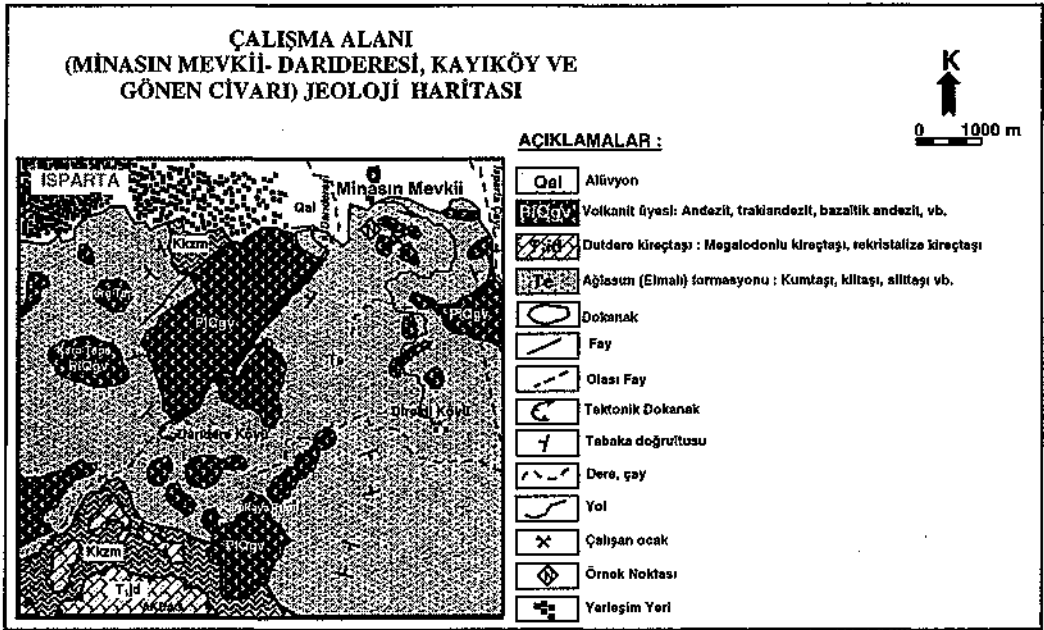
3. KAYAÇ ÖZELLİKLERİ

3. 1. Kimyasal Özellikler

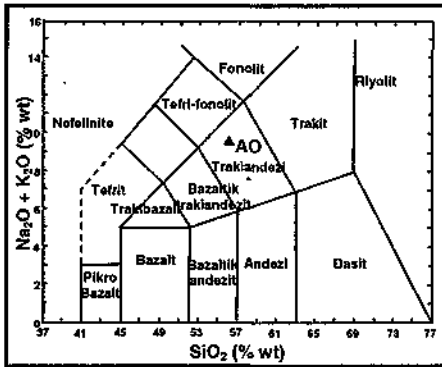
Bu çalışma kapsamında Minasin mevkiinin güneyinde yer alan andezit ocaklarından (AO) alınan örneğin kimyasal analizi Çizelge 1'de verilmiştir. Ayrıca bölgede yer alan ve bu çalışmada kırmataş agrega olarak kullanılan kalker agrega örneklerinin de kimyasal analizi Çizelge 1'de verilmiştir. Kimyasal analiz verilerinden elde edilen SiO₂ / (Na₂O+K₂O) değerlerinin alkali-silika diyagramında işlenmesi sonucunda AO bölgesi kayacın numunesinin trakiandezit olduğu belirlenmiştir (Şekil 3).

Çizelge 1. Çalışma alanındaki volkanik kayacın ve kalkerin kimyasal analizi.

Bileşen	AO	Bileşen	Kalker
SiO ₂	56.45	SiO ₂	0.66
Al ₂ O ₃	18.41	CaO	31.82
Fe ₂ O ₃	5.61	CaO ₃	56.82
MgO	1.78	MgO	20.03
CaO	5.22	MgO ₃	42.06
Na ₂ O	3.85	R ₂ O ₃	0.42
K ₂ O	5.73	A.Z.	46.73
TiO ₂	0.52		
Cr ₂ O ₃	-		
SO ₃	0.16		
A.Z.	2.37		



Şekil 2. Çalışma alanı jeoloji haritası (Gutnic ve MTA'dan değiştirilmiştir) [5,6].



Şekil 3. Kayaç örneklerinin toplam alkali - silika diyagramındaki yeri [7].

3.2. Mineralojik-Petrografik Özellikler

Traki-andezitler Minasın mevkiinin güneyindeki tepelerde çalışan ocaklarda gözlenmektedir. Bu bölgedeki volkanik lavlar ve dayklar gri, yeşilimsi gri renktedir. Özellikle ocak bölgesi kayaçlarını piroksenli trakiandezitler olarak nitelenebilir. Kayaçların ince kesit incelemelerinde yaygın

olarak klinopiroksen ve amfibol mineralleri ile tamamen altere olmuş iri feldispat fenokristalleri bulunmaktadır. Kayaçta yer yer klinopiroksenlerden amfibole dönüşüm söz konusudur. Hamur ise uzun çubuksu feldispat mikrolitlerinden oluşmaktadır. Hamur içerisinde yine klinopiroksen, amfibol ve sanidin mineralleri bolca gözlenirken apatit ve zirkon minerallerine de rastlanmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Volkanik kayaçların ince kesit görüntüleri (Büyütme x80)

3.3. Fiziksel ve Mekanik Özellikler

Kayaç örneklerin, fiziksel ve mekanik özellikleri TS 699'a göre yapılan laboratuvar

deneyleri ile belirlenmiştir [8]. Bu amaçla çalışma alanından alınan kayaç örnekleri üzerinde gerçek özgül ağırlık, ağırlıkça su emme, görünür ve gerçek porozite, tek eksenli

basınç dayanımı, eğilme dayanımı, darbe dayanımı, don tesirlerine dayanım ve yüzey aşınma deneyleri yapılmış ve deney sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Çalışmada kullanılan kayaç örneklerinin fiziko-mekanik özellikleri

Fiziksel ve Mekanik Özellik	Birim	Volkanik AO	Sedimanter Kalker
Renk	-	Gri	Bej
K.B.H.A.	(kg/m^3)	2210	2480
Gerçek Özgül Ağırlık (ρ_0)	(gr/cm^3)	2.39	2.58
Su Emme (% wt)	(% wt)	2.38	0.50
Görünür Porozite (n_0)	(%)	5.25	1.48
Gerçek Porozite (n_v) (%)	(%)	7.53	1.55
Basınç Dayanımı (P)	(MPa)	30.68	27.92
Eğilme Dayanımı (f)	(MPa)	4.32	2.63
Darbe Dayanımı	(Nmm/mm^3)	3.80	2.75
BöhmeYüzey Aşınması (ΔV)	($\text{cm}^3/50\text{cm}^2$)	0.24	
Don Tesirlerine Dayanım (D_t)	(% gr)	3.04	
Dayanım Azalması (Δf)	(%)	11.25	

4. VOLKANİK AGREGALI BETON

Minasın mevkii (andezit ocakları) mevkiiinden alınan kayaç örnekleri SDÜ Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezinde laboratuvar tipi kırıcılarda kırılarak sınıflandırılmıştır. Ayrıca kontrol betonu üretmek amacıyla Isparta Belediyesi Diyadin Taş Ocağından üretilen sınıflandırılmış kalker agregası temin edilmiştir.

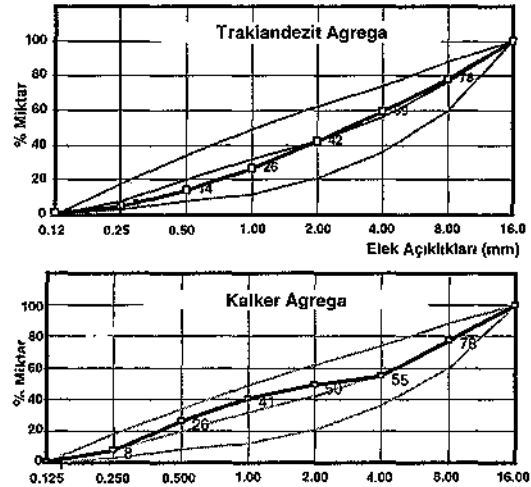
4. 1. Sarf Malzemeler

Araştırmada, beton örneklerinde bağlayıcı madde olarak PÇ 42.5 tipi çimento, karışım suyu olarak kampus şebeke suyu ve akışkanlaştırıcı katkı malzemesi olarak Grace DBM (Darex Black Mix), agregası olarak ise trakiandezit ve kalker kullanılmıştır. Tüm agregası deneyleri TS 706'ya uygun olarak yapılmıştır [9]. Beton üretiminde kullanılan agregası türlerinden kalker ve trakiandezit agregasının granülometri eğrileri Şekil 5'de verilmektedir.

Elek analizi sonuçlarına göre elde edilen her bir agregası türünün karışım granülometri eğrilerinin standart agregası karışım tasarımına uygun olduğu belirlenmiştir.

4. 2. Beton Karışım Hesabı ve Bulgular

Beton karışım hesapları TS 802'ye göre yapılmış ve karışım tasarımları Çizelge 3 ve Çizelge 4'de gösterilmiştir. İşlenebilir bir beton için ön denemeler sonucunda her bir grup karışımın su/çimento oranı ve çökme değeri belirlenmiştir [10].



Şekil 5. Beton üretiminde kullanılan trakiandezit ve kalker agregası karışımları elek analiz eğrilerinin TS 706 sınır değerlerine göre konumu [9].

Çizelge 3. Kalker agregası ile üretilen beton örnekleri karışım tasarımları.

Kalker Agregalı Kontrol Beton Karışım Tasarımı										
Üretim Bilgileri			Agrega Granülometrisi							
Döküm Tarihi	01.04.2006	Agrega Kökeni	Elek Açıklıkları (mm)							
Çimento Türü	PÇ 42.5		16	8	4	2	1	0.5	0.25	0.125
Agrega Menşei	Diyadin	Kireçtaşı	100	78	55	50	41	26	8	0
D _{max}	16 mm									
Karışım Suyu	Terkos	TS706-min.	100	60	36	21	12	8	3	0
Kim. Katkı	Grace DBM	TS706-maks.	100	88	74	62	49	34	18	0
Karışıma Giren Malzeme Miktarı				Karışım Özellikleri						
Bileşenler	Ö.A. (kg/m ³)	K.B.H.A. (kg/m ³)	Miktar (kg/m ³)							
Çimento	3100	-	314	Su/çimento oranı						0,7
Karışım Suyu	1000	-	220	Çökme (cm)						9
Kaba Agreg	2580	1545	695	İncelik Modülü						3,4
İnce Agreg	2580	1867	949	Hava İçeriği (%)						2,5
Hava	-	-	0	Topl. Agreg Ağırlığı						1644
Mineral Katkı	-	-	0	Şişlenmiş Agreg Hacı (m ³)						0,675
Kim.Katkı %1.4	-	-	4,4							
Toplam			2182,4							

Çizelge 4. Trakiandezit agregası ile üretilen beton örnekleri karışım tasarımları.

Trakiandezit Agregalı Beton Karışım Tasarımı										
Üretim Bilgileri			Agrega Granülometrisi							
Döküm Tarihi	03.04.2006	Agrega Kökeni	Elek Açıklıkları (mm)							
Çimento Türü	PÇ 42.5		16	8	4	2	1	0.5	0.25	0.125
Agrega Menşei	Minasin	Trakiandezit	100	78	59	42	26	14	5	1
D _{max}	16 mm									
Karışım Suyu	Terkos	TS706-min.	100	60	36	21	12	8	3	0
Kim. Katkı	Grace DBM	TS706-maks.	100	88	74	62	49	34	18	0
Karışıma Giren Malzeme Miktarı				Karışım Özellikleri						
Bileşenler	Ö.A. (kg/m ³)	K.B.H.A. (kg/m ³)	Miktar (kg/m ³)							
Çimento	3100	-	314	Su/çimento oranı						0,73
Karışım Suyu (*)	1000	-	220 +10	Çökme (cm)						8
Kaba Agreg	2540	1521	685	İncelik Modülü						3,4
İnce Agreg	2540	1836	945	Hava İçeriği (%)						2,5
Hava	-	-	0	Topl. Agreg Ağırlığı						1630
Mineral Katkı	-	-	0	Şişlenmiş Agreg Hacı (m ³)						0,665
Kim.Katkı %1.4	-	-	4,4	(*) Agreganın su emmesinden dolayı karışıma ilave su dahil edilmiştir.						
Toplam			2178,4							

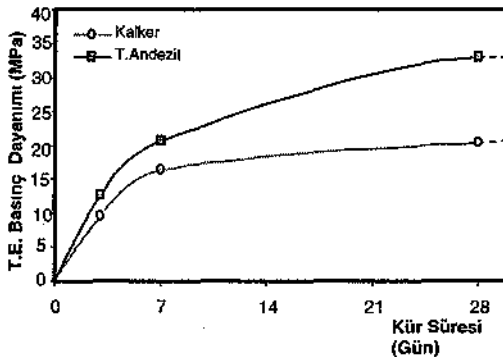
Trakiandezit ve (kontrol betonu olarak) kalker agregalı C20 sınıfı iki farklı grupta üretilen beton karışımları, 150 mm çapında 300 mm yüksekliğinde silindir numune kalıplarına dökülmüştür. Her bir agreg grubundan 15'er adet üretilen beton örnekleri, kür havuzlarında 3, 7 ve 28 günlük kür

sürelerinde bekletilmiştir. Kür süreleri sonunda tek eksenli basınç dayanımları test edilen örneklerden elde edilen bulgular Çizelge 5' de verilmiştir.

Çizelge 5. Volkanik kayaç agregaları ve kalker agregasıyla hazırlanan beton örneklerinin kür sürelerine göre tek eksenli basınç dayanım değerleri.

Grup	No	$\sigma_{3\text{gün}}$ (MPa)	$\sigma_{7\text{gün}}$ (MPa)	$\sigma_{28\text{gün}}$ (MPa)
Kalker (Kont.)	1	9.95	17.87	20.14
	2	8.66	15.77	21.55
	3	10.50	17.26	19.94
	4	9.81	16.19	19.38
	5	8.72	14.37	20.99
	Ort.	9.53	16.29	20.40
Trakiandezit	1	11.45	23.47	31.78
	2	12.78	20.65	32.82
	3	13.59	19.95	33.70
	4	13.25	20.18	33.35
	5	12.33	21.20	33.76
	Ort.	12.68	21.09	33.08

Şekil 6'daki grafikten de görüleceği üzere trakiandezit agregalı beton örnekleri (ort. 33.08 MPa) C30 beton sınıfının hayli üzerinde dayanım değerlerine ulaşmıştır. Trakiandezit agregalı beton örneklerinde dayanım artışının özellikle 7-28 gün aralığında sergilenmesi dikkat çekicidir.



Şekil 6. Beton örneklerinin kür sürelerine göre tek eksenli basınç dayanım gelişimlerinin karşılaştırılması.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu araştırma kapsamında Isparta yöresi volkanik kayaçların fiziksel, kimyasal, mekanik, mineralojik ve petrografik özellikleri

belirlenerek yörede beton üretiminde agrega olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda özetle sunulmuştur.

- Çalışma alanı içerisinde fiziksel özellikleri ve mekanik performansları açısından Trakiandezitler kontrol agregası olarak kullanılan kalker agregasına göre daha yüksek mekanik performans değerleri sunmuştur.
- Trakiandezit örneklerinin ince kesit incelemelerinde gözlemlenen tamamen yada kısmen altere olmuş feldispat fenokristallerinin kayaç dayanımına negatif etkileri olduğu, buna rağmen kayaç hamurunun mikrofistik dokuya sahip olmasının dayanıma önemli bir katkı sağladığı düşünülmektedir.
- Trakiandezit kayaçlarının fiziko-mekanik performansları ile bu kayaçlardan elde edilen beton örneklerinin 28 günlük tek eksenli basınç dayanımları arasında sıralama olarak bir tutarlılık gözükürken, kayaçtan-beton dayanım değerlerine geçişte anlamlı bir matematiksel ilişki kurulamamıştır. Bu durumda, agrega tane şekli, agrega yapısal özelliklerindeki (fiziksel) değişim (mikroçatlak gelişimi, ezilme, ufalanma vs.), agrega içerisindeki puzolanik bileşim oranı ve (özellikle ince) agrega aderans özelliklerindeki farklılıklar gibi pek çok parametreden kaynaklandığı düşünülmektedir.
- Beton örneklerinin 28 günlük dayanımları açısından, trakiandezit agregası kalker agregasına göre betonda yaklaşık %62 oranında bir avantaj sağlamaktadır. Bu durumda (Diyadin yöresi) kalker agregasına göre trakiandezitlerin beton agregası olarak çok önemli bir dayanım avantajı sağladığı açıktır.
- Volkanik kayaç örneklerinin kimyasal analizleri alkali metal oksitleri açısından değerlendirildiğinde, %3.89-7.62 oranları arasında Na_2O eşdeğeri alkali miktarı içeriklerine ($\text{Na}_2\text{O} + 0.658 \cdot \text{K}_2\text{O}$) sahip oldukları belirlenmiştir. ASTM C 1240-03'e göre mineral katkı maddelerinde sınır değer % 1.5'dir [11]. Volkanik kayaçların betonda kullanımları esnasında, özellikle ince malzeme (filler) içeriğindeki alkali metal

oksitler ve kayaç içerisindeki olası reaktif silis partiküllerinin Alkali Silika Reaksiyonuna yol açma riski göz ardı edilmemelidir. Bu riskin belirlenebilmesi için kayaçların reaktif silis (RS) içeriğinin saptanması ve "Agregaların Potansiyel Reaktivitesi İçin Standart Deney Yöntemi (ASTM C1260-01)" benzeri analizlerin yapılması beton durabilitesi açısından önemlidir [12].

Bilindiği gibi kayaç bileşimindeki SiO_2 oranı kırma-eleme maliyetini etkileyen önemli bir faktördür. Bu çalışmada volkanik kayaçların kırma-eleme maliyeti ele alınmamıştır. Ancak kırma-eleme maliyetinin, standart dayanımında çimento dozajı, betonun ekonomik ömrü, durabilitesi, kullanım amacı (endüstriyel zemin ve döşemelerde aşınma, kimyasallara dayanım gibi) gibi parametrelerle kıyaslaması yapılarak, volkanik kökenli agregaların sedimanter kökenli agregalara göre avantaj ve dezavantajları ortaya koyacak bir araştırmanın ayrıca yapılması yöre beton sektörü açısından fayda sağlayacaktır.

Kaynaklar

[1] Kazancı N., Karaman E., "Gölcük (Isparta) Pliyosen Volkanoklastiklerinin Sedimanter Özellikleri ve Depolanma Mekanizmaları", A.Ü. Isparta Müh. Fak. Dergisi, Sayı:4, s. 16-35, Isparta, 1988.

[2] Kuşçu M., "Gölcük (Isparta) Volkanizmasına Bağlı Olarak Gelişmiş Endüstriyel Hammadde ve Metalik Maden Yatakları, Çukurova Ü. 15. Yıl Sempozyumu, Cilt 2, s. 169-186, Adana, 1994.

[3] Kuşçu M., Selçuk G., "Isparta Yöresi İgnimbritlerinin Tras Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Jeoloji Müh. Dergisi, Sayı:43, s. 15-23, Isparta, 1993.

[4] Karaman E., "Isparta Güneyinin Temel Jeolojik Özellikleri, T.J.K. Bülteni, Cilt 33, Sayı:2, s. 57-67, Ankara, 1990.

[5] Gutnic M., "Geologie du Taurus pisidien au Nord d'Isparta (Turquie)", Principaux resultats extraits des notes de M. Gutnic entre 1964 et 1971 par O. Monod. Publ. Faculte des Sciences, Univ. Paris-Sud, Orsay, 130 s., 1977.

[6] Anonim, "MTA-Isparta J-11 Paftası Jeoloji Haritası", MTA Genel Müdürlüğü, Ankara, 1997.

[7] Le Maitre R.W., "A classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms", 193 pp. Blackwell, Oxford, 1989.

[8] Anonim, "TS 699-Tabii Yapıtaşları Muayene ve Deney Metotları", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1987.

[9] Anonim, "TS 706-Beton Agregaları", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1980.

[10] Anonim, "TS 802-Beton Karışım Hesap Esasları", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1985.

[11] Anonymous, "ASTM C1240-03a – Standard Specification for Use of Silica Fume for Use as a Mineral Admixture in Hydraulic-Cement Concrete, Mortar, and Grout", American Society for testing and Metarials, USA, 2003.

[12] Anonymous, "ASTM C1260-01 – Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar Method)" Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.01, USA, 2001.

Aksaray Bölgesi Volkanik Tüf Serilerinin Sıva Malzemesi Olarak Kullanımı

The use of Volcanic Tuffs from Aksaray Region as Plaster Material

Mustafa BEKAR, Nükhet ŞAPCI, Lütfullah GÜNDÜZ

Süleyman Demirel Üniversitesi, Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezi, ISPARTA
lutfi@mmf.sdu.edu.tr, pomzamer@sdu.edu.tr

ÖZ: Hafif yapı elemanlarında olduğu gibi, özellikle ısı ve ses yalıtımı amaçlı duvar kesitlerinin elde edilmesinde hafif sıva harçları, inşaat mühendisliği uygulamalarında yaygınlaşmaktadır. Doğal, boşluklu ve hafif agregalar, bu tip harçların elde edilmesinde ana hammadde olarak kullanılabilir. Bunlar arasında en popüler olarak; pomza, volkanik kül, genleşmiş perlit, volkanik cüruf, açılmış vermikülit ve tüf gibi doğal malzemeler sayılabilmektedir. Bütün bu doğal agregaların kendine öz karakteristik özellikleri bulunması, hafif sıvaların özelliklerine doğrudan etki etmektedir. Volkanik tüf oluşumları da, doğal bir puzolan malzeme olması sebebiyle sıva harcı üretiminde kullanılabilecek endüstriyel bir hammadde. Bu makalede, Aksaray bölgesi volkanik tüf oluşumlarının sıva harcı olarak kullanımı üzerine yapılmış bir araştırmanın bulguları sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Volkanik tüf, Sıva, Özellik, Hafiflik, Standart

ABSTRACT: The use of lightweight plasters are becoming widespread in civil engineering applications, specially for the manufacture of heat and sound insulating wall sections as well as lightweight building structures. Natural, porous and lightweight aggregates could be used as raw materials in production of these types of plasters. As the most popular among them, natural materials such as pumice, ash gravel, expanded perlite, volcanic slag, expanded vermiculite and tuff etc. can be considered. All the porous aggregates have their own characteristic properties, which markedly affect the properties of lightweight plasters. Volcanic tuffs as industrial raw material could also be used in producing the plaster mortar due to their natural pozzolanic characteristics. In this paper, results of a comprehensive experimental analysis carried out for volcanic tuffs from Aksaray Region, Turkey to be used as plaster mortar.

Keywords: Volcanic tuff, Plaster, Property, Lightweight, Standard

1. GİRİŞ

Hafif sıva ve hafif örgü harçları, ısı ve ses yalıtımı amaçlı duvar kesitlerinin elde edilmesinde inşaat mühendisliği uygulamalarında geniş bir kullanım alanına sahip olduğu bilinmektedir. Değişik suni veya doğal boşluklu agrega türleri, bu tip sıva harcı karışımlarında kullanılmaktadır. Bunlar arasında en yaygın olanları; cüruf pomza, volkanik tüf, genişlemiş perlit, volkanik cüruf, pomza ve vermikülit gibi kayaçlardır. Bütün bu doğal agregaların kendine öz karakteristik özellikleri bulunması, hafif harçların özelliklerine doğrudan etki etmektedir. Volkanik tüfler, volkan külü ve volkan tozunun pekişmesiyle oluşan kayaçlar olup, en büyük özelliği içerdikleri silisyum, alüminyum, demir, magnezyum, alkali ve toprak alkali minerallerin oksitlerini, bünyelerinde birbirlerinden ayrılmış kristaller halinde değil de, birbirlerine karışık, ayırt edilemez ve camsı halde tutmalarıdır.

Sıva harcı veya örgü harçları, bağlayıcı maddeler, agrega ve yeterli miktardaki suyun ve gerektiğinde harcın özelliklerini geliştirmek amacı ile kullanılan katkı maddelerinin karıştırılması ile elde edilen bir yapı malzemesidir. Beton harcı, mineral kökenli agreganın bir bağlayıcı ile birleştirilmesiyle üretilen yapay bir malzemedir. TS 2848'de öngörüldüğü şekliyle, birleştirici olarak çimento, söndürülmüş toz kireç ve harç çimentosu kullanılmaktadır. TS 4916 standardında hafif harçlarla yapılan örgü harçları, TS 1114'e uygun özellikler gösteren gözenekli tabii veya suni hafif agregalar, çimento ve su ile yapılmış birim hacim ağırlığı 1000 kg/m³'den büyük olmayan duvar harcı olarak tanımlanmaktadır [1]. Harç yapmak için kullanılacak suyun miktarı kagir duvarda kullanılan yapı malzemenin su emme kabiliyetine göre tayin edilmekte olup, karma suyunda organik maddeler, madensel ve organik yağlar, endüstri artıkları ile kullanılacak bağlayıcıya zararlı olabilecek miktarlardaki mangan bileşikleri, amonyum tuzları ve SO₃ ile lağım suları bulunmamalıdır (TS 2848). Harç yapımı için en uygun su, içilebilecek nitelikteki sudur.

Sıvaların çeşitli yapım amaçları vardır. Bu amaçlar, bina içinde ve dışında pürüzsüz yüzeyler elde etmek, binayı ve onu teşkil eden

yapı elemanlarını dış tesirlere karşı koruyarak (soğuk, sıcak, kar, yağmur gibi iklimsel değişiklikler ile yangın tehlikesi v.b.) yapıya güzel bir görünüş temin etmektir. Büyük cephelerde, iç ve dış mekanlarda, halen vazgeçilmez bir malzeme olan sıva, diğer malzemeler ile kombinasyon kurmak için, mükemmel bir baz oluşturmaktadır [2]. Bu tür kombinasyonlarda, hesaplı, değişik, vurgulanan cepheler elde edilmektedir.

Doğal agregalar, kullanım yeri ve kullanım amacına göre inşaat sektörünün vazgeçilmez hammadde kaynaklarındandır. Ancak, son yıllarda farklı yapısal özellikler gösteren ve değişik orijinlere sahip pek çok doğal hafif agrega türünün, inşaat sektöründe yapı bileşenlerinin elde edilmesinde kullanılabilirliği yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu nedenle, inşaat sektöründe kullanılacak yapı malzemelerinin teknik yönden üstün parametre ve değerlere sahip olmalarının gerekliliği, birçok yeni agrega türü ve dolayısıyla, yapı malzemelerinin kullanımına ve uygulanmasına zemin hazırlamaktadır. Sektörde, en fazla ilgi odağı olmuş araştırmaların beton ve beton türevi malzemeler üzerinde yoğunlaşmış olduğu görülmektedir [1]. Ülkemizde, hafif sıva ve harçlar üzerinde yeterli düzeyde ArGe çalışmalarına rastlanılmamaktadır. Özellikle ısı - ses izolasyonu ve birim ağırlığı düşük doğal agregaların farklı alternatif kullanımları ile inşaat endüstrisinde birçok yapı elemanı türevi ürünler geliştirilip kullanıldığı bilinmektedir. Bu nedenle, hafif sıva ve harçlar arasında, duvarların örülmesinde yüksek verime sahip hafif harç kullanımları bakımından, volkanik tüf agregalı sıva ve örgü harçlarının daha uygun bir malzeme olduğu düşünülmektedir. Bu makalede, Orta Anadolu Bölgesi Hasandağı volkanizmasının bir ürünü olarak oluşmuş, Aksaray bölgesi volkanik tüf serilerinin öncelikle teknik olarak agrega analizleri yapılmış, daha sonra da, TS standartlarına uygun çimento dozajlarında ve bileşimlerinde hazırlanan sıva harcı karışımları üzerine deneysel bir ArGe çalışması sürdürülmüştür. Bu amaçla, farklı karışım kombinasyonlarına ve alternatif kimyasal katkıları kullanılarak, Aksaray bölgesi volkanik tüfleri ile elde edilmiş sıva harcı örneklerinin priz alma süreleri,

yayılma değerleri, birim ağırlık, dayanım ve su emme gibi teknik analizlere ait bulgular tartışılmaktadır. İnşaat sektöründe sıva ve/veya örgü harcı olarak kullanılabilecek yeni bir hammadde ve kullanım özellikleri irdelenmektedir.

2. VOLKANİK TÜF ÖRNEKLERİNİN ÖZELLİKLERİ

Bu çalışmada, Orta Anadolu Bölgesi Hasandağı volkanizması ürünü olarak tanımlanan ve Hasandağı volkanından Aksaray il merkezine doğru uzanan kuşakta çoğunlukla yığılma gösteren ignimbrit ve tüf oluşumlarına ait tüf serilerinden alınan örneklerin, sıva malzemesi olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Öncelikle bu tüf serilerinden alınan örneklerin, endüstriyel hafif agregası ve/veya sıva malzemesi olarak değerlendirilebilirliğine ilişkin aşağıda belirtilen analizler, Süleyman Demirel Üniversitesi, Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezi Laboratuvarlarında TS 1114 EN 13055-1:2004 ve TS 2717 standardının öngördüğü prensipler çerçevesinde yapılmıştır:

- Özgül Ağırlık ve Birim Ağırlık Analizi,
- Tane Dağılımı (Granulometrik Bileşim),
- İncelik Modülü,
- Organik Maddeler Analizi.

2.1 Özgül Ağırlık ve Birim Ağırlık Analizi

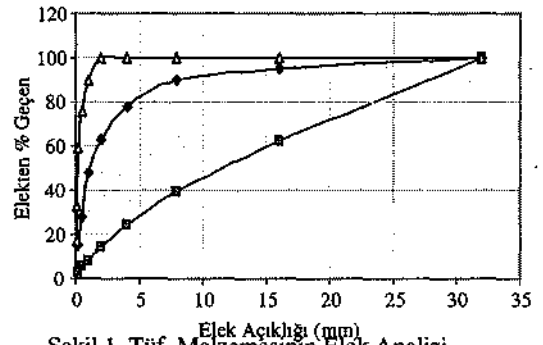
Tüf agregası örneklerinin özgül ağırlık değerleri, piknometre yöntemine göre analiz edilmiş olup, ortalama özgül ağırlık 2.37 gr/cm^3 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen bu analiz bulgusuna göre tüf örneklerinin ortalama özgül ağırlığı, doğal hafif agregalar için genelde bilinen özgül ağırlık değerlerine ($2.1 - 2.7 \text{ gr/cm}^3$) benzer olduğu görülmüştür [1,3]. Tüf serilerinden alınmış örnekler, 0 mm - 2,36 mm boyut aralığında sınıflandırılarak, doğal birim hacim ağırlık (BHA), etüv kuru birim hacim ağırlık (KBHA) ve malzeme bünyesindeki nem miktarları ölçülmüştür. Analiz bulgularına göre ortalama değerler sırasıyla, BHA için 702 kg/m^3 , KBHA için 1028 kg/m^3 ve doğal nem miktarı da %31.64 olarak belirlenmiştir. Genellikle hafif agregalarda yaş durumundaki birim hacim ağırlık değerleri, kuru durumundaki birim hacim ağırlık değerlerine göre daha yüksektir. Ancak bazen bunun tersi bir durum da

gözlenebilmektedir. Aksaray bölgesi tüf örneklerinde de böyle bir durum gerçekleşmiştir. Bunun nedeni ise malzeme, bünyesindeki nemi kurutmanın etkisiyle attığı zaman, hacimsel olarak sıkışma oranı nemli durumuna göre daha da artmakta ve birim hacim ağırlık değeri büyümektedir.

2.2. Tane Boyutu Dağılımı

Örgü harcı ve/veya sıva kumunun tane boyut dağılımı (elek eğrileri) ve gerektiğinde bu eğrilere bağlı olarak belirlenen incelik modülü, özgül yüzey ve su istek katsayıları TS 2717 standardında öngörülen prensiplere göre yapılabilmektedir. Tane boyut dağılımını simgeleyen eğri, standart eğrilerle karşılaştırılarak karışımların gerekli düzeltilmesi ve harç kumu için karışım oranları belirlenebilmektedir [1].

TS 2717'ye göre sıva harcı kumu olarak kullanılacak tüf malzemesinin (0 mm - 2,36 mm boyut aralığında) boyut dağılımı özellikleri ve elek analizi Şekil 1'de verilmiştir. Bu dağılım, standart değerler ile mukayesesi edildiğinde ince malzeme oranının fazla olduğu görülmüştür. Bu nedenle, harç kumu karışım oranları belirlenirken bu durum dikkate alınarak karışım oranlarının gerekli düzeltilmeleri yapılmıştır.



Şekil 1. Tüf Malzemesinin Elek Analizi.

2.3. İncelik Modülü

İncelik modülü, herhangi bir boyut fraksiyonuna ait sıva harcı kumu için yapılan hesaplamada elde edilen değeri ne kadar küçük ise, o malzemenin o kadar ince olduğunu sembolize eder. Ancak, her bir boyut fraksiyonu için standart gereği kabul edilmiş alt ve üst limit

modül değerleri bulunmaktadır. Bu bakımdan, siva veya harç kumu olarak kullanılacak granülometrinin, bu modül dağılımının hangi boyutları arasında yer aldığı, hesap yöntemi ile belirlenmelidir. TS 2717 standardına göre incelik modülü hesabı, granülometrinin belirlenmesi amacıyla yapılan elek analizi sonuçlarında, elek üstünde kalan malzeme yüzdesine ve elek açıklıklarına göre, yüzde değerlerin toplamının bir yüzde değeri olarak tanımlanmaktadır [1,3]. Tüf malzemesi ile hazırlanan siva harcı kumunun ortalama olarak incelik modülü hesaplamaları ve standart ile karşılaştırmaları yapılmış olup, analiz bulguları Çizelge 1'de verilmiştir. Elde edilen bulguların, standardın öngördüğü incelik modülü kapsamında olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 1. Tüf Örneklerinin İncelik Modülü Analizi.

Elek Açıklığı (mm)	Ağırlıkça Elek Üstünde Kalan (%)
4	-
2	0,03
1	9,92
0,5	24,62
0,250	40,90
0,125	67,20
Toplam	142,67
İncelik Modülü	1,43

2.4. Organik Madde İçeriği Tayini

Örgü ve/veya siva harcı üretiminde kullanılacak malzemenin bileşiminde, organik maddelerin bulunması, çimentonun yapısını etkileyerek bağlayıcılık özelliğinin zayıflamasına neden olmasından dolayı, arzu edilen bir durum değildir. % 3'lük NaOH ile yapılan standart deneyde 24 saat sonra agreganın aldığı açık sarı-koyu kırmızı renklere göre karar verilmekte ve kırmızıdan sonraki renkler organik madde bakımından zengin malzeme bileşimini simgelemektedir. TS 2717'de belirtilen prensiplere göre tüf malzemesi üzerine yapılan organik madde içeriği analizlerinde organik madde içeriğine rastlanmamıştır.

3. TUF SIVA HARCİ ÖRNEKLERİNİN TEKNİK ANALİZİ

Bu çalışmada, tüf malzemenin siva harcı yapımında kullanılabilmesi ve bu harcın binaların iç ve/veya dış cephe siva uygulamalarında değerlendirilebilmesi bakımından aşağıda belirtilen analizler yapılmıştır:

- Tüf siva harcının birim ağırlık analizi,
- Siva harcının basınç dayanım analizi,
- Su emme oranı analizi,
- Kuruma büzülmesi ve rutubet genişlemesi analizi,
- Priz sürelerinin tayini analizi,
- İşlenebilirlik sürelerinin tayini analizi.

Deneysel çalışmada, tüf siva harcı karışımları için farklı çimento dozajlarının etkisini incelemek amacıyla, iki farklı alternatif çimento/tüf oranında karışımlar hazırlanmıştır. Bu karışımlar, hacimce 1/8 ve 1/7 çimento/tüf (Ç/T) oranlarında uygulanmış olup, deneysel çalışmanın bütününde Göltas A.Ş. üretimi PÇ 42.5 Portland Çimentosu kullanılmıştır. Ayrıca, harca normal priz süresi içinde yumuşaklık, kolay işlenebilirlik ve su iticilik özelliği sağlayan, tamamen veya kısmen kireç yerine kullanılabilen toz formda Softarç PWR siva ve harç katkıları, kullanılan çimento oranının ağırlıkça %1 oranında karışımlara ilave edilmiştir. Analizlerde kullanılan karışım oranları Çizelge 2'de verilmiştir. Bu karışım oranlarında hazırlanan tüf siva harç örneklerinin birim ağırlık, basınç dayanımı, su emme oranı, kuruma büzülmesi ve rutubet genişlemesi oranları Çizelge 3'de verilmiştir. Görüldüğü gibi, tüf siva harcı örneklerinin birim ağırlıkları, hafif siva harcı olarak nitelenebilecek büyüklüklerde olup, TS 2717 standardının öngördüğü 20 kg/cm²'lik dayanım değerlerini sağlamaktadır. Ayrıca, su emme oranları düşük olup, toplam rutubet hareketi olarak da tanımlanan kuruma büzülmesi ve rutubet genişlemesi değerleri de 2 mm/m değerinden daha düşük olması sebebiyle [4,5,6], rötre yapmayan siva harcı karışımları olarak değerlendirilebileceği görülmektedir. Bu özelliklere göre, tüf malzeme oluşumlarının siva harcı olarak kullanılabilmesi görülmektedir. Ancak, bu değerlerin yanı sıra elde edilen siva

harç kıvamlarının, fiili uygulamalarda işlenebilir özellikte olması ve uygun sürelerde priz alması gerekmektedir. Bu bakımdan, araştırmadaki deneysel çalışmaların yoğunluğu, tuf sıva harç örneklerinin priz süreleri ve işlenebilirlik özelliklerinin belirlenmesi hususunda yoğunlaştırılmıştır. Deneysel çalışmada, katkı miktarları sabit kalmak koşuluyla, iki farklı oranda kullanılan çimento dozajının harcın priz sürelerine olan etkisi detay olarak analiz edilmiştir. Taze sıva harcının priz süresinin ölçümü ASTM-C 191 standardına uygun Vicat İğnesi düzeneği kullanılarak yapılmaktadır [7,8] (Şekil 2). Bu ölçme yönteminde, taze sıva olarak hazırlanan harç karışımı, priz süresinin başlama

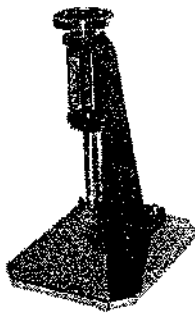
ve bitiş sürelerinin tespiti amacıyla, deney düzeneğinin kalıbına standartta belirtilen prensiplere göre yerleştirilir. Taze sıva harcı, priz almaya başlamadan önce, deney düzeneğinin iğnesi kalıbın tabanına kadar batığı için ilk ölçüm değeri "0" olarak kabul edilir. Bu durumda düzeneğe aynı zamanda kalibre durumundadır. Harç, priz almaya başladığında ise, iğne tabandan itibaren bir kısmı batmamaya başlayacaktır. Sıva harcı tamamen priz aldığı anda ise; iğne harç numunesine hiç batmayacaktır. Bu durumda iğne batma yüksekliği tabandan itibaren en fazla 35 mm olmaktadır.

Çizelge 2. Sıva Harcı için Uygulanan Karışım Oranları ve Malzeme Miktarları.

Karışım	Tuf (kg/m ³)	Çimento (kg/m ³)	Katkı (kg/m ³)	Ç/T (Hacimce)	Su (kg/m ³)	W/C	Taze Harç (kg/m ³)
K1	569	116	-	1/8	780	2.0	1725 ±11
K1 _{PWR}	568	116	1.16	1/8	780	2.0	1724 ±12
K2	614	145	-	1/7	780	1.60	1811 ±14
K2 _{PWR}	615	145	1.45	1/7	780	1.60	1808 ±15

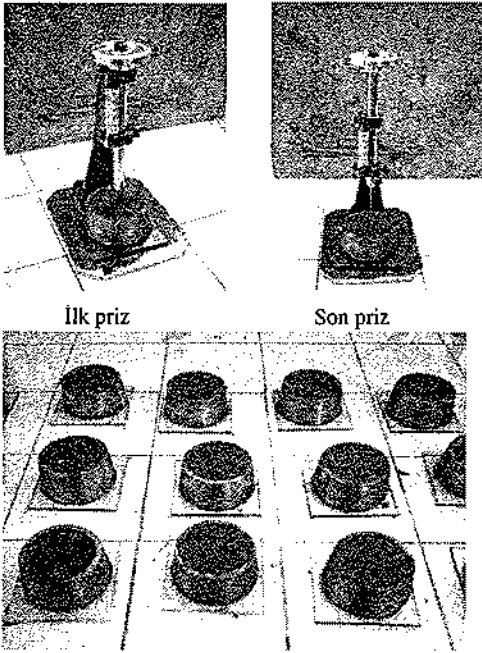
Çizelge 3. Tuf Sıva Harç Örneklerinin Mekanik ve Fiziksel Özellikleri.

Karışım	Birim Hacim Ağırlık (BHA) (kg/m ³)	Basınç Dayanımı (28. gün) (kg/cm ²)	Su Emme Oranı (%)	Kuruma Büzülmesi (mm/m)	Rutubet Genleşmesi (mm/m)
K1	1684	20.12	8.84	0.327	0.283
K1 _{PWR}	1613	19.68	9.06	0.368	0.291
K2	1791	22.50	7.65	0.265	0.296
K2 _{PWR}	1764	21.42	7.96	0.272	0.307



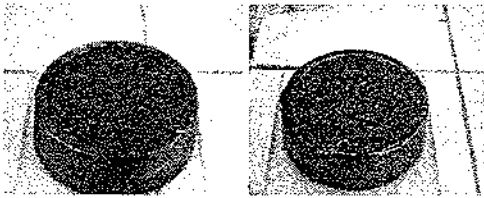
Şekil 2. Vicat İğnesi Düzeneği.

Bu değer, aynı zamanda harç kalıbının yüksekliğini de simgelemektedir [7,8]. Vicat iğnesi yöntemine göre sıva harcının priz süresinin ölçümü Şekil 3'de sembolik olarak gösterilmiş olup, deney öncesi ve deney sonrası priz ölçümü yapılan sıva harcının genel görünüşleri ise Şekil 4'de verilmiştir. Deneysel analizlerde Vicat iğnesinin harç dolu kalıba tabandan batış yüksekliği, prensip olarak zamana bağımlı ölçülmüş olup, grafiksel analizde zamana bağımlı iğne batış yüksekliği (tabandan) mm olarak çizilmiştir. Deneysel bulguların irdelenmesinde ise Şekil 5'de belirtilen prensip uygulanmıştır.



Harç örnekleri

Şekil 3. Vicat İğnesi Yöntemine göre Sıva Harcının Priz Ölçümü



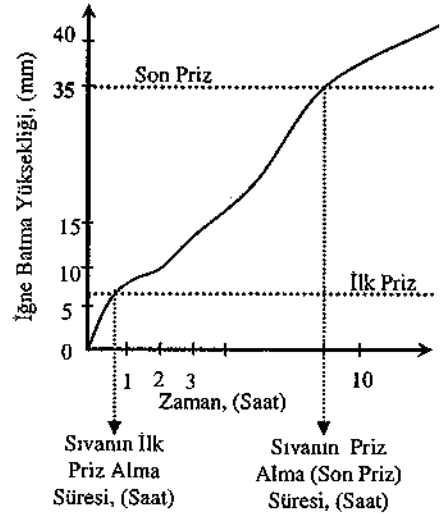
Şekil 4. Deney Öncesi ve Deney Sonrası Sıva Harcı Örnekleri

Şekil 5 irdelendiğinde görüleceği gibi, Vicat iğnesi yönteminde iğnenin tabandan batış yüksekliği değerlerine göre şu değerlendirmeler esas olarak alınmıştır:

- 7 mm batış yüksekliği, sıva harcının ilk priz alma süresi olarak,
- 35 mm batış yüksekliği ise; sıva harcının son priz alma süresi olarak tanımlanmıştır.

Bu yöntemle, oluşturulan harcın ne kadarlık bir sürede priz alarak sertleştiği, diğer

bir değişle bu harcın ne kadar bir süre işlenebildiği belirlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 5. Sıva Harcının Priz Sürelerinin Analizi.

Bu amaçla, tuf malzemeden yapılmış sıva harcı örneklerinde her ölçümde en az 3 noktadan okuma yapılmış olup, her bir karışım için ayrı Vicat kalıbı kullanılmıştır. Deneysel bulgular Şekil 6'da verilmiştir. Grafiksel analiz irdelendiğinde görüleceği gibi, kimyasal katkı miktarının etkisini daha iyi irdeleyebilmek amacıyla, öncelikle herhangi bir katkı kullanılmaksızın sabit çimento/tuf/ agrega oranlarında hazırlanan kontrol harç örneklerinin (K1 ve K2) değerleri, zamana bağlı olarak elde edilmiş olup, bu değerler mukayese parametreleri olarak kullanılmıştır. Sıva harcı karışımına çimento ağırlığının % 1'i oranında su itici katkı ilave edildiğinde, tuf sıva harcının ilk priz alma ve son priz alma süreleri, kontrol harç örneğine göre daha uzun bir zaman diliminde gerçekleştiği görülmüştür. Bu da sıva harcının daha kolay ve daha uzun bir sürede işlenebileceğini göstermektedir. Bir diğer husus ise, karışımdaki çimento kullanım oranının artmasıyla priz süreleri de artmaktadır. Priz süreleri dikkate alındığında en ideal karışım oranının 1/8 Ç/T oranı olduğu belirlenmiştir. Sabit katkı kullanım oranlarına göre sıva harcı karışımlarında elde edilen priz süreleri ve

kontrol karışımının son priz değerlerine göre farkı Çizelge 4'de verilmiştir.

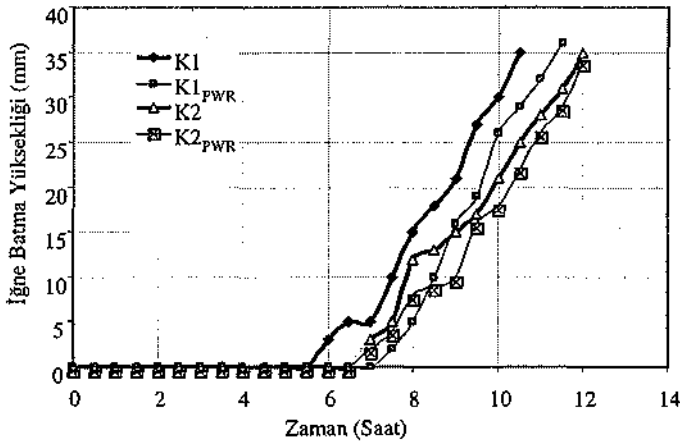
Sıva harçlarında priz başlangıçları, su ilave edilerek karıştırılma işleminden sonra 25 dakikadan önce gerçekleşmemelidir. Duvar (yerinde) yapılan sıva uygulamalarında, hazırlandıktan en erken 1 saat sonra priz almaya başlanmalı ve en geç 12 saat sonra tamamlanmış olmalıdır [8,10]. İdeal bir sıva ortamını veya kıvamını belirleyebilmek amacıyla, şu hususlar prensip olarak ele alınabilmektedir:

1. İşlenebilirlik sınır suresinden kısa bir süre sonra hazırlanan harcın priz alması (son priz) gerekmektedir. Bu değer de birkaç saat olarak nitelendirilebilir.

2. Bu yöntemle, aynı zamanda taze harcın kıvamı da tayin edilebilir: Taze harç içerisinde iğne batma yüksekliği (tabandan) 3-5 mm ise taze harç için uygun kıvamı olarak tanımlanabilmektedir.

Çizelge 4'den de görüldüğü gibi, tuf sıva harçlarının ilk ve son priz süreleri, öngörülen bu prensipleri sağlamakta ve işlenebilir bir karışım olarak değerlendirilmektedir. Su itici ve kıvamlaştırıcı kimyasal katkı uygulaması ile, tuf sıva harcının daha işlenebilir bir malzeme olduğu tespit edilmiştir.

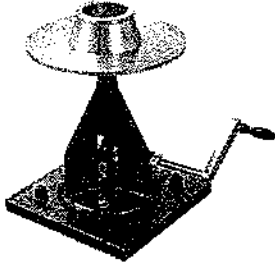
Tuf sıva harcının uygulanabilirliğinin analiz bakımından yapılan bir diğer inceleme ise, taze sıva harcının işlenebilirlik sınırının belirlenmesidir. Bu analiz ise, yayılma tablası olarak isimlendirilen bir düzenek yardımıyla ASTM-C 109 ve TSEN 1015-3 standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmektedir. Bu tabla, akma tablası olarak da isimlendirilmekte olup, taze sıva harcının yayılma değerinin ölçümü yapılmakta ve bu değere göre harcın işlenebilirlik durumu irdelenebilmektedir (Şekil 7).



Şekil 6. Sıva Harcı Örneklerinin Zamana Bağlı Priz Alma Süreleri.

Çizelge 4. Tuf Sıva Harç Örneklerinin Priz Süreleri Analizi.

Karışım	İlk Priz Süresi (Saat)	Son Priz Süresi (Saat)	Kontrol Harcına göre fark (%)
K1	6,30	10,30	-
K1 _{PWR}	8,00	11,20	8,74
K2	7,30	12,00	-
K2 _{PWR}	7,40	12,00	0

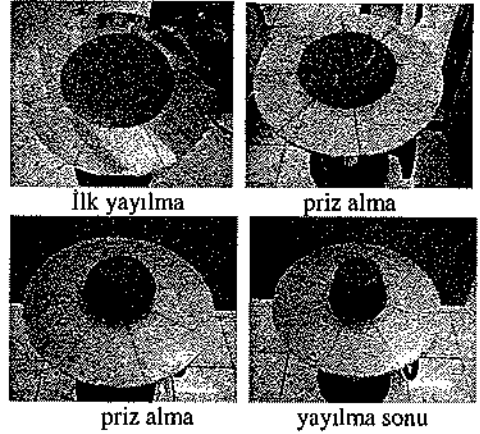


Şekil 7. Akma Tablası Düzenegi.

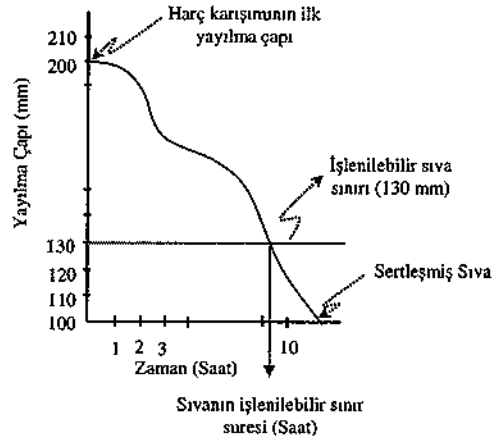
Bu yöntemde de, taze sıva olarak hazırlanan harç karışımı, 30-45 saniye bekletildikten sonra, akma tablasının kalıbına yerleştirilerek, harç yayılma çapı bir kumpas yardımı ile ölçülür. Harcın kalıp içerisindeki ilk çap değeri 100 mm olup, yayılma uygulaması sonrası harcın kıvamı sebebiyle yayılma çapı 100 mm'den büyük olmaktadır. Sıva harcının işlenebilirliğinin yayılma çapına bağlı olarak analizi için, yayılma çapı 100-110 mm'ye düşünceye kadar süreye bağımlı olarak işleme devam edilir. Kullanılabilir bir sıva örneği için işlenebilirlik sınırı 130 mm (üst sınır olarak yayılma tablasının maksimum çapı olan 210 mm.) dir.

Deneyisel çalışmada, yukarıda değinilen tüm karışım oranlarında hazırlanan tuf sıva harçlarının zamana bağlı yayılma çapları, harç hazırlanmasını takiben 1'er saatlik zaman dilimlerinde ölçülmüştür (Şekil 8). Zamana bağımlı yayılma çapı değişimi grafiksel olarak analiz edilerek, Şekil 9'de belirtilen prensip, işlenebilirlik sınırı tespiti için uygulanmıştır.

Tuf sıva harcının işlenebilirliğini artırmak ve aynı zamanda su itici özellik kazandırmak amacıyla, su itici sıva katkısı Softharç PWR ilavesi ile farklı dozaj ve karışım kombinasyonlarında elde edilen harç örneklerinin yayılma değerleri (işlenebilirlik süreleri) grafiksel olarak analiz edilmiştir. Bu karışımlarda Vicat iğnesi yönteminde olduğu gibi, kimyasal katkı miktarının etkisini daha iyi irdeleyebilmek amacıyla, öncelikle herhangi bir katkı kullanmaksızın sabit çimento/tuf agrega oranlarında hazırlanan kontrol harç örneklerinin değerleri, zamana bağlı olarak incelenmiştir. Deneyisel bulgular Şekil 10'da verilmiştir.



Şekil 8. Akma Tablası Yöntemine göre Sıva Harcının Yayılma Değerlerinin Ölçümü.



Şekil 9. Sıva Harç Karışımının Yayılma Değerlerinin Prensip Olarak Analizi.

Bulgular irdelendiğinde görüleceği gibi, sıva harcı karışımına çimento ağırlığının % 1'i oranında su itici katkı ilave edilmesi, kontrol sıva harçlarına göre yaklaşık 1.3 kat daha fazla işlenebilirlik sağladığı görülmüştür. Sıva harçlarının yayılma değerleri ve buna bağlı olarak işlenebilirlik süreleri dikkate alındığında, iki alternatif çimento dozajındaki karışımlardan en ideal olanı 1/7 Ç/T oranı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, hacimce 1/8 çimento/tuf oranındaki su itici katkı ilaveli karışımların, hacimce 1/7 çimento/tuf oranındaki su itici katkı

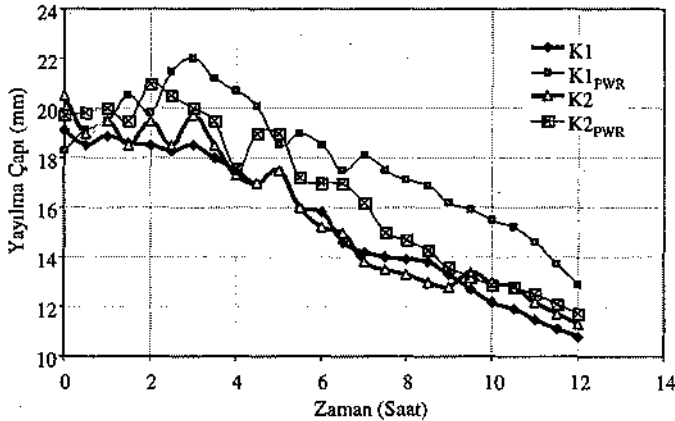
ilaveli karışımlara göre işlenebilirlik süresinin daha fazla olduğu görülmüştür. Sabit katkı kullanım oranlarına göre sıva harcı karışımlarında elde edilen işlenebilirlik sınır süresi, ve kontrol karışımının işlenebilirlik sınır süresine göre artış oranları Çizelge 5'de verilmiştir.

Geleneksel sıvalarda (Kum+Kireç+Çimento) işlenebilirlik sınır süresi 2.5 saat'den daha düşük olduğu bilinmektedir. Başka bir ifadeyle 2.5 saat sonunda yayılma çapı 130 mm'nin altına düşmektedir.

Akma tablası deneyinde sıva kıvamında herhangi bir ayrışma meydana gelmemelidir. Yani tabla üzerinde yayılmış sıvada çatlak ve yarılmalar oluşmamalıdır. Bu ayrışmalar; yüksek oranda kireç kullanımı, az su kullanımı gibi nedenlerden kaynaklanabilmektedir. Hazırlanan sıva harcı karışımlarının, yayılma değerlerinin belirlenmesi sıva harcının işlenebilirlik süresini göstermektedir. Çizelge

5'den de görüldüğü gibi, tuf sıva harcı örneklerinin özellikle kimyasal katkı karışımlarının işlenebilirlik süreleri oldukça yüksektir.

Geleneksel sıvalarla karşılaştırıldığında, 5 kat daha fazla işlenebilirlik özelliği sağladığı görülmüştür. Genellikle kullanım kolaylığı açısından işlenebilirlik süresinin uzun olması arzu edilir. Bu süre sıva harcı oluşturulduktan sonra, sıva ustasının harcı yeniden karıştırmaya veya su ilave etmeye gerek duymaksızın işleyebileceği süre olarak tanımlanabilir. Bu da genellikle 5 saat olarak kabul edilir. Ancak işlenebilirlik sınırı veya süresi arttıkça sıvanın daha geç priz alması anlamına gelmektedir. Bu da çok istenmeyen bir olgudur. Yani; harcın geç priz alması, örneğin 10-15 saat olması durumunda harcın duvara uygulanması bir gün'ü aşabilmektedir. Dolayısıyla sıvanın uygulanabilirliği zorlaşmaktadır.



Şekil. 10. Tuf Sıva Harcı Örneklerinin Zamana Bağlı (Yayılma Değerleri) İşlenebilirlik Süreleri Analizi

Çizelge.5. Tuf Sıva Harcı Örneklerinin İşlenebilir Sınır Süreleri Analizi.

Karışım	Sıvanın İşlenebilir Sınır Süresi (Saat)	Kontrol Harcına göre fark (%)
K1	9,15	-
K1 _{PWR}	12,00	31,15
K2	8,30	-
K2 _{PWR}	10,00	20,48

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

TS 2717 ve TS 4919 standardında öngörülen prensiplere göre, Aksaray bölgesi tuf serilerinin, bu çalışmada yapılan deneysel analizlere göre sıva harcı olarak kullanıma uygun olduğu belirlenmiştir. Ayrıca iki farklı alternatif çimento dozajlarında hazırlanan sıva harcı örneklerinin ve aynı karışım kombinasyonlarına kimyasal katkı ilave edilen sıva örnekleri üzerinde priz ölçümü ve işlenebilirlik sınır değerleri belirlenmiştir. Sıva harcının birtakım özelliklerini iyileştirmek amacıyla, harç içerisindeki çimento miktarı baz alınarak belli oranlarda katılan organik veya inorganik kökenli kimyasallar katkı maddeleri gereğinden fazla kullanıldığında aksi etkiler oluşturabileceği gibi yine gereğinden az kullanıldığı takdirde hiç bir faydası da olmayabilir. Bu nedenle, daha önceki yapılan ArGe çalışmalarından edinilen tecrübeye bağlı olarak, en ideal karışım kombinasyonlarının kullanılan malzemenin hacim ölçüğüne göre 1/7 ve 1/8 çimento/tuf oranındaki karışımların ve en ideal sıva katkısı kullanım oranının ağırlıkça çimentonun %1 oranında olduğu saptanmış ve bu çalışma kapsamında bu kombinasyonlar kullanılarak olumlu sonuçlar alınmıştır. Kimyasal katkı özellikle sıva harcının ilk priz süresine etki etmekte ve yaklaşık olarak 1.5-2 kat daha iyi priz almakta ve işlenebilirlik süresinde uzama meydana gelmiştir. Bununla beraber son priz süresinde herhangi bir değişme gözlenmemektedir. Dolayısıyla kullanılan su itici kimyasal katkısı, sıva harçlarının ilk priz sürelerine etki ettiği söylenebilir.

Bu çalışmada elde edilen bulgular, kullanılan tuf malzeme ve kimyasal katkı türü için geçerli olan değerlerdir. Ancak, uygulamalarda kullanılacak farklı tür katkı veya karışım oranları, çok değişik değerler sağlayabilecektir. Bu bakımdan, tuf malzemelerin sıva malzemesi olarak kullanılabilmesi bakımından farklı tür katkılarla daha detay incelemelerin yapılması gerekebilmektedir.

Kaynaklar

[1] Şengün N., Gündüz L., 2003, "Kırmataş Agregat Katkılı Hafif Örgü Harçlarının Teknik Analizi" III. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, 3-4 Aralık 2003, İstanbul.

[2] Brick Industry Association, 2003, Technical Notes on Brick Construction, Technical Notes 8-Mortars for Brick Masonry, Revised June 2003, Virginia, USA.

[3] Manzak, O., Dondurmacı, A., Köylüoğlu, Ö.S., Arıoğlu, E., "Yapı Merkezi Prefabrikasyon A.Ş.'de Beton Agregat Kalite Denetimi ve Değerlendirmesi", I. Kırmataş Sempozyumu, 1996.

[4] The Northwest Masonry Guide, Masonry Systems Data Mortar And Grout Mixes And Specifications, Masonry Institute of Washington, Washington State Conference of Mason Contractors, (2000), USA.

[5] H. Ásgeirsson. Létsteypur ur vikri (Lightweight pumice concrete), IBRI, 1984.

[6] S. Thorarinnsson, Hekla, Almenna bókafélagið, Reykjavík, 1979.

[7] Y. Sebaibi, R.M. Dheilily, M. Queuedeç, A Study of the viscosity of lime-cement paste, influence of the physico-chemical characteristics of lime, Construction and Building Materials, 18 (2004) 653-660.

[8] J.N. Enevoldsen, C.M. Hansson, B. Hope, the influence of internal relative humidity on the rate of corrosion of steel embedded in concrete and mortar, Cement and Concrete Research, 24 (7) (1994) 1373-1382.

[9] P. Robery, J. Shaw, Materials for the repair and protection of concrete, Constr. Build. Mater. 11 (5-6) (1997) 275-281.

[10] V. Fernandes, L. Silva, V.M. Ferreira, J.A. Labrincha, Influence of the kneading water content in the behavior of single-coat mortars, Cement and Concrete Research, 35 (2005) 1900-1908.

Bir Pomza Kırma-Eleme Tesisinde Proses Kontrolünün Önemi

Important of Processes Control in A Pumice Crushing-Sieving Plants

Vedat Deniz,Yağmur Bayoğlu

Süleyman Demirel Üniversitesi, Müh.-Mim. Fakültesi, Maden Müh. Bölümü, Isparta, Türkiye
vedat@sdu.edu.tr

ÖZ: Bu çalışmada, Isparta Belediyesi ISBAŞ A.Ş. ait bims blok amaçlı olarak kurulmuş olan kırma-eleme tesisindeki kullanılan ekipmanların her bir koldan alınan numunelerin elek analizleri yapılarak performans analizleri zamana bağlı olarak ölçülmüş ve tesise beslenen tüvenan pomza özelliklerinin zaman içerisinde değiştiği ve tesis performansının oldukça etkilendiği ortaya konmuştur. Bu olumsuz durumu gidermek için, performansı artırıcı bazı öneriler bu çalışmada ortaya konmuştur.

Anahtar kelimeler: Pomza, Kırma, Performans, Proses kontrol

ABSTRACT: In this study, sieve analysis of pumice aggregates collected from each conveyor belt circulation in ISBAS Co., established by Isparta Municipality for masonry block making plant was analyzed and the performance analyses were performed subjected to time relations. The research results show that the properties of pumice aggregates feeding to the plant as material are changed and the plat performance were highly affected. In order to remove this negative condition, some suggestions were recommended to increase the performance in this study.

Key words: Pumice, Crushing, Sieve, Performance, Processes control

1. GİRİŞ

Kırma-eleme tesislerde cevher akışında lineer bir sürekliliğin sağlanması için prosesin yakından takibi, kontrolü ve gerektiğinde müdahale edilebilmesi gerekmektedir. Proses kontrolü tesislerin kapasite ve verimliliklerini doğrudan etkilediği gibi düşük işletme ve bakım maliyeti, tesisin kesintisiz çalışması, homojen bir üretimin sağlanması açısından da önem taşımaktadır.

Bir tesiste amaç kârı en üst noktada tutmaktır. Kâr ise satış sunulan (üretilen) ürünün değerinden üretim maliyetinin çıkartılmasıyla elde edilen kazançtır. Bir tesisteki dalgalanmalar proses değişkenlerindeki değişimlerinden kaynaklanmaktadır. Kontrolün amacı proses değişkenlerindeki dalgalanmaların bürüt kâr üzerindeki etkilerini sabit tutmaya çalışmaktır. Kontrolün uygulanmadığı tesislerde vardiya değişimlerinde bu dalgalanmalar daha da büyükmektedir [1].

Bir çok kırıcı üretici firması, kırılacak olan kayalar için bir çok tür kırıcı üretmektedir. Alternatifler arasından doğru seçim yapmak çok zordur. Genelde doğru seçim yapılamamakta ve verimsiz ve yanlış uygulamalar görülmektedir. Bir çok işletmede, birbirine benzer kırma-eleme ekipmanları söz konusudur. Fakat, kırılacak malzemelerin özellikleri farklı olmasına rağmen aynı ekipman ve aynı dizayn yaklaşımı tüm ocaklar açısından geçerlidir. Kırıcı-eleme ekipmanın seçimi doğru olsa bile, kırıcı ve elekler verimsiz olarak çalıştırılmaktadır [2].

Pomza, yapı endüstrisinde başta olmak üzere, aşındırıcı, dolgu maddesi, tekstil, seramik, tarım, kimya ve çimento gibi sektörlerde çok yaygın kullanım alanı olan volkanik bir kayadır [3].

Bims blok üretiminde pomza oldukça yaygın kullanım söz konusudur. Bims blok yaparken belirli boyutta pomza ihtiyacı söz konusu olup bunun için kırma ve eleme tesisine ihtiyaç vardır.

Bims tesislerinde kullanılan kırma-eleme makinelerine bakıldığında genelde kalker veya kireçtaşı tesislerinde bulunan ekipmanlar ile benzerlik taşıdığını söyleyebiliriz. Fakat, pomza kalker veya kireçtaşı'nın fiziksel ve kimyasal özelliklerinden farklılık gösterir. Pomzanın en önemli gang mineralleri, andezit, traverten,

serpantin ve bazalt'tır. Bu gang minerallerin yoğunlukları ise yaklaşık 2.09 ile 2.46 gr/cm³'dür [4, 5].

Pomzanın, düşük yoğunlukta olma sebebi porozite içeriğinden kaynaklanmaktadır. Özellikle, yapı malzemesi olarak kullanım alanlarında bu porozite özelliği önemlidir.

Pomza tipik anlamda bakıldığında bünyesinde % 50-75 SiO₂ içeren ve sertliği yaklaşık 4-5.5 olan bir kayadır. Ayrıca, bünyesinde kapalı ve açık porlar (gözenek) bulunmaktadır. Bu anlamda, ufalanma özelliği diğer kayalardan farklı bir yapıya sahiptir. Pomzanın gözenekli olması iri boyutlu ufalamada yani kırma işlemlerinde bir avantaj sağlarken, ince boyutlarda bu avantajı kaybetmektedir. Bünyesinde SiO₂ içeriğinin fazla olması sebebiyle de hem kırmada hem de öğütmede aşınma problemi doğurması nedeniyle sorun teşkil etmektedir [6].

Ayrıca pomzanın kırma işlemlerinde aşındırma özelliği bilindiğinden, kullanılan eleklerin yüzey seçimi de diğer kayalardan farklı olmalıdır. Saç eleklerin aşınmaya karşı dayanıklı olmasına rağmen eleme verimleri oldukça düşüktür. Tel eleklerde ise aşınma oranı oldukça fazladır. Pomzanın bu aşındırma özelliğinden dolayı tel eleklerin sık sık değiştirilmesi gündeme gelmekte ve buda işletme maliyetlerine artı bir yük getirmektedir. Üstelik, pomzanın gözenekli olması sebebiyle boşluklarına su alması, eleme işlemlerinde elek yüzeyinin oksitlenmesine ve elek tellerinin daha çabuk kopmasına neden olmaktadır [6].

Bu çalışmada, Isparta Belediyesi ISBAŞ A.Ş.'ye ait olan Kırma ve eleme tesisinin performansı test edilmiş ve sonuçlar yorumlanmıştır.

2. MALZEME VE METOD

Deney malzemesi, ISBAŞ A.Ş.'nin kırma-eleme tesisinde bulunan şoklu kırıcı ve eleklerine beslenen ve çıkan ürünlerinden numuneler farklı iki dönemde ve farklı saatlerde 10 dk ara ile 1 saatlik ürünler olarak temsili olarak alınmıştır. Alınan örnekler, elek analizleri yapılarak bir adet darbeli kırıcı ve bir adet tek katlı elek ve bir adet üç katlı elek açısından incelenmiş ve yorumlanmıştır.

Tesisin görüntüsü Şekil 1 ve Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Ön elek ve şoklu kırıcının görüntüsü



Şekil 2. Üç katlı ürün tasnif eleği

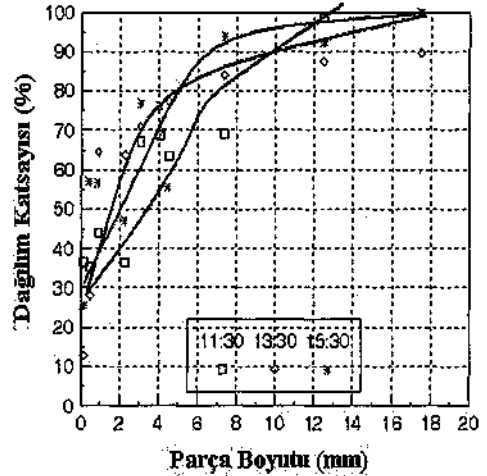
3. DENEY SONUÇLARI

3.1. Ön Elek Performansının İrdelenmesi

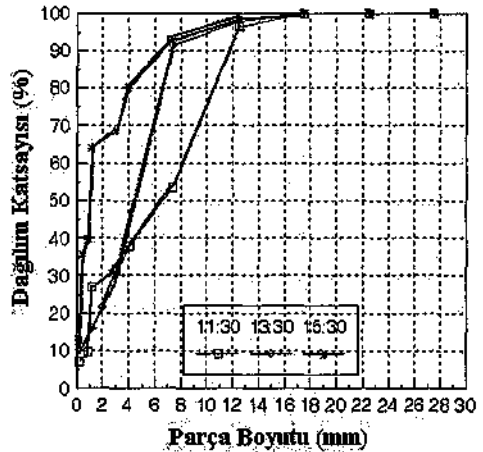
Şekil 1'de görüldüğü üzere şoklu kırıcı üzerinde bulunan tek katlı 11 mm'lik bir elek söz konusudur. Bu eleğin performansı için belirli dönem (Kasım ve Mart aylarında) ve zamanlarda (11:30, 13:30 ve 15:30 saatlerinde) örnekler alınarak analiz edilmiştir. Eleğin performans verileri Şekil 3-4'de verilmiştir.

Şekil 3 ve Şekil 4 incelendiğinde, 11 mm'lik ön elek performansının oldukça kötü olduğu tespit edilmiştir. Özellikle 1.periotta eleğe gelen malzemenin %75-%85'i 11mm'nin altında olması eleğe gelen malzeme yükünün

fazla olmasını ve eleme süresinin yeterli olmaması nedeniyle kötü sonuçlar doğurmuştur. Hatta malzemenin %40 ile %65'i zaten ufalanmış olarak tekrar kırıcıya gittiği düşünülürse kırıcının da kapasitesi düşürülmüş olmaktadır.



Şekil 3. I. Dönemde ön eleğe beslenen malzeme için yapılan Tromp eğrileri



Şekil 4. II. Dönemde ön eleğe beslenen malzeme için yapılan Tromp eğrileri

3.2. Şoklu Kırıcı Performansının İrdelenmesi

Tesiste 16 mm'nin altına indirmek için bir şoklu kırıcı kurulmuştur (Şekil 1). Bu kırıcıya

giren ve çıkan ürünlerin durumu Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1'de görüldüğü üzere 1. dönemde her üç saatlik dilimde kırıcının ufalama oranları 1'e çok yakındır. Oysa, darbeli kırıcılar 20-40 oranında bir ufalama işlemi yaptıklarından verimsiz bir kırma işlemi yapılmıştır. Üstelik her üç saat diliminde de beslenen ürünün %80-%100'ü zaten kırılmış ürün değerlerini içermektedir. Bu durum, kırıcının gereksizliğine işaret etmektedir.

2. dönemde beslemenin biraz daha iri olmasına rağmen, %45-%59 arasında bir değerde zaten ufalanmış ürünün olması sorununu yinede az da olsa devam ettirdiğini göstermektedir. Bu durum, ocaktan gelen malzemenin çok ince olmasından ve elek kapasitesinin eleme işlemi için yeterli gelmemesi den kaynakladığıdır.

Ayrıca, şoklu kırıcılarda çekiç ve astar sarfiyatı özellikle aşındırma işlemleri açısından önemli bir sorundur. Pomza cevherinin bünyesinde oldukça fazla miktarda SiO₂ içerdiğinden makineleri aşındırma problemi doğurmaktadır. Bu durum açısından bakıldığında, darbe kuvveti kullanan şoklu kırıcı yerine baskı kuvveti uygulayan merdaneli kırıcıların veya çift istinatlı çeneli kırıcıların tercih edilmesi daha mantıklı bir seçim olacaktır.

3.3. Katlı Elek Performansının İrdelenmesi

Tesiste kırılan ürünler bimsblok üretimi için 16-11 mm, 11-4 mm ve 4-0 mm ürünler halinde sınıflandırılarak beslendiğinden bu boyut gruplarında ürünler için üç katlı eleğe verilmektedir (Şekil 2).

Çizelge 1. Şoklu kırıcıya beslenen ve çıkan ürünlerin kümülatif elek altı değerleri

Elek Boyutu	1.Parti						2.Parti					
	Besleme(E.A.,%)			Ürün(E.A.,%)			Besleme(E.A.,%)			Ürün(E.A.,%)		
	11:30	13:30	15:30	11:30	13:30	15:30	11:30	13:30	15:30	11:30	13:30	15:30
+25							100	100	100			
-25		100			100		84.24	62.09	83.16			100
-20		94.04	100		99.4		70.22	60.11	68.5	100	100	96.71
-15	100	89.84	95.7	100	97.68	100	58.56	41.77	53.18	94.71	91.99	91.32
-10	89.7	80.74	85.1	84.37	86.09	90.1	43.79	35.23	39.22	87.9	83.35	82.63
-4.75	59.22	80.74	55.59	33.86	51.37	39.62	12.14	12.70	20.84	60.16	58.58	55.65
-3.35	48.92	49.56	49.48	25.39	43.5	35.66	8.17	7.15	16.56	47.55	48.86	45.91
-2.8	38.06	40.06	43.98	22.99	39.49	30.83	5.95	5.95	14.18	39.06	42.92	39.92
-1.7	28.93	32.79	41.38	19.38	33.6	24.71	4.02	4.60	10.91	26.62	33.29	31.08
-1.18	24.73	24.72	32.35	17.28	25.95	22.48	3.12	4.10	9.37	19.81	28.7	27.04
-0.600	15.27	14.56	27.93	12.64	21.82	17.42	2.29	3.44	7.64	5.12	16.49	14.9
-0.300	11.42	8.53	12.8	2.70	7.18	5.02	1.32	2.54	5.64	1.29	14.3	12.29

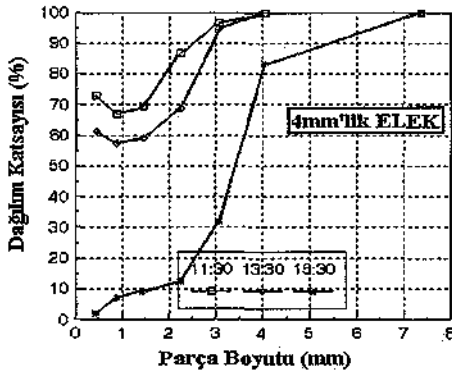
16 mm'lik elek, ürün kontrolü için konulduğundan numune alımı esnasında hiç 16 mm üstünde ürün alınamamıştır. Bu durum, bu eleğin kullanılıp kullanılmamasını tartışılır hale getirmektedir. Diğer iki elek olan 11mm ve 4 mm'lik elekler için üç farklı saat için alınan örnekler için Tromp eğrileri çizilmiş ve Şekil 5 ve Şekil 6'da gösterilmiştir.

Şekil 5'de 4 mm'lik elek için yapılan Tromp eğrisinden de görüldüğü üzere eleme performansı oldukça kötü çıkmıştır. Bunun sebebi, hem beslemenin ince ürün miktarının fazla olmasıyla eleme süresinin yetersizliği hem de düzensiz beslemeden kaynaklanan yanlış eleme işlemidir.

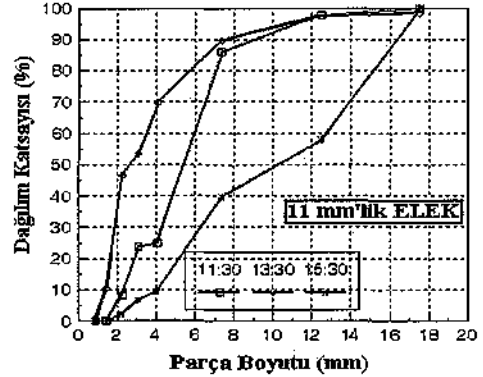
Şekil 6'da katlı eleğin 11 mm için alanının benzer eleme performansı kötü çıkmıştır. Buradan da, eleme süresinin yetersiz olduğu, elek üstünde elenmemiş malzemenin olmasından gözükmektedir. Ayrıca, elek 11mm olmasına rağmen, eleğin ayırma sınır tane boyutu, sırasıyla, 5mm, 3mm ve 10 mm olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlarda göstermektedir ki eleğin durdurulup tekrar çalıştırılması esnasında eleme boyutunda hatalara neden olduğu ve elek üzerinde tabaka kalınlığının gereksiz yere artıp azalması ile kötü sonuçlar ortaya koymaktadır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

İsbaz A.Ş. şirketine beslenen pomza malzemesinin sürekli değiştiği ve bu nedenlere gereksiz yere kırma işlemi ve gereksiz yere eleme işlemlerinin yapıldığı tespit edilmiştir.



Şekil 5. I. Dönemde katlı eleğin 4 mm boyutu için farklı saatler deki yapılan Tromp eğrileri



Şekil 6. I. Dönemde katlı eleğin 11 mm boyutu için farklı saatler deki yapılan Tromp eğrileri

Kırma işleminde çoğu kez yeteri kadar kırma işlemini yapmadığı tespit edilmiştir. Bunun nedeni, başta beslenen malzemenin zaten ufalanması gereken ürün miktarının fazla olması ve bu nedenle ön elekte yeteri kadar elek üzerinde elemeye maruz kalamaması nedeniyle ince malzeme gereksiz yere tekrar kırılmaktadır. Ayrıca, kurulu kırıcın darbeleri oluşu, kırıcıda aşınma problemi doğurmaktadır. Bu kırıcının yerine Merdaneli kırıcının seçilmiş olsaydı gereksiz aşınmalar oluşmayacaktır.

Ön elek performansının kötü olması beslenen malzemenin hem çok beslenmesi hem de çok ince malzeme veriliyor olması yeterli eleme süresine ulaşamadıktan ince malzemeler elek üstünden gitmekte ve ayırma boyutu 11 mm yerine 2 mm ile 7 mm arasında çıkmaktadır. Bu durum eleme işleminin verimliliğini olumsuz yönde etkilemekte ve çoğu zaman bu malzemeyi ufalamadan doğrudan sınıflama yapılması çok daha doğru olacaktır. Şoklu kırıcının saatlik harcadığı enerji değeri 75 kW olması günlük olarak 750 kW tüketim yaptığı göz önüne alındığında oldukça masraf oluşmaktadır.

Üç katlı elek'teki 16 mm'lik elek ürünün üzerinde hemen hemen hiç malzeme çıkmaması bu elek için kullanımının sorgulanması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Üç katlı eleğin 11 mm ve 4 mm'lik eleklerinin performanslarına bakıldığında, özellikle 4 mm'lik elek için büyük sorunlar olduğu gözükmektedir. Bu durum, tesiste sürekli besleme yapılmayışından kaynakladığı tespit edilmiştir. Ayrıca, numune alımları sırasında

tesiste sürekli durdurup çalıştırılmaktadır. Bu durdur-başlat (on-off) esnasında malzemenin düzensizliği gibi olaylarla hem enerji masrafı hem de verimlilikte sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmada göstermiştir ki, bir tesiste uygun ekipmanın seçimi önemli olduğu kadar seçilen ekipmanın çalışma şartlarının da sürekli kontrol edilmesi gereği vardır.

Teşekkür

Yazarlar, Isparta Belediyesi ISBAŞ A.Ş. firmasına yardımlarından dolayı teşekkür etmeyi bir borç bilirler.

Kaynaklar

[1] Deniz, V., "Cevher Hazırlamada Otomatik Kontrol ve Enstrumentasyon", *SDÜ Ders Notları*, (yayınlanmamış), 2002.

[2] Deniz, V., "Darbeli Kırıcıda Kireçtaşı Türlünün Kırılma Özellikleri Üzerine Etkisi", *1. Taşocakları Kongresi*, Lefkoşe, KKTC, 167-171, 2005.

[3] Deniz, V., "Isparta Yöresi İki Farklı Pomzanın Kırılma Özelliklerinin İncelenmesi", *1. Isparta Pomza Sempozyumu*, Isparta, 207-212, 1997.

[4] Deniz V., Umucu Y., ve Yılmaz, İ., "Soylu Endüstriyel Mineraller A.Ş.' nin Pomza Zenginleştirme Tesisindeki Jig Performanslarının Değerlendirilmesi", *5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, İzmir, 307-312, 2004.

[5] Deniz, V. and Umucu, Y., "Interpretation Using Sink-Float Data by Simple Recovery Equations for Two Different Pumices", *Trans. Inst. Min. Metall. C*, Vol. 114, No: 2, 109-114, 2005.

[6] Deniz, V., "Pomzanın Ufalanma Özelliği ve Çok İnce Pomzanın Kullanımı", *Türkiye pomza Sempozyumu ve Sergisi 2005*, Isparta, 51-61, 2005.

Yapı Sektöründe Döşeme ve Kaplamada Kullanılan Plakların Üretim Teknolojileri

Production Technologies of Concrete Flooring Tiles in Building Industry

M. Özgür KESKİN, Ahmet M. KILIÇ

Çukurova Üniversitesi, Müh.-Mim. Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 01330, Balcalı, ADANA
okeskin@cu.edu.tr & kilicm@cu.edu.tr

ÖZ: Günümüzde, teknolojik gelişmelere bağlı olarak, yapı sektöründe kullanılan malzemeler, daha dayanıklı, daha hafif ve daha ekonomik üretilmektedir. Bu gelişim sürecinde binaların iç ve dış mekanlarında, geniş alanlı peyzaj ve yol düzenleme çalışmalarında kullanılan, döşeme-kaplama plakları da yerini almıştır. Önceleri üretilen, fiziko-mekanik dayanım değerleri düşük ve ağırlığı fazla çift tabakalı karo türü malzemelerin yerini, dayanım değerleri daha yüksek, hafif kaplama plakları almaktadır. Bu çalışma kapsamında, döşeme-kaplama plaklarının, pazar durumu, genel üretim teknolojileri değerlendirilmiştir. Ayrıca halen üretime devam eden bir fabrikada döşeme-kaplama plaklarının üretim teknolojileri aşama aşama incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Döşeme-kaplama plakaları, Yapı sektörü, Üretim teknolojisi, Fabrika

ABSTRACT: Nowadays, the materials used in building sector are produced stronger, lighter and more economical then before according to developing technologies. The flooring tiles being used inside and outside of buildings, arangments of landscapes and high-ways on largest places; have taken a great role in this developing process. The flooring materials which had produced low in physco-mecanical values double heavy weight forms, have replaced to the new flooring materials which had stronge and lighter physco-mechanical properties then before. In this study, The production technologies and marketing situation of concrete flooring tiles have been determined. Also, the production technologies, being used for the concrete flooring tiles today have been exemined step by step in the factory.

Key words: Flooring tiles, Building industry, Production technology, Factory

1.GİRİŞ

Türkiye’de inşaat ve alt yapı yatırımlarının hızla artmasıyla birlikte, sulama ve aydınlatma şebekeleri, kanalizasyon hizmetleri, park-bahçe düzenlemeleri ve daha nitelikli konut inşaatını karşılamak amacıyla ana girdileri kum, çakıl ve çimentoya dayalı beton döşeme plakaları üretimleri hızlı bir artış göstermiş ve göstermeye de devam etmektedir.

Yapılarda kullanılan, döşeme ve kaplama plakaları ya da karo gibi malzemelerin, kullanım sürelerinin uzun ve dayanımlarının yüksek olması istenir. Bununla beraber, hafif olması da deprem esnasında oluşabilecek yüklerin azaltılabilmesi açısından önemlidir.

Bu plaklarda kullanılan agrega, tabii veya suni olarak parçalanmış granit, siyanit çeşitli mermer ve benzeri cinsleri gibi açık hava etkisine dayanıklı sert, renkli ve iyi cila alan taş cinsleri olup, serpantin, şistler alkaliye karşı hassas olan opal kalseduan, diorit, radiolonit ve benzeri taşlar agrega olarak kullanılamazlar [1].

Beton döşeme kaplama plakaları standartlarda, döşeme kaplamasında kullanılmak üzere, beton agregası veya beton döşeme plağı agregası ve çimento ile imal edilen bir veya iki tabakalı beton plakaları olarak tanımlanır. Suni mermer plak ise üst tabakasında istenilen büyüklükte plak agregası kullanılarak, gerektiğinde renk maddesi de katılarak imal edilen, su emmesi düşük, görünen yüzeyinin aşınması az, cilalanabilirliği yüksek döşeme plağıdır.

Beyaz çimento lu suni mermer plaklar, günümüzde, bir alışkanlığı değiştirerek çift tabakalı karoların yerini almakta ve kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Bu plaklar, karoya göre daha homojen, daha sağlam, daha ince, daha estetik ve daha hafiftirler. Yapımlarında kullanılan agrega ve beyaz çimento da, fiziko-mekanik özelliklerinin, karoya göre daha yüksek olmasını sağlamaktadır.

Binalarda, geçmişten günümüze, hem estetik kaygılar ve hem de, binaların kullanımını etkin hale getirmek için döşeme ve kaplama plakaları kullanılmaktadır. Döşeme ve kaplama plakaları, özelliklerine göre, karosiman, karo mozaik, dizme, suni mermer, özel biçimli, yivli ve yüzü yikanmış plak olarak sınıflandırılır.

Beton döşeme-kaplama plakaları, döşeme kaplamasında kullanılmak üzere, agrega ve çimentonun belirli oranlarda karıştırılması ile elde edilir. Karışımın kür süresi de standart betonda olduğu gibi, 28 gün olarak tariflenir. Bu plaklar, TS 213 standardına göre üretilmektedir.

Bu çalışma kapsamında, döşeme ve kaplamada kullanılan beton plakların, genel pazar durumu ve üretim teknolojileri değerlendirilmiş, ikinci aşamada ise halen üretimin devam ettiği Özçete Karo, Mermer, Hazır Basamak San. Tic. Ltd. Şti. (Adana) Üretim tesisindeki üretim yöntemi teknolojisi incelenmiştir.

2.PAZAR DURUMU

Büyük ölçüde inşaat ve demir-çelik sektöründeki gelişmelere paralel bir seyir gösteren sektörde, 1998 yılında % 1.8 oranında üretim artışı sağlanmıştır. Bu artış günümüzde de bütün hızıyla devam etmektedir. Demir-çelik çimento ve demir dışı metaller sanayi gibi ara malı üreten ve büyük ölçüde talebe yönelik üretim yapan Avrupalı güçlü firmaların yoğun rekabeti gerek iç piyasada gerekse dış piyasada satışları dolayısıyla üretimi olumsuz yönde etkilemiştir [2].

Sektör ürünlerinde asbestli çimento boru, asbestli çimento levha, beton direk, beton boru, beton oluk, beton döşeme blokları ve diğer alt yapı elemanlarının üretimdeki artışlar kamu kesiminde sulama ve şehir altyapısı yatırımlarına ayrılan ödeneklerle paralel bir seyir izlendiğinden kısmi üretim düşüşleri gerçekleşmiştir.

2001 yılında beklenen çalışmalar; 2000 yılı sonlarında yaşanan krizin etkisiyle iç piyasada talep daralması olmuş, aynı zamanda yakıt fiyatlarında meydana gelen hızlı artışlarla ürün piyasası oldukça olumsuz etkilenmiş dış rakipler karşısında rekabet gücü zayıflamıştır. Ancak krizin atılmasından sonra sektör tekrar gelişme trendine girmiş ve bu gelişme hızlı bir şekilde devam etmektedir.

Yaşanan ekonomik krize rağmen, 2001 yılında ilk üç ayında gerçekleşen yüksek devalüasyon oranı ile birlikte sektör yurt dışı pazarlarda rekabet avantajlarını iyi kullanmış 2001 yılı ihracatında artış sağlanmış ve bu artış 2002, 2003 ve 2004 yıllarında da devam

etmiştir. Özellikle 2004 yılından sonra başlayan yapı sektöründeki hareketlenme sektörü olumlu olarak etkilemiştir.

3. ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ

Üretimde kullanılacak hammaddeler (çimento, kum, çakıl, mermer mozaïği, kuvars, silikat) silolardan konveyörlerle alınarak karışım hazırlayıcılarına nakledilir. Karıştırıcılarda önce kuru olarak karıştırılan hammaddeler sonra su katılarak karıştırılır ve karışım hazır hale gelince besleyiciler vasıtasıyla konveyörlere boşaltılır ve döner tablalı prese nakledilir.

Beton dökümünde vibratör yada sarsma tablası kullanılır. Karışım 250 Ton basınçlı presle preslenir. Sonra makine içindeki bir vibrasyon tablası üzerine dökülür. Tabla yanal bir hareketle tamamen sıkışmış olan betonu kalıp kutusuna iter. Daha sonra kalıplar açılır ve karolar boşaltılarak 3 gün süre ile kurumaya bırakılır.

Kalıp değiştirmek suretiyle aynı makineyle çeşitli elemanlar dökülebilir. Hazırlanan kalıbın beslenmesi otomatik kumandalı gezer köprü ile taşınan bunker yardımıyla yapılır. Bu şekilde otomatik makine ile üretim atölyesinin bir ucundan öteki ucuna kesintisiz bir akışla blokların dökümü sağlanır.

Beton prizın tamamlanmasını takiben yıkanması gereken karolar yıkama ünitesine, silme-perdahlama ve cilalama işlerine tabi tutulacaklar ayrı bir üniteye sevk edilir. Bu şekildeki nihai işlemlerden sonra paketleme ünitesinde satışa hazır hale getirilir. Döşeme ve kaplama plakalarına ait genel üretim akım şeması Şekil 1'de verilmektedir [1].

4. ÜRETİM UYGULAMASINA AİT ÖRNEK BİR TESİS

Özçete beton döşeme kaplama plakları üretim tesisinde, beton döşeme kaplama plakları sınıfına giren suni mermer plaklar, 0-5 mm arası tane büyüklüğüne sahip agrega, mikronize boyutta mermer tozu, çimento ve suyun belirli bir oranda karıştırılmasıyla elde edilmektedir. Bu karışım, istenilen ebatlarda kalıba dökülerek, kür süresini tamamladıktan sonra cilalanıp son şeklini almaktadır.

4.1. Karo Fabrikası Hakkında Bilgi

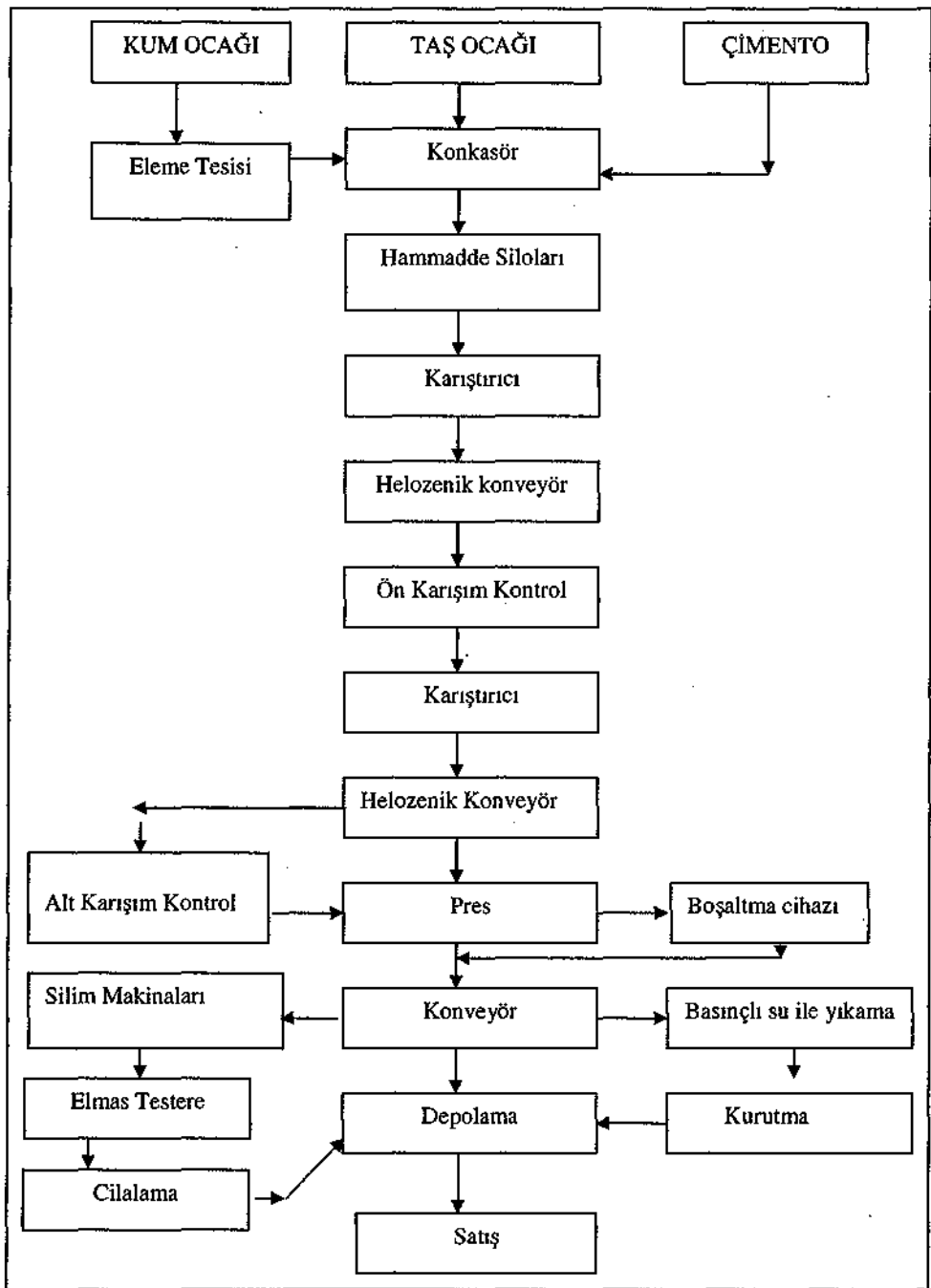
Özçete Karo Fabrikası 1972 yılından bu yana, zemin kaplama ve yapı elemanları üretmektedir. Fabrika, Adana-Ceyhan karayolu üzerinde İncirlik Kasabası civarında Oyak Çimento yolu üzerindedir (Şekil 2). Fabrika, iki vardiya ile yılda 500.000 m² yer döşemesi, 30.000 m²ül hazır basamak ve hazır denizlik üretebilecek kapasitededir. Fabrikada, 33,3 mm×33,3 mm ebadında 17(±1) mm kalınlığında ve 40 mm×40 mm 18(±1) mm kalınlığında döşeme plakaları üretilmektedir. Üretilen bu ebatlı ürünler, renk karışımlarıyla çeşitlendirilir. Üretim için 2 adet elek, 2 adet mikser, 1 bunker, 2 kalıp makinası ve 1 adet band slim makinası kullanılmaktadır.

Fabrikada üretim tesisi dışında, birisi üretime girecek olan malzemeleri depolamak ve diğeri de üretilen plakların kür süresini tamamlamak için iki adet stok sahası mevcuttur.

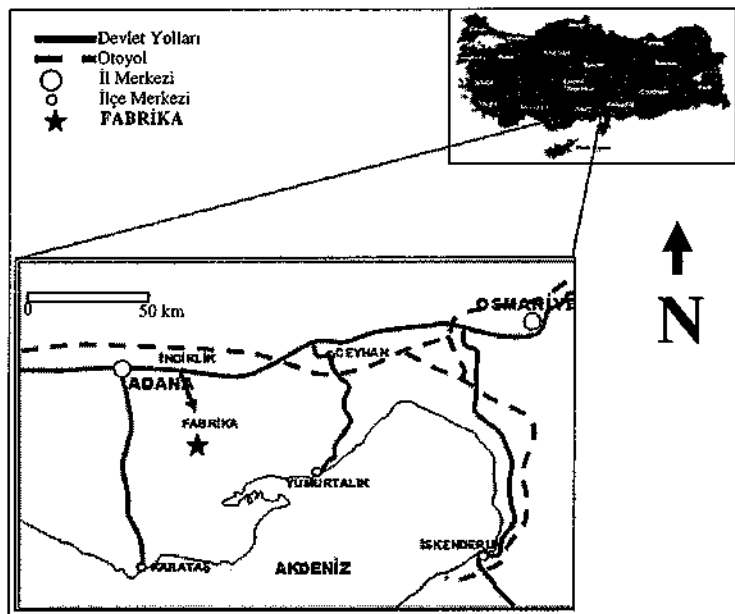
4.2. Hammadde

Döşeme kaplama plakları üretiminde desen ve dayanım için kullanılan agregalar, genelde kırılmış ve sınıflandırılmış olarak, Marmara Adası (İstanbul), Ceyhan (Adana) ve Mersin Bölgesi'ndeki taş ocaklarından, plaklarda dolgu malzemesi olarak kullanılan mikronize mermer tozu ise Niğde Bölgesi mermer ocaklarından gelmektedir. Plaklarda yine desen ve dayanım için kullanılan bazalt ise Sivas ve Ceyhan (Adana)'dan getirilmektedir. Getirilen agrega, genellikle ocaklarda kırılmış ve eleme tesislerinde sınıflandırılmış olarak fabrika stok sahasına getirilmesine rağmen, ocaklardan sınıflandırılmamış malzeme gelmesi durumunda, fabrikada bulunan eleklerden geçirilerek sınıflandırılır. Bu eleme işlemi genelde, 4 mm altı malzemeyi ayırmak için yapılmaktadır. Yine plakların üretiminde ana malzeme olarak kullanılan çimento, Adana Bölgesi Oyak Çimento Fabrikasında üretilen beyaz çimentodur.

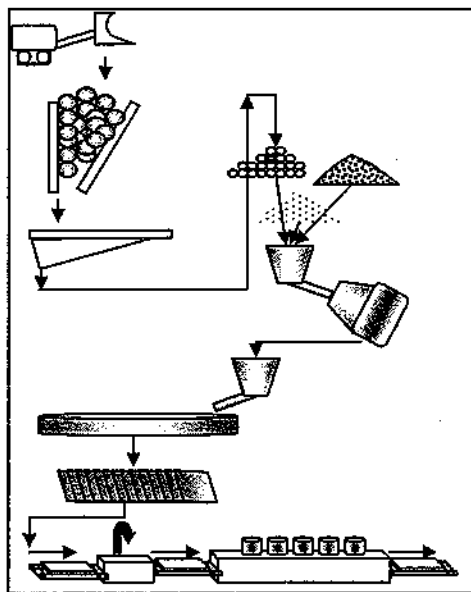
Üretimde kullanılan malzemelerin, üretim yerlerinden ürüne kadarki akış şeması Şekil 3'de verilmiştir. Ocaklarda üretilen agrega, genelde eleklerden geçirilip sınıflandırılarak, fabrikaya stok sahasına (Şekil 4) gönderilmekte, gönderilen tüm malzemeler ise harmanlanarak üretime girmektedir.



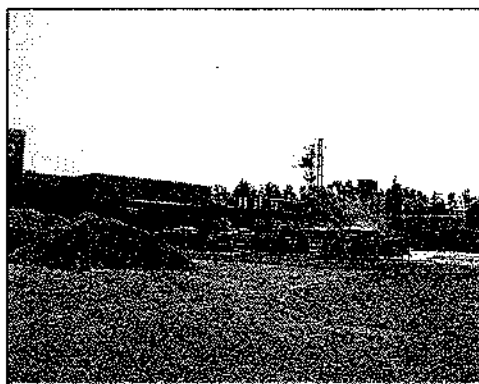
Şekil 1. Döşeme ve Kaplama Plakalarına Ait Üretim Akım Şeması [1]



Şekil 2. Özçete Karo Fabrikası Yerbulduru Haritası



Şekil 3. Özçete Karo Fabrikası Üretim Akış Seması



Sekil 4. Fabrika Hammadde Stok Sahası

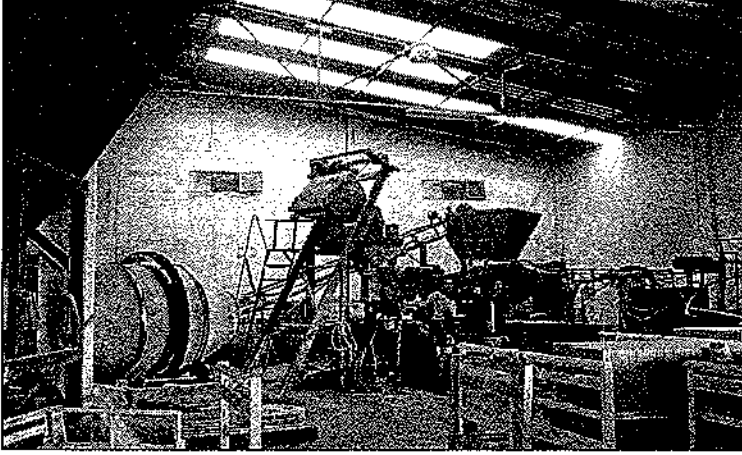
4.3. Üretim

Beyaz çimentolu suni mermer plakların üretiminin ilk aşamasında, çimento, mermer tozu ve agrega belirli oranlarda karıştırılmaktadır. Bir harmanda, 50 kg çimento, 75 kg mermer tozu ve 150 kg agrega suyla birlikte, mikser içinde karıştırılır. Karışım, kalıp makinasında (Şekil 5) kalıba dökülerek preslenmekte ve kür süresini tamamlamak için kurumaya bırakılmaktadır. Kür süresi, 7-15 gün

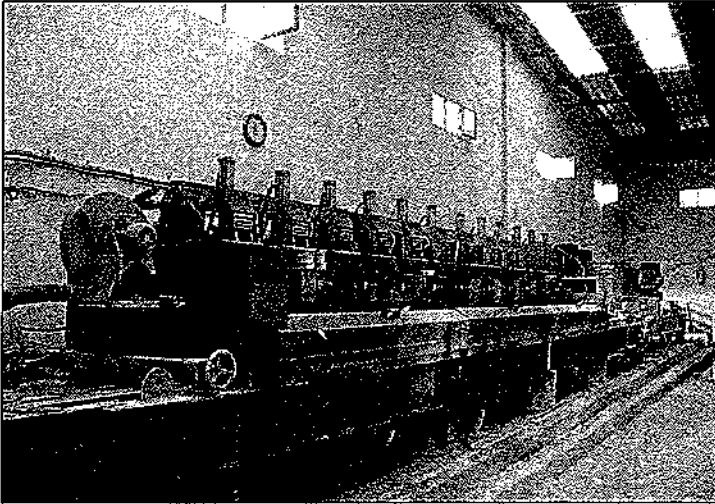
arasında değişmekte ve plaklar zaman zaman sulanmaktadır.

Kür süresini tamamlayan plaklar cilalama işlemine tabi tutulmaktadır. Cilalama için kullanılan band slım (Şekil 6), iki arka

kalınlık ayar elması, iki ön yüz kalınlık ayar elması ve sırasıyla 14, 16, 36, 46, 60, 60, 120, 220, 280, 320, 600, 815, 3000 nolu abrasiflerden oluşmaktadır.



Şekil 5. Üretimde Kullanılan Kalıp Makinesi



Şekil 6. Cilalama İçin Kullanılan Band Slım

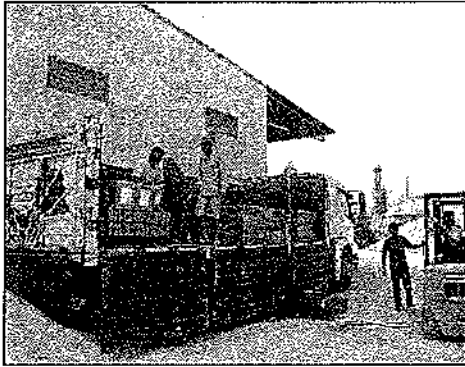
Banda giren plakların arka kalınlıklarının fazlası alındıktan sonra, ters çevirme robotuyla plakalar ters çevrilip ön yüzeyin fazlası alınmaktadır. Kalınlığı ayarlanmış bu plaklar daha sonra bir dizi abrasif vasıtasıyla

parlatılmaktadır. Aşındırıcılar, büyük taneliden (14) küçük taneliye (3000) doğrudur.

Fabrikanın kalite kontrol laboratuvarlarında, üretim esnasında ve üretimden sonra rastgele alınan numuneler

üzerinde TS 213 standardına uygunluk testleri yapılmaktadır. Kalite kontrol, aşınma dayanımı, eğilmede çekme dayanımı, su emme oranı ve yüzey parlaklığı deneyleri üzerine yapılmaktadır [4,5].

Parlatılmış ve kalite kontrolü yapılmış 33,3x33,3 cm'lik plaklar 9 adet, 40x40 cm'lik plaklar ise 6 adet olarak paketlenmekte (Şekil 7) ve kullanıma arz edilmektedir. Her iki boyut için paketler yaklaşık 1 m²'lik alan için kullanılabilir.



Şekil 7. Paketlenmiş Plaklar

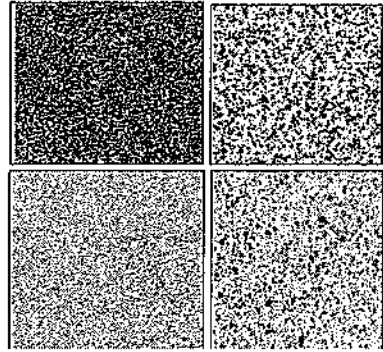
Fabrika bünyesinde, standart olarak 18 farklı renk ve desene sahip suni mermer plak türü üretilmektedir (Şekil 8). Bununla birlikte, kullanım yerine göre ve tüketici isteğine bağlı olarak, değişik renk ve içerikte plak da üretilmektedir.

5.SONUÇLAR

Döşeme ve kaplama plakları, günümüzde, bir alışkanlığı değiştirerek çift tabakalı karoların yerini almakta ve kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Bu plaklar, karoya göre daha homojen, daha sağlam, daha ince, daha estetik ve daha hafiftirler. Yapımlarında kullanılan agrega ve beyaz çimento da, fiziko-mekanik özelliklerinin, karoya göre daha yüksek olmasını sağlamaktadır.

Döşeme ve kaplama plakları, kullanım kolaylığı, mekanik dayanımlarının yüksek olması, kaplamada kullanılan diğer malzemelere göre hafif olmaları nedeniyle tercih edilen

malzemelerdir. Genelde yapımlarında, mermer ve parlatılabilen diğer taşların artıkları da kullanılabilirdiğinden, ekonomik ve çevreci malzemelerdir. Üretimlerinin çok karmaşık bir sistem oluşturmaması da diğer bir avantajıdır.



Şekil 8. Farklı Renk ve Desene Sahip Suni Mermer Plaklardan Bazıları

Teşekkür

Çalışmada yardımlarını esirgemeyen, Özçete Karo Ltd. Şti. Sahibi Sayın İsmail Özçete ve Burhan Özçete'ye teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- [1] "Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Genel Teknik Şartnamesi". 22635 sayılı resmi gazete, 1996.
- [2] Aslantaş,İ. "Beton Döşeme Plakaları Üretim Tesisi Sanayi Profili", Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Sanayi Ar-Ge Gen. Müd., Yatırımlar ve Projelendirme Dairesi Başkanlığı, Ankara, Aralık 2001.
- [3] Şentürk, A., Gündüz, L., Tosun, Y.İ. ve Sarıışık, A. "Mermer Teknolojisi", Isparta, Mart 1996.
- [4] "TS 213 Döşeme kaplama plakları-Beton". Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Nisan 1994.
- [5] "TS 213-1 EN 13748-1 Terrazo Karolar-İç Mekanlarda Kullanım İçin". Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Eylül 2005.

Patlatma ile Kaya Kırmada KUZ-RAM Modelinin Değerlendirmesi

Evaluation of KUZ-RAM Model in Rock Fragmentation with Blasting

Cengiz Kuzu, Türker Hüdaverdi

İTÜ, Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 34390, Maslak, İstanbul
kuzu@itu.edu.tr

ÖZ: Doğadaki haliyle kaya kütleleri çatlaklı bir yapıya sahiptirler ve çeşitli büyüklükteki bloklardan oluşurlar. Kazı işlemi sonrasında blok boyutlarından tane boyutuna geçildiğinden, blok büyüklüğü dağılımından da tane büyüklüğü dağılımına geçilmiş olmaktadır. Tane büyüklüğü dağılımları, yeraltı yerüstü mühendislik yapıları inşaatlarında (tünel/galeri açılması, temel ve yol kazıları vd.) kazı kolaylığı, yükleme, taşıma gibi işlerde önemli olur iken; kazılan malzemenin nihai ürün (kırmataş, cevher vd.) olması halinde ise, patlatma işlemi takip eden boyut küçültme işlemleri ile ilgili ekonomik ve teknolojik etkiler meydana getirebilmektedir. Bu bildiride parçalanma ile ilgili ampirik yaklaşımlardan Kuz-Ram Modeli ele alınmaktadır. Modelin patlatma işindeki uygulaması ve elde edilen ürünün boyut dağılımı eğrileri ile ilgili açıklamalar yapılmaktadır.

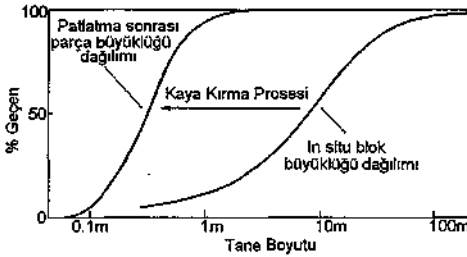
Anahtar kelimeler: Kuz-Ram Modeli, Kaya Kırma, Tane Boyutu Dağılımı

ABSTRACT: In the nature, rock mass forms as a fractured structure and contains blocks in different dimensions. During rock excavation, block size transform into rock particle size, so the block size distribution transform into particle size distribution. Particle size distribution has an important effect on excavation, loading and transportation during building of underground and surface structures (tunnel driving, foundation and road excavations). If the excavated material is the final product (aggregate, ore), particle size distribution has an economical and technological effect on the size reduction that the main operation realized after blasting operation. In this paper, Kuz-Ram Model that is the one of the empirical models related to fragmentation is presented. The applications of the model for blasting operations and particle size curves for the product that obtained by blasting are explained.

Key words: Kuz-Ram Model, Rock Fragmentation, Size Distribution

1.GİRİŞ

Doğadaki haliyle kayaçlar çatlaklı bir yapıya sahiptirler ve farklı blok büyüklüğü dağılımları gösterirler. Mekanik veya Patlatma yoluyla, kazı işlemi sonrasında blok boyutlarından tane boyutuna geçildiğinden, blok büyüklüğü dağılımından tane büyüklüğü dağılımına geçilmiş olunmaktadır (Şekil 1). Bu durumda farklı gereksinimler söz konusu olmaktadır. Yeraltı yerüstü mühendislik yapıları inşaatlarında (tünel/galeri açılması, temel ve yol kazıları vd.) Şekil 1’deki başlangıç dağılımı eğrisinin belirli kazı kolaylığı, yükleme ve taşıma gibi belirli amaçlarla ve belirli miktarlarda sola doğru ötelenmesi yeterli olabilmektedir. Kazılan malzemenin nihai ürün (kırmataş, cevher vd.) olması halinde patlatma prosesi ayrıca bir önem kazanmaktadır. Çünkü, patlatma işi birkaç aşamada ulaşılabilecek olan nihai tane büyüklüğünü etkileyen ilk temel aşama olma özelliğini taşımaktadır.



Şekil 1. Patlatma ile Elde Edilen Parça Boyutu Dağılımı ve Yerinde Blok Büyüklüğü [1]

İlk sırada kırıcılarla ilgili sorun yaratabilecek olan gereğinden büyük tane boyutu işletmecilik açısından; yükleyici makine ve taşıyıcı araç veriminin azalmasına veya mevcut teçhizata ilave olarak dozer, hidrolik kırıcı kullanımı ve yine patlar atımı gibi ilave işlere neden olabilmektedir. Şekil 2’de atım sonrası alınmış bulunan bir yığın fotoğrafı verilmektedir [2].

Bu bildirinin takip eden bölümlerinde Kuz-Ram Modeli olarak tanınan model çerçevesinde, arzulanan tane boyutu dağılımının elde edilebilmesinin patlatma işiyle ilişkisi, çeşitli parametreleri ve bunun yapılışı açıklanacaktır.

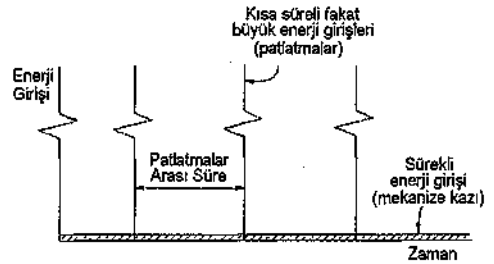


Şekil 3. Patlatma Sonrası Yığının Görünüşü [2]

2.KUZ-RAM: PATLATMA DİZAYNI, KAYA KÜTLESİNİN ÖZELLİKLERİ VE KAYA PARÇALANMASI MODELİ

Patlatma işinde, mekanik kazıdan farklı olarak kesintili bir enerji yüklemesi yapılmaktadır. Bu yükleme kısa bir süre içinde gerçekleşmekte ve mekanize kazıdaki tersine sürekli olmayan belirli aralıklarla tekrarlanan bir karakterdedir (Şekil 3).

Bu bakımdan patlatma işinde, kayaç türü ve özellikleri ile patlayıcı cins ve miktarı ilişkisinin çok önemi vardır. Bu hususların içinde yer aldığı bir model olan “Kuz-ram Modeli” başlangıçta minerallerin öğütülmesi için ortaya konmuş Rosin-Rammler denkleminin Kuznetsov, Cunningham gibi araştırmacılar tarafından geliştirilerek kaya parçalanmasına uygulanması ile ortaya çıkmıştır [3, 4, 5, 6].



Şekil 2. Patlatma ve Mekanik Yolla Kazıda Enerji Girişleri [1]

2.1. Rosin-Rammler Denklemi

Başlangıçta, Rosin Rammler formülü olarak bilinen aşağıdaki formül, minerallerin

değirmende öğütülmesi ile oluşan tane boyutu dağılımlarını ifade etmek için kullanılmıştır.

$$R = e^{-(x/x_c)^n} \quad (1)$$

- R : Elek üzerinde kalan malzemenin oranı
 x : Elek açıklığı
 x_c : Yüzde miktarı bulunacak tane boyutu
 n : Üniformite indeksi olmaktadır.

Daha sonradan, patlatma işi sonucu ortaya çıkan malzemenin boyut dağılımı için aynı formül kullanılmıştır. Bu formüldeki x_c karakteristik büyüklüğü malzemenin % 63,2'sinin geçtiği açıklığı göstermektedir. Buradan da görüleceği gibi x_c ve n değerleri bilindiğinde Şekil 1' in sol tarafındaki gibi bir eğri elde edilebilmektedir.

2.2. Kuznetsov Denklemi

Öte yandan patlatma ile ortaya çıkabilecek ortalama tane boyutunu veren bir çalışma sonucuna göre Kuznetsov tarafından aşağıdaki ilişki ortaya çıkarılmıştır [3].

$$\bar{X} = A (V_0/Q_c)^{0.8} \cdot Q_c^{0.167} \quad (2)$$

- $\bar{X}$: Ortalama tane boyutu
 A : Kaya faktörü (1-13)
 1 : Çok zayıf kayaç
 7 : Orta sağlam Kayaç
 10 : Sert, çok çatlaklı kayaç
 13 : Sert, az çatlaklı kayaç
 Q_c : Delik içindeki patlayıcının TNT eşdeğeri (kg)
 V_0 : Delik başına kayaç hacmi: BxSxH
 B : yük
 S : delikler arası mesafe
 H : basamak yüksekliği

Bu formülden izlenebileceği gibi, belirli bir kayaç için kullanılan patlayıcı cinsine bağlı ortalama bir tane boyutu hesaplanabilmektedir.

Kuznetsov' un çalışması, ortalama tane boyutunu jeolojik yapı ve özgül şarjı TNT bazında ilişkilendirmesi bakımından çok önemli olmakla birlikte, ince ve iri malzeme miktar ve dağılımlarını vermemektedir.

Rosin-Rammler formülündeki x_c miktarı; Kuznetsov bağıntısının $\bar{X}$ açıklığının, malzemenin %50'sinin geçtiği açıklık olarak

alındığı göz önüne alınırsa, $R=0,5$ yani $R=\%50$ için;

$$x_c = x / [\ln(1/R)]^{1/n} \quad (3)$$

ve

$$x_c = \bar{X} / (0,693)^{1/n} \quad (4)$$

elde edilir. Bu formülde $\bar{X}$ tane boyutunun bilinmesi halinde -ki bu değer Kuznetsov'un formülü ile en iyi bir şekilde kestirilebilmektedir- patlatma sonucu elde edilen yığının tane boyutu dağılımı da elde edilebilmektedir. Bu işe uygun n değerlerinin kullanılmasını gerektirir.

2.3. Cunningham'ın Katkısı

Uygun n değerleri Cunningham tarafından saha çalışmalarına dayanarak aşağıdaki gibi ortaya konmuş olup, hesaplama ile bulunacak n değeri şes-beş patlatma düzeni için %10 artırılır. Burada delme doğruluğu, B/D oranı, S/B oranı ve L/H oranı ile kare veya şes-beş düzen oluşu gibi değişkenler bakımından bir sorgulama söz konusudur.

$$n = (2,2 - 14B/D) / [(1 + S/B)^{0.5} / 2] (1 - W/B) (L/H) \quad (5)$$

- D : Delik şarj çapı (mm)
 B : Yük (m)
 S : Delikler arası mesafe (m)
 W : Delik sapmalarının standart sapması (m)
 H : Basamak yüksekliği (m)
 L : Şarj uzunluğu (m)

Burada belirtilmesi gereken ve yine Cunningham tarafından düzenlenmiş olan bir diğer husus, Kuznetsov eşitliğinin TNT dışındaki patlayıcılar için $(E_x/115)^{0.633}$ çarpanı ile çarpılması gereğidir. Yine aynı (2) numaralı ifadeye, $1/K$ ($K = Q_c/V_0$; kg/m^3) çarpanının ilavesiyle, aynı ifade;

$$\bar{X} = A K^{-0.8} Q_c^{0.167} (E_x/115)^{-0.633} \quad (6)$$

şeklini alır. Buraya kadar Kuznetsov-Rosin Rammler-Cunningham bağlamında anlatılanlar Kuz-Ram Modeli olarak adlandırılmaktadır.

Cunningham tarafından Kuznetsov' un A "kaya faktörü" değeri olarak belirttiği değerleri 8-12 arasında değiştiği görülmüştür [4]. Bunun için bir diğer katkı olarak, A

parametresinin tayini için Lilly'nin patlatılabilirlik indeksi (BI) hesaplamasında kullandığı kaya kütle sınıflaması [7]; eklem düzlemi aralığı+eklem düzlemi yönelimi, kaya özgül ağırlığı etkisi, sertlik gibi parametreler Kuz-Ram Modeli'ne Cunningham tarafından eklenmiştir. Buna göre;

$$A = 0,06(RMD+JPS+JPA+RDI+HF) \quad (7)$$

- RMD: kaya kütle sınıflaması
 JPS: eklem düzlemi aralığı
 JPA: eklem düzlemi yönelimi
 RDI: özgül ağırlık etkisi: $(25 RD) - 50$
 RD: kayaç özgül ağırlığı
 HF: sertlik katsayısı

bağıntısı ile hesaplanabilmektedir. Aslında bu hesaplama Lilly tarafından (8) bağıntısıyla verilmiş bulunan "BI" değerinin 0,12 sayısı ile çarpılması ile A "kaya faktörünün" elde edildiği Avustralya pratiğine dayanan bir yöntemdir ($A = 0,12BI$). Buradaki (7) ve (8) bağıntılarının elde edilmesinde puanlama bakımından bazı sınırlı farklılıklar söz konusudur [8]. Yine görüleceği gibi, kaya kütle özelliklerinin tespitinde gruplar arasındaki ayırım çok kesin olmamaktadır. Bu ve diğer özelliklerin tespitine ait yöntemler Çizelge 1' de sunulmaktadır [7].

$$BI = 0.5(RMD+JPS+JPO+SGI+H) \quad (8)$$

- RMD: kaya kütle sınıflaması
 JPS: düşey eklem düzlemi aralığı
 JPO: eklem düzlemi eğimi
 SGI: özgül ağırlık etkisi: $(25 SG) - 50$
 SG: kayaç özgül ağırlığı (t/m^3)
 H: sertlik katsayısı

Bir diğer hatırlatma kolon ve dip şarjlarının farklı olması durumlarına karşılık gelmekte, ve bu durumda n değeri aşağıdaki gibi hesaplanmakta ve burada;

$$n = \left(2,2 - 14 \frac{B}{D} \right) \left(\frac{1 + \frac{S}{D}}{2} \right)^{0,5} \left(1 - \frac{W}{B} \right) \left[\frac{\text{abs}(BCL - CCL)}{L} + 0,1 \right]^{0,1} \left(\frac{L}{H} \right)$$

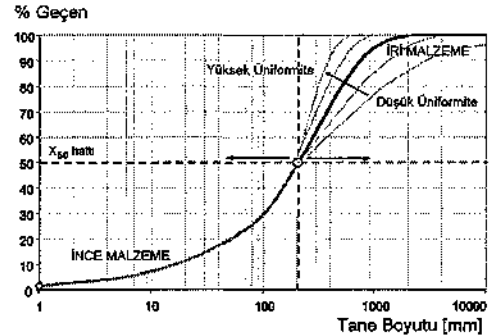
- BCL: dip şarjı uzunluğu
 CCL: kolon şarjı uzunluğu

abs: mutlak değer işareti

Çizelge 1. Model İçin Gerekli Parametreler [8]

Grup	Parametre	Yöntem
Kaya kütle sınıflaması	In-situ blok büyüklüğü	Gözlem hattı ölçümleri, sondaj veileri, fotogrametrik yöntemler
	Basınç dayanımı	Laboratuvar deneyleri
	Young modülü	Laboratuvar deneyleri
	Özgül ağırlık	Laboratuvar deneyleri
Patlatma geometrisi	Delik boyu	Ölçüm
	Dilim kalınlığı	Ölçüm
	Delikler arası mesafe	Ölçüm
	Delik çapı	Ölçüm
	Delik tabanı payı	Ölçüm
	Sıkılama boyu	Ölçüm
Patlayıcı özellikleri	İnflak hızı	Ölçüm
	Karşılaştırmalı ağırlıkça kuvvet	Hesaplama
	Özgül ağırlık	Hesaplama+ölçüm

olarak yer almaktadır. Buradan bulunacak n değeri de şaş-beş patlatma dizaynı için %10 artırılmalıdır.



Şekil 3. n Değerinin Boyut Dağılımına Etkisi [9]

Uniformite indeksi (n)'in bu model içinde yeri oldukça önemlidir. Bu değer Rosin Ramlar eğrisinin şeklini de etkilemektedir. Yüksek n değerleri üniform bir dağılımı gösterirken, düşük n değerleri dağılımı genişletmektedir (ince ve iri kısımlara doğru yayılım görülür). Bir başka deyişle n 'in değişimi eğrinin dik veya yatık olmasını belirlemektedir (Şekil 3) [9].

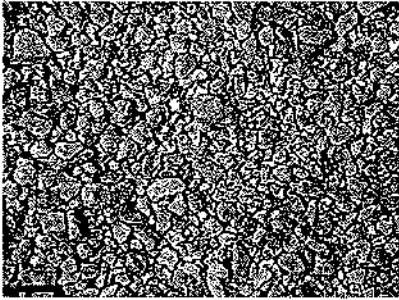
Normal olarak üniform bir tane boyutu dağılımı için yüksek n değerleri tercih edilmektedir. Uniformite indeksinin patlatma

parametreleriyle ilişkisi Çizelge 2' de verilmiştir.

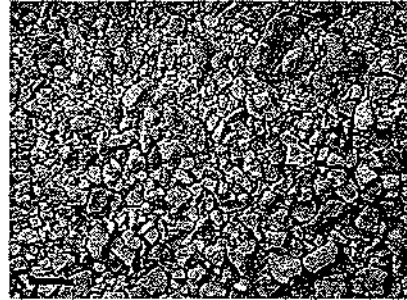
Yine Cunningham tarafından n ile ilgili önemli diğer özellikler ve n ile ilişkilendirilmiş dağılım fotoğrafları Şekil 4'de verilmektedir [10].

Çizelge 2. Patlatma Parametreleri İle n 'in İlişkisi

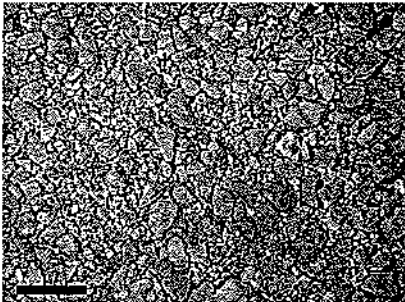
Artış: ↗ Azalış: ↘		
Patlatma parametreleri:		n değeri
B/D	↘	↗
Delme hassasiyeti	↗	↗
Şarj boyu/Basamak yüksekliği	↗	↗
S/B	↗	↗



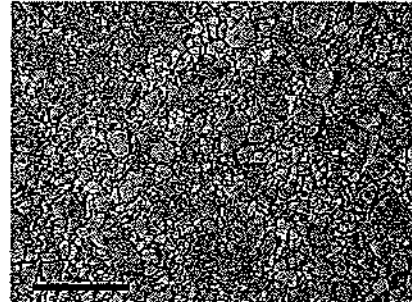
A- $n=3,0$; yüksek üniformiteli dağılım



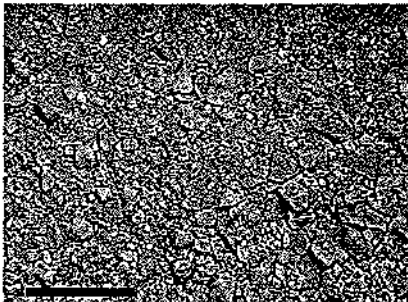
B- $n=2,0$; orta derece üniformiteli dağılım



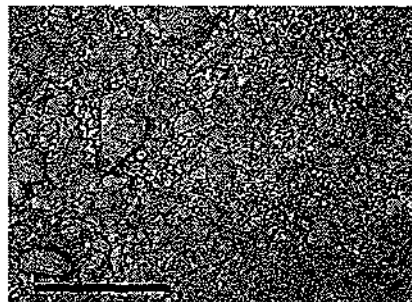
C- $n=1,5$; düşük üniformiteli dağılım (ayrışma başlamış)



D- $n=1,25$ zayıf üniformiteli dağılım (kısmen ayrılmış)



E- $n=1,0$; çok zayıf üniformiteli dağılım (ayrışmış)



F- $n=0,75$; ileri derecede ayrılmış dağılım

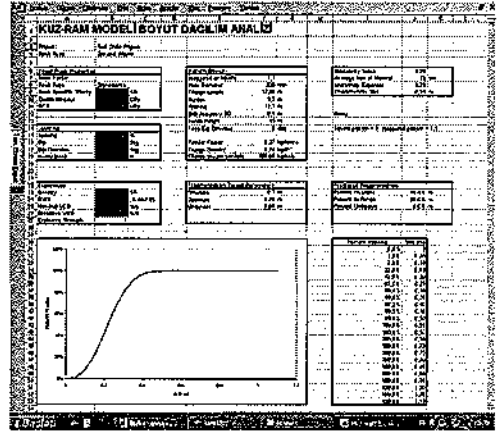
Şekil 4. Farklı Dağılımlar ve n Değerleri İlişkisi Görsel Sunumu (koyu çizgi 1 inç uzunluğundadır) [10]

- n değeri ortalama sağlam kayaç şartlarında 0,75-1,5 arasında değişmektedir (ortalama 1,0). Daha sağlam kayaçlar için yüksek n değerleri söz konusudur.
- 0,75'den küçük n değerleri "ince" ve "iri" malzemeye işaret etmektedir. Bu durum kayaç yapısının atmosferik koşullar gibi dış etkilere sağlamlığını kaybettiği şartlardaki patlatma şekliyle tane boyutu dağılımının zor etkilendirildiği haller karşılık gelmektedir.
- 1' den küçük n değerlerinde "ince" ve "iri" tanelerin dağılımı kritik bir hal alır (sınıflanmaya başlar).
- n ' in 1,5' den büyük değerlerinde ise yığındaki malzemede büyük değişimler yoktur ve tane dağılımları kestirimleri daha büyük kesinlik taşır.

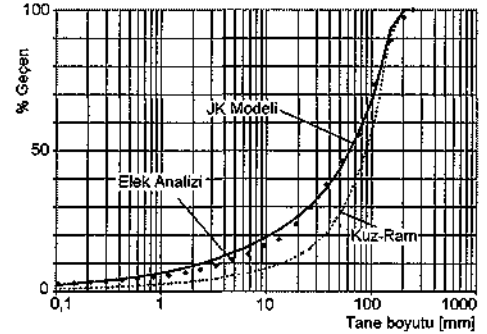
2.4. Uygulama Şekli ve Sınırları

Patlatma ile kaya kırma ile ilişkili olarak kaya parçalanması ve bunun dağılımları hakkında bilgi edinmek ve buna uygun atım düzenlemek yukarıda anlatılan bilgiler ışığında PC ortamında basitleştirilmiş bir şekilde yapılabilmektedir (Şekil 5). Diğer yandan görüntü işleme tekniklerinin gelişmesi ile Kuz-ram modeli ve bunun modifiye edilmiş modelleri de endüstride dijital boyut dağılım ve kaya parçalanma modelleri olarak kullanılmaktadır (JKMRC modeli) [8,9].

Burada Kuz-ram modelinin uygulamasındaki bazı özelliklere değinmekte yarar vardır. Patlatma işinde genelde, yükleme taşıma ve kırıcının elek açıklığı göz önüne alınarak +250mm tane boyutuna dikkatler yoğunlaşmaktadır. Özellikle ince malzeme miktarının önem kazandığı hallerde -25mm boyutları da (örneğin demir cevheri ve kömür) ön kestirimde önem kazanmakta ve bunun iyileştirilmesi gerekmektedir. Şekil 6' da bu husus -ince malzemenin gereği kadar temsil edilmesi- sunulmaktadır [11]. Bu son durum ince malzemenin birebir elek analizi veya dijital foto analiz teknikleriyle ele alındığı yöntemlerle de giderilebilmektedir. Nitekim Şekil 6' da görüleceği gibi delik yakını alanda iyice ufalanmış malzeme Kuz-ram modeline göre daha fazla olmaktadır [11].



Şekil 5. PC' de Basitleştirilmiş Uygulama Şekli



Şekil 6. Kuz-ram Modeli Ve İnce Malzeme Sorunu

Ayrıca burada, Kuz-Ram modeli ile ilgili olarak patlatma tekniği bakımından aşağıdaki hususların tekrardan hatırlatılması önemlidir;

- Patlatmadaki tane boyutuna etki edecek olan optimum gecikmenin sağlanması ve patlatmadaki arızaların önlenmesi
- Patlatmada, patlayıcıdan ağırlıkça göreceli kuvvetine (RWS' e) uygun enerji kazanımının gerçekleştirilmesi
- Kaya kütlesi ile ilgili çatlak yapılarının delikler arası mesafelere göre konumunun iyi düzenlenmesi
- Süreksizliklerin ve diğer kaya ortam özelliklerinin iyi değerlendirilerek delik düzeninin buna uygun olarak sağlanması

(Süreksizlik ve delme paterni ilişkilerinin belirlenmesi).

3.SONUÇ

Kuz-ram modeli göreceli olarak patlatma sonuçları hakkında basit fakat kabul edilebilir bir aralıkta olmak üzere kestirimde bulunma imkanı vermektedir. Yani belirli patlatma tasarım parametreleriyle (kaya kütle özellikleri, delik geometrisi, patlayıcı özellikleri) elde edilebilecek sonuçları tahmin edebilmektedir. Bu model sonradan daha kompleks modellerle geliştirilmiş, ince malzemeye yönelik eksiklikler giderilmiştir. Bu anılan gelişmiş modellerde dijital foto analiz tekniklerini kullanılmakta, çeşitli yerden alınan (yığın, kepçe, kamyon kasası, band üstü kırıcı eleği vd.) görüntülerle istatistik yöntemler de kullanılarak boyut dağılımı eğrilerine ulaşılmaktadır. Sonuçta bulunan bu değerler Kuz-ram modeline tekrardan ilişkilendirilerek anılan çalışma şartları için optimum patlatma tasarım parametrelerine ulaşılabilir.

Kaynaklar

- [1] Hudson JA, Harrison JP., "Engineering rock mechanics", Pergamon, Trowbridge, 239-242, 1997, ISBN 0 08 041912 7.
- [2] Hammelmann F, Hölscher C, Digitale Haufwerkanalyse –eine Möglichkeit zur objektiven Beurteilung des Sprengergebnisses, Nobel Hefte, Heft 2000, 36-47
- [3] Kuznetsov VM, The mean diameter of the fragments formed by blasting rock, Soviet Mining Science, 9(2): 144-148, 1973.
- [4] Cunningham CVB, The Kuz-ram model for prediction of fragmentation from blasting, Proceedings of 1st Int. Symposium on Rock Fragmentation by Blasting, Lulea Sweden, August 22-26, pp. 439-453, 1983.
- [5] Cunningham CVB, Fragmentation estimations and Kuz-ram model –four years, Proceedings of 2nd Int. Symposium on Rock Fragmentation by Blasting, Keystone, Colorado, August 23-26, pp. 475-487, 1987.

[6] Cunningham CVB, Control over blasting parameters and its effect on quarry productivity, Proceeding of Institute of Quarrying Conference, Durban, South Africa, March 11, Daly and Assmus, 1992, CIM Bulletin, 1988.

[7] Hustrulid W, Blasting principles for open pit mining, Vol. 1, 106-124, 1999, ISBN 90 5410 4597

[8] Thornton D, Kanchibotla SS, Brunton I, Modelling the impact of rockmass and blast design variation on blast fragmentation, Fragblast, Vol. 6, No. 2, pp. 169-188.

[9] Onederra I, A fragmentation modelling framework for underground ring blasting applications, Fragblast, Vol. 8, No. 3, pp. 177-200, 2004.

[10] Norbert HM, Zhou W., "Calibration of optical digital fragmentation measuring system", International Journal of blasting and Fragmentation, 4(2000): 126-138.

[11] Sarma SK, Valery W, Morrell S, Modelling in blast fragmentation and its impact on crushing and grinding, JKMR- University of Queensland, <http://www.metsominerals.com/inetMine rals>.

Yalova-Triyas Kumtaşları, Özellikleri ve Değerlendirmesi

The Characteristics and Utilization of The Yalova-Triassic Sandstones

Bektaş UZ¹, Gürkan BACAK², Can GENÇ¹, Orhan YAVUZ¹, Halis MANAV¹

¹İTÜ, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34390, Maslak, İSTANBUL

²ZKÜ, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 67100, ZONGULDAK

uz@itu.edu.tr, bacakgur@karaelmas.edu.tr

ÖZ: Bu araştırma Yalova doğusunda, Taşköprü' de yaklaşık 6 km²'lik alanda yer alan endüstriyel açıdan "Taşköprü-bordo taşı" olarak adlandırılan Triyas yaşlı kumtaşlarının jeolojik ve endüstriyel değerlendirilebilirlik özelliklerinin araştırılmasını kapsamaktadır. Triyas yaşlı kumtaşları silt taşı, killi kireçtaşı Permien öncesi metamorfik temel üzerinde uyumsuz olarak bulunurlar. Bu klastik serilerin üzerine Paleosen-Eosen volkano-klastik ardalanmalı istif gelir. En genç birim ise Neojen ve Quaterner çökellerden oluşur. Taşköprü Bordo Taşları Triyas yaşlı sedimanter birimler içerisinde yer alırlar. Petrografik olarak demirli, kuvarso-feldspatik kumtaşı olarak tanımlanmışlardır. Aynı zamanda kimyasal olarak %76 SiO₂, %88 Al₂O₃, %4.9 Fe₂O₃ bileşimine sahiptirler. Fiziko-mekanik testlerden, örneklerde ortalama 2.66 g/cm³ özgül ağırlık, %0.3 porozite, %0.1 su emme, 1210 kg/cm² tek eksenli basınç dayanımı değerleri belirlenmiştir. Bu özellikleriyle kumtaşları masif, kompakt, yüksek sertlikte, ayrışma göstermeyen, sağlam kayaç özelliğindedir. Uzun yıllardır endüstriyel olarak başarılı şekilde üretimi yapılan kumtaşları belirlenen özellikleriyle agrega üretim, dalga kıran, dolgu malzemesi, yüksek dayanımlı beton, yol balastı gibi pekçok endüstriyel alanda kullanılabilir özellikler taşımaktadır.

Anahtar kelimeler: Yalova-Taşköprü, Kumtaşı, Agrega, Petrografi, Beton

ABSTRACT: The present study covers geological, industrial utilization of Triassic sandstones called as "Tasköprü-Bordeaux Stone" occurring in an area of approximately 6km² in the Eastern of Yalova, Tasköprü. In the district, Triassic sandstones, siltstones, clayey limestones are unconformably lied upon the Pre-Permian aged metamorphic basement. Above the clastic series, Paleocene-Eocene volcano-clastic consecutive series are found. The youngest series are mainly composed of Neogen and Quaternary series. Tasköprü Bordeaux sandstones are found in the Triassic clastic sediments. Sandstones petrographically defined as iron bearing quartz-feldspar sandstones. Moreover they chemically contain 76% SiO₂, 88%Al₂O₃, 4.9 Fe₂O₃. By using physico-mechanical tests on the samples approximately 2.66 g/cm³ unit weight, 0.3% porosity, 0.1%water absorption and 1210 kg/cm² uniaxial compressive strength outcomes were determined. According to the evaluations, mentioned above, Yalova-Tasköprü Sandstones can be classified as massive, compact, extremely strong, unaltered and long lasting (durable) rocks. Sandstones have been successfully produced as industrial raw material for many years and can be utilized in the production of aggregates, breakwaters, filling materials and high strength concretes.

Key words: Yalova-Tasköprü, Sandstone, Aggregate, Petrography, Concrete

1. GİRİŞ

İnceleme alanı Yalova ili, Taşköprü Beldesi sınırları içerisinde olup, yaklaşık 6km²'lik alanda ve Bursa G-22C2 topografik paftası nda yer almaktadır (Şekil 1). Bu çalışmada inceleme alanında yayılım sunan Triyas yaşlı kumtaşlarının jeolojik ve endüstriyel değerlendirilebilirlik özellikleri ortaya konulmuştur. Bu kapsamda jeolojik hatitalama, kesit alımı ve örneklemeler yapılarak, örnekler üzerinde mineralojik-petrografik amaçlı inceleme ve tanımlamalar, XRD (X-Ray Difraktometre) çalışmaları ve yorumlamaları, kimyasal analizler ve fiziko-mekanik testler gerçekleştirilmiştir



Şekil 1. Çalışma Alanı Yer Bulduru Haritası

Sahadaki kumtaşlarının petrografik yönden, demir (hematit) çimentolu, esasen kuvars kristallerinden oluşan (%76 N-1), tali oranlarda feldspat, kalsit ve mika içeren kuvarso-fedspatik kumtaşları olarak tanımlanmışlardır. Kimyasal olarak, mineralojik verilere uyumlu oranlarında SiO₂ içerdikleri, fiziko-mekanik özellikleri ile porozite ve su emme oranlarının düşük, basınç dayanımlarının ise ortalama 1210 kg/cm² olduğu belirlenmiştir. Bu özellikleri ile agrega, deniz kıyı dolgu ve dalgakıran yapılarında, çeşitli metallerin püskürtme yöntemiyle pas temizlemede, yüksek dayanımlı özel beton yapılarında başarılı olarak kullanılabileceği kuşkusuzdur.

2. İNCELEME ALANININ KAYA BİRİMLERİ

İnceleme alanını içerisinde bulunduğu Armutlu Yarımadası genelinde, metamorfik

kayaçlardan oluşan temel üzerinde (Permien öncesi) Triyas ve Kretase yaşlı konglomeralar, kumtaşı, silttaşı ve killi kireçtaşı litolojileri ve bu birimler üzerinde Paleosen yaşlı volkanik ve klastik ardalanmalı istif gelmektedir. Neojen ve Kuvaterner çökelleri ise Eosen üzerinde uyumsuz olarak bulunurlar [1, 5, 12]. Erendil ve diğ.,[7] bölgedeki volkanitleri "Sarıcasu Volkanitleri" olarak adlandırmışlar ve bunlarla andezitik karakterli lav akıntıları ile onlarla ardalı olan piroklastik düzeyler halinde, camı, kristal ve litik geçişler gösteren tüfler ve bunlarla ardalı çökelleri olarak tanımlamışlardır.

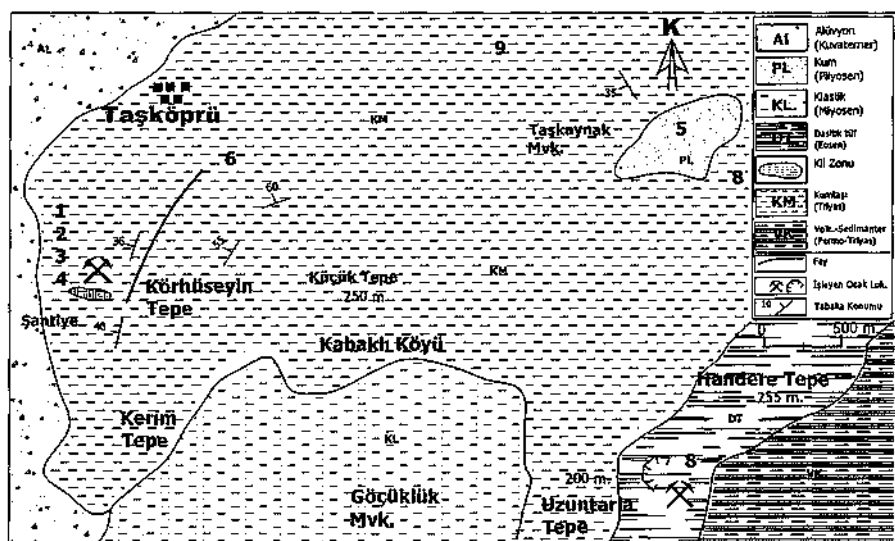
İnceleme alanında Triyas yaşlı kumtaşlarının oluşturduğu litoloji en yaygın birimdir. Birim fazla kırılğan olmayan masif ve kompakt yapı sunar. Genel tabakalanma orta kalınlıktadır. Sahanın batı kesiminde kumtaşları içerisinde KD-GB gidişli bir faya bağlı olarak hidrotermal getirimler sonucunda arjilik alterasyon gelişmiş, 10-15 m arasında değişen kalınlıkta bir kil zonu oluşmuştur. Triyas yaşlı kumtaşları (KM) üzerine gelen Eosen yaşlı volkanitler (lav ve piroklastikler-DT) ile Miyosen yaşlı kırıntılı klastik birimler (KL) sahada diğer formasyonları oluşturur. Tüm bu birimlerin üzerine güncel Kuvaterner çökelleri (AL) gelir. İnceleme alanında geniş bir alanda kumtaşları (KM) ve güney kesimde daha dar bir alanda Miyosen yaşlı klastik seriler bulunur (Şekil 2).

3. ÖRNEKLERİN İNCELENMESİ

Mineralojik-petrografik, kimyasal ve fiziko-mekanik inceleme amaçlı sahadan 9 adet çeşitli kaya örneği toplanmıştır. Laboratuvar çalışmaları kapsamında örneklerin öncelikle mineralojik-petrografik ve kimyasal analizleri gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan ince kesitler Leica marka polarizan (petrografik) araştırma mikroskopu altında (X okuler, X25, X63, X16 objektiflerde ve X10 okülerde) mineralojik bileşimleri ve dokusal özellikleri belirlenmiş, örnek tanımlamaları yapılmıştır. XRD incelemeleri için öğütülen ve toz haline getirilen örnekler Phillips X ışınları difraktometresi kullanılarak (Cu K α radyasyon, çekim hızı 2 θ = 1°/dk.) çeşitli XRD paternleri elde edilmiş ve bu veriler yorumlanmıştır. Tüm kaya kimyasal analizleri (Ana oksit bileşenler) AAS ve

gravimetrik yöntemler ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca örneklerden hazırlanmış küp şeklindeki düzgün parçalar üzerinde fiziko-mekanik amaçlı çeşitli testler

gerçekleştirilmiştir. İnceleme alanından derlenen çeşitli kayaç örneklerin tanımı, lokasyonları ve adlamaları Çizelge 1'de özetle verilmiştir.



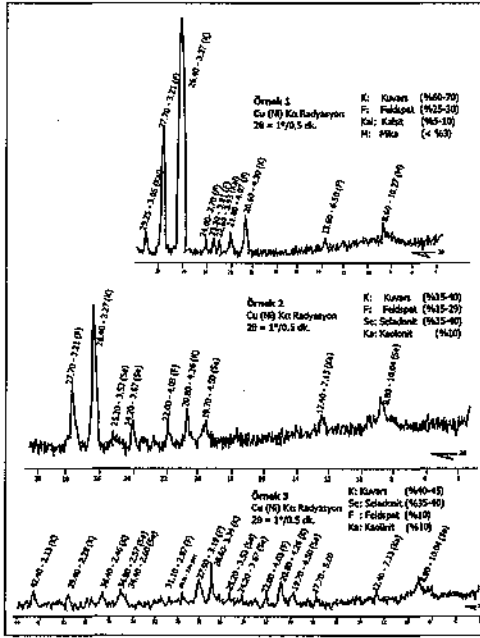
Şekil 2. İnceleme Alanı Jeoloji Haritası [11].

Çizelge 1. İnceleme Alanından Alınan Örneklerin Lokasyonları ve Makroskopik Tanımlamaları

Örnek	Lokasyon	Koordinat	Tanımlama
1	Açık işletme ocağı KD aynası	X=02038 Y= 04279 Z=38	Bordo tonda, masif kumtaşı
2	Açık işletme ocağı KD aynası	-	Altere kil ara zonundan (kalınlık 6 m.) alınan yeşil-bordo renkli killeşmiş kayaç örneği
3	Açık işletme ocağı KD aynası	-	Altere kil ara zonundan (kalınlık 6 m.) alınan yeşil-bordo renkli killeşmiş kayaç örneği
4	Açık işletme ocağı KB aynası	X=02030 Y=04255 Z=37	Altere kil ara zonundan (kalınlık 6 m.) alınan yeşil-bordo renkli killeşmiş kayaç örneği
5	Kabaklı Köyü, Taşkınak-Handere Sırtı Mevkii	X=05018 Y=05195 Z=237	Açılmış yarımdan alınan çok az pekleşmiş, sarımsı bej renkli kum.
6	Kabaklı Köyü KB' sı	X=02760 Y=04815 Z=228	Yol kenarı yüzlekten alınan bordomsu renkli, masif kumtaşı
7	Handere Tepe GB' sı, eski ocak işletmesi yakını	X=05145 Y=03545 Z=118	Yeşil renkli ince ve kısmen kaba taneli parçalardan oluşan dasitik volkanik tüf
8	Handere İçi	X=05676 Y=05255 Z=44	Yol kenarı yüzlekten alınan yeşilimsi-gri renkli, masif kumtaşı kayaç örneği
9	Çaydere içi, Kestane Bayırı Batısı	X=03970 Y=05690 Z=58	Masif kumtaşı içerisinde, 12 m. kalınlıktaki altere zondan alınan killeşmiş kayaç örneği

3.1. Petrografik İncelemeler

Mineralojik ve petrografik çalışmalar kapsamında sahadan derlenen örnekler öncelikle makroskopik ve hazırlanan ince kesitlerin polarizan mikroskop altında incelemelerden mineralojik bileşim, doku türü, tane boyu ve şekli ortaya konularak örneklerin petrografik tanımlamaları ve adlamaları yapılmış, ayrıca 1, 2, 3 numaralı örnekler üzerinde XRD (X-Ray difraksiyon) incelemeleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. N-1, N-2 ve N-3 Örneklerine Ait X-Ray Difraktogramları [11].

Kumtaşları makroskopik olarak; kahve rengi-bordo tonlarda, masif ve kompakt, yüksek sertliktedirler (Mohs 6.5-7). Kayaç örneklerinde çatlak, yüzeysel ve kimyasal bariz alterasyon izlenmemiştir. Asitte etkileşimde (%10 HCl) düşük dereceli reaksiyon izlenmiştir. Mikroskopik olarak, örnekler mikrotaneli, demirli çimentolu olup, kristal taneleri çoğunlukla yarı köşelidir. Gerek taneler arası ve gerekse tane-matriks arası kenetlenme (aderans) oldukça iyi durumdadır. Kuvars+Feldspat+Mika (muskovit+biyotit) başlıca mineralojik bileşimi

oluşturur. Kuvarslar köşeli-yarı köşeli, farklı tane boyulu, berrak, ince kılcal çatlaklı ve dalgali sönümlüdür. Feldspatlar genelde Albit ve nadiren Alkali Feldspat (ortoz) bileşimli olup, az oranda olsa serisitleşme izlenmiştir. Çimentoyu oluşturan Hematit genelde taneler çevresinde bazı plajioklasların çatlaklarında mikalarla ve kalsitlerle iç içedir. Kayaç oluşturan mineraller Hematit açısından zengin, demirli bir matriks ile kenetlenmişlerdir. Mineral tane boyları; Kuvars 0.06-0.4 mm, Feldspat 0.06-0.5 mm, Mika 0.035-0.5 mm arasında dağılım göstermektedir. Kumtaşları örneklerinde kayacın ana bileşeni Kuvars'dır. Feldspat ikinci bol oranda bulunan mineraldir. Hematit kayacda kalsit ile birlikte yer almaktadır. Kayacın yüksek kuvars içeriği, kayaç oluşturan minerallerin hematitce zengin, demirli bir matriks içinde kenetlenmiş olması kumtaşlarının rengini ve sertliğini veren unsurlardır. Kumtaşlarına ait mineralojik ve petrografik özellikler Çizelge 2'de özetle sunulmuştur.

Petrografik incelemesi yapılan diğer bir örnek Hendere Sırtı dolayından alınan 5 numaralı (N-5) örnektir. Makroskopik olarak açık sarı, genelde ayrık kum boyutu tanelerin izlendiği ve çakıl içermeyen örnekte taneler düşük küresellikte ve köşeli-yarı köşeli özelliktedir. Mikroskopik açıdan ana bileşen Kuvarstır (%80-85) ve diğer bileşen Feldspat (%8-9), Amfibol+Piroksen (%1-2), Epidot+Gröna (%2), Hematit (%2-3), Metamorfik kaya parçası (%1-2) oranlarında belirlenmiştir. Minerallerde bozuşma ve ayrışma izlenmemiştir. Örnek "Kuvarsa zengin kum" olarak tanımlanmıştır.

3.2. Kimyasal İncelemeler

Kimyasal incelemelerde 1, 2 ve 7 numaralı örneklerin kimyasal analizleri gravimetrik ve AAS (Atomik Abs. Spektrofotometresi) ile gerçekleştirilmiştir. Kimyasal analiz değerleri Çizelge 3'de verilmiştir. Çizelge 3'den ve çeşitli petrografik inceleme verilerinden görüleceği üzere sahadaki Triyas yaşlı kumtaşları (N-1) yüksek SiO₂ içeriklidir. Bu örnek aynı zamanda önemli oranda Fe₂O₃ içerir. Bu durum matriksteki Hematitin varlığını işaret eder. Ayrıca kayaçta önemli bir ayrışma ve bozuşma izlenmemiştir.

Bu durum kumtaşlarının dayanımlı ve sert özellikte olmalarının bir göstergesidir [2, 8]. Benzer şekilde N-2 nolu örnek yakın lokasyondan alınan kil örneğidir. Kil mineral türü yüksek Fe ve K içeren Seladonittir. Örnek bu nedenle adı geçen elementlerce zengindir. Bir diğer örnek N-7 numaralı olan, Handere lokasyonundan alınan volkanik tuf örneğidir.

Mineralojik açıdan tüfler yüksek oranlarda zeolit (Klinoptilolit %65-75), %10-15 Kuavars, %5-10 Feldspat ve %10 Opal-C içermektedirler [11]. Analiz değerleri zeolit mineralini yansıtır. Kimyasal analiz ve özellikle petrografik incelemelerden hareketle, örneğin (N-7) Zeolit minerali içeren, Ca açısından zengin, "Ca-klinoptilolitli tuf olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 2. N-1, N-2 ve N-7 Numaralı Örneklere Ait Kimyasal Analiz Sonuçları

Bileşen	N-1	N-2	N-7
SiO ₂	75,70	58,60	67,50
Al ₂ O ₃	8,80	12,96	11,90
Fe ₂ O ₃	4,90	7,45	1,47
MgO	1,40	5,44	0,94
CaO	1,85	0,80	3,22
Na ₂ O	2,33	1,00	0,40
K ₂ O	2,16	5,78	2,80
A.Z.	4,10	8,14	9,85
BaO	-	-	0,35
SrO	--	-	0,18

3.2. Fiziko-mekanik İncelemeler

Fiziksel inceleme kapsamında inceleme sahasındaki Triyas yaşlı kumtaşlarından alınan 1 numaralı (N-1) örneği üzerinde 5 ayrı parçada çalışılmıştır. Bu kapsamda özgül ağırlık, kurubirim hacim ağırlık, porozite, su emme- tek eksenli basınç dayanımı ve Los Angeles aşınma testi yapılmıştır (Çizelge 3). Örneğe ait özgül ağırlık 2.66g/cm³, kuru birim ağırlık 2.67 g/cm³, ağırlıkça su emme %0.1, porozite %0.3 ve tek eksenli basınç dayanımı 1210 kg/cm² ortalama değerlerine sahiptir. Özgül ağırlığın fazla olması dokunun kompakt olmasını ve kayacın mekanik ve kimyasal etkilere dayanımlılığını artırır [10]. Su emme özelliği ise dayanım ve büzülme ile birlikte durabiliteyi etkiler ve oranın maksimum

%2 olması gerekir [4]. Kayacın porozitesi %3 oranıyla [3, 4, 9]'a göre kompakt kayaç sınıfında yer alır, tek ksenli basınç dayanım değerli ise [6]'nın sınıflamasına göre yüksek dirençli kayaç grubunda sınıflandırılabilir. Bu fizisel değerler, tipik olarak sağlam-yüksek dayanımlı kaya grubunu işaret etmektedir. Malzemenin mekanik özelliğinin ve aşınma direncinin belirlenmesi amacıyla Los Angeles aşınma deneyi (500 devir) yaklaşık 7 kg'lık kumtaşı örneği üzerinde gerçekleştirilmiş olup, sonuç %22 bulunmuştur. Bu değer, aşınma oranı değeri olarak [3, 4]'e göre oldukça iyi-dayanımlı özelliktedir. Genelde %50'nin altındaki değerler "çok iyi" olarak kabul edilebilir.

Çizelge 3. Kumtaşı Örneğine Ait Fiziko-mekanik Test Sonuçları

Deney (N-1)	1. Parça	2. Parça	3. Parça	Ortalama
Özgül ağırlık (g/cm ³)	2.67	2.650	2.660	2.660
Kuru birim hacim ağırlık (g/cm ³)	2.67	2.67	2.67	2.67
Ağırlıkça su emme (%)	0,10	0,10	0,10	0,10
Porozite (%)	0,30	0,30	0,30	0,30
Basınç dayanımı (kg/cm ²)	1390	1265	1069	1210
Los Angeles-aşınma (%)	%22 (500 devir)			

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

İnceleme sahasından (Yalova-Taşköprü) derlenen 9 adet örneğin laboratuvarlarda mineralojik-petrografik, jeokimyasal, fiziko-mekanik inceleme ve testleri yapılarak, yorumlamalar yapılmıştır. Sahada açık işletme ocağından Triyas yaşlı kumtaşları üretilmektedir. Bu kayaç grubu, incelemelerden; yüksek kuvars içerikli, çimentosu demirce zengin, tane kenetlenmesi mükemmel, açık bir ayrışmanın ve bozuşmanın gözlenmediği “kuvarso-feldspatik kumtaşı” özelliğindedir. Bu özellikler kayacın sert ve dayanımlı olmasını sağlamıştır. Fiziko-mekanik testlerden özgül ağırlık 2.65-2.67 g/cm³, porozite %0.3, ağırlıkça su emme %0.1, tek eksenli basınç dayanımı 1069-1397 kg/cm² değerlerinde elde edilmiştir.

Kumtaşı örnekleri kimyasal olarak da mineralojik verilere uyumlu ortalama %76 SiO₂ içermektedirler. Elde edilen sonuçlara göre çalışma sahası içerisinde yer alan kumtaşları sağlam-yüksek dayanımlı kaya kalitesine sahiptir. Bu özellikleriyle inceleme sahasında yer alan kumtaşları agrega üretimi, deniz kıyısı dolgu, dalga kıran, balast gibi ve yüksek kuvars içeriği, kristal şekil özellikleriyle çeşitli alet ve araçların (boru, kazan vs.) püskürtme yöntemi ile pasların temizlenmesinde ve yüksek dayanım özellikli beton yapımında başarılı kullanımı olacağı kuşkusuzdur.

Kumtaşlarındaki kimyasal bazda ortalama % 76'ya varan oranlardaki SiO₂ içeriği sahadaki tüm lokasyonlarda benzer, oranlarda olması beklenemeyebilir. Ancak bir zenginleştirme ile %80' nin üzerinde SiO₂ değerine ulaşılabilir. Bu da kayacı demirin uzaklaştırılmasıyla (manyetik ayırma veya flotasyon) toplam Fe₂O₃ azalacak, ve %80 üzerinde SiO₂ ihtiva eden malzeme elde etmek mümkün olacaktır. Diğer bir alternatif yöntem ise feldspatların flotasyonu ile SiO₂ oranının artırılmasıdır.

Sahada Triyas yaşlı kumtaşları içerisinde hidrotermal alterasyon sonucunda merceksekilli arjilik zonlar gelişmiştir. Bu zonlar saha içerisinde KD-GB gidişli faya bağlı olarak devamlılık gösterirler. Arjilik zon yüksek oranda kil minerali içerir. Kil mineral tipi

“Seladonit” dir. Bu tür yüksek oranda demir ve potasyumludur. Bu malzemenin ayrıca endüstriyel hammadde olarak değerlendirilmesi yoluna gidilebilir.

Bir diğeri Hendere Mevkii çevresinde volkanik tüflerin varlığıdır. Bunlar dasitik özellikte, camsı toz ve kül tüfler olarak belirlenmiştir. Tüflerin yüksek oranda zeolit içerdiği ve zeolit mineralinin ideal bir tür olan ve endüstriyel hammadde olarak büyük öneme sahip “klinoptilolit olduğu XRD çalışmalarından belirlenmiştir. Bu malzeme katkılı çimentoda doğal puzzolan, tras olarak kullanılabileceği gibi maden kapsamında (%50 üzerinde zeolit içeren kayaç grubu) değerlendirilebilir.

Kaynaklar

- [1] Akartuna, M., Armutlu Yarımadası'nın Jeolojisi, İstanbul Üniversitesi Fen Fak. Monografisi, 20, 1-105 1968.
- [2] ASTM C 295, “Petrographic Examination of Aggregates for Concrete”, Annual Book of ASTM Standards, 1994.
- [3] ASTM C131, “Standart Test Method for Resistance to Abrasion of Small Size Coarse Aggregate By Use of the Los Angeles Machine” Annual Book of ASTM Standards, 1996
- [4] ASTM C33, “Standart Specifications for Concrete Aggregates”, Annual Book of ASTM Standards, 1986
- [5] Barga, S., Sakıncı, M., 1989/1990, İzmit Körfezi ile İzmit Gölü Arasında Kalan Bölgenin Jeolojisi ve Yapısal Özellikleri, *İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Yer Bilimleri Dergisi, İstanbul*, 7, 45-76.
- [6] Deere, D.U., and Miller, R. P., “Engineering Classification and Index Properties of Intact Rocks, *Technical Rept. No AFNL-TR-116, Air Force Weapons Laboratory, N. M.*, 1966.
- [7] Erendil, M., Gönçüoğlu, M.C., Tekeli, O., Aksay, A ve Kuşcu, İ., “Armutlu Yarımadasının Jeolojisi, *MTA Raporu, No9165, 51s (Yayınlanmamış)*.

[8] Koç, A., "Betonda Kullanılan Agregaların Petrografisinin Beton Mukavemetine Etkisinin Araştırılması", *I.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 2001.

[9] Tarhan, F., "Mühendislik Jeolojisi Prensipleri", *KTÜ Yayınları, Trabzon*, 1989.

[10] TS 3526, "Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini" Türkiye Standartları Enstitüsü, 1980.

[11] Uz, B., "Yalova İli Merkez İlçesi Taşköprü Beldesi Jeolojik Etüd ve Endüstriyel Hammadde Değerlendirme Projesi Raporu, 25 s, (İTÜ Maden Fak., yayınlanmamış).

[12] Uz, B., Bacak, G., Gedikoğlu, A., Evaluation of Granite and Pegmatite Occurances of Armutlu Peninsula (İhsaniye, Karamursel, Kocaeli-Turkey) as a Ceramic Raw Material, *39th Forum on the Geol. of Indust. Min., May 18-24, Nevada-USA*, 2003.

Üretim Çalışmaları Biten Bir Taşocağının Reklamasyonu:Örnek uygulama

Reclamation of a quarry "case study"

C. Atilla Öztürk, Cengiz Kuzu, Gündüz Ökten, Nuh Bilgin

İTÜ, Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 34390, Maslak, İstanbul
ozturkc1@itu.edu.tr, kuzu@itu.edu.tr

ÖZ: Bu çalışmada, İstanbul İli Küçükçekmece İlçesi Güvercintepe Mahallesinde bulunan çalışılmış bir taş ocağının reklamasyonu için gerçekleştirilen çalışmalar özetlenmiştir. Çalışılmış taş ocağı, heyelan, şev kayması ve benzeri tehlikelerin yanı sıra söz konusu arazinin tekrar kullanılamaması açısından son derece önemlidir. Özellikle, İstanbul gibi büyük metropollerde arazi değerlerinin yüksek olması ve zor bulunabilmesinden dolayı bu tip eski çalışılmış ocakların tekrar değerlendirilmesi, şehir planlamacılığı ve ekonomik olması açısından büyük önem arz etmektedir. Söz konusu taş ocağının reklamasyon çalışmasının gerçekleştirilmesi ile açılmış olan açık ocak madeninin İstanbul iline ait katı atıklar ile doldurulması projelendirilmiştir. Bu durum, işletmeye çok önemli bir karlılık sağlamanın yanında, atık problemlerinin çözülmesi açısından da önemli olmaktadır. Bunun yanında, eski maden ocağının katı atıklar ile doldurulması işleminden sonra sahanın tekrar değerlendirilmesine yönelik projelendirilme de gerçekleştirilmiş ve bu bölgenin kamunun veya şehir halkının ihtiyaçlarına yönelik yeni bir arazi olarak değerlendirilmesi sağlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Taş Ocağı, Reklamasyon, Dolgu, Atık

ABSTRACT: This paper is a summary of a research project concerning the rehabilitation of a quarry situated in Istanbul, Küçükçekmece-Güvercintepe Region. These types of quarries where the operating activities are terminated are the main source of visual pollution and they become uncontrollable waste deposits by time causing very difficult remediation problems. If the necessary safety precautions are not taken, landslides block failure or slope stability problems cause serious fatal incidents. These types of problems are very important especially in big cities like Istanbul and rehabilitation of such quarries become an obligation by law. The main objective of the rehabilitation project of this quarry was to plan a filling program with solid wastes from demolishing areas in order to obtain the initial topographic lines. This will enable to contribute to solve the waste disposal problems of the region with an important economical contribution to the quarry owner. In the second phase of the project, it is also planned to organize a recreation area for public use.

Key Words: Filling, Quarry, Reclamation, Waste

1. GİRİŞ

Yeryüzünde karşılaşılan birçok çevre sorununun ana nedeni, varolan dengenin insanlar tarafından bozulmasıdır. Bu dengenin bozulmasında diğer endüstriyel faaliyetlerin yanı sıra madencilik faaliyetlerinin de bir etkisi bulunmaktadır. Maden ve doğal taş işletmeciliği sırasında meydana gelen bozulmalar iki grupta toplanabilir.

a- Doğrudan Bozulma: Maden ocağı çalışma sahasındaki dekapaj ve atık yığınları ile madencilik tesislerinin inşa edildiği diğer alanlardaki toprak ve bitki örtüsünün yok edilmesi sonucu meydana gelir.

b- Dolaylı Bozulma: Eski maden hafriyat alanları, dekapaj malzemesi ve atık yığınları ile maden binaları ve cevher hazırlama - zenginleştirme tesislerinin bulunduğu yerlerde toprak yapısı ve toprağın kimyasal, özellikleri, toprak - su ilişkileri, bitki örtüsü, yerel iklim, insan ve hayvan sağlığının değişime uğraması gibi olaylar görülebilir.

Yeniden düzenleme çalışmaları planlama, yeniden düzenleme ve iyileştirme olarak adlandırılabilir.

1.1. Yeniden Düzenlemede Temel İşlemler

Açık işletme madenciliğinde, maden veya doğal taş üretimine başlayabilmek için en üstte bulunan doğal örtü kaldırılmaktadır. Diğer bir deyimle bu girişim sonucu, ağaçlar kesilmekte, yeşil örtü tahrip olmakta, yüzey ve yeraltı sularının rejimi değişmekte, bitkisel toprak kazılarak uzaklaştırılmaktadır. Maden (veya doğal taş) yatağına ulaştıktan sonra da kazı işlemi devam etmekte, belirlenen nihai ekonomik derinliğe kadar inilmektedir. Söz konusu faaliyetler sonucu çevrede oluşan tahribat aşağıdaki şekilde özetlenebilir [1].

- Bozulmuş topoğrafya, çıplak şevler, çorak ve düzensiz toprak yığınları, su birikintileri bölgenin doğal fizyonomisini olumsuz yönde etkilemektedir.
- Terk edilen sahalar, zararlı atıkların kontrolsüz bir şekilde depolanmasına uygun alanlar haline gelmektedir.
- Sahadan elde edilebilecek ekonomik getiri ortadan kalkmaktadır.
- Sahanın ekolojik konumu bozulmakta mikroflora ve fauna zarar görmektedir.

- Su birikintileri sivrinenek ve diğer haşerelerin üremesine uygun ortamlar haline gelmekte, kontrolsüz alanlarda boğularak ölüm olaylarına ortam hazırlamaktadır.
- Yüzey sularının akış rejimi bozulmakta, yeraltı suları kirlenmektedir.

Belirtilen nedenlerle, üretim faaliyetleri sonrası sahaların yeniden düzenlenerek ikincil kullanım alternatiflerinin oluşturulması gerekir. Bu amaca yönelik çalışmalar sırasıyla; ocakta kazı sonrası oluşan hacimlerin yeniden doldurulması, doğunun tesviyesi, zararlı atıkların tehlike yaratmayacak şekilde ocak içinde veya dışında depolanması, üst toprak tabakasının döşenmesi ve iyileştirilmesi, bitkilendirme, çeşitli su ve kültür yapıları oluşturma gibi temel madencilik ve reklamasyon faaliyetlerini kapsamaktadır.

1.2. Yeniden Düzenleme Çalışmaları Sonrası Arazi Kullanım Alternatifleri

Madencilik faaliyetlerinin neden olduğu arazi tahribatını düzeltmek, ekolojik ve ekonomik açıdan olumlu sonuçlar elde edebilmek için iyileştirme (geri kazanma) çalışmaları yapılmaktadır. Geri kazanma ile ilgili planlamalarda değişik beklentilerin ve işlevlerin olabildiğince yerine getirilmesine çalışılır. Geri kazanma koşulları ve ona yönelik beklentiler bölgeden bölgeye farklılıklar gösterse de, geçmişte arazinin zirai amaçlar için kullanılmasına öncelik verilmiştir. Ancak son yıllarda, büyük şehirlerde dinlenme ve eğlenme amaçlı halka açık alanların (rekreasyon alanları) yetersiz kalması, düzenlemelerin bu yönde yapılması konusunda karar mercilerini etkilemektedir.

İyileştirme (geri kazanma) çalışmaları sonrası arazi kullanımı ile ilgili alternatifler aşağıda sunulmuştur.

- Ziraat (Tarım, bahçe, mera vs.),
- Ormancılık (Ticari ve ticari olmayan),
- Rekreasyon (Eğlence ve dinlenme yerleri, parklar, halka açık alanlar),
- Göletler (Toplumsal ihtiyaçlar, balıkçılık, sulama),
- İnşaat (Hafif endüstriyel binalar, konut ve hizmet binaları),

- Yaban hayatının korunması (Doğal koruma alanları) [2,3,4].

2. İR 2549 SAYILI İŞLETİLMİŞ TAŞ OCAĞININ DÜZENLENMESİ

2.1. Taş Ocağının Konumu

İnceleme konusu İR 2549 sayılı taş ocağı İstanbul İli, Küçükçekmece İlçesi Güvercintepe Mahallesi'nde bulunmaktadır. Ocak alanı 1/1000 ölçekli F21 - d - 20b- 2a,b,c paftalarında yer almaktadır. Ocak sahasının WE ve EW yönlerinden görüntüsü Şekil 1' de görülmektedir.

Sahanın batı sınırının hemen altından, kuzey - güney doğrultusunda karayolu geçmektedir. Karayolu ile bağlantılı, ocak sahasına kadar uzanan ulaşım yolları vardır. Bu nedenle ulaşımı sorunu bulunmamaktadır. Elektrik enerjisi temini sorun oluşturmamaktadır. İSKİ Genel Müdürlüğü'nün İBB Çevre Koruma ve Geliştirme Başkanlığı'na yazdığı 21.11.2005 tarih ve 18769-25400-133006 sayılı yazıdan, söz konusu alanın

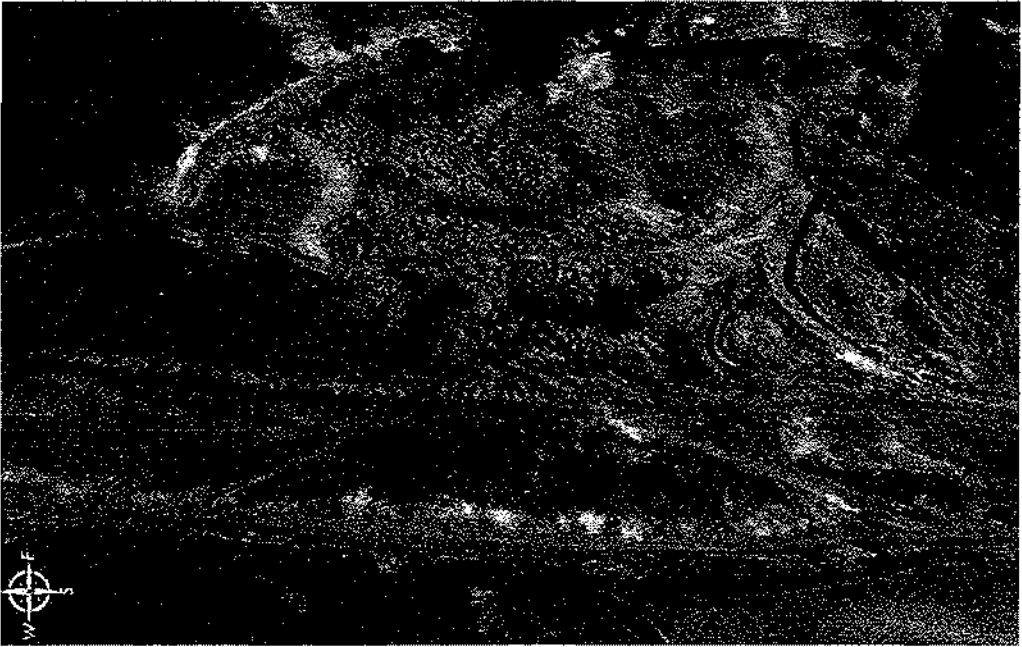
yüzeysel su toplama havzası dışında olduğu belirtilmektedir.

Ocaktaki üretim faaliyetleri, yerleşim alanlarının ocak sınırlarına yaklaşması nedeniyle 1998 yılı başında durdurulmuştur. Yerinde yapılan incelemede, üretim çalışmalarının durdurulmasından sonra açılan boşlukların plastik, cam ve evsel atıklarla doldurulmaya başlandığı görülmüştür. Ayrıca, sahanın kuzey kesimine hafriyat malzemesi ve inşaat atıklarının da döküldüğü belirlenmiştir.

Ocak sahası denetim altına alınmadığı takdirde, yörede hızla gelişen düzensiz yapılaşma ve nüfus artışına paralel olarak, zararlı ve tehlikeli atıklar da dahil her türlü katı ve sıvı atığın depolandığı bir yer haline gelecektir.

2.2. Yeniden Düzenleme Çalışmaları

Ocaktaki yeniden düzenleme çalışmalarına, üretim faaliyetleri sonucunda açılan boşlukların doldurulması ile başlamak gerekir. Amaç, üretim öncesi topografik yapıya benzer bir yüzey şekli oluşturmaktır.



Şekil 1. Ocak sahasının KD - GB doğrultusunda görüntüsü.

Nitekim, 18 Mart 2004 tarih ve 25406 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe giren "Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği (HTİYAKY)" Madde 35'de (son paragraf); "Taşocağı ve açık maden işletmeleri gibi, malzeme ve cevher alınmak suretiyle doğal zeminin bozulduğu yerlerde de izin alınmak suretiyle bu atıklar depolanabilir" hükmü bulunmaktadır [5].

Üretim sırasında çıkarılan kireçtaşının yaklaşık tamamı değerlendirildiğinden, ocak sahası içinde veya yakınında dolgu işlemi için kullanılacak malzeme bulunmamaktadır. Dolgu malzemesinin ocak dışındaki hafriyat çalışmalarından elde edilecek toprak ve inşaat, yıkıntı atıkları ile karşılanması zorunludur. Yöre, sanayi bölgesi olması ve İstanbul'a yakınlığı nedeniyle, her türlü yapılaşma için tercih edilmekte ve inşaat çalışmaları yoğun bir şekilde devam etmektedir. Dolayısıyla, boşlukların doldurulması için gerekli materyalin temini sorun yaratmayacaktır.

Ocak sahasının "Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Depolaması" amacına yönelik olarak yeniden düzenlenmesi sırasındaki işlemler aşağıda ana hatlarıyla açıklanmıştır.

2.2.1. Sahanın Doldurulması

İncelenen ocak sahasının tamamen doldurulması durumunda vadilerin önünün kapanması söz konusudur. Bu nedenle vadilerin taban kotları korunarak dolgu yapılması uygundur. Her iki ocak aynasının (1 ve 2 No'lu aynalar) önünde kalan kazı alanlarının ayrı ayrı değerlendirilmesi ve tabanından başlayarak dilimler halinde yukarıya doğru doldurulması öngörülmüştür.

Atıkların depolama sahasına alınması ve depolanması aşamalarında HTİYAKY Madde 40 ve 41'de belirtilen hususlara eksiksiz olarak uyulması gerekmektedir [5].

Gelen dolgu malzemesi özelliklerine göre sınıflandırılmalı, mümkün olduğunca homojen bir döküm sağlanmalıdır. Hafriyat toprağı ile inşaat/yıkıntı atıkları birbirleri ile karıştırılmadan ayrı alanlarda depolanmalı, özellikle tabandaki ilk 2 -3 basamak sadece hafriyat toprağı ile doldurulmalıdır. Hafriyat malzemesi içinden çıkacak 1 m³'den daha büyük

kaya blokları ayrılarak en alttaki kademenin topuk kısmına yerleştirilmelidir.

Basamaklarda zamanla oluşacak deformasyonları sınırlandırmak için dolgu malzemesi serilip tesviyesi yapıldıktan sonra, kompaktörlerle sıkıştırılmalıdır.

2.2.2. Basamakların Boyutlandırılması

İyileştirme çalışmaları sonucunda basamakların insanların dolaşımına açılması tasarlandığından, kademe yüksekliklerinin "HTİYAKY Madde 43/c'de" belirtildiği şekliyle, 3 m olarak alınması kararlaştırılmıştır. Basamak genişlikleri yine aynı maddede belirtilen 5 m'den fazla olacaktır. Kademelerin genel eğim açısı 20° ile sınırlandırılmıştır [5].

2.2.3. Şevlerin Drenajı

Oluşturulan kademe düzlemi ile ocak aynası düzleminin arakesit çizgisi boyunca beton kaplama çevirme hendeği (derinlik 50 cm x genişlik 100 cm) açılarak yüzey sularının şeve girmesi önlenmelidir. Her 2 -3 basamakta bir açılacak hendeklere toplanan su yeterli eğim verilerek şev kenarlarından dışarıya atılmalıdır. Yüzey sularının hareketini hızlandırmak için basamak yüzeyine eğim verilmeli ve suyun toplanmasına neden olabilecek engeller ortadan kaldırılmalıdır. En etkili yüzey drenajı dar bıçaklı buldozerler tarafından açılan ve düzgün aralıklarla düzeltilen drenaj kanalları ile elde edilebilir.

2.2.4. Yollar

Depolama sahasına ulaşım ve saha içi ulaşım için kullanılacak yollarla ilgili özellikler "HTİYAKY Madde 41 i,j,k şıklarında" belirtilmiştir. Yollar her türlü hava şartlarında ulaşımına uygun, tozuma oluşturmayacak, sahaya gelen vasıtaların tekerleklerini kirliletmeyecek şekilde planlanmalıdır [5].

Bu özellikleri sağlayabilmek için öncelikle yol eğim ve genişliğinin sahadaki çalışma şartları dikkate alınarak seçilmesi gerekir. Eğimler yüklü kamyonların her türlü hava şartlarında zorlanmadan çıkabilecekleri değerde olmalıdır. Yol genişliği, yine kamyonların karşılıklı geçişine olanak verecek şekilde, çift şeritli yol esas alınarak belirlenmelidir. Maliyeti düşürebilmek için tek

şeritli yol inşa edilir, karşılıklı geçişi sağlamak için uygun yerlere cepler yapılabilir.

Yol yüzeyinin çakıl serilerek kaplanması ve drenajının gereken şekilde yapılması sorunları büyük ölçüde ortadan kaldırır.

2.3 Ocak Sahasına Depolanacak Malzeme Miktarı

Yukarıda ana hatları verilen "Yeniden Düzenleme Çalışmaları" nda ocak sahasında depolanacak malzeme miktarını hesaplamak için, 1/ 1000 ölçekli harita üzerinde ocak aynalarına (1 ve 2 No'lu aynalar) dik olarak kesitler alınmıştır. Kesitler üzerine mevcut topografiya, dolgu tasarımı, işletme sınırları, yollar, vadiler AutoCAD programı ile işlenmiştir. 1 ve 2 No'lu aynaların önündeki sahalara depolanacak malzeme miktarları da aynı program kullanılarak hesaplanmıştır.

Çizelge 1'de, Kesit Alanları, Ortalama Alan ve Kesitler Arası Mesafeler verilmiştir. Ayrıca sahada depolanabilecek dolgu malzemesi miktarı hesaplanmış olup, Çizelge 1'de görüldüğü üzere yaklaşık 750.000 m³ tür.

Çizelge 1. Ocakta depolanabilecek malzeme miktarı (m³)

Alan (m ²)	Ortalama Alan (m ²)	Mesafe (m)	Hacim (m ³)
89,2			
1.423,83	756,515	40	30.260,60
2028,38	1.726,11	40	69.044,20
3.820,49	2.924,44	40	116.977,40
1.629,81	2.725,15	40	109.006
295,32	962,565	40	38.502,60
74,65			
2.460,88	1.267,77	57,26	72.592,22
3.399,08	2.929,98	50,39	147.641,69
2.006,22	2.702,65	49,31	133.267,67
339,81	1.173,02	27,69	32.480,79
Toplam Hacim (m ³)			749.773,17

3. SONUÇLAR

İnceleme konusu İR 2549 sayılı taş ocağı İstanbul İli, Küçükçekmece İlçesi Güvercintepe Mahallesi'nde bulunmaktadır. Ocak alanı 1/1000 ölçekli F21 - d - 20b- 2a,b,c paftalarında yer almaktadır.

Sahanın batı sınırının hemen altından, kuzey-güney doğrultusunda karayolu geçmektedir. Karayolu ile bağlantılı, ocak sahasına kadar uzanan ulaşım yolları vardır. Bu nedenle ulaşım sorunu bulunmamaktadır. Elektrik enerjisi temini bakımından ise sorun bulunmamaktadır. İSKİ Genel Müdürlüğü'nün İBB Çevre Koruma ve Geliştirme Başkanlığı'na yazdığı 21.11.2005 tarih ve 18769-25400-133006 sayılı yazıdan, söz konusu alanın yüzeysel su toplama havzası dışında olduğu belirtilmektedir.

Ocaktaki üretim faaliyetleri, yerleşim alanlarının ocak sınırlarına yaklaşması nedeniyle 1998 yılı başında durdurulmuştur.

Üretim faaliyetlerinin durdurulmasından sonra açılan boşlukların plastik, cam ve evsel atıklarla doldurulmaya başlandığı görülmüştür. Ayrıca, sahanın kuzey kesimine hafriyat malzemesi ve inşaat atıklarının da döküldüğü belirlenmiştir.

Ocaktaki üretim çalışmalarının durdurulmasından bugüne kadar geçen dönemde meydana gelen olumsuz gelişmelere son verebilmek için sahada en kısa zamanda yeniden düzenleme ve iyileştirme çalışmalarına başlanması gerekmektedir.

Yeniden düzenleme çalışmalarının ilk aşaması ocak sahasında üretim çalışmaları sonucu oluşan boşlukların doldurulması ve üretim öncesi topografiya benzer bir yüzey şekli oluşturmaktır.

Üretim sırasında çıkarılan kireçtaşının yaklaşık tamamı değerlendirildiğinden, ocak sahası içinde veya yakınında dolgu işlemi için kullanılacak malzeme bulunmamaktadır. Dolgu malzemesinin ocak dışındaki hafriyat çalışmalarından elde edilecek toprak ve inşaat, yıkıntı atıkları ile karşılanması zorunludur.

İncelenen ocak sahasının tamamen doldurulması durumunda vadilerin önünün kapanması söz konusudur. Bu nedenle vadilerin taban kotları korunarak dolgu yapılması uygundur. Her iki ocak aynasının (1 ve 2 No'lu

aynalar) önünde kalan kazı alanlarının ayrı ayrı değerlendirilmesi ve tabanından başlayarak dilimler halinde yukarıya doğru doldurulması öngörülmüştür.

Atık depolama tesisinin oluşturulması, atıkların kabulü, depolanması vb. konularda, 18 Mart 2004 tarih ve 25406 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe giren “Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği (HTİYAKY)” hükümleri esas alınmalıdır.

Gelen dolgu malzemesi özelliklerine göre sınıflandırılmalı, mümkün olduğunca homojen bir döküm sağlanmalıdır. Hafriyat toprağı ile inşaat/yıkıntı atıkları birbirleri ile karıştırılmadan ayrı alanlarda depolanmalı, özellikle tabandaki ilk 2 -3 basamak sadece hafriyat toprağı ile doldurulmalıdır. Hafriyat malzemesi içinden çıkacak 1 m³’den daha büyük kaya blokları ayrılarak en alttaki kademenin topuk kısmına yerleştirilmelidir.

Basamaklarda zamanla oluşacak deformasyonları sınırlandırmak için dolgu malzemesi serilip tesviyesi yapıldıktan sonra, kompaktörlerle sıkıştırılmalıdır.

İyileştirme çalışmaları sonucunda basamakların insanların dolaşımına açılması tasarlandığından, kademe yüksekliklerinin “HTİYAKY Madde 43/c’de” belirtildiği şekliyle, 3 m olarak alınması kararlaştırılmıştır. Basamak genişlikleri yine aynı maddede belirtilen 5 m’den fazla olacaktır. Kademelerin genel eğim açısı 20° ile sınırlandırılmıştır.

Yüzey sularının hareketini hızlandırmak için basamak yüzeyine eğim verilmeli ve suyun toplanmasına neden olabilecek engeller ortadan kaldırılmalıdır. En etkili yüzey drenajı dar bıçaklı buldozerler tarafından açılan ve düzgün aralıklarla düzeltilen drenaj kanalları ile elde edilebilir.

Depolama sahasına ulaşım ve saha içi ulaşım için kullanılacak yollarla ilgili özellikler “HTİYAKY Madde 41 i,j,k şıklarında” belirtilmiştir. Yollar her türlü hava şartlarında ulaşımına uygun, tozuma oluşturmayacak, sahaya gelen vasıtaların tekerleklerini kirletmeyecek şekilde planlanmalıdır.

Sahada depolanması mümkün olabilecek dolgu malzemesi miktarı yaklaşık 750.000m³ olarak hesaplanmıştır.

Çeşitli alternatiflerin değerlendirilmesi sonucunda, ocak sahası için en uygun seçeneğin “Orman ve Rekreatyon Amaçlı İyileştirme” olduğu belirlenmiştir.

Sahalarda yapılacak ağaçlandırma ile ilgili çalışmalarda 09 Ekim 2003 tarih ve 25254 sayılı resmi gazetede yayınlanan “Ağaçlandırma Yönetmeliği” esas alınmalıdır [6].

Kaynaklar

[1] Kara, D., “TKİ Kurumu Bünyesindeki Açık Ocak Linyit İşletmelerinde Madencilik Faaliyetleri Nedeniyle Bozulan Sahaların Yeniden Düzenlenmesi ve İyileştirilmesi Uygulamaları”, Üretimi Bitmiş Maden Ocaklarının Sıhhileştirilmesi ve Yeniden Doğaya Kazandırılması Sempozyumu, 12-13 Ekim 1992, Editör S. Atabay, İstanbul, s.156 - 168.

[2] Evirgen, M.M., Onocak, T., “Madencilik Faaliyetlerinden Sonra Çevrenin Düzenlenmesi ve İyileştirilmesi” TMMOB Jeoloji Müh. Odası Yayınları, No.21, 23 s., 1984

[3] Kuzu, C., Ökten, G., Nasuf, E., “Kömür Ocaklarının Çevre Düzenlemesi” KÖMÜR, Özellikle, Teknolojisi ve Çevre İlişkileri” Editör: O. KURAL, Özgün Ofset Matbaacılık AŞ, s. 585 – 601, 1998.

[4] Stürmer, A., “Ren Bölgesindeki Linyit Kömürü Yataklarında Yeniden Canlandırma”, Üretimi Bitmiş Maden Ocaklarının Sıhhileştirilmesi ve Yeniden Doğaya Kazandırılması Sempozyumu, 12 – 13 Ekim 1992, Editör S. Atabay, İstanbul, s.. 169-178.

[5] Anon., “Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü”, Resmi Gazete, Sayı: 25406, 18 Mart 2004.

[6] Anon., “Ağaçlandırma Yönetmeliği”, Resmi Gazete, Sayı: 25254, 9 Ekim 2003.

KIRMA TAŞ / MAKİNA

Crushed Stone / Machinery

Tarık Hazneci; Alkan Yerlikaya
alkan.yerlikaya@burcelik.com.tr

Öz: Bursa’da Organize Sanayi Bölgesi’nde fabrikaları olan BURÇELİK, 1968’den beri kırıcı, elek, yıkayıcı, besleyici, konveyör vb. makine / teçhizat imalatı yapıyor, yurt içine ve yurt dışına tesisler kurmaktadır. Bu sunumda, yol inşaatı ve beton imalatı yapanlara satmak üzere kırmataş üretimi yapan kişi ve kuruluşlar için yararlı olacağını düşündüğümüz bazı pratik bilgiler, notlar ve çizimler verilmiştir. Özellikle sert taşlar söz konusu olduğunda, makine yapımcıları ve kırmataş üreticileri, taşın “kırılabilirliğinin” göstergesi olabilecek verilere kolayca ulaşamıyor. Zira ülkemizde, işlenen sert taşlar için, yer ve ocak belirterek hazırlanmış “kırılabilirlik göstergeleri”ni içeren bir rapor yayınlanmış değildir. Ümit ve temennimiz odur ki, İTÜ Maden Fakültesi, “kırma taş” konusundaki çalışmalarının arkasından “taş kırma” konusunda da araştırma ve yayın faaliyetlerini başlatarak, ülkemizde ağırlığı olan bu iş sektörüne hizmette bulunur.

Anahtar kelimeler: Taşocağı, Makina tesis, İşletme,

1.GİRİŞ:

Yatırım planlarken: Bir kırma / eleme tesisi kurmayı planlayan yatırımcı, BURÇELİK'den teklif isterken, aşağıdaki hususları göz önünde bulundurmalıdır;

- Kırılacak taşın cinsi kesin olarak belirlenmiş olmalı, fiziksel / mekanik özellikleri belli değilse (ölçülmemişse) bir numune getirmelidir.

- Ocak yapısı iyi incelenmelidir. Killi malzeme ve yapışkan toprak içeriği yüksek olan ocaklar, yıkamalı tesisler kurulsa bile, büyük işletme zorlukları ve yüksek maliyetler getirir; çoğu zaman da istenilen temizlikte ürün elde edilemez.

- Tesise verilecek (ocaktan gelen) malzemedeki irilik dağılımı çok değişken ise ve / veya kırıcıya beslenen miktar gereğince kontrol edilemeyecekse, kırıcıların performansında ve veriminde öngörülmeden değişiklikler / düşüşler ortaya çıkar, nihai ürün gradasyonlarında tutarsızlıklar görülür.

2. TESİS VE BURÇELİK

- Beslenmenin üniform olması ve sürekliliğinin sağlanması önemlidir. Konik ve tersiyer kırıcılar, primerden sonra oluşturulacak bir ara stoktan (kontrollü şekilde) beslenirse, istenen performans ve verim elde edilir.

- Belli ürünleri belli miktarda elde etmeye yönelik bir şartname ile yola çıkmışsa, buna göre kurulacak olan tesisi, daha sonra, farklı bir üretim tarzına göre çalıştırmak kolay / mümkün olmayabilir.

2.1. Kırma, ince kırma, aşınma:

Taşı "sıkıştırıp ezerek" kıran makineler şunlardır;

- çeneli kırıcılar
- silindirik kırıcılar
- konik kırıcılar

Bunlar, belli bir (sabit) kırma aralığına ayarlanarak çalıştırılırlar. Çıkan malı eleyip elek üstünü aynı kırıcıya geri göndermemiz halinde, "kırma aralığı"ndan daha küçük ölçüdeki taşların büyük bir kısmı, kırılmadan kırıcıdan çıkar. Bu nedenle bu kırıcılara geri dönüş verilmez. Ancak bazı özel hallerde, kırıcı tam dolu çalıştırılabilecekse, %15'e

kadar elek üstü (iri) taşlar döndürülerek yeniden kırılmaları sağlanabilir.

- Orta ve büyük kapasiteli tesislerde ilk kaba kırma çeneli kırıcılarla yapılır (primer kırıcı). Sert taş kırılacaksa çeneli kırıcı şarttır. Son yıllarda, kalker ve benzeri taşlar için, primer olarak gittikçe artan oranda özel darbeli kırıcılar kullanıyoruz. Bunların üstünlüğü, aynı irilikteki taşı, çeneli kırıcının iki katı büyüklüğünde motor kullanarak, onun iki katı kapasitede kırmaları ve daha ince bir ürün dağılımı vermeleridir. Üstelik bu özel darbeli kırıcının fiyatı, yerini aldığı (yarısı kadar kapasite veren) çeneli kırıcının altındadır. Bu "özel primer darbeli kırıcıyı kullanmakla tesisin geri kalan kısmında da yatırım maliyeti düşer: İnce ürünün fazlaca istendiği tesislerde, primer olarak çeneli kullanılması halinde, bir sekonder ve bir de tersiyer kırıcı gerekirken, "özel primer darbeli" kullanıldığında, çoğu zaman, sadece bir adet ikinci kırıcı ("tersiyer") kullanmak yeterli olabiliyor. Özel darbeli kırıcıya topraksız (ızgaralı bir ön elekten geçirilmiş) malzeme verilmesi ve beslemenin daha dikkatli yapılması gerekir.

- Beton imalatında ve asfalt yol yapımında, genelde -25 mm mıcır istendiğinden, primerden sonra bir "ikinci kademe kırıcı" gerekir. Bu kırıcı, tercihen "darbeli" tipten seçilir. Zira, bu kırıcıda kırılan yassı taşlar kübik olarak çıkar ve geri dönen elek üstü yeniden ufaltılabilir. Eğer taş aşırı sert ve aşındırıcı değil ise, icabında özel malzemeden dökülmüş çekiçler ve çarpma plakaları kullanmak kaydıyla, sekonder olarak hep darbeli kırıcılar tercih edilmektedir.

- Aşırı sert ve aşındırıcı taşlarda sekonder olarak konik kırıcılar, düşük işletme/aşınma maliyeti nedeniyle, tercih edilir. Bunların yatırım maliyetleri yüksektir, işletmeleri daha fazla dikkat ve itina gerektirir; darbeli kırıcılar kadar ince malzeme çıkartmazlar.

Konik kırıcıdan çıkan malzemeyi, genelde, bir "üçüncü kırıcı'da, bir miktar daha inceltmek ve kübikleştirmek gerekir. Yüksek hızlı darbeli kırıcılar bu işi yapabiliyor, ancak, aşırı sert ve aşındırıcı taşlarda aşınma / işletme maliyetleri yüksek oluyor. Taşı taş vurdurarak kıran "düşey millî/merkezkaç rotorlu" kırıcılar kullanılırsa, aşınma masrafı bir hayli düşüyor.

Bu tip kırıcıların yatırım maliyetleri de düşüktür; buna karşılık ufaltma ("redüksiyon") oranları biraz düşük, enerji harcamaları ise (%30-50 kadar) yüksektir.

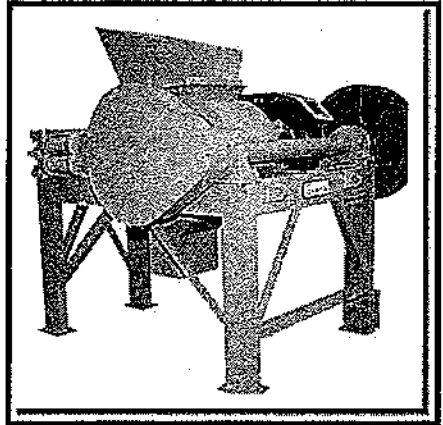
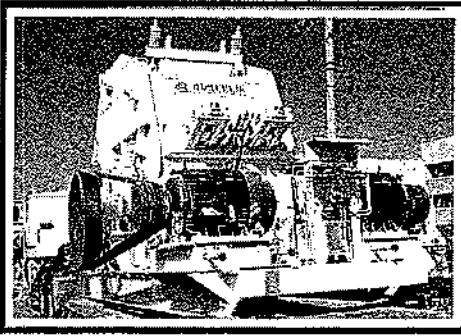
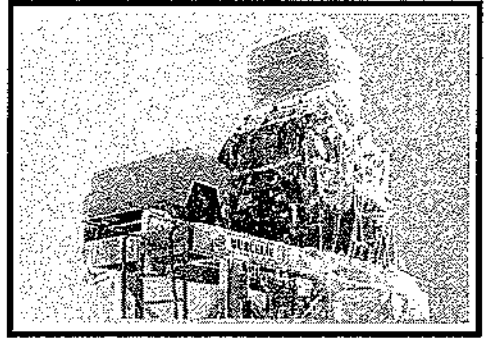
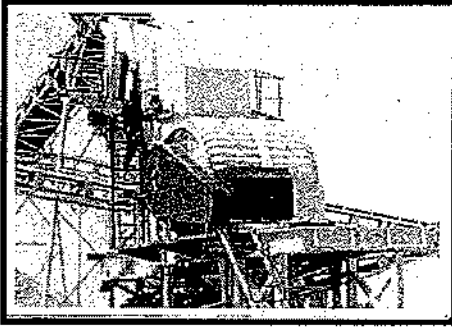
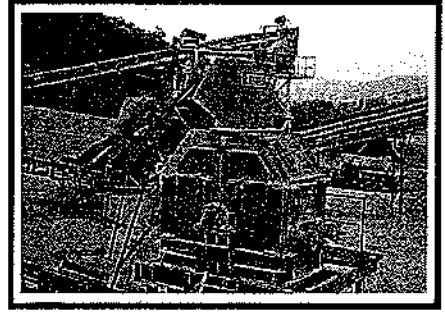
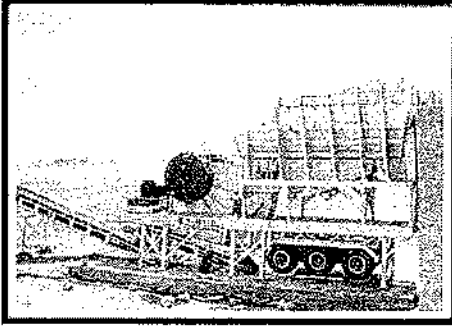
Ekler:

1. Tipik agrega tesisi
2. Kırıcı fotoğrafları
3. Yıkayıcı fotoğrafları
4. Elek fotoğrafları

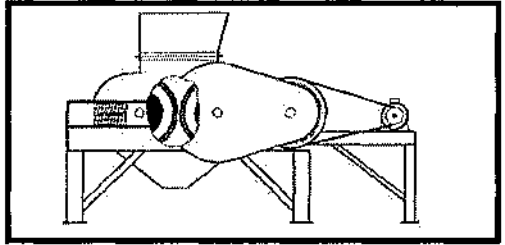
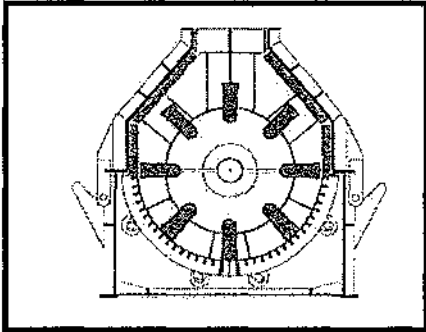
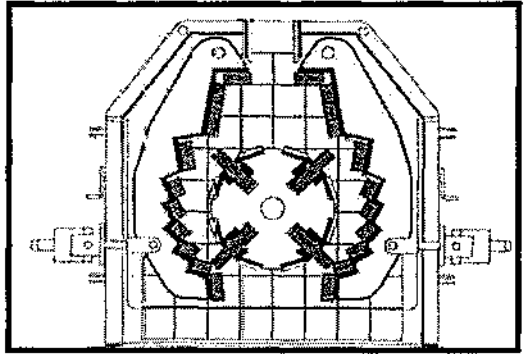
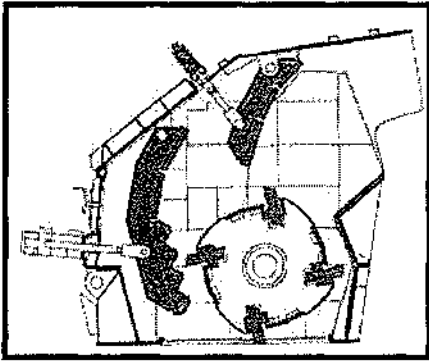
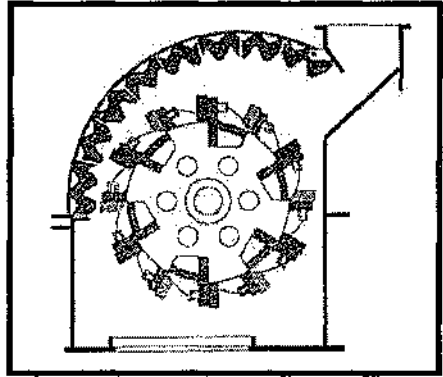
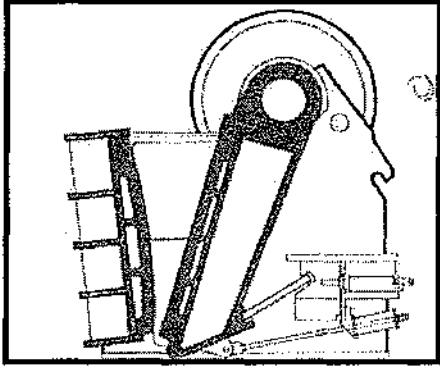
TİPİK AGREGA TESİSİ;



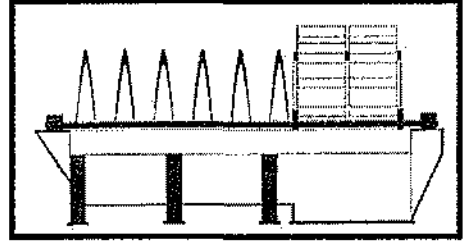
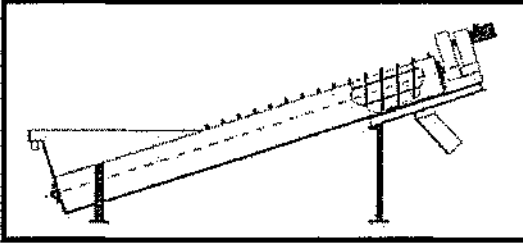
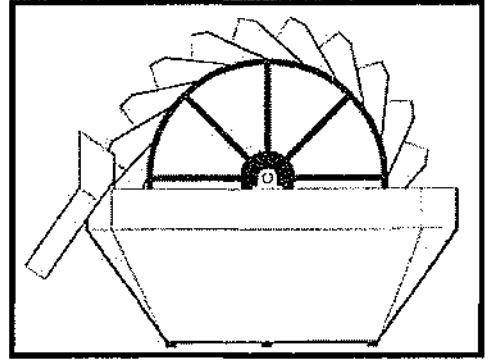
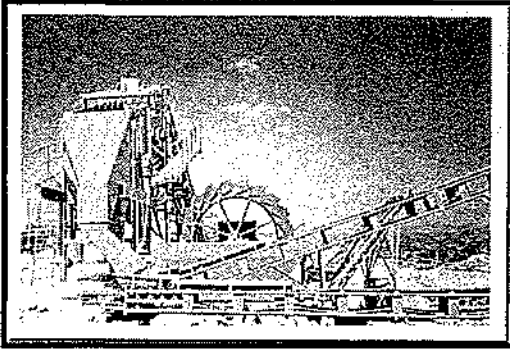
Ek 1. Tipik agrega tesisi



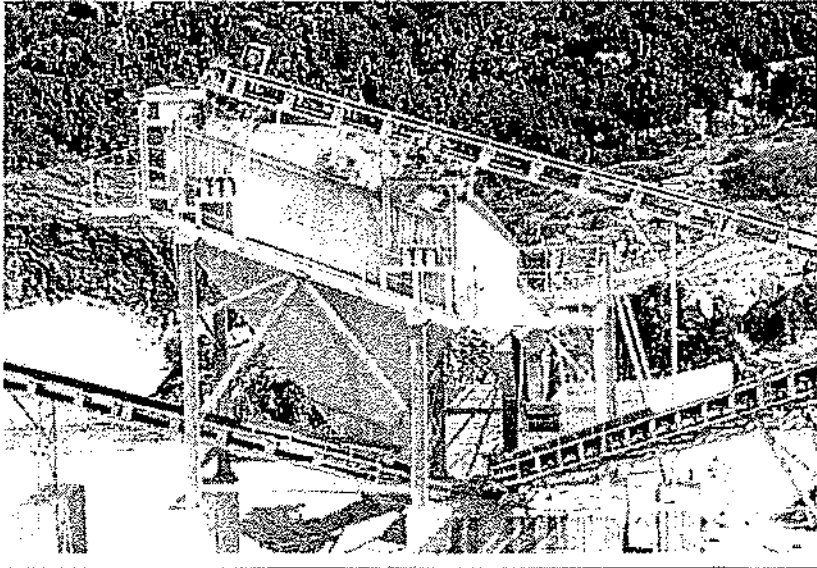
Ek 2. Kırıcı fotoğrafları (1)



Ek 2. Kırıcı fotoğrafları (2)



Ek 3. Yıkayıcı fotoğrafları



Ek 4. Elek Fotoğrafi



**YOL VE YAPI ENDÜSTRİSİ
TAAHHÜT VE TİCARET LTD. ŞTİ.**

**YOL - YAPI LTD.
HAZIR BETON**

MERKEZ : İstinye Caddesi, No : 128/3 İstinye - İstanbul

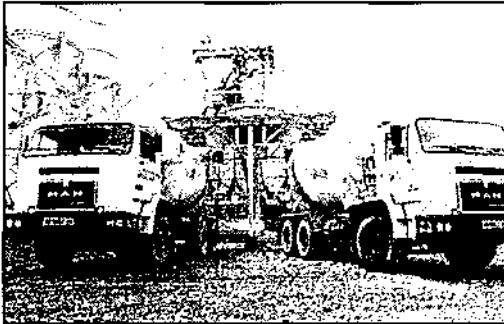
Tel : (0.212) 277 67 09 - 277 87 47

ŞANTİYE : Cebeci Köyü, Sultan Çiftliği Gaziosmanpaşa - İstanbul

Telefax : (0.212) 551 17 44 - 88

HAZIR BETON : Cebeci Köyü, Sultan Çiftliği Gaziosmanpaşa - İstanbul

Tel : (0.212) 594 31 70 - 594 31 71



**CEBECİ KALKER OCAĞIMIZDA ÜRETİLİP
YIKANAN AGREGA İLE ÇAĞDAŞ
TEKNOLOJİYE SAHİP BETON**



BELGELİ HAZIR BETON

MODERN TEKNOLOJİ

ÜSTÜN KALİTE

UZMAN KADRO

24 SAAT KESİNTİSİZ HİZMET

IV. ULUSAL KIRMATAŞ SEMPOZYUMU

1 - 2 Aralık 2006

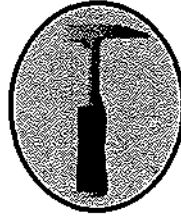
İstanbul



TMMOB MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI

*Maden Mühendisleri ve
Madencilik Sektörüne
Başarılar Dileriz.*

- Merkez** : Selanik Cad. 19/3 06650 Kızılay - Ankara
Tel : 0312 - 425 10 80 - 418 36 57 Faks : 0312 - 417 52 90
e-mail : maden@maden.org.tr
Web : <http://www.maden.org.tr>
- Zonguldak Şubesi** : Liman Cad. No : 9 Zonguldak
Tel : 0372 - 251 13 55 Faks : 0372 - 253 10 80
- İstanbul Şubesi** : Büyükdere Cad. Çınar Apt. No : 95 Kat : 8 D: 31 Mecidiyeköy - İstanbul
Tel : 0212 - 285 61 87
- İzmir Şubesi** : 154. Sokak Ufuk Apt. No: 6 Daire : 1 Bornova - İzmir
Tel : 0232 - 339 40 64 - 388 05 20 Faks : 0232 - 339 40 64
- Adana Şubesi** : Reşatbey Mah. 11. Sokak No : 3 Zemin Kat - Seyhan
Tel : 0322 - 459 97 60 - 459 97 61 Faks : 0322 - 459 97 61



**TMMOB
JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI**

Bayındır Sokak No: 7/7 Yenışehir / ANKARA
Tel : (0312) 434 36 01 – 432 30 85
Faks : (0312) 434 23 88
E-Posta : jmo@jmo.org.tr
Web : www.jmo.org.tr

**TMMOB JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI
İstanbul Şubesi**

Halaskargazi Caddesi
Tayyareci Cemal Sokak No: 3 D: 3
Şişli / İSTANBUL
Tel : (0212) 219 45 63-64-66
Faks : (0212) 219 45 65
E-Posta : istanbul@jmo.org.tr
Web : www.jmo.org.tr



İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
İSTANBUL ŞUBESİ

Birimin Adı : İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI İSTANBUL ŞUBESİ
Adresi : Halaskargazi Cad. 35/1 Harbiye 34373 İstanbul
Tel : 0212 219 99 62-0212 219 99 63- 0212 247 96 57- 0212 248 36 42
Faks : 0212 232 09 12
Web : www.imoistanbul.org.tr
E- Posta : imo@imoistanbul.org.tr

Genel Merkez Adresi ve İletişim Bilgileri : TMMOB İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
Selanik Cad. 19/1 Kızılay-Ankara TEL: 0312 419 38 82-419 47 93 Faks: 0312 417 06 32

Temsilcilikler

KADIKÖY TEMSİLCİLİĞİ: Eğitim Mah. Kasap İsmail Sok. Aska İş Merkezi No:2 Da:6 Kadıköy -İstanbul
TEL:0216 337 48 73 Faks:0216 336 31 04

BAKIRKÖY TEMSİLCİLİĞİ: Osmaniye Mah. Fınn Sok. Fen İşleri Şantiyesi Bakırköy-İstanbul,
Tel: 0212 271 22 08 Faks: 0212 542 12 73

EDİRNE TEMSİLCİLİĞİ: Orhaniye Cad. No:31 K.1 Kaleiçi -Edirne Tel:0284 213 08 40

KIRKLARELİ TEMSİLCİLİĞİ: Cumhuriyet Cad. Esen Pasajı No:114 Kırklareli Tel: 0288 214 14 11

SİLİVRİ TEMSİLCİLİĞİ: Piri Mehmet Paşa Mah. Piripaşa Sok. Turanlar İş Merkezi No:2 K.3 SİLİVRİ
Tel: 0212 728 22 79

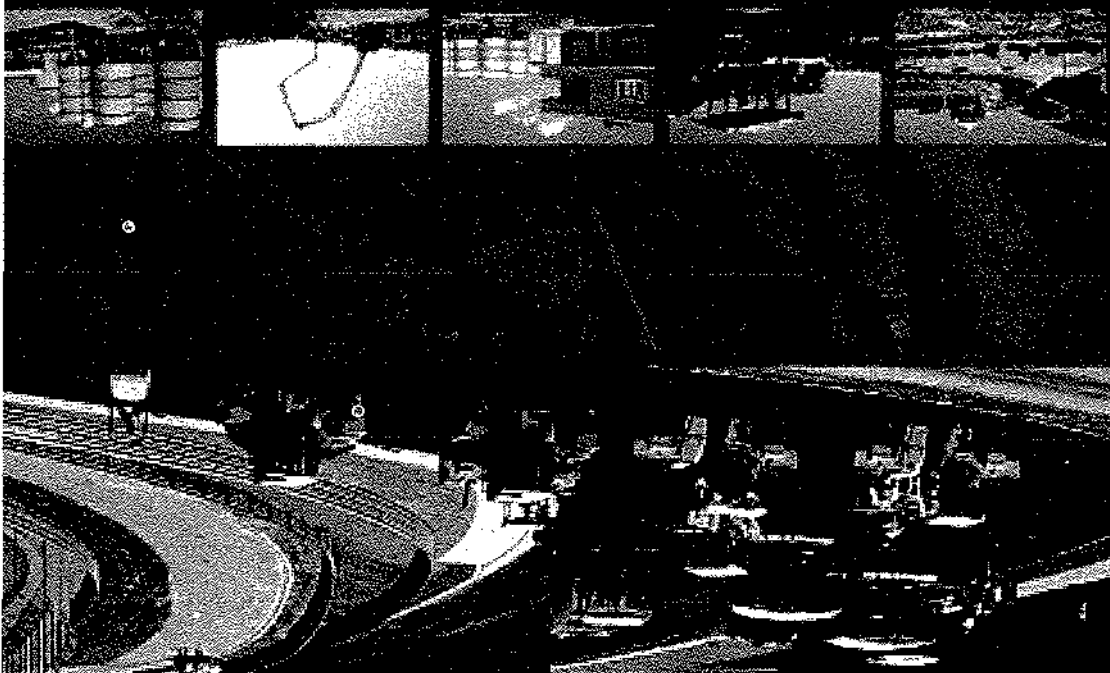
LÜLEBURGAZ TEMSİLCİLİĞİ: Belediye Hal Binası K.2 Lüleburgaz Tel: 0288 412 31 40

LABORATUVAR: Osmaniye Mah. Fınn SOKAK Karşısı Fen İşleri Şantiyesi Bakırköy /İstanbul
Tel: 0212 570 45 71 Faks: 570 46 75



www.ayhanlar.com.tr

AYHANLAR
HOLDING



Kendi yolunda 1 numara...



"Agrega üreticilerinin sesi..."

AYTAŞ AYHANLAR MADENCİLİK A. Ş. • BEMAŞ BETON MAMULLERİ ve İNŞAAT MAL. A. Ş.
BERBEROĞLU İNŞAAT SAN. ve TİC. LTD. ŞTİ • ÇİMBETON A. Ş.
DERE MADENCİLİK İNŞ.YAPI MALZ. SAN. ve TİC.A. Ş. • ERGÖREN MADENCİLİK SAN. ve TİC. LTD. ŞTİ.
GÖLBAŞI SU ÜRÜNLERİ TARIM İNŞ.TURİZM MAD. SAN. TİC. LTD. ŞTİ. • HAS BETON İNŞAAT MADENCİLİK LTD. ŞTİ.
IDA MADENCİLİK SAN.ve TİC. LTD. ŞTİ. • İNTEK İNŞAAT LTD. ŞTİ. • İSTAŞ A. Ş.
KIRDAR BETON İNŞ. MADEN SAN. ve TİC. LTD. ŞTİ. • KİBSAŞ A. Ş.
KOCA BETON AGREGA MAD. ve YAPI SAN. TİC. A. Ş. • LAFARGE BETON AŞ. • MADEN YAPI A. Ş.
MAY YAPI LTD. ŞTİ. • ODAMAN AGREGA ve BETON SAN. TİC. LTD. ŞTİ.
ONUR TAAHHÜT TAŞIMACILIK ve TİC. LTD. ŞTİ. • ORTEM LTD. ŞTİ.
ÖZTAŞ YAPI ve İNŞ. MALZEMELERİ LTD. ŞTİ. • ÖZTÜRE KİREÇÇİLİK SAN. Ve TİC. A. Ş.
ÖZYURT MADENCİLİK İNŞAAT SAN. ve TİC. AŞ. • SERKA İNŞAAT ve TİC A. Ş. • SET BETON MADENCİLİK A. Ş.
SOYAK BETON AŞ. • SU-TAŞ MADENCİLİK LTD. ŞTİ. • SÜRMELİ İNŞAAT SAN. ve TİC.LTD.ŞTİ.
ŞENTÜRK OTO MOTORLU ARAÇ ve MADENCİLİK SAN. TİC. LTD.ŞTİ. • TAMTAŞ YAPI MALZEMELERİ A. Ş.
TAŞEL MADENCİLİK İNŞ. NAK. TAAH. TİC. LTD. ŞTİ. • TURAMANLAR İNŞAAT A.Ş.
YİBİTAŞ LAFARGE ORTA ANADOLU ÇİMENTO A.Ş. • YOL-YAPI HAZIR BETON LTD.ŞTİ

AGREGA ÜRETİCİLERİ BİRLİĞİ

Yenirol Sokak, Cecanlar İş Merkezi B Blok, 20/5 Kat: 3 D:9 Acıbadem - Kadıköy - İstanbul

Tel : 0216 545 82 00 (5 hat) Fax : 0216 545 82 03 www.agub.org.tr

Set Group Holding A.Ş.

Set Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş.

Ankara Çimento Fabrikası

Balıkesir Çimento Fabrikası

Trakya Çimento Fabrikası

Ambarlı Tesisi

Afyon Çimento Sanayi T.A.Ş.

Set Beton Madencilik San. ve Tic. A.Ş.

Kuzey Marmara Bölge Müdürlüğü

Ayazağa Tesisi

Hoşdere Tesisi

Ambarlı Tesisi

Yenibosna Tesisi

Selimpaşa Tesisi

Velimeşe Tesisi

Evrensekiz Tesisi

Güney Marmara Bölge Müdürlüğü

Sangazi Tesisi

Gebze Tesisi

Bursa Tesisi

Balıkesir Tesisi

Bandırma Tesisi

Ankara Bölge Müdürlüğü

Güvercinlik Tesisi

Yaprak Tesisi

Pursaklar Tesisi

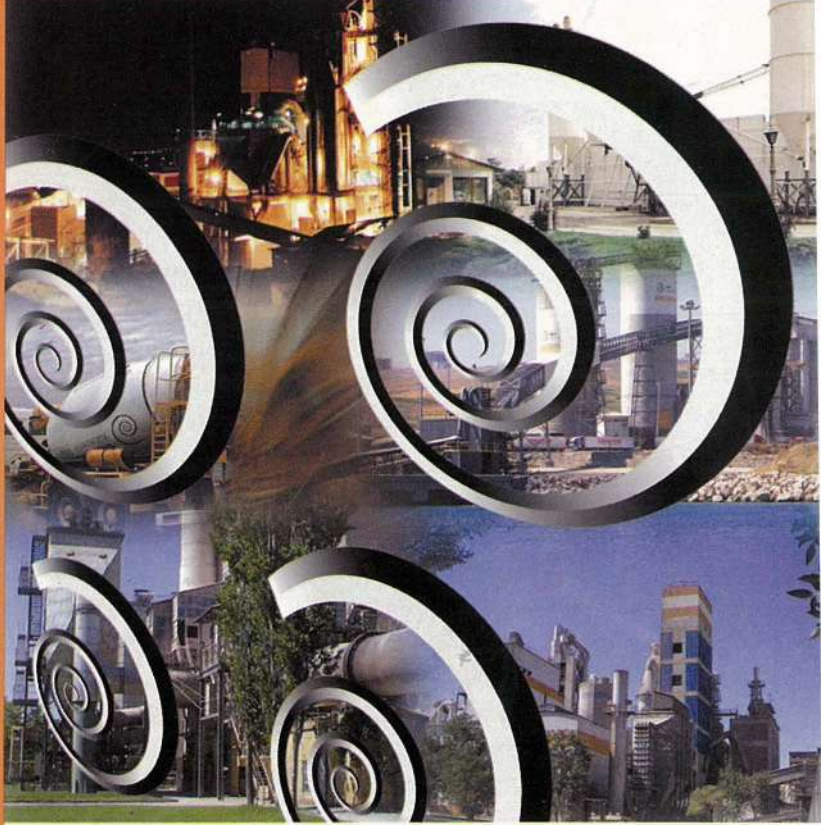
Oğulbey Tesisi

Set Beton Kırmı Taş Tesisi

Cebeci Tesisi

Filo Bakım Müdürlüğü

Sürdürülebilir Kalkınma Uygarlığın Yapı Taşıdır!



Ekonomik zenginlik, çevre yönetimi ve toplumsal sorumluluğun bileşimi olan "Sürdürülebilir Kalkınma", yaşanabilir bir geleceğin de anahtarıdır.

Dünyanın en büyük çimento ve hazır beton üreticilerinden Italcementi Group'un kuruluşu olan Set Italcementi Group, tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de uygarlığın yapı taşı olmaktan gurur duyar.



Set
Italcementi Group

Set Group Holding A.Ş. Tel (0216) 468 00 00
Pakpen Plaza Faks (0216) 468 00 99
Halk Sk. No: 40-44
Sahrayıcedid
34734 Kadıköy
İstanbul - TURKEY

www.setitc.com
www.italcementigroup.com

Dünya kalitesinde ulusal hizmet

KIRMATAŞ ENDÜSTRİSİNDE 14 YIL

Akdağlar (İst.) 600 tph serttaş kırma eleme tesisi

Demir Export-Fujairah (BAE) 600 tph Gabro Kırma Eleme Tesisi

Yertaş-Kırgızistan Kırma Eleme Tesisi

Yertaş Antalya Kırma Eleme Tesisi

AEM-Eskişehir kedi kumu tesisi

Şetat Madencilik-Bursa Olivin Tesisi

TSA

Mühendislik A.Ş.

Uzay Çağı Cad. 352. Sokak
No 21 Ostim 06370 ANKARA

Tel : 90 312 385 9930

Faks : 90 312 385 9936

www.tsa.com.tr

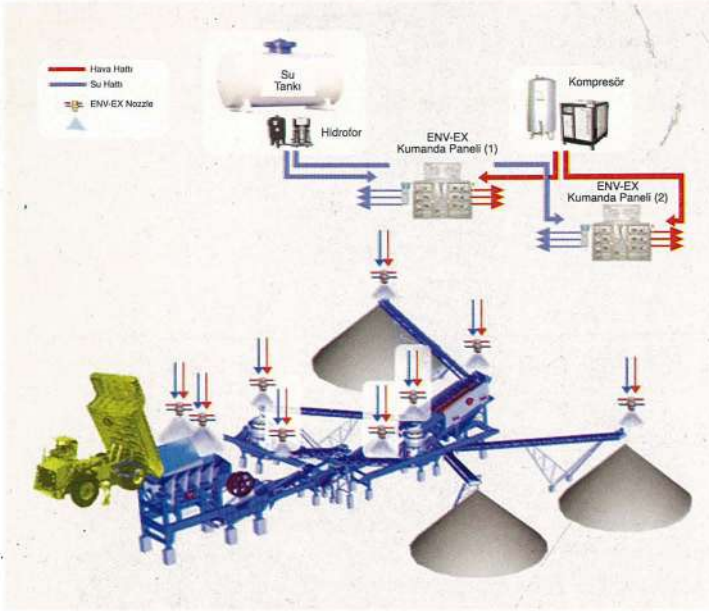
info@tsa.com.tr

Toz İndirgeme Sistemi

ENV-EX®

Environmental Execution

TOZ İNDİRGEME SİSTEMLERİ VE DİĞER ÜRÜNLERİMİZ



Sistem (Kompresör, Hidrofor, Kumanda Panelleri ve Nozzle Yerleşimi)



Rulo



Konveyör Bant



Konveyör Bant Şase Kapamaları

"İşinize toz kondurmayın!"



ENV-EX'den önce



ENV-EX'den sonra

Toz İndirgeme Sistemi

ENV-EX®

Environmental Execution

e-mail: info@enveks.com.tr
web: www.enveks.com.tr

ENVEKS MAKİNE LTD. ŞTİ.

Örnek Sanayi Sitesi 360 Sokak No: 20
06370, Ostim - ANKARA / TURKEY
Tel : +90. 312. 385 03 82
+90. 312. 385 03 83
Fax : +90. 312. 385 07 14

tuv
CERT
TS EN ISO
9001:2000



SOYAK

SOYAK BETON SANAYİ VE TİCARET A. Ş.



• Bizim için betonun standartlara uygun dayanıma sahip olması önemlidir. Ama asıl önemlisi bu dayanımın sürekliliğidir.

Satın alacağınız betonda aradığınız tek şey ucuzluk değil ise;

- TSE belgeli,
- Üretimde çevreye saygılı işletme,
- Kaliteli hizmet ve güvence
- Dayanımda süreklilik ise

0 ZAMAN SOYAK BETON

MERKEZ

Büyükdere Cad. No: 38 Soyak Binası Kat: 3
80290 Mecidiyeköy, İstanbul
Tel: 0 212-315 51 60 Fax: 0 212- 275 40 16 / 315 53 96
e-mail: info@soyakbeton.com.tr www.soyakbeton.com.tr

Göztepe Büro: Soyak Göztepe Sitesi,
Libadiye Cad. No:77/2 Üsküdar-İstanbul
Tel: (0216) 324 04 78 Tel&fax: (0216) 315 53 96

TESİS-1 Samandıra: Eyyüp Sultan Mah.
Kardelen Sk. No.3 Samandıra-İstanbul
Tel: (0216) 561 59 00 (5 Hat)

TESİS-2 Hadımköy: Yeşilbayır Köyü, Dulgır Çukuru
Mevkii, Pafta 5, Parsel 578 Hadımköy-İstanbul
Tel: (0212) 771 44 50 (6 Hat) Fax: (0212) 771 44 55

TESİS-3 İkitelli: İkitelli Köyü, Kaşacağme Mevkii,
Pafta 32, Parsel 2195 İkitelli-İstanbul
Tel: (0212) 670 11 23/26 Fax: (0212) 570 10 71

TESİS-4 Ömerli: Asarpete Mevkii, Ömerli Köyü Ümraniye-İstanbul
Tel: (0216) 435 72 51 Fax: (0216) 435 50 02



SOYAK BETON A. Ş. bir SOYAK kuruluştur.

KAPLAN

KAPLAN PETROL SANAYİ İNŞAAT VE TİCARET A. Ş.



1996 yılından beri
Ömerli Beldesi'nde
çevreye uyumlu,
TSE belgeli kırmataş
(Agrega) üretimimiz
devam etmektedir.

MERKEZ

Büyükdere Cad. No: 38/3
Mecidiyeköy, İstanbul
Tel: 0 212 - 315 51 60 Pbx Fax: 0 212 - 275 40 16 / 315 53 96
e-mail: kaplan@soyakholding.com.tr
www.soyakholding.com.tr

İŞLETME

Asarpetealtı Mevkii, Ömerli Beldesi
Ümraniye, İstanbul
Tel: 0 216 - 435 72 50 - 49 Fax: 0 216 - 435 50 02



KAPLAN PETROL A. Ş. bir SOYAK kuruluştur.



kancataş
İnş. Maden
Taah. San.
Tic. Ltd. Şti.

Kapaktaki Resim
KANCATAŞ ŞİRKETLER GRUBU

Taş Ocağından
Alınmıştır.



KANCATAŞ
TURİZM TAŞIMACILIK
MADENCİLİK ve YAPI
SANAYİ TİCARET A.Ş.

Sultan Orhan Mah. Taşkaldıran Mevkii Taş Ocakları - GEBZE
Tel: (0.262) 642 52 84 - (0.262) 642 53 95
Fax: (0.262) 642 53 95

BURÇELİK

Kırma Eleme Yıkama Tesisleri



Sarı Cad. No.15 OSB 16159 Bursa-Türkiye • Tel:+90 224 243 11 07 • Fax:+90 224 243 21 82
www.burcelik.com.tr • burcelik@burcelik.com.tr

İLERİ TEKNOLOJİSİ, YENİLİKLERİ
EĞİTİMLİ VE TEKNİK KADROSU İLE,

DEĞERLİ MÜŞTERİLERİMİZİN,
MADENCİLİK SEKTÖRÜNÜN VE
ÜLKEMİZİN

DAİMA HİZMETİNDE OLACAKTIR



AKDENİZ A.Ş.

İnş. Tah. Tic. ve San. A.Ş.

Toros Mah. 46 Sk. Toros Apt. No: 2
B Blok Asma Kat No: 1 ADANA
Tel.: (0322) 233 40 28 (3 Hat)
Fax: (0322) 233 40 30

AB direktifi
Yapı Malzemeleri Yönetmeliği
Uygulanması

OHSAS 18001
İş Sağlığı ve Güvenliği
Yönetim Sistemi

Son on yılda
500 milyon dolarlık
serce yatırımları

Doğrudan 12.500
kişiyi işe davet

EN ISO 14001
"Çevre Yönetim
Sistemi"

GSMH'de
%2 pay

EN 196 ve EN 197
standartlarında
imretim

İhracatta
Avrupa'da 1.
dünyada 2.

AB ülkesi
şirketlerle
%30 ortaklık

Atık yakıt
kullanımı

1972'den beri
Avrupa Çimento Birliği'ne
üye

Tamamen kapalı ekonomideki
güçlü mali ve teknik yapısıyla

**Türk Çimento Sektörünün AB sürecinde
bir adım önde**

TÇMB

TÜRKİYE ÇİMENTO İHTİSARLARI BİRLİĞİ

"örnek ve öncü bir kuruluş"

www.tcma.org.tr

Eskişehir Yolu 9. Km. 06800 Ankara

T:0312 287 32 50

F:0312 287 92 72

yaşama değer verir!

Çimbeton; 1985 yılından bu yana, deneyimli ekibi ve ileri teknolojisiyle, kalitesi yüksek hazır beton üretiyor.

Kalite üzerine kurduğu bu sağlam yapıyı, insanın hakettiği yaşamı sağlamak için kullanıyor.

Çimbeton, TSE Ürün Standardı Belgesi'ne ve çevreye olan duyarlılığının bir göstergesi olarak THBB "Yeşil Nokta Çevre Ödülü"ne sahiptir.

çb çimbeton

HAZIRBETON VE PREFABRİK YAPI ELEMANLARI SAN. VE TİC. A.Ş.



ÇİMENTAS
TOPLULUĞU

Genel Müdürlük: Tel. (232) 472 01 72 • İşikkent Santrali: Tel. (232) 472 06 72 • Çiğli Santrali: Tel. (232) 376 71 88
Özbek Santrali: Tel. (232) 754 14 22 • Torbalı Santrali: Tel. (232) 853 13 61 • Koyundere Santrali: Tel. (232) 846 14 33
Çeşme Santrali: Tel. (232) 716 96 13 • Zeytinadağı Santrali: Tel. (232) 642 72 10 • Manisa Santrali: Tel. (236) 233 20 74
Burhaniye Santrali: Tel. (266) 412 74 32 • Akhisar Santrali: Tel. (236) 412 63 68 • Aydın Santrali: Tel. (256) 231 06 32
Nazilli Santrali: Tel. (256) 316 04 54 • Kuşadası Santrali: Tel. (256) 622 00 20

www.cimbeton.com.tr • cimbeton@cimbeton.cimentas.com



Kaliteli beton kullanın **KUMDAN KALELER YAPMAYIN!**



Siz de, Türkiye'nin saygın inşaat projelerinde olduğu gibi Türkiye Hazır Beton Birliği (THBB) üyelerinin ürettiği hazır betonu kullanın. Çünkü, THBB üyeleri, Kalite Güvence Sistemi (KGS)'nin düzenli sistem ve ürün denetimlerinden geçerek, Avrupa standartlarında üretim yapıyorlar.



KALİTELİ BETONUN SİMGESİ

Nitro Mak

KAPSÜLE DUYARLI
EMULITE



**Patlayıcı
madde
üretimi
ve
temini.**



YEMLEMeye DUYARLI

EMULITE



ANFONİT

NONEL

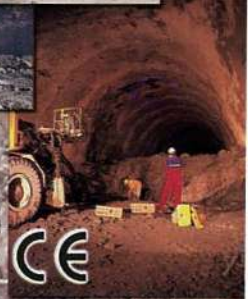


EMULITE

New Generation Explosives...

**Patlatma
Hizmetleri.**

**Profesyonel,
Güvenli,
Ekonomik,
Hızlı
Çözümler.**



K - Q
TSE-ISO-EN
9000

TSE
ISO-OHSAS
TS 18001

CE

Nitro  Mak

MAKİNA KİMYA-NİTRO NOBEL KİMYA SANAYİ A.Ş.

Cinnah Caddesi Pilot Sokak No:17
Çankaya-ANKARA/TÜRKİYE
Tel: +90.312.440 53 17 (pbx)
Fax: +90.312.440 61 59
e-mail: nitromak@nitromak.com
web site: www.nitromak.com

www.nitromak.com

GÜÇLÜ VERİMLİ VE HER AN ÇALIŞMAYA HAZIR

POWERSCREEN - PEGSON



1412 TRAKPACTOR PRİMER DARBELİ KIRICI

MOBİL KIRMA TESİSLERİNDE DÜNYA LİDERİ
TEREX-PEGSON.

HER TÜRLÜ TAŞ OCAĞINDA, YOL VE BARAJ
PROJELERİNDE, MADEN İŞLETMELERİNDE
VE GERİ KAZANIMDA KULLANILAN GENELİ,
DARBELİ VE KONİK KIRMA SİSTEMLERİ.

TEREX-POWERSCREEN MOBİL ELEME
EKİPMANLARI İLE MÜKEMMEL KOMBİNASYON.

* ÜSTÜN GELİŞMİŞ TEKNOLOJİ

* YÜKSEK VERİM DÜŞÜK ÇALIŞMA

MALİYETİ

* AKILLI VE GELECEĞE YÖNELİK

YATIRIM

* MÜKEMMEL KÜBİKSEL MALZEME

ÜRETİMİ

* YÜKSEK HAREKET KABİLİYETİ

* CAT DİZEL ÇEVRE DOSTU MOTORLU

TEREX | PEGSON

DİZEL TURBO
TÜRKİYE DİSTRİBÜTÖRÜ
LTD.

ES OTOTOYLU DEĞİRMENYOLU SOK. 19/5 34742 KOZYATAĞI - İSTANBUL
TEL: +90 (216) 362 82 42 FAX: +90 (216) 361 89 71
dizelturbo@dizelturbo.com.tr
www.dizelturbo.com.tr



TAMAŞ YAPI MALZEMELERİ SANAYİ VE TİCARET A.Ş.

Şirketimiz, Samsun yolu 35. km.de, Baştaş Çimento fabrika sahası içerisinde, 1986 yılından bugüne faaliyetlerine devam etmektedir.

Tamaş Micir Tesislerinin ilk üretime başladığı yıllarda yıllık kapasitesi 800.000 ton/yıl olup, 1993 yılında yeni kırıcıların ilavesiyle yıllık kapasitemiz 1,600,000 ton/yıl'a çıkmıştır. Kutludüğün Bölgesinde Ekim - 2004 tarihinde faaliyete geçen kırıcı tesislerimizin yıllık kapasitesi 800.000 ton'dur. Yakupabdal Bölgesinde Haziran 2006 yılında faaliyete geçen tesisimizin yıllık kapasitesi, 1.500.000 ton'dur. Konya, Karaömerler Bölgesinde Temmuz 2006 yılında faaliyete geçen tesisimizin yıllık kapasitesi 1.250.000 ton'dur.

Karakuyu, Polatlı Bölgesinde Ağustos 2006 yılında faaliyete geçen tesisimizin yıllık kapasitesi 450.000 ton'dur. Tesislerimiz beton ve asfalt agregası üretimine elverişli olup, agrega üretiminde sektörün lideri konumundadır.

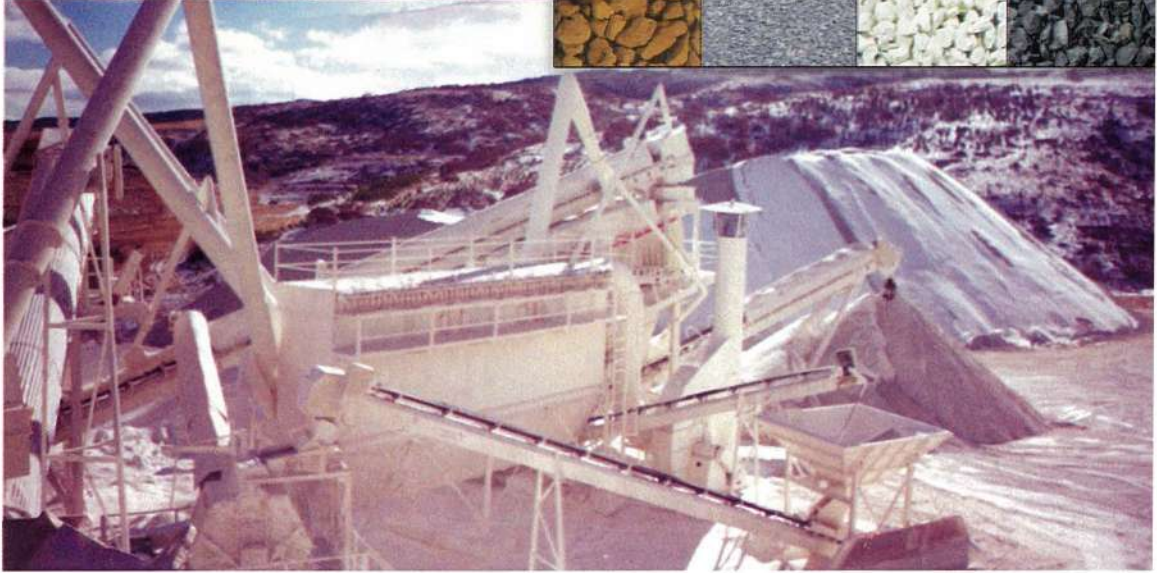
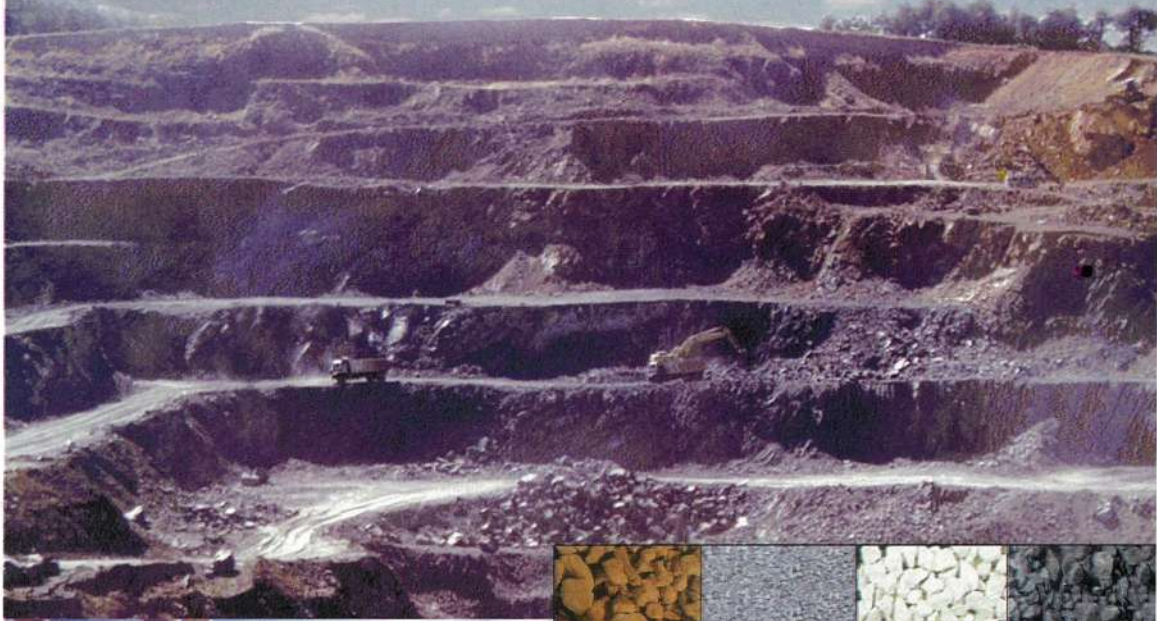
Firmamız, 12 Aralık 2001 tarihinde kurulan AGÜB' ün (Agrega Üreticileri Birliği) üyesidir. İnsana ve çevreye saygılı görev edinmiş olan Tamaş, 1997 yılında tesislerimizde oluşabilecek toz emisyonu miktarını en aza indirmek için, kırıcı ünitelerimizde pülverize su sistemi'ni devreye almıştır. Elek ve konveyörlerin üzeri kapatılmıştır. Micir tesislerimizin çevresi ve nakliye yollarının kenarlarında ağaçlandırma çalışması yapılmış, tesisimiz bölgemizde örnek gösterilen tesislerden birisi konumuna gelmiş, insana ve çevreye saygılı bir çalışma ortamı sağlanmıştır.

Ülkemizde yaşanan deprem felaketlerinden sonra 4708 sayılı "Yapı Denetimi" hakkındaki yasa ve bu yasaya bağlı olarak Bayındırlık ve İskan Bakanlığınca 12.08.2001 tarih ve 24491 sayılı resmi gazetede yayımlanan "Yapı Denetim Uygulama ve Esasları Yönetmeliği" uyarınca, standartlara uygun beton üretimi için, hazır beton firmaları, bilimsel esaslara dayanarak, uygun nitelikli agregaya talebinde bulunmaktadır. Bu sebeple agrega üreticileri kendilerini, daha fazla geliştirmek zorunda hissetmektedirler.

T.S.E Kalite Belgesine sahip olan firmamız, İnsana ve çevreye saygı sloganıyla, planlanmış büyük yatırım programlarıyla, kaliteden ödün vermeksizin, bölgesinde lider işletmecilik faaliyetlerine büyük bir azim ve kararlılıkla devam edecektir.



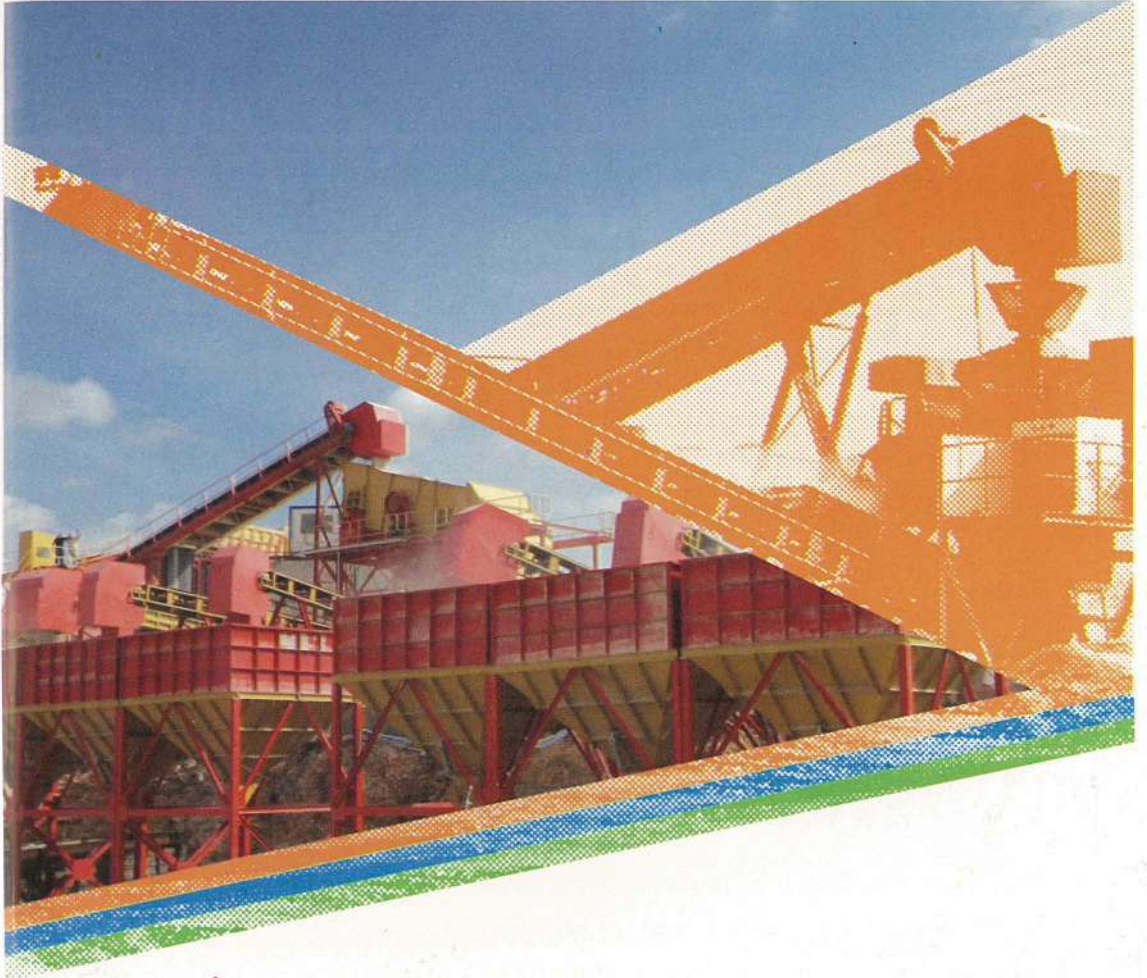
Dünya standartlarında agrega üretimi...



LAFARGE
AGREGA

Merkez: Tel:0 216 571 58 58 Faks:0 216 571 58 59

Cendere Tesisi: Tel:0 212 360 04 34 - 0 212 360 04 55/56/61 Faks:0 212 360 04 72



YENİLİĞİ VE DENEYİMİ
AYNI POTADA ÖĞÜTÜR.

Kütahya - Tavşanlı Karayolu 12.km **Kütahya**

T: 0274 265 22 50 - F: 0274 265 22 54

www.kirdar.com.tr



KIRDAR GRUP



TÜFEKÇİOĞLU

CEVHER HAZIRLAMA MAKİNALARI VE
KAUÇUK YEDEK PARÇALARI

● Değirmen Kauçuk Astarları

● Flotasyon Makinaları

● Çamur Pompaları

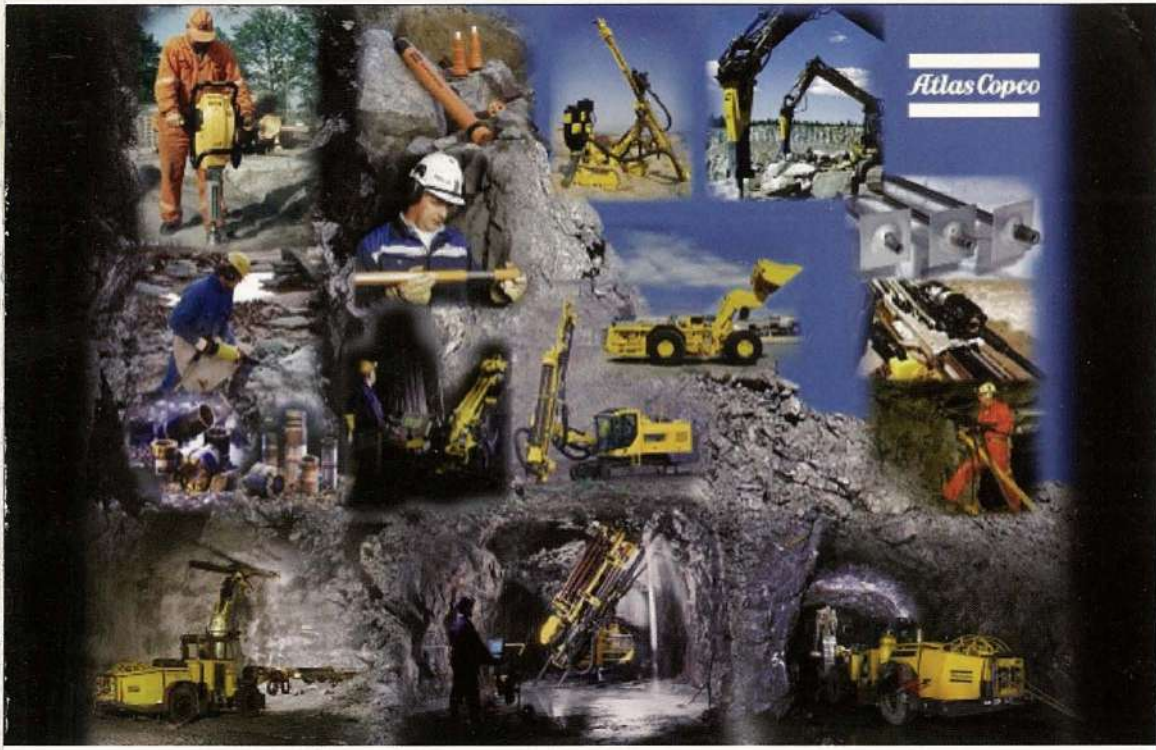
● Hidrosiklonlar

● Kılma Tankları

● Kondisyoner Tankları



Avar Caddesi No:6 Organize Sanayi Bölgesi 06930 Sincan / ANKARA / TÜRKİYE
Tel: +90 312 267 10 90 Fax: +90 312 267 10 94
www.tk.com.tr e-mail: info@tk.com.tr



Atlas Copco Maden ve İnşaat Bölümü Ürünleri

- Yeraltı (BOOMER, SİMBA, BOLTEC) ve yerüstü (ROC, DM, T) üstten darbeli, delik dibi, rotary sistem delici makinaları
- Delici sarf malzemeleri (SECOROC)
- Tünel yükleyici ve kamyonları (WAGNER)
- Kuyu açma ekipmaları (RAISE BORING)
- Enjeksiyonlu ve sürtünmeli kaya bulonları ve pompaları (SWELLEX, ATLAS COPCO MAI)
- Her tonajda ekskavatör için hidrolik ataçmanlar, pnömatik ve benzin motorlu kırıcı ve delici tabancalar

ATLAS COPCO MAKİNALARI İMALAT A.Ş.

İstasyon Arkası 34940 Tuzla – İSTANBUL

Tel : (0216) 581 0 581

Fax : (0216) 395 4224

www.atlascopco.com.tr

Atlas Copco

