

İzmir Karaburun Yarımadasındaki Farklı Kireçtaşlarının Beton Agregası Olarak Değerlendirilmesi

Evaluation of Different Limestones as Concrete Aggregate in İzmir Karaburun Peninsula

Hakan ELÇİ¹, Necdet TÜRK², İsmail İŞİNTEK²

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Torbalı Meslek Yüksekokulu, Geoteknik Programı, Torbalı, İZMİR.

² Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Buca, İZMİR.

Geliş (received) : 21 Mayıs (May) 2014

Düzeltilme (revised) : 11 Ağustos (August) 2014

Kabul (accepted) : 12 Aralık (December) 2014

ÖZ

Dört milyonu aşan nüfusu ile Türkiye'nin üçüncü büyük şehri olan İzmir'deki hazır beton ve çimento fabrikalarının ihtiyacını karşılayan taş ocaklarının, yerleşim alanlarına oldukça yakın olması ve oluşturduğu çevresel sorunlar nedeniyle yakın gelecekte kapatılması veya başka bir yere taşınması söz konusudur. Bu durum, ileriye yönelik olarak İzmir için yeni kırma taş sahalarının belirlenmesini gerekli hale getirmiştir. İzmir'in gelecekteki agrega ihtiyacının bir kısmının Karaburun Yarımadası (İzmir) Mesozoyik yaşlı kireçtaşlarından karşılanması öngörülmektedir. Bu çalışmada Karaburun Yarımadası Mesozoyik yaşlı kireçtaşlarının fasiyes ve kimyasal özellikleri araştırılmış ve bu özelliklerinin, beton agregası olarak kullanılabilirliklerine olan etkisi değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre farklı litolojik özellik gösteren Mesozoyik yaşlı Karaburun kireçtaşlarının beton agregası olarak kullanılabilirliğini etkileyen en önemli özelliğin, kireçtaşının saflığını (bileşimsel homojenliğini) bozan ve betonda alkali silika reaksiyonuna da neden olabilen silis miktarı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca kil minerali içerikli agregaların, beton dayanım değerini düşürdüğü gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Alkali Silika Reaksiyonu, Kireçtaşı Agregası, Kireçtaşı saflığı, Karaburun.

H. Elçi

E-posta: hakan.elci@deu.edu.tr

ABSTRACT

Izmir is the third biggest metropolitan city in Turkey with a population more than 4 million. The quarries which presently supply aggregate to the ready-mixed concrete plants and cement factories in and around the metropolitan city of İzmir are expected to be closed down in the near future due to their closeness to the settlement areas and the environmental problems they create. Thus it is necessary to find new crushed rock areas that will meet the future aggregate needs of the city. It is envisaged that the aggregate needs of the city will be met partially from the Mesozoic aged limestones of the Karaburun Peninsula. In this study, the facies and chemical properties of Mesozoic aged limestones of the Karaburun Peninsula have been investigated and the influences of these properties on the usability as concrete aggregate were evaluated. The results indicated that the most important property affecting the usage of the limestones as concrete aggregate is found to be silica content. It affects the purity of the limestones by causing alkali silica reaction in concrete. Additionally, it has been noted that the clay containing aggregates in the limestones are found to decrease the strength of the concrete.

Key Words: *Alkali Silica Reaction, Limestone Aggregate, Purity of Limestone, Karaburun.*

GİRİŞ

İzmir, 4 milyon nüfus (TUİK, 2014) ile Türkiye'nin üçüncü büyük şehridir. Şehrin agrega ihtiyacının % 90'lık bölümü Bornova ilçesi, Kavaklıdere mevkiindeki taş ocaklarından sağlanmaktadır. Bu taş ocakları İzmir Ankara Tektonik Zonu içinde yer alan, Maastrichtiyen-Daniyen Bornova Karmaşığı'na ait Jura-Geç Kretase (Erdoğan, 1990; İşintek vd., 2007) kireçtaşı blokları içerisinde açılmış ocaklardır. Bu taş ocaklarının günümüzde İzmir şehri yerleşim alanına oldukça yakın olmaları ve oluşturduğu çevresel sorunlar nedeniyle yakın gelecekte kapatılması söz konusudur (Şekil 1). Ayrıca, ülke genelinde başlatılan kentsel dönüşüm projesi ile de gelecekte İzmir şehrinde beton üretimi için kaliteli agregaya olan ihtiyaç daha da artacaktır. Bu durum, ileriye yönelik olarak İzmir şehri için alternatif kırma taş sahalarının araştırılması ve planlanmasını gerekli hale getirmiştir. Bu nedenle, İzmir şehir merkezine yakın alanlardaki alternatif kırma taş sahalarının

değerlendirilmesi kaçınılmazdır. Bu gerekçeler dikkate alındığında; Karaburun Yarımadası kireçtaşları ileriye yönelik kırma taş potansiyeline sahip sahalardan birini oluşturmaktadır. Yarımada kireçtaşları içerisinde blok taş üretimi amacıyla açılmış (Hacımustafaoğlu, 1999; Elçi, 2011) çok sayıda taş ocağı mevcuttur (Şekil 2).

Kireçtaşları sahip oldukları yüksek dayanımları ve yoğunlukları, düşük poroziteleri (< % 1) ile beton üretimi için iyi bir agrega kaynağıdır (West, 1996; McNally, 1998; Carlos vd., 2010). Kireçtaşlarının beton agregası olarak tercih edilmesinin bir diğer nedeni de düşük termal genleşmeye sahip olmaları (French, 1991) ve çimento hamuru ile iyi bir kimyasal bağ yapabilme özelliğidir (Akman, 1984; Baradan, 2004). Saf kireçtaşları alkali agrega reaksiyonu (AAR) yönünden risk oluşturmazlar (West, 1996, Carlos vd., 2010) ve birçok araştırmacı tarafından alkali silis reaksiyonu (ASR) çalışmalarında zararsız agrega olarak kullanılmışlardır (Hobbs, 1978; Binal,

2004, 2008; Tosun vd., 2006). Fakat bileşiminde kalsit ile birlikte karbonat olmayan mineralleri de (asitte çözülmeyen kalıntı) bulunduran, kireçtaşları ile üretilen betonlarda, ASR'ye neden olan ve betonun kalitesini düşüren tehlikeli bileşenlerin varlığı rapor edilmiştir (Lorenzi vd., 2001; Qian vd., 2001; Qian vd., 2002; Katayama, 2004; RILEM, 2005; Alptuna, 2009). Bu tehlikeli bileşenler, kireçtaşlarının bileşiminde yer alan ve safıklarının bozan düzensiz yapıdaki silisli minerallerden ileri gelmektedir (Smith ve Collis, 2001; Lorenzi vd., 2001; Binal, 2004; Baradan, 2004). Dolomit kökenli agregalar ise alkali karbonat reaksiyonu (ACR) riski taşırlar ve ASR'ye oranla bu reaksiyon daha nadir görülür. ACR'ye dolomit mineralinin tek başına neden olduğu konusu tartışmalıdır. Bazı araştırmacılar kireçtaşlarında 75 mikronun altındaki dolomit kristallerinin (dolomikrit) kil mineralleri ile birlikte reaksiyona neden olduğunu belirtmişlerdir (Gillot ve Swenson, 1969; French ve Poole, 1974; Akman, 1978; Sims ve Sotiropoulos, 1983; Erdoğan, 1996). Katayama (2004) ve Qian vd. (2002) ise kireçtaşlarında 50 mikrondan daha küçük boyutlu dolomit kristallerinin (dolomikrit) silisli mineraller (kriptokristalin kuvars) ile birlikte reaksiyona neden olduğunu ve ACR'nin ASR ile birlikte geliştiği görüşündedir. Ülkemizde dolomit kökenli agregaların neden olduğu ACR hasarı rapor edilmemiştir. Zarif vd. (2003) beton yapımında kullanılan İstanbul yöresi dolomit ve dolomitik kireçtaşların iri kristalli dolomit minerallerinden oluştuğunu ve ACR'ye neden olmadıklarını belirtmiştir. Alptuna (2009) ince kristalli dolomit minerali (< 50 mikron) ile birlikte kuvars (% 13) minarelini de içeren Zonguldak kireçtaşını AAR çalışmalarında Kingston (Kanada) agregası gibi referans agrega (Qian vd., 2001; Qian vd., 2002; Katayama, 2004; RILEM, 2005) olarak kullanılmış ve reaksiyona neden olduğunu

belirtmiştir. Ülkemizde AAR'ye neden olmayan ve kaliteli beton yapımında kullanılan kireçtaşları genelde düşük SiO_2 (> % 2) içerikli ve tenetaşı karakterindedir (Zarif vd., 2003; Güler vd., 2010).

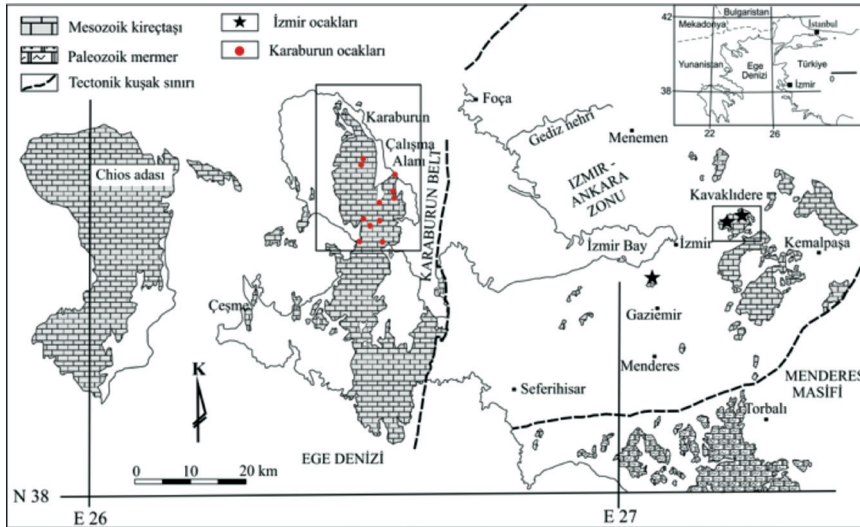
Kireçtaşlarının tanımlanmasına ve sınıflanmasına yönelik yapılan çalışmalarda; kireçtaşlarının saflığını bozan karbonat olmayan bileşenlerin (asitte çözülmeyen kalıntı) miktarını belirlemeye yönelik değildir. Özellikle beton agregası olarak kullanılmaları durumunda uygunluğunu belirlemede bu sınıflama ve tanımlamalar sınırlı kalmaktadır. Jeolojide yapılan sınıflamalar; kireçtaşlarının safsızlıklarından ziyade, 1960'larda petrol şirketlerinin kireçtaşlarının hidrokarbon rezervleri olduğunu keşfetmesi ile bu ihtiyaç doğrultusunda geliştirilmiştir. Bu amaç için, Folk (1959), kireçtaşlarını bileşimine göre, Dunham (1962) ise dokusunu göre sınıflandırmıştır. Krumbein ve Sloss (1963) kireçtaşlarını kalsit, dolomit ve karbonat olmayan mineral miktarına (%) göre sınıflandırılmışlardır. Dearman (1981) kireçtaşlarının malzeme ve kütleli özelliklerinin söz konusu olduğu mühendislik amaçlı çalışmalarda dokusal, bileşimsel ve diyajenetik özelliklerinin birleştirilerek, Bell (2006) ise bu özelliklere teknolojik özellikleri de dahil ederek sınıflandırılmasını önermiştir. Oysa kireçtaşlarının endüstriyel kullanımında (beton agregası, kireç endüstrisi, metalurji, tarım) alt sınıflamalar gereklidir ve bu alt sınıflamalar, kireçtaşlarının kalsit, dolomit ve karbonat olmayan minerallerin oranında (Flügel, 2004) ve uluslararası normlarda (Oates, 1998) yapılmalıdır. Bu çalışmada, Karaburun kireçtaşları, beton agregası olarak uygunluğunun değerlendirilmesi amacıyla saflıklarına (bileşimsel homojenlik) göre sınıflandırılmıştır.

Elçi, Türk, İşintek

Karaburun Yarımadası kireçtaşlarının oluşumu; dokusal homojenlik (tanetaşı, vaketaşı), bileşimsel homojenlik (kimyasal bileşim, yabancı madde içeriği, safsızlık), vb. özellikleri büyük bölümüyle çökeltme ortamı koşulları ve diyajenez kontrolündedir. Bu çalışma ile günümüz koşullarında kırma taş üretimi açısından hala bakir sayılabilecek olan Karaburun Yarımadası kireçtaşlarının beton agregası olabilirlikleri, fasiyes özellikleri ve ortamsal dağılımları ile ilişkilendirilerek incelenmiştir. Ek olarak literatürde AAR yönünden reaktif agrega (referans agrega) olarak tanınan Kingtson (Kanada) Agregası'nın ve Zonguldak (Türkiye) Agregası'nın petrografik, kimyasal özellikleri ve AAR testi sonuçları belirlenerek, Karaburun Yarımadası kireçtaşlarının petrografik, kimyasal ve AAR testi sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

KARABURUN YARIMADASI'NIN JEOLJİSİ

Çalışma alanı İzmir-Ankara Zonu içinde yer alan (Okay ve Tüysüz, 1999) (Şekil 1) Bornova Filiş Zon'unun (Okay ve Siako, 1993; Okay vd., 1996) güneybatı ucunda yer alan tektonik bir kuşaktır. Karaburun Yarımadası Mesozoyik kireçtaşları, Erken Trias'tan Geç Kretase'ye kadar kalın bir istif sunar. İstif alttan üste doğru Skitiyen-Anisiyen Gerence Formasyonu, Anisiyen -Karniyen Camiboğazı Formasyonu, Noriyen-Resiyen Güvercinlik Formasyonu, Lias-Erken Kretase Nohutalan ve Kampaniyen-Mastrihtiyen Balıklıova Formasyonu olarak sıralanır (Erdoğan vd., 1990). İstifin en üst bölümünde yer alan Balıklıova formasyonları, Karahasan Kireçtaşı ve Haneybaşı Üyesinden oluşur (Güngör, 1989; Erdoğan vd., 1990; İşintek,



Şekil 1. İzmir kırma taş ocakları ve Karaburun Yarımadası kireçtaşları örnekleme lokasyonları (Yakut, 2001; Güngör ve Erdoğan, 2002'den değiştirilerek).

Figure 1. Quarry of the İzmir metropolitan city and new locations in Karaburun Peninsula limestone modified from Yakut (2001), Güngör and Erdoğan (2002).

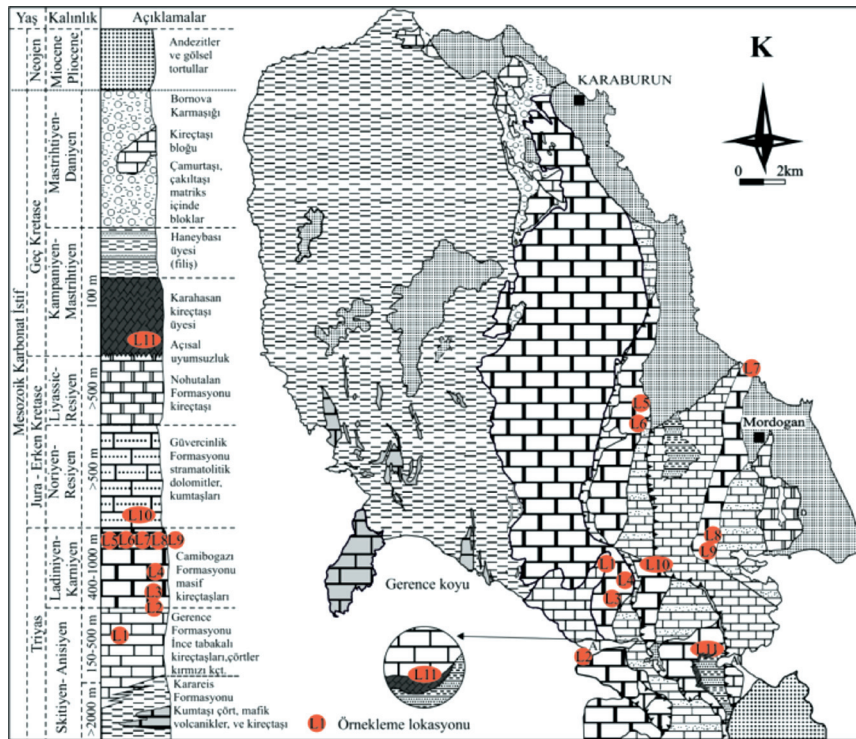
2002). Karaburun Yarımadası'nın 1/100.000 ölçekli jeoloji haritası, Mesozoyik karbonat istifi ve örnekleme lokasyonları Şekil 2'de verilmiştir.

ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Araştırma iki aşamada yürütülmüştür. İlk aşamada Karaburun Yarımadası kireçtaşları içerisinde açılmış blok taş ocaklarında (lokasyonlarda) kireçtaşı tabakalarının konumları belirlenmiştir. Tabaka eğimine dik olacak şekilde ortalama her 1,5 metrede bir petrografik ve kimyasal analizler için örnekleme yapılmıştır. Petrografik analizlerle kireçtaşların mineral içeriği, mineral yüzdesi ve dokusal özellikleri belirlenmiştir. Kimyasal analizlerle de kireçtaşlarının ana element oksit yüzdeleri

belirlenmiştir. Ek olarak Dunham, (1962) sınıflamasına göre dokusal özellikler dikkate alınarak kireçtaşlarının fasiyes adlandırması yapılmıştır (Çizelge 1).

Ayrıca kireçtaşlarının içerdikleri karbonat minerallerin yüzdesine göre mineral homojenliği (Eşitlik 1) ve karbonat olmayan bileşenlerin yüzdelere göre de saflığı (kimyasal homojenliği, Saflık, Eşitlik 2) belirlenmiştir. Çizelge 1'de Karaburun Yarımadası taş ocaklarında bu amaç için örnekleme yapılan kireçtaşı düzeylerinin fasiyesleri, fasiyes özellikleri, fasiyes kalınlıkları, dokusal homojenliği verilmiştir. Çizelge 2'de ise kireçtaşlarının ana oksit yüzdeleri ve bu yüzdelere kullanılarak hesaplanan (Eşitlik 2) kireçtaşlarının saflık dereceleri (kimyasal homojenliği) verilmiştir.



Şekil 2. Karaburun Yarımadası'nın jeoloji haritası, Mesozoyik karbonat istifi (Erdoğan, 1990) ve örnekleme lokasyonları.

Figure 2. Geological map of the Karaburun Peninsula, the Mesozoic carbonate sequence (Erdoğan, 1990) and sample locations.

Elçi, Türk, İşintek

Bileşimsel homojenlik, mineral homojenliği ve kimyasal homojenlik olarak tanımlanabilir.

Mineral homojenliği: $\text{Kalsit} + \text{dolomit} > \% 97 = \text{Homojen}$, $\text{Kalsit} + \text{dolomit} < \% 97 = \text{Heterojen}$ (1)

Kimyasal homojenlik: $\text{Saflik} (\%) = 100v - [\% \text{SiO}_2 + \% (\text{Al, Fe})_2\text{O}_3]$ (2)

Dokusal homojenlik: Karbonat kayalarının dokusal homojenliğinde çökme ortamları ve diyajenetik koşullar etkindir. Derin deniz kenarı ve derin deniz ortamlarında çökelen kireçtaşlarının dokusal homojenliği yüksektir. Ancak sığ deniz ortamında (lagün ve gelgit ortamı) çökelen kireçtaşlarının dokusal homojenliği düşüktür.

İkinci aşamada ise kireçtaşlarının agrega özelliklerini ve beton kalitesini belirleyebilmek için, arazide kireçtaşlarının fasiyes özellikleri dikkate alınarak yaklaşık 30*30*15 cm boyutlu blok numuneler alınmıştır. Bu bloklar çekiç ile ufaltılıp, laboratuvarında çeneli kırıcı ile kırılarak TS 706 EN 12620+A1'de (TSE, 2009) yer alan agrega deneyleri için belirtilen çaplarda agrega numuneleri hazırlanmıştır (Şekil 3). Hazırlanan agregaların fiziksel, dayanım ve dayanıklılık özellikleri belirlenmiştir.

Karaburun Yarımadası kireçtaşlarının farklı fasiyeslerinden hazırlanan agregaların beton özelliklerine etkilerini araştırmak amacıyla laboratuvarında deneme betonları üretilmiştir. Taze betonda çökme ve taze beton yoğunluğu, sertleşmiş betonda ise 7, 28 ve 56 günlük yaşlar sonrası basınç dayanımı belirlenmiştir. Ayrıca dolomit içerikli kireçtaşı agregalarına "Karbonat Agregaları İçin Hızlı Gözlem Testi" silisli mineral



Şekil 3. Ocaklardan alınan blok numuneler ve hazırlanan agregalar.

Figure 3. Block samples and prepared standard aggregates.

içeren kireçtaşı agregalarına ise “Hızlandırılmış Harç Çubuğu Metodu” uygulanarak kireçtaşların alkali agrega reaktifliği (AAR) araştırılarak, Karaburun Yarımadası kireçtaşlarının fasiyes özelliklerinin beton kalitesine etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca literatürde AAR yönünden reaktif agrega olarak tanınan Kingtson (Kanada) Agregası'nın ve Zonguldak (Türkiye) Agregası'nın petrografik, kimyasal özellikleri ve AAR testi sonuçları belirlenmiş, elde edilen bu sonuçlar Karaburun Yarımadası kireçtaşlarındakilerle karşılaştırılmıştır.

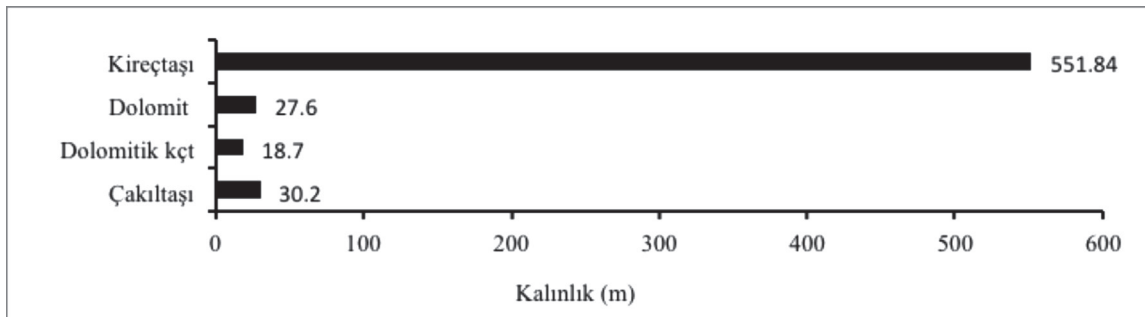
ÖRNEKLEME LOKASYONLARINDAKİ KİREÇTAŞLARININ ÖZELLİKLERİ

Kireçtaşlarının Fasiyesleri ve Petrografik Özellikleri

Bir kayacın petrografisi, o kayacın potansiyel agrega olarak uygunluğunun değerlendirilmesinde, zararlı ve kusurlu malzemelerin varlığının ortaya konulmasında yardımcı olabilir (Hammersly, 1989; Smith ve Collis, 2001; TS 10088 EN 932-3/A1 TSE, 2006). Çalışmada, Karaburun Yarımadası Mesozoyik yaşlı kireçtaşlarında açılan taş ocaklarında, toplam 11 lokasyonda, 628 m uzunlukta hat boyunca örnekleme yapılmıştır. Yapılan

petrografik analiz çalışmaları ile bu örnekler; kireçtaşı (551 m), dolomitik kireçtaşı (28 m), dolomit (19 m) ve konglomera (30 m) olarak tanımlanmıştır (Şekil 4). Kireçtaşlarının Dunham (1962) doku ağırlık sınıflaması kullanılarak yapılan fasiyes adlamasında; vaketaşı, istiftaşı ve tanetaşı oldukça yüksek kalınlıklara sahip iken yüzertaş, kabataş, çatıtaşı, bağlamtaşı dolomit ve dolomitik kireçtaşı fasiyesleri daha az kalınlıkta ve ardalıdır (Çizelge 1 ve Şekil 5).

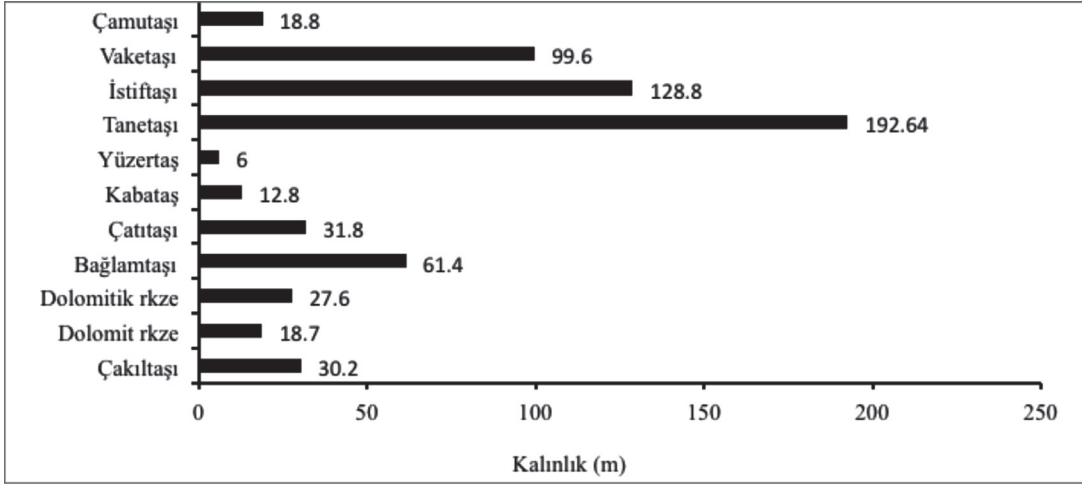
Şelf lagünü, gel-git ortamı ve resif ortamlarına ait tanetaşı, istiftaşı (kısmen), yüzertaş, kabataş, çatıtaşı ve bağlamtaşı fasiyesleri homojen özellik (kalsit + dolomit > % 97) gösterirken, yokuş önü ve derin deniz kenarı ortamlarına ait istiftaşı, vaketaşı fasiyesi daha çok heterojen (karbonat olmayan mineraller > % 3) bir özelliğe sahiptir (Çizelge 1). Karaburun Yarımadası kireçtaşların örnekleme lokasyonlarının çökme ortamlarıyla olan genelleştirilmiş ilişkisi Şekil 6'da sunulmuştur. Petrografik analizlerde karbonat olmayan tane ve mineraller; mikrokristalin kuvars tane, megakuvars, kaya kırıntısı, çört, silisli sünger sipikülleri ve çok az miktarda kil olarak tanımlanmıştır. Referans agregalarda ise karbonat olmayan minerallere (kuvars ve çört) ek olarak kum silt boyutunda ve az miktarda (% 2-3) feldspat minerali gözlenmiştir (Şekil 6 ve 7, Çizelge 1).



Şekil 4. Karaburun Yarımadası örnekleme lokasyonlarında incelenen karbonat kayalarının litolojik dağılımı.

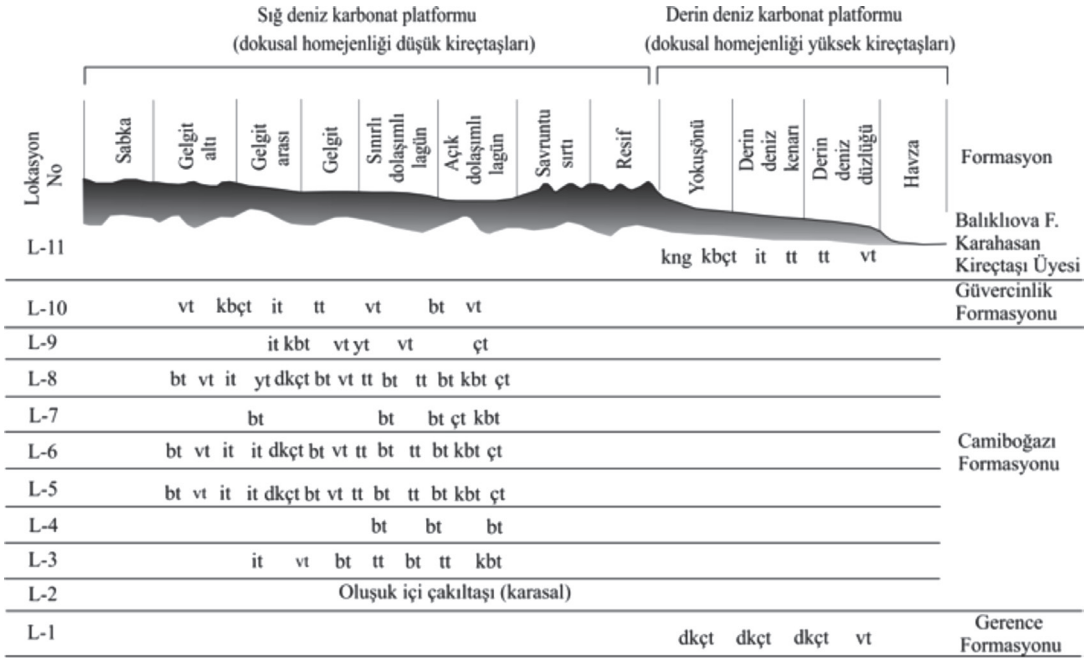
Figure 4. Litological distribution of the Karaburun Peninsula carbonates in the sample locations.

Elçi, Türk, İşintek



Şekil 5. Karaburun Yarımadası örnekleme lokasyonlarındaki karbonat kayalarının dokularına göre dağılımları (rkze: rekristalize kireçtaşı).

Figure 5. Distribution of the Karaburun Peninsula carbonates according to their textures in the sample locations (rkze: recrystallized limestone).



AÇIKLAMA

kbçt	karbonat çamurtaşı	yt	yüzertaş	kpt	kapantaşı
vt	vaketaşı	kbt	kabataş	rkçt	rekristalize kireçtaşı
it	istiftaşı	çt	çattıtaşı	dkçt	dolotaş- dolomitik kireçtaşı
tt	tanetaşı	bt	bağlamtaşı	kng	konglomera

Şekil 6. Karaburun Yarımadası kireçtaşlarının örnekleme lokasyonlarındaki çökelme ortamları.

Figure 6. Depositional environments of the Karaburun Peninsula limestone in the sample locations.

Çizelge 1. Karaburun Yarımadası kireçtaşlarını petrografik özellikleri ve fasiyesleri.

Table 1. Petrographical and facies properties of the Karaburun Peninsula limestone.

Lokasyon	Yaş	Formasyon	Kalınlık (m)	Fasiyes no	Fasiyes	Mineral (%)					Mineral Homojenlik			
						Ca	Do	Q	K	F				
L11	Kampanyen - Maastriyen	Formasyonu	8	11-5	vaketaşı	72	6	20	2		Doku, fosil, mikrit/spar kalsit.		Mikritik aramada destekli doku, yüksek miktarda silisli sünger sipikülleri ve az miktarda kil içeren yumru lu vaketaşı	Ht
			3.5	11-4	istiftaşı	88	7	5			Genellikle mikritik aramada destekli doku, yüksek miktarda silisli sünger sipikülleri içeren istiftaşı			
			5.3	11-3	istiftaşı	91	7	2			Mikritik aramada destekli doku, Calcisphare ve plantonic foraminifer fosilleri içeren istiftaşı		Hm	
			85	11-2	istiftaşı-tanetaşı	97	2	1			Spar kalsit çimentolu ve tane destekli bir dokuya sahip istiftaşıları. Taneler arası spar kalsit çimentolu tanetaşları		Hm	
			15	11-1	Litik konglomera	73	2	20			Çört, kuvars, mega kuvars, polikristalin kuvars, mikrokristalin kuvars, içeren kum, çamur boyutu matrix destekli doku , kireçtaşı çakıllarından oluşan konglomera.		Ht	
L10	Noriyen - Resiyen	Güvercinlik F	3.3	10-5	vaketaşı	95	3	2			Pelloidal bağlamtaşı ve Thaumaporealla fosilli bağlamtaşı arakatmanlı bioklastlı vaketaşı,.		Hm	
			4.9	10-4	bağlamtaşı	>97	1	1			mikrobial mikrit, pelloidal mikrit, Thaumaporealla fosilli bağlamtaşı		Hm	
			1.6	10-3	vaketaşı-tanetaşı	>97		1			Biyoklastlı koyu mikrobial mikritli vaketaşı, pseudospar kalsit çimentolu tanetaşı.		Hm	
			2	10-2	istiftaşı	>97		1			Spar kalsit çimentolu bioklastik istiftaşı		Hm	
			9.4	10-1	vaketaşı-çamurtaşı	>97		1			Mikritik aramada destekli vaketaşı		Hm	
L9	Ladiyen - Karniyenn	Camiboğazi Formasyonu	6.1	9-4	tanetaşı-kabataş						Seyrek, ince kavlı pelesipod ve foraminifer içeren vaketaşı ara katmanlı, krinoid kırıntılı, pel-intrasparitiki psodyospar çimentolu tanetaşı. Krinoid kırıntılı biyo-intrasparit karekterli psodyospar kalsit çimentolu kabataş.		Hm	
			6	9-3	vaketaşı-yüzertaş	>98					İntra-biyosparitik kabataş, intrabiyoklastik tanetaşı ara katmanlı, pelesipod kırıntılı biyomikritik vaketaşı-pelesipodlu biyomikritik yüzertaş (sünger, alg, krinoid bivalvia ve az miktarda foraminifer).		Hm	
			3.9	9-2	çatıtaşı						İntra-biyosparitik kabataş ara katmanları içeren biyohermal ve biyostromal çatıtaşı (sünger, mercan, mavi-yeşil algleri foraminiferler resif döküncüleri (sünger, mercani krinoid ve bivalviya)		Hm	
			9.3	9-1	vaketaşı						Biyo-intrasparitik tanetaşı (foraminifer, bivalviya, krinoid), biyo-intrasparitik kabataş (psodyospar çimentolu, sünger mercan, krinoid ve bivalviya), pelloidal bağlamtaşı (mavi yeşil alg, mikrobiyal mikrit) ara katmanları içeren vaketaşı (biyomikrit, gastropod, bivalviya).		Hm	

Elçi, Türk, İştentek

Çizelge 1. (devamı)

Table 1. (continued)

Lokasyon	Yaş	Formasyon	Kalınlık (m)	Fasiyes no	Fasiyes	Mineral (%)					Mineral Homojenlik		
						Ca	Do	Q	K	F			
L8	Ladimiyen- Noriye	Camibogaşı Formasyonu	4.4	8-8	vaketaşı- tanetaşı						Doku, fosil, mikrit/spar kalsit.	Biyoklastlı sparkalsit çimentolu tanetaşı ve mikritik ara madde destekli vaketaşı (sünger, mercan, alg ve bivalvia)	Hm
			2.8	8-7	çatıtaşı	>98						Sparkalsit çimentolu biyohermal ve biyostromal çatıtaşı (sünger, mercan, mavi-yeşil algler foraminiferler)	Hm
			17	8-6	kabataş- tanetaşı							Psoydospar kalsit çimentolu intra-biyoklastik kabataş ve intra-biyoklastik tanetaşı (biyopelsparitik) araldanması (bivalvia, foraminifer ve ekinit parçaları içerir)	Hm
			4.4	8-5	vaketaşı							Psoydomikritik ara madde destekli, biyo-intraklastik vaketaşı, biyoklastik vaketaşı	Hm
			6.7	8-4	kabataş							İntra-biyoklastik kabataş, bol miktarda biyoklast [sünger, bivalvia ve foraminifer (Aulotortus ve Auloconus)] daha az oranda intraklast	Hm
			2.9	8-3	dolomitik rekr. kçt	>98						Yersel olarak ileri derecede dolomitleşmiş, spar kalsitlemiş rekristalize olmuş dolomitik kireçtaşı.	Hm
			17	8-2	tanetaşı							Tane destekli, psodyospar çimentolu intra-biyosparitik tanetaşı (krinoid ve bivalvia kırıntıları ve foraminiferler)	Hm
			3.2	8-1	vaketaşı- istiftaşı							Biyoklastik vaketaşları (bivalvia ve Dasyclag alg) intra-biyoklastik istiftaşı	Hm
L7	Ladimiyen- Noriye	Camibogaşı Formasyonu	4.4	7-5	bağlamtaşı						Kabataş (intra-biyoklastik>intraklast ve pellet; krinoid, bivalvia, gastropod, foraminifer) tanetaşı (intra-biyosparitik) arakatmanlı bağlamtaşı	Hm	
			18.4	7-4	bağlamtaşı kabataş çatıtaşı						Mavi yeşil alglerle bağlanmış süngerlerili bağlamtaşı Mercan sünger ve mavi-yeşil alg yığışimli çatıtaşı Psoydo spar kalsit çimentolu, intraklastlı ve bioklastlı kabataş	Hm	
			3.2	7-3	bağlamtaşı	>97					Spar kalsit çimentolu, sünger parçalarını bağlayan mavi-yeşil alg yığışimli bağlamtaşı.	Hm	
			0.6	7-2	çatıtaşı						Kabataş (intra-biyosparitik)- tanetaşı (biyo-intrasparitik) arakatlı spar kalsit çimentolu çatıtaşı (sünger, mercan, yeşi alg, mavi-yeşil alg, foraminifer)	Hm	
			3.7	7-1	bağlamtaşı						Çatıtaşı (alg, sünger, bivalvia biyostrom)- kabataş (krinoid parçaları, bivalvia, bölümsel spar kalsit, yersel mikrit)- tanetaşı İntraklastlı pellet) arakatmanlı bağlamtaşı (fenestral boşluklu, mavi-yeşil algli)	Hm	

Çizelge 1. (devamı)
Table 1. (continued)

Lokasyon	Yaş	Formasyon	Kalınlık (m)	Fasiyes no	Fasiyes	Mineral (%)					Mineral Homojenlik		
						Ca	Do	Q	K	F			
L6	Ladinyen- Noriyen	Camiboğazi Formasyonu	6.5	6-8	istiftaşı-tanetaşı						Doku, fosil, mikrit/spar kalsit.		
			6.8	6-7	dolomitik rekristalize kireçtaşı						İleri derecede mikrodolospaerleşmiş ve/veya sparkalsitleşmiş rekristalize olmuş dolomitik kireçtaşları. Yersel olarak hayalet iz olarak korunmuş, olasılıkla intraklastlar) olağandır. İlksel doku tümsele yakın silinmiştir.		Hm
			15.2	6-6	vaketaşı-tanetaşı						Bivalvialı intra-biyosparitik kabataş ve fenestral boşluklu peloidal mavi-yeşil algal bağlamtaşı (ostracod, demir oksit dolgu ve stiliolit) arakatlı oolittli, biyo-intrasparitik tanetaşları ve biyo-mikritik foraminiferli vaketaşı.		Hm
			10.5	6-5	istiftaşı-tanetaşı	>97					Biyo-intrasparitik veya biyo-mikritik istiftaşı (dasyklad alg, bivalvia ve gastropod) ve seyrek biyoklastlı intra-pelsparitik tanetaşı (foraminifer). Tane destekli bölümler psodyospar kalsit çimentoludur		Hm
			9.2	6-4	vaketaşı						Aulotortus'lu (foraminifer) vaketaşı, psodyomikrit ara madde destekli doku. Aulotortus dışında alg ve bivalvia.		Hm
			11.4	6-3	bağlamtaşı vaketaşı kabataş ardalanmalı istiftaşı-tanetaşı						Biyo-intraklastik kabataş (psodyospar kalsit), biyo-intraklastik vaketaşı, enestral boşluklu peloidal mavi-yeşil algal bağlamtaşı arakatlı intra-biyosparitik istiftaşı (psodyospar kalsit) intra-pelsparitik tanetaşı (dasyklad alg, bivalvia, foraminifer)		Hm
			9.4	6-2	karbonat çamurtaşı						Biyoklastlı diyajenetik karbonat çamurtaşı. Psodyomikrit doku, yersel olarak psodyomikrospara dönüşmüştür. (gastropod)		Hm
			30.4	6-1	tanetaşı-kabataş istiftaşı-bağlamtaşı arakatmanlı vaketaşı	>97					İntra-biyoklastik tanetaşı (tane destekli ve sparkalsit çimento, gastropod ve foraminifer) ve intrasparitik ve biyo-intraklastik kabataş (tane destekli ve sparkalsit çimento), biyo-intraklastik istiftaşı, dasyklad algli mavi-yeşil algal bağlamtaşı (mavi-yeşil alg ve yeşil alg), biyoklastik vaketaşı katmanlarından oluşur		Hm

Elçi, Türk, İşintek

Çizelge 1. (devamı)

Table 1. (continued)

Lokasyon	Yaş	Formasyon	Kalınlık (m)	Fasiyes no	Fasiyes	Mineral (%)					Mineral Homojenlik			
						Ca	Do	Q	K	F				
L5	Geç Anisiyen – Noriyan	Camiboğazi Formasyonu	4	5-14	Vaketaşı							Biyoklastik (foraminiferler) vaketaşı. Doku mikrit aramada desteklidir, yersel olarak psoydomikrospara dönüşmüştür.	Hm	
			4.1	5-13	tanetaşı katkılı bağlamtaşı								Tanetaşları (pel-intrasparitik veya intra-pelsparitik) tane destekli ve psoydospar çimento. Bağlamtaşları ise ince fenestral boşluklu peloidal mikrobiyal bağlamtaşı özelliğindedir.	Hm
			4.0	5-12	tanetaşı katkılı çatıtaşı	>97							İntra-biyoklastik kabataş (psoydospar kalsit çimentolu) ve biyo-intraklastik tanetaşı (psoydospar kalsit çimentolu ve bazı düzeylerde biyopelsparitik karakterli) katkılı yeşil algal çatıtaşı.	Hm
			9.9	5-11	bağlamtaşı tanetaşı-kabataş-vaketaşı								Vaketaşı (biyomikrik, mikrit aramada destekli Aulotortus' lu veya dasyclad algli biyoklastlar) Tanetaşı (biyo-intraklastik, foraminifer). Kabataş (intraklastlar ve seyrek biyoklastlar) Bağlamtaşı büyük fenestral boşluklu, mavi-yeşil algler).	Hm
			2.6	5-10	tanetaşı katkılı bağlamtaşı								Tanetaşı (pel-intrasparitik veya intra-pelsparitik, tane destekli ve psoydospar çimento). Bağlamtaşları ise ince fenestral boşluklu peloidal mikrobiyal bağlamtaşı özelliğindedir.	Hm
			3.7	5-9	dolmitik rekristalize kireçtaşı								ileri derecede dolomitleşmiş sparkalsitlemiş rekristalize kireçtaşı kısmen psoydomikritleşmiş ve psoydomikrospar-psoydomikrodolosparlaşmış kireçtaşlarından oluşur korunmuş allokemler ve basınç çözünmesi yapıları olağandır.	Hm
			2.3	5-8	vaketaşı								Biyoklastik (foraminiferler) vaketaşı. Doku mikrit aramada desteklidir, yersel olarak psoydomikrospara dönüşmüştür.	Hm
			6.5	5-7	tanetaşı-istiftaşı								Biyo-intrasparitik veya mikritik istiftaşı (Aulotortus ve Auloconus) ve biyoklastlı intrasparitik tanetaşı.	Hm
			4.5	5-6	bağlamtaşı-tanetaşı-vaketaşı								Vaketaşı (biyo-intraklastik, psoydomikrit ve psoydomikrosp aramada destekli), Tanetaşı (peloidal bağlamtaşı ve tekrarlanan pel-intrasparit ve intra-biyosparit), bağlamtaşı (peloidal algal bağlamtaşı ve yeşil algal bağlamtaşı).	Hm
			1.5	5-5	vaketaşı	>97							Biyoklastik (foraminiferler) vaketaşı. Doku mikrit aramada desteklidir, yersel olarak psoydomikrospara dönüşmüştür.	Hm
			3.6	5-4	bağlamtaşı								İntraklastik tanetaşı ve intrabiyoklastik kabataş (sünger, mercan, alg ve bivalvia) arakatlı bağlamtaşı (laminalı mavi yeşil alg ve yeşil alg) katmanlarından oluşur. Doku kabataş ve tanetaşlarında tane destekli ve sparkalsit çimentolu.	Hm
			2.1	5-3	tanetaşı, kabataşlı çatıtaşı								İntra-biyoklastik kabataş (psoydospar kalsit çimentolu) ve biyo-intraklastik tanetaşı (psoydospar kalsit çimentolu ve bazı düzeylerde biyopelsparitik karakterli) katkılı yeşil algal çatıtaşı.	Hm
			1.2	5-2	vaketaşı								Biyoklastik (foraminiferler) vaketaşı. Doku mikrit aramada desteklidir, yersel olarak psoydomikrospara dönüşmüştür.	Hm
15.8	5-1	tanetaşı-kabataş arakatmanlı bağlamtaşı								İntraklastik tanetaşı ve intrabiyoklastik kabataş (sünger, mercan, alg ve bivalvia) arakatlı bağlamtaşı (laminalı mavi yeşil alg ve yeşil alg). Doku kabataş ve tanetaşlarında tane destekli ve sparkalsit çimentolu.	Hm			

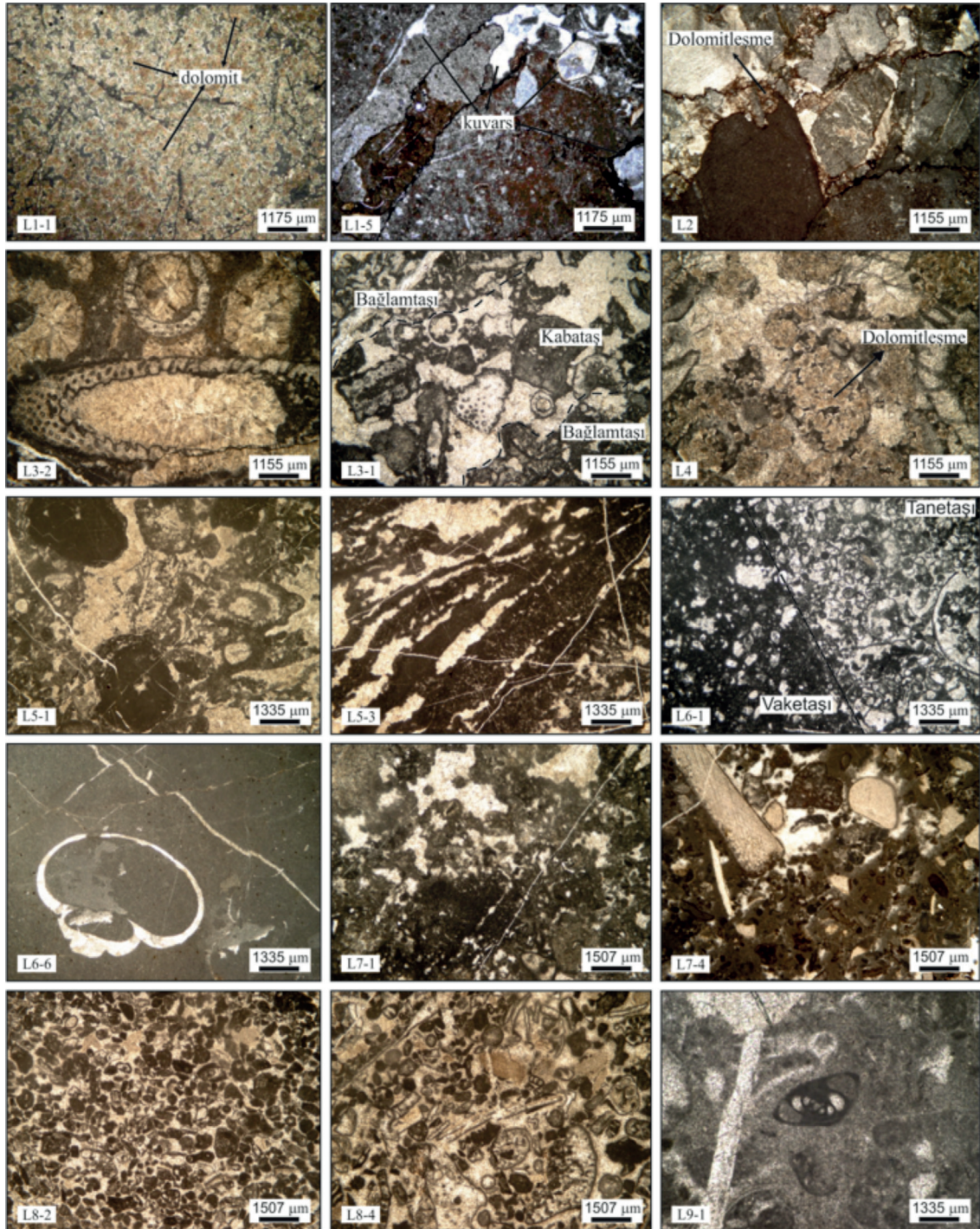
Çizelge 1. (devamı)
Table 1. (continued)

Lokasyon	Yaş	Formasyon	Kalınlık (m)	Fasiyes no	Fasiyes	Mineral (%)					Mineral Homojenlik		
						Ca	Do	Q	K	F			
L4	Noriyen		7	4-1	bağlamtaşı	92	8				Doku, fosil, mikrit/spar kalsit.		
L3	Ladinyen-Karniyen		5.1	3-4	istiftaşı	>97					Psoyduospar kalsit çimetolu ve tane destekli doku, bioklastik istiftaşı		Hm
			4.5	3.3	vaketaşı	>99					Mikritik madde destekli,Aulotortus'lu vaketaşı		Hm
			99.1	3-2	bağlamtaşı tanetaşı	97	1	2			Pelloidal algal bağlamtaşı, Dasyklad algli bağlamtaşı ve bioklastlı intra-pelsparit ardalıdır.		Hm
			47.8	3-1	Kabataş-tanetaşı-bağlamtaşı	85	15				Kabataş; intraklast, Dasyklad alg Tanetaşı; intraparit, bol pellet ve bioklast, dolomit Tanetaşı, Dasyklad alg, mavi yeşil alg		Hm
L2			15.2	2-1	konglomera	70	30				Çakıl ve kum boyu kırıntılı spar kalsit ve demir oksitli kireçli ara madde ile tutturulması ile oluşmuş intraformasyonel konglomera Çakıl ve kalkarenitlerin bazıları ileri derecede rekistalize olmuş veya dolomitlenmiştir		Hm
L1	Skitiyen - Anisiyen	Gerence Formasyonu	10.8	1-5	vaketaşı istiftaşı	1		96	3		Radiolaryalı killi vaketaşı-istiftaşı		Ht
			5.5	1-4	kalsitik dolomit	70	30				Yeniden kristalleşmiş dolomitik kireçtaşı, kireçli dolomit. Psoydomikrit, dolomite, dolosparit.		Hm
			14.8	1-3	dolomitik tanetaşı	80	20				Yeniden kristalleşmiş dolomitik kireçtaşı dolomikrit > dolosparit		Hm
			14.2	1-2	tanetaşı	75	25				Dolomitlenmiş oolitleli tanetaşı, dolospar çimento.		Hm
			18.7	1-1	dolomit	10	90				İdiomorfik/subidiomorfik dolomit kristalleri dolosparitik doku dolospar > dolomikrit.		Hm
Kingston (Kanada) agregası					dolomitik tanetaşı-vaketaşı	75	17	5		3	Silt kum boyutu kuvars taneleri ve az miktarda kil içeren rekristalize dolomitik kireçtaşı. Genel olarak psodyomikritik, psodyosparitik, dolosparitik veya dolomikrosparitik dokuya sahiptir. Bazı örnekler mikritik dokulu vaketaşı ve intrapelsparitik tane destekli kalsit çimentolu dokulu tanetaşı özelliğindedir. Seyrek bivalvia, gastropod ve ekinid parçaları içerir.		Ht
*Zonguldak (Türkiye) agregası					dolomitik tanetaşı	70	15	13		2	Silt,kum boyutulu kuvars taneli mikritik kireçtaşı, az miktarda feldispat. Mikrokristalin dolomitik doku ve karesel dolomit kristalleri. Doku genel olarak mikritiktir.		

Ht- heterojen, Hm-homojen, Ca-kalsit, Do-dolomit, Q-kuvars, K-kil, F-feldispat, *: (Alptuna, 2009)

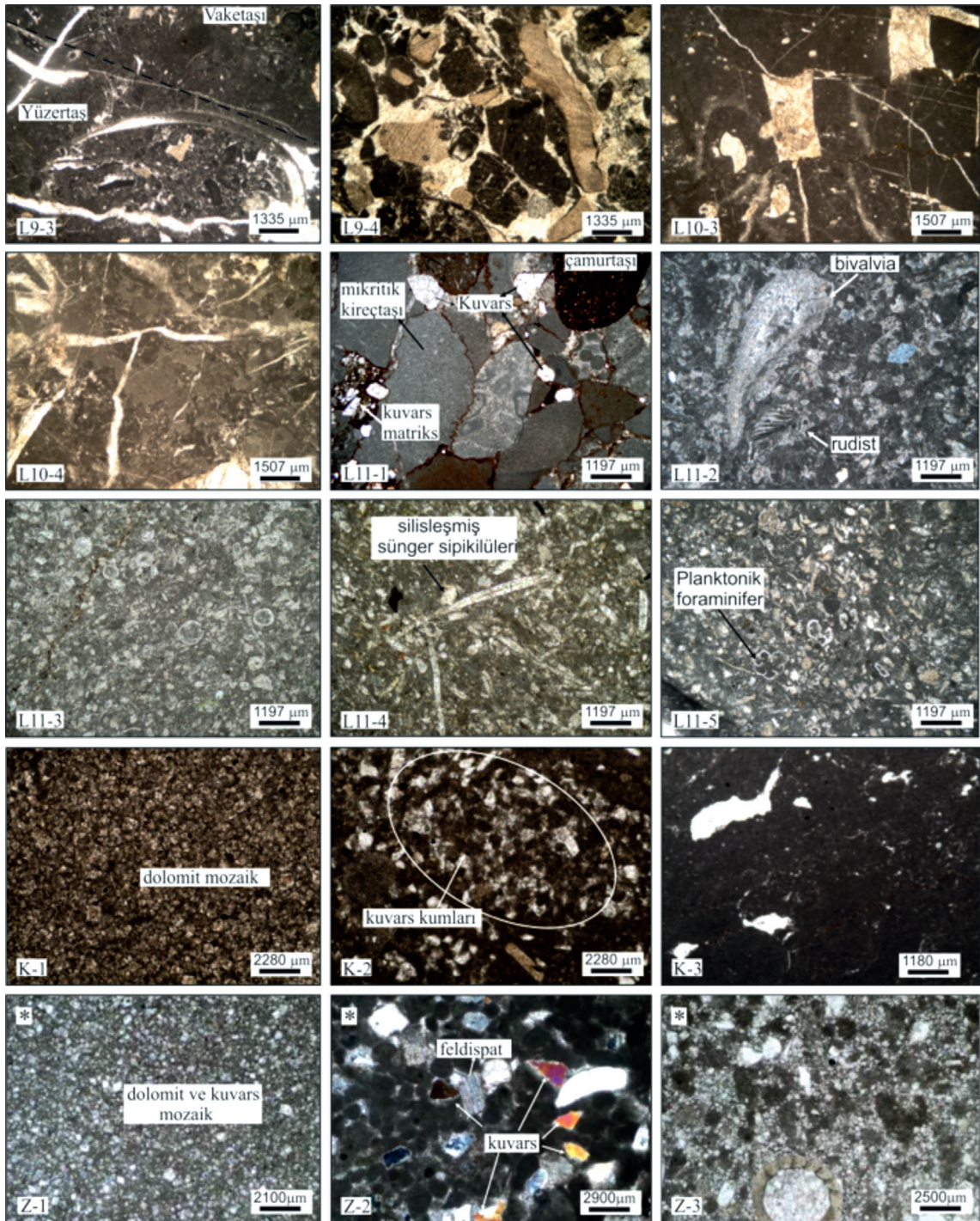
Ht- heterogeneous, Hm- homogeneous, Ca-calcite, Do-dolomite, Q-quartz, K-clay, F-feldspar, *: (Alptuna, 2009).

Elçi, Türk, İşintek



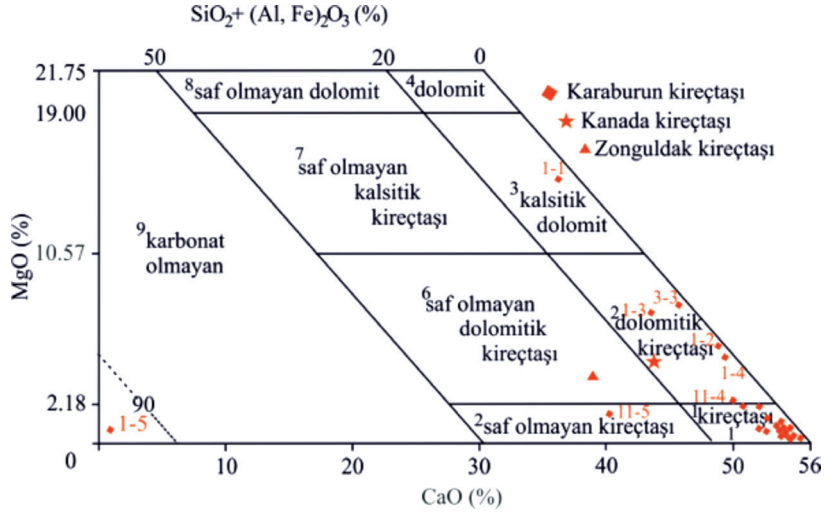
Şekil 7. Lokasyon 1 ile 9 arası Karaburun Yarımadası kireçtaşlarının egemen fasiyelerine ait ince kesit görüntüleri.

Figure 7. Thin section photographs of the dominant Karaburun limestone facies between location 1 and 9.



Şekil 8. Lokasyon 9, 10 ve 11’de Karaburun Yarımadası kireçtaşlarının egemen fasiyelerine ait ve Kingston (K), Zonguldak (Z) reaktif agregalarının *(Alptuna, 2009) ince kesit görüntüleri.

Figure 8. Thin section photographs of the dominant Karaburun limestone facies at location 9, 10, 11 and reafers aggregates; Kingston (K), Zonguldak (Z) *(Alptuna, 2009).



Şekil 9. Kireçtaşlarının safliklarına göre sınıflaması (Krumbein ve Sloss, 1963'ten değiştirilerek).

Figure 9. Classification of limestone according to the purity (modified from Krumbein and Sloss, 1963).

Kireçtaşlarının Kimyasal Bileşimleri ve Saflikları

Kireçtaşlarının kimyasal bileşimi, mineral bileşimini ile benzerdir (Pettijohn, 1975). Şekil 9'da kireçtaşlarının CaO, MgO (karbonat bileşenler) ve $\text{SiO}_2 + (\text{Al}, \text{Fe})_2\text{O}_3$ (karbonat olmayan bileşenler) ana oksit element yüzdeleri kullanılarak sınıflaması verilmiştir. Sınıflamada, Krumbein ve Sloss (1963)'te tanımlanan kireçtaşlarının adlamaları kullanılmıştır. Bu sınıflama ile kireçtaşları ana oksit element yüzdeleri ile kullanılarak adlanması yapılabilir. Ayrıca bu sınıflama kireçtaşlarının özellikle beton endüstrisinde agrega kaynağı olarak kullanılması durumunda, alkali agrega reaksiyonu riskine karar vermede aranan saflığı belirlemede oldukça pratiktir.

Bu çalışmada önerilen sınıflamada, kireçtaşlarının ana oksit element yüzdeleri dikkate alınarak, hem Karaburun kireçtaşları hem de literatürde reaktif agrega olarak tanınan Kingston (Kanada) ve Zonguldak (Türkiye) agregalarının sınıflamadaki adları verilmiştir

(Çizelge 2). Karaburun Yarımadası kireçtaşları bu sınıflamada büyük oranda “kireçtaşı”, “dolomitik kireçtaşı” sınıfında yer alır. Bununla beraber kireçtaşlarının saflıklarını bozan silis miktarına bağlı olarak lokasyon L1-5 “karbonat olmayan” ve lokasyon L11-5 ise “saf olmayan kireçtaşı” sınıfında yer alır. Bu sınıflamaya göre Kingston agregası “dolomitik kireçtaşı” olarak adlandırılırken, Zonguldak agregası “saf olmayan dolomitik kireçtaşı” olarak adlandırılmıştır (Şekil 9, Çizelge 1 ve 2).

Kireçtaşlarının Agregası Özellikleri

Hazırlanan agregaların tane yoğunluğu, su emme değeri, şekil özellikleri, ince madde miktarı, termal özellikleri, Micro deval aşınma ve Los Angeles parçalanma değerleri, asitte ve suda çözülebilen sülfat ve klorür miktarları belirlenmiştir. Aynı petrografik ve kimyasal özellik gösteren fasiyeslere ait agregalar karıştırılmıştır. Deney sonuçları, kullanılan standartlar ve deneylerin tekrar sayısı Çizelge 3, 4 ve 5'te verilmiştir.

Çizelge 2. Karaburun Yarımadası kireçtaşlarının ortalama ana oksit element yüzdeleri.

Table 2. Mean percentages of major element oxide of the Karaburun Peninsula limestones.

Ana Oksit → Örnek No↕	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO	KK	Toplam	¹ Safılık (%)	² Adlama
L11-5	21.90	2.14	0.47	1.52	39.7	0.033	0.520	0,16	0.012	34.33	100.08	75.49	5
L11-4	5.09	0.28	0.261	2.39	49.91	0.029	0.048	E	0.046	41.75	99.804	94.37	2
L11-3	2.36	0.82	0.097	1.88	51.57	0.044	0.067	E	0.023	42.69	99.551	96,72	1
L11-2	0.917	0.127	0.036	0.743	54.017	0.012	0.020	0.02	0.009	43.35	99.232	98,92	1
L11-1	17.6	3.34	1.15	0.79	41.4	0.042	0.63	0.01<	0.011	35.05	100.01	77.91	*
L10-5	1.96	0.09	0.049	1.18	53.35	0.01	0.025	E	0.003	42.92	99.587	97.90	1
L10-4	2.21	0.047	0.028	0.36	52.86	0.026	0.029	E	0.007	43.73	99.720	97.72	1
L10-3	0.93	0.21	0.055	0.19	54.6	0.061	0.047	E	0.003	43.31	99.411	98.81	1
L10-2	0.75	0.07	0.038	0.31	54.66	0.017	0.019	E	0.008	43.39	99.257	99.14	1
L10-1	0.68	0.05	0.026	0.27	54.51	0.022	0.023	E	0.006	43.51	99.097	99.24	1
L9-3	0.11	0.04	0.036	0.46	55.03	0.01	0.007	0.01<	0.007	43.8	99.495	99.81	1
L8-3	0.041	0.016	0.035	8.52	44.46	0.011	0.018	0.01<	0,011	45.89	99,515	99.40	3
L8-2	0.11	0.04	0.031	0.46	55.03	0.01	0.007	0.01<	0.007	43.8	99.495	99.82	1
L7-5	0.65	0.281	0.203	0.45	54.54	0.01	0.04	0.01<	0.071	43.4	99.645	98.87	1
L6-7	0.28	0.18	0.031	11,381	42.46	0.011	0.021	0.01<	0.013	44.89	99.267	99.51	2
L6-5	0.515	0.021	0.16	0.453	54.66	0.01	0.032	0.01<	0.055	43.5	99.603	99.30	1
L5-9	0.37	0.15	0.043	9.78	41.46	0.009	0.025	0.01<	0.010	45.89	97.737	99.44	2
L5-2	0.380	0.161	0.117	0.455	54.785	0.01	0.024	0.01<	0.039	43.6	99.570	99.34	1
L4-1	0.92	0.47	0.086	2.06	52.89	0.029	0.034	E	0.014	42.96	99.563	98.52	1
L3-4	0.763	0.23	0.021	0.287	54.67	0.051	0.032	E	0.008	43.53	99.619	99.00	1
L3-3	0.11	0.04	0.011	0.22	54.75	0.009	0.007	E	0.002	44.87	100.01	99.82	1
L3-2	1.75	0.22	0.033	0.27	53.46	0.038	0.02	E	0.007	43.68	99.478	97.90	1
L3-1	0.82	0.173	0.03	8.027	45.587	0.017	0.019	E	0.006	44.93	99.609	98.97	1
L2-1	0.53	0.39	0.126	9.39	43.65	0.009	0.008	E	0.011	45.33	99.444	97.60	*
L1-5	87.84	3.52	1.48	0.73	0.86	0.057	1.21	0.01<	0.096	3.15	99.238	8.61	9
L1-4	0.33	0.149	0.027	4.99	49.21	0.007	0.028	0.01<	0.007	44.49	99.238	99.49	2
L1-3	0.33	0.13	0.03	7.54	43.46	0.009	0.025	0.01<	0.010	44.89	99.324	99.51	2
L1-2	0.22	0.041	0.027	5.65	48.91	0.009	0.004	0.01<	0.007	44.9	99.768	99.69	2
L1-1	0.33	0.125	0.05	15.31	37.45	0.01	0.028	0.01<	0.008	46.5	99.811	97.61	3
Kanada	5.12	1.92	1.94	4.20	43.71	0.22	1.12	0.01<	0.035	40.86	99.235	90.91	2
Zonguldak	14.4	2.49	2.05	3.93	39.00	0.25	1.12	0.01<	0.028	36.43	99.838	83.11	6

E: Eser, KK: Kızdırma kaybı, 1: Kireçtaşlarının safılıkları (Eşitlik 1), 2: Kireçtaşlarının safılıklarına göre sınıflandırması (Şekil 10), *: Konglomera.

E: Trace, KK: Losses on ignition, 1: The purity of limestone (Equation 1), 2: classification of limestone according to the purity, (Figure 10), *: Conglomerate.

Elçi, Türk, İşintek

Karaburun Yarımadası kireçtaşlarının tane yoğunluğu ortalama 2.70 kg/m^3 olarak belirlenmiştir. Kireçtaşlarının tane yoğunluğu içerdikleri dolomit ve kuvars minerali miktarına bağlı olarak değişmektedir. İçerdikleri dolomite minerali miktarına göre dolomitik kireçtaşları ve dolomitlerin tane yoğunluğu 2.74 kg/m^3 'e kadar artmakta ve kuvars minerali miktarına göre de 2.67 kg/m^3 'e kadar azalmaktadır. Tane yoğunluğu intraformasyonel konglomera (Çizelge 1, L2-1) ve taban konglomerası fasiyeslerine (Çizelge 1, L11-1) ait agregalarda, kireçtaşı agregalarına kıyasla daha düşüktür. Bunun nedeni konglomera ara maddesinin (kum silt boyu tane ve silisçe zengin çimento), konglomera tanelerini oluşturan kireçtaşı tanelerine göre daha boşluklu bir yapıya sahip olmasıdır. (Çizelge 3).

Agregaların su emme değeri, fiziksel ve mekanik özelliklerini etkiler (Gillott, 1980; Smith ve Collis, 2001). Su emme değeri yüksek agrega, betonun su ihtiyacını artırarak dayanımını azaltır (Tuğrul ve Yılmaz, 2012). Fookes (1980), agrega tanelerinin su emme değerinin, % 1.5'ten küçük olması gerektiğini belirtmiştir. Poitvein (1999), su emme değeri % 2'den küçük olan agregalarla yüksek dayanımlı beton elde edilebileceğini göstermiştir. Karaburun Yarımadası kireçtaşı ve çakıltası agregalarının su emme değeri % 0.14 – 1.20 arasındadır (Çizelge 3).

Agreganın tane şekli ise kırıcı tipine ve kayaç litolojisine bağlıdır. İdealde agrega tanelerinin kübik şekilli olması istenir. Uzun ve yassı taneler, betonu aktarmada pompalama

Çizelge 3. Kireçtaşı agregalarının fiziksel özellikleri.

Table 3. Physical properties of the limestone aggregates.

Özellik + Örnek no +	Tane Yoğunluğu (Mg/m^3)	Su emme (%)	Gevşek yığın yoğunluğu (ton/m^3)	Boşluk hacmi (%)	Şekil indeksi (%)	Yassılık indeksi (%)
L1	2.74	0.16	1.39	49.18	16.57	23.29
L2	2.68	1.12	1.34	49.76	13.16	31.05
L3	2.71	0.24	1.39	50.29	21.87	42.00
L4	2.74	0.16	1.36	50.40	13.05	27.73
L5	2.69	0.12	1.36	49.41	26.21	36.98
L6	2.71	0.07	1.37	49.31	16.17	30.53
L7	2.68	1.12	1.34	49.76	13.16	31.05
L8	2.69	0.24	1.38	48.69	16.06	25.53
L9	2.70	0.13	1.38	49.03	28.03	25.26
L10	2.70	0.16	1.34	50.16	20.16	25.26
L11-1	2.68	0.346	1.36	49.28	13.88	20.51
L11-2	2.69	0.15	1.35	49.97	17.89	26.66
L11-3	2.70	0.21	1.33	50.73	24.71	32.51
L11-4	2.68	0.26	1.32	50.88	18.51	28.39
L11-5	2.67	0.40	1.33	50.07	20.43	22.38
n	6	6	5	5	5	5
Standard	TS EN 1097-6 (2013)	TS EN 1097-6 (2013)	TS EN 1097-3 (1999)	TS EN 1097-3 (1999)	TS EN 933-4 (2009)	TS EN 933-3 (2012)

n: örnek sayısı, n: number of sample

güçlüğü vermenin yanı sıra, kötü paketlenmek suretiyle betonun basınç dayanımını ve yığınsal ağırlığını düşürürler (Rollings ve Rollings, 1995; Bell, 2006). Kireçtaşları, kırıldıkları zaman köşeli parçalar verme eğilimi gösterir (Bell, 2006). Hazırlanan tüm agregalarda şekil indeksi değeri % 13-28 arasında iken yassılık indeksi değeri kireçtaşlarında % 20-32 arasındadır. Dolomit ve dolomitik kireçtaşlarında yassılık indeksi değeri % 42'lere ulaşabilmektedir. Dolomit ve dolomitik kireçtaşları, kırıldıklarında, kireçtaşlarına kıyasla daha yassı taneler verme eğilimi göstermişlerdir (Çizelge 3).

Agregaların ince madde miktarı, agreganın fiziksel, mekanik özelliklerini ve özellikle donma-çözülme, magnezyum sülfat sonrası ağırlık kaybı değerlerini etkiler (Petkovsek vd., 2010). Agregaların ince madde miktarı metilen mavisi ve kum eşdeğeri deneyleri ile belirlenir. Metilen mavisi değeri ince agrega içindeki kil, demir oksit ve organik madde miktarını sınırlandırmak için ISSA (1989) tarafından önerilen bir deneydir. Deney sonucu, ince agrega içindeki zararlı malzemenin miktarını gösterir (Kandall vd., 1998). Düşük absorpsiyon değeri, kilin az olduğunu (Stapel ve Verhoef, 1989) gösterir. Yüksek metilen mavisi değeri agrega kalitesinin düşüklüğüne işaret eder. Hasdemir (2004), agreganın metilen mavisi değerinin 1 g/kg'ın altında olması durumunda, içerdiği ince malzemenin beton dayanımına olumsuz bir etkisi olmadığını belirtmiştir. Karaburun Yarımadası kireçtaşları için metilen mavisi değeri 1 g/kg'ın altındadır. Bu değer L1 numaralı lokasyonun taban konglomerasında, konglomeranın ince madde ve demir oksitçe zengin ara maddesine bağlı olarak 1.43 g/kg'a kadar çıkmıştır. Ayrıca L7 numaralı lokasyona

ait kireçtaşı agregasının metilen mavisi değeri 1.57 g/kg olarak belirlenmiştir. L7 numaralı loksayona ait agreganın, kum eşdeğeri ve diğer agrega özellikleri incelenen kireçtaşlarından farklı değildir. Bu lokasyondaki agreganın yüksek metilen mavisi değerinin, kayacın koyu renginden ileri geldiği düşünülmektedir (Çizelge 4). Kum eşdeğeri, metilen mavisi değeri gibi ince agregalarda, kil ya da toz gibi malzemelerin bağlı oranını gösteren bir yöntemdir. Düşük kum eşdeğer yüzdesi agrega kalitesinin düşüklüğüne işaret eder (Kara vd., 2009). Her ne kadar beton agregalarının kum eşdeğeri için bir sınır değer tanımlanmamış olsa da Petkovsek vd. (2010), Fransa'da asfalt agregası ile ilgili olarak yaptıkları çalışmada, kum eşdeğerinin % 60'tan daha büyük olması durumunda ince madde miktarının sorun oluşturmayacağını belirtmişlerdir. Karaburun Yarımadası kireçtaşı agregalarında kum eşdeğeri % 60'tan büyük olarak belirlenmiştir (Çizelge 4).

Kireçtaşlarının donma çözülme sonrası ağırlık kayıpları % 0.04 – 0.67 arasındadır. Bu değer, konglomeralarda ise % 0.61 – 0.66'ya kadar artar. Magnezyum sülfat değeri ise % 0.81 – 3.0 arasındadır ve bu değer taban konglomerasında % 21'e kadar artar (Çizelge 4). Kireçtaşlarının sahip oldukları donma-çözülme ve magnezyum sülfat deneyi sonrası düşük ağırlık kaybı değerleri, onların kaliteli agrega olduğuna işaret eder. Taban konglomerasının, kireçtaşlarından farklı fiziksel, mekanik ve dayanım özelliği göstermesi, konglomeranın, tanelere kıyasla daha zayıf özellikte ara maddesi içermesinden kaynaklanmaktadır.

Los Angeles parçalanma değeri (LA) ve mikro deval aşınma değeri (MD), agregaların aşınmaya karşı dayanımını ölçen ve yaygın olarak kullanılan mekanik deneylerdir.

Elçi, Türk, İşintek

Genellikle LA değerinin % 40 veya daha az olması betonda kullanılacak agregalar için yeterlidir (Rollings ve Rollings, 1995; Poitvein, 1999). Kireçtaşı agregalarının Los Angeles parçalanma değeri (LA) % 20'nin altındadır. Mikro deval aşınma değeri (MD) ise % 15'ten küçüktür. Mikro deval aşınma değeri taban konglomerasında %

sülfat ve klorür miktarları da belirlenmiştir. Agregalarda bulunan sülfatlar, betonda şişmeye bağlı hasarlara, klorür ise betonda kullanılan donatının korozyonuna neden olabildiğinden TS 706 EN 12620+A1'de (TSE, 2009) agregaların sülfat ve klorür miktarları sınırlandırılmıştır. Karaburun kireçtaşı agregalarında suda çözülebilen sülfat miktarı 7-200 ppm, asitte

Çizelge 4. Karaburun Yarımadası kireçtaşı agregalarının termal, ince malzeme ve mekanik özellikleri.

Table 4. Thermal, fines materials and mechanical properties of the Karaburun Peninsula limestone aggregates.

Özellik → Örnek No+	Donma-çözülme (%)	Magnezyum sülfat (%)	Kum eşdeğeri (%)	Metilen mavisi (g/kg)	Micro Deval aşınma değeri (%)	Los Angeles parçalanma değeri (%)
L1	0.15	2.77	71.81	0.24	10.40	16.89
L2	0.67	2.71	65.32	0.38	12.66	20.22
L3	0.18	1.35	73.76	0.38	9.17	17.98
L4	0.20	3.27	74.58	0.71	9.87	17.41
L5	0.15	2.07	72.42	0.61	14.56	19.82
L6	0.04	1.00	79.74	0.47	11.81	19.41
L7	0.67	5.71	74.38	1.57	12.66	20.22
L8	0.02	2.34	58.83	0.52	12.22	19.69
L9	0.03	1.67	69.28	0.50	11.99	19.56
L10	0.11	2.43	67.46	0.47	12.13	19.55
L11-1	0.66	20.77	66.66	1.43	20.73	17.96
L11-2	0.05	0.88	68.55	0.48	12.52	17.58
L11-3	0.05	0.87	68.83	0.25	12.15	14.95
L11-4	0.03	0.81	71.09	0.30	12.25	14.25
L11-5	0.06	1.77	68.65	0.75	11.19	10.25
n	5	5	3	1	5	5
Standart	TS EN 1367-1 (2009)	TS EN 1367-2 (2010)	TS EN 933-8 (2009)	TS EN 933-9 (2010)	TS EN 1097-1 (2003)	TS EN 1097-2 (2010)

n: örnek sayısı, n: number of sample

21'dir (Çizelge 4). Bu değerler, Karaburun kireçtaşlarının aşınmaya karşı dirençli ve beton agregası olarak aranılan özellikte olduğunun göstergesidir.

Kireçtaşı agregaların fiziksel, mekanik ve dayanım özelliklerine ek olarak içerdikleri

çözülebilen sülfat miktarı ise 53-1465 ppm arasındadır. Suda çözülebilen klorür miktarı 29-176 ppm, asitte çözülebilen klorür miktarı ise 58-305 ppm arasındadır. Bu değerler TS 706 EN 12620+A1'de (TSE, 2009) verilen sınır değerlerden oldukça düşüktür (Çizelge 5).

Çizelge 5. Karaburun Yarımadası Kireçtaşı agregalarının sülfat ve klorür miktarları.

Table 5. Sulfate and chloride content of the Karaburun Peninsula limestone aggregates.

Özellik → Örnek No+	Suda çözülebilen sülfat (ppm)	Asitte çözülebilen sülfat (ppm)	Suda çözülebilen klorür (ppm)	Asitte çözülebilen klorür (ppm)
L1	72.4	839.7	123	206
L2	36.2	1391.2	151	305
L3	29.9	181.1	130	146
L4	99.6	576.2	125	128
L5	99.6	568	96	83
L6	45.3	740.9	116	282
L7	199.2	1407.7	128	157
L8	135.8	1465.3	112	129
L9	140	1365.3	135	146
L10	45.3	938.4	96	58
L11-1	7.4	296.3	176	168
L11-2	63.4	403.4	96	101
L11-3	360	53	43	102
L11-4	62	140	29	88
L11-5	65	153	49	128
n	1	1	1	1
Standard	TS EN 933-3 (2012)	TS EN 1744-1 (2011)	TS EN 1744-1 (2011)	TS EN 1744-5 (2008)
Sınır değerler (%)	< 0.08	< 0.08	< 0.001	< 0.001

n: örnek sayısı, n: number of sample

Taze ve Sertleşmiş Beton Özellikleri

Karaburun Yarımadası kireçtaşlarının farklı fasiyeslerinden hazırlanan agregaların beton özelliklerine etkilerini araştırmak amacıyla laboratuvarında 15 seriden oluşan deneme betonları üretilmiştir. Deneme beton üretiminde kullanılan agrega karışım oranları Şekil 10'da verilmiştir. Fasiyes farklılığının (agrega türünün) beton özelliklerine etkisini görebilmek amacıyla agrega karışım oranı ve tane çapı ideal karışım (Şekil 10) olarak hazırlanmıştır. Ayrıca karışımında doğal kum yerine her agrega türüne ait kırma kum kullanılmıştır. Üretilen deneme betonlarında, fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 6'da belirtilen, CEM I 42.5 R tipi (Portland) düşük alkali içerikli (toplam alkali içeriği < % 0.6) çimento kullanılmıştır ve tüm

dizaynlarda çimento miktarı sabit tutulmuştur (Çizelge 7). Deneme betonu üretiminde kullanılan çimentonun özellikleri TS EN 197-1'de (TSE, 2012) verilen ölçütlere uygundur. Sertleşmiş betonun dayanım özelliklerini belirlemek için Şekil 10'da verilen ideal agrega karışımından 15*15*15 cm boyutunda kalıplarla deneme betonları hazırlanmıştır. Bu örnekler, üretimden 24 saat sonra kalıplarından çıkarılarak 20 C° de kirece doymuş su ile dolu kür havuzunda bekletilmişlerdir. TS EN 12390-3'e göre (TSE, 2010), 7, 28 ve 56 günlük her bir kürün sonunda basınç dayanımı testleri uygulanmıştır.

Kireçtaşı agregalarından üretilen deneme betonlarında yoğunluk 2315 kg/m³ ile 2385 kg/m³ arasında, konglomera agrelarından üretilen deneme betonlarında ise 2329 kg/m³ ile 2347

Elçi, Türk, İşintek

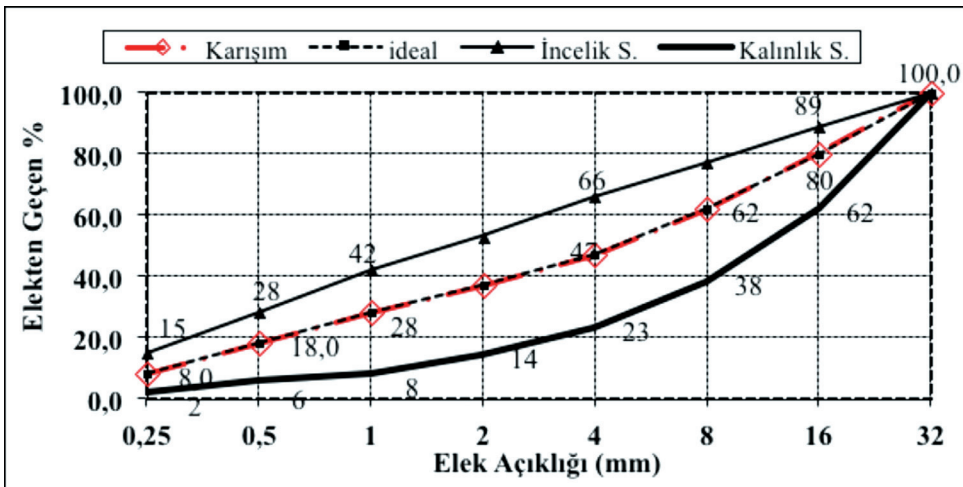
kg/m³ arasında ölçülmüştür. İşlenme özelliğinin sertleşmiş betonun dayanımına önemli derecede etki etmesi nedeniyle üretilen tüm betonları gerçekçi bir şekilde karşılaştırmak amacıyla çökme değeri sabit tutulmaya çalışılmıştır. Kireçtaşı ve konglomera agregalarından üretilen deneme betonlarında çökme değeri 130-150 mm arasında ölçülmüştür (Çizelge 8). Kireçtaşı agregalarından üretilen deneme betonlarının 28 günlük basınç dayanımları 32.13 – 42.11 MPa arasında, konglomera agregalarından

üretilen deneme betonlarının 28 günlük basınç dayanımları ise 29.60 – 33.92 MPa arasında bulunmuştur. Ayrıca laboratuvar ortamında bekletilen örneklerin uzun dönemdeki (yaklaşık 3.5 yıl) basınç dayanımları kireçtaşlarında 37.37 – 48.06 MPa arasında, konglomeralarda ise 34.58 – 37.44 MPa arasında bulunmuştur. Basınç dayanımları arasındaki bu fark kireçtaşı agregaların konglomera agregalarından daha dayanıklı agregalar olmasından kaynaklanmaktadır. (Çizelge 8).

Çizelge 6. Beton üretiminde kullanılan çimentonun (CEM I 42.5 R) özellikleri.

Table 6. Properties of the cement (CEM I 42,5 R) used in concrete production.

Kimyasal özellik	Deney sonucu	Fiziksel özellik	Deney sonucu
Kızdırma kaybı (%)	3.26	Priz başlangıcı (hh:mm)	03:30
Çözünmeyen kalıntı (%)	0.58	Piriz sonu (hh:mm)	04:30
MgO (%)	2	Hacim genişmesi (mm)	1
SO ₃ (%)	2.82	Özgül yüzey (cm ² /gr)	3647
Cl ⁻ (%)	0.01	Mekanik özellikleri (gün)	Deney sonucu
SiO ₂ (%)	19.8	2. gün (MPa)	33.3
Al ₂ O ₃ (%)	4.52	7. gün (MPa)	47.2
Fe ₂ O ₃ (%)	2.97	28. gün (MPa)	56
CaO (%)	63.48		
K ₂ O (%)	0.66		
Na ₂ O (%)	0.21		



Şekil 10. Beton üretiminde kullanılan agregaların karışım oranları ((TS 706 EN 12620 + A1, (TSE, 2009))

Figure 10. Aggregate mixture ratios used in concrete production ((TS 706 EN 12620 + A1, (TSE, 2009))

Çizelge 7. Beton karışım oranları.

Table 7. Concrete mixture proportions.

Lokasyon No	Su/ Çimento	Su (kg/m ³)	Çimento (kg/ m ³)	Kırma kum (kg/m ³)	Kırma taş 0-5 (kg/m ³)	Kırma taş 5-15 (kg/m ³)	Kırma taş 15-25 (kg/m ³)
L1	0.69	241	350	434	434	434	434
L2	0.82	286	350	410	410	410	410
L3	0.67	228	350	442	442	442	442
L4	0.65	236	350	436	436	436	436
L5	0.68	240	350	428	428	428	428
L6	0.67	234	350	434	434	434	434
L7	0.82	285	350	400	400	400	400
L8	0.65	228	350	439	439	439	439
L9	0.65	228	350	439	439	439	439
L10	0.63	222	350	441	441	441	441
L11-1	0.74	259	350	417	417	417	417
L11-2	0.68	239	350	430	430	430	430
L11-3	0.56	195	350	430	430	430	430
L11-4	0.59	205	350	428	428	428	428
L11-5	0.60	210	350	427	427	427	427

Çizelge 8. Üretilen betonların seçili özellikleri.

Table 8. Selected properties of the test concrete.

Özellik + Örnek No+	Çökme (cm)	Taze beton yoğunluğu (kg/m ³)	Beton basınç dayanımı (MPa)			
			7. gün	28. gün	56. gün	1350. gün
L1	14	2344	26.46	33.37	34.35	39.67
L2	15	2329	22.97	29.60	34.35	37.44
L3	13	2385	32.99	42.11	44.81	48.06
L4	14	2350	26.46	32.13	32.47	39.18
L5	15	2315	24.90	26.26	33.20	37.90
L6	13.5	2342	28.41	34.50	39.36	44.81
L7	15	2325	28.46	35.78	36.88	41.45
L8	15	2347	28.66	36,11	38.29	43.26
L9	15	2344	28.53	35.31	38.83	44.52
L10	13	2383	29.47	37.20	39.15	40.82
L11-1	14	2347	17.46	25.68	30.71	34.58
L11-2	13.5	2333	20.36	28.07	34.20	40.42
L11-3	15	2350	20.98	29.47	36.12	41.18
L11-4	14,5	2350	16.62	25.99	32.61	37.37
L11-5	14	2336	16.99	26.74	32.42	36.38
n	3	3	3	3	3	3
Standart	TS EN 12350-2 (2007)	TS EN 12350-6 (2010)	TS EN 12390-3 (2007)			

n: örnek sayısı, n: number of sample

Elçi, Türk, İşintek

Kireçtaşlarının Alkali Agregası Reaktivitesi

Alkali agregası reaktivitesini (AAR) belirlemek için dolomit içerikli agregalara, Karbonat Agregaları İçin Hızlı Gözlem Testi, AAR-5 (RILEM, 2005), silisli mineral içeren agregalara ise Hızlandırılmış Harç Çubuğu Metodu AAR-2 (RILEM, 2000) uygulanarak kireçtaşlarının alkali agregası reaktivitesi belirlenmiştir. AAR deneylerinde, deneme betonları üretiminde kullanılan çimentodan farklı, alkali agregası reaktivitesine neden olabilecek ve toplam

dolomitik kireçtaşları ve dolomitler, alkali karbonat reaksiyonuna neden olmamıştır. Bununla birlikte petrografik analizle silisli mineral türü ve kimyasal analiz ile de silisli bileşen miktarı belirlenen, L1-5, L11-1, L11-4 ve L11-5 numaralı lokasyona ait agregalarda hazırlanan harç çubuklarının, 14 günlük ortalama genleşme değeri % 0.1'den büyük çıkmıştır. RILEM TC 106-2'ye göre (RILEM, 2000), 14 günlük ortalama genleşme değeri % 0.1'den küçük ise alkali silis reaksiyonu (ASR) yönünden zararsız agregalar, % 0.1 - 0.2 arasında ise potansiyel

Çizelge 9. Alkali agregası reaktivitesini belirlemede kullanılan portland çimentosunun bileşenleri ve alkali içeriği.

Table 9. The Chemical content of the portland cement used for the alkali aggregate reactivity. .

Bileşen	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	LOI	Na ₂ O	K ₂ O	TAI	Cl
İçerik (%)	19.90	5.91	2.10	62.92	1.25	3.26	3.94	0.38	0.90	0.98	0.01

TAI: Toplam Alkali İçeriği, TAI: Total Alkali Content

alkali içeriği % 0.6'dan büyük olan çimento kullanılmıştır. Kullanılan çimentonun bileşenleri ve alkali içeriği Çizelge 9'da verilmiştir. Böylelikle Karaburun Yarımadası kireçtaşlarının fasiyes özelliklerinin beton dayanıklılığına etkisi araştırılmıştır. Ek olarak literatürde alkali agregası reaksiyonu yönünden reaktif agregası (referans agregası) olarak tanınan Kingston (Kanada) Agregası ve Zonguldak (Türkiye) Agregası'nın petrografik, kimyasal özellikleri belirlenerek Karaburun Yarımadası kireçtaşlarından elde edilen değerlerle karşılaştırılmıştır.

Test edilen dolomit kökenli agregaların hiçbirinin 28 günlük ortalama genleşme değeri RILEM TC 191-AAR-5'te (RILEM, 2005) belirtilen % 0.1'lik sınır genleşme değerini aşmamıştır (Çizelge 10). Karaburun Yarımadası

tehlike arz edebilir agregalar ve % 0.2'den büyük ise zararlı agregalar şeklinde değerlendirilmiştir. L1-5, L11-4 ve L11-5 numaralı lokasyonlara ait agregalar ASR yönünden zararlı agregalardır. L11-1 numaralı lokasyona ait agregası ve Kanada agregası ASR yönünden potansiyel tehlike arz edebilecek agregasıdır. Zonguldak agregası ise ASR yönünden zararsız agregasıdır (Çizelge 10, Şekil 11). L1-5, L11-4 ve L11-5 numaralı lokasyonlara ait agregalar beton yapımında kullanıldığında alkali silis reaksiyonu kaçınılmazdır. SiO₂ miktarının % 5'i geçtiği fasiyeslerde (L11-1, L11-4 ve L11-5) alkali agregası reaksiyonu sonucu harita görünümlü çatlaklar gözlenirken, SiO₂ miktarının % 2'nin altında olduğu fasiyeslerde (Çizelge 3, L11-2, L11-3) bu çatlaklar görülmemiştir (Şekil 12).

Referans agregalardan Kingston (Kanada) Agregası'nın, hem ACR hem de ASR testindeki genleşme değerleri, sınır genleşme değerini aşmıştır. Zonguldak agregasında ise sadece ASR testi sonrası genleşme değeri aşılmış, ACR testinde ise sınır genleşme değerine yakın bir genleşme değeri elde edilmiştir (Çizelge 10). Referans agregalar ACR testinde genleşmeye neden olurken Karaburun Yarımadası dolomitleri ve dolomitik kireçtaşları genleşmeye neden olmamışlardır. Bu durum, dolomit ve dolomitik kireçtaşların dokusu ve içerdikleri dolomit

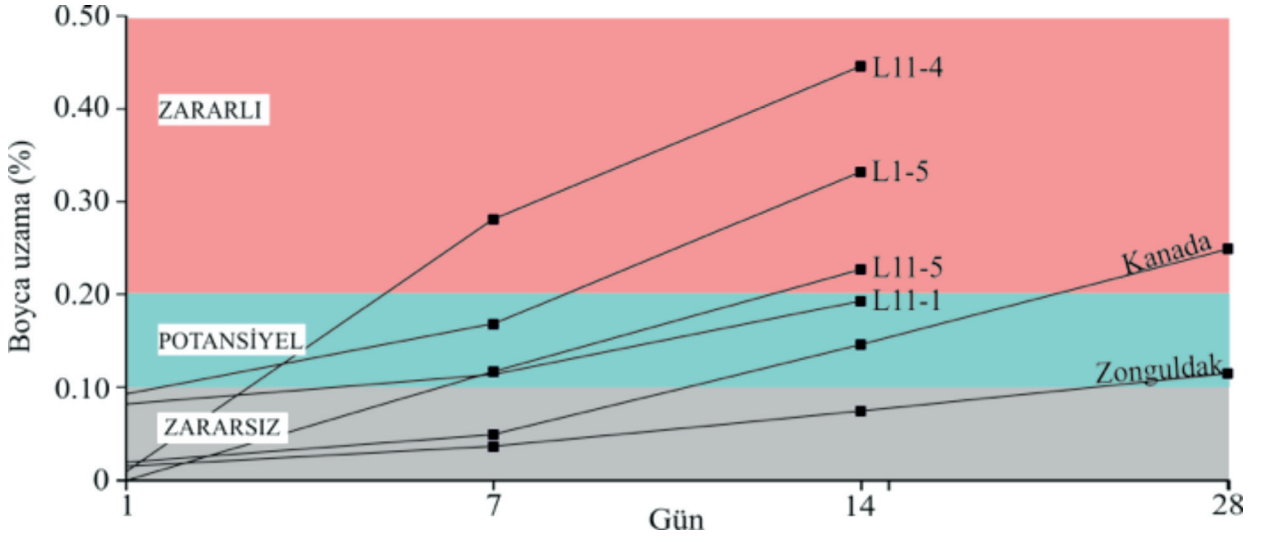
kristallerinin boyutu ile ilgilidir. Karaburun Yarımadası dolomit ve dolomitik kireçtaşları dolospar ($> 200 \mu\text{m}$) karakterindedir. Referans agregalarda ise dolomitler mikro dokuda ve dolomikkrit ($<50 \mu\text{m}$) karakterdedir. Ayrıca Karaburun Yarımadası dolomitleri ve dolomitik kireçtaşlarının içerdiği silisli mineral miktarı % 2'yi geçmez. Bu veriler, dolomit kökenli agregalarla ACR konusunda yapılan çalışmalarda, dolomit kristallerinin boyutunun etkili olduğu ve ACR-ASR reaksiyonların birlikte geliştiği tezini destekler niteliktedir.

Çizelge 10. Karaburun Yarımadası kireçtaşı agregalarından üretilen harç çubuklarının 14 ve 28 günlük genleşme değerleri. *(Alptuna, 2009)

Table 10. Expansion values of mortar bar made of the limestone aggregates of the Karaburun Peninsula at 14 and 28 days setting. *(Alptuna, 2009)

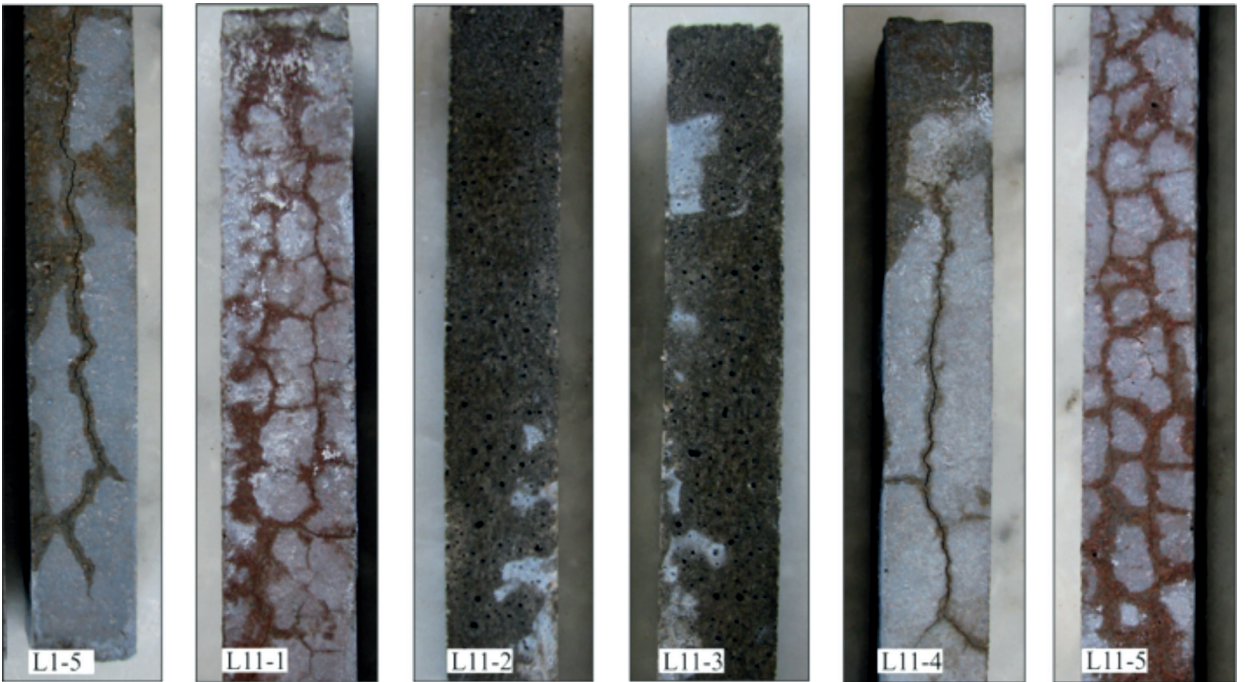
Örnek no	Safılık (%)	1. gün (%)	7. gün (%)	14. gün (%)	28. gün (%)	ASR	ACR
L1	99.08	0.024	0.025	0.021	0.043		
L1-5	8.61	0.093	0.168	0.332		reaktif	
L2	97.60	0.004	0.004	0,011	0.014		
L3	98.93	0.001	0.007	0.011	0.019		
L4	98.52	0.002	0.004	0.007	0.014		
L5	99.39	0.003	0.007	0.014	0.019		
L6	99.41	0.001	0.005	0.011	0.016		
L7	99.87	0.000	0.002	0.005	0.009		
L8	99.61	0.002	0.005	0.008	0.009		
L9	99.81	0.001	0.004	0,008	0.009		
L10	98.50	0.001	0.000	0.003	0.004		
L11-1	77.91	0.082	0.114	0.193		potansiyel	
L11-2	98.92	0.006	0.005	0.006	0.009		
L11-3	96.72	0.005	0.007	0.008	0.007		
L11-4	94.37	0.009	0.281	0.446		reaktif	
L11-5	75.49	0,000	0.117	0.227		reaktif	
Kanada*	90.91	0.019	0.049	0.146	0.249	potansiyel	Reaktif
Zonguldak*	83.11	0.015	0.036	0.074	0.115		Reaktif

Elçi, Türk, İşintek



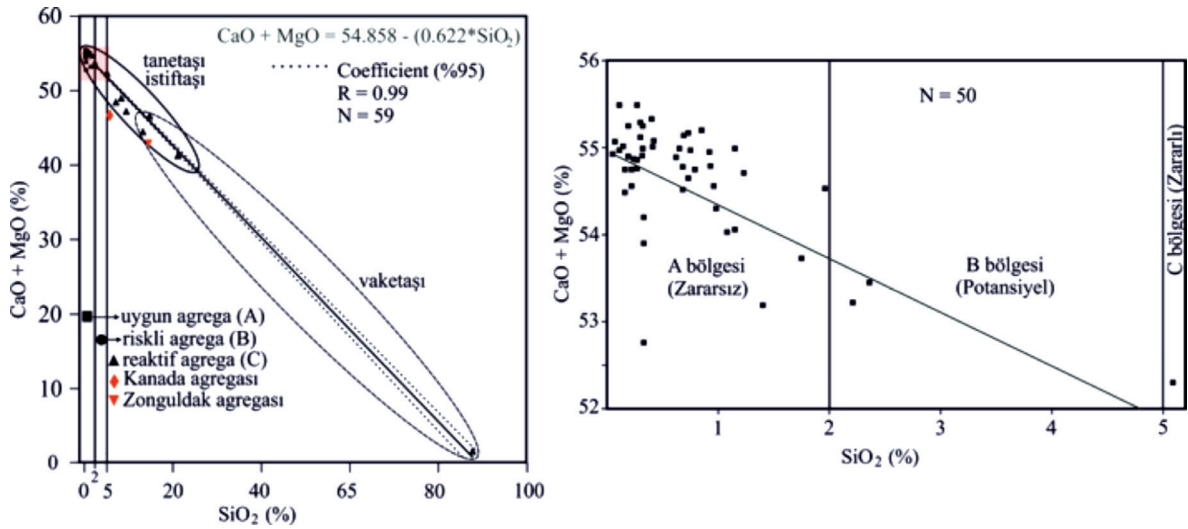
Şekil 11. Karaburun Yarımadası, saflığı düşük kireçtaşı agregalarından üretilen harç çubuğunun 14 ve 28 günlük genişleme değerleri.

Figure 11. Expansion values of mortar bar made of low purity limestone aggregates of the Karaburun Peninsula at 14 and 28 days setting.



Şekil 12. L1 ve L11 numaralı lokasyona ait agregalarda yapılan harç çubuğu testi örneklerindeki ASR dokusunun görünümü.

Figure 12. The view of ASR texture of the the mortar bar test specimen made of the limestone aggregates of the location L1 and L11.



Şekil 13. Kireçtaşları için alkali silis reaksiyonu abağı.

Figure 13. Alkali silica reaction chart for the limestone aggregate.

Şekil 13'te farklı fasiyelere ait kireçtaşlarının CaO+MgO oranına karşılık SiO₂ oranı kullanılarak oluşturulan grafik yardımıyla, kireçtaşları için alkali silis reaksiyonu abağı önerilmiştir. Kireçtaşlarının SiO₂ miktarı arttıkça, saflığı azalır.

$$\text{CaO} + \text{MgO} = 54.858 - 0.622 * \text{SiO}_2 \quad (R = 0.99) \quad (3)$$

West (1996), kireçtaşlarının silis içeriğinin % 2'yi geçtiği durumlarda ASR riski bulunduğunu belirtmiştir. Önerilen ASR abağına göre Karaburun yarımadası kireçtaşlarında SiO₂ içeriği % 2'den daha az olan (saflığı yüksek) kireçtaşları (Şekil 13, A bölgesi) ASR yönünden zararsız agregalardır. % 2-5 SiO₂ içeriğine sahip (Şekil 13, B bölgesi) kireçtaşları, ASR yönünden potansiyel tehlike oluşturabilecek agregalardır. SiO₂ içeriği % 5'i aşan (Şekil 13, C bölgesi) kireçtaşları ise ASR yönünden zararlı

agregalardır. Her iki referans agrega da, önerilen ASR abağına göre zararlı agrega sınıfındadır. Bununla birlikte Kanada agregası ASR testinde potansiyel tehlike arz eden bir genleşme değeri gösterirken, Zonguldak agregası zararsız agrega genleşme değeri göstermiştir.

SONUÇLAR

- Karaburun Yarımadası kireçtaşları, sahip oldukları fiziksel, mekanik ve dayanım özellikleri ile oldukça kaliteli agregalardır ve yakın gelecekte kapatılması söz konusu olan İzmir ili taş ocaklarına alternatif olabilecek, önemli bir agrega kaynağıdır.
- Gelgit, gelgit arası, kısmen de şelf lagün ortamlarında çökelen Karaburun kireçtaşları, derin deniz kenarı ve derin deniz ortamı kireçtaşlarına kıyasla az kalınlıkta olmasına rağmen ardalanmalıdır. Bu ardalanma kireçtaşlarının agrega kaynağı olarak işletebilir düzeyde olmalarını sağlar.

Ayrıca bu kireçtaşları dokusal homojenliği düşük, bileşimsel homojenliği yüksek (Saflık > % 95) kireçtaşlarıdır. Saflığı yüksek kireçtaşları ile kaliteli agrega, dolayısıyla kaliteli beton elde edilebileceği görülmüştür.

- Tane destekli dokudaki tanetaşı, istifışı fasiyeslerininine ait Karaburun Yarımadası kireçtaşları, başka bir deyişle yokuş önü ortamında ve derin deniz kenarı ortamında çökelen kireçtaşları hem yayımları hem de kalınlıkları ile yine agrega kaynağı olarak daha işletilebilir düzeydedir. Ancak bu kireçtaşları, dokusal homojenliği yüksek, bileşimsel homojenliği (saflığı < % 95) düşük ve kalınlıkları birkaç 10 metreyi geçmeyen fasiyesler içerebilir. Bileşimsel homojenliği düşük bu kireçtaşları ile yüksek alkali bir çimento kullanılarak üretilen betonlarda alkali silis reaksiyonu geliştiği görülmüştür.
- Karaburun Yarımadası dolomit kökenli kireçtaşları alkali karbonat reaksiyonu (ACR) testinde risk teşkil edecek bir genleşme değeri göstermemiştir. Bunun nedeni, yarımadadaki dolomitlerin ve dolomitik kireçtaşlarının dolospar (> 200 µm) özelliğinde ve SiO₂ içeriğinin % 2'den daha az olmasıdır.
- Kireçtaşları içerisinde kalınlıkları birkaç 10 metreyi geçmeyen konglomera fasiyeslerine ait agregalar, kireçtaşlarına kıyasla daha düşük kalitede agrega özelliğindedirler. Bu agregalar ile üretilen betonlarda, kireçtaşları ile üretilen betonlardan daha düşük dayanım değerleri elde edilmiştir.

KATKI BELİRTME

Bu makalenin konusunu oluşturan söz konusu çalışma, 107Y052 proje numarası ile TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir. Finansal desteği için TÜBİTAK'a, beton deneyleri ve alkali agrega reaksiyonu hızlandırılmış harç çubuğu deneylerinin gerçekleştirilmesindeki katkılarından dolayı Prof. Dr. Selçuk TÜRKEL'e, Prof. Dr. Halit YAZICI'ya ve inşaat yüksek mühendisi Giray ALPTUNA'ya, değerli görüş ve katkılarından dolayı Prof. Dr. Atiye TUĞRUL'a ve Doç. Dr. Adil BİNAL'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Akman, S. M., 1978. Dolomit Kökenli Beton Agregalarında Alkali-Reaktivitesi Olasılığı. İTÜ Dergisi, 36 (3), 55-59
- Akman, S. M., 1984. Beton Agregaları. Beton Semineri, D.S.İ. Yayın No: 16 15-28 Ankara.
- Alptuna, G., 2009. Dolomit kökenli agregaların alkali-karbonat reaktivitesinin araştırılması. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Yüksek Lisans Tezi, 194 s (yayımlanmamış).
- Baradan, B., 2004. Yapı Malzemesi II. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Yayın No. 207.
- Bell, F. G., 2006. Mühendislik Jeolojisi ve İnşaat (Çeviren K. Kayabalı, Engineering Geology and Construction, 2004). Ankara, Sistem Ofset.
- Binal, A., 2004. Pesimum reaktif agrega içeriğinin alkali-silika reaksiyonuna etkisinin deneysel yöntemlerle araştırılması. İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi, 17 (2), 119-128.
- Binal, A., 2008. The determination of gel swelling pressure of reactive aggregates by ASGPM

- devices and a new reactive innocuous aggregate decision chart. *Construction and Building Materials*, 22 (1), 1–13.
- Carlos, A., Masumu, I., Hiroaki, M., Maki, M., Takahisa, O., 2010. The effects of limestone aggregate on concrete properties. *Construction and Building Materials*, 24, 2363-2368.
- Dunham, R. J., 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: W. E. Ham (ed.), *Classification of Carbonate Rocks*. American Association Petroleum Geologist, 1, 108-121.
- Dearman, W. R., 1981. Engineering properties of carbonate rock, general report. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 24, 3-17.
- Elçi, H., 2011. Karaburun Yarımadası kireçtaşlarının mühendislik jeolojisi. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Doktora tezi, 511 s.
- Erdoğan, B., 1990. İzmir – Ankara Zonu ile Karaburun Kuşağının Tektonik İlişkisi. *MTA Dergisi*, No:110, 1-15.
- Erdoğan, B., Altın, D., Güngör, T., Özer, S., 1990. Karaburun Yarımadası'nın Stratigrafisi, *MTA Dergisi*, No:111, 1-22.
- Erdoğan, M., 1996. Alkali karbonat reaksiyonunun gelişim mekanizması ve nedenleri. *Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Bülteni*, 41-47.
- Flügel, E., 2004. *Microfacies of carbonate rocks: Analysis, Interpretation and application*. Berlin: Springer-Verlag, 976 p.
- Fookes, P.G., 1980. An introduction to the influence of natural aggregates on the performance and durability of concrete. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 13 (2), 207–229.
- Folk, R. L., 1959. Practical petrographic classification of limestones. *American Association Petroleum Geologist*, 43, 1-38.
- French, W.J., Poole, A. B., 1974. Deleterious reactions between dolomites from Bahrain and cement paste. *Cement and Concrete Research*, 4, 925-937.
- French, W. J., 1991. Concrete Petrography: a review. *Quarterly Journal Engineering Geology*, 24, 17-48
- Gillott, J. E., Swenson, E. G., 1969. Mechanism of alkali carbonate reaction. *Quarterly Journal Engineering Geology*, 2, 7-24.
- Gillott, J. E., 1980. Properties of aggregates affecting concrete in North America. *Quarterly Journal Of Engineering Geology*, 13, 289-303.
- Güler, B., Tuğrul, A., Hasdemir, S., Şahin, S. Y., 2010. İstanbul'da üretilen farklı kökenli agregaların beton özelliklerine etkileri. *Mühendislik Jeolojisi Bülteni*, 30, 53-72.
- Güngör, T., 1989. Karaburun Yarımadası Balıklıova – Barboros arasındaki bölgenin jeolojisi ve yapısal evrimi. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 47 s, (yayımlanmamış).
- Güngör, T., Erdoğan, B., 2002. Tectonic significance of mafic volcanic rocks in a Mesozoic sequence of the Menderes Massif, West Turkey. *International Journal of Earth Science*, 91, 386 - 397.
- Hacımustafaoğlu, R., 1999. Karaburun Yarımadası Mermerlerinin Cinsleri Üretimleri Ekonomileri ve Kapasiteleri. Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 120 s (yayımlanmamış).
- Hammersly, G.P., 1989. The use of petrography in the evaluation of aggregates. *Concrete*, 23 No:10, 29-32.
- Hasdemir, S., 2004. Metilen mavisi deney sonuçlarının beton basınç dayanımlarına etkisi. *Beton 2004 Kongresi, İstanbul*, 615-622.
- Hobbs, D.W., 1978. Expansion of concrete due to alkali-silica reaction: An explanation. *Magazine of Concrete Research*, 30 (105), 215-220.

- İşintek, İ., 2002. Foraminiferal and Algal Biostratigraphy and Petrology of the Triassic to Early Cretaceous Carbonate Assemblages in the Karaburun Peninsula, (Western Turkey). Ph.D. Thesis, Natural and Applied Science of Dokuz Eylül University, 446 s (yayımlanmamış).
- İşintek, İ., Altiner, D., Altiner Özkan, S., 2007. İzmir-Soma (Manisa) arasında yüzeyleyen Mesozoyik karbonat kütlelerinin foraminifer ve alg biyostratigrafisi ve paleocoğrafik anlamları. Çaydag 103Y191 numaralı (TUBİTAK) proje raporu, 231 s (yayımlanmamış).
- ISSA, International Slurry Seal Association, 1989. Test Method for determination of methylene blue absorption value of mineral aggregate filler and fines, ISSA Bulletin No 145.
- Kandall, P.S., Lynn, C.Y., Parker, F., 1998. Tests for Plastic Fines in Aggregates Related to Stripping in Asphalt Paving Mixtures. National Center of Asphalt Technology, Auburn University, Alabama, USA, Report no. 98-3, 1-20.
- Kara, G., Tuğrul, A., Yılmaz, M., Buldum, M., 2009. Taş Ocaklarındaki Kayaç Değişimlerinin Agregata ve Beton Özelliklerine Etkisi. 5. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, İstanbul, 107-117.
- Katayama, T., 2004. How to Identify Carbonate Rock Reactions in Concrete. Materials Characterization, 53, 85-104.
- Krumbein, W. C., Sloss, L. L., 1963. Stratigraphy and Sedimentation. W. H., Freeman and Co., San Francisco, 660p.
- Lorenzi, G., Jensen, J., Wigum, B. 2001. Petrographic Atlas of The Potentially Alkali-Reactive Rocks in Europe. Geological Survey of Belgium, 2006/01 - 302, 64p.
- McNally, G.H., 1998. Soil and Rock Construction Materials. E & FN Spon, London, 403 p.
- Okay, A. I., Sıyako, M., 1993. İzmir-Balıkesir arasında İzmir-Ankara Neo-Tetis Kenedinin yeni konumu. Türkiye ve Çevresinin Tektoniği-Petrol Potansiyeli (ed. S. Turgut) Ozan Sungurlu Sempozyumu Bildirileri, Ankara, 333-355.
- Okay, A. I., Satır, M., Sıyako, M., Monié, P., Metzger, R., Akyüz, S., 1996. Pale- and Neo-Tethyan events in northwestern Turkey: Geologic and geochronologic constrains. In: Yin A, Harrison TM, (eds). The Tectonic Evolution of Asia. Cambridge University Press, Cambridge, 420-441.
- Okay, A. I., Tüysüz, O., 1999. Tethyan Sutures of northern Turkey. In: Durand B., Jolivet L., Horvath, F. & Seranne M. (eds). Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen. Geological Society of London, Special Publication (156), 475-515.
- Oates, J. A. H., 1998. Lime and Limestone, Chemistry and Technology, Production and Uses. Weinheim, Wiley-VCH, 455p.
- Pettijohn, F. J., 1975. Sedimentary Rocks. Third edition, Harper, New York, 628p.
- Poitevin, P., 1999. Limestone aggregate concrete, usefulness and durability. Cement and Concrete Composites, 21, 89-97.
- Petkovsek, A., Macek, M., Pavsic, P., 2010. Fines characterization through the methylene blue and sand equivalent test: comparison with other experimental techniques and application of criteria to the aggregate quality assessment. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 69, 561-574.
- Qian, G., Deng, M., Thang, M., 2001. Expansion of Siliceous and Dolomitic Aggregates Lithium Hydroxide Solution, Cement and Concrete Research, 32, 763-768.
- Qian, G., Deng, M., Lan, X., Xu, Z., Tang, M., 2002. Alkali Carbonate Reaction Expansion of Dolomitic Limestone Aggregates With Porphyrotopic Texture. Engineering Geology, 63, 17-29.

- RILEM TC 191-ARP., 2005. Alkali-reactivity and prevention - Assessment, specification and diagnosis of alkali-reactivity AAR-5: Rapid preliminary screening test for carbonate aggregates. *Material and Structures*, 38, 787-792.
- RILEM TC 106-2., 2000. Alkali Aggregate Reaction – The Ultra Accelerated Mortar –Bar Test. *Material and Structures*, 33, 283-293.
- Rollings M. P., Rollings R. S., 1995. *Geotechnical Materials in Construction*. McGraw-Hill, London, 523p.
- Sims, I., Sotiropoulos, P., 1983. Standard alkali-reactivity testing of carbonate rocks from the Middle East and North Africa. *Proceedings of the 6th International Conference, Alkalis in Concrete, Research and Practice*, Copenhagen.
- Smith, M. R., Collis, L., 2001. *Aggregates: Sand, Gravel and Crushed Rock Aggregates for Construction Purposes*. Geological Society, London, UK, Engineering Geology, Special Publication, 17.
- Stapel, E. E., Verhoef, P. N. W., 1989. The use of the methylene blue adsorption test in assessing the quality of basaltic tuff rock aggregate. *Engineering Geology*, 26, 233-246.
- Tosun, K., Felekoğlu, B., Baradan, B., 2006. The effect of cement alkali content on ASR susceptibility of mortars incorporating admixtures. *Bulding and Environment*, 42, 3444-3453.
- TS EN 197-1., 2012. Çimento- Bölüm 1: Genel Çimentolar- Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri. Ankara. Türk Standartları Enstitüsü.
- TS 706 EN 12620 + A1., 2009. Beton Agregaları. Ankara. Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 933-3., 2012. Agregaların Yassılık Endeksi Tayini. Ankara. Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 933-4., 2009. Agregaların Geometrik Özellikleri İçin deneyler Bölüm 1: Tane Şeklinin Tayini – Şekil İndisi. Ankara. Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 933-8., 2012. Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 8: İnce Tanelerin Tayini –Kum Eşdeğeri Tayini. Ankara. Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 933-9., 2010. Agregaların Metilen Mavisi Deneyi. Ankara. Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 1097-1., 2003. Agregaların Aşınmaya Karşı Direnci-Mikro Deval. Ankara. Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 1097-2., 2010. Agregaların Parçalanma Direnci-Los Angeles Deneyi. Ankara. Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 1097-3., 1999. Agregaların Gevşek Yığın Yoğunluğunun ve Boşluk Hacminin Tayini. Ankara. Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 1097-6., 2013. Agregaların Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranı Tayini. Ankara. Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 1367-1., 2009. Agregaların Termal Bozunma Özellikleri İçin Deneyler- Bölüm1: Donmaya ve Çözölmeye Karşı Direnci Tayini. Ankara. Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 1367-2., 2010. Agregalarda Magnezyum Sülfat Deneyi. Ankara. Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 1744-1., 2011. Agregaların Kimyasal Analizi- Organik Madde Tayini. Ankara. Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 1744-5., 2008. Agregaların Kimyasal Özellikleri İçin Deneyler-Bölüm 5: Asitte Çözölebilen Klorür Tuzlarının Tayini. Ankara. Türk Standartları Enstitüsü.
- TS 10088 EN 932-3/A1., 2006. Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler - Kısım 3: Basitleştirilmiş Petrografik Tanımlama İçin İşlem ve Terminoloji. TS EN 12350-2., 2007. Beton - Taze Beton Deneyleri - Bölüm 2: Çökme (Slump) Deneyi. Ankara. Türk Standartları Enstitüsü.

Elçi, Türk, İşintek

- TS EN 12350-6., 2010. Beton - Taze Beton Deneyleri - Bölüm 6: Yoğunluk. Ankara. Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 12390-3., 2010. Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 3: Dene Numunelerinin Basınç Dayanımının Tayini. Ankara. Türk Standartları Enstitüsü.
- TUIK, 2014. Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları -2013. Türkiye İstatistik Kurumu haber bülteni, Sayı: 15974.
- Tuğrul, A., Yılmaz, M., 2012. Assessing the quality of sandstone for use as aggregates in concrete. Magazine of Concrete Research, 64 (12), 1067-1078.
- West, G., 1996. Alkali-aggregate reaction in concrete roads and bridges. Thomas Telford, London 163 p.
- Yakut, E., 2001. İzmir ili çevresindeki kireçtaşlarının mühendislik özellikleri ve kullanım alanlarının araştırılması. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Yüksek Lisans Tezi, 250 s (yayımlanmamış).
- Zarif, İ. H., Tuğrul, A., Dursun, G., 2003. İstanbul'daki kireçtaşlarının agrega kalitesi yönünden değerlendirilmesi. İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Yerbilimleri Dergisi, 16, 61-70.