

## İstanbul ve Civarı Agregalarının Petrografik Özellikleri ve Beton Dayanımına Etkileri

### The Petrographical Properties of the Aggregates in Istanbul and Their Effects on Concrete Strength

Bektaş UZ<sup>1</sup>, Gürkan BACAĞ<sup>2</sup>, Mustafa YILMAZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>İTÜ, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34390, Maslak, İstanbul  
<sup>2</sup>ZKÜ, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 67100, Zonguldak  
[uz@itu.edu.tr](mailto:uz@itu.edu.tr), [bacagur@itu.edu.tr](mailto:bacagur@itu.edu.tr), [yilmazmu@itu.edu.tr](mailto:yilmazmu@itu.edu.tr)

**ÖZET:** İstanbul Türkiye'nin en büyük şehri olarak yapılaşmada çok hızlı bir büyüme sürecine girmiştir. Nüfus 15 milyona ulaşırken, şehir ve çevresi sanayii, ticaret ve kültür merkezi olarak modern ve yüksek yapılaşmada ülke bazında birinci sırada yer almaktadır. İstanbul' un yapılaşmasında yeralan farklı jeolojik formasyonlardan üretilen kırmataşlara ait bölgeler olarak, batıda Tekirdağ'dan Doğuda İzmit'e (Gebze) kadar geniş aralıkta dağılımları, petrografik ve fiziko-mekanik özellikleri ile beton içinde kırmataş (agrega) olarak yeri ve önemi sırasıyla verilmiştir. İstanbul ve çevresinde yapılaşmada ve beton yapımında kullanılan çeşitli jeolojik formasyonlar Paleozoyik yaşlı kumtaşları (Ayazağa, Cendre, Mahmutbey), Permo-Karbonifer yaşlı kireçtaşları (Cebeciköy), Triyas yaşlı kireçtaşları (Ömerli, Gebze), Eosen yaşlı kireçtaşları (Çatalca), Plio-kuaterner yaşlı volkanik bazaltlar (Tekirdağ, Çorlu, Beykoz) şeklindedir, ince taneli agregalar olarak (kumlar) Silivri-Sinekli sahası, Çatalca-Ormanlı sahası, Ağaçlı-Akpınar (Kemberburgaz) sahası, ayrıca Şile-Karakiraz, Sahilköy civarında üretilmekte olup Plio-kuaterner yaşlı genç formasyonlardır.

Anahtar Kelimeler: Agregası, Kum, Çakıl, Petrografi, Beton Performansı

**ABSTRACT:** Istanbul is the biggest city of Turkey with more than 15 millions of population and construction activities are steadily increasing with respect to that increase in population. In this paper petrographical, physico-mechanical properties of aggregates mines from west (Tekirdağ) to east (Izmit/Gebze) will be summarized in connection with the concrete production. However the area suitable for aggregate production in these region is as Paleozoic aged sandstones (Ayazaga, Cendere, Mahmutbey), Permo-Carboniferous aged limestones (Cebeciköy), Triassic limestones (Ömerli-Gebze) and Eosen aged limestones (Çatalca), Plio-quadernary aged volcanic basalts (Tekirdağ, Çorlu, Beykoz). Plio-quadernary aged, fine grained aggregates within sandy formations are mined in Silivri-Sinekli area, Çatalca-Ormanlı area, Ağaçlı-Akpınar (Kemberburgaz) and Şile-Karakiraz-Sahilköy areas. As the result of extensive field and laboratory studies, the effect of petrographic, physical, mechanical properties of the aggregates on concrete strength is extensively discussed in this paper.

Keywords: Aggregate, Sand, Gravel, Petrography, Concrete Strength (Performance)

## 1. GİRİŞ

İstanbul civarı büyük bir yerleşim merkezi olarak son 10 yılda yapılaşma açısından çok hızlı bir büyüme sürecine girmiştir. Nüfusun artışı ve göç nedenlerine bağlı olarak, İstanbul nüfusu 15 milyona ulaşırken, şehir ve çevresi sanayii, ticaret ve kültür merkezi olarak modern ve yüksek yapılaşmada ülke bazında 1. sırada yer almaktadır.

Bu bakış açısından yapıları oluşturan en önemli eleman beton bileşiminde yer alan agrega'dır. Bu çalışmada İstanbul'un yapılaşmasında yer alan farklı jeolojik formasyonlardan üretilen kırmataşlara ait yörelerin bölgesel olarak, batıda Trakya'dan (Tekirdağ), doğuda izmit (Gebze)'ye kadar geniş alanda dağılımları, özellikleri, beton içinde kırmataş (agrega) olarak petrografik açıdan değerlendirmeleri dikkate sunulacaktır. (Şekil D-



Şekil 1. Çalışma Alanı Yer Bulduru Haritası

Ayrıca yapılaşmada en önemli eleman olarak beton ve bileşimindeki agregaların üretimi amaçlı açılan ocaklar, önceleri şehirleşme alanları dışında yer almalarına karşın, zamanla yapılaşmanın hızla gelişmesi sonucunda şehirle iç içe konumda kalması ve daha sonra çevre baskıları sonucu, üretimin en verimli evresinde kırmataş üretim ocakları kapatılma durumuna gelmiştir. Agregatörlerin rezerv ve kapasiteleri en iyi konumda iken ömrünü tamamlamadan terk edilmek durumunda bırakılmışlardır (İstinye, Yeniköy, Mahmutbey ve Cebeci ocakları).

Jeolojik yönden İstanbul ve çevresinde kırmataş (agrega) oluşturabilecek formasyonlar

oldukça sınırlı olup, şehirleşmenin (yapılaşma) yaygınlaşması sonucunda giderek azalmaktadırlar. Yerleşim alanlarına yakın kırmataş-agrega ocakları ise bugün için üretimlerini sürdürmekte sayısız sorunlarla karşılaşmakta ve bunların çözümleri ise gün geçtikçe yeni çıkan yasalarla zor ve karmaşık bir durum almaktadır. Kırmataş (agrega) ocaklarının üretimlerini sürdürebilmeleri, çözüm bekleyen, önemli ve ciddi bir problemdir.

## 2. AGREGA VE PETROGRAFI

Agrega, betonla ilintili tarifi gereği, betonun 3/4'ünü oluşturmasına karşın kalitesinin çok daha önemli bir yeri olduğunu söylemek daha doğru olur. Agreganın sadece betonun dayanımını sınırlamakla yetinmeyip, istenmeyen özellikleri içermeleri halinde dayanım ve yapısal performansını negatif yönde etkilemesi beklenmelidir [2].

Agrega beton içinde hiçbir reaksiyona girmeden ekonomik boyutu nedeniyle tercih edilen bir dolgu malzemesi konumundadır. Yapılaşmada (beton) bağlayıcı özelliği nedeniyle kullanılan bir malzemedir. Agregatörlerin beton içinde bir reaksiyona girmemesine rağmen fiziksel olarak oluşan ısı nedeniyle kimyasal reaksiyonlara neden olabilmektedir.

Beton karışımında kullanılan agrega boyutları elekten geçen 1/10 mm. boyutlu parçacıklara kadar inebilir. Beton üretiminde 2 farklı boyutta agrega kullanılır. İnce agrega (kum boyutlu), 5 mm altı, iri agrega 5 mm ve üstü boyutlardadır. Agregayı oluşturan ana kayalar içerisindeki fiziksel, mineralojik ve petrografik özellikler, parça (tane) şekli, boyutu, yüzey dokusu, adsorpsiyon gibi özellikleri beton karışımının kalitesini ve dayanımını etkileyen faktörlerdir. Agregalar kökenlerine (oluşum) göre ikiye ayrılırlar:

Yapay agregalar; endüstriyel olarak üretilen agregalar, çok hafif ya da çok ağırdırlar. Bunlar yüksek fırın cürüfları, izabe cürüfları gibi sanayi artık ürünü kırılmış veya kırılmamış agregalardır.

Doğal agregalar; petrografik olarak kırılmış, tane boyutu küçülmüş, çeşitli kayalar türlerinden üretilirler. Bunlar iri agrega, çakıl, kırmataş, kum, kırmakum, karışık agrega biçiminde sınıflandırılırlar. Genelde 1991

ASTM C 294/86 standartlarına göre agrega içerisinde bulunması gereken önemli mineraller tanımlanmıştır. Bunlar silis mineralleri (kuvars, opal, kalsedon), kil mineralleri, zeolitler, karbonat mineralleri, sülfat mineralleri, demir sülfid mineralleri, demir oksitlerdir. Bu mineraller içerisinde duraylı olanlar (kuvars) yanında duraysız olanlar da vardır (kalsedon, tridimit, kristobalit) ve bunlar betonda dayanımsızlık yaratabilirler. Beton içinde jel silis oluşumuna neden olabilirler. Betonda dayanımsızlık yaratabilen diğer mineraller (kil mineralleri, mikalar, feldspat mineralleri, sülfat veya demiroksit mineralleri gibi) agrega olarak kullanılan kayaçların (magmatik, metamorfik ve sedimanter) mineral bileşimlerini ve bu minerallerin ayrışma dereceleri betonun taşıma gücü yönünden fiziksel ve mekanik özelliklerini direkt olarak etkilemektedir [2]. Agregalara ait mineral gruplarının ayrışmaları;

- *Bağlayıcı maddenin (çimento) ayrışmasına,*
  - *Betonun çatlamasına ve parçalanmasına,*
  - *Agrega-çimento arası bağların zayıflamasına,*
  - *Mukavemetin düşmesine*
- neden olmaktadır.

### 2.1. Doğal Agregalar

İnce boyutlu agrega (kum) tüm yapıların ve betonu oluşturan elemanların 1/3'ünü oluşturmaktadır. Kum bunların dışında ayrıca cam ve seramik hammaddesi olarak, beton yapılarında sıvada, döküm sanayiinde ve filtre sanayiinde, tünel ve kanal yapımı ile beton direk yapımında, kaldırım ve bordur taşları, köprü, kanal, baraj yapımında kullanımı en yaygın olan malzemedir. Kumun tipik bir beton içerisinde ağırlıkça diğer bileşenlerle % oranları Çizelge 1'de verilmiştir. Burada kumun oranı %34'tür.

Çizelge 1. Beton Bileşenlerinin % Ağırlık Olarak Dağılımları

Bileşenler	% Ağırlık
Portland Çimento	12
Kum	34
Agrega	48
Su	6

Örneğin 1 mil uzunluğunda 4 şeritli otoyol yapımında 85.000 ton, 150 m<sup>2</sup>'lik bir daire (e\)

yapımında ortalama agrega (ince ve orta) 330 ton olup, bunun 112 tonunu kum oluşturmaktadır.

Kumlar doğal olarak 2 farklı kaynaktan üretilir. Bunlar deniz kumu ve kara kumu şeklinde sınıflandırılması yanında, oluşum mekanizmaları açısından benzerdirler. İnce agrega olarak tanımlanan kum, esasen tane boyutunun 5 mm'nin altında olması nedeniyle iri agregalardan (kayaçlar) ayrılırlar. Betonda birlikte kullanılan ince ve iri agregalar, fiziksel, mineralojik, kimyasal ve köken açısından benzer özellikler sunarlar.

### 2.2. İri Boyutlu Agregalar

İnce taneli agregalardan tane boyutunun 5 mm'den büyük olması ile ayrılırlar. Agregalar, çeşitli kayaçlardan (magmatik, metamorfik ve sedimanter) kırma işlemleri sonucunda üretilir.

Doğal agregaların bileşimleri kayaç ve minerallerdir. Mineral ise belirli kimyasal bileşim ve kristal sistemlerine sahip, doğal oluşumlu inorganik maddelerden oluşur. Doğal agregalar olarak tanımlanan "Kırmataşlar" esas olarak 3'e ayrılırlar:

i) Magmatik kayaçlar; derinlik, yüzey ve damar kayaçlarından oluşur. Derinlik kayaçları masif taneli, tüm kristalli, yarı derinlik kayaçları, masif ve ince taneli kristalli, yüzey kayaçları ise yarı kristalin, yarı camsal (hamurlu) ve boşluklu yapılar sunarlar. Tüm, sertlikleri yüksek kayaçlardır.

ii) Metamorfik kayaçlar; tüm kristalli, yönlü, şisti (yapraklı) yapılar gösterirler. Genelde sertlikleri yüksek kayaçlardır.

iii) Sedimanter kayaçlar; Tabakalı, masif, mikrokristalli olup, mineral bileşimlerine göre sertlikleri değişkendir. Kuvars içerikleriyle birlikte sertlikleri de artmaktadır.

### 3. AGREGA-ÇİMENTO BAĞLANMASI

Agrega ile çimento arasında 3 şekilde bağlanma olur:

i) Fiziksel bağlanma; yüzeyi düzgün bir agrega ile çimento arasında bağlanma oranı genelde oldukça zayıftır.

ii) Fiziksel ve kimyasal bağlanma; agrega ile çimento arasında kimyasal reaksiyonlar oluşursa kuvvetli bir bağlanma gelişir.

iii) Mekanik bağlanma; bu tür bağlanmada agrega yüzey pürüzlülüğü ve temas yüzeyindeki kusurlara bağlıdır. Çimentodaki hidratasyon ürünleri agrega yüzeyindeki boşluklara girebilir. Bu durumda çok kancalı bir bağlanmayı oluşturur. Pürüzlülük ne kadar çok, kusur ne kadar az ise kenetlenme o kadar büyük olur. Buna "*Mekanik Aderans*" denir [3]. Agreg-a-çimento bağlanma olayı agrega yüzey özelliklerine bağlı olduğu kadar agreganın fiziksel, kimyasal ve mineralojik-petrografik özelliklerine, ayrıca agrega yüzeyinin elektrostatik durumu gibi çeşitli parametrelerle değişebilmektedir.

#### 4. İSTANBUL VE CİVARINDA AGREGA ÜRETİM OCAKLARININ JEOLJİK FORMASYONLARA GÖRE DAĞILIMI

İstanbul ve civarı, Tekirdağ (Trakya), Gebze (İzmit) arasında yer alan kırmataş-agrega üretim ocakları jeolojik ve petrografik türlerine ve iri (kayaç) ve ince (kum) taneli olmalarına göre dağılım gösterirler (Şekil 2). Bölgenin 1:500.000 ölçekli haritasında kırmataş oluşturabilen jeolojik formasyonlar en yaşlıdan itibaren şöyle sıralanabilirler:

İstanbul'un temelini oluşturan Devoniyen-Silüriyen yaşlı "Gravvak-kumtaşı-killiştir" formasyonu [7]. Bu formasyon doğuda Darıca ve Mollafeneri hattına, batıda Kemerburgaz, Çilingirköy, kuzeyde Sarıyer, Beykoz, güneyde ise Sirkeci, Üsküdar, Kartal hatlarıyla sınırlanmıştır (Şekil 3). Devoniyen yaşlı bu formasyonlarda agrega oluşturabilen seviye "Kumtaşları" bu formasyonlara ait İstinye, Yeniköy, Mahmutbey, Alibeyköy ocakları bugün için kapatılmış olup, Cendere-Kemerburgaz, Pirinççiköy ve Boğazköy ocakları günümüzde üretimlerini sürdürmektedirler [8].

##### 4.1. Cebeciköy Kireçtaşları

Devoniyen yaşlı birimler üzerine uyumsuz olarak gelen Karbonifer yaşlı kireçtaşları, Gaziosman Paşa İlçesi sınırları içerisinde, Cebeciköy, batıda Tabibler, doğuda Kemerburgaz, Alibeyköy arasında KB-GD yönlü uzanan 5-6 km genişlik, 20-25 km

uzunluğunda, yaklaşık 100-150 km<sup>2</sup>'lik bir yüzeye (alana) sahiptir. Kireçtaşı ocakları Cebeciköy, Tabibler, Sultançiftliği, Kemerburgaz, Çatalca poligonu içinde yer alır [4, 5, 7].

##### 4.2. Ömerli, Ahmetli (Şile), Gebze Kireçtaşları

1:500.000 ölçekli jeolojik haritada izleneceği üzere (Şekil 3) Triyas yaşlı Ömerli, Ahmetli, Şile doğu-batı hattı boyunca küçük yüzeylemeler halinde dizilmiş, daha sonra K-G yönünde daha geniş yüzeylemeler veren kireçtaşı formasyonlarıdır. Bu formasyonlar içinde, özellikle Ömerli civarı ile Ömerli,Şile hattı boyunca ve ayrıca Gebze bölgesinde, Taşocakları Mevkii'nde sayısız kırmataş ocakları üretim yapmaktadır.

##### 4.3. Çatalca Kireçtaşları

İstanbul'un batısında yer alan Çatalca Bölgesi'nde jeolojik haritada (Şekil 3) Lütésiyen yaşlı formasyonlar içinde, Çatalca Kireçtaşları olarak yer alır. Bunlar özellikle Çekmece ve Çatalca arasında yoğun olarak üretimlerini sürdüren kırmataş ocaklarıdır.

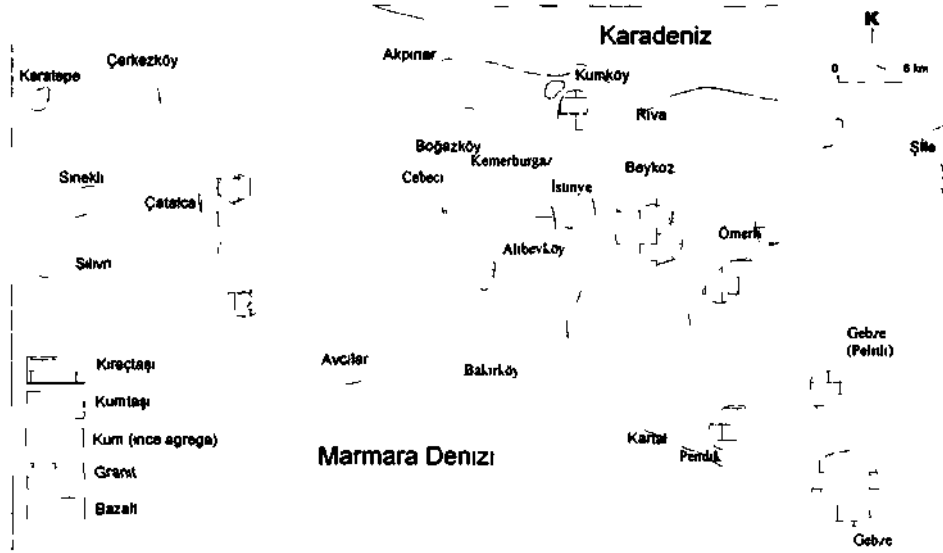
##### 4.4. Karatepe (Çorlu-Tekirdağ) Bazaltları

Çorlu-Karatepe Bazaltları jeolojik ve stratigrafik olarak Miyosen-Pliyosen veya Pliyosen-Quaterner yaşlı Danişment ve Ergene formasyonları içinde, genelde Trakya Bölgesinde (Tekirdağ civarında) izlenen Senozoyik volkanizmasının son ürünleridir. Özellikle tepe ve sırtlarda, Neojen yaşlı çökeller üzerinde şapka şeklinde yer alırlar [6].

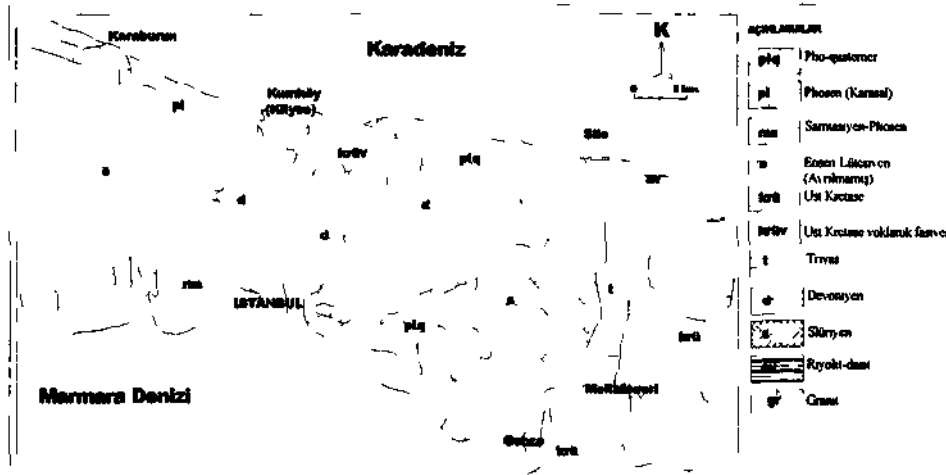
Kırmataş üretimi açısından yoğunluğu, renk ve fiziksel özellikleri açısından beton ve yol yapımında aranan başlıca agrega türüdür. Özellikle yüksek dayanımlı, aşınma direnci yüksek beton ve yol yapımında yapıya verdiği performans önemlidir.

##### 4.5. Kumlar

İstanbul ve civarında kum oluşumları Neojen yaşlı (Pliosen, Plio-kuvaterner), kuzeyde Karadeniz kıyı şeridine paralel, Kemerburgaz-Akpınar ile Şile yöresinde benzer



Şekil 2. İstanbul ve Çevresi Agregat-Kırmataş Ocaklarının Basitleştirilmiş Dağılım Haritası



Şekil 3. inceleme Alanı 1500 000 Ölçekli Jeoloji Haritası (MTA, 1964 Haritasından Basitleştirilmiştir)

olarak kil ve kömür seviyeleriyle ardalanmalı olarak 40 ve 65 m kalınlıklarda Plio-kuaterner yaşlı gösel oluşuklu birimler olup, en üst seviyelerde değişken kalınlıklarda yer alırlar. Çatalca-Karacaköy civarı ile Silivri-Sineklı kumlu, çakıllı, killi seviyeler halinde, ayrıca Çerkezköy, Çorlu arası bölgede benzer, kumlu, oldukça kalın seviyeler oluştururlar.

Bunlarla beraber karasal oluşuklu dere kumları bu grup içinde yer almaktadır.

Denizel kumlar adı altında güncel oluşuklu Karadeniz'in İğneada ve Kıyıköy arasındaki deniz diplerinde (deniz altında) kumlar (çakıl ve bloklu) oluşmaktadır. İnce agrega grubunu oluşturan kumlar beton üretimi ve diğer endüstriyel amaçlı (cam, seramik, döküm, yol, stabilize ve dolgu, beton direk

yapımı) olarak çok tüketilen bir endüstriyel mineral/kayaçtır. Kumlar İstanbul civarında agrega amaçlı olarak Kemerburgaz-Akpınar-Şile-Domalı-Karakiraz, Sahilköy, Silivri, Sinekli ile Çorlu-Çerkezköy arası bölgelerde üretim ocak ve tesisleri günümüzde üretimlerini sürdürmektedirler.

## 5. FİZİKO-MEKANİK ÖZELLİKLER

İstanbul civarı agregaların mineralojik-petrografik, kimyasal ve fiziko-kimyasal özellikleri özetle Çizelge 2, 3, 4 ve 5'te ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 2. İstanbul Civarı Kırmataşlarının (Agrega) Mineralojik-Petrografik Özellikleri

Yer	Saha Özellikleri	Doku	Mineral Bileşim ve % (modal) oranları	Kayaç Adı
Mahmutbey	Devoniyen yaşlı, 0 l-1 10 m tabakalı, gri tonlarda	Taneli-çimentolu (Kıl-klont)	Kuvars+Plajoklas+Alk feldspat+klont+bıyotit+muskovit+opak	Kuvars-feldspatlı kumtaşı
Pırnçköy	Devoniyen yaşlı, gri-kahve tonları	ince taneli, çimentolu /demirli), 0.06-0.3 mm tane boyutu	Kuvars(30)+plajoklas (25)+muskovit(10-25)+matrks(30-45),(opak-kıllı)	Kuvars ve feldspatlı demü çimentolu kumtaşı
Cendere (Ayazaga)	Devoniyen yaşlı, koyu gri tonlarda	Köşeli-yarı köşeli, taneli, bol mika çimentolu	İnce kalsit(65) + ikincil kalsit (25-30)+opak (5)	Mikalı kumtaşı
Cebeci	Karbonifer yaşlı koyu gri tonları	Bol kalsit damarlı, mikritik	ince kalsit (60-85)+ikincil kalsit (25-30)+opak (5-8)	Mikritik kireçtaşı
Gebze (Pelitli)	Triyas yaşlı koyu gri tonları, bevaz benekli	Fosilli, ince kalsit damarlı, mikritik	Kalsit (80)+ikincil kalsit (18)+opak(2)	Fosilli mikritik kireçtaşı
Ömerli-Şile	Triyas yaşlı, Gri-beyaz, alacalı	Mikritik kalsit damar dılgulu, 0.15-0.3 mm tane boyutlu	Kriptokstalin kalsit(50)+ikincil kalsit(20)+dolomit(15)+ opak(3-4)	Rekristalize dolomitik kireçtaşı
Çatalca	Eosen yaşlı, açık beyaz-krem tonlarında	Bol fosilli, mikritik, kriptokstallı	Kalsit (mikritik, 60-70)+ikincil kalsit(28-30)+boşluk(3)+impurite(3-4)	Fosilli rekristalize kireçtaşı
Hereke (Kocaeli)	Triyas yaşlı açık bej tonlarında, ince taneli	Mikritik ve kısmen rekristalize	Mikritik kalsit(60)+ikincil kalsit(35)+impurite(opak, 3-4)	Rekristalize kireçtaşı
Karatepe (Çorlu)	Phosen-Kuvaterner yaşlı Koyu gri-siyah	Mikrolitik porflnk volkanik (Bazaltik)	Ohvın(20-25)+ Plajoklas(7)+Matrks (mikrolit, 60-65,opak,6-7)	Olivin bazalt

İstanbul ve çevresinde agrega oluşturabilen formasyonlar, birinci derecede İstanbul ve çevresinin jeolojisine bağlı olması yanında hızlı şehirleşme (yapılaşma) nedeniyle de üretim ve potansiyel açısından giderek sınırlanmaktadır. Bugün için İstanbul metropolünün yapılaşmasında kullanılan agrega türleri (kırmataş) ve üretim bölgeleriyle özetle şöyle sıralanabilir.;

### iri boyutlu agregalar'

- Kumtaşı: (Pirinçli, Cendere (Ayazaga-Kemerburgaz)
- Kireçtaşı: Cebeci, Ömerli (Şile), Pelitli (Gebze), Hereke (İzmit) ve Çatalca
- Bazalt: Karatepe (Çorlu), Riva (Beykoz)

### ince boyutlu agregalar.

- Deniz kumu: Podima (İğneada, Kırıkköy)
- Kara kumu: Silivri-Sinekli, Akpınar (Kemerburgaz), Karakiraz, Sahilköy (Şile), Karacaköy (Çatalca)

İri taneli agrega grubu kayaçlar, mineralojik ve petrografik özellikleri kısaca aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Kumtaşı; esasen kuvars+feldspat+mika mineral içerikli, çoğu kez iri taneli kuvars ve feldspat minerallerini çevreleyen ince taneli mikalı ve opak minerallerce zengin ince taneli bir çimento ile çevrelenmiştir. Bunlar kuvars, feldspat, kumtaşı, mikalı kumtaşı şeklinde sıralanmıştır.

Çizelge 3. İstanbul Civarı Kumlarının (ince Taneli Agregat) Mineralojik-Petrografik Özellikleri

Podima (Deniz kumu)	Sarı renkli-ince taneli	Yarı köşeli, küreselliği orta, kıl boyutlu tane yok	Kuvars(84-88) + kalsit-aragonitli kavki(6-8)+feldspat(3-4)+ epidot(0 5)+piroksen+amfibol(2)+manyetit-hematit(0 5)+Gröna(0 5)	Kuvars kumu
Silivri, Sinekli (Kara kumu)	Grı-beyaz, kırmızı-yeşil tonlarda çakıllı	Yuvarlak, yarı yuvarlak, köşeli-yarı köşeli, az oranda yassı	Kuvars(97)+plajioklas(2)+opak(1)	Kuvarsit çakılları
Akpınar (Kemrburgaz)	Kırılı beyaz-bej, açık sarı-pembe-siyah	Yarı köşeli, yarı yuvarlak, 1 mm nin altında %10' luk yassı mineralli	Kuvars(80-87)+opak(nadır)+feldspat(4)+kalsit+aragonit(12)+piroksen+amfibol(1)+gröna-turmalin(0 5)	Kuvars kumu
Karakiraz-Salınköy (Şile)	Beyaz, gnmsi-sarımsı, koyu sarı-kırmızı, mercekse zonlar	Homojen tane boyutlu, renksiz, beyaz-siyah ve bordo tonlar, köşeli-yarı köşeli, küresellik orta	Kuvars (77-82) Piroksen+amfibol(2-3) Mika(0 5) Kıl (15-20)	Kıllı kuvars kumu
Silivri, Küçük Çavuşlu Köyü	Kırılı tonlarında kum+çakıl boyutlu	Taneler renksiz, sarı, siyah, kırmızı, yeşil, yarı köşeli	Kuvars(78-82)+feldspat(1 6-18)+piroksen+amfibol(1)+turmalin(0 5)+gröna(0 5)	Çakıllı kuvars kumu

Çizelge 4. İstanbul Civarı Agregaların (Kırmataş) Kimyasal Majör Oksit Analizleri

Majör oksit	Mahmutbey (Gre)	Prıncı (Gre)	Habibler (Kumtaşı)	Cebeci (Kireçtaşı)	Cebeci (Kireçtaş)	Peltili (Kireçtaşı)
SiO <sub>2</sub>	63,66	66,32		1,97	2,25	1,75
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,00	12,70		0,86	0,80	0,25
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,50	3,50		0,84	0,75	-
CaO	10,50	5,20		47,89	48,90	43,85
MgO	2,10	2,08		1,78	1,65	6,70
Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	4,25	6,29		0,03	0,02	-
AZ	7,41	3,91		45,86	44,96	47,30
Toplam	100,00	100,00		99,23	99,32	99,85
Majör oksit	Hereke (Kireçtaşı)	Habibler (Kumtaşı)	Hereke (Dolomit)	Ömerli (Kireçtaşı)	Sivritepe (Tekirdağ Bazalt)	Sivritepe (Tekirdağ Bazalt)
SiO <sub>2</sub>	0,84	64,17	22,50	1,95	49,88	46,48
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,25	12,45	1,10	0,30	15,82	13,34
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,25	5,50	0,80	0,17	8,30	10,07
CaO	52,80	3,44	31,20	52,50	9,51	9,22
MgO	1,99	2,43	19,10	1,80	7,39	12,84
Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	0,95	5,80	0,55	0,50	5,45	3,86
AZ	42,92	4,31	44,75	42,55	-	-
Toplam	100,00	99,10	100,00	99,77	96,35	97,81

Kireçtaşları; ortalama % 99 kalsit mineral içerikli mikritik kireçtaşı (Cebeci), rekristalize dolomitik kireçtaşı (Ömerli, Şile ve Gebze) ve fosilli rekristalize kireçtaşı (Çatalca) olarak tanımlanırlar.

Bazaltlar; olivin+plajioklas ve mikrolitli bazaltik bileşimli (Karatepe) ve petrografik açıdan olivinli bazalt olarak tanımlanırlar.

ince taneli agregalar (kumlar); denizel ve karasal olmak üzere benzer mineral bileşimli %75-90 oranlarında kuvars, tali oranda feldspat +kalsit+piroksen+amfibol+epidot+gröna+

manyetit -hematit (opak mineral) ve nadiren turmalin ve mika içerirler. Serbest halde bulunan mineraller yarı köşeli, yarı yuvarlak şekillerde ve çoğu kez açık renkli, berrak görünümündedirler.

Kimyasal özellikleri açısından, iri taneli agregaları içerikleri şöyledir;

Kumtaşları; %63-66 oranında silis (SiO<sub>2</sub>), % 10-12 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %3-5,5 oranlarında Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %3-10 CaO, %2-3 oranlarında MgO ve %4-6 oranlarında toplam alkali (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) içermektedirler.

Kireçtaşları; %1-3 SiO<sub>2</sub>, %0,25-1 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %0,17-0,8 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %48-53 CaO, %1-2,5 arası MgO, %0,02-0,95 (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) ile %42-45 oranlarında CO<sub>2</sub> içermektedirler.

Bazaltlar; %48-50 SiO<sub>2</sub>, %13-15 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %8-10 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %9-10 CaO, %7-13 arası MgO ve %4-6 arası değerlerde toplam alkali (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) içerirler.

Çizelge 5. İstanbul Civarı Kumlara (İnce Taneli Agregata) Ait Kimyasal Majör Oksit Analizleri

Majör oksit	Podima-1	Podima-2	Silivri	Akpınar (Ana ocak)	Akpınar (Elek altı)	Akpınar (Atelye ayna)	Akpınar	Silivri, K. Çavuşlu köyü
SiO <sub>2</sub>	90,50	70,85	95,80	90,70	91,20	90,90	83,09	77,66
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,80	10,94	0,70	1,35	1,05	1,40	3,26	12,55
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,15	2,71	0,50	0,25	0,10	0,20	0,58	1,76
CaO	-	3,02	-	5,05	4,90	3,60	5,31	1,02
MgO	-	1,52	-	0,15	0,10	0,10	0,35	1,20
Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	-	8,53	1,20	0,60	0,55	0,65	1,75	5,08
A.Z.	-	3,00	1,90	3,20	3,30	4,55	5,59	0,73
Toplam	-	99,59	100,00	101,30	101,20	101,40	100,00	100,00

Çizelge 6. İstanbul Civarı Agregaların Fiziko-Mekanik Parametre Değerleri

Parametreler	Mahmutbey (Kumtaşı)	Pirinçli (Kumtaşı)	Habibler (Kumtaşı)	Cendere (Kumtaşı)	Karaterpe (Bazalt)	Sıvrıtepe (Bazalt)	Cebeciköy (Kireçtaşı)	Cebeci (Kireçtaşı)	Hereke (Dolomit)
Doğal birim hacim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	2,781	2,63	2,80	2,74	2,93	2,97	2,70	2,63	2,87
Kuru birim hacim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	2,780								
Suya doymun birim hacim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	2,789								
Porozite (%)	0,89	1,83	0,5	0,83	-	0,2	0,80	0,80	0,5
Boşluk oran (%)	0,90	-	-	0,99	-	-	-	-	-
Su muhtevası (%)	0,05	0,83	-	0,05	0,1	-	-	-	-
Ağırlıkça su emme (%)	0,32	-	0,30	-	0,1	0,1	0,5	0,5	0,2
Tek eksenli basınç dayanımı (kg/cm <sup>2</sup> )	1164	680	377 323 404	1340	1895 1592	1017	1634 1860 1580	942 920 940	860
Los Angeles aşınma deneyi	%20	-	-	%20	-	-	-	-	-

## 6. FİZİKO-MEKANİK ÖZELLİKLER AÇISINDAN AGREGALAR

İstanbul civarında agregalar (kırmataş)'in fiziko-mekanik yönden karşılaştırılması, Çizelge 7'de özetle verilmiştir.

Fiziko-mekanik özellikler açısından Çizelge 7'de izleneceği gibi İstanbul civarı agregalarda, doğal birim hacim ağırlık yönünden en küçük değerler kumtaşı, kireçtaşı (Cebeci) benzer 2,63-2,80 gr/cm<sup>3</sup>, Hereke Kireçtaşları bunları izleyen 2,76-2,87 gr/cm<sup>3</sup>

değerlerinde ve en yüksek birim hacim ağırlık değerleri ise bazaltlarda 2,93-2,97 gr/cm<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir.

Porozite: En yüksek değerler Cebeci kireçtaşlarında %8, ikinci sırada kumtaşlarında %0,5-1,83 ve sırasıyla Hereke kireçtaşları %0,3-1,5 ve en son düşük değerler ise bazaltlarda %0-0,2 olarak belirlenmiştir.



Çizelge 7. İstanbul ve Civarı Agregalarının Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırılması

Kırmataş	Doğal bütüm hacim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Porozite (%)	Boşluk oranı (%)	Su muht. (%)	Ağır-lıkça su emme (%)	Tek eks basınç dayanımı (MPa)
Kumtaşı	2 63-2 80	0 50-1 83	0 90-1 83	0 05-0 83	0 30	680-1340
Kireçtaşı (Cebeci)	2 63-2 70	0 80			0 50	930-1860
Kireçtaşı (Hereke)	2 76-2 87	0 30-0 50			0 10-0 30	351-1094
Bazalt	2 93-2 97	0-0 20	0	0	0 10	1017-1895

Ağırlıkça su emme bazında en yüksek değerler %0,5 ile Cebeci Kireçtaşları, sırasıyla %0,3 ile kumtaşları, %0,1-0,3 ile Hereke kireçtaşları ve en düşük değerlerde ise % 0 1 ile bazaltlar gelmektedir.

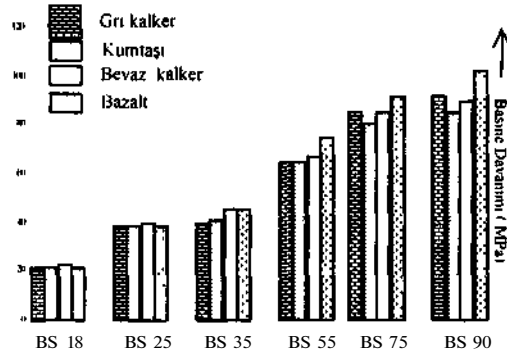
Tek eksenli basınç dayanım değerleri açısından en düşük değerler 351-1094 kg/cm<sup>2</sup> iK Hereke kireçtaşları, sırasıyla kumtaşları (680-1860 kg/cm<sup>2</sup>) ve Cebeci kireçtaşları (930-1860 kg/cm<sup>2</sup>), en yüksek değerler ise 1017-1895 kg/cm<sup>2</sup> değerler ile bazaltlara aittir.

## 7. AGREGA TÜRLERİNİN BETON MUKAVEMETİNDEKİ YERİ

Kırmataş (agrega)-çimento hamuru arasında meydana gelen 3 farklı türde bağlanma (fiziksel, fiziko-kimyasal, mekanik) ayrıntılı olarak verilmiştir. Bu bağlamda agrega-çimento bağlanma olayı, agrega yüzey özelliklerine de sıkı bir biçimde bağlıdır. Agreganın mekanik dayanım, iç yapı (doku), kimyasal reaksiyonlar beton içindeki dayanımına etki eden önemli faktörlerdir. Beton içinde atıl bileşen olduğu ve kimyasal reaksiyonlara girmediği kabul edilen agrega gerçekte atıl bileşen olmayıp, birtakım kimyasal reaksiyon özellikleriyle betonun performansı üzerinde reaksiyon özellikleriyle betonun performansı üzerine etkilidir (Koç, 2001). Çeşitli agregaların farklı çimento karışımları sonucu küp örnekler üzerinde yapılan deneylerin sonuçları, Çizelge 8 ve Şekil 4'te verilmiştir [3]. Buna göre farklı agrega karışımları ile elde edilen beton dayanımlarına bakıldığında en yüksek ve en düşük dayanımlar arasındaki fark %4 civarında bulunmuştur.

Çizelge 8. İstanbul Civarı Agregalardan Elde Edilen Beton Basınç Dayanımları

Agrega Türü	Beton Sınıfları (mpa)					
	BS 18	BS 25	BS 35	BS 55	BS 75	BS 90
Gri kalker (Cebeci)	23 00	32 50	42 00	65 00	85 1	95 3
Kumtaşı (Cendere)	23 30	33 30	42 30	64 70	77 80	84 60
Beyaz kalker (Çatalca)	23 90	37 90	45 30	66 30	85 00	94 50
Bazalt (Karatepe)	23 40	35 60	45 50	71 50	95 30	104 5



Şekil 4. İstanbul Civarı Agregalarından Üretilen Betonların Basınç Dayanımları [3]

Diğer yönden BS 18 ve BS 25, BS 35 beton sınıfında Çatalca Kalkerleri en yüksek dayanımı gösterir. Burada en az %15 daha fazla bir dayanıma ulaşılmıştır.

B 55 sınıfında en yüksek basınç dayanımı bazalt, en düşük ise kumtaşı olup, Cebeci gri kalker kumtaşına yakın, Çatalca beyaz kireçtaşı ise bazalt altında değerler vermiştir.

BS 75 beton sınıfında basınç dayanımları agregalar arasındaki farklar belirginleşmiştir. Buna göre en düşük dayanım kumtaşı, en yüksek ise bazalttır. Bunlar arasındaki dayanım farkı %22 civarındadır. Beyaz ve gri kalkerler birbirlerine oldukça yakın değerler vermiştir [3].

BS 90 beton sınıfında BS 75 sınıfındaki davranışlara benzer fakat daha netleşmiş konuma gelmiştir. Bazaltlar en yüksek dayanım gösterirken, kırmataş en düşük basınç dayanımını vermiştir. Buradan sonuç olarak Çatalca beyaz kalkerini içeren betonlar, düşük

beton sınıflarında en yüksek dayanımlar gösterirken, daha yüksek beton sınıflarında ise durum değişmiş, bazalt en yüksek değerlerde daha iyi performansı göstermiştir.

#### 8. SONUÇ VE TARTIŞMA

İstanbul civarında üretimi devam eden agrega alanları (havzaları) şehirleşme ve yapılaşma, çevre etkileri sonucu giderek daralmakta ve yeni oluşturulan ocaklar da şehirden uzaklaşmaktadır. Diğer bir deyişle yapılaşmanın ana temelini oluşturan agrega (kırmataş) alanları (ocaklar) şehirleşme ve yapılaşmadan olumsuz olarak etkilenmekte ve işlevlerini kaybetmektedirler, İstanbul civarında agrega üretimi doğuda Karatepe'den (Çorlu), Batıda Hereke (Gebze)'ye kadar geniş bir aralıkta, kuzeyde Karadeniz'den güneyde Marmara ile sınırlanmış alanlarda gerçekleştirilmektedir. Üretilen agrega türleri jeolojik olarak en yaşlı Paleozoyik (Devoniyen) kumtaşları, sırası ile kireçtaşları (Karbonifer), Cebeci Bölgesi'nde ve Triyas yaşlı Ömerli-Gebze kireçtaşları ile Eosen yaşlı kireçtaşları (Çatalca), Plio-kuvaterner yaşlı bazaltlardan oluşmaktadır. Üretim yapılan kırmataşların üretim alanları birden fazla olup, ocak sayıları da bir agrega-beton üretim merkezleri olarak tanımlanabilir [6]. Bunlara örnek olarak kumtaşları için Ayazağa-Kemerburgaz arası "Cendere" havzası, Cebeci (kireçtaşı) havzası, Ömerli (Şile) havzası, Gebze-Hereke havzası ve Çorlu (Tekirdağ) bazalt üretim havzaları verilebilir.

İnce taneli (kumlar) agrega alanları Podima deniz kumu, Çatalca-Karaköy havzası, Akpınar-Kemerburgaz havzası, Domalı-Karakiraz, Kıyıköy (Şile) havzaları şeklindedir. Mineralojik-petrografik ve kimyasal özellikleri açısından üretilen kırmataşlar aşağıda verilmektedir:

Kumtaşları; kuvars+feldspat+mika bileşimli, taneli dokuya sahip, silisçe zengin (sedimanter kökenli) kayaçlardır.

Kireçtaşları; çoğunlukla tek mineral (kalsit) bileşimli, tali oranlarda dolomit, nadiren kuvars, albit içerirler. Kriptokristalli ve kalsiyumca zengin, silisçe fakir (sedimanter) kayaçlardır.

Bazaltlar; taneli ve mikrotaneli (matris veya hamurlu), olivin+piroksen+plajyoklas ve yanında ince taneli, mikrolitik hamura sahip, taneli ve silisçe ortaç (%50-55), demir ve magnezyumca zengin, volkanik kökenli kayaçlardır.

Kum (ince agrega); serbest, yarı köşeli, yarı yuvarlak mineral ve kayaç parçaları, kuvars, tali oranda feldspat+piroksen+amfibol±grönö±turmalin±epidot ve manyetit+hematit bileşimli silisçe zengin tutturulmamış çökel kayaçlar (kumtaşı) sınıfına girmektedir.

Farklı kökenli ve farklı doku (iç yapı) ve mineral bileşimleri yanında, fiziko-mekanik parametreleri de farklılıklar göstermektedir. Bu farklılık kayaçlarının dokusal özellikleri yanında mineral bileşimleri, ayrışma özelliği gösterip göstermemeleri gibi kayaçların daha çok iç yapılarıyla ilişkili özelliklerinin, kırmataş-agregaların beton içinde (yapılarda) dayanımlarını direkt olarak etkiledikleri bir gerçek olup, verilerle kanıtlanmıştır. Benzer olarak agrega oluşturan çeşitli türdeki kayaçlar kireçtaşı, kumtaşı, bazaltlar beton içinde yer almaları durumunda betona mukavemet, dayanım vermektedirler. Çeşitli kayaçların agrega olarak betonda farklı basınç dayanımları vermeleri, bunların fiziksel ve yüzey şekilleri (çimento ile aderans sağlanması) yanında mineralojik-petrografik ve kimyasal özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Örneğin en yüksek basınç dayanımı veren "bazaltlarda" iç dokusunda, minerallerin birbirleriyle grift bir biçimde kenetlenmiş olması yüksek mukavemet ve dayanıma iyi bir örnektir.

Kaynaklar

- [1] Koç A., "Betonda Kullanılan Agregaların Petrografisinin Beton Mukavemetine Etkisinin Araştırılması", *I.V. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*. 2001.
- [2] Neville A. M. "Properties of Concrete". *Forth and Final Edit, John Wiley, G Sons*. 56-80. 1996.
- [3] Sengül Ö. "Agrega Türünün Normal ve yüksek Dayanımlı Betonların Mekanik Özelliklerine Etkisi", *ITV Fen Bilimleri Enst Y Lisans tezi*. 2000.
- [4] Tuğrul A., Zarif I. H., "Aggregate Production in Istanbul-Turkey". *Symp on Industrial Minerals and Building Stones (Istanbul)*. 609-616, 2003.
- [5] Uz B, "Alibeyköy Barajı Rezervuar Civarının Jeolojik Etüdü", *Diploma Tezi, ITU Maden Fakültesi*, 1966.
- [6] Ü7 B., "Bazaltların Kırmataş Yönünden incelenmesi; Trakya-Tekirdağ Bölgesi Bazaltları Örneği", *2 Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, 1-12, 1999.
- [7] Uz B., "Mahmutbey, Paşadeğirmeni (İstanbul) Civarı Kırmataş Ocakları Jeolojisi ve Petrografik inceleme", / *Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, 179-196, 1996.
- [8] Uzal M., Uz B.. "Kırmataş Ocak Oluşturma Öncesi Petrografik Analiz ve Önemi; Pirinçciköy (Eyüp-İstanbul) Civarının Jeolojik-Petrografik ve Kırmataş Yönünden Değerlendirilmesi, *2 Ulusal Kırmataş Sempozyumu*. 13-30. 1999.

