



**İSTANBUL  
ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS**

**GRANİTİK KAYAÇLARIN ALKALİ-AGREGA  
REAKTİVİTELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

**Jeoloji Müh. Nuray MANNASOĞLU  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı  
Uygulamalı Jeoloji Programı**

**Danışman  
Prof.Dr. Atiye TUĞRUL  
II. Danışman  
Doç. Dr. Sabah YILMAZ ŞAHİN**

**Nisan, 2010**

**İSTANBUL**

Bu alışma 02/04/ 2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Uygulamalı Jeoloji programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Danışman

Prof. Dr. Atiye TUĞRUL  
İstanbul Üniversitesi

Prof. Dr. Namık YALÇIN  
İstanbul Üniversitesi

Prof. Dr. Sinan ÖNGEN  
İstanbul Üniversitesi

Prof. Dr. Fahriye KILINÇKALE  
İstanbul Üniversitesi

Prof. Dr. Mustafa ERDOĞAN  
İstanbul Teknik Üniversitesi

Bu alışma, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliği tarafından 2892 nolu proje ile desteklenmiştir.

## **ÖNSÖZ**

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Bu çalışmada, Türkiye'nin farklı alanlarında bulunan granit, metagranit, granitik gnays gibi kayaların beton üretiminin de agrega olabilirliğinin tespiti için minerolojik ve petrografik özellikleri incelenerek ve bu kayaların hangilerinin alkali silis reaksiyonu açısından risk oluşturduğu ve etkileri araştırılmıştır.

Yüksek Lisans öğrenimim sırasında ve tez çalışmalarım boyunca çalışmalarımı yöneten ve her aşamasında bana yardımcı olan, değerli katkı ve yapıcı eleştirileri ile tezimin şekillenmesi ve ilerlemesinde emeği olan, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı öğretim üyesi Prof. Dr. Atiye TUĞRUL'a,

Tez kapsamındaki petrografik araştırmalara destek olan, minerolojik ve kimyasal analizler konusunda yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Sabah YILMAZ ŞAHİN'e,

Yüksek Lisans öğrenimim sırasında ve tez çalışmalarım boyunca sık sık yardımlarını aldığım Araş. Gör. Murat YILMAZ ve Araş. Gör. Ömer ÜNDÜL'e

Çalışmalarımın başından sonuna kadar benden sabır, güven ve desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

**Nisan 2010**

**Nuray MANNASOĞLU**

# İÇİNDEKİLER

<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>i</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>ii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>iii</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>iv</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>vi</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>vii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1. İNCELEME ALANININ TANIMI</b> .....	<b>1</b>
1.1.1. Coğrafya .....	3
1.1.2. Akarsu Ağı .....	3
1.1.3. İklim .....	4
1.1.4. Yerleşim ve Ulaşım .....	5
<b>2. GENEL KISIMLAR</b> .....	<b>7</b>
<b>2.1. ÇALIŞMANIN AMACI</b> .....	<b>7</b>
<b>2.2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALARI</b> .....	<b>8</b>
2.2.1. Granitlerin Bulunduğu Bölgelerin Jeolojisi ile İlgili Çalışmalar .....	8
2.2.2. Araştırma Konusu ile İlgili Çalışmalar .....	15
<b>3. MALZEME VE YÖNTEM</b> .....	<b>22</b>
<b>3.1. BÜRO ÇALIŞMALARI</b> .....	<b>22</b>
<b>3.2. ARAZİ ÇALIŞMALARI</b> .....	<b>22</b>
<b>3.3. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI</b> .....	<b>23</b>
<b>4. BULGULAR</b> .....	<b>25</b>
<b>4.1. ÇALIŞMA ALANLARININ JEOLJİK ÖZELLİKLERİ</b> .....	<b>25</b>
4.1.1. Balaban Bölgesi (Kırklareli) .....	25
4.1.2. Şeytandere Bölgesi (Çatalca) .....	27
4.1.3. Sancaktepe Bölgesi (Gebze) .....	29
4.1.4. Fıstıklı Bölgesi (Armutlu) .....	30
4.1.5. Erdek Bölgesi (Kapıdağ Yarımadası) .....	32
4.1.6. Kestanbol Bölgesi (Çanakkale) .....	34
4.1.7. Kozak Bölgesi (Bergama –İzmir) .....	36

4.1.7. Bulancak Bölgesi (Giresun) .....	37
4.1.9. Yaylak-Sipahi (Aksaray) .....	39
<b>4.2. MİNERALOGİK VE PETROGRAFİK ARAŞTIRMALAR.....</b>	<b>41</b>
4.2.1. Balaban Bölgesi (Kırklareli) .....	45
4.2.2. Şeytandere Bölgesi (Çatalca) .....	47
4.2.3. Sancaktepe Bölgesi (Gebze) .....	49
4.2.4. Fıstıklı Bölgesi (Armutlu) .....	50
4.2.5. Erdek Bölgesi (Kapıdağ Yarımadası ) .....	52
4.2.6. Kestanbol Bölgesi (Çanakkale) .....	53
4.2.7. Kozak Bölgesi (Bergama –İzmir) .....	54
4.2.7. Bulancak Bölgesi (Giresun) .....	56
4.2.9. Sarıyahşi İlçesi-Yaylak Köyü (Aksaray) .....	58
4.2.10. Sarıyahşi İlçesi- Sipahi Köyü (Aksaray) .....	60
<b>4.3. İNCELENEN GRANİTİK KAYAÇLARIN KİMYASAL</b>	
<b>ÖZELLİKLERİNE GÖRE SINIFLANDIRILMASI.....</b>	<b>62</b>
<b>5. ALKALİ AGREGA REAKSİYONU VE ÖNEMİ.....</b>	<b>69</b>
<b>5.1.ALKALİ SİLİS REAKSİYONUNUN TESPİTİ VE ÖNLEME YOLLARI...</b>	<b>73</b>
<b>6. GRANİTİK KAYAÇLARIN ALKALİ-AGREGA</b>	
<b>REAKSİYONU YÖNÜNDEN İNCELENMESİ.....</b>	<b>70</b>
<b>6.1. HIZLANDIRILMIŞ HARÇ ÇUBUĞU DENEYİ.....</b>	<b>74</b>
<b>6.2. TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU İNCELEMELERİ.....</b>	<b>89</b>
<b>7. DENEYSEL VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....</b>	<b>99</b>
<b>8. SONUÇLAR .....</b>	<b>134</b>
<b>9.YARARLANILAN KAYNAKLAR .....</b>	<b>137</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1: İnceleme alanının yer bulduru haritası.....	2
Şekil 4.1: Balaban Bölgesi (Kırklareli)'nin jeoloji haritası.....	26
Şekil 4.2: Şeytandere Bölgesi (Çatalca)'nin jeoloji haritası.....	28
Şekil 4.3: Sancaktepe Bölgesi (Gebze)'nin jeoloji haritası.....	30
Şekil 4.4: Armutlu Bölgesinin jeoloji haritası.....	32
Şekil 4.5: Kapıdağ Yarımadası- Erdek Bölgesinin jeoloji haritası.....	33
Şekil 4.6: Kestanbol Bölgesi (Çanakkale)'nin jeoloji haritası.....	35
Şekil 4.7: Bergama –İzmir Bölgesinin jeoloji haritası .....	37
Şekil 4.8: Giresun- Vizon Bölgesinin jeoloji haritası.....	38
Şekil 4.9: Aksaray Bölgesinin jeoloji haritası.....	40
Şekil 4.10: Granitlerdeki minerallerin yüzde oranları.....	42
Şekil 4.11 (a): Granitlerin modal minerolojik bileşimine göre Q (Kuars)- A (Alkali Feldspat)- P (Plajiyoklaz) diyagramında ( Streckeisen, 1967) sınıflandırılması.....	44
Şekil 4.11 b): Granitlerin O'Connor (1965) diyagramına göre sınıflandırılması.....	44
Şekil 4.12 a): KB kodlu örneğin mikroskobik görünümü (Çift Nikol 25 X) .....	46
Şekil 4.12 b): KB kodlu örneğin mikroskobik görünümü (Tek Nikol 25 X) .....	46
Şekil 4.13: KB kodlu örneğin mikroskobik görünümü (Çift Nikol 25 X).....	47
Şekil 4.14: CS kodlu örneğin mikroskobik görünümü (Çift Nikol 25 X).....	48
Şekil 4.15: GS kodlu örneğin mikroskobik görünümü (Çift Nikol 25 X) .....	50
Şekil 4.16: AF kodlu örneğin mikroskobik görünümü (Çift Nikol 10 X) .....	51
Şekil 3.17: ER kodlu örneğin mikroskobik görünümü (Çift Nikol 25 X) .....	52
Şekil 4.18: ÇK kodlu örneğin mikroskobik görünümü (Çift Nikol 25 X).....	54
Şekil 4.19a): IB kodlu örneğin mikroskobik görünümü (Çift Nikol 25 X) .....	55
Şekil 4.19 b): IB kodlu örneğin mikroskobik görünümü (Tek Nikol 25 X) .....	56
Şekil 4.20 a): GV kodlu örneğin mikroskobik görünümü (Çift Nikol 25 X) .....	57
Şekil 4.20 b): GV kodlu örneğin mikroskobik görünümü (Tek Nikol 25 X) .....	58
Şekil 4.21 a): AY kodlu örneğin mikroskobik görünümü (Çift Nikol 10 X) .....	59
Şekil 4.21 b): AY kodlu örneğin mikroskobik görünümü (Tek Nikol 10 X) .....	60
Şekil 4.22: AS kodlu örneğin mikroskobik görünümü (Çift Nikol 25 X) .....	61
Şekil 4.23: İncelenen granitlerin SiO <sub>2</sub> içeriği.....	62
Şekil 4.24: İncelenen granitlerin içerdiği ana element oksit yüzdeleri.....	63
Şekil 4.25a):Granitlerin K <sub>2</sub> O- SiO <sub>2</sub> diyagramında sınıflandırılması.....	65
Şekil 4.25b):Granitlerin A/NK- A/CNK diyagramındaki konumları .....	65
Şekil 4.26:a) Granitlerin AFM diyagramına Irvine and Baragar, 1971 göre sınıflandırılması .....	66
Şekil 4.26: (b) Granitlerin Na <sub>2</sub> O+ K <sub>2</sub> O+ SiO <sub>2</sub> diyagramına Cox ve diğ. 1979 göre Sınıflandırılması.....	67
Şekil 6.1: KB kodlu granitlerin I. ve II. çimeto ile hazırlanan harç çubuklarının ASR sonucu boyca genişleme grafiği .....	80
Şekil 6.2: CK kodlu granitlerin I. ve II. çimeto ile hazırlanan harç çubuklarının ASR sonucu boyca genişleme grafiği .....	80
Şekil 6.3: GS kodlu granitlerin I. ve II. çimeto ile hazırlanan harç çubuklarının ASR sonucu boyca genişleme yüzdeleri .....	81
Şekil 6.4: GV kodlu granitlerin I. ve II. çimeto ile hazırlanan harç çubuklarının ASR sonucu boyca genişleme yüzdeleri .....	81
Şekil 6.5: AS kodlu granitlerin I. ve II. çimeto ile hazırlanan harç çubuklarının	

ASR sonucu boyca genişleme yüzdeleri.....	82
<b>Şekil 6.6:</b> ER kodlu granitlerin I. ve II. çimeto ile hazırlanan harç çubuklarının ASR sonucu boyca genişleme yüzdeleri .....	82
<b>Şekil 6.7:</b> AY kodlu granitlerin I. ve II. çimeto ile hazırlanan harç çubuklarının ASR sonucu boyca genişleme yüzdeleri .....	83
<b>Şekil 6.8:</b> IB kodlu granitlerin I. ve II. çimeto ile hazırlanan harç çubuklarının ASR sonucu boyca genişleme yüzdeleri .....	83
<b>Şekil 6.9:</b> CS kodlu granitlerin I. ve II. çimeto ile hazırlanan harç çubuklarının ASR sonucu boyca genişleme yüzdeleri .....	84
<b>Şekil 6.10:</b> AF kodlu granitlerin I. ve II. çimeto ile hazırlanan harç çubuklarının ASR sonucu boyca genişleme yüzdeleri.....	84
<b>Şekil 6.11:</b> Granitlerin hızlandırılmış harç çubuğu deneyi sonucu 14. gün ortalama boyca uzama yüzdeleri.....	86
<b>Şekil 6.12:</b> Granitlerin hızlandırılmış harç çubuğu deneyi sonucu 16. gün ortalama boyca uzama yüzdeleri.....	87
<b>Şekil 6.13:</b> Granitlerin hızlandırılmış harç çubuğu deneyi sonucu 28. gün ortalama boyca uzama yüzdeleri.....	88
<b>Şekil 6.14:</b> KB kodlu granitlerin SEM görüntüleri (I . çimento ile) .....	90
<b>Şekil 6.15:</b> GS kodlu granitlerin SEM görüntüleri (I . çimento ile) .....	90
<b>Şekil 6.16:</b> CK kodlu granitlerin SEM görüntüleri (I . çimento ile).....	91
<b>Şekil 6.17:</b> AF kodlu granitlerin SEM görüntüleri (I . çimento ile).....	91
<b>Şekil 6.18:</b> ER kodlu granitlerin SEM görüntüleri (I . çimento ile) .....	92
<b>Şekil 6.19:</b> IB kodlu granitlerin SEM görüntüleri (I . çimento ile) .....	92
<b>Şekil 6.20:</b> AY kodlu granitlerin SEM görüntüleri (I . çimento ile) .....	93
<b>Şekil 6.21:</b> AS kodlu granitlerin SEM görüntüleri (I . çimento ile) .....	93
<b>Şekil 6.22:</b> KB kodlu granitlerin SEM görüntüleri (II . çimento ile) .....	94
<b>Şekil 6.23:</b> CS kodlu granitlerin SEM görüntüleri (II . çimento ile) .....	94
<b>Şekil 6.24:</b> GS kodlu granitlerin SEM görüntüleri (II . çimento ile).....	94
<b>Şekil 6.25:</b> AF kodlu granitlerin SEM görüntüleri (II . çimento ile) .....	95
<b>Şekil 6.26:</b> ER kodlu granitlerin SEM görüntüleri (II . çimento ile) .....	95
<b>Şekil 6.27:</b> CK kodlu granitlerin SEM görüntüleri (II . çimento ile) .....	96
<b>Şekil 6.28:</b> IB kodlu granitlerin SEM görüntüleri (II . çimento ile).....	96
<b>Şekil 6.29:</b> GV kodlu granitlerin SEM görüntüleri (II . çimento ile) .....	97
<b>Şekil 6.30:</b> AY kodlu granitlerin SEM görüntüleri (II . çimento ile).....	97
<b>Şekil 6.31:</b> AS kodlu granitlerin SEM görüntüleri (II . çimento ile).....	97
<b>Şekil 7.1:</b> Granitler içerisindeki kuvars yüzdesi- genişleme diyagramı.....	102
<b>Şekil 7.2:</b> Granitler içerisindeki Ortoklaz yüzdesi- genişleme diyagramı.....	104
<b>Şekil 7.3:</b> Granitler içerisindeki Plajiyoklaz yüzdesi- genişleme diyagramı.....	106
<b>Şekil 7.4:</b> Granitler içerisindeki Hornblend yüzdesi- genişleme diyagramı.....	108
<b>Şekil 7.5:</b> Granitler içerisindeki Biyotit yüzdesi- genişleme diyagramı.....	110
<b>Şekil 7.6:</b> Granitler içerisindeki SiO <sub>2</sub> yüzdesi- genişleme diyagramı.....	112
<b>Şekil 7.7:</b> Granitler içerisindeki K <sub>2</sub> O yüzdesi- genişleme diyagramı.....	114
<b>Şekil 7.8:</b> Granitler Na <sub>2</sub> O yüzdesi- genişleme diyagramı.....	116
<b>Şekil 7.9:</b> Granitler içerisindeki CaO yüzdesi- genişleme diyagramı.....	117
<b>Şekil 7.10:</b> Granitler içerisindeki Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O yüzdesi- genişleme diyagramı.....	119
<b>Şekil 7.11:</b> Granitler içerisindeki Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> yüzdesi- genişleme diyagramı.....	121
<b>Şekil 7.12:</b> Granitler içerisindeki MgO yüzdesi genişleme diyagramı.....	123
<b>Şekil 7.13:</b> Granitler içerisindeki TiO <sub>2</sub> yüzdesi- genişleme diyagramı.....	124
<b>Şekil 7.14:</b> Granitler içerisindeki Rb yüzdesi- genişleme diyagramı.....	126
<b>Şekil 7.15:</b> Granitler içerisindeki Ba yüzdesi- genişleme diyagramı.....	128



## TABLO LİSTESİ

<b>Tablo 4.1:</b> İncelenen granitlerin içerdiği ana element oksit, iz element ve nadir toprak element yüzdeleri.....	64
<b>Tablo 4.2:</b> Granit örneklerinin alındığı yerler, doku, mineralojik bileşim, alterasyon ve isimlendirmeleri.....	68
<b>Tablo 6.1:</b> Hızlandırılmış harç çubuğu deneyinde kullanılan I. ve II. çimentonun kimyasal özellikleri.....	76
<b>Tablo 6.2:</b> Granit örneklerinin I. çimento ile hazırlanan harç çubuklarının ASR sonucu boyca genişleme yüzdeleri.....	77
<b>Tablo 6.3:</b> Granit örneklerinin II. çimento ile hazırlanan harç çubuklarının ASR sonucu boyca genişleme yüzdeleri.....	78
<b>Tablo 6.4:</b> Granitler ile üretilen harçların SEM görüntülerinde belirlenen özellikleri.....	98

## ÖZET

### GRANİTİK KAYAÇLARDA ALKALİ-AGREGA REAKTİVİTELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Günümüzde inşaat faaliyetlerinin hızla çoğalması, beton üretimini artırmış, bunun sonucu olarak da agrega gereksinimi artmıştır. İstanbul'da yer alan agrega kaynakları bugün için yeterli olmakla birlikte, hızla tükenmektedir. Önümüzdeki yıllarda agrega ihtiyacı ya daha uzak mesafelerden karşılanacak ya da alternatif agrega kaynakları değerlendirilecektir. Bu amaçla, alternatif agrega kaynağı olarak Türkiye'deki farklı bölgelerden elde edilen granit örnekleri kullanılmış, bu kayaçlar alkali-silis reaksiyonu açısından araştırılmıştır.

Bu çalışma kapsamında öncelikle belirlenen granit mostralarından örnekler derlenmiştir. Granitlerin petrografik, mineralojik özellikleri ve kimyasal bileşimleri; hazırlanan ince kesitler üzerinde polarizan mikroskobu ile yapılan incelemeler ve kimyasal analizler ile belirlenmiştir. Granit agregaları kullanılarak harç çubukları hazırlanmış, fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenen granitler ile hızlandırılmış harç çubuğu deneyleri yapılmış ve alkali-silis reaksiyonu açısından incelemeler yapılmıştır.

Elde edilen veriler, granitlerin beton agregası olarak kullanılması durumunda, örneklerin büyük çoğunluğunun standartlarda verilen limit değerlerin altında kaldığını göstermiştir.

## **SUMMARY**

### **THE COMPARISON OF ALKALI-AGGREGATE REACTIVITIES IN THE GRANITIC ROCKS**

In our days, proliferating activities of construction, increases concrete production, as a consequence aggregate necessity increased. The aggregate sources in Istanbul is enough today, as well as being rapid exhausted. In the next years aggregate necessity is either furnished in long distance or alternative aggregate resources appraised. For that purpose granite samples which obtained from different areas in Turkey are used for alternative aggregate sources and these rocks researched compatibility risks of alkali-aggregate reaction and their effects.

In this study, first of all samples are collected in determined granite exposures. The petrographical, mineralogical features and chemical composites of granites, are defined with chemical analysis and polarized microscope analysis which is made on the thin sections. Using granite aggregates, mortar bars prepared. Determined physical and chemical features of granite aggregates, researched for alkali-silica reaction with accelerated mortar bar experiments.

In the obtained data, when the granites used in the case of concrete aggregate the most of granites seems under the limiting values.

## 1. GİRİŞ

Yapı elemanının kalıcılığını belirleyen etkenler arasında beton bileşimini oluşturan malzemelerin fiziksel ve kimyasal yapısından kaynaklanan iç etkiler ve çevreden kaynaklanan dış etkilerden söz edilebilir. Bazı durumlarda, beton bileşimini oluşturan malzemelerin kendi aralarında veya çevreden gelen zararlı maddelerle kimyasal reaksiyonlar yapabildiği, böylece yapının ya da yapı elemanının hacim sabitliğinin bozulması nedeniyle zarar görebildiği bilinmektedir. Alkali silis reaksiyonu, alkali silikat reaksiyonu ve alkali karbonat reaksiyonu bu tür kimyasal bozunmaların nedenleri arasındadır (Baradan, Tosun, Yazıcı; 2000).

1920'li ve 1930'lu yıllarda ABD, Kaliforniya'daki beton yapılarda nedeni belirsiz çatlak oluşumlarına bağlı yıkımlar rapor edilmiştir. Beton malzemelerin standartlara uygun olmasına rağmen, yapım yılını takiben birkaç yıl içinde çatlaklar oluşmuştur. Genellikle harita çatlağı şeklinde görülen sorun bazen de çatlaklardan jel çıkışı, betonun patlaması gibi belirtiler göstermiştir. Stanton (1940) yılında çatlamanın daha sonra alkali silis reaksiyonu olarak adlandırılan bir kimyasal reaksiyonun sonucu olduğunu açıklamıştır.

Granitik kayaların alkali agrega reaktivitelerinin karşılaştırılması amaçlanarak; Balaban-Kırklareli (KB), Şeytandere-Çatalca (CS), Sancaktepe-Gebze (GS), Kestanbol-Çanakkale (CK), Fıstıklı-Armutlu (AF), Kozak-İzmir (IB), Bulancak-Giresun (GV), Erdek-Kapıdağ Yarımadası (ER), Yaylak-Aksaray (AY), Sipahi Köyü-Aksaray (AS) bölgelerinde üretilen agregaların betonda oluşturabileceği alkali-agrega reaksiyonları araştırılmıştır.

Çalışma kapsamında; granitik kayaların özellikle kimyasal, mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri incelenmiş, iki farklı çimento kullanılarak hızlandırılmış harç çubuğu deneyleri yapılmıştır. Oluşan alkali silis reaksiyonunun etkilerini incelemek amacı ile deneylerde kullanılan harç çubukları üzerinde taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelemeler yapılmıştır.

## 1.1. İNCELENEN ALANLARIN TANITIMI

Araştırmanın yapıldığı inceleme alanları; Marmara Bölgesi'nde yer alan Kırklareli-Balaban, Çatalca-Şeytandere, Gebze-Sancaktepe, Armutlu-Fıstıklı, Kapıdağ Yarımadası'nda bulunan Erdek, Çanakkale-Kestanbol, Ege Bölgesi'nde yer alan Bergama-Kozak, Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Giresun-Bulancak, İç Anadolu Bölgesi'ndeki Aksaray-Yaylak Köyü Aksaray-Sipahi Köyü Bölgelerini kapsamaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1: İncelenen granitlerin alındığı ocak yerlerini gösteren yer bulduru haritası

### **1.1.1. Coğrafya**

Tez çalışmaları sırasında Türkiye' nin 10 farklı bölgesinde bulunan granit ocaklarından alınan örnekler kullanılmıştır. Kırklareli ili Balaban Bölgesi Marmara Bölgesinin kuzey batısında, Çatalca-Şeytandere Bölgesi Marmara Bölgesinin batısında, Gebze-Sancaktepe Bölgesi İstanbul İlinin Anadolu yakasında yer alır. Armutlu- Fıstıklı Marmara Denizi'nin doğusunda Gemlik Körfezinin kuzeyinde Yalova İli'ne bağlıdır. Balıkesir ilinin ilçesi olan Erdek, Marmara Bölgesi'nin Marmara Denizi'ne doğru uzanan Kapıdağ Yarımadası'nda Erdek Körfezi'nde yer alır.

Ege Bölgesinde yer alan Çanakkale Kestanbol bölgesinin kuzeyinde Çanakkale (merkez), doğusunda Bayramiç, batısında Bozcaada ve güneyinde Ayvacık ilçeleri bulunmaktadır. İzmir- Bergama Ege Bölgesinin en batı kısmında Ege Denizi'ne kıyısı olan bir bölgedir.

Giresun İli Karadeniz bölgesinde yer alırken doğudan Trabzon ve Gümüşhane, güneydoğuda Erzincan, güney ve güneybatıda Sivas, batıda Ordu illeri ile kuzeyde de Karadeniz ile çevrilidir.

Aksaray, İç Anadolu Bölgesi'nde Niğde'nin batısında, Konya'nın doğusunda, Ankara'nın güneyinde yer alır.

### **1.1.2. Akarsu Ağı**

Marmara Bölgesinde yer alan; Kırklareli İli Balaban Bölgesinin başlıca akarsuları Ergene Nehri ve Revze Deresi'dir. Çatalca-Şeytandere Bölgesindeki başlıca akarsular; Uzun Dere, Taşlı Dere, Bağlar Dere, Maslak Dere, Fıratlı Dere, Ayvalı Dere'dir. Gebze-Sancaktepe Bölgesindeki başlıca akarsular; Yumrukaya Deresi, Karagüllü Deresi, Değirmen Deresi, Suçikan Deresi, Kurt Deresi, Özbek Deresi, Arp Deresidir. Armutlu-Fıstıklı'daki önemli akarsular; Samanlı deresi, Kocadere deresi, Karpuz dere, Samanlı deresi, Safran deresi, Balaban deresi, Elmalık deresi, Sultaniye deresi ve Kılıç deresidir. Kapıdağ Yarımadasında çok sayıda akarsu bulunmaktadır. Tümü inceleme alanında

olmayan akarsulardan batı kıyılarına dökülenler başlıca; Kavaklı Dere, Köy Dere, Katıkirman Dere, Gevede Dere ve Değirmen Dere'dir. Kuzey kıyılarından dökülenler; Değirmen Dere, Fakıdere, Şahinburgaz Dere ve Manastır Dere'dir.

Ege bölgesinde yer alan; Çanakkale Kestanbol Bölgesinde önemli sayılabilecek akarsular mevcut değildir. Yörenin en önemli akarsuyu Ezine İlçesi'nin içinden geçerek Kumkale civarında denize dökülen Menderes Çayı'dır. İzmir Bergama Kozak; İzmir ili içinde Ege Bölgesi'nin önemli akarsularından olan Gediz'in aşağı çığı ile Küçükenderes ve Bakırçay akış gösterir. Diğerleri sel karakterli küçük akarsulardır.

Karadeniz Bölgesinde yer alan; Giresun İlinin kuzey bölümünde, Giresun Dağları ile Kuzey Anadolu Dağları'nın bazı kesimlerinden doğan çok sayıda akarsu vardır. Karadenize dökülen akarsuların başlıcaları; Harşit, Gelevera ve Yağlıdere Irmağı, Aksu, Baltama, Pazar Suyudur.

İç Anadolu Bölgesinde yer alan; Aksaray; akarsular yönünden fakirdir. Aksaray'ın en önemli akarsuyu Hasan Dağından doğan ve Ihlara vadisinden geçen Melendiz çayıdır. Diğer önemli akarsuları ise Karasu ve Eşmekaya çaylardır.

### **1.1.3. İklim**

Marmara Bölgesinde yer alan; Kırklareli ili Balaban Bölgesinde genellikle kara iklimi hüküm sürer. Kışlar soğuk ve yağışlı, yazlar sıcak ve kuraktır. Çatalca Bölgesi'nde Karadeniz iklimi ile Akdeniz iklimi arasında geçiş iklimi etkindir. Yaz ayları sıcak ve kurak, kış ayları ise soğuk geçer. Gebze- Sancaktepe Bölgesinin ikliminde yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık v yağışlıdır. Armutlu Fıstıklı Yalova İline bağlıdır. Marmara Bölgesi'nin doğusunda yer alan Yalova İlinin iklimi, Akdeniz ve Karadeniz iklimleri arasında bir geçiş niteliği taşır. Yalova iklimi, kimi dönemlerde karasal iklim özelliklerini yansıtmaktadır. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve bol yağışlıdır. Kapıdağ Yarımadası ise "Akdeniz Geçiş Alanı" içerisinde yer almaktadır. Bu iklim tipinde Akdeniz ikliminden farklı olarak kışlar daha sert ve yazlar daha az kuraktır. Ege Bölgesinde yer alan; Kestanbol'da ve Çanakkale ilinde Akdeniz ve Karadeniz geçiş

iklimi özelliği görölür. İzmir Bergama Kozak'ta; yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı Akdeniz iklimi egemendir.

Karadeniz Bölgesinde yer alan; Giresun'un yer aldığı Doğu Karadeniz Bölgesi, ölkemizin en çok yağış alan bölgesidir. Ilıman iklim tipinin hakim olduğu ilde, yazlar genellikle orta sıcaklıkta, kışlar ılık geçer.

İç Anadolu Bölgesinde yer alan; Aksaray'da; karasal iklim hüküm sürer. Yazları kurak ve sıcak, kışları yağışlı ve soğuk geçer.

#### **1.1.4. Yerleşim ve Ulaşım**

Kırklareli Balaban Bölgesinde ulaşım TEM, D- 100 (E-5) ve D-020 uluslar arası yolları ve bu yolları ilçelere bağlayan devlet kara yolu ile sağlanmaktadır. Köyler ile ilçelerin ulaşımı kısmen asfalt kısmen stabilize kaplama yollar ile sağlanmaktadır. Çatalca Bölgesinde ulaşım değişik yollardan yapılabilmektedir. İstanbul'a uzaklığı 59 km. olan Çatalca'ya E-5 (D-100) ve TEM üzerinden ulaşılabilir. Demir yolu ile kentin kuzeydoğusundan geçen Sirkeci-Edirne demiryolu kullanılarak yapılmaktadır. Gebze-Sancaktepe Bölgesinde ulaşım bölgeyi kat eden İstanbul- Ankara Karayolu (E-5) ve Otoban (TEM), sahil kesiminde demiryolu ve iç kesimlere uzanan yollarla sağlanmaktadır. Gemlik'e 37 km'lik, Yalova'ya ise 55 km'lik karayolu ile bağlı olan Armutlu-Fıstıklı'nın Mudanya ve İstanbul ile ise deniz ulaşımı mevcuttur. İstanbul ve Bursa İlleri arasında köprü vazifesi görmesi sebebi ile Armutlu önemli bir yerleşim yeri olmuştur. Erdek, Kapıdağ Yarımadasının en büyük ve başlıca yerleşim yeridir. Yarımadanın güneybatı sahilinde yer alır. Deniz yolu ile İstanbul'dan Bandırma'ya, Bandırma'dan ise Erdek'e ulaşım sağlanabilmektedir. Bunun dışında İstanbul, İzmir, Bursa ve Çanakkale'den de yine düzenli olarak otobüs seferleriyle Erdek'e ulaşılabilir. Havayolu ile ise Bursa, Çanakkale, İstanbul ve İzmir üzerinden Erdek'e ulaşım mümkündür.

Kestanbol Bölgesinde Ezine'ye ulaşım Çanakkale- İzmir Devlet Karayolu vasıtası ile sağlanır. Çanakkale Ezine arası 45 km'dir. İnceleme alanında birçok tali yol bulunup bunların çoğu asfalt ve sathi kaplama yollarıdır. Bölgeye yakın köyler ise Uluköy



(Kestanbol), Firanlı (Körüktaş), Koçali, Kayacık (Çığrı), Akçakeçili, Yavaşlar, Üsküpçü, Yaylacık ve Dalyan köyleridir. İzmir-Bergama'nın Kozak İlçesi kuzeyde, Bakırçay havzasında yer alır İzmir il merkezine uzaklığı 107 km`dir.

Giresun-Bulancak; Giresun il merkezine Samsun yönünde 14 km. uzaklıkta bulunan bir sahil ilçesidir. İlin kuzeydoğusunda bulunan önemli bir merkezdir.

Niğde-Aksaray'a ulaşım 225 km uzunluğundaki Aksaray-Ankara devlet kara yolu ile sağlanır. Aksaray-Nevşehir yolları bölünmüş yol olarak hizmet vermektedir.

## **2. GENEL KISIMLAR**

### **2.1. ÇALIŞMANIN AMACI**

Betonun dayanımını artıran faktörlerin başında agrega seçimi gelmektedir. Betonun bileşenlerinden biri olan agreganın seçiminde, fiziksel ve mekanik özelliklerinin yanı sıra agreganın elde edildiği kayacın mineralojik ve petrografik özellikleri de önemli bir yer tutmaktadır. Kayacın daha masif, kompakt, yüksek dayanımlı olması, dokusal özellikleri, mineralojik bileşimi ve mineral özellikleri ile yakından ilgilidir. Kayacın bileşenlerini oluşturan minerallerin doku içerisinde birbirleri ile olan ilişkileri ve minerallerin kayaç ve beton içerisinde herhangi bir etken altında ayrılmaya ya da reaksiyona girmeye karşı gösterdiği tepki, dayanıklılığı etkileyen önemli bir parametredir.

Gelişen teknoloji ve yapılaşmanın hızla artması, bunun sonucu olarak da kaliteli beton üretiminin yaygınlaşması, beton bileşiminin yaklaşık % 75'ini oluşturan agrega niteliğinin önemini de arttırmıştır. Bu sebeple Türkiye 'de farklı alanlarda işletilmekte olan, daha masif, kompakt, yüksek dayanımlı farklı kökenli granitlerin beton üretiminde agrega olarak kullanılabilirlikleri ve alkali agrega reaktivitelerinin karşılaştırılmıştır.

Tez kapsamında, öncelikle Türkiye'deki bazı bölgeler ele alınarak; agrega rezervi olabilecek granit, metagranit, granitik gnays gibi kayaçların yüzeleildiği alanların MTA jeoloji haritaları alınmış, sadeleştirilmiş ve bu kayaçlardan temsili örnekler alınmıştır. Alınan örneklerin laboratuvar ortamında petrografik, mineralojik ve kimyasal özellikleri araştırılmıştır. Bu analizlerin yanı sıra, yapılan hızlandırılmış harç çubuğu deneyleri ile kayaçların alkali silis reaksiyonu yönünden değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca harç çubukları üzerinde alkali silis reaksiyonu etkilerini görmek amacı ile taramalı elektron mikroskobu (SEM) incelemeleri de yapılmıştır.

## 2.2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

### 2.2.1. Granitlerin Bulunduğu Bölgelerin Jeolojisi ile İlgili Çalışmalar

**Tchihatcheff (1864):** İstanbul ve çevresinde ilk ciddi ve kapsamlı jeolojik çalışmayı yapmıştır. Bakırköy civarında gösel kökenli Mactralı kireçtaşlarının varlığından söz etmiştir.

**Penck (1919):** İstanbul civarındaki Paleozoyik arazinin sınırlarını çizmiştir. Trakya serisi adını verdiği bu birimin Alt-Üst Devoniyen döneminde karasal fasiyeste çökeldiğini kabul etmiştir.

**Chaput (1931):** İstanbul ve civarının 1/25.000 ölçekli haritasını hazırlamıştır. Cebeciköy kireçtaşlarının varlığı ve stratigrafik ilişkileri nedeni ile Trakya serisinin Karbonifer yaşta olduğunu belirlemiştir.

**Pamir ve Sayar (1933):** Küçükçekmece formasyonu içerisinde buldukları omurgasızlara ait yirmi dokuz diş ve kemik fosilini tayin ederek Mactralı kireçtaşı (Bakırköy kireçtaşı üyesi) ve kemikli kum çakıllı (Çukurçeşme üyesi) Miyosen yaşlı olduğunu belirtmişlerdir. Trakya formasyonunun yaşını ise Devoniyen olarak kabul etmişlerdir.

**Paeckelman (1938):** Trakya serisinin primer derecelenme gösterdiğini ve Trakya formasyonunun denizel kökenli olduğunu belirtmiştir.

**Ketin (1946):** çalışmasında bölgenin 1/100.000 ölçekli haritasını yapmış, yarımada'daki granitoidleri incelemiş, adanın her iki yanındaki granitoidleri Doğu ve Batı plutonu olarak adlandırmıştır. Metamorfik kayaların Alt Kambriyen ya da Alt Paleozoyik yaşlı olup, içine önce batıdaki plutonun daha sonra da doğudaki plutonun Hersiniyen Orojenezi ile sintektonik olarak yerleştiğini, granitik magmanın aralarına girdiği metamorfik kayaları daha çok metamorfize ettiğini ve granitin bir miktar gnaysik yapı kazandığını belirtmiştir.

**Pamir ve Baykal (1947):** Istranca Dağları'nda yaptıkları çalışmalarında; metamorfik kayaları; gnays, fillat, kuvarsit ve mikalı şist ve mermer olarak ayrı ayrı haritalamış ve tümünün Alt Kambriyen yaşında olduğunu belirtmişlerdir.

**Erentöz (1953):** Çatalca-Şeytandere'nin de içinde bulunduğu yaklaşık 2000 km'lik bir alanda çalışmalar yapmıştır. Çalışma sonucu, bölgede bulunan kristalen şist, mermer ve fillatlardan oluşan metamorfik kayalara "Çatalca Serisi" adını vermiştir. Bu seriyi İstanbul Paleozoyik istifinin Üst Siluriyen tabakaları ile karşılaştırmış, fillat ve kuvarsitlere Alt Siluriyen yaşını vermiştir. Diğer metamorfik kayaların ise Alt Siluriyen'den daha yaşlı olduklarını savunmuştur. Üst Devoniyen-Eosen zaman aralığında hiçbir formasyonun olmadığını ve Eosen tabakalarının Alt Devoniyen ve Devoniyen üzerine transgresif olarak geldiğini tespit etmiştir. Devoniyen'den Eosen'e kadar masif çevresinin su üzerinde kaldığını ve Eosen'de transgresyona uğradığını belirtmiştir. Eosen sonundan Sarmasiyen'e kadar olan zamanda tekrar bir kara ve erozyon devri olduğunu söylemiştir. Erentöz, inceleme alanındaki resifal kireçtaşları içerisinde ilk defa Lütésiyen fosillerine rastlamıştır. Neojen'de ise sadece Miyosen birimlerinin olduğunu belirtmiştir.

**Bürküt (1966):** Kazdağı metamorfitlerinin devamı olan düşük dereceli kloritli, serisitli, grafitli mika şist serilerinin, Kestanbol Plutonunu kestiğini ve bu kayaçlarda kontakt metamorfizma geliştiğini, Tersiyer yaşlı volkanik, subvolkanik (andezit, dasit, trakit) lavların, Neojen sedimentleri ile örtüldüğünü belirtmiştir.

**Akartuna (1968):** Araştırmacı Armutlu- Fıstıklı Bölgesini ayrıntılı olarak incelemiş ve yörenin stratigrafik yapısı hakkında bilgi sunarak, bölgede bulunan granitik plutonlara daha önceki çalışmalara dayanarak Paleozoyik yaşını vermiştir.

**Brinkmann (1971):** Ezine Bölgesi'nin kuzeyden, Kuzey Anadolu bloğu ile güneyden ise İzmir- Ankara Zonu ile sınırlandığını, Mesozoyik ve Üst Tersiyer'e ait andezit örtüleri içerdiğini belirtmiştir. Araştırmacıya göre; Üst Tersiyer'deki andezit volkanizması karakteristik olup Alp Orojenezinin ürünüdür.

**Ayhan vd. (1972):** Istranca masifinin 1/100.000 ölçekli jeolojik haritasını yapmışlardır. Demirköy çevresindeki kristalize kireçtaşlarının Triyas, Dereköy-Armutveren çevresindeki kristalize kireçtaşlarının Jura yaşlı olduklarını ileri sürmüştür.

**Andaç (1973):** Kestanbol Plutonu ve civarındaki metamorfik kayaları çalışmış, bunları hornblend-biyotitli şist, kalkerli muskovit şist, kristallenmiş kalker olarak ayırtlamıştır. “Ezine Siyenit Masifi” olarak nitelediği plutonun homojen bir litolojiye sahip olmadığını, kuvarslı siyenit, monzonit, monzodiyorit gibi kayaç türlerini içerdiğini ve birbirleriyle geçiş gösterdiklerini tespit etmiştir. Ayrıca Kestanbol Plutonunun sahil kumlarında radyoaktif ve ağır mineral incelemesi yapmıştır.

**Ayhan vd. (1973):** Istranca Masifinin jeolojisini inceledikleri çalışmada; en eski birim olarak kendi içlerinde kimyasal bileşim ve mineral iriliği yönünden gnaysları ayırmışlardır. Bunları alttan üste doğru, Albit granitik gnays, Albit granit-Albit granodiyoritik gnays ve Albit granodiyoritik gnays olarak üçe ayırarak adlandırmışlar ve bunların kesin bir sınırının olmadığını vurgulamışlardır. Gnaysların üzerine diskordan olarak gelen şist serisini üç grupta inceleyen araştırmacılar, bunların alttan itibaren; 1) Kuvars-feldspat-biyotit-muskovit-serisit ve hornblentli şistler 2) Killi-talklı, grafit şistler ve fillatlar 3) Metamorfik kireçtaşları (mermerler) ve benekli siyah şistler şeklinde adlandırmışlardır. Bu şistlerin ve mermerlerin hepsi birbirine geçişli olup, bunların üzerine yine geçişli olarak gelen alt seviyeleri kalkışist, üste doğru yer yer masif kireçtaşı halinde devam eden karbonatlar, serinin sonunu oluşturmaktadır.

**Aydın (1974):** Istranca Masifinin petrografik incelemesinde en yaşlı birim olarak “Amfibol şistler” olarak adlandırdığı şistleri görmektedir. Bunları pembe renkli, mikroklinli “Kırklareli Metagraniti”nin kestiğini ve anklavlar halinde içine aldığını belirtmektedir. Yaptığı radyometrik yaş tayinine göre; Metagranitlerin Hersiniyen Orojenezine bağlı olarak yerleştiğini, elde ettiği değer ise 245 my olduğunu ifade etmiştir. Amfibolit şist ve metagranitlerin üzerine bu birimlerin çakıllarını içeren ve bir konglomera ile başlayan fillitlerin geldiğini ve bu birimin metagranit çakılları içerdiğinden Permiyen'den genç olması gerektiğini, üstüne diskordansla gelen Kapaklı formasyonunun Jura yaşında olması gerektiğini söylemiştir. Yazar, bu birimleri kesen

gabro-diyorit-monzonit-siyenit sokulumlarının kontakt metamorfizma oluşturduğunu da vurgulamaktadır.

**Boncev (1974):** Istranca Masifinin nötr-asidik kayaçlar içerdiğini, Subhersiniyen magmatik yay graniyotidlerince simgelenen bu kayaçların, tüm Mesozoyik ve Senozoyik boyunca Tetis'in kuzey kolunun aktif kıta kenarı olan Karpat-Balkan-Pontid kuşağının Srednogorie- Istranca zonu içinde yer aldığını belirtmiştir. Ayrıca çalışmasında, Istranca Masifinin, Türkiye Tektonik Birliklerinden birini oluşturan Pontidlerin KB ucunda Doğu Rodop ve Srednogorie yapısal- metalojenik zonlarının Türkiye uzantısı içinde yer aldığını belirtmiştir.

**Boyardjiev (1974), Milev ve Bogdanov (1974), Boccaletti vd. (1978), Gocev (1979):** Yaptıkları çalışmalarla Rodop masifinin, Prekambriyen yaşlı temel kristalin; bunları örten Paleozoyik - Mezozoyik yaşlı epimetamorfik kayaçlar ve bunlar içine sokulan Laramiyen yaşlı granodiyoritlerden oluştuğu ortaya koymuşlardır.

**Yılmaz (1976):** Çalışmasında jeokronometrik yöntemle Sancaktepe granit masifinin mutlak yaşı ile jeolojik, petrografik ve jeokimyasal veriler ile kökenini saptamıştır. Rb-Sr izokron yöntemi ile granitin yaşını  $255 \pm 5$  milyon yıl bulmuştur. Granitten ayrılan biyotitler üzerinde uyguladığı K-A yöntemiyle yaptığı ölçümler ise 254 milyon yıl yaşını vermiştir. Bu iki yöntemle vardığı sonuç benzerliği granitin bir tek zamanda, Saksoniyen'de (Permien) post orojenik olarak yerleştiğini ortaya koymaktadır.

**Fytlkas vd. (1976-1979):** Kuzeybatı Anadolu ve Ege Adalarındaki volkanizmanın özellikleri ve gelişimi üzerine birçok araştırma yapan yazarlar, Kestanbol Plutonunun yaşını  $28 \pm 0.88$  my. olarak belirlemişlerdir.

**Boccaletti vd. (1978):** çalışmalarında Demirköy plutonunun Sredna Gora zonunda Üst Kretase yaşlı potasyumca zengin kalkalkalen volkanikler ve bunlarla ara katkılı tortul kayaçlar bulunmakta olduğunu tespit etmişlerdir.

**Aykol (1979):** Istranca masifinin Demirköy sokulum kayaçlarının jeokimyasal olarak incelemiştir.

**Moore vd. (1979):** Jeokronolojik çalışmalarla Istranca Masifindeki sokulum kayaçların yaşını 80 milyon yıl olarak bulmuşlardır.

**Yalçınlar (1979):** Demirköy - Balaban çevresinde 1952 yılında bulunduğu fosillere dayanarak, örtü kayaçlarının çoğunun Paleozoyik, Dereköy çevresindeki kireçtaşlarının ise Jura yaşlı olduklarını belirtmiştir.

**Öztunalı ve Üşümezsoy (1981):** Istranca Masifi'nin çekirdeğini oluşturan K-feldspat megakristalleri içeren biyotitli granit görünümlü kayaç ile; açık renkli kuvars, muskovit ve plajiyoklastan oluşan milonitik kayaçların ilişkilerini ve petrojenetik evrimlerini ortaya koymak amacı ile bir çalışma yapmışlardır. Yazarlara göre, Istranca Masifinde söz konusu çekirdek üzerine Triyas, Jura yaşlı meta çökellerden oluşan örtü metamorfikleri gelmektedir. Metaçökel kayaçları; kuvarsit-arkoz-şeyl ve kireçtaşlarının metamorfizma geçirmesiyle oluşan kuvars, mikaşist, fillit ve kristalize kireçtaşı-mermerlerden oluşmaktadır.

**Taner (1981):** Istranca Masifindeki Sokulum kayaçlarının; yayılımlarına göre sırasıyla granodiyorit, monzodiyorit, hiperstenli monzonit ile yer yer izlenen mikrogranodiyorit porfir, lamprofir, ve aplit dayklarından oluşmakta olduğunu, en iyi şekilde Şükrüpaşa ve çevresinde incelendiğini belirtmiştir.

**Üşümezsoy (1982):** "Istranca Masifinin Petrojenik Evrimi" isimli doktora çalışmasında Istranca Masifi'ni; Kırklareli Grubu (kıtasal temel), Istranca Grubu (kıta kenarı metamorfizma kuşağı), Istranca Batoliti olmak üzere üç ana grupta incelemiştir. Yazar, Kırklareli Grubu'nu Triyas öncesi yaşlı Kurudere Tronjemiti ve Kırklareli Graniti olarak ele almış, Istranca Grubu'nu Triyas-Jura yaşlı olarak Elmacık formasyonu, Koruköy formasyonu, Demirköy formasyonu ve Dereköy formasyonu olarak ayırtlamıştır. Bu formasyonların içerisinde de sintektonik olarak Sivrililer Tonaliti ile posttektonik olarak İkiztepeliler Granit'inin Jura sonunda geliştiğini belirtmiştir. Üst Jura'da da bütün grup

deformasyon geçirerek metamorfizmaya uğramıştır. Araştırmacı Istranca Batolit'ine Üst Kretase-Paleosen olarak yaş vermiş ve bu grubun üç farklı kristalizasyon gelişimi gösteren Demirköy, Dereköy ve Karacadağ plütonitlerinden oluştuğunu ve eş magmasal kökenli subvolkanik, sığ plütonik sokulumlar tarafından kesildiğini ve örtüldüğünü belirtmiştir.

**Aydın (1982):** Doçentlik tezinde, Istranca masifini incelemiş ve masifi oluşturan temel kayalarının Paleozoyik- Triyas-Jura yaşlı metamorfikler ile bunları kesen granitik kayalar olduğunu saptamıştır.

**Taner ve Çağatay (1983):** Sokulum kayaçları üzerinde Moore ve diğerleri (1979) tarafından K/Ar yöntemi ile yapılan jeokronolojik yaş tayinleri; Demirköy çevresi için 78.3-79.1 milyon yıl değerlerini vermiştir. Elde edilen sonuçlar sokulum kayaçlarının Laramiyen'de yerleştiklerini göstermektedir. Çalışmalarında yaptıkları arazi gözlemleri ile bunların sığ sokulum özelliğinde olduğunu vurgulamışlardır.

**Umut vd. (1983-1984):** Trakya Bölgesi Tersiyer havzasının 1983 yılında güneyini; 1984 yılında ise kuzeyini incelemişlerdir. Her iki çalışmada da Paleozoyik'i, Permiyen ve daha öncesi yaşlı gnaysik granit-granitik gnays ve milonitik gnays olarak ele alan araştırmacılar, Mesozoyik'i Kuvarsitler-Şistler-Mermerler ve Kalkşistler-Meta kumtaşları olarak ayırtlamışlar ve Triyas yaşını vermişlerdir.

**Gözler vd. (1984):** Kestanbol Plutonunun monzonit, kuvarslı monzonit, granodiyorit bileşimli olduğunu ve çevre metamorfik kayaları keserek kontakt metamorfizmaya uğrattığını belirtmişlerdir. Miyosen yaşlı volkaniklerle örtülen plutonun yaşının Üst Kretase- Miyosen aralığında olduğunu ileri sürmüşlerdir.

**Göncüoğlu vd. (1986):** Araştırmacılara göre; Armutlu Yarımadasında Üst Kretase öncesinde bir araya gelmiş İznik metamorfikleri ve Pamukova metamorfik birimi olarak adlandırılan iki büyük tektostratigrafik birim yer almaktadır. Pamukova metamorfik



biriminin en alt bölümünde İstanbul biriminin Prekambriyen temeli ile denestirilen metabaziklere, metakırıntılılara ve bunları kesen granodiyoritlere değinmişlerdir.

**Kasar (1987):** “Edirne- Kırklareli- Saray (Kuzey Trakya) Bölgesinin Jeolojisi” adlı çalışmasında, Trakya havzasının kuzey şelfinin stratigrafik ve ortamsal yorumuna yeni bir yaklaşım getirmiştir.

**Yılmaz vd. (1990 ve 1995):** Armutlu metamorfik topluluğunun taban kısımlarını nispeten yüksek dereceli metamorfik kayaçların oluşturduğunu, daha sonra bunların metamorfik birimler tarafından örtüldüğünü belirtmişlerdir.

**Birkle (1992):** Kestanbol- Karaköy Plutonları ve bu plutonların çevresinde yer alan genç volkaniklerin bir kesiminde jeokimya, izotop ve detay haritalama çalışmaları yapmıştır.

**Birkle ve Satır (1992):** Kestanbol Plutonunun, yaşlı kabuk kayalarını manto malzemesinin kesmesi sonucunda ayrılaşmasıyla Karaköy Plutonunun oluştuğunu belirtmişlerdir. Volkaniklerin gelişimini ise kabuğun incelmeye ve yay ardı açılma ile açıklamışlardır.

**Aksoy (1995):** Kapıdağ Yarımadası ve Marmara Adasını kapsayan çalışmasında bölgedeki granitleri Ocaklar ve Çeltikli Granitleri olarak tanımlamış ve bunların Alpin Orojenezi sırasında yerleştiğini belirtmiştir.

**Karacık (1995):** Biga Yarımadası batı kesiminde yaptığı çalışmada metamorfik kayaçları formasyon bazında ayırtlamıştır. Kestanbol Plutonu çevresindeki volkanik kayaçları daha detaylı çalışmış bunları da formasyon ve üyelerine ayırarak ayrıntılı olarak incelemiştir.

**Şen vd. (1998):** Küçükçekmece-Çatalca dolayında, Trakya Havzası doğusunun jeolojisi üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Trakya Havzasının doğusunda yer alan

Küçükçekmece-Çatalca ve Selimpaşa arasındaki bölgenin, sözü edilen havzanın doğusunun özelliklerinin belirlenmesi ve havzanın gelişiminin daha iyi anlaşılabilmesi için önemli bir konuma sahip olduğu belirtilmiştir.

### 2.2.2. Araştırma Konusu ile İlgili Çalışmalar

**Ramsay, Dhir ve Spencer (1974):** Farklı kökenli malzemelerden üretilen kırmataşlar üzerinde yaptıkları araştırmalarında; kayaçların petrografik özellikleri ile bunlardan elde edilen kırmataşların şeklinin agrega kırılma ve darbe dayanımlarını önemli oranda etkilediğini belirlenmişlerdir.

**Fookes (1991):** Ayrışmanın kayaların agrega olarak kullanılma özelliklerini önemli oranda etkilediğini belirtmiştir. Çalışmaya göre, kayaların mühendislik özellikleri ile agrega darbe dayanımları, agrega olma niteliklerini belirleyici önemli parametrelerdir.

**Edet (1992):** Çalışmasında kayaların agrega olarak kullanım özelliklerini fiziksel özellikleri ile bünyesindeki mikro çatlakların kontrol ettiğini vurgulayarak, özellikle patlatma ile üretilen agregalarda bu duruma dikkat edilmesi gerektiğini vurgulamıştır.

**Vallius (1993):** Rapakivi granitlerinin asfalt malzemesi olarak kullanılabilirliği üzerine çalışmalar yapmıştır. Granitlerin, asfalt agregası olarak değerlendirilmesi yönünde yaptığı incelemeler sonucunda farklı fasiyelerdeki granitlerin birbirleri ile olan ilişkilerini belirtmek için korelasyon yapmıştır. Belirlenen ilişkiler neticesinde granitleri fasiyes özelliklerine bağlı olarak kullanım alanlarına göre sınıflamıştır.

**Akpokodje ve Hudec (1994):** Granit, gnays ve kumtaşı üzerine yapılan çalışmada bu kayaçların minerolojik ve fabrik özelliklerinin yanı sıra ayrışma ürünlerinin mühendislik özellikleri ile agrega olma özelliklerine etkisini ortaya koymuşlardır.

**İrfan (1994):** Granitik kayalardan elde edilen kırmataşlar üzerinde yaptığı çalışmalarda, granitlerin petrografik özellikleri ile fiziko mekanik özelliklerinin agrega özelliklerini önemli ölçüde etkilediğini vurgulamıştır.

**Grattan-Bellew, Beaudoin ve Vallee (1998):** Yaptıkları çalışmada agreganın bileşimi ve tane boyunun harç çubuğunda büyümeye etkisini incelemişlerdir. Gecikmeli etrenjit oluşumunu ve büyümeyi incelemek amacı ile bazalt, dolomit, granit, kireçtaşı, silisli kalker ve saf kuvars kullanarak harç çubukları hazırlanmış ve ateş kürü uygulanmıştır. Örnekler ateş küründen sonra 59 gün kireçli suda bekletildikten sonra uzunluk değişimleri gözlenmiştir. Sonuçta sadece kuvars agregası olan harç çubuğunda belirli bir büyüme gözlenmiştir. Büyüme kuvars agregasının tane boyu ile ters orantılı olarak bulunmuştur. Bununla birlikte harç çubuğundaki etrenjit oluşumu büyüme oranı ile doğru orantılıdır.

**Amaral, Guerra Rosa ve Cruz Fernandes (1999):** Yapı malzemesi olarak kullanılan granitik kayaların sertliklerinin Schmidt çekici ile belirlenmesi ve elde edilen değerlerin kayacın diğer özellikleri ile ilişkilerini araştırmak üzere yeni bir yöntem geliştirmişlerdir. Yapısal heterojenliğin aynı örnek üzerinde farklı değerler elde edilmesinin sebebi olmasının yanı sıra çatlakların, yüzey pürüzlülüğü ve örnek boyutlarının da sertlik değerlerinin değişmesine neden olduğunu belirtmiştir. Elde edilen sonuçların normal bir dağılım gösterdiğini ve bunun istatistiksel çalışmaları kolaylaştırıcı bir etken olduğunu ifade etmişlerdir.

**Papadakis (1999):** Çalışmasında betonda silis tozunun etkisini incelemiştir. Portland çimentosunda ya da agrega ile birlikte katkı maddesi olarak silis tozu kullanarak, bir dizi deney ile dayanım, porozite, bağıl su ve kalsiyum hidroksit doygunluğu için ölçümler geliştirilmiştir. Silis tozu katkısı kontrol karışımında dayanımı yükseltmiştir. Bununla birlikte bağıl su doygunluğu ve porozite kontrol karışımında değiştirilen agregalara rağmen sonuçta benzer sonuçlar vermiştir.

**Tuğrul ve Zarif (1999):** Türkiye'deki bazı granitlerin mühendislik özellikleri ile mineralojik ve dokusal özelliklerinin korelasyonu başlıklı çalışmalarında; Ortalama mineral boyutunun ve mineralojik bileşimin kayacın dayanımı üzerinde ana etkenler olduğunu belirterek özellikle kuvars ve feldspat miktarının ve minerallerin kenetlenme derecelerinin mekanik özelliklerle iyi bir istatistiksel ilişki gösterdiğini tespit etmişlerdir.

**Wakizaka (1999):** Çalışmasında Japonya'daki kayalar üzerinde alkali silis reaksiyonunun etkilerini incelemiştir. Kimyasal analizler ile farklı kayaç tiplerinde alkali silis reaksiyonu sonucu açığa çıkabilecek bileşenleri ve alkali silis reaksiyonunu kontrol eden mineralojik ve kimyasal faktörleri incelemiştir.

**Yang, Lawrence, Lynsdale ve Sharp (1999):** Çalışmalarında ateş kürüne tabi tutulmuş Portland çimentosunda gecikmiş etrenjit oluşumunu incelemiştir. Sonuçlar X-ray mikro analizi ile elde edilmiş, etrenjit sebebi ile oluşabilecek potansiyel büyüme harçta görülmüştür. Geri saçılmış elektron görüntüleme ile mikro çatlak özellikleri araştırıldığında; büyümenin nedeni köken ve etrenjit bantlarının genişlemesi olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte çimento pastasındaki homojen büyümeyi açıklayacak alternatif bir mekanizma olduğuna dair bir kanıt bulunamamıştır.

**Boddy, Hooton ve Thomas (2000):** Çeşitli alternatif silis tozları; bileşkeleri, yoğunlukları, konsantrasyonları, gelişim koşulları, kullanım koşulları ve elde edilmiş özellikleri bakımından benzerlikler gösterirler. Bununla birlikte az sayıda bulunan veriler betonda benzer performans olduğunu göstermiştir. Silis tozu formlarının bu etkileri alkali silis reaksiyonu büyüme dayanımı araştırmalarında; beton büyüme prizması, harç çubuğunda genişleme ve pasta gözenek çözelti analizi araştırmalarında kullanılmıştır.

**Wakizaka, (2000):** Japonya'daki kayaların alkali silis reaktivitesi adlı çalışmasında; kayaların, alkali-silis reaksiyonunu belirlemek yönünde çalışmalar yapmıştır. Çalışmalar sonucunda, reaksiyon oluşturan agregalar arasında, andezit, riyolit, tuf, dasit, bazalt, şeyl, çört ve bazı kumtaşlarının olduğunu göstermiştir. Volkanik kayalardaki reaksiyonu kristobalit, tridimit ve volkanik cam, sedimenter ve metamorfik kayalardaki reaksiyonu ise kristalizasyon ve kuvars içeriğinin kontrol ettiğini belirlemiştir.

**Akesson, Lindoovist, Göransson ve Stigh (2001):** Çalışmalarında kayacı oluşturan minerallerin dokusal özellikleri ile mekanik özellikleri arasındaki ilişkileri araştırmış, granitik kayalarda mineral tane çapının ve dolayısı ile spesifik yüzeyinin aşınma ve kırılabilirlik ile yakından ilişkili olduğunu daha büyük çaplı minerallere sahip kayaçların aşınma ve kırılabilirliğe karşı daha dayanıklı olduğunu belirtmişlerdir.

**Prince, Castanier ve Giafferi (2001):** “Kayalardaki Doğal Alterasyon ile Alkali Agregada Reaksiyonu Arasındaki Benzerlik” adlı makalelerinde kayaçların doğal alterasyonunu etkileyen mekanizmanın alkali agregada reaksiyonuna sebep olabileceği açıklanmaya çalışılmıştır.

**Rodrigues, Monteiro ve Sposito (2001):** Çalışmalarında katyonların tek değerli ya da çift değerli olmasının alkali silis reaksiyonu açısından etkilerini incelemişlerdir. Çalışmaya göre; alkali silis reaksiyonunda büyüme derecesi jeldeki katyonların değerliklerine ve alkali silis reaksiyon jeli konsantrasyonunda bulunan katyonlara bağlıdır.

**Shomglin, Monterio ve Harvey, (2001):** Bu çalışmada; hızlandırılmış laboratuvar testleri ile yüksek erken dayanımlı beton için alkali agregada reaksiyon deneyleri yapılmıştır. Laboratuvar çalışmaları belirli tipteki agregalarda zararlı genişlemeye neden olan alkali silis reaksiyonları görülebilmektedir. Bu sebeple yeni yapılan projeler ve üretilen betonlarda kalıcılığı sağlamak amacıyla bu tür hassas agregaların ve çimentoların araştırılmasına ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir.

**Marzouk ve Langdon (2003):** Alkali Agregada Reaktivitesinin Normal ve Yüksek Dayanımlı Betonun Mekanik Özelliklerine Etkisi adlı çalışmalarında yaptıkları incelemede reaktif agregada ile bir dereceye kadar reaktif agregada (hızlandırılmış harç çubuğu ve petrografik çalışmalar ile tanımlanmış) kullanılarak normal ve yüksek dayanımlı betonlar hazırlanmıştır. Başlangıçta 28 günlük kür periyodundan sonra örnekler aynı derecede eşit olarak sodyumhidroksit çözeltisine ve 80°C’de iyonize su içerisine 12 haftalık bir periyotta batırılmıştır. Deney sonucunda sodyumhidroksite maruz kalmış normal dayanımlı betonlardan yüksek oranda reaktif agregada içeren beton mekanik özelliklerini daha az reaktif agregada içeren betona göre daha fazla kaybetmiştir. Yüksek dayanımlı betonlarda ise yüksek oranda reaktif agregada içermesine rağmen örnek minimum oranda mekanik özellik kaybına uğramıştır. Bu durum yüksek dayanımlı betonun geliştirilmiş mikro yapı ve azalan permeabiliteden dolayı ikincil kalsiyum silikat hidrat dolayısı ile oluşan puzzolanik reaksiyonun meydana gelmesi olarak açıklanmıştır. Buradaki amaç, alkali agregada reaksiyonunun farklı dayanım koşullarına sahip betonun üzerindeki mekanik özelliklerine etkisini incelemektir.

**Torii, Tomotake, Osafo ve Echigo (2003):** Japonya’da iki yeni tip hidrolik çimento yüksek erken dayanımlı (HEC) ve normal dayanımlı (NEC) % 50’ye varan ham malzeme ile yakma fırını küllerini kullanarak geliştirilmiştir. Burada bu çimentolarla uygun çeşitli tipteki reaktif agregalarla alkali silis reaksiyonu ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Sıradan Portland çimentosu ve yüksek fırın cürufu çimentosu kullanılarak karşılaştırılmalı çalışılmıştır. Hızlandırılmış harç çubuğu büyüme testi JIS A1146 ve Danimarka metodu ile çimentoya hakim olan ve harç yapımını etkileyen büyüme davranışı açıklanmaya çalışılmıştır. Çimentodaki baskın minerolojik ve kimyasal bileşim, agregadaki reaktif bileşen miktarı, alkali silis reaksiyon jeli ve harçdaki büyüme değerleri araştırılmıştır. Sonuçta büyümeyle ilgili alkali silis reaksiyon jeli ve çimentodaki mineral bileşimi ile agregadaki reaktif bileşenlerine önemli ölçüde bağlı olduğu tespit edilmiştir.

**Binal (2004):** Pesimum reaktif agrega içeriğinin alkali silika reaksiyonuna etkisinin deneysel yöntemlerle araştırılması adlı çalışmada; harç veya beton için kullanılan agregaların amorf silis içeriği alkali silika reaksiyonu nedeni ile meydana gelen hacimsel genişleme miktarını etkilemektedir. Beton yapımı sırasında kullanılan agrega içinde reaktif agreganın oranının bilinmesi, dış kaynaklardan gelecek alkaliler ile sonradan meydana gelebilecek hasarların tahmin edilmesine fayda sağlayacaktır. Yapılan çalışmada harçta en fazla genişlemeye neden olan ve literatürde “pesimum oranı” olarak adlandırılan tüm agrega içindeki reaktif agrega oranı araştırılmış ve çeşitli deneyler yapılarak sonuçlar birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Petrografik çalışmaları tamamlanan mekanik ve fiziksel özellikleri belirlenen beş farklı reaktif agreganın alkali reaktiviteleri jel pastası (Jet-Pat) ve kimyasal yöntem ile saptanarak reaktif agregalar farklı oranlarda tüm agrega içine katılarak harç çubukları hazırlanmış ve harç çubuğu deneyleri yapılmış ve pesimum reaktif agrega oranı belirlenmiştir.

**Fernandes, Noronha ve Teles (2004):** Çalışmalarında beton yapısının bozunmasına neden olan faktörleri incelemiş ve yavaş bir bozunmaya neden olan alkali agrega reaksiyonunun tespit etmişlerdir. Reaksiyona neden olan kimyasal reaksiyonları ve bu reaksiyonlara neden olan agrega içindeki bileşenleri incelemişlerdir.

**Arslan ve Çullu (2006):** “Ankara Yöresindeki bazı agrega ocaklarının alkali silika reaktivitesi açısından incelenmesi” isimli çalışmada Ankara Yöresindeki bazı agrega ocaklarında alkali silis reaktivitesine ilişkin özellikleri belirlemek amacı ile alınan örnekler üzerinde ASTM C 289 kimyasal metod, ASTM C 1260 hızlandırılmış ve ASTM C 227 uzun süreli harç çubuğu deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Alınan agrega örneklerinin deney sonuçlarına göre; genleşme katsayıları incelenmiş ve üzerinde inceleme yapılan tüm agregaların alkali silika reaksiyonu açısından reaktif olmadıkları görülmüştür.

**Lu vd. (2006):** Çalışmalarında; Çin’de yapılan bir baraj da kullanılan betonun içeriğini oluşturan gnays, feldspat ve graniti oluşturan minerallerin yapılan laboratuvar deney metodları ile alkali silis reaksiyonuna sebep olabilirliliği ve agregada kullanılan potansiyel alkali katkıların alkali silis reaksiyonuna etkileri incelenmiştir. Yapılan deneyler sonucunda; yüksek sıcaklıkta ve ince taneler söz konusu olduğunda, alkalilerin daha geniş ve daha hızlı serbest kaldığını, saf su ve aşırı doygun  $\text{Ca(OH)}_2$ ’ye maruz kaldığında feldispatların gnays ve granite göre daha güçlü alterasyona uğradığını, üç tip kaya da test edildiğinde en geniş etki gnaysta görülürken, en az ve benzer etkinin granit ve feldispatta görüldüğünü ifade etmişlerdir.

**Aköz ve Çakır (2008):** “Alkali agrega reaksiyonunun betonda neden olduğu hasarların deneysel olarak araştırılması”; başlıklı çalışmalarında; hacim artışı nedeniyle betonda zaman içinde çatlak oluşumu ve hasara yol açan alkali agrega reaksiyonu, silis, kalker ve andezit esaslı üç farklı agrega için farklı alkali içerikleri ile uzun süreli ve hızlandırılmış deneyler ile araştırılmıştır. Deneyler sonucunda çimento ile farklı yüzde oranlarında kullanılan yüksek fırın cürufu kullanılmasının alkali agrega reaksiyonu nedeniyle oluşan genleşme ve buna bağlı çatlak oluşumunu önemli ölçüde azalttığı görülmüştür. Yüksek fırın cürufunun çimentodan daha ince taneli olması ve puzolonik aktiviteye sahip olması harcın boşluk oranını ve geçirimliliğini azaltarak alkali silis reaksiyonu sonucu oluşan jelin neden olduğu genleşmeyi azaltmıştır.

**Binal (2008):** Çalışmasında alkali silis reaksiyonunun oluşması için çimentonun bileşenlerinden olan agrega içerisinde kimyasal reaksiyon meydana getirecek reaktif silis bulunması gerektiğini belirtmiştir. Alkali silis jeli yüksek oranda şişmeye ve iç

basıncın artmasına sebep olması dolayısı ile beton üzerinde zararlı etkilere sahip olduğunu ifade etmiştir.

**Davraz ve Gündüz (2008):** “Doğal amorf silikanın alkali silika reaksiyonu gelişimine etkisi” adlı çalışmalarında sürekli beton tasarımında önemli bir kaygı unsuru olan alkali silis reaksiyonu ile oluşan kılcal damarlar nedeniyle beton geçirgenliğinin artması, dayanımın düşmesi ve ekonomik kullanım ömrünün azalmasına sebep olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışma ile doğal (mikronize) amorf silika kullanılarak reaktif agregalı betonlarda gelişebilecek zararların önlenebilirliği araştırılmış, amorf-silikanın mühendislik özellikleri, diğer mühendislik katkıları ile kıyaslanmıştır. Beton dışında betonda alkali silis reaksiyonu çıkarmak için uygulanabilir deney yöntemleri, önemli özellikleri ve farklılıkları çizelgelerde özetle verilmiştir.



### **3. MALZEME VE YÖNTEM**

Araştırma kapsamında arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları yapılmıştır. Yapılan araştırmalar ile ilgili detay bilgiler aşağıda sırasıyla sunulmuştur.

#### **3.1. BÜRO ÇALIŞMALARI**

2007 yılı bahar dönemi itibariyle araştırma konusu olan alkali agrega reaksiyonu ile ilgili literatür çalışmalarına başlanmıştır. Literatür çalışmalarından ve seçilecek arazilerin tespitinden sonra arazi çalışmalarına başlanmıştır. Büro ve arazi çalışmalarını daha sonra laboratuvar ve önceki çalışmalardan elde edilen verilerin ilgili standartlara uygun olarak değerlendirilmesi izlemiştir. Yapılan tüm bu değerlendirmelerden sonra farklı bölgelerden alınan granit örneklerinin betonda alkali silis reaksiyonu yönünden incelenmesi ve karşılaştırılması yapılmıştır.

#### **3.2. ARAZİ ÇALIŞMALARI**

Arazi çalışmalarına öncelikle Trakya Bölgesi'ndeki granit oluşumlarının gözlemlendiği alanların araştırılması ile başlanmıştır. Trakya Bölgesindeki granitlerin yanı sıra alkali agrega reaksiyonunu incelemek amacı ile Türkiye'nin çeşitli bölgelerinden granit örnekleri alınmıştır. Araştırma kapsamında, Kırklareli İli içerisindeki Balaban Bölgesi, Çatalca-Şeytandere Bölgesi, Gebze- Sancaktepe Bölgesi, Çanakkale-Kestanbol Bölgesi, Armutlu- Fıstıklı Bölgesi, İzmir-Bergama-Kozak, Giresun- Bulancak Bölgesi, Kapıdağ Yarımadası-Erdek, Aksaray İli Yaylak ve Sipahi Bölgelerinden granit örnekleri alınmıştır. Öncelikle, her bir inceleme alanı için literatürden yararlanılarak örnekleme yerlerini kapsayan jeolojik haritalar hazırlanmıştır ve örnek alınan yerler işaretlenmiştir.

### 3.3. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

Agrega olarak kullanılan granitlerin mineralojik ve petrografik özellikleri, agreganın dayanımını etkilediği için bu özelliklerinin bilinmeleri son derece önemlidir. Alkali-agrega reaksiyonu açısından agrega da bulunan reaktif minerallerin tespit edilmesi reaksiyonun oluşumunu ve gelişimini incelemek açısından önemlidir. Bu nedenle derlenen granit örneklerinin makro özellikleri tanımlanmış ve mikro özelliklerinin belirlenmesi amacı ile ince kesitler hazırlanmıştır. İnce kesitlerin, polarizan mikroskopta incelenmesi sonucunda granitlerin mineralojik ve petrografik özellikleri ortaya konmuştur.

Arazi çalışmaları sırasında, standartlara uygun olarak alınan temsili örnekler üzerinde yapılacak olan alkali agregası reaksiyonu deneyleri için laboratuvarında standartlara uygun numuneler hazırlanmıştır. Daha sonra, mineralojik-petrografik-jeokimyasal özelliklerin ve alkali agregası reaksiyonuna neden olan zararlı bileşenlerin araştırması yapılmıştır. Son olarak numunelerden elde edilen agregalar kullanılarak harç çubukları hazırlanmış ve bunlar üzerinde hızlandırılmış harç çubuğu deneyleri yapılmıştır.

Deneyler sonucunda elde edilen verilere göre; granitlerin alkali agregası reaktivitesi araştırılmıştır. Laboratuvar çalışmaları kapsamında yapılan tüm çalışmalara aşağıda ayrıntılı olarak değinilmiştir. Örnekler öncelikle polarizan mikroskopta incelenmiştir. Böylelikle granitlerin, mineralojik ve petrografik özellikleri incelenmiştir.

Araştırma konusunu oluşturan farklı granitlerin kimyasal bileşim değişimlerini belirlemek için kimyasal analizler Acme Analytical Laboratories Ltd-ACME Canada araştırma merkezinde yapılmıştır. Kimyasal analizler kapsamında granitler içerisindeki ana, iz element oksitlerin ve nadir toprak elementlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Farklı bölgelerden alınan granit örnekleri ASTM C 1260 Standardına göre hızlandırılmış harç çubuğu deneyine tabi tutulmuştur. Bu deneyde granitlerin her biri standartta belirtilen boyutlarda ve yüzdelerde çeneli kırıcıda kırılıp elekte elendikten sonra iki farklı çimento ile harç çubukları hazırlanmıştır. Bu sayede her bir granitin alkali silis reaktivliğinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Deneyler İstanbul Üniversitesi

Jeoloji Mühendisliği Bölümü Doğal Yapı Malzemeleri Laboratuvarında yapılmıştır. Harç çubuğu deneylerinde kullanılan örnekler üzerindeki alkali silis reaksiyonu etkilerini gözlemek amacıyla yapılan taramalı elektron mikroskobu (SEM) incelemeleri ise İstanbul Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümünde yapılmıştır.

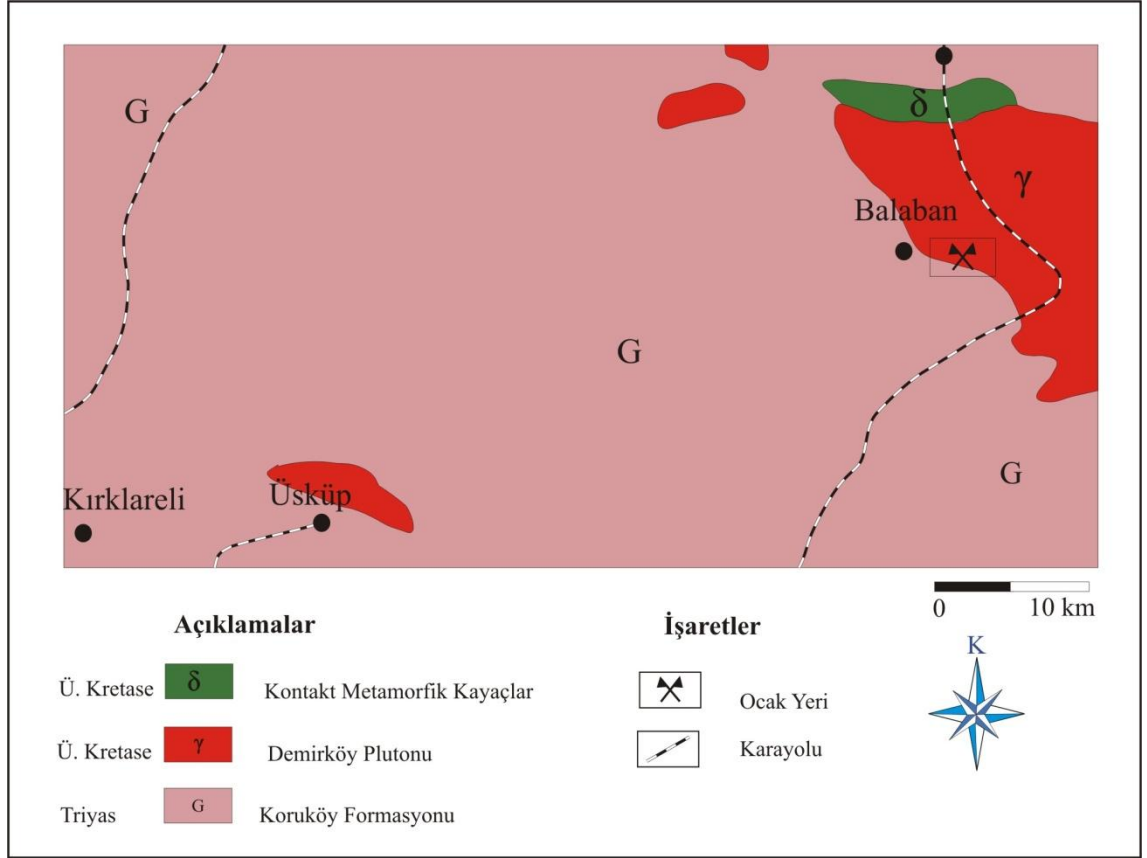
## 4. BULGULAR

### 4.1. ÇALIŞMA ALANLARININ JEOLJİK ÖZELLİKLERİ

Bu çalışma; Türkiye’deki farklı ocaklardan derlenen granitik kayaç örnekleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Kırklareli- Balaban, Çatalca- Şeytandere, Gebze- Sancaktepe Bölgeleri, Erdek, Armutlu- Fıstıklı Bölgeleri Marmara Bölgesinde yer alır. Bununla birlikte İzmir- Bergama; Kozak ve Çanakkale- Kestanbol Ege Bölgesinde; Giresun- Bulancak ise Karadeniz Bölgesinde; Sarıyahşi-Yaylak, Sarıyahşi-Sipahi-Aksaray Bölgeleri, İç Anadolu Bölgesinde yer almaktadır. Bu bölümde inceleme alanları ve incelenen granit örneklerinin jeolojik kökenlerine ayrı ayrı değinilecektir.

#### 4.1.1. Balaban Bölgesi (Kırklareli)

Bölgedeki masifin temelindeki egemen litolojiyi amfibolit şistler oluşturmaktadır. Bu birim ilk kez Aydın (1974) tarafından Koruköy dolayında amfibolit şist adı altında tanımlanmıştır. Söz konusu metaklastik oluşum, aynı araştırmacı tarafından "Koruköy Formasyonu" adı altında incelenmiştir. Koruköy formasyonu, masifin en yaşlı birimini oluşturmakta ve yer yer mikaşist, kuvarsfeldspatik şistlere geçiş göstermektedir. Temel karmaşığın en alt birimini oluşturan bu birim Demirköy formasyonu tarafından kesilmektedir. Üstte ise inceleme alanı dışında Üst Kretase yaşlı İğneada formasyonu ve Tersiyer yaşlı çökeller tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. Böylece Demirköy formasyonunun yaşı Koruköy ve İğneada formasyonlarının yaşları ile sınırlanmış olup Üst Jura’dan genç Üst Kretase’den daha yaşlıdır. Birimin biyotitlerinde K/Ar yöntemi ile yapılan radyometrik yaş tayini sonucu mutlak yaşının  $83.1 \pm 2.0$ - $83.5 \pm 2.5$  my. olduğu saptanmıştır (Aydın, 1982). Trakya Bölgesi’nin kuzeybatısında bulunan inceleme alanının çevresindeki gnayslar, Öztunalı ve Üşümezsoy (1979) tarafından porfiroblastik biyotitli granit, porfiroblastik kuvars, plajiyoklas, granit şeklinde ayrılmış olduğu belirtilmiştir. Ayrıca bu kayaçların yitim zonundaki eski bir kıta kabuğu özelliği taşıdığı, ayrıca K-feldspat megablastlarının alkali metasomatizma sonucu geliştiği vurgulanmıştır.



**Şekil 4.1:** Balaban Bölgesi (Kırklareli)'nin jeoloji haritası (Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Haritaları, 1964)

Yalçınlar (1979) Demirköy - Balaban çevresinde 1952 yılında bulduğu fosillere dayanarak, örtü kayaçlarının çoğunun Paleozoyik, Dereköy çevresindeki kireçtaşlarının ise Jura yaşlı olduklarını belirtmektedir. Ayhan ve diğ. (1973) şistlerin ve Demirköy çevresindeki kristalize kireçtaşlarının Triyas, Dereköy-Armutveren çevresindeki kristalize kireçtaşlarının Jura yaşlı olduklarını ileri sürmüştür. Aydın (1974)'a göre temel kristalin üzerine gelen şistler Triyas, kireçtaşları Jura yaşlıdır. Kireçtaşları, şistlerle ardalanma oluşturur. Bölgesel metamorfizma sonucu rekristalize olan kireçtaşları yer yer dolomitik özelliktedir.

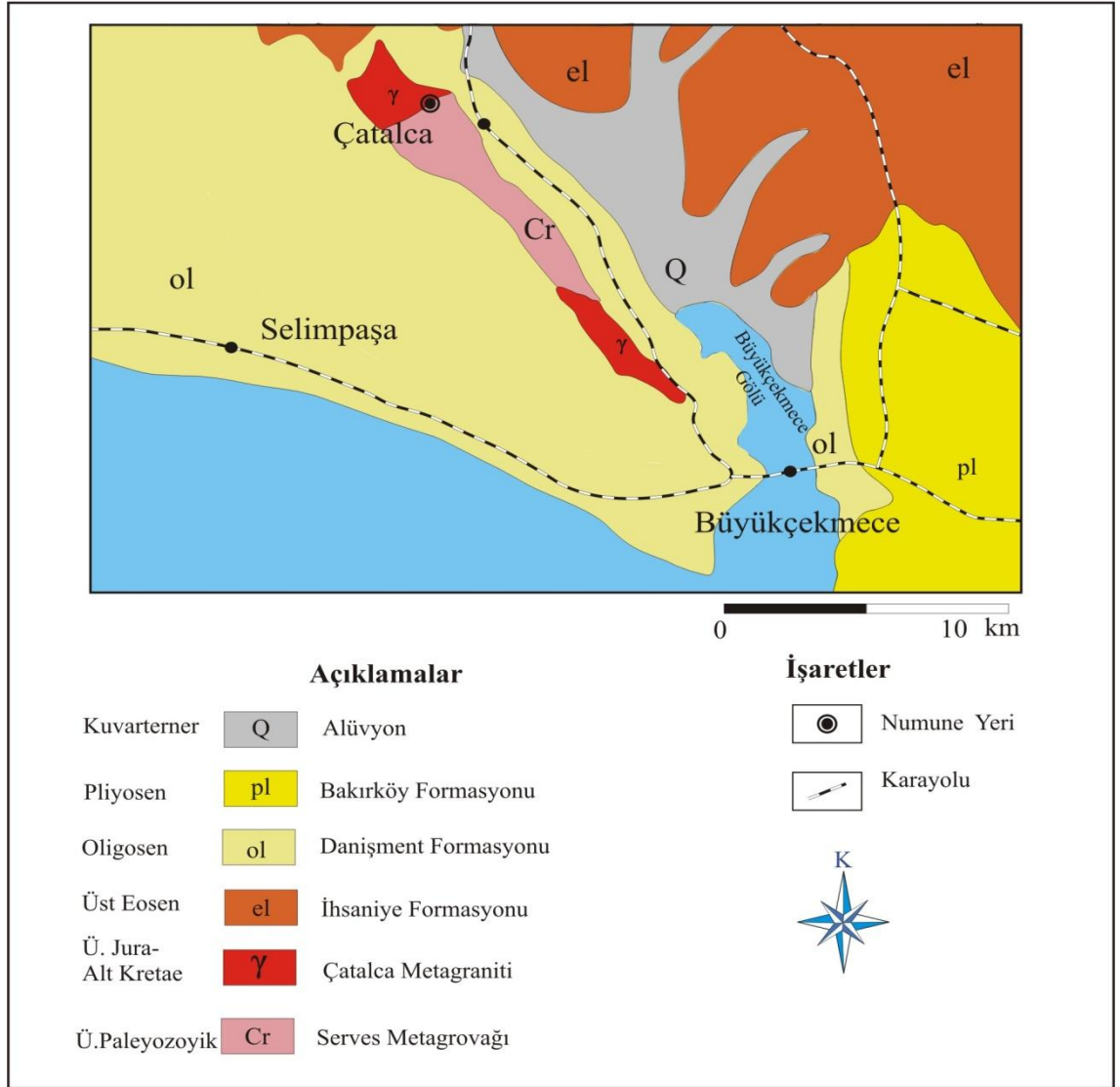
Balaban bölgesinde granitik kayaçlar bol kırık- çatlak içermekte olup, bu çatlaklar boyunca yaklaşık 0,5- 3 cm kalınlığına kadar altere yüzeyler oluşmaktadır. Kayacın genelinde yeşilimsi- gri renk hakim olup, hidrotermal bir alterasyonu göstermektedir. Yer yer blok elde edilebilecek özellikte olan bu granitler mermer olarak da

işletilebilmektedir. Genellikle bitki örtüsü ile kaplı olduğundan mostra yüzeyleri sınırlı alanlarda gözlenmektedir.

#### **4.1.2. Şeytandere Bölgesi (Çatalca)**

Çatalca metagraniti Çatalca'nın KB'da konumlanır. Daha önce Kızılağaç metagraniti olarak adlandırılan ve 245 milyon yıl yaşı (Permiyen) bulunan "Çatalca metagraniti" (Aydın, 1974; Üşümezsoy, 1982), güncel çalışmalarda da "Çatalca Metagraniti" olarak isimlendirilmiş ve yaşı da U-Pb yaşlandırmasına (SHRIMP-II) göre  $534,5 \pm 4,7$  milyon yıl olarak bulunmuştur (Yılmaz Şahin ve diğ., 2009).

Çatalca dolaylarında küçük bir yüzeylenme gösteren Serves metagrovağı, Mahyaşistlerinin orta-üst seviyelerinin daha kaba taneli türbiditik seviyeleridir. Üşümezsoy (1990), birimi metagrovak ve metavolkanik olarak tanımlamış, Umut vd. (1983) ise, şistler kapsamında değerlendirmiştir. Dereköy ve Demirköy sokulumlarına bağlı olarak gelişen ve Istranca Masifi metamorfik kayalarını kesen granodiyorit Kırklareli Metagranitine (Yurtsever ve diğ., 1993; Çağlayan ve Yurtsever, 1998) bağlı olduğu için Üst Jura-Alt Kretase yaşlıdır. İstanbul Yarımadasında ve Terkos Gölü çevresinde geniş alanlar kaplayan İhsaniye formasyonu, Terkos Gölü'nün doğu ve batısından, güneyde Büyükçekmece ve Küçükçekmece göllerine kadar olan alanda geniş yüzeylenmeler sunar. İhsaniye formasyonunun Trakya havzasında ve Çatalca yöresinde yapılmış çalışmalar göre alt düzeyleri Üst Eosen; üst düzeyleri olasılı Alt Oligosen yaşındadır (Dizer vd., 1983; Yurtsever ve diğ., 1993; Yurtsever, 1996; Çağlayan ve Yurtsever, 1998). Büyükçekmece Gölü'nün güneybatısında Mimarsinan, Güzelce, Türkoba ve Karaağaç köyleri arasında geniş alanlarda yüzeylenen Danişment formasyonu İstanbul Yarımadası'nda Üst Oligosen-Alt Miyosen (Oktay vd.,1992), Mimarsinan ve Güzelce sahilinde Orta Miyosen yaşı verilmiştir (Ülkümen vd.,1993).



**Şekil 4.2:** Şeytandere Bölgesi (Çatalca)' nin jeoloji haritası (Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Haritaları, 1964)

Beyaz, kirli beyaz renkli, alt seviyesi kilaşı- kireçtaşı ardalı, yeşil renkli ince katmanlı kil ara seviyeli, maktra'lı kireç taşlarından oluşan Bakırköy formasyonu, ilk kez Arıç (1955) tarafından litoloji birimi olarak haritalanmıştır. İstanbul Yarımadası'nda ki geniş alüvyonlar Kuvarterner yaşlı olup Büyükçekmece Gölü ile Küçükçekmece Gölü kuzeyindeki vadilerde uzanır.

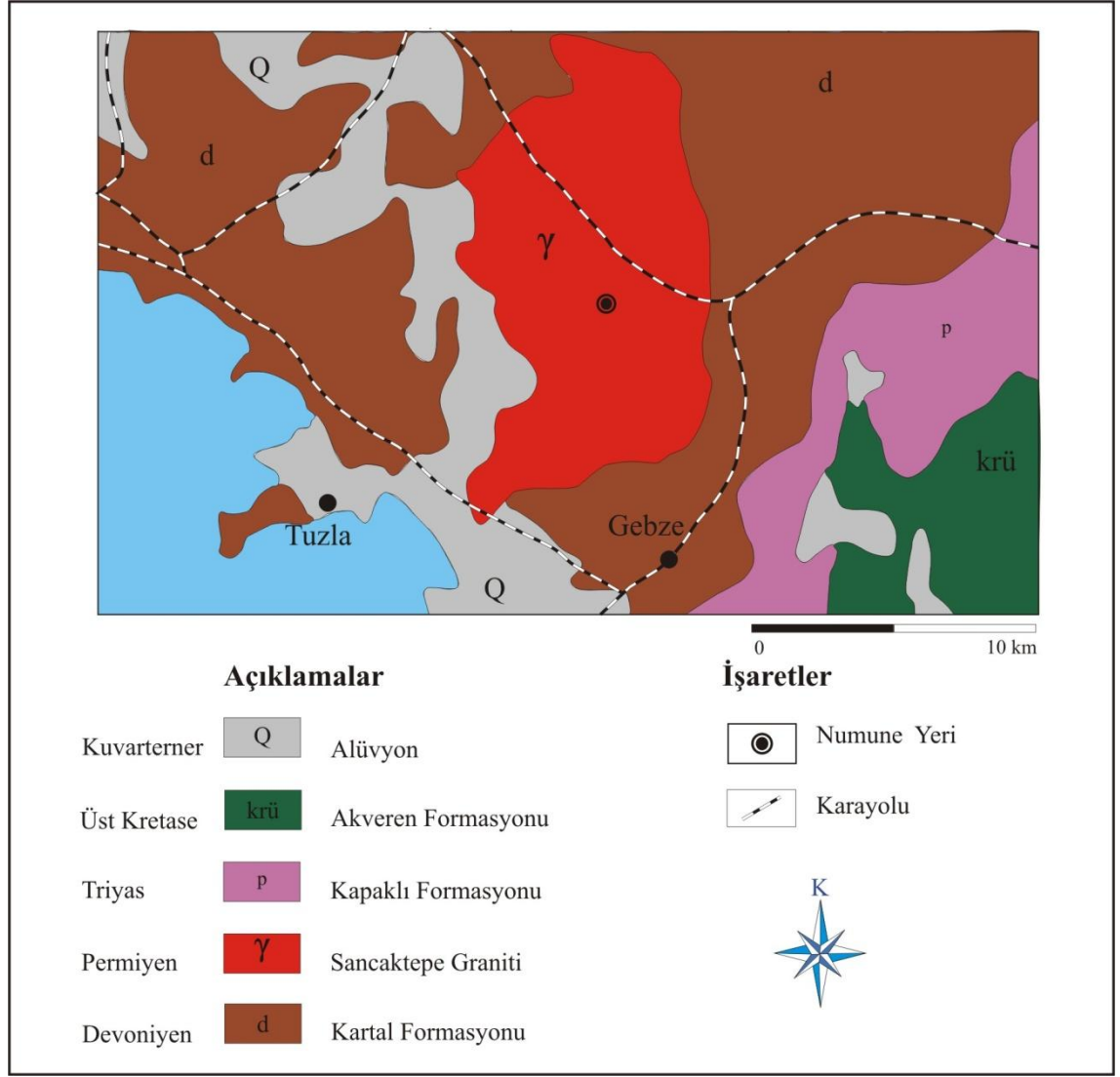
#### 4.1.3. Sancaktepe Bölgesi (Gebze)

İstanbul Anadolu yakasında yer alan; Gebze'nin K-KB'da bulunan çalışma alanında Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı birimler yüzeylemektedir. Paleozoyik birim; Kartal Formasyonudur. Mesozoyik birim ise Permo-Triyas yaşlı Kapaklı Formasyonudur. Üst Kretase- Paleosen (Kampaniyen-Tanesiyen) yaşlı Akveren Formasyonu ise Triyas yaşlı birimler üzerine gelmiştir. En üstte ise Kuvaterner yaşlı alüvyon birimi gelmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan granitler Sancaktepe Plutonundan alınmıştır. Önceki çalışmalarda "Sancaktepe Plutonu" (Erguvanlı, 1949); "Gebze Plutonu" (Pehlivan, 1987); olarak ayrıntılı incelenmiş ve Ordovisiyen- Siluriyen yaşlı arkoz ve grovak serisini keserek yükseldiği için söz konusu çökel birimler düşük dereceli kontak metamorfizmaya uğrattığı belirtilmiştir. Bu birimin varlığı ilk defa Fitzner (1903) tarafından tespit edilmiştir.

Sağiroğlu ve Bürküt (1943); Sancaktepe Granit Plutonunun Hersiniyen Orojenezi ile ilişkili olduğu görüşünü ileri sürmüştür. Yılmaz (1966) ise bu birimin Siluryen'den genç olduğunu kabul etmiştir, Eroskay (1975) ise plütunun Devoniyen yaşlı birimleri kestiğini ve Alt Triyas yaşlı Kapaklı formasyonu içinde granit çakılları bulunduğunu ve dolayısıyla plutonun yaşının Devoniyen'den genç, Triyas'tan yaşlı olması gerektiğini söylemiştir.

Sancaktepe granitinin yaşı güncel çalışmalarda Zirkon U-Pb (SHRIMP-II) ortalama  $253,7 \pm 1,75$  milyon yıl olarak belirlenmiştir (Yılmaz Şahin ve diğ., 2009;2010).





**Şekil 4.3:** Sancaktepe Bölgesi (Gebze)' nin jeoloji haritası (Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Haritaları, 1964)

#### 4.1.4. Fıstıklı Bölgesi (Armutlu)

Elmas ve Yiğitbaş (2001)'a göre, Armutlu Yarımadası'nın temelini oluşturan yüksek dereceli metamorfik kayaları Neoproterozoyik ofiyolitine ve bu ofiyolitle ilişkili volkanik yay birlikteliğine karşılık gelmektedir. Armutlu metamorfik topluluğunun temelinde amfibolit, hornblent-şist, metadiyabaz ve metamorfize olmuş, gnaysik dokulu löko-granit bulunmaktadır (Yılmaz ve diğ. 1995). Bu kayaçlar topluluğun yüksek dereceli metamorfizma geçirmiş üyeleridir (Yiğitbaş ve Elmas, 2001; Robertson ve Ustaömer, 2004). Bu serinin üzerindeki klastik birimlerin yaşı hakkındaki tartışmanın sürmesi nedeniyle genel bir ifadeyle Paleozoyik olarak kabul edilmektedir. Bununla

birlikte klastik birimler içinde en yaşlı üyenin Ordovisiyen-Silüriyen (Göncüoğlu, 1992) ve en genç üyenin ise Devoniyen (Yılmaz ve diğ., 1997) olduğu araştırmalarda ileri sürülmüştür. Armutlu metamorfik topluluğu içindeki volkanoklastik kayaçların yaşı ise kesin olarak bilinmemekle birlikte Paleozoyik olarak öngörülmektedir. Fıstıklı bölgesinin geneline yönelik en kapsamlı ilk çalışmayı Akartuna, (1968) gerçekleştirmiş ve granitin bugünkü sınırlarını belirlemiştir. Fıstıklı graniti kabukta sığ derinliklere kadar yükselmiş bir yüksek seviye granitik kütle niteliğindedir. (K-Ar) yöntemiyle yapılan yaş tayinlerinde granitin yaşının  $34.3 \pm 0,9$  milyon yıl ile  $48.2 \pm 1$  milyon yıl arasında sınırlandığı tespit edilmiştir (Delaloye ve diğ., 2000). Bu elde edilen değerler daha önce Yılmaz ve diğ. (1990) tarafından öngörülen yaş ile uyusmaktadır. İnceleme alanında Kızderbent volkaniti bölgenin kuzeydoğu kesimlerinde yüzeyleir. Armutlu Yarımadası'nın ortasında, doğu-batı uzanımlı olarak genişçe bir alanda yayılım gösteren bu volkanikler daha önceleri Erdil ve diğ. (1991) tarafından "Sarısu Volkanitleri" olarak adlandırılmıştır. Yılmaz ve diğ. (1990) bölgenin genelinde yaptıkları çalışmalarında bu birimi Kızderbent Volkanitleri olarak adlandırmışlardır. Kızderbent Volkanitleri Armutlu metamorfik topluluğu ve Sakarya Kıtası birimlerinin metamorfik eşdeğeri olan İznik metamorfik topluluğu üzerinde yer alır. Birim andezitik lav ve bu lavlarla ilişkili piroklastik birimler ile temsil olunmaktadır. Ayrıca, daha bazik bileşimli kayaçlar, andezitik lav ve piroklastik kayaları dayklar halinde kesmektedir (Genç ve Yılmaz, 1997). Volkanitlerin yaşı ilk olarak arazi çalışmaları ile volkanitlerin stratigrafik olarak altında yer alan fosil kayıtlarından faydalanılarak yapılmıştır. Bu çalışmalara göre volkanik topluluk Lütesiyen yaşlıdır (Akartuna, 1968; Göncüoğlu ve diğ., 1987; Yılmaz ve diğ., 1990). Ercan ve diğ. (1998) araştırmalarında, volkanik topluluğun yaşını radyometrik (K-Ar) yöntemlerle belirlemişlerdir. Buna göre birim  $42,0 \pm 0,8$  milyon yıl (Lütesiyen-Bartoniye) yaşlıdır.



**Şekil 4.4:** Armutlu Bölgesinin jeoloji haritası (Dereköy, 2006)

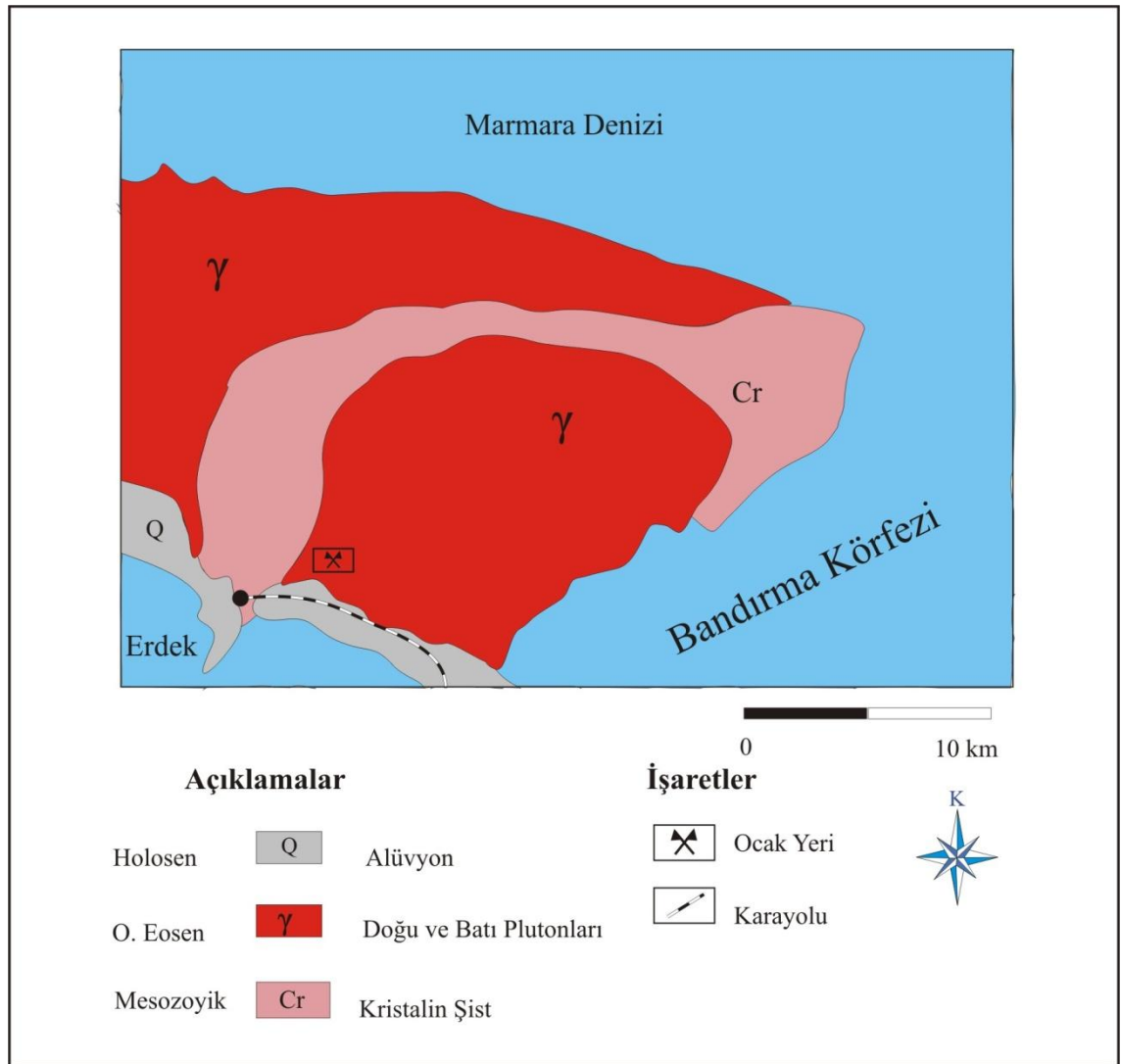
#### 4.1.5. Erdek Bölgesi (Kapıdağ Yarımadası )

Kapıdağ Yarımadasında örneklerin alındığı alanda gözlenen en yaşlı birim kristalin şistlerdir. Bu birim iki granitoid arasında yer almaktadır. Bürküt (1966) tarafından kristalin şistlerin yaşı Paleozoyik olarak verilmiştir.

Kapıdağ Yarımadasının batısında ve kuzeyindeki granitik kayaçlar, İhsan Ketin tarafından “Batı Granit Masifi” olarak 1946 yılında ilk defa adlandırılmıştır. Ketin bu birimi, granit, gnaysik granit ve gnays olarak üç gruba ayırmıştır. Sonraki çalışmalarda

bu birim, “Batı Granodiyorit Plutonu” (Bürküt, 1966), “Batı Plutonu” (Saralioğlu, 1982) ve “Ocaklar Granodiyoriti” (Aksoy, 1995) olarak tanımlanmıştır. Bölgenin kuzey ve batısının büyük bir kısmını kaplayan Batı Plutonu güneyde, doğuda ve batıda Erdek Karmaşığı ile kontakt yapar. Yaşı Paleosen-Orta Eosen olan Erdek Batı-Doğu Plutonu kristalin şistleri kesmekte güneyde alüvyon ile örtülmektedir.

Alüvyonlar, Kapıdağ Yarımadası’nda yaygın olarak gözlenen kristalin şistler ve granitlerin ayrışması sonucu kil, silt, kum boyutundaki malzemenin vadilerden akan dereler vasıtası ile kıyı kesimlere taşınıp çökmesi sonucu oluşmuş ve kıyı kesimlerindeki düz alanları oluşturmuştur.

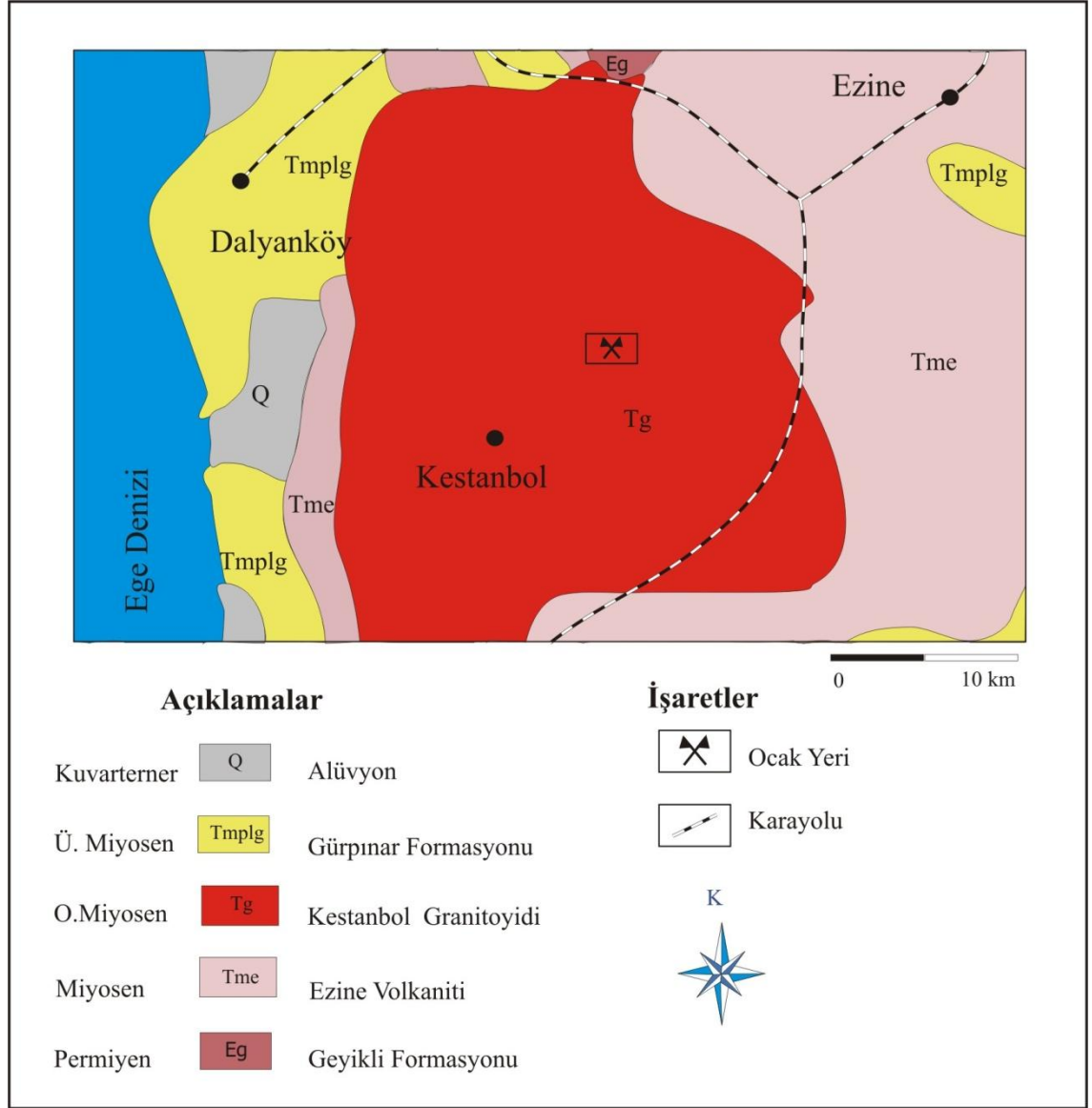


**Şekil 4.5:** Kapıdağ Yarımadası- Erdek Bölgesinin jeoloji haritası (Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Haritaları, 1964)

#### 4.1.6. Kestanbol Bölgesi (Çanakkale)

Çanakkale- Kestanbol Bölgesinin stratigrafisine bakıldığında temeli düşük seviyeli metamorfik şistler, rekristalize kireçtaşları ve üst seviyelerde metaklastiklerden oluşan Karadağ metamorfik topluluğu oluşturur (Karacık, 1995). Karadağ metamorfik topluluğunun en alt kesimini oluşturan düşük dereceli metamorfiklerden oluşan fillat ve mikaşistler Geyikli formasyonu olarak tanımlanmıştır.

Gri, yeşil ve siyahımsı renkli, yer yer 3-4 cm boya sahip K-feldispatlı andezit, trakiandezit lav ve piroklastiklerden oluşan Ezine volkanikleri Öngür (1973) tarafından tanımlanmıştır. Birim yer yer Tersiyer öncesi temel kayalar üzerinde gözlenir. Biga Yarımadasında Oligosen yaşlı volkanizmaya da köken oluşturan genellikle granodiyoritik bileşimli sığ sokulumlar Oligosen-Erken Miyosen aralığında bölgeye yerleşmiştir. Çeşitli araştırmacılar tarafından yapılan jeokronolojik yaşlandırmalardan birimin yaşının Oligosen-Erken Miyosen olduğu tespit edilmiştir. Tez kapsamında yer alan Kestanbol granitoidinin yaşının 28 milyon yıl (Fytikas vd., 1976) olduğu tespit edilmiştir. Kestanbol Granitoidi ilk kez Bingöl (1968) ve daha sonra Ercan ve vd. (1994) tarafından adlandırılmıştır. Bu bölgede çalışmış birçok araştırmacı tarafından incelenen birim Andaç (1973) tarafından “Kestanbol Siyeniti”, Bürküt (1966) tarafından ise “Kestanbol Masifi” olarak adlandırılmıştır. Bu bölgede çalışma yapan Karacık (1995) ise birimi “Kestanbol Plutonu” olarak adlandırmıştır. Güncel çalışmalarda ise Kestanbol Granitoidi olarak isimlendirilen (Şahin Yılmaz ve diğ., 2009,2010) granitoidin yaşı hakkında değişik görüşler vardır. Brinkmann (1972) siyenit, granit ve bunlara ait damar kayalarının yaşını Üst Permiyen olarak kabul eder. Bürküt (1966) sedimentolojik yaşı Paleozoyik olarak kabul edilen metamorfik kompleksin pluton tarafından kontakt metamorfizmaya uğradığını, dolayısıyla yaşının Paleozoyikten daha genç olması gerektiğini belirtmiştir.



**Şekil 4.6:** Kestanbol Bölgesi (Çanakale)' nin jeoloji haritası (Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Haritaları, 1964)

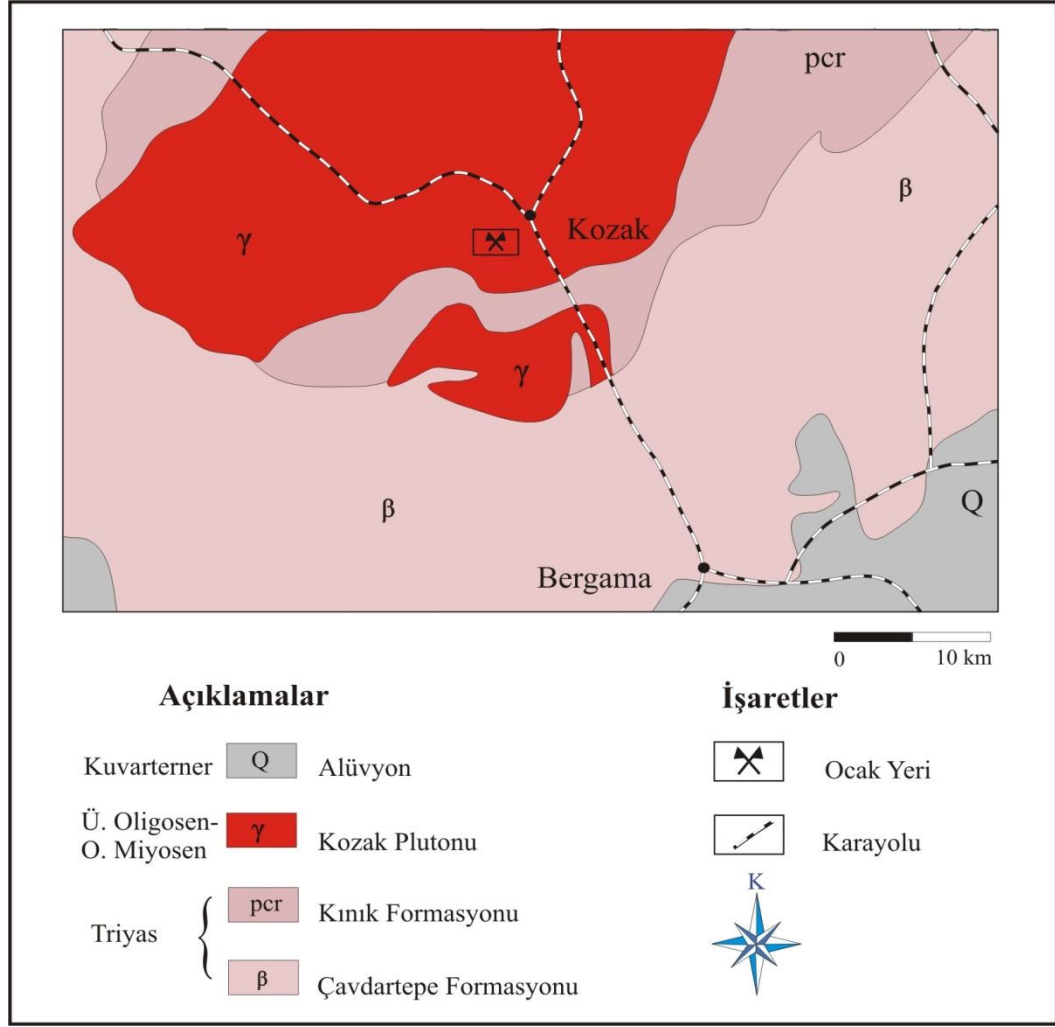
Gürpınar formasyonu başlıca sarı-bej renkli killi kireçtaşı, kireçtaşı, fosilli kireçtaşından ve daha az oranda ise silttaşı, kumtaşı ve çakıltaşından oluşur. Formasyonun yaşı tartışmalıdır. Ozansoy (1973) tarafından yaşı Erken Pliyosen, Tekkaya (1973) Erken Pliyosen ortası, Becker-Platen vd, (1975) Orta-Geç Miyosen, Saka (1979) Erken Pliyosen ortası, Kaya (1982) Geç Miyosen olarak saptamıştır. Bölgede yer alan alüvyon ise akarsu yataklarında, eski çukurluklar üzerinde ve kıyı kuşaklarındaki düzlükler üzerinde gelişmiş çakıl, kum ve çamur çökeltileridir.

#### 4.1.7. Kozak Bölgesi (Bergama –İzmir)

Plütonik ve volkanik kayalar içeren Kozak magmatik kompleksi, Batı Anadolu'da yaygın olarak yüzeylenen çarpışma sonrası magmatizma ürünlerinden biridir. Batı Anadolu'daki magmatizma ve magmatik kayalar üzerine Ercan ve diğ. (1984, 1985); Dora ve diğ. (1987); Yılmaz (1989); McKenzie ve Yılmaz (1991); Güleç (1991); Seyitoğlu ve Scott (1991) ve Seyitoğlu ve diğ. (1997) tarafından çalışmalar bulunurken, daha lokal anlamda Kozak magmatik plütünü üzerine İzdar (1968); Akyürek ve Soysal (1983); Kaya ve Mostler (1992); Altunkaynak (1996); Altunkaynak ve Yılmaz (1995, 1998, 1999) tarafından çalışmalar yapılmıştır. Güncel çalışmalarda “Kozak Plütünü” olarak adlandırılan (Altunkaynak, 1996; Altunkaynak, Yılmaz, 1999) birim Üst Oligosen- Alt Miyosen yaşındadır.

Batı Anadolu'da Ayvalık, Bergama ve Burhaniye ilçeleri arasında yer alan Kozak Dağı, KD-GB uzanımlı magmatik bir merkez ve yükselti olarak şekillenmiştir. Bu yapının güneyinde Bergama grabeni ve kuzeyinde Korucu platosu yer alır. Bu alanda birçok volkanik ve plütonik kayalar mostra vermektedir. Plütünü, sedimanter kayalar tarafından çevrelenmiştir.

Çavdarstepe formasyonunun tabanı çalışma alanında izlenememiştir. Üstte ise Alt Triyas yaşlı Kınık formasyonu ile geçişlidir. Üzerine gelen ve Çavdarstepe formasyonu ile geçişli olduğu saptanan Kınık formasyonunun Alt Triyas yaşlıdır. Buna göre Kınık Formasyonu ile geçişli olan Çavdarstepe formasyonu Alt Triyas veya Alt Triyas'ın alt seviyesidir. Kınık formasyonu, ilksel halini kısmen koruyan çeşitli kırıntılı kayaların yeşil şist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş türlerinden oluşur. Kınık Formasyonu altta, Çavdarstepe Formasyonu ile geçişlidir. Çalışma alanının orta kesiminde geniş bir alanda yüzeylenen Kozak Granodiyoriti, daha önce İzdar (1968) tarafından ayrıntılı olarak çalışılmıştır. Kozak Granodiyoriti Alt Triyas yaşlı Halilağa Grubu'na ait Çavdarstepe formasyonu'nu, Kocaçukur Metavolkanit Üyesi'ni, Kınık formasyonunu kesmiş ve kontak metamorfizmaya uğratmıştır. Kozak Granodiyoriti Tersiyer yaşlı Yuntdağ Volkanitleri ve Ballica Formasyonu tarafından örtülür. Ancak çalışma alanı içerisinde bu yapıya rastlanmamıştır.



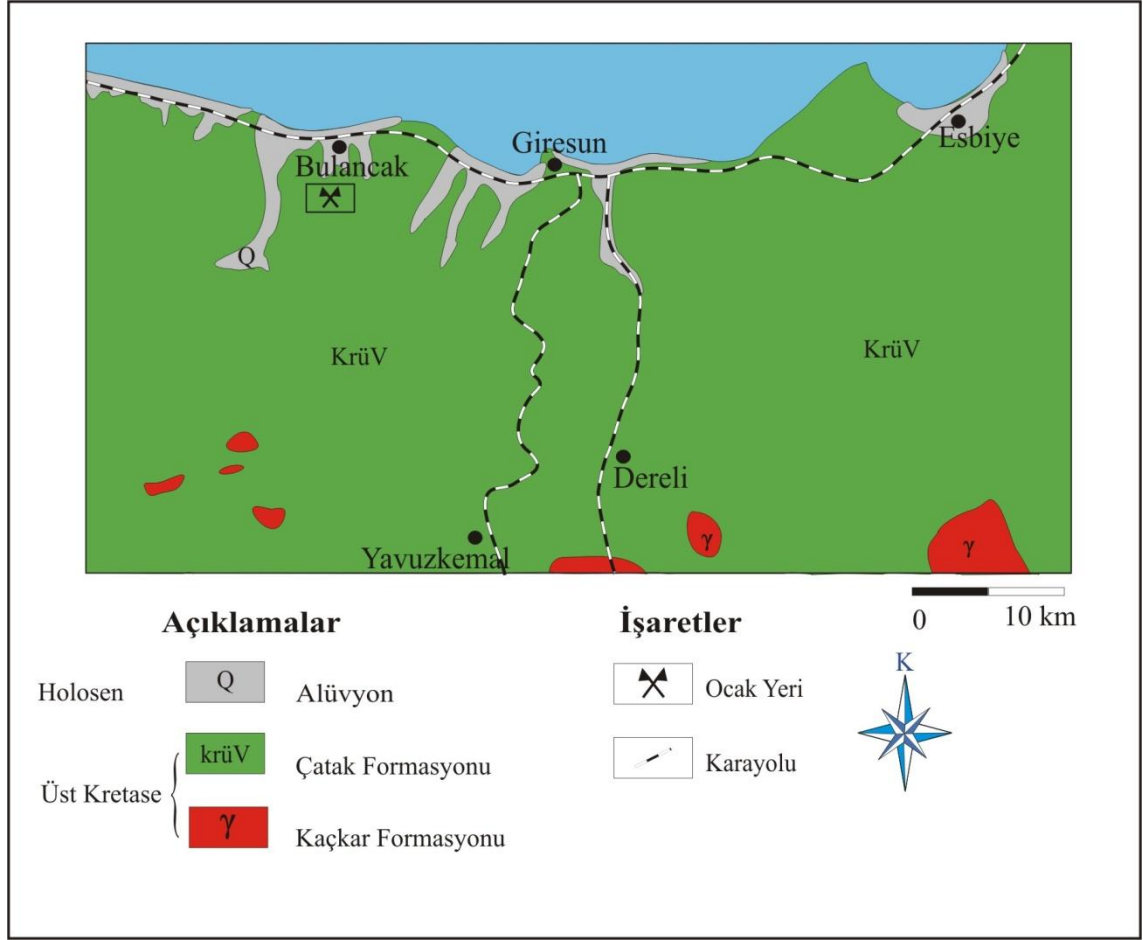
**Şekil 4.7:** Bergama –İzmir Bölgesinin jeoloji haritası (Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Haritaları, 1964)

#### 4.1.8. Bulancak Bölgesi (Giresun)

Giresun- Ordu İl sınırları içinde en yaşlı kayalar Dereli İlçesinin güney kesiminde Aksu Dere Vadisinde KD-GB doğrultusunda dar bir alanda yüzeylenmekte olup, gnays, mikaşist, mermer ve metabazalt gibi düşük dereceli metamorfizma sonucu oluşmuş kayalardan ibarettir. Kaçkar Granodiyoriti sahilin yaklaşık 30 km güneyinde Doğankent, Dereli ve Deregöz mevkilerinde mostra vermektedir. Çoğunlukla granit, granodiyorit, kuvarşlı diyorit bileşimindedir. Üst Kretase yaşlı Çatak Formasyonu, Batlama Deresi (Dereli Yavuzkema), Karabulduk, Yağlıdere güneyi ve Harşit (Doğankent) çevresinde oldukça geniş bir alanda yüzeyler. Birim çoğunlukla bazalt-andezit karakterli lav ve piroklastlardan oluşur. Yer yer birim içinde ara seviye olarak



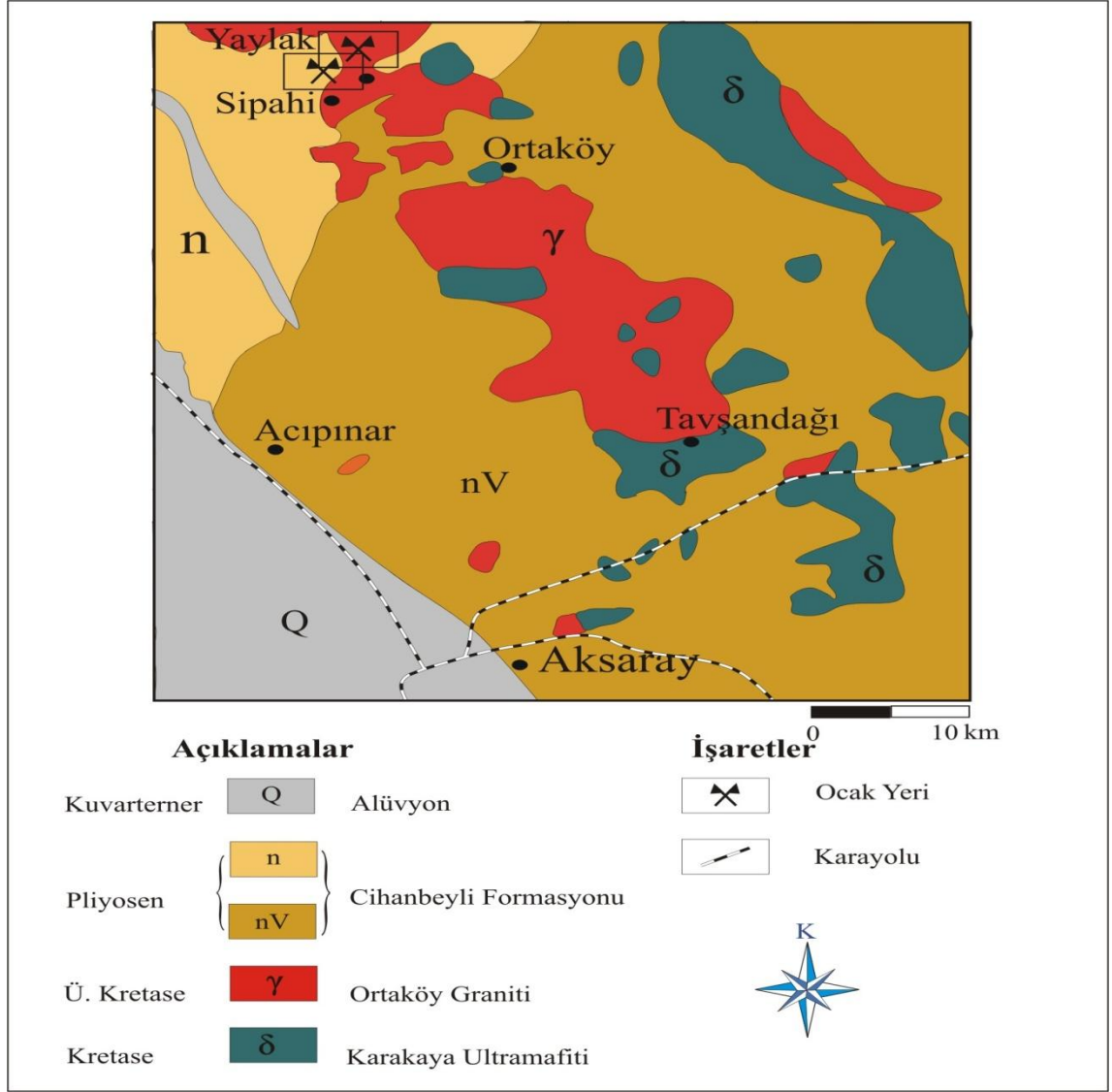
kumtaşı, tuf, marn ve kırmızı-bordo renkli kireçtaşları da izlenir. Gri-yeşil-siyahımsı renkli yer yer masif ve sıkı dokulu, kompakt az çatlaklı ve kırıklı bir yapı sunarlar. Yer yer de hidrotermal alterasyon nedeni ile ayrışmaya uğramışlardır (Dada, 2006).



**Şekil 4.8:** GV kodlu örneğin alındığı Giresun- Vizyon Bölgesinin jeoloji haritası (Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Haritaları, 1964)

#### 4.1.9. Yaylak- Sipahi (Aksaray)

Aksaray ve çevresinde temeli teşkil eden şist ve mermerler, Alt Palezoik veya daha yaşlı bir denizin çökelleridir. Bu çökellerin kıvrımlanıp kırıklanmaları ve denizin bölgeden çekilmesi ile Eosene kadar devam eden uzun bir karasal dönem yaşamıştır. Bu karasal dönemde, Üst Kretase esnasında plütonizma olaylarına bağlı olarak plütonlarla damar kayaçları oluşmuş ve şist ve mermerleri etkileyen bu kayaçlar, onların içerisine damarlar halinde yerleşip, onları kontakt metamorfizmaya uğratmıştır. Karakaya ultramafiti; gabro, gabronorit ve diyorit türü kayaçlardan oluşmuştur. Birimin Kampaniyen-Maestrihtiyen dönemindeki Bozkır ofiyolit naplarına ait ve Kretase yaşlı olduğu belirtilmiştir (Uygun ve diğ., 1982), Bu plüton, diyorit, diyorit porfir, tonalit, granit, granodiyorit, monzonit ve siyenitlerden oluşmuştur. Ortaköy granitoyidi; Seymen (1981)'in Baranadağ plütonuna karşılık gelmekte olup Ağaören (Panlı) granitoyidi ve Ekecekdağ granitoyidi olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Baranadağ plütonunun yaşı hakkında değişik görüşler vardır. Ayan (1963) Eosen, Ketin (1963), Seymen (1984), Uygun ve diğ., (1982) Paleosen, Ataman (1972) Üst Kretase, Arıkan (1975) Üst Kretase-Paleosen yaşlarını vermişlerdir. Karasal dönemde, bir taraftan göl ve akarsu ortamına ait çökeller oluşurken, bir yandan volkanizma olayları gelişmiş ve Cihanbeyli formasyonu meydana gelmiştir. Birbirini takip eden birden fazla volkanizma sonucu oluşan bu kayaçlar gölsel birimlerle yer yer tedrici geçişli durumlar gösterirler. Bölgede volkanizma olaylarının son bulması, göl-akarsu ve kara ortamına ait traverten, çakıl kum-mil-etek birikintileri ile alüvyon malzemelerin oluşması ve bunlara paralel olarak meydana gelen aşınma, taşınma, ayrışma ve depolama olaylarının tümü, alanın bugünkü karakterini oluşturmuştur (İl Çevre ve Orman Müdürlüğü Raporu, 2008). Çalışma alanınının GB'ında, dere kenarlarında çakıl, kum, mil ve topraktan oluşan Kuvaterner yaşlı alüviyal çökeller gözlenmektedir (Atabey, 1989).



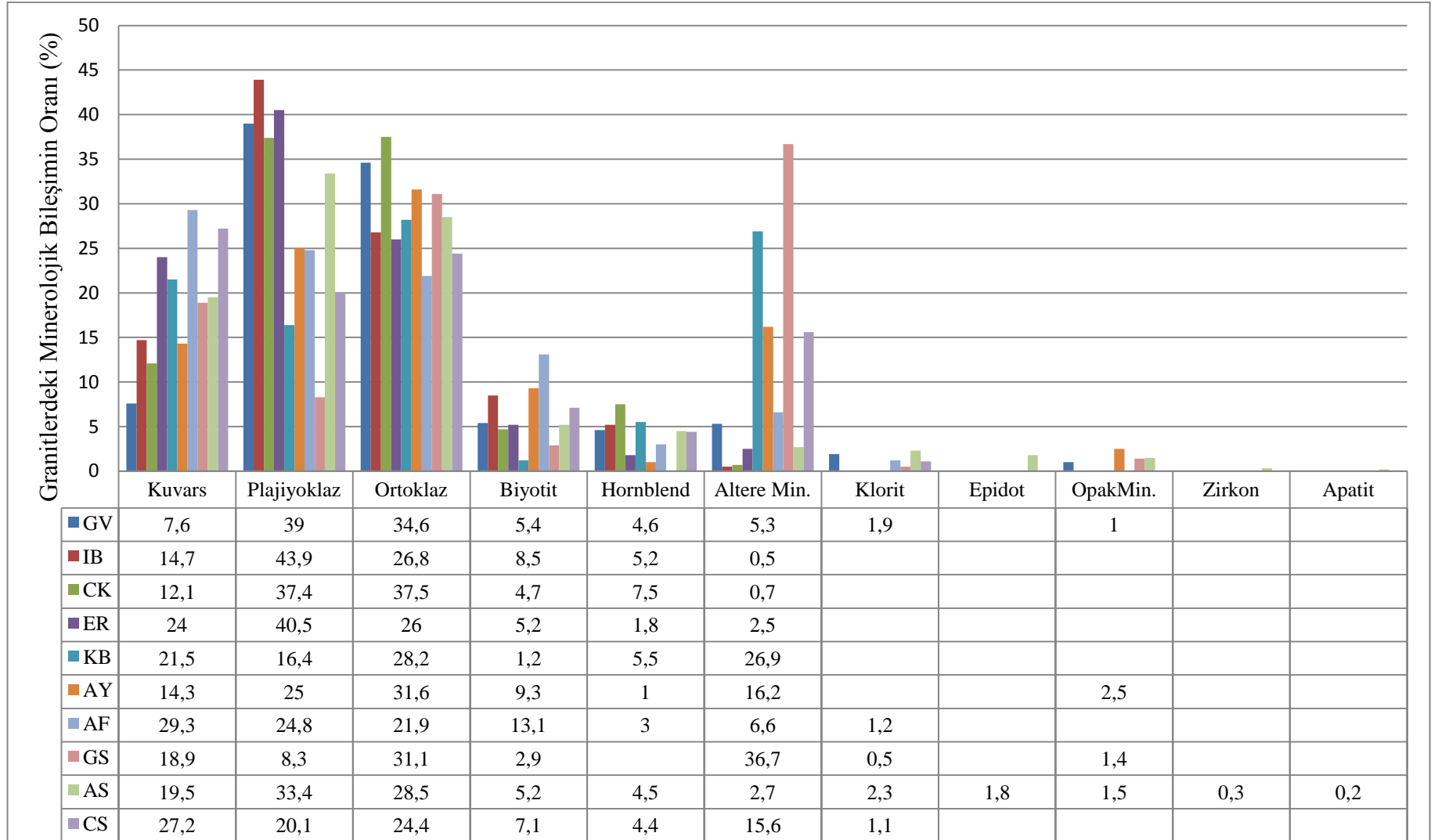
Şekil 4.9: Aksaray Bölgesinin jeoloji haritası (Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Haritaları, 1964)

## 4.2. MİNERALojİK VE PETROGRAfİK ARAŞTIRMALAR

Türkiye hızla gelişen ve büyüyen yerleşim, sanayi ve ticaret merkezi olarak dünyada yeniden yapılanma açısından ön sıralarda yer almaktadır. Bu büyüme ve gelişmenin getirdiği hızlı ve modern yapılanmanın gereği kaliteli agrega ihtiyacı olmaktadır. Örnek olarak İstanbul'un agrega ihtiyacının bir bölümü özellikle Avrupa yakasında Ayazağa, Cebeci ve Çatalca Bölgelerinde yayılım gösteren kumtaşı ve kireçtaşından sağlanmaktadır. Ancak son zamanlarda bu kayaç türlerinin dışında agrega olarak kullanılabilir diğer kayaçların da incelenmesi çalışmalarına başlanmıştır. Bunlardan özellikle granitik ve bazaltik kayaçlar güncel olarak araştırılmakta ve değerlendirilmektedir.

Agrega beton bileşiminde en çok kullanılan malzeme olduğundan, agreganın özellikleri betonun niteliğini direkt olarak etkilemektedir. Agreganın türü, mineralojisi, dokusu gibi jeolojik faktörler betonun dayanımında ve dayanıklılığında önemli etkilere sahiptir.

Bu araştırmada; Türkiye'nin farklı bölgelerinden alınan granit betonda alkali agrega reaksiyonu açısından incelenmiştir. Araştırmalara alkali- agrega reaksiyonu üzerine yapılan çalışmaların derlenmesi ile başlanmıştır. Daha sonra örnek alınacak alanların jeoloji incelemesi yapılmış ve mineralojik, petrografik ve kimyasal analizler ile deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere örnekler alınmıştır. Daha sonra granitler laboratuvar tipi çeneli kırıcı ile agrega haline getirilmiş ve alınan temsili granit örneklerinin öncelikle agrega olarak kullanılacak granitlerin mineralojik ve petrografik özellikleri belirlenmiştir. Aynı granit agregaları kullanılarak iki farklı çimento örneği ile hazırlanan harç çubukları üzerinde alkali- agrega reaksiyonu oluşumunu incelemek amacı ile hızlandırılmış harç çubuğu deneyleri yapılmıştır. Böylece; farklı granitler üzerinde farklı çimentolar ile yapılan deneyler ile alkali agrega reaksiyonu ve etkileri de araştırılmaya çalışılmıştır. Şekil 4.10'da incelenen granitik kayaçlar üzerinde nokta sayacı ile yapılan petrografik incelemelerden elde edilen modal mineral oranları, Şekil 4.11a' da ise bu oranlardan türetilmiş olan QAP (Streckeisen, 1967) diyagramı görülmektedir.



Şekil 4.10: Granitlerdeki modal mineralojik analiz sonuçlarının dağılımı

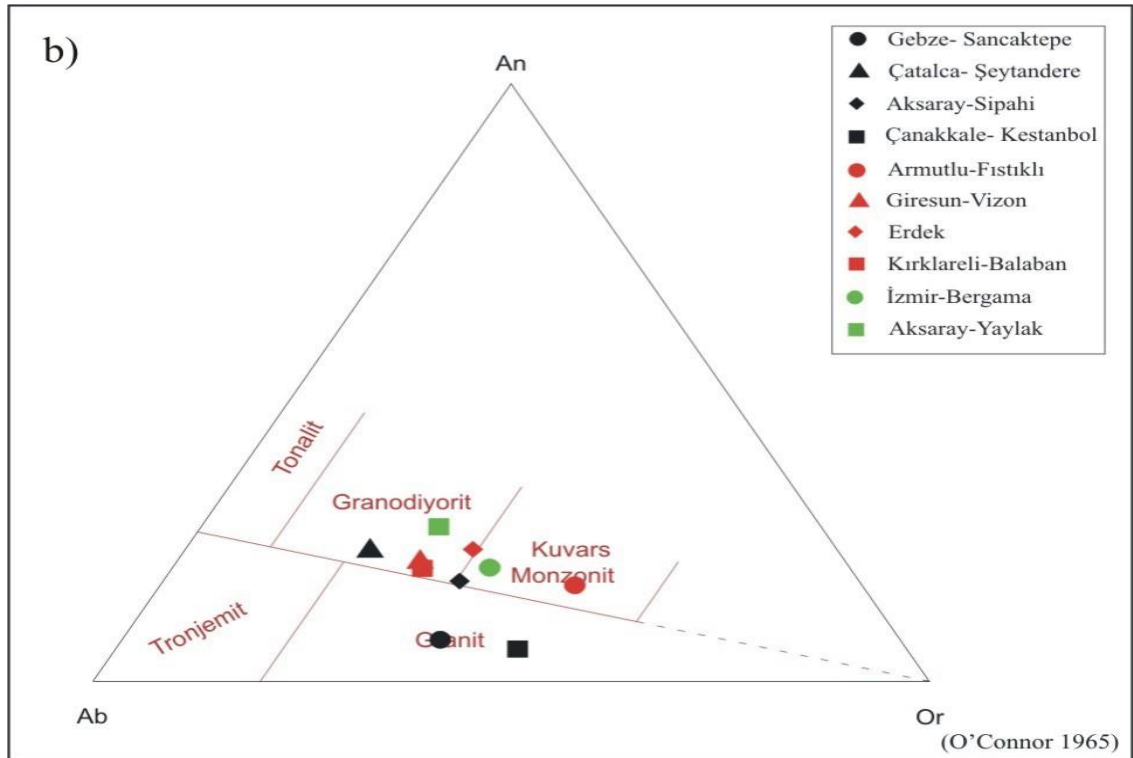
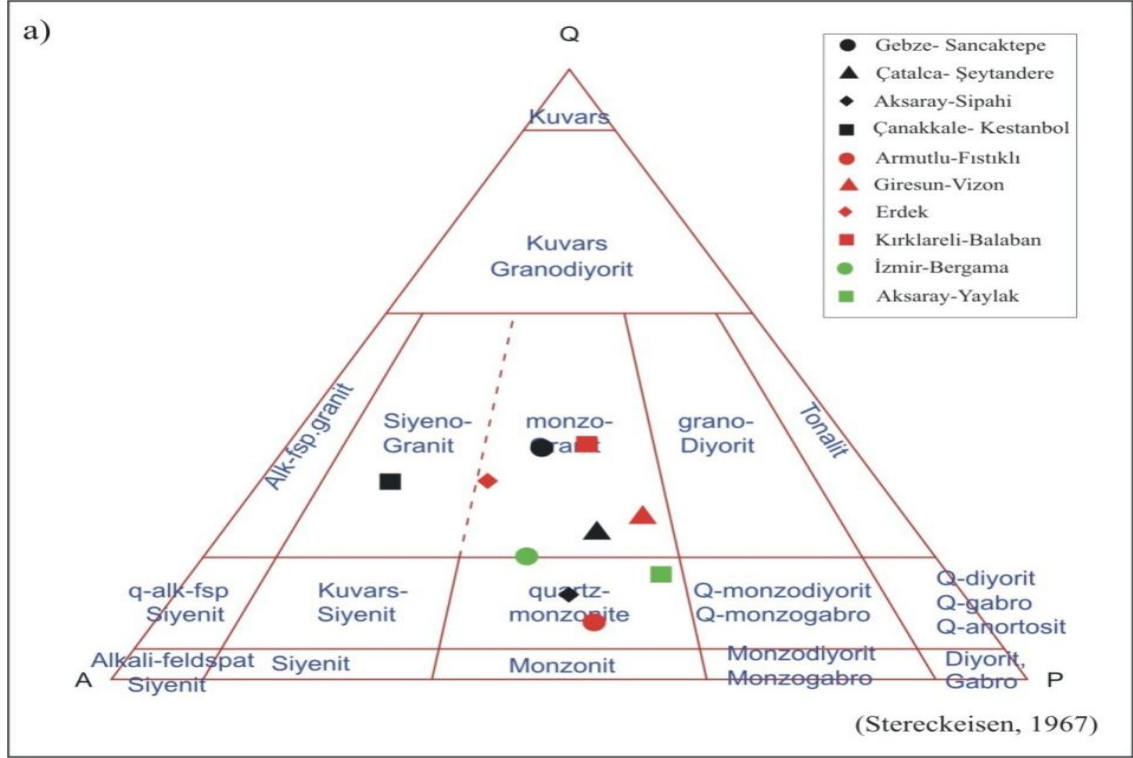
Granitlerdeki ana mineraller genellikle kuvars, plajiyoklaz ve ortoklazdan meydana gelir. Kuvars mineralleri öz şekilsiz, feldispatların ve diğer minerallerin arasını doldurur şekilde, genellikle renksiz ve temiz yüzeyli olarak gözlenmektedir. Bazı kesitlerde kataklazma etkisinden dolayı çatlaklı olarak bazı kesimlerde ise metamorfizma sebebi ile dalgalı sönme ve şeker dokusu göstermektedir.

Plajiyoklazlar genellikle polisentetik ikizlenmeli olarak, nadiren de çift yönde polisentetik ikizlenmeli, gri girişim renkli, prizmatik biçimli, yarı özşekilli-özşekilli gözlenmektedir.

Ortoklazlar ise yarı özşekilli-özşekilsiz iri fenokristaller halinde, karlsbat ikizlenmeli, yer yer pertitik dokulu olarak gözlenmektedir. Bazı granit örneklerinde ileri derecede pertitleşme ile yer yer mikrokline, yer yer de albite dönüşmüş olarak gözlenmektedir.

Alterasyon bütün granitlerde belli ölçüde bulunmakla birlikte özellikle KB, AY ve GS kodlu granitlerde diğerlerine göre daha fazla oranda bulunmaktadır. Bu alterasyonlar; Kırklareli-Balaban (KB) granitlerinde plajiyoklazlarda serizitleşme, Aksaray-Yaylak (AY) granitlerinde ortoklazlarda killeşme ve serizitleşme olarak görülürken Gebze-Sancaktepe (GS) granitlerinde plajiyoklazlarda serizitleşme, ortoklaz ve mikroklinlerde ise albitleşme şeklinde görülmektedir.

Ayrıca Giresun-Vizon, Sarıyahşi İlçesi-Yaylak Köyü, Gebze-Sancaktepe ve Aksaray-Sipahi granitlerinde opak minerallere rastlanmıştır. Özellikle alterasyonun ve granitlerin içerisinde opak mineral bulunmasının alkali agrega reaksiyonuna etkisine ilerleyen bölümlerde değinilecektir.



**Şekil 4.11:** (a): Granitlerin modal minerolojik bileşimine göre Q (Kuvars)- A (Alkali Feldspat)- P (Plajiyoklaz) diyagramında (Streckeisen, 1967) sınıflandırılması, (b): Granitlerin O'Connor (1965) diyagramına göre sınıflandırılması

Granitlerden hazırlanan ince kesitlerin polarizan mikroskobunda incelenmesi sonucu elde edilen modal analizlerden yararlanılarak Stereckeisen (1967) diyagramı elde edilmiştir. Granitlerin içerisindeki mineral oranlarına göre hazırlanan bu diyagrama göre granitlerin adlandırması yapılmıştır (Şekil 4.11 a).

Granitik kayalarda yapılan kimyasal analizler sonucunda elde edilen veriler ışığında hazırlanan Albit-Anortit-Ortoklaz diyagramına göre yapılan adlandırma ise Şekil 4.11 b' de verilmiştir.

Ayrıca bu bölümde; Kırklareli- Balaban, Çatalca- Şeytandere, Gebze Sancaktepe, Çanakkale- Kestanbol, Armutlu- Fıstıklı, İzmir – Bergama- Kozak, Giresun-Vizon, Erdek, Aksaray- Yaylak ve Eskişehir- Sivrihisar Bölgelerinden alınan granit örneklerinin makroskobik ve mikroskobik özellikleri sırası ile tanımlanmıştır.

#### **4.2.1. Balaban Bölgesi (Kırklareli)**

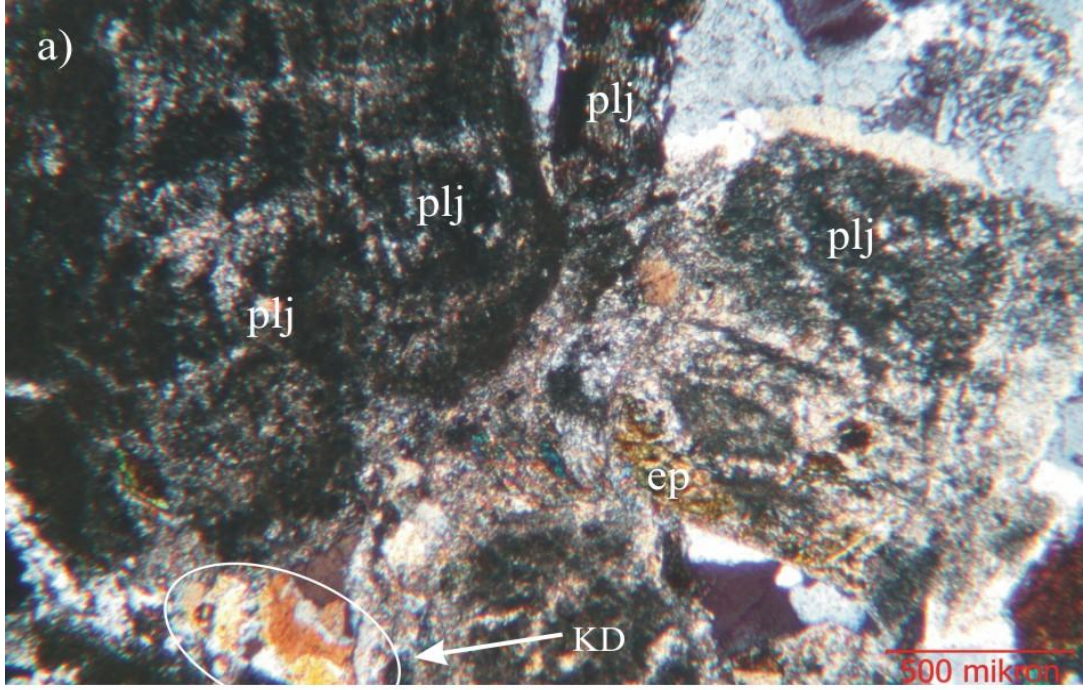
Kırklareli-Balaban Bölgesinde yapılan arazi çalışmalarında yeşil renkli, orta ince taneli granitik kayalar granitik gnays olarak tanımlanmıştır.

İnce kesitlerin de bu çalışmayı destekler nitelikte olduğu görülmektedir. Granitin Stereckeisen, (1967) modal analiz diyagramında monzo granit (Şekil 4.11a), O'Connor (1965) diyagramına göre ise granodiyorit olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.11b).

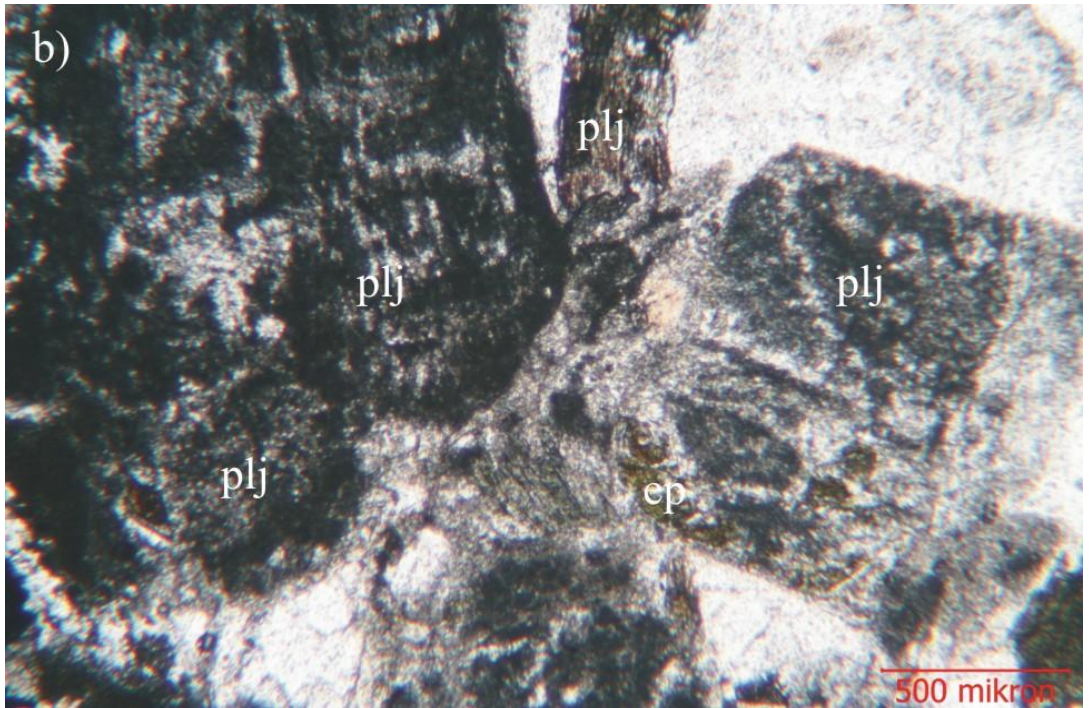
Kayacın dokusal olarak incelenmesi sonucunda nematogranoblastik dokuya sahip olduğu görülmektedir. Mineral bileşimi olarak kuvars, ortoklaz, plajiyoklaz ve amfibolden hornblend oluşmaktadır. Tali mineral olarak ise klorit, epidot, sfen ve opak mineraller görülmektedir (Şekil 4.12a,b). İkincil mineraller olarak ise muskovit ve klorittir.

Feldspatlarda killeşme, serizitleşme ve kloritleşme gözlenir. Kesitte görülen plajiyoklaslar son derece ayrıışmış ve ayrıışma yüzeyi tamamen serizitleşmiş hatta muskovite dönüşmüştür. Ortoklazlarda ise pertitleşme görülmektedir.



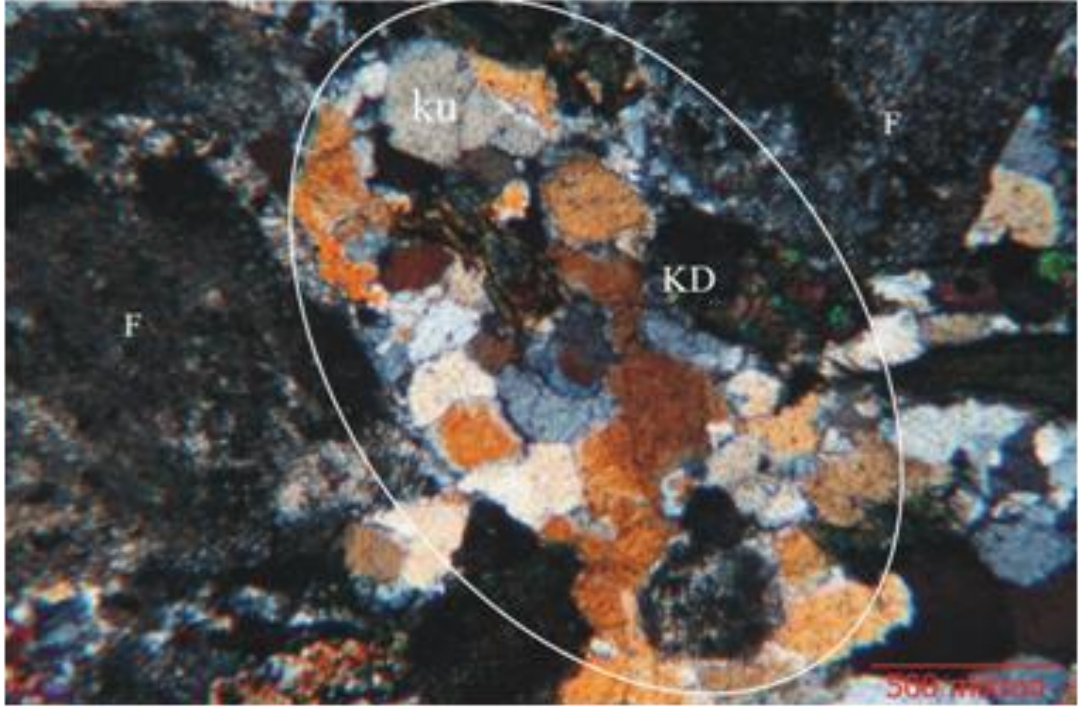


**Şekil 4.12: a)** Kırklareli- Balaban'dan alınan granit örneğinde plajiyoklaz minerallerinde görülen killeşme, serizitleşme ve epidotlaşma (plj: plajiyoklaz, e: epidot, KD: kataklastik doku) (Çift Nikol, 25X)



**Şekil 4.12: b)** Kırklareli- Balaban'dan alınan granit örneğinde Plajiyoklaz minerallerinde görülen killeşme, serizitleşme ve epidotlaşma (plj: plajiyoklaz, ep: epidot) (Tek Nikol, 25X)

Metamorfizma sebebi ile koyu renkli minerallerce belirginleşen yönlü doku- gnays dokusu oluşturmaktadır. Düşük dereceli metamorfizmayı gösteren bir diğer özellik ise, metamorfizma sonucu oluşan yeşil renkli mineraller (muskovit, epidot, klorit) ile kataklastik dokunun oluşmasıdır (Şekil 4.13).



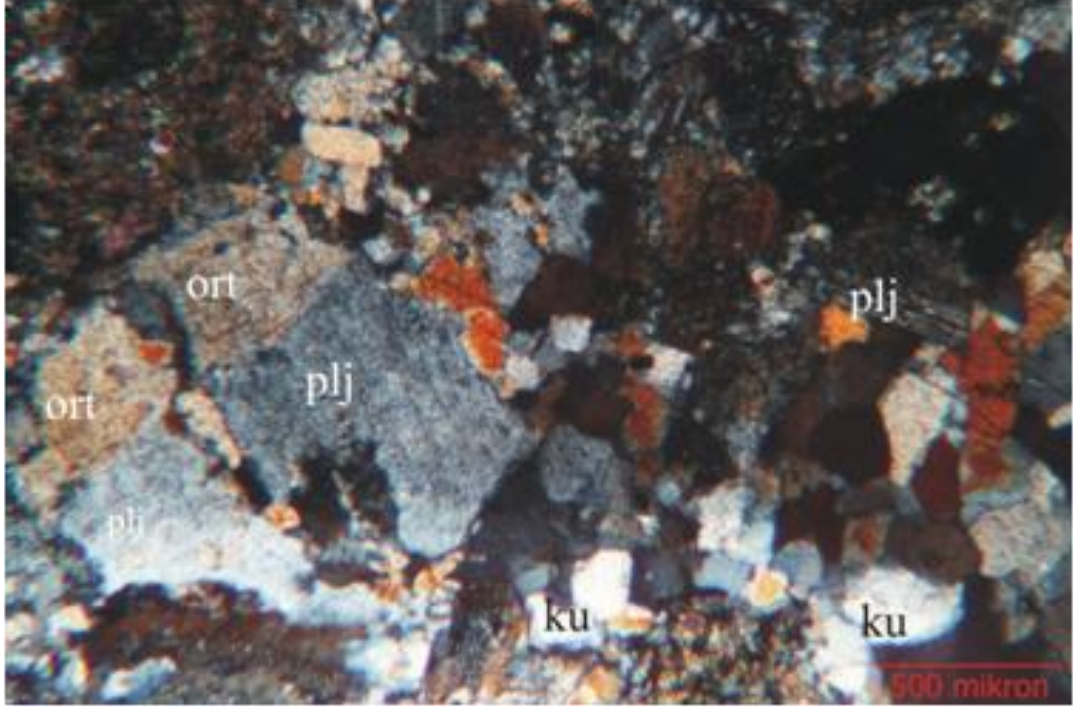
**Şekil 4.13:** Kırklareli- Balaban'dan alınan granit örneğinde kataklastik dokunun genel görünümü (ku: kuvars, F: feldspat, KD: kataklastik doku) (Çift Nikol 25X)

#### 4.2.2. Şeytandere Bölgesi (Çatalca)

Arazi çalışmalarında ve ince kesit çalışmalarında granitik gnays olarak tanımlanan Çatalca Şeytandere meta-graniti, ince orta taneli, holokristalin taneseli dokulu ve yer yer Balaban granitinde olduğu gibi gnays ve şist doku gösteren bir kayadır. Streckeisen, 1967 modal analiz diyagramında monzogranit bölgesinde konumlanmaktadır (Şekil 4.11a). O'Connor (1965) Ab-An-Or diyagramına göre ise granodiyorit olarak belirlenmiştir (Şekil 4.11b).

Çatalca metagraniti mineralojik bileşim olarak ortoklaz, kuvars, plajiyoklaz ve mafik mineral olarak amfibol, biyotitten muskovit ve klorit oluşmaktadır (Şekil 4.14). Açık renkli minerallerce oldukça zengin olup, mafik minerallerin oranı % 15'i

geçmemektedir. Bununla birlikte ayrışmaya uğramış mineral oranının da oldukça fazla olduğu görülmektedir.



**Şekil 4.14:** Şist dokusu gösteren Çatalca meta-granitinin polarizan mikroskoptaki görüntüsü (plj: plajyoklas, ku: kuvars, ort: ortoklaz) (Çift Nikol, 25X)

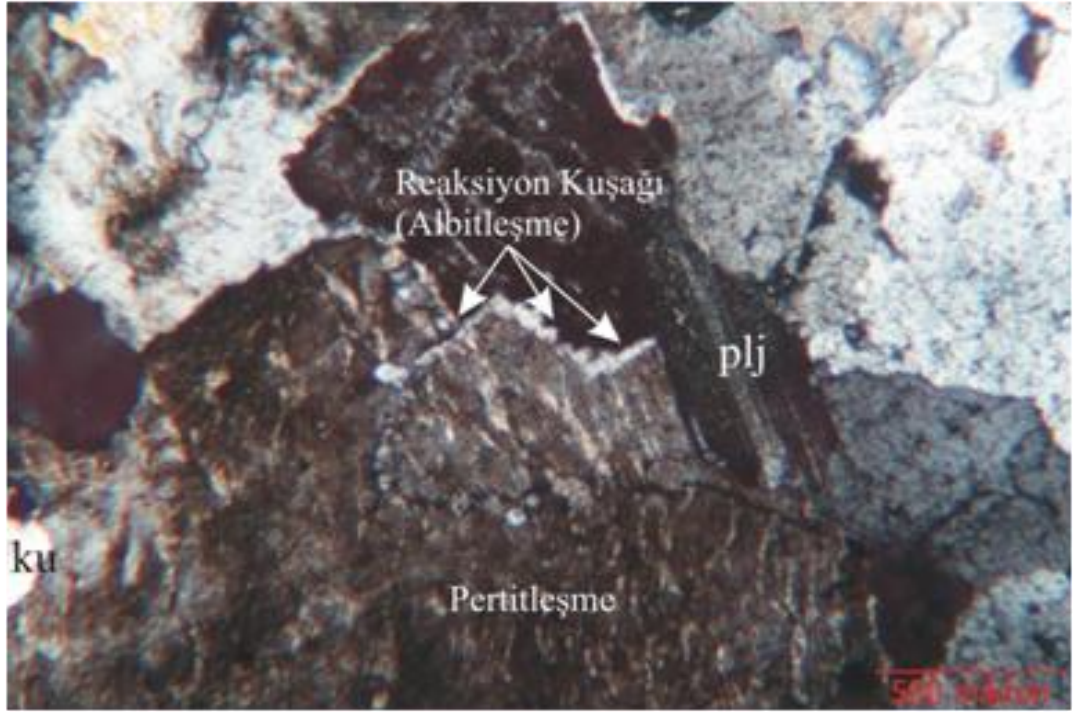
Kuvars mineralleri diğer minerallerin arasını doldurur şekilde, öz şekilsiz, temiz yüzeyle olarak gözlenmektedirler. Kuvarlarda metamorfizma göstergesi olan dalgalı sönme ve şeker dokusu görülmektedir. Klorit, muskovit ve biyotit gibi mafik mineraller de ise yönlenme görülmektedir.

Feldispat minerallerinden plajiyoklazlar, orta-iri taneli, çubuğumsu-prizmatik biçimli yarı-özşekilli-özşekilli kristaller halinde olup, polisentetik ikizlenme göstermektedirler. Ortoklazlar ise yarı özşekilli- özşekilsiz iri fenokristaller halinde, karlsbad ikizlenmeli, yer yer albitleşmiş olarak gözlenmektedir. Feldispatlarda serizitleşme ve killeşme türü ayrışmaya rastlanılmaktadır.

### 4.2.3. Sancaktepe Bölgesi (Gebze)

Sancaktepe graniti kayaç örneklerinin, el örneği düzeyinde yapılan petrografik çalışmalarda granit olarak tanımlandığı, ince kesitlerinin de bu çalışmayı destekler nitelikte olduğu görülmüştür. Streckeisen, 1967 modal analiz diyagramında ise Gebze-Sancaktepe graniti monzogranit bölgesinde konumlanmaktadır (Şekil 4.11a). O'Connor (1965) diyagramına göre ise granit olarak belirlenmiştir (Şekil 4.11b). El örneği olarak bakıldığında bol miktarda kuvars ve feldspat mineraline rastlanır. Kuvars yağimsı camsı parlaklığı ve grimsi rengi ile alkali feldspat olan ortoklaz ise levha şeklinde görünümü ile tanımlanabilmektedir. Granit orta- iri taneli bir görünüm sergilemektedir.

İnce kesit çalışmalarında örnekler çok homojen olup, genelde granit, siyenogranit olarak adlandırılmıştır. Dokusal olarak holokristalin taneli doku gözlenmektedir. Mineralojik bileşim olarak açık renkli minerallerden; ortoklaz ve kuvars bol miktarda, plajiyoklaz ise daha az miktarda görülmektedir. Nokta sayma yöntemi ile incelendiğinde açık renkli mineral oranı % 30-35 iken mafik mineral oranı % 5'i geçmemektedir. Ortoklazlar iri fenokristalli, yarı özşekilli- özşekilsiz görünümde, çift nikolde gri ve tonlarında ancak killeşme gösterenler toprağimsı görünümde dirler. İleri derecede pertitleşme ile yer yer mikrokline, yer yer de albite dönüşmüş olarak gözlenmektedirler (Şekil 4.15). Ayrıca iki ortoklaz fenokristali sınır teşkil ediyorsa, arada bir reaksiyon kuşağı (Şekil 4.15) gelişmiş durumdadır. Bu kuşak ince bir zon halinde ve küçük yeni albit kristalleri şeklindedir. Ortoklaz mineralleri çok yaygın olarak pertitleşme göstermektedir. Yama, şeritsi, ipliksi pertit türleri tüm kesitlerde yaygın olarak gözlenmektedir (Şekil 4.15). Ortoklaz ve mikrokline albitleşme görülmektedir. Albitleşme Na bakımından zengin çözeltilerin önceden oluşmuş olan ortoklaz mineralleri içerisinde albit kristallerinin yer almasıyla oluşan kenetlenme olayıdır. Plajiyoklaz mineralleri tüm feldispatlar içerisinde ortoklazdan az bulunmaktadır. Genellikle polisentetik ikizlenmeli olarak, nadiren de çift yönde polisentetik ikizlenmeli, gri girişim renkli, prizmatik biçimli, yarı özşekilli-özşekilli gözlenmektedir. Bununla birlikte plajiyoklazlarda da serizitleşme ve pertitleşme görülmektedir.



**Şekil 4.15:** Gebze granitindeki ortoklaz minerallerinde pertitleşme ve mineraller arası reaksiyon kuşağının görünümü (ku: kuvars, plj: plajiyoklaz) (Çift Nikol, 25X)

Kuvars mineralleri özşekilsiz mineraller halinde, feldispatların ve diğer minerallerin arasını doldurur şekilde gözlenmektedir. Genellikle renksiz ve temiz yüzeyli olarak; bazı kesitlerde ise katalazma etkisinden dolayı çatlaklı olarak gözlenmektedir.

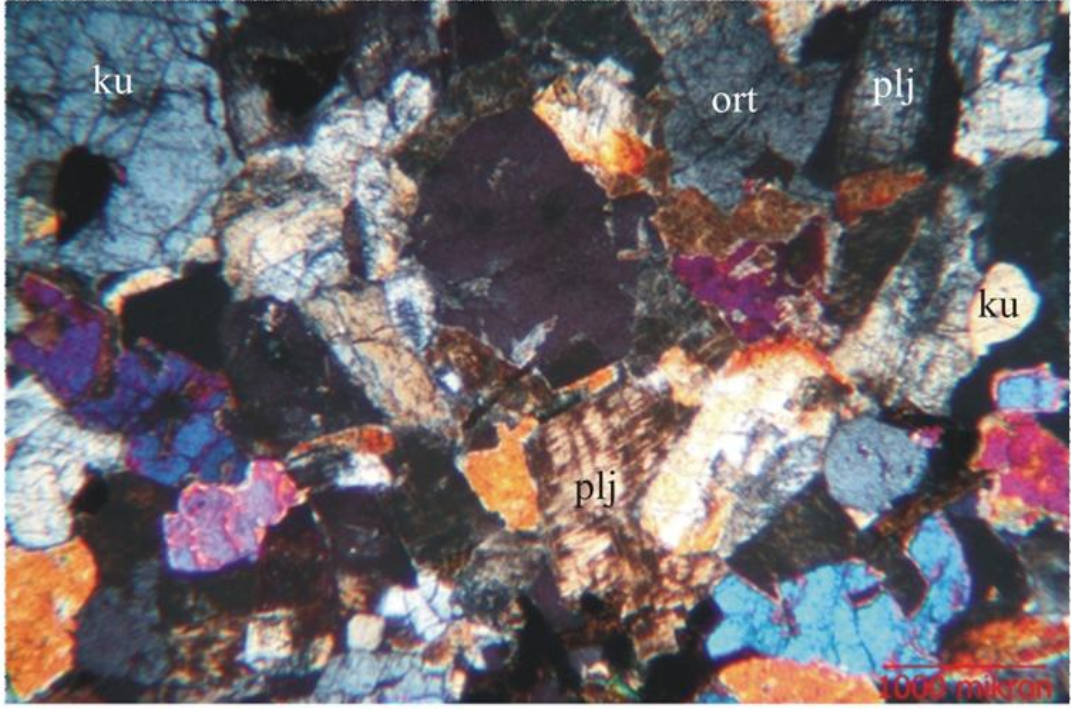
Mafik mineral olarak yer yer kloritleşmiş biyotit minerallerine rastlanmaktadır. Biyotit içerisinde ise tali mineral olarak zirkon kapanımları gözlenir.

#### **4.2.4. Fıstıklı Bölgesi (Armutlu)**

Armutlu- Fıstıklı Bölgesinden alınan granitler el örneğinde incelendiğinde granodiyorit olarak tespit edilirken ince kesit incelemeleri de bunu destekler niteliktedir. Streckeisen, 1967 jeokimyasal isimlendirme diyagramında kuvars monzogranit, O'Connor (1965) isimlendirme diyagramında da kuvars monzonit olarak belirlenmiştir (Şekil 4.11 a,b).

İnce kesit çalışmalarında orta-iri taneli dokuya sahip olduğu gözlemlenmektedir. Nokta sayma ile açık renkli mineraller % 76 oranında bulunurken mafik mineral oranı % 17,5

olarak belirlenmiştir (Şekil 4.10). Kuvars, plajiyoklaz ve ortoklaz bol miktarda görülürken, mafik minerallerden ise; kısmen kloritleşme gösteren biyotit, amfibol ve yer yer tremolit/ aktinolite dönüşmüş piroksenler görülmektedir.



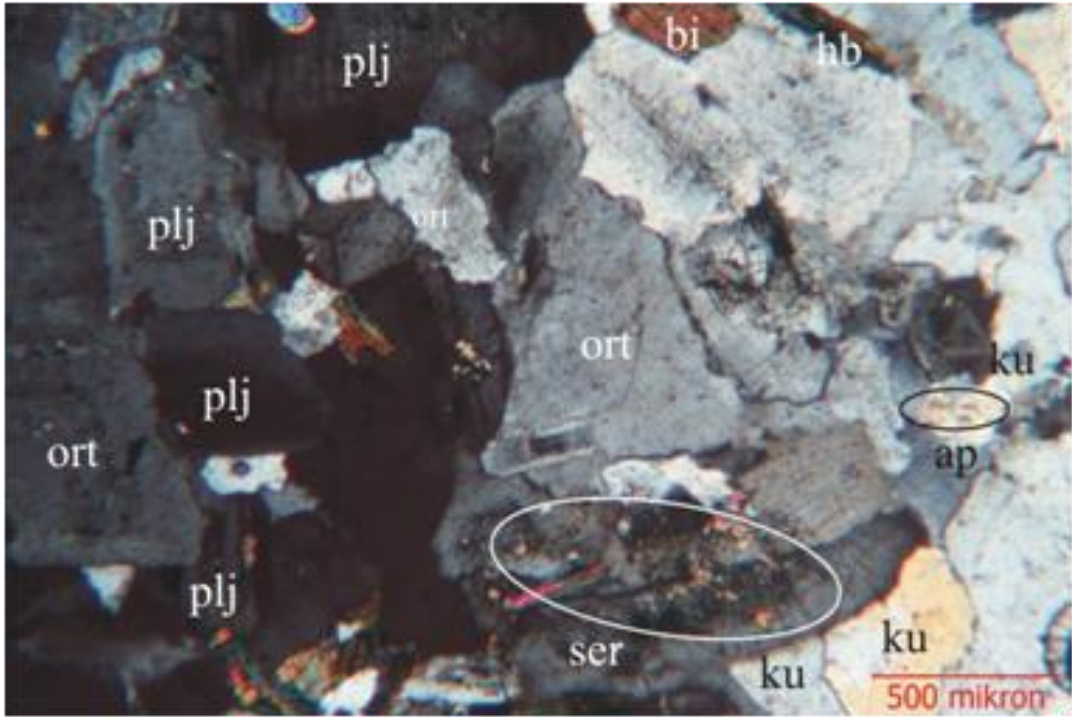
**Şekil 4.16:** Fıstıklı granitinin (Armutlu Bölgesi) genel görünümü (ort: ortoklaz, plj: plajiyoklaz, ku: kuvars) (Çift Nikol, 10X)

Ortoklazlar yarı özşekilli-özşekilsiz görünümde gri ve tonlarında killeşme gösteren toprağımsı görünümde dirler. Plajiyoklazlar genellikle polisentetik ikizlenmeli olarak, nadirende çift yönde polisentetik ikizlenmeli, gri girişim renkli, prizmatik biçimli, yarı özşekilli-özşekilli gözlenmektedir (Şekil 4.16). Ayrıca az miktarda killeşme çok daha az miktarda serizitleşme görülmektedir. Oluşan kloritleşme ve serizitleşme minerallerin tamamını etkilemediği için bu duruma zayıf hidrotermal alterasyon sebep olduğu düşünülmektedir.

#### 4.2.5. Erdek Bölgesi (Kapıdağ Yarımadası)

Erdek graniti el örneği düzeyinde yapılan petrografik çalışmalarda ve ince kesit olarak incelendiğinde granodiyorit olarak tespit edilmiştir. Jeokimyasal isimlendirme diyagramında ise monzogranit ve granodiyorit olarak belirlenmiştir (Şekil 4.11 a,b) (Streckeisen, 1967; O'Connor,1965).

İnce kesitte incelendiğinde ince taneli bir dokuya sahip olduğu görülür, açık renkli mineral olarak kuvars, plajiyoklaz ve ortoklaz bulunmaktadır. Mafik mineral oranı % 9,5 gibi az bir oranda olmakla birlikte biyotit ve amfibole rastlanmaktadır.



**Şekil 4.17:** Erdek granitinin mikroskopta genel görünüşü ve plajiyoklazlarda görülen serizitleşme (ort: ortoklaz, ku: kuvars, plj: plajiyoklaz, ap: apatit, ser: serizitleşme) (Çift Nikol, 25X)

Plajiyoklaz mineralleri kesit içerisinde ortoklazdan fazla bulunmaktadır. Genellikle polisentetik ikizlenmeli olarak, nadiren de çift yönde polisentetik ikizlenmeli, gri girişim renkli, prizmatik biçimli, yarı özşekilli- özşekilli gözlenmektedir. Plajiyoklazlarda az miktarda serizitleşme ve farklı bir magma ile karıştığını gösteren erime çözünme dokusu bulunmaktadır (Şekil 4.17). Ayrıca plajiyoklazların albitçe zengin kısımlarında muskovit oluşumları izlenmektedir.

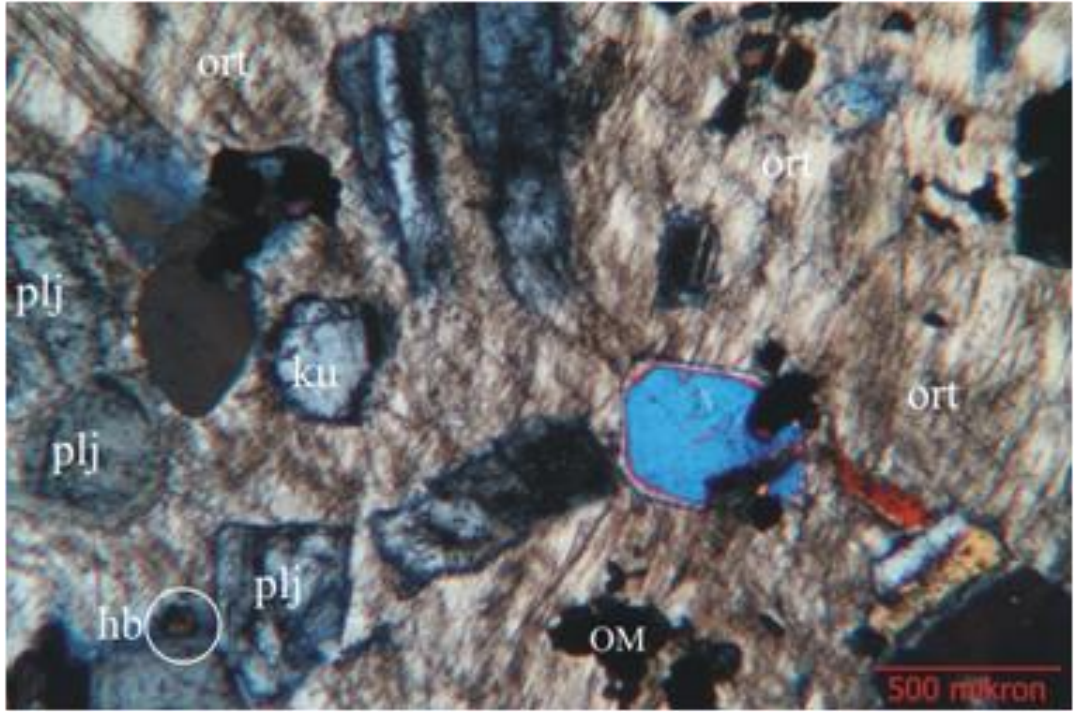
Kuvarlar öz şekilsiz ve diğer minerallerin arasındaki boşlukları doldurur şekilde bulunmaktadır. Genellikle renksiz ve temiz yüzeyli olarak gözlenmektedir. Tali mineral olarak titanit görülür. Ayrıca hidrotermal alterasyonun meydana geldiğini gösteren klorit, muskovit oluşumları ve feldspatlarda killeşme meydana gelmiştir.

#### **4.2.6. Kestanbol Bölgesi (Çanakkale)**

Çanakkale- Kestanbol granitleri el örneği olarak incelendiğinde kuvars monzonit olarak tanımlanmıştır. Kuvars, plajiyoklaz ve ortoklazlar el örneklerinde kolayca tanınabilmektedir. Ayrıca granitler orta-iri taneli bir görünüme sahiptir. Mineralojik incelemesi sonucunda da aynı tanım ortaya çıkmıştır. Streckeisen, 1967 jeokimyasal isimlendirme diyagramında ise siyeno-granit bölgesinde, O'Connor (1965) diyagramına göre ise granit bölgesinde konumlanmaktadır (Şekil 4.11a,b). Nokta sayma yöntemi ile incelendiğinde açık renkli mineral oranı % 87 oranında çıkarken mafik mineral oranı ise % 12 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.10). Granit holokristalin taneseli, tüm kristalli kısmen monzonitik dokuya sahiptir.

Mikroskopta mineralojik olarak incelendiğinde açık renkli minerallerden; ortoklaz, plajiyoklaz ve kuvars, koyu renkli mineral olarak ise hornblend ve biyotit görülmektedir. Ortoklazlar iri kristalli, yarı özşekilli- özşekilsiz, gri ve tonlarında ancak killeşme gösterenler toprağımsı görünümündedirler. İnce kesitte ortoklazlar oldukça fazla olarak görülmekle birlikte plajiyoklaz, biyotit ve amfiboller bu mineraller içerisinde kapanım olarak bulunmakta ve monzonitik bir dokuyu oluşturmaktadır (Şekil 4.18). Bununla birlikte az miktarda bulunan kuvars mineralleri diğer mineraller arasındaki doldurmakta, tali mineral olarak ise titanit, zirkon, apatit ve opak mineraller bulunmaktadır.





**Şekil 4.18:** Kestanol graniti içindeki monzonitik dokunun genel görünümü (ort: ortoklaz, plj: plajiyoklaz, hb: hornblend, OM: opak mineraller) (Çift Nikol, 25X)

Kestanol graniti pek çok temiz yüzey verdiği için bölgede pek çok taş ocağı bulunmaktadır. Yapı malzemesi olarak kullanılan birim kayaları agrega olarak da değerlendirilebilir.

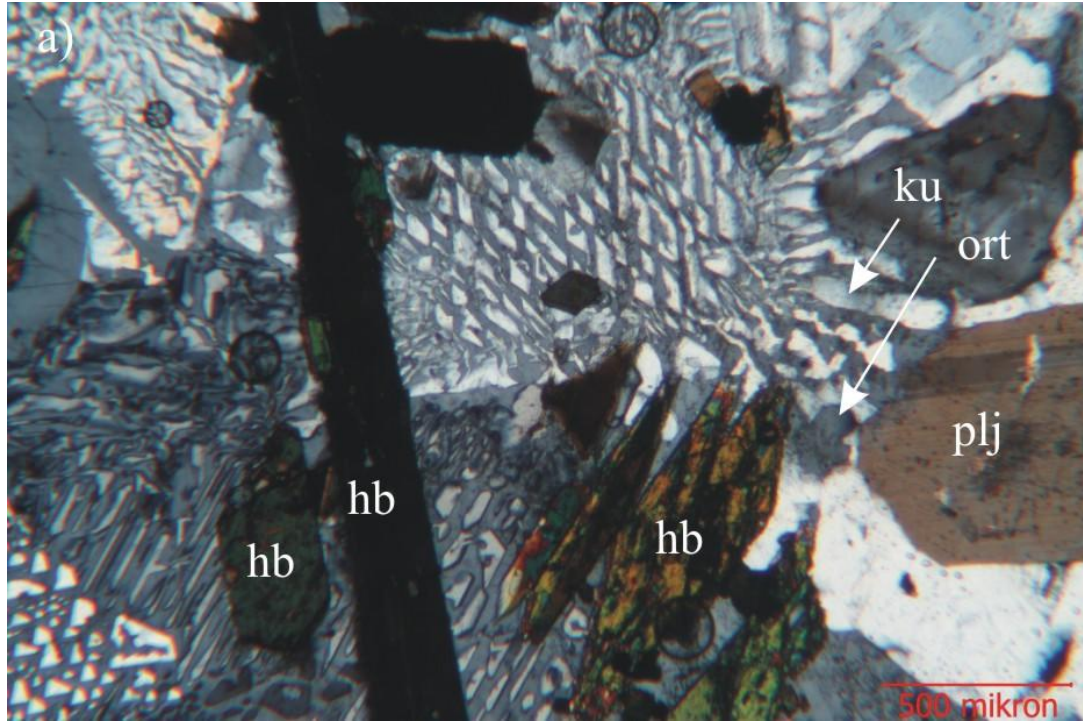
#### **4.2.7. Kozak Bölgesi (Bergama- İzmir)**

Kozak granitinin el örneğine bakıldığında ve ince kesit olarak incelendiğinde granodiyorit olduğu tespit edilmiştir. Jeokimyasal isimlendirme diyagramlarında ise monzogranit, kuvars monzonit olduğu görülmektedir (Şekil 4.11a,b) (O'Connor,1965; Streckeisen, 1967).

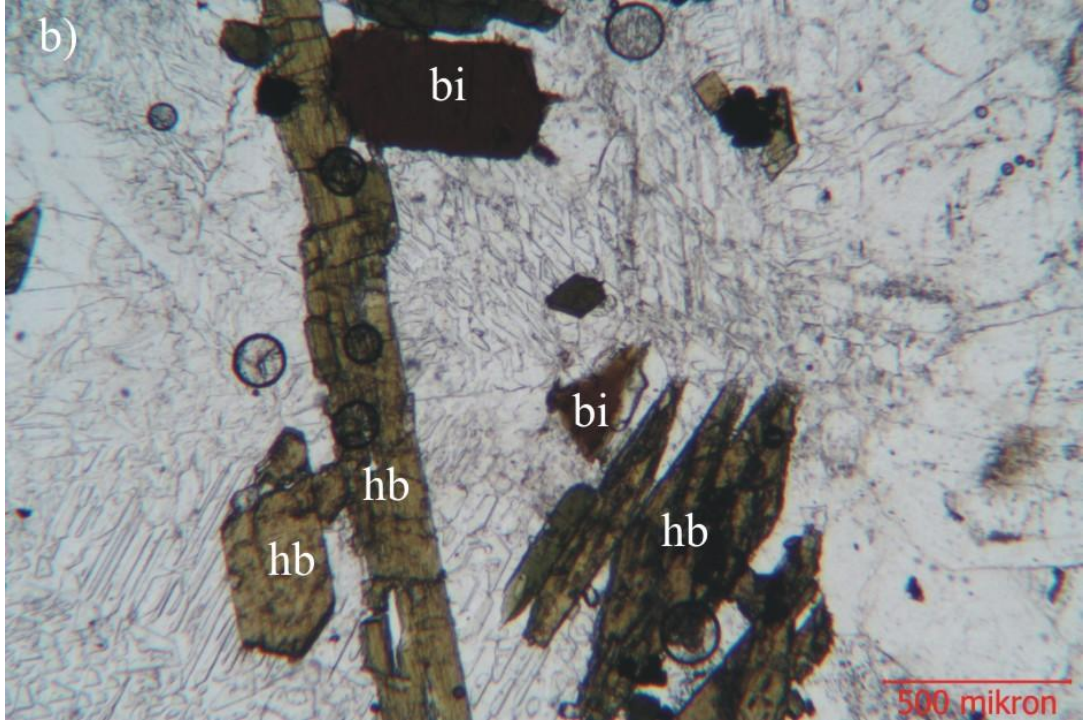
Mikroskop incelemesinde tüm kristalli yarı öz şekilli taneseli doku görülmektedir. Nokta sayma yöntemi ile açık renkli mineral oranı % 80'in üzerinde olmakla birlikte mafik mineral oranı ise %12'dir. Granit içerisinde açık renkli mineral olarak; plajiyoklaz, kuvars ve ortoklaz, mafik mineral olarak ise hornblend ve biyotit bulunmaktadır (Şekil 4.19 b).

Ortoklazlar içinde kuvars kurtçukları grafik dokunun oluşmasına neden olur. Kozak granodiyoridi içerisinde grafik doku yaygındır (Şekil 4.19a). Biotit mineralleri kızılımsı-kahve renkli, sarıdan-koyu kahverengine kuvvetli pleokroyizma gösteren, yarıözşekilli-özşekilli, levhamsı biçimde gözlenmektedir. Bununla birlikte biyotit içinde bol miktarda zirkon bulunmaktadır. Ortoklazlarda killeşme, plajiyoklazlarda ise killeşme ve serizitleşme görülmektedir.

Granit içerisinde tali mineral olarak sfen, zirkon ve apatit bulunmaktadır. Ayrıca bol miktarda opak minerale ve piritte de rastlanmaktadır.



**Şekil 4.19:a)** Kozak granodiyoriti içinde yaygın olarak görülen grafik dokunun mikroskobik görünümü (hb: hornblend, plj: plajiyoklaz, ort: ortoklaz, ku: kuvars) (Çift Nikol, 25X)



**Şekil 4.19:b)** Kozak granodiyoitinde görülen hornblend ve biyotit minerallerinin mikroskopik görünümü (hb: hornblend, bi: biyotit) (Tek Nikol, 25X)

Kozak granodiyoritinin bulunduğu alan içerisinde pek çok taş ocağı mevcuttur. Parke taşı ve granit-mermer olarak kullanımı dışında agrega olarak kullanımının da sağlanması için bazı incelemelerin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bunlardan en gerekli olan alkali-silis reaksiyonu deneylerinin yapılması bu çalışma kapsamında gerçekleştirilmiş olup, sonuçları ileriki bölümlerde sunulmaktadır.

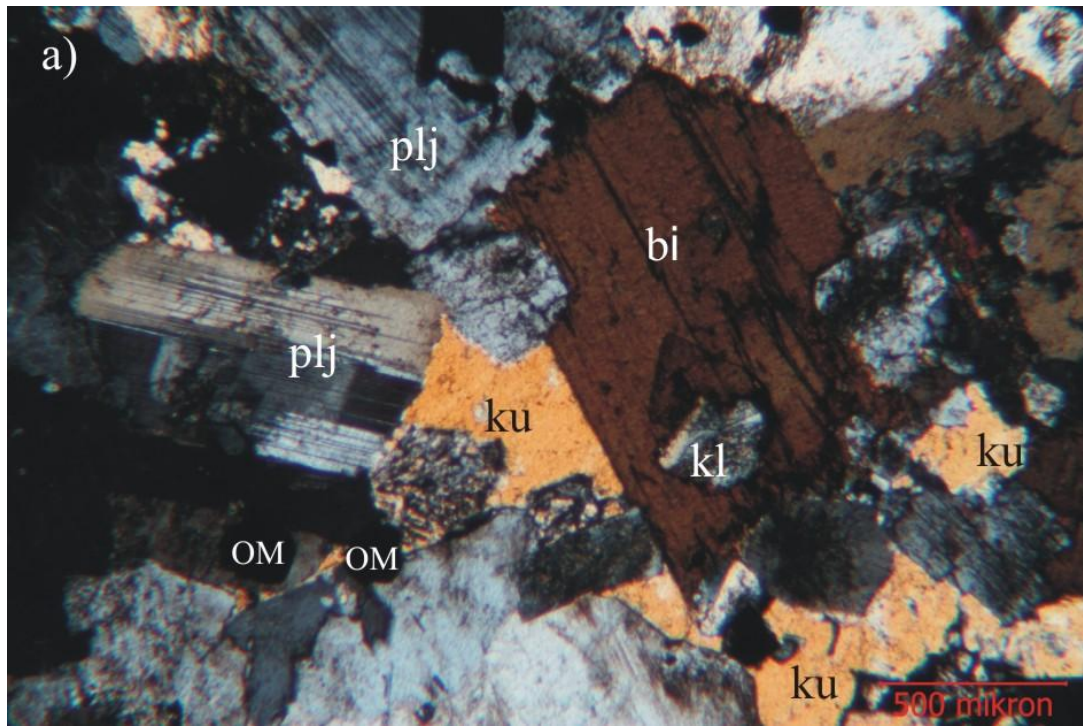
#### **4.2.8. Bulancak Bölgesi (Giresun)**

Vizon'daki granitler el örneği ve ince kesit olarak incelendiğinde siyenit- monzonit olarak adlandırılmıştır. Jeokimyasal isimlendirme diyagramında ise monzogranit bölgesinde konumlandığı görülmektedir (Şekil 4.11a). O'Connor (1965) diyagramına göre ise granodiyorit olarak belirlenmiştir (Şekil 4.11b).

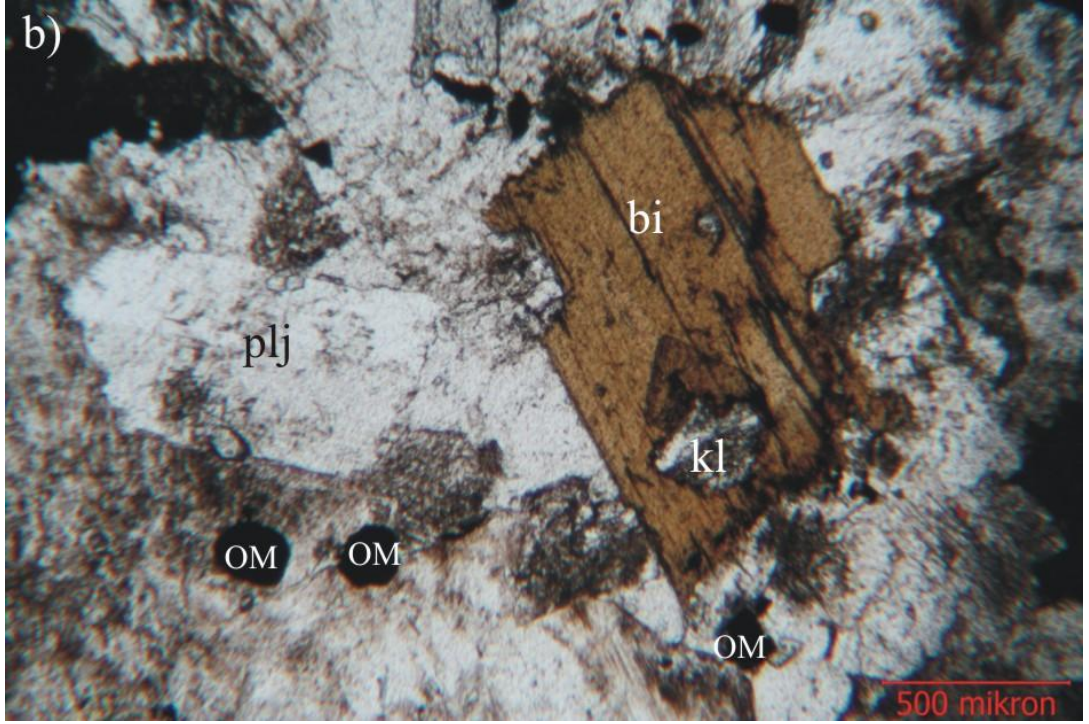
Mineral bileşimine bakıldığında ağırlıklı olarak ortoklaz, plajiyoklaz ve az miktarda kuvarsa rastlanmaktadır. Nokta sayma yöntemi ile açık renkli mineral oranı % 82 koyu renkli mineral oranı ise % 13 olarak saptanmıştır (Şekil 4.10). Koyu renkli mineral

olarak ise hornblend ve biyotit bulunur. İkincil mineral olarak klorit ve tali mineral olarak epidot mineralleri görülmektedir.

Ortoklazlarda killeşme, ortoklaz plajiyoklaz sınırında ise albitleşme, plajiyoklazlarda killeşme ve serizitleşme görülmektedir. Granit öz şekilli tüm kristalli ince- orta taneli bir dokuya sahiptir. Hidrotermal alterasyon sebebi ile epidotlaşma, serizitleşme ve killeşme görülmektedir.



**Şekil 4.20:a)** Vizon granitinin (Giresun) mikroskopta genel görüntüsü (hb: hornblend, kl: klorit, ku: kuvars, plj: plajiyoklaz, bi: biyotit, OM: opak mineral) (Çift Nikol, 25X)



**Şekil 4.20:b)** Vizon graniti içindeki biyotit minerallerinin mikroskopta görünümü (hb: hornblend, kl: klorit, ku: kuvars, plj: plajiyoklaz, bi: biyotit, OM: opak mineral) (Tek Nikol, 25X)

İnce kesitte denge kristalizasyonu nedeniyle hornblend minerallerinde kısmen biyotite dönüşüm gözlenebilmektedir. Biyotitler ise kuvvetli pleokroyizma özelliği göstermesi ve içerisinde tali mineral olarak zirkon minerali bulundurması ve kloritleşme türü bozunma göstermesi ile karakteristiktir (Şekil 3.20 a,b). Piroksenler denge kristalizasyonu sebebi ile amfibole ve yer yer de biyotite dönüşmüştür. Kuvarslar kırılma özelliği gösterirken az miktarda kataklastik dokuya da rastlanmaktadır.

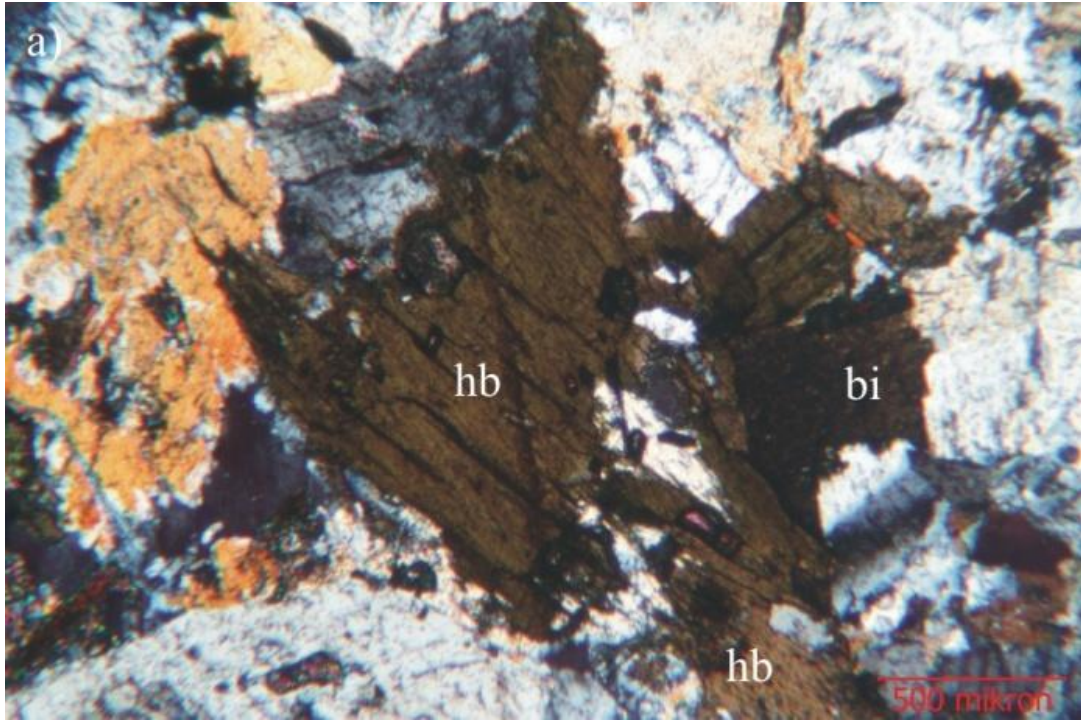
#### **4.2.9. Yaylak (Aksaray )**

Yaylak graniti el örneği olarak incelendiğinde granit, ince kesit olarak incelendiğinde ise monzogranit olarak tespit edilmiştir. Jeokimyasal isimlendirme diyagramına göre ise monzogranit ile kuvars monzonit arasındaki bir bölgede kalmaktadır (Şekil 4.11a). O'Connor (1965) diyagramına göre ise granodiyorit olarak belirlenmiştir (Şekil 4.11b).

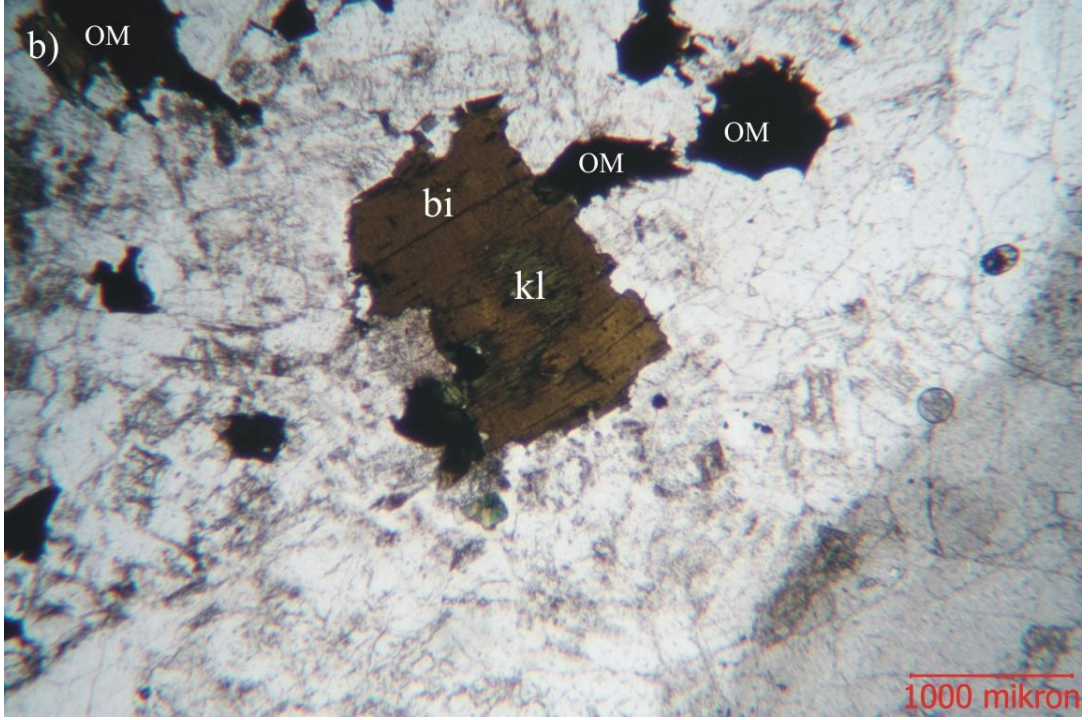
Yaylak granitleri orta taneli, holokristalin taneler dokulu bir kayadır. Minerolojik bileşim olarak plajiyoklaz, kuvars, ortoklaz, biyotit ve az miktarda amfibolden oluşmaktadır. Kuvarlar, grimsi rengi ile plajiyoklazlar, prizmatik şeklindeki görünüşleri ile ortoklazlar ve siyah renkleri ile biyotitler rahatça ayırt edilebilmektedir.

Mikroskopta mineral bileşimine nokta sayma yöntemi ile bakıldığında açık renkli mineraller olan plajiyoklaz, kuvars ve ortoklaz % 71 oranında bulunurken, mafik mineral olarak görülen biyotit ve az miktarda amfibol % 10,5 oranında bulunmaktadır. Amfibollerde ve biyotitlerde az miktarda kloritleşme görülmektedir (Şekil 4.21 a,b). Bununla birlikte opak mineral miktarı da oldukça fazladır. Ayrıca tali mineral olarak bulunmasına karşın zirkon miktarı da oldukça fazladır.

Feldspatlara bakıldığında ortoklazlarda killeşme ve serizitleşme, plajiyoklazlarda ise serizitleşme görülür. Bununla birlikte plajiyoklazlarda ortoklazlara göre daha az miktarda killeşme oluşmuştur.



**Şekil 4.21:a)** Yaylak granitinin (Aksaray) mikroskopta genel görünüşü ve biyotitlerde görülen kloritleşme (ort: ortoklaz, ku: kuvars, plj: plajiyoklaz, bi: biyotit, kl: klorit, OM: opak mineral) (Çift Nikol, 10X)

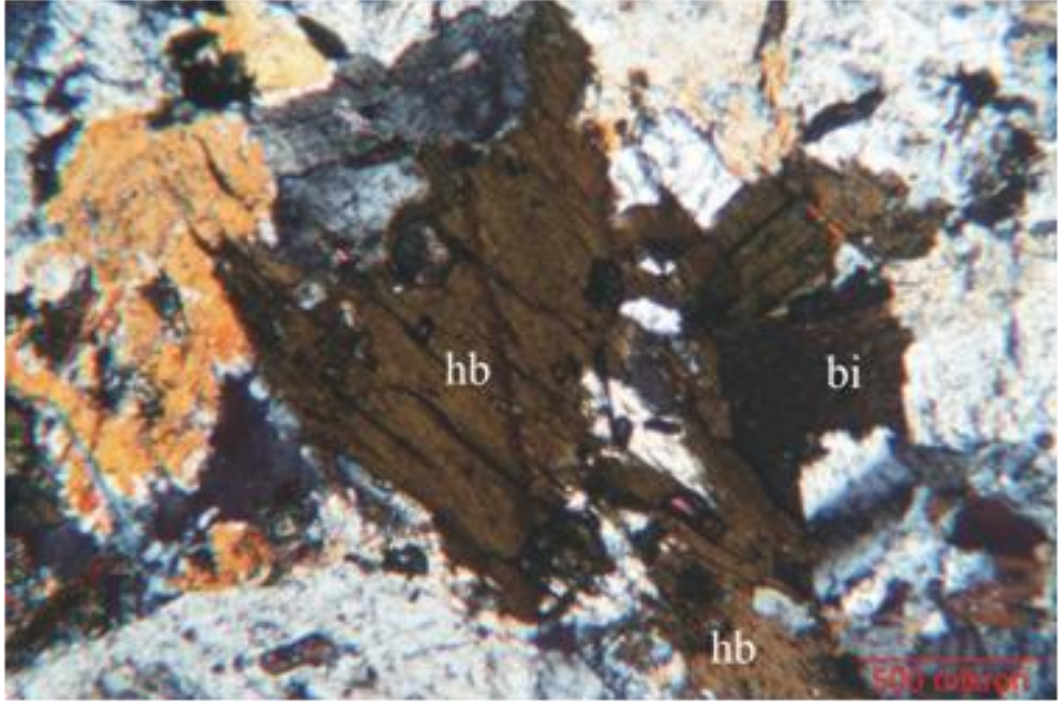


**Şekil 4.21:b)** Yaylak granitinin (Aksaray) mikroskopta genel görünüşü (bi: biyotit, kl: klorit, OM: opak mineral) (Tek Nikol, 10X)

#### **4.2.10. Sipahi (Aksaray)**

Sarıyahşi İlçesi-Sipahi Köyü granitlerine el örneği olarak granodiyorit, ince kesit olarak bakıldığında ise monzogranit olarak tespit edilmiştir. Jeokimyasal isimlendirme diyagramında ise kuvars monzonit bölgesinde görülmektedir (Şekil 4.11a). O'Connor (1965) diyagramına göre ise granodiyorit ile kuvars monzonit arasında kalmaktadır (Şekil 4.11b).

İnce kesite bakıldığında içerisinde saydam kuvarslar, beyazımsı-pembe renkli levha şekilli ortoklazlar, grimsi-beyaz renkli plajiyoklazlar ve koyu renkli biyotitler görülür (Şekil 4.22).



**Şekil 4.22:** Sipahi Köy granitlerinin mikroskopta genel görünüşü (hb: hornblend, bi:biyotit) (Çift Nikol: 25X)

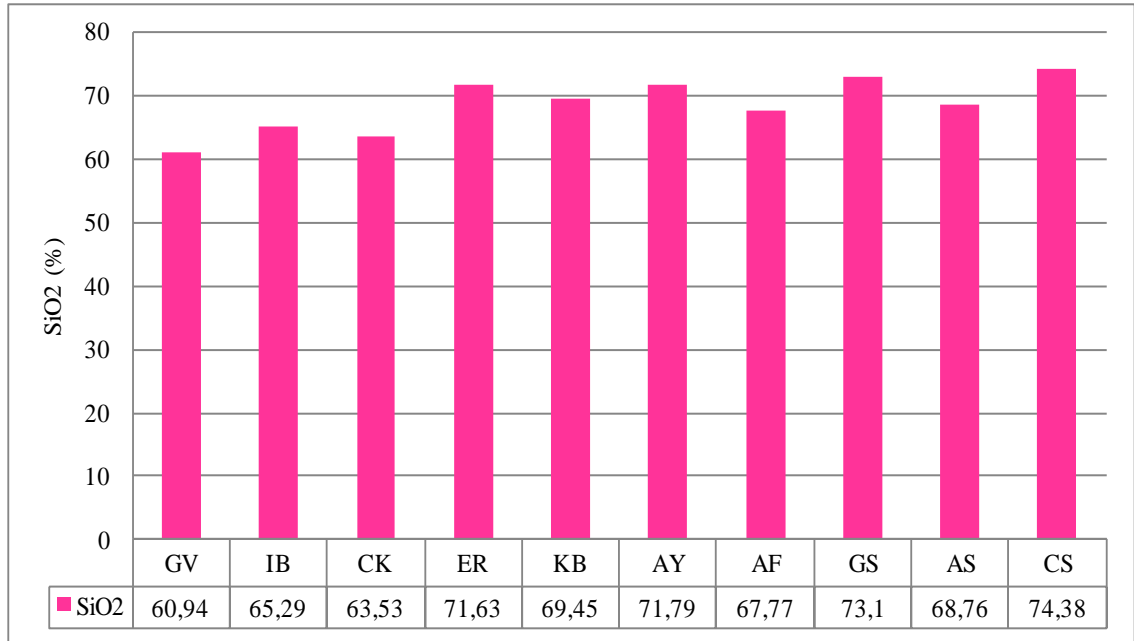
Nokta sayma yöntemi ile açık renkli mineral olarak % 81,5 oranında kuvars, plajiyoklaz ve ortoklaz bol miktarda bulunurken koyu renkli mineraller % 16 oranında hornblend ve biyotit olarak bulunmuştur. Tali bileşen olarak apatit, sfen ve zirkona rastlanmaktadır. İkincil mineral olarak ise epidot, klorit ve opak mineraller oluşmuştur.

Ortoklazlarda killeşmenin yanı sıra plajiyoklazların kalsik kesimlerinde epidotlaşma, biyotitlerde ise epidotlaşma türü bozunmalar görülmektedir.



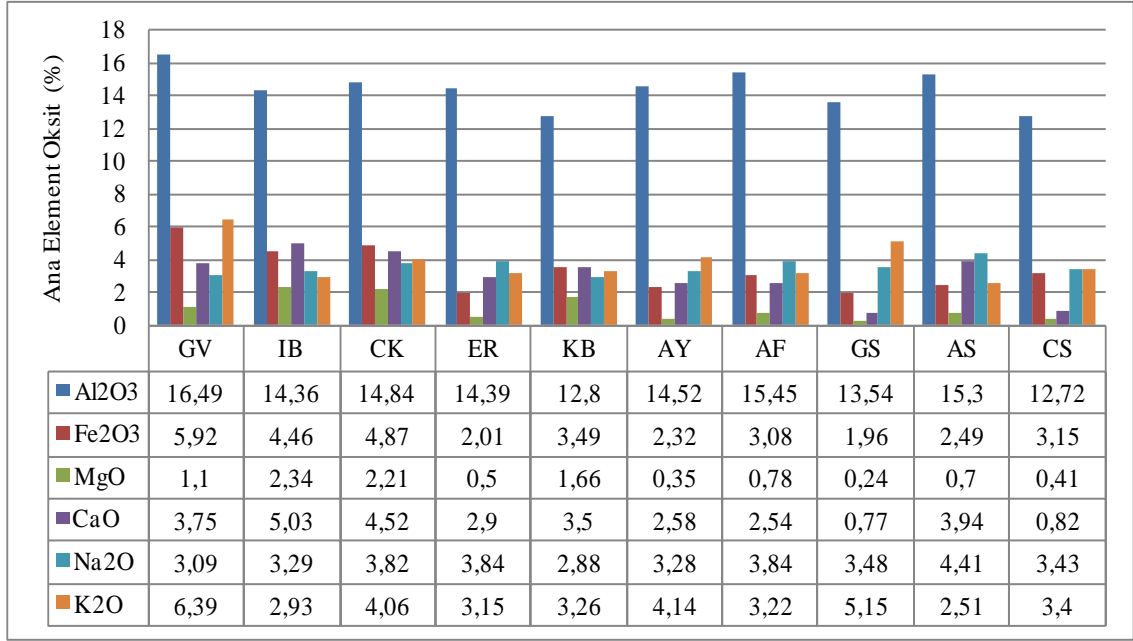
### 4.3. İNCELENEN GRANİTİK KAYAÇLARIN KİMYASAL ÖZELLİKLERİNE GÖRE SINIFLANDIRILMASI

Araştırma kapsamındaki granitlerin jeokimyasal özelliklerini ortaya koymak amacı ile toplam 10 adet örnek ana, iz ve nadir toprak elementleri (REE) analizleri yapılmıştır. Jeokimyasal analizleri yapılacak olan örnekler önce İstanbul Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı Laboratuvarında öğütülerek toz haline getirilmiştir. Kimyasal analizler Kanada ACME Laboratuvarında ICP-MS yöntemine göre yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 4.23 ve Şekil 4.24 de verilmiştir.



**Şekil 4.23:** İncelenen granitlerin SiO<sub>2</sub> içeriği (GV:Giresun-Vizon, IB:İzmir-Bergama, CK:Çanakkale-Kestanbol, ER:Erdek, KB:Kırklareli-Balaban, AY:Aksaray-Yaylak, AF:Armutlu-Fıstıklı, GS:Gebze-Sancaktepe, AS:Aksaray,Sipahi, CS:Çatalca-Şeytandere)

İncelenen granitik kayaçların SiO<sub>2</sub> içeriği 60.94-74.38 (%) arasında olup, ortalama granitik bileşimi yansıtmaktadır (Şekil 4.23).

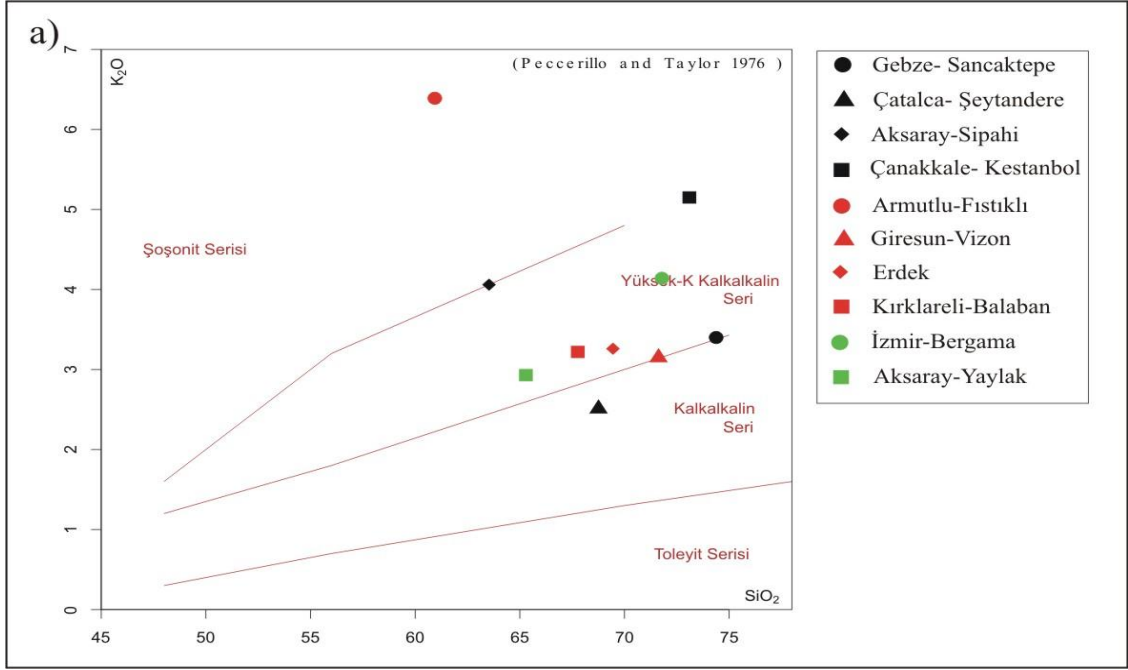


Şekil 4.24: İncelenen granitlerin içerdiği ana element oksit yüzdeleri

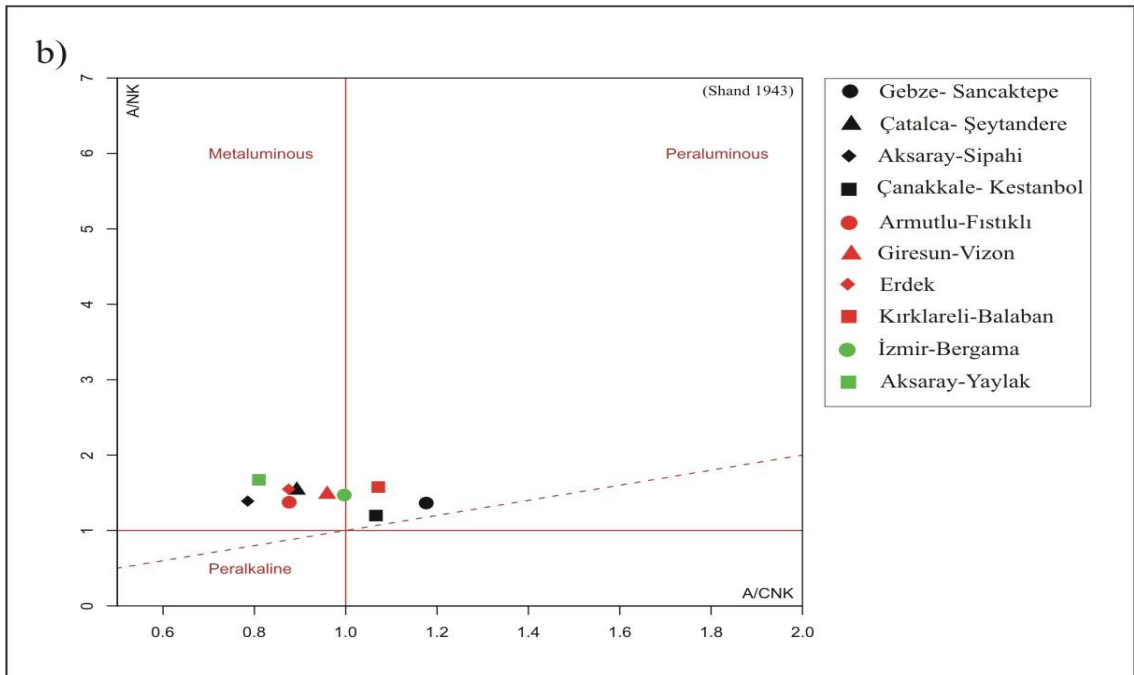
Analiz edilen 10 adet örnekte SiO<sub>2</sub> değerleri % 74,38 ile % 60,94 arasında değişim gösterir. Silis sınıflamasına göre AF (Armutlu-Fıstıklı) örneği ortaç bileşimli iken diğer bütün örnekler asidik bileşimli SiO<sub>2</sub> değerleri görülmektedir. Bütün örnekler içinde Na miktarı % 2,88- 4,41 arasındadır. Potasyum oranı da sodyuma yakın değerler göstermekte ve % 2,51- 6,39 arasında değişmektedir. SiO<sub>2</sub>'ye karşı K diyagramında örnekler genellikle Yüksek-K Kalkalkalin seri olarak sınıflanırken Armutlu-Fıstıklı (AF) örneği diğer örneklere göre daha fazla potasyum oranına sahiptir. Çatalca-Şeytandere (CS) örneği dışındaki diğer örnekler ise benzer oranda potasyum ve SiO<sub>2</sub> oranına sahip olup Yüksek K-Kalkalkalin seri içerisinde yer alır.(Şekil 4.25a).

**Tablo4.1:** İncelenen granitlerin içerdiği ana element oksit, iz element ve nadir toprak element yüzdeleri

Element/Numune	GS	CS	AS	CK	AF	GV	ER	KB	IB	AY
SiO <sub>2</sub>	73,1	74,38	68,76	63,53	67,77	60,94	71,63	69,45	65,29	71,79
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,54	12,72	15,3	14,84	15,45	16,49	14,39	12,8	14,36	14,52
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,96	3,15	2,49	4,87	3,08	5,92	2,01	3,49	4,46	2,32
MgO	0,24	0,41	0,7	2,21	0,78	1,1	0,5	1,66	2,34	0,35
CaO	0,77	0,82	3,94	4,52	2,54	3,75	2,9	3,5	5,03	2,58
Na <sub>2</sub> O	3,48	3,43	4,41	3,82	3,84	3,09	3,84	2,88	3,29	3,28
K <sub>2</sub> O	5,15	3,4	2,51	4,06	3,22	6,39	3,15	3,26	2,93	4,14
TiO <sub>2</sub>	0,44	0,25	0,36	0,61	0,32	0,45	0,25	0,63	0,37	0,13
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,06	0,06	0,27	0,35	0,09	0,37	0,16	0,34	0,47	0,08
MnO	0,03	0,1	0,08	0,1	0,15	0,17	0,08	0,09	0,1	0,07
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,004	0,008	0,005	0,005	0,003	0,003	0,004	0,006	0,008	0,003
Sc	6	4	6	11	7	10	4	6	17	3
Ateşte Kayıp	1	1,1	0,8	0,7	2,6	1	0,9	1,6	1	0,5
Ortalama	99,79	99,8	99,65	99,64	99,82	99,62	99,77	99,67	99,65	99,79
Ba	270	781	1150	859	493	895	773	1123	883	830
Ga	16,7	17,6	18,8	15,5	13,9	14,4	15	16,2	15,6	12,1
Hf	14,2	7,8	6,9	9,7	7,4	10,5	5,6	7,2	12,8	7,6
Nb	53,2	11,9	18	21	5,5	19,2	13	10,4	13,2	7,5
Rb	202,8	128,7	69,6	166,5	109,7	273,9	106	102,6	97,2	146,1
Sr	85,9	107,2	886,8	678,1	145,9	487,1	512,4	513,4	611,3	200,6
Ta	5,4	1	1,1	1,8	0,6	1,3	1	0,8	1,2	0,8
Th	93	22,5	24,2	70,2	17,3	119,7	18,6	23	45,8	33,6
U	31,2	4,1	13,8	16,1	6	33,7	9,6	6,1	13	11,6
Zr	415	272,2	232,9	329,7	277,8	355,8	187,2	260,1	442,4	258,5
Y	80,8	28,4	30,5	25,8	23,7	37	25,5	12,2	32,5	24,6
Mo	0,9	0,6	0,2	0,6	0,9	4,4	0,7	0,2	0,4	0,3
Cu	17,3	1,9	7,1	18,2	14,8	85,4	9,6	9,2	16,1	4,1
Pb	20,4	13,9	4,8	14,6	93,3	92,1	4,8	16,3	11,5	5,4
Zn	23	40	86	19	115	238	40	123	31	47
Ni	4,1	5,5	2,9	6,3	1,1	3,4	3,3	6,7	7,2	1,4
As	0,8	0,8	0,6	1,7	12,3	35,4	1,2	<0,5	0,8	0,6



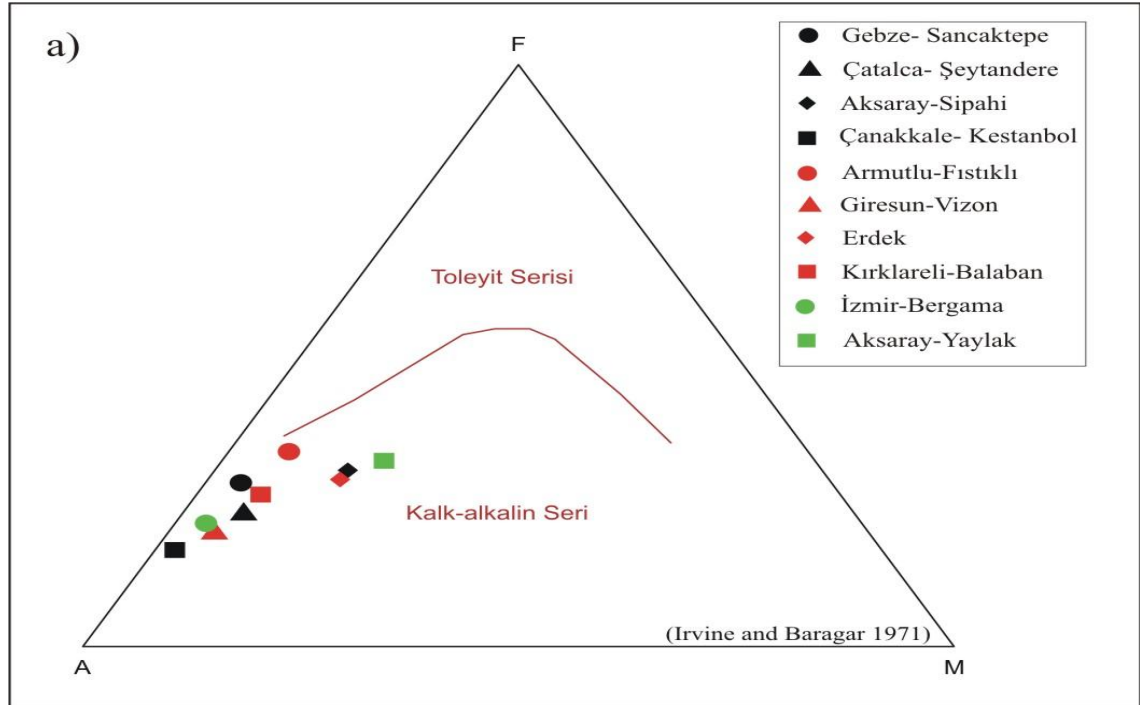
Şekil 4.25:a) Granitlerin  $K_2O$ -  $SiO_2$  diyagramında sınıflandırılması (Peccerillo ve Taylor, 1976)



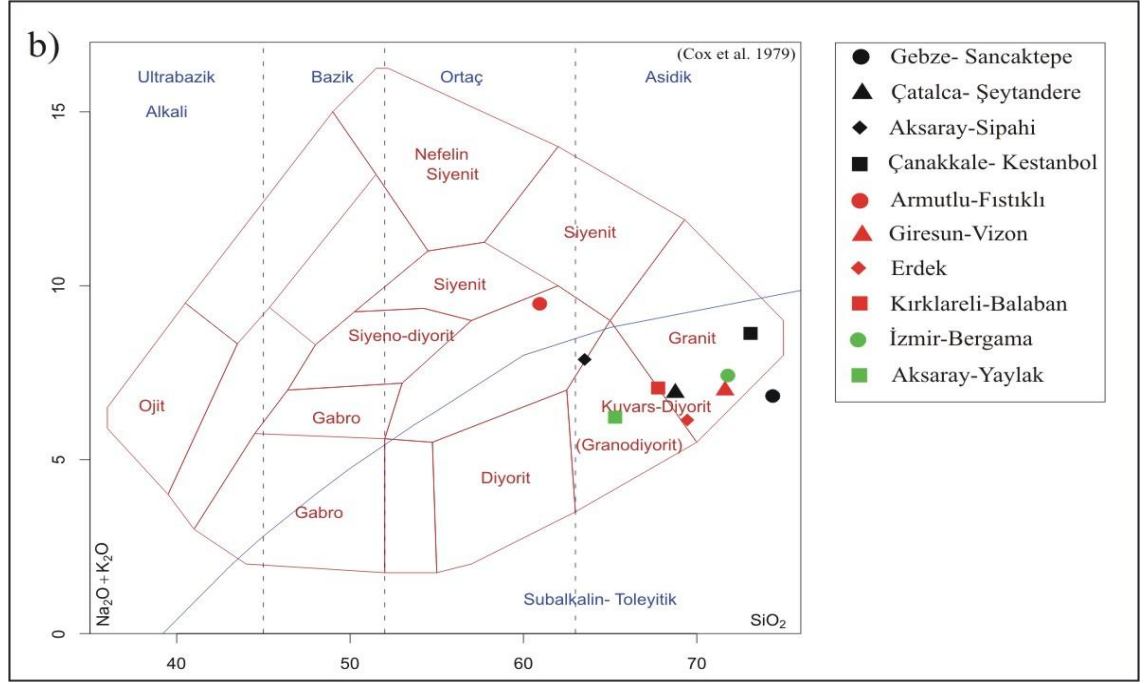
Şekil 4.25:b) Granitlerin A/NK- A/CNK diyagramındaki konumları (Shand, 1943)

Örneklerin alüminyum değerleri % 12,72- 16,49 arasında değişmektedir. Örnekler A/NK- A/CNK diyagramına konduğunda CK (Çanakkale- Kestanbol), KB (Kırklareli- Balaban) ve GS (Gebze-Sancaktepe) örneklerinin Peralüminyumlu karaktere sahip olduğu görülmektedir. Bu örneklerde alkali oranı Metalüminyumlu karaktere sahip diğer örneklerden daha fazladır (Şekil 4.25b).

Numunelerin tümü, magma türünü belirlemeye yönelik AFM diyagramında değerlendirildiğinde (Irvine ve Baragar, 1971) genellikle kalkalkalin seri içerisinde ve  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{SiO}_2$  diyagramında (Cox ve diğ.1979) ise Subalkalin bölgede konumlandıkları gözlenmektedir (Şekil 4.26a,b). Toleyitik seride alkaliler rastlanmazken, Fe oranı yüksek olan kayalar kalkalkalin serinin A köşesine yakın alanda bulunur (Şekil 4.26a). Çalışma kapsamında kullanılan granitler ise alkali oranı yüksek olan kalkalkalin seri içerisinde yer almaktadır. Bu durum örneklerin özellikle sodyum, potasyum daha az olarak da kalsiyum ve magnezyum bakımından zengin bir magmadan meydana geldiğini göstermektedir (Şekil 4.26a,b).



Şekil 4.26:a) Granitlerin AFM diyagramına Irvine and Baragar, 1971 göre sınıflandırılması



Şekil 4.26: (b) Granitlerin  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{SiO}_2$  diyagramına Cox ve diğ. 1979 göre sınıflandırılması

Şekil 4.26b'de görülen  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{SiO}_2$  diyagramına kullanılan granitlerin sodyum ve potasyumca zengin  $\text{SiO}_2$  miktarı oldukça fazla olan asidik özellik gösteren kayalar olduğu görülmektedir. Şekil 4.25 a,b ve Şekil 4.26 a,b birlikte ele alındığında bütün kayaların alkali oranlarının yüksek olduğu sodyum, potasyum ve kalsiyumca zengin olan magmalardan oluşmuş oldukları ve içerdikleri bu yüksek alkali oranlarının alkali silis reaksiyonunun oluşmasında etkin bir faktör oluşturabileceği şeklinde yorumlanabilir.

**Tablo 4.2:** Granit örneklerinin alındığı yerler, doku, mineralojik bileşim, ayrışma ve isimlendirmeleri

Örnek Kodu	Alındığı Yer	Doku <sup>1</sup>	Mineralojik Bileşim	Ayrışma (%)	Sınıflandırma		
					Mikroskobik Tanımlama	Modal Analiz <sup>2</sup>	Kimyasal Analiz <sup>3</sup>
<b>GV</b>	Giresun-Bulancak	İnce-orta taneli tüm kristalli	Ortoklaz, plajiyoklaz, kuvars, hornblend, biyotit, klorit,epidot	Hidrotermal alterasyon	siyenit-monzonit	monzogranit	granodiyorit
<b>IB</b>	Bergama-Kozak	Tüm kristalli, yarı öz şekilli taneler	Plajiyoklaz, ortoklaz, kuvars, hornblend, biyotit	Hidrotermal alterasyon	granodiyorit	monzogranit kuvarsmonzonit	kuvarsmonzonit
<b>CK</b>	Çanakkale-Kestanbol	Holokristalin, tüm kristalli kısmen monzonitik	Ortoklaz, plajiyoklaz, kuvars, hornblend, biyotit	Hidrotermal alterasyon	kuvarsmonzonit	siyenogranit	granit
<b>ER</b>	Erdek	İnce taneli	Kuvars, plajiyoklaz, ortoklaz, biyotit, amfibol	Hidrotermal alterasyon	granodiyorit	monzogranit	granodiyorit
<b>KB</b>	Kırklareli-Balaban	İnce-orta taneli	Kuvars, ortoklaz, plajiyoklaz,muskovit, klorit, epidot, sfen	Kataklastik deformasyon	granitik gnays	monzogranit	granodiyorit
<b>AY</b>	Aksaray-Yaylak	Orta taneli, holokristalin	Plajiyoklaz, kuvars, ortoklaz, biyotit, amfibol	Hidrotermal alterasyon	monzogranit	kuvarsmonzonit	granodiyorit
<b>AF</b>	Armutlu-Fıstıklı	Orta- iri taneli	Kuvars, plajiyoklaz, ortoklaz, biyotit, amfibol	Hidrotermal alterasyon	granodiyorit	monzogranit	kuvarsmonzonit
<b>GS</b>	Gebze-Sancaftepe	Orta- iri taneli	Ortoklaz, kuvars plajiyoklaz, biyotit, zirkon	Hidrotermal alterasyon	granit	monzogranit	granit
<b>AS</b>	Aksaray- Sipahi	Orta- iri taneli	Kuvars, plajiyoklaz, ortoklaz, hornblend, biyotit, epidot, klorit	Hidrotermal alterasyon	granodiyorit	kuvarsmonzonit	kuvarsmonzonit granodiyorit
<b>CS</b>	Çatalca-Şeytandere	İnce-orta taneli holokristalin, yer yer gnays ve şist dokusu	Ortoklaz, kuvars, plajiyoklaz, muskovit, klorit, biyotit	Kataklastik deformasyon	granitik gnays	monzogranit	granodiyorit

<sup>1</sup>Yavuz Erkan(2004), <sup>2</sup>Stereckaisen (1967), <sup>3</sup>O'Conner (1965)

## 5. ALKALİ AGREGA REAKSİYONU VE ÖNEMİ

Alkali-silis reaksiyonu (ASR); reaktif silis formları içeren agregaların çimento ve/veya dış kaynaklardan gelen alkali oksitlerle reaksiyona girmesi ve bunun sonucunda genleşebilme yetisine sahip bir jelin meydana gelmesidir (Neville, 1981; Moranville-Regourd, 1997). Bazı çimentoların içinde fazla miktarda bulunan sodyum oksit ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) ve potasyum oksit ( $\text{K}_2\text{O}$ ) gibi alkali oksitler beton gözenek suyunda çözülerek sodyum hidroksit ( $\text{NaOH}$ ) ve potasyum hidroksit ( $\text{KOH}$ ) oluştururlar ve aktif silis içeren agregalarla reaksiyona girerek, zamanla betonu çatlatan bir jel oluşumuna sebep olurlar (Dent-Glasser, Kataoka, 1981; Diamond, Barneyback, Struble, 1981; Furusawa, Ohga, Uomoto, 1994; Moranville ve Regourd, 1997). Reaksiyonun neden olduğu genleşme belli bir sınırı aştığında beton için potansiyel bir tehlike oluşturur.

Alkali silis reaksiyonunun oluşabilmesi için agregada reaktif silika formları, yeterli miktarda alkali ve ortamda nem (Jensen, 1993; Hobbs, 1988; Sims ve Brown, 1998; St. John, Poole ve Sims, 1998) bulunmalıdır. Bu koşullardan herhangi biri olmazsa alkali silis reaksiyonu nedeniyle bir genleşme de olmayacaktır. Alkali silis reaksiyonu basitçe iki şekilde görülebilir;

1. Alkali + Reaktif Silika  $\rightarrow$  Alkali Silika Jel
2. Alkali Silika Jeli + Nem  $\rightarrow$  Genleşme (Hobbs, 1988)

Reaksiyonun oluşabilmesi için çimentodaki alkali içeriğinin  $\text{Na}_2\text{O} + 0.658 \text{K}_2\text{O}$  değerinin % 0.60'ı ve ortamdaki nemin  $20^\circ\text{C}$  sıcaklıkta % 85'i aşması gerekir (Jones ve Poole, 1986; Arnould, 1997; Binal, 2002). Bu koşullardan herhangi biri olmazsa alkali-silis reaksiyonu nedeniyle bir genleşme de olmayacaktır. Bunun dışında ortamın gözenekliliği de reaksiyon açısından önemlidir (Swamy, 1992; Moranville-Regourd, 1997; Rivard vd. 2002).

Alkali silis reaksiyonu; reaktif silisin çözülmesi, kalsiyum-sodyum-potasyum jelinin oluşması ve su absorpsiyonu ile jelin gelişmesi şeklinde üç aşamada meydana gelir.



Silisin çözülmesi hidroksit iyonlarının ( $\text{OH}^-$ ) atağı neticesinde iki aşamada olur. Hidroksit iyonlarının mevcudiyeti betonda sadece  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  tarafından değil aynı zamanda NaOH ve KOH tarafından da sağlanır. Silisin çözünme hızı katı parçacıklar içindeki çatlaklarda mevcut olan alkali sıvının difüzyonunu da etkiler. İyonların türü ve iyonik konsantrasyon bu hızı kontrol eder. Tanecikler içine giren sıvı aynı zamanda hidroksit iyonlu katyonları sürükler ve bu katyonların iyonik yarıçapları difüzyonu sınırlayabilir. Bu sebeple küçük iyonik yarıçaplı potasyum katyonları daha yüksek difüzyon hızına sebep olabilir.

Çimentoda bulunan sodyum ve potasyum oksitler çimentonun hammaddelerinden (kil, kireçtaşı, şeyl vb) kaynaklanır. Ayrıca alkaliler, çimento dışında; agrega, karışım suyu, beton katkı maddeleri, buz çözücü tuzlar, zemin suyu, beton kür suyu ve endüstriyel atık suları aracılığıyla beton bünyesine girebilirler.

Betonun alkalinitesi arttıkça alkali silis reaksiyonu potansiyeli de artar. Alkali hidroksit çözeltisi, reaktif agregalarla kolayca reaksiyona girer. Yüksek konsantrasyonlu alkali çözeltide, silikatın kararlı formları bile güçlü silikon bağlarının kırılması nedeniyle reaksiyona girer (Ben Haha, 2006).

$$[\text{Çimentonun alkali } \%] \times [\text{Çimento dozajı (kg/m}^3)] = \text{Betondaki alkali miktarı (kg/m}^3)$$

Agreganın reaktifliği arttıkça daha düşük alkalili çözeltilerde bile jel reaksiyonu oluşabilir. Silis mineralleri reaktiflikleri açısından opal (McConnell vd., 1950; Ineson, 1990; Bell, 1998), kalsedon ve volkan camı (Rhoades, 1942; McConnell vd., 1950; Katayama ve Kaneshige, 1986; Ineson, 1990; Shrimmer vd., 2000), kristobalit (Landgren ve Sweet, 1952; Mielenz, 1954; Ineson, 1990), kriptokristalin kuvars (Stanton, 1940), tridimit (Hornibrook vd., 1943; McConnell vd., 1950; Ineson, 1990; Bell, 1998) ve basınç etkisinde kalmış çatlaklı kuvars (McConnell vd., 1950; Gogte, 1973; Bell, 1998) olarak sıralanabilir. Bu minerallerden bir veya birkaçının bir arada bulunduğu kayalar arasında, opal, kalsedon, kuvars çörtleri, silisli kireçtaşları, silisli dolomitler, riyolit ve tüfleri, dasit ve tüfleri, silisli şeyller, fillatlar, opalli oluşumlar, çatlaklı ve boşlukları dolmuş kuvarslar sayılabilir. Ayrıca, alkali-silis reaksiyonu konusunda yapılan araştırmalarda fillatlar içerisinde bulunan hidromikanın (illit) alkali-silikat reaksiyonuna neden olduğu ifade edilmiştir (McConnell vd., 1950; Bell, 1998; Lorenzi vd., 2001).

Alkali Silis Reaksiyonunu etkileyen faktörler aşağıda sırasıyla özetlenmiştir;

- Karışım oranlarının etkisi; reaktif agrega içeren bir betonun karışım oranlarını değiştirerek betonun reaktif agrega içeriği ve hidroksil iyonu konsantrasyonu değiştirilebilir. Bu değişim aynı zamanda betonun sonuçtaki genleşme miktarını da etkiler (Andiç, Dönmez, Ramyar; 2002).
- Alkali içeriğinin etkisi; çimentonun alkali içeriğinin değişmesi, betonun hidroksil iyon konsantrasyonunu, betonun alkali içeriğini ve reaktif silis/alkali oranını değiştirir. Çimentonun alkali miktarı arttıkça pesimum davranış eğrisi genişlemekte ve maksimum genleşme reaktif silis/alkali oranı 4.5 civarında iken meydana gelmektedir. Benzer alkali içeriklerinde, genleşme miktarlarında önemli farklılıklar gözlemlenmiştir. Bu farklılıklar; çimentolardan farklı hızda alkali açığa çıkması, çimentoların sodyum/potasyum oranlarındaki değişimleri, farklı hızlarda dayanım kazanımı gibi faktörlere bağlı olabilir (Andiç, Dönmez, Ramyar; 2002).
- Reaktif agreganın cinsinin ve tane büyüklüğünün etkisi; betonda alkali silis reaksiyonlarının oluşabilmesi için herhangi bir formda reaktif silisin bulunması gerekmektedir. Reaktif silis oldukça farklı doku ve kristal yapısı sergiler. Silisin doku farklılığı, kayaçlaşma sürecinde azalan soğuma hızına bağlıdır. Agregadaki silisli mineraller kayaç oluşum sürecinde soğuma hızına bağlı olarak amorf veya camsı (kristalleşmemiş) yapıdan kripto kristal, mikro kristal ve kristal yapıya kadar geniş bir aralığa dağılırlar. Kimi durumlarda kuvars kristallerinin oluşumu sırasında içsel gerilmeler oluşur. Bu tür kuvars mineralleri içeren agregalar reaktifdir. Değişik silis minerallerinin reaktiviteleri kristal yapıdaki silikat miktarına bağlıdır. Opal düzensiz kristal yapısına sahiptir ve en yüksek reaktiviteye sahip silikat içerir. Diğer taraftan doğal halde (dengede-gerilmesiz) bulunan kuvars, çok düzenli bir kristal yapısına sahiptir ve normal olarak reaktif değildir. Camlar, mikrokristalli ve kriptokristalli kuvarlar, deforme olmuş kuvarlar, kalsedon, tridimit, kristobalit gibi diğer silikat oluşumları ise orta derecede reaktivite gösterirler (Swamy,1992). Reaksiyon süresi ve şiddeti, özellikle agreganın alkaliye duyarlı bileşenlerinin cins ve miktarına, tane büyüklüğüne ve dağılışına, betonun boşluğunda bulunan çözeltideki alkali hidroksit miktarına ve sertleşmiş betonun çevre koşullarına bağlıdır (Hobbs ve Gutteridge, 1979;

Stark vd., 1993; Gillott ve Rogers, 1994; Prince vd., 2001). Bu nedenle, alkaliye duyarlı tanelerin tek başına değerlendirilmesi yeterli değildir (Fookes, 1980; Swamy, 1992; Fournier ve Berube, 2000).

- Nem etkisi; rutubet, silisin çözülmesine, alkali iyonlarının yayılmasına ve reaksiyon bölgesinde jel oluşumuna sebep olur. Oluşan jel ise su emerek şişip genişler ve betonda içsel çekme gerilmeleri oluşmasına yol açar. Araştırmalar, bağıl nem oranı %85'in üzerinde olan betonlarda Alkali Silis Reaksiyonlarının oluştuğunu göstermektedir. Düşük su/çimento oranlı betonun, ilave çimento, mineral katkı veya herhangi bir başka yolla beton geçirimsizliği azaltılırsa; rutubetin betona girişi ve beton içinde dolaşımı azalır. Dolayısıyla beton içinde alkalilerin yayılması da azaltılmış olur. Betonun sürekli olarak suya doymun halde oluşunun mu, yoksa sıkça kuruyup ıslanmasının mı daha çok tahribat yarattığı kesin olarak bilinmemektedir. Ancak sık kuruma-ıslanma tekrarının betonda alkali taşınmasının kolaylaşmasına ve alkalilerin kuruma bölgelerinde yoğunlaşmasına neden olduğundan bu bölgelerde reaksiyonun hızlı gelişimine yol açtığı bilinmektedir (Jones ve Poole, 1986). Alkali silis reaksiyonunun oluşumuna neden olan bir diğer koşul olan nem, bozulmanın ve hacim değişikliğinin şiddeti üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Alkali silis reaksiyonu, yalnızca nem varlığında gerçekleşir. Nem, alkali iyonlarının yayılmasına, oluşan jel ise su emerek şişip genişlemeye ve betonda içsel çekme gerilmelerinin doğmasına böylece agrega ile onu çevreleyen çimento harcının çatlamasına neden olur. Çatlamadan sonra ortama giren su, jelin emebileceğinden fazla olursa bir miktar jel dışarı sızar, bu durum ileri düzeyde bir hasarın kanıtıdır. Su, alkali silis reaksiyonunda iki rol üstlenmiştir, taşıyıcılığın yanı sıra jelin büyümesini de sağlar. Betonun kurutulması ve ileride su ile temasının önlenmesi reaksiyonun durdurulması için etkilidir. Aksine, tekrarlı ıslanma ve kuruma, alkali iyonlarının göçünü hızlandırarak reaksiyonun şiddetini artırır.
- Sıcaklığın etkisi; sıcak iklim koşullarındaki yapılar, soğuk iklim koşullarındakilere göre Alkali Silis Reaksiyonlarına karşı daha duyarlıdır. Çünkü reaksiyonun hızı sıcaklık arttıkça artar. Sıcaklık artışı, agreganın büyük çoğunluğunda aşırı termal gerilmelere sebep olur. Yüksek ve düşük sıcaklıkların genleşmeye etkisi agregaya bağlıdır. Agregaların büyük çoğunluğu daha yüksek sıcaklıklarda daha fazla reaktiflik göstermektedir (Jones ve Poole, 1986).

- Sürüklenmiş havanın etkisi; reaktif agrega içeren ancak alkali silis reaksiyonları sebebiyle hasar görmeyen yapılar incelendiğinde, jelin hava boşluklarını tamamen veya kısmen doldurduğu görülmektedir. Bundan dolayı, jelin hasar görmemiş betonda hava boşluklarını doldurarak ilerlediğini ve hava sürükleyici katkı kullanımının Alkali Silis Reaksiyonları sebebiyle oluşan hasarı önleyebileceği söylenebilir.
- Dış alkalilerin etkisi; kar mücadelesinde kullanılan tuz (NaCl), deniz suyu, beton kür suyu ve endüstriyel atık suları aracılığıyla beton bünyesine dışarıdan giren alkaliler, dış alkaliler olarak adlandırılır. Özellikle geçirimli betonlarda ve/veya çatlaklar oluşmuş betonlarda dış alkaliler Alkali Silis Reaksiyonlarına neden olup genişmeleri artırır (Andiç, Dönmez, Ramyar; 2002).

### **5.1.ALKALİ SİLİS REAKSİYONUNUN TESPİTİ VE ÖNLEME YOLLARI**

Alkali silis reaksiyonunu önlemenin en iyi yolu beton dökülmeden önce gerekli önlemleri almaktır. Bunun için bağlayıcı malzemelerin ve agregaların dikkatlice analiz edilmesi ve malzeme seçiminin verimliliğini ve ekonomikliğini optimize eden bir kontrol stratejisinin seçilmesi gerekir.

Alkali silis reaksiyonunu önlemek için malzeme seçiminde; betonun alkali içeriğini sınırlamak, ortamın nemini kontrol altında tutmak ve katkı maddesi kullanımı konularına dikkat edilmelidir.

Yüksek alkali içeren betonlarda agreganın iyi bir performans gösterdiğine dair uzun süreli gözlemlere dayanan sonuçlar varsa reaktivite tespiti için ayrıca deney yapmaya gerek yoktur. Aksi halde, agreganın veya belirli agrega kombinasyonlarının zararlı alkali silis reaksiyonu gösterip göstermeyeceğinin tespiti için deneyler yapmak gerekmektedir. Bu nedenle en uygun deney metotları seçilerek uygulamaktadırlar.

Laboratuar deneylerinin bazılarında reaksiyon, anormal yüksek çimento içeriği, alkali ekleme veya yüksek sıcaklıklarda test edilerek hızlandırılmaktadır. Test metotları, bu

sebeple iki ana faktör göze alınarak değerlendirilmelidir. Birincisi, bu tür anormal koşullarda bazı silisli bileşenler normal koşullarda olduğundan çok farklı hızlarda reaksiyona girebilirler. İkincisi, reaksiyonun fiziksel etkileri çok farklı olabilir. Bu deneyler ancak, şantiye koşullarıyla veya normal şartlarda kürlenmiş numuneler üzerinde yapılan deneylerle karşılaştırıldığında anlamlı sonuçlara götürebilir (Andiç vd.,2002).

Granitik kayaçların alkali-silis reaktivitelerini belirlemek amacıyla; ASTM C 295-Agregaların Petrografik Analizi, ASTM C 1260- Hızlandırılmış Harç Çubuğu Metodu tez kapsamında yapılan araştırmalarda kullanılmıştır.

## **6. GRANİTİK KAYAÇLARIN ALKALİ-AGREGA REAKSİYONU YÖNÜNDEN İNCELENMESİ**

Minerallerin cins ve yüzdelere göre kayacın adlandırılması için petrografik incelemeler yapılmıştır. Agregalardan alınan ince kesitlerin polarizan mikroskop yardımıyla incelenmesi sonucu içeriklerinde bulunan potansiyel reaktif silis mineralinin tayini mümkündür. Bunun dışında taramalı elektron mikroskobu (SEM) gibi yöntemler de reaktif silisin saptanmasında faydalıdır.

Granitik kayaçlarda alkali- agrega reaksiyonuna yol açan minerallerin varlığı; polarizan mikroskop incelemeleri ile saptanmaya çalışılmıştır (Şekil 4.10). Petrografik incelemelerden sonra hızlandırılmış harç çubuğu deneyleri ile granitlerin alkali- agrega reaktiviteleri araştırılmıştır.

### **6.1. HIZLANDIRILMIŞ HARÇ ÇUBUĞU DENEYİ**

İncelenen granit örneklerindeki aktif silis ile diğer reaktif minerallerin zararlı etkilerini belirlemek amacı ile ASTM C 1260 (1994) ve CSA A 23.2-94' de verilen esaslara uyularak hızlandırılmış harç çubuğu deneyleri yapılmıştır. ASTM C 1260 (1994), kür

şartlarını ağırlaştırarak reaksiyonu hızlandırmakta ve agregaların reaktivitesinin 16 gün içinde tespitine olanak vermektedir.

Standartta belirtilen oranlardaki agrega, kütlece çimentonun 2.25 katı olacak şekilde kullanılarak su/çimento oranı 0.47 olan harç karışımı hazırlanmıştır. 25x25x285 mm boyutlarındaki kalıplara dökülen harç numuneleri 24 saat sonra kalıplardan alınarak ilk boyları ölçülmüştür. Kalıp sökümünden itibaren 1 gün süreyle 80°C suda bekletilerek boy ölçümleri alınan numuneler, takip eden 14 gün boyunca 80°C NaOH çözeltisinde bekletilmiş ve periyodik ölçümleri alınmıştır. Standart, çimentonun alkali miktarı hakkında bir değer vermemektedir, bunun nedeni kür koşulları nedeniyle numunelerin boşluk çözeltisi alkalinitesinin artmasıdır (ASTM C- 1260).

Hazırlanan harçlar ile oluşabilecek aksaklıklara karşı en az üç en fazla altı adet harç çubuğu yapılmış ve bu işlem iki farklı çimento ile gerçekleştirilmiştir. Deneyle granit agregalarının çimento hamuru ile oluşturabileceği reaksiyon sonucu, genleşmeye bağlı olarak boy uzamaları belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen genleşme oranları; 7, 14, 16, 21 ve 28 günlük dönemler halinde Tablo 6.2 ve Tablo 6.3' te sunulmuştur.

Deneylerde kullanılan iki farklı çimentonun (CEM I 42.5R) özellikleri Tablo 6.1'de sunulmuştur.

**Tablo 6.1:** Hızlandırılmış harç çubuğu deneyinde kullanılan I. ve II. çimentonun kimyasal özellikleri

Kimyasal Özellikler		I. Çimento Deney Sonuçları	II. Çimento Deney Sonuçları
Kızdırma Kaybı	%	4.03	2,46
Silisyum Dioksit (SiO <sub>2</sub> )	%	19.61	19,76
AliminyumOksit(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	%	4.84	4,98
Demir Oksit (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	%	3.13	3,02
Kalsiyum Oksit (CaO)	%	62.81	64,20
MagnezyumOksit(MgO)	%	1.30	1.60
Kükürt Trioksit (SO <sub>3</sub> )	%	3.09	3,50
Potasyum Oksit (K <sub>2</sub> O)	%	0.74	0,77
Sodyum Oksit (Na <sub>2</sub> O)	%	0.22	0,15
Çözünmeyen Kalıntı	%	0.21	0,68

**Tablo 6.2:** Granit örneklerinin I. çimento ile hazırlanan harç çubuklarının ASR sonucu boyca genleşme yüzdeleri

Örnek Kodu		7.Gün	14. Gün	16. Gün	21. Gün	28. Gün
<b>KB</b>	En Düşük	0.004	0.007	0.066	0.081	0.095
	En Yüksek	0.035	0.069	0.118	0.139	0.150
	% Ort.	0.016	0.042	0.087	0.116	0.131
<b>GS</b>	En Düşük	0.002	0.009	0.009	0.020	0.021
	En Yüksek	0.017	0.022	0.053	0.057	0.072
	% Ort.	0.009	0.016	0.025	0.012	0.040
<b>CK</b>	En Düşük	0.001	0.007	0.008	0.036	0.044
	En Yüksek	0.013	0.027	0.036	0.069	0.083
	% Ort.	0.005	0.019	0.024	0.057	0.069
<b>GV</b>	En Düşük	0.007	0.021	0.025	0.026	0.030
	En Yüksek	0.021	0.070	0.081	0.086	0.090
	% Ort.	0.012	0.046	0.054	0.057	0.063
<b>ER</b>	En Düşük	0.007	0.023	0.072	0.074	0.084
	En Yüksek	0.019	0.068	0.085	0.123	0.129
	% Ort.	0.013	0.044	0.076	0.085	0.098
<b>AS</b>	En Düşük	0.098	0.103	0.109	0.115	0.123
	En Yüksek	0.103	0.108	0.115	0.143	0.167
	% Ort.	0.101	0.105	0.112	0.125	0.144
<b>AY</b>	En Düşük	0.004	0.006	0.010	0.018	0.026
	En Yüksek	0.036	0.043	0.046	0.082	0.094
	% Ort.	0.02	0.023	0.030	0.048	0.057
<b>AF</b>	En Düşük	0.010	0.014	0.021	0.022	0.023
	En Yüksek	0.035	0.053	0.068	0.099	0.101
	% Ort.	0.019	0.040	0.052	0.067	0.072
<b>CS</b>	En Düşük	0.016	0.022	0.031	0.047	0.069
	En Yüksek	0.057	0.060	0.072	0.102	0.114
	% Ort.	0.030	0.040	0.055	0.075	0.093
<b>IB</b>	En Düşük	0.012	0.018	0.021	0.024	0.028
	En Yüksek	0.058	0.098	0.105	0.108	0.108
	% Ort.	0.050	0.067	0.070	0.074	0.084

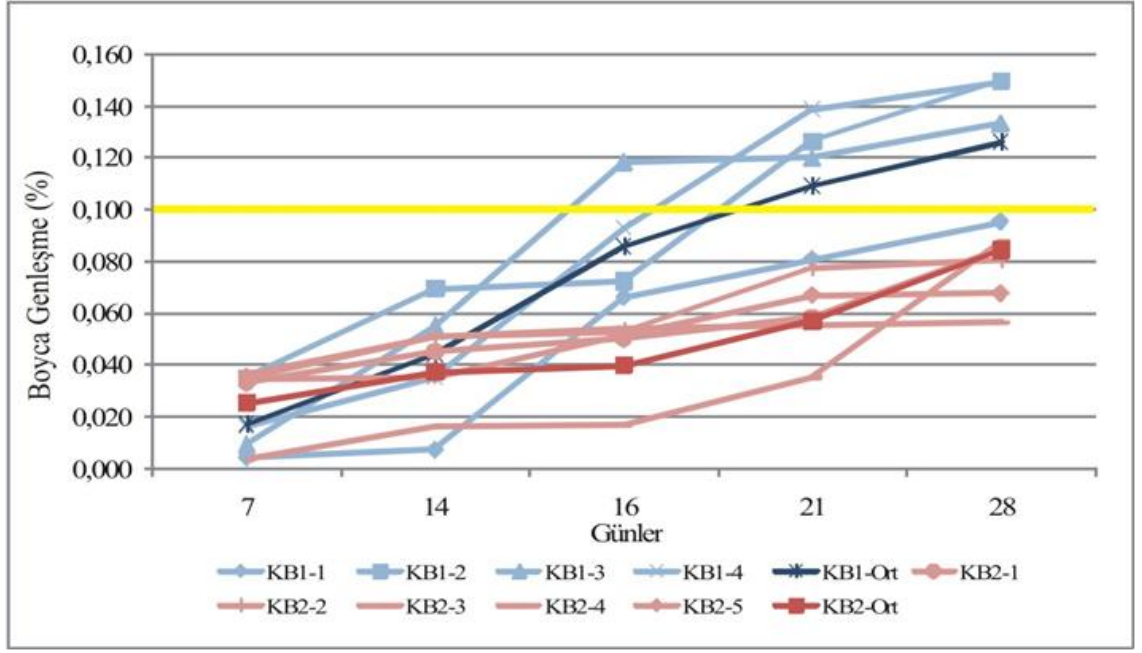


**Tablo 6.3:** Granit örneklerinin II. çimento ile hazırlanan harç çubuklarının ASR sonucu boyca genişleme yüzdeleri

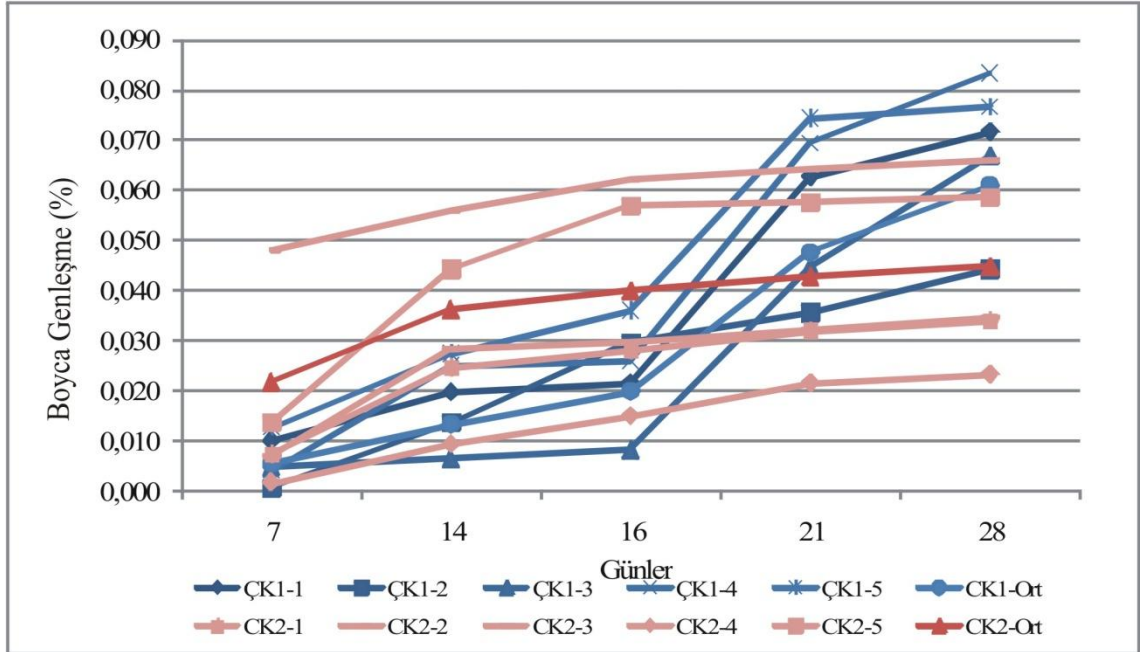
Örnek Kodu		7.Gün	14. Gün	16. Gün	21. Gün	28. Gün
<b>KB</b>	En Düşük	0.004	0.016	0.017	0.035	0.056
	En Yüksek	0.036	0.051	0.054	0.077	0.087
	% Ort.	0.028	0.040	0.045	0.058	0.075
<b>GS</b>	En Düşük	0.031	0.032	0.035	0.038	0.046
	En Yüksek	0.035	0.044	0.045	0.052	0.055
	% Ort.	0.033	0.038	0.040	0.045	0.050
<b>CK</b>	En Düşük	0.002	0.009	0.015	0.022	0.023
	En Yüksek	0.048	0.056	0.062	0.064	0.066
	% Ort.	0.016	0.032	0.038	0.042	0.043
<b>GV</b>	En Düşük	0.001	0.004	0.016	0.021	0.049
	En Yüksek	0.003	0.007	0.041	0.049	0.058
	% Ort.	0.002	0.005	0.027	0.038	0.050
<b>ER</b>	En Düşük	0.051	0.056	0.068	0.082	0.085
	En Yüksek	0.054	0.084	0.088	0.095	0.103
	% Ort.	0.052	0.067	0.077	0.087	0.096
<b>AS</b>	En Düşük	0.002	0.004	0.013	0.034	0.046
	En Yüksek	0.011	0.016	0.084	0.105	0.119
	% Ort.	0.005	0.012	0.041	0.061	0.090
<b>AY</b>	En Düşük	0.003	0.006	0.012	0.019	0.031
	En Yüksek	0.009	0.058	0.088	0.120	0.130
	% Ort.	0.005	0.026	0.047	0.060	0.085
<b>AF</b>	En Düşük	0.001	0.013	0.025	0.029	0.042
	En Yüksek	0.027	0.040	0.043	0.045	0.098
	% Ort.	0.010	0.023	0.033	0.036	0.069
<b>CS</b>	En Düşük	0.002	0.012	0.016	0.024	0.046
	En Yüksek	0.042	0.049	0.065	0.074	0.109
	% Ort.	0.014	0.030	0.045	0.058	0.075
<b>IB</b>	En Düşük	0.001	0.012	0.016	0.019	0.023
	En Yüksek	0.008	0.047	0.076	0.080	0.087
	% Ort.	0.004	0.030	0.040	0.045	0.057

Tablo 6.2’de görüldüğü gibi I. çimento ile hazırlanan harç çubuklarının 7 günlük boyca uzama yüzdesi ölçümleri sonucunda, ortalama en yüksek genleşmenin AS kodlu Sipahi-Aksaray granitleri ile yapılan harç çubuklarında ortalama en düşük genleşmenin ise CK kodlu Erdek granitleri ile yapılan harç çubuklarında olduğu belirlenmiştir. 16 günlük boyca uzama yüzdesi ölçümlerine bakıldığında en yüksek boyca genleşme yüzdesinin AS kodlu granite ait olduğu görülmekle birlikte, en düşük genleşme oranının ise CK kodlu granitte olduğu tespit edilmiştir. 16 gün sonunda elde edilen veriler sonucunda AS kodlu granitin genleşme oranının standarttaki % 0,1 lik genleşme oranı limitini geçmesi bu örneğin alkali silis reaksiyonu için potansiyel zararlı olduğunu göstermiştir. Bu sebeple Tablo 6.2’de görüldüğü gibi deney 28 güne kadar uzatılmış ve sonuçta ortalama en yüksek genleşmenin yine AS kodlu granitler ile hazırlanan harç çubuklarında olduğu tespit edilmiştir. Hızlandırılmış harç çubuğu deneyi sonucu oluşan boyca genleşmeleri gösteren grafikler aşağıda sunulmuştur.

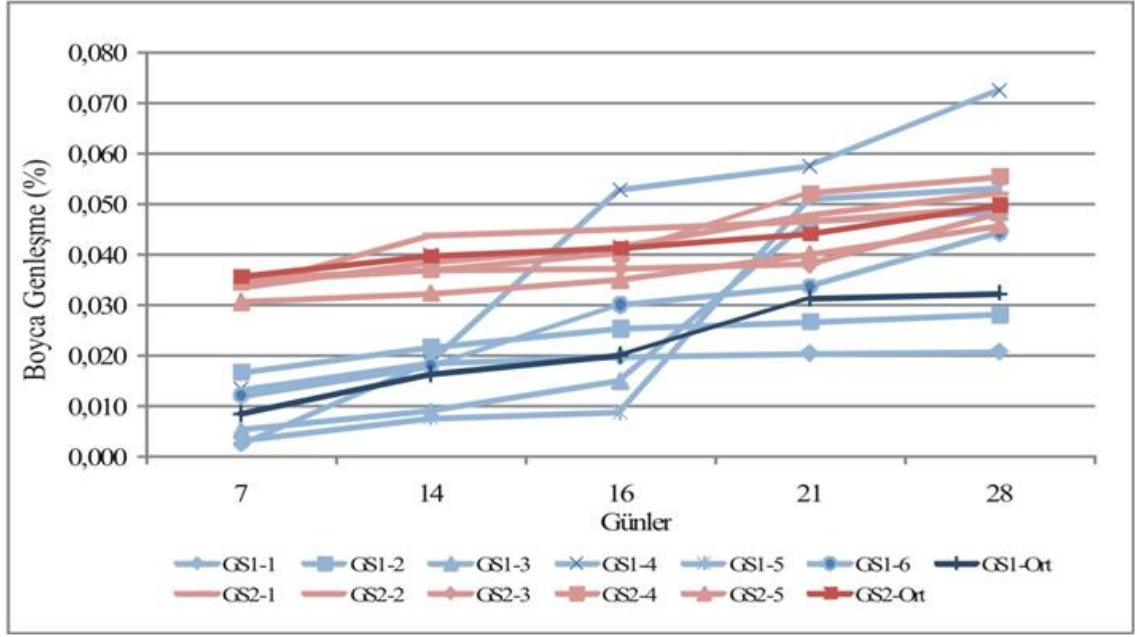
Tablo 6.3’te görüldüğü gibi II. çimento ile hazırlanan harç çubuklarının 7 günlük genleşme ölçümleri sonucunda, ortalama en yüksek genleşmenin ER kodlu Erdek granitleri ile yapılan harç çubuklarında ortalama en düşük genleşmenin ise GV kodlu Giresun-Vizon granitleri ile yapılan harç çubuklarında olduğu belirlenmiştir. 16 günlük uzama miktarlarına bakıldığında yine ER kodlu örnek ile hazırlanan çubuğun genleşmesinin en yüksek olduğu görülmüştür. Ancak yine de standarttaki % 0,1 lik genleşme oranı limitine ulaşamamıştır. Bununla birlikte deneye 28 günlük periyot sonuna kadar devam edilmiştir. Tablo 6.3 incelendiğinde 14, 16, 21 ve 28 günlük ölçümler sonucunda ortalama en yüksek genleşmenin yine ER kodlu örnekler ile hazırlanan harç çubuklarında görülmesinin yanı sıra ortalama en düşük genleşmenin GV ve GS kodlu örnekler ile hazırlanan harç çubuklarında olduğu görülmektedir. 28 günlük deney periyodu sonunda hiçbir granit ile hazırlanan harç çubuğunda % 0,1’lik genleşme oranı limitine ulaşamamıştır. II. çimento ile yapılan hızlandırılmış harç çubuğu deneyi sonucunda hiçbir granitin standart limitin üzerine çıkmadığı görülmüştür. II. çimento ile yapılan harç çubuklarında meydana gelen boyca genleşme yüzdelerini gösteren grafikler aşağıda sunulmuştur.



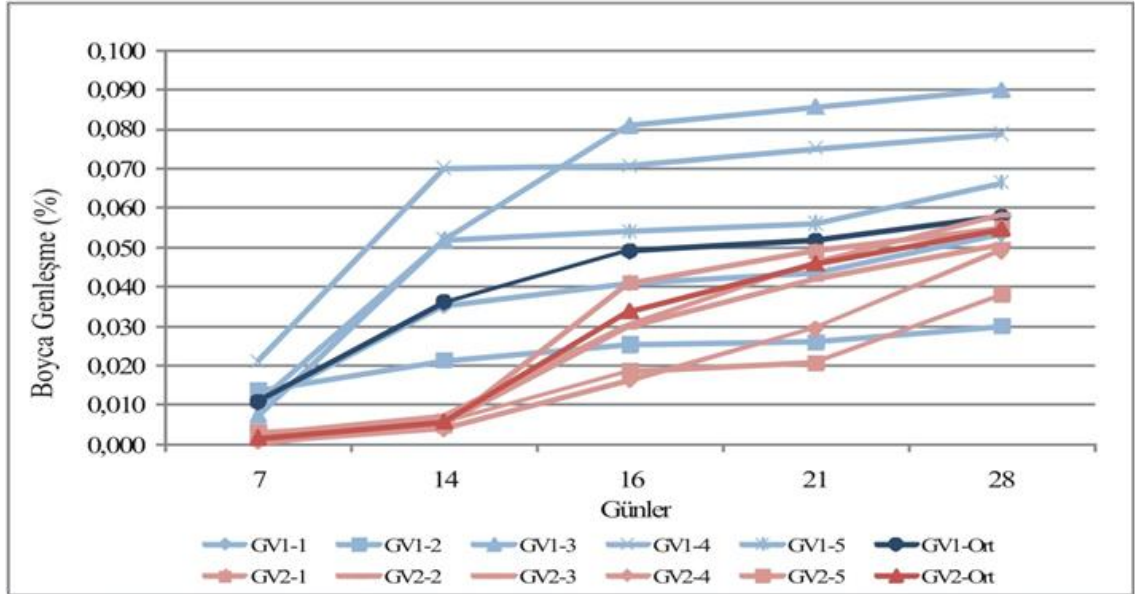
**Şekil 6.1:** KB kodlu granitlerin I. ve II. çimento ile hazırlanan harç çubuklarının ASR sonucu boyca genleşme yüzdeleri (KB 1: I. çimento ile hazırlanan harç çubuğu, KB 2: II. çimento ile hazırlanan harç çubuğu)



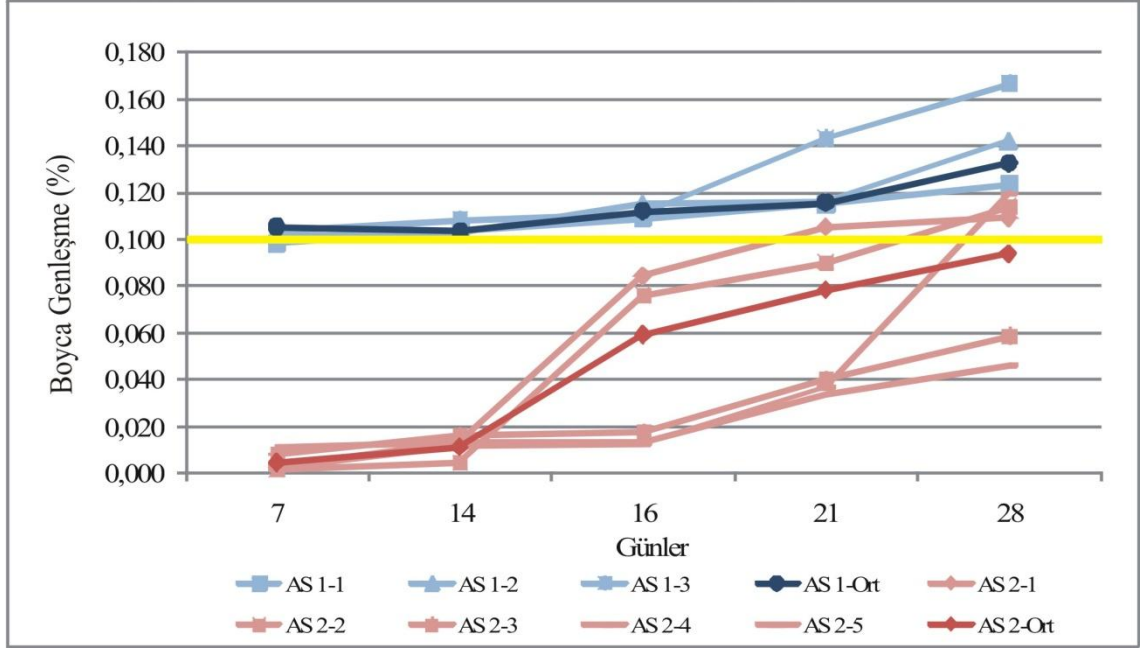
**Şekil 6.2:** CK kodlu granitlerin I. ve II. çimento ile hazırlanan harç çubuklarının ASR sonucu boyca genleşme yüzdeleri (ÇK 1: I. çimento ile hazırlanan harç çubuğu, ÇK 2: II. çimento ile hazırlanan harç çubuğu)



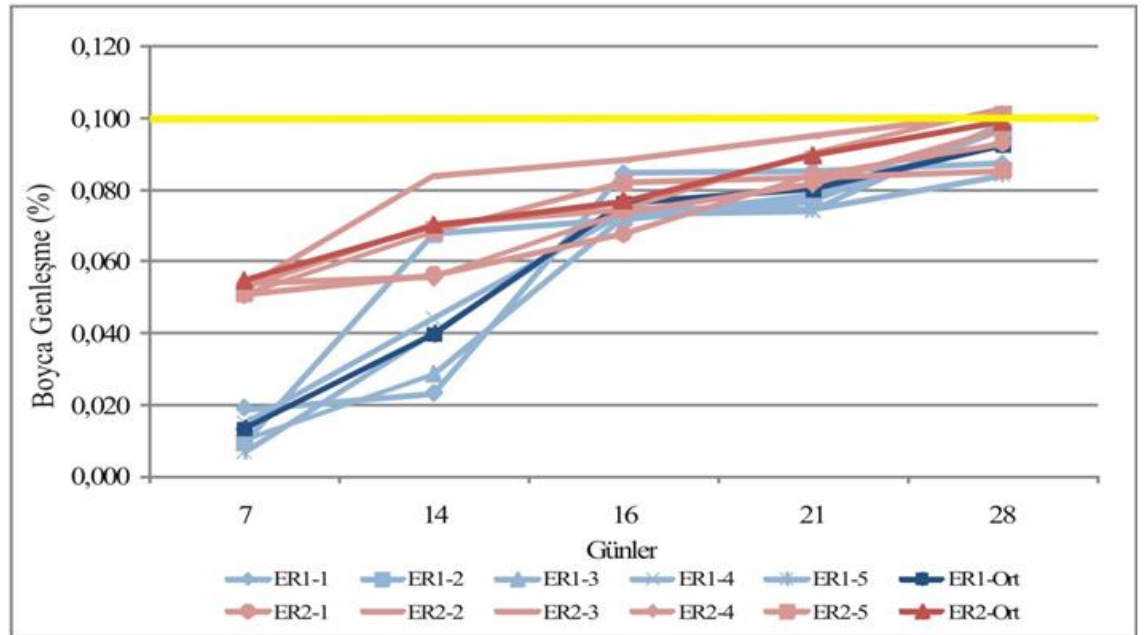
**Şekil 6.3:** GS kodlu granitlerin I ve II. çimento ile hazırlanan harç çubuklarının ASR sonucu boyca genleşme yüzdeleri (GS 1: I. çimento ile hazırlanan harç çubuğu, GS 2: II. çimento ile hazırlanan harç çubuğu)



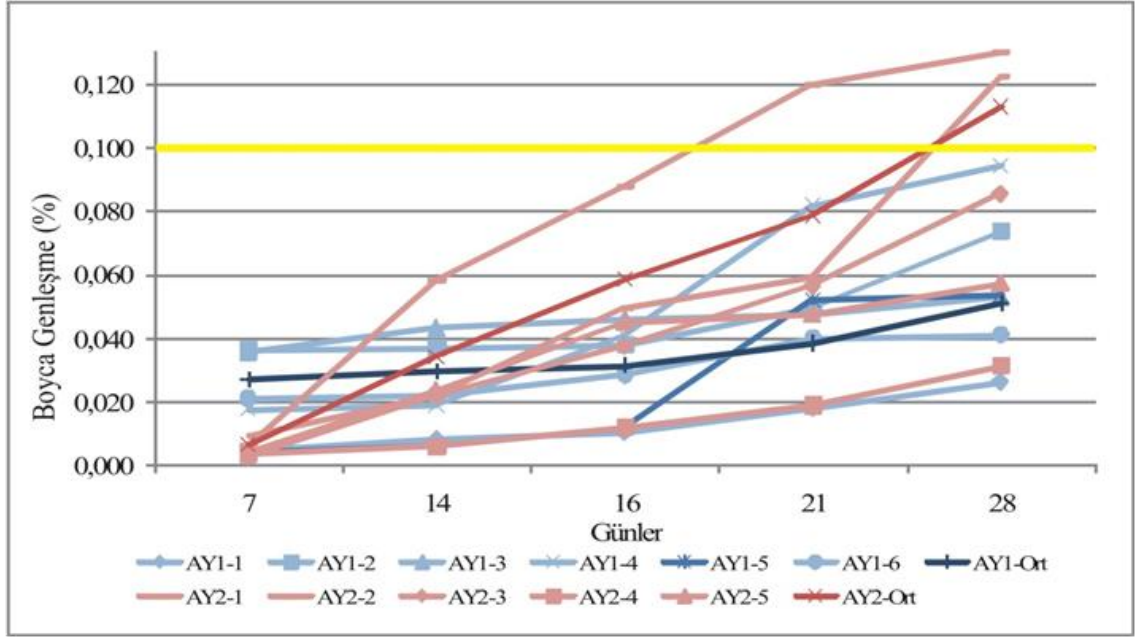
**Şekil 6.4:** GV kodlu granitlerin I. ve II. çimento ile hazırlanan harç çubuklarının ASR sonucu boyca genleşme yüzdeleri (GV 1: I. çimento ile hazırlanan harç çubuğu, GV 2: II. çimento ile hazırlanan harç çubuğu)



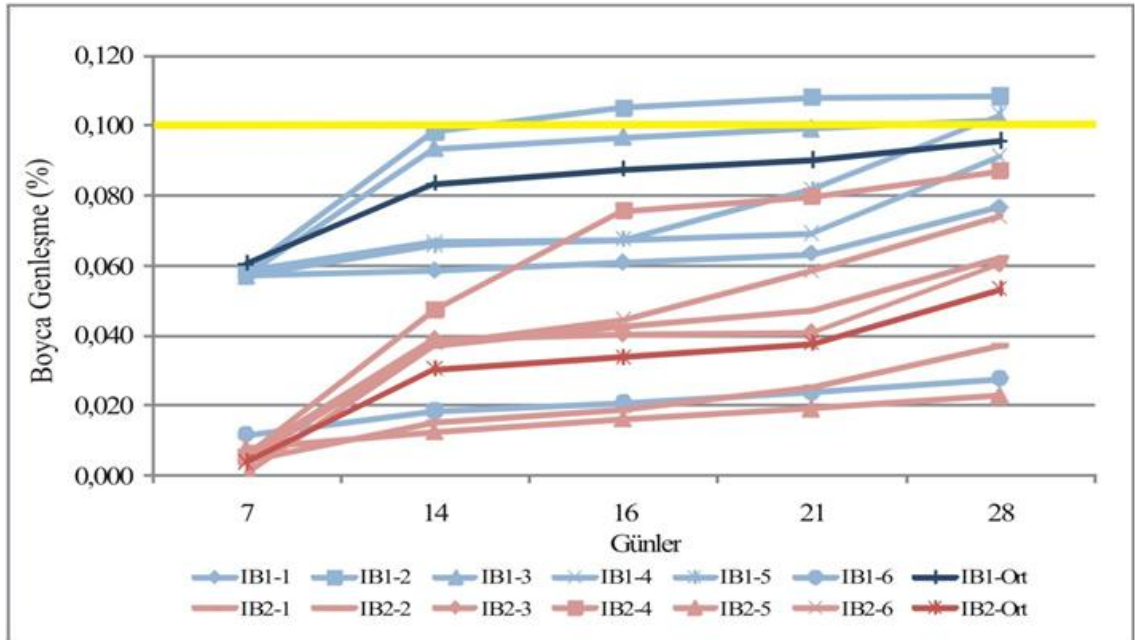
**Şekil 6.5:** AS kodlu granitlerin I. ve II. çimento ile hazırlanan harç çubuklarının ASR sonucu boyca genleşme yüzdeleri (AS 1: I. çimento ile hazırlanan harç çubuğu, AS 2: II. çimento ile hazırlanan harç çubuğu)



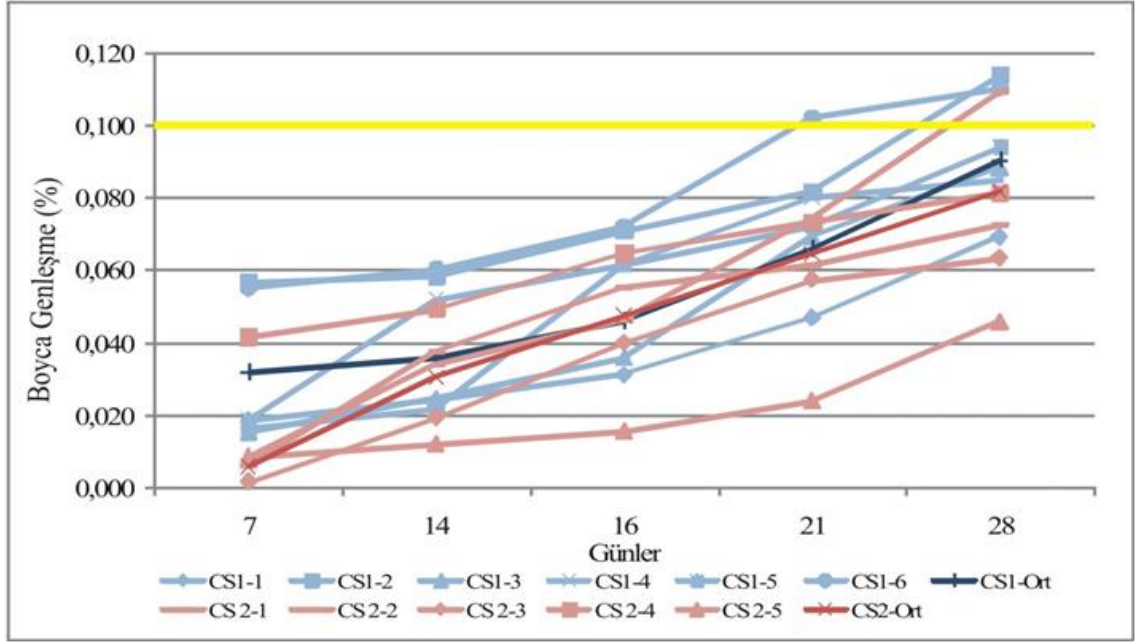
**Şekil 6.6:** ER kodlu granitlerin I. ve II. çimento ile hazırlanan harç çubuklarının ASR sonucu boyca genleşme yüzdeleri (ER 1: I. çimento ile hazırlanan harç çubuğu, ER 2: II. çimento ile hazırlanan harç çubuğu)



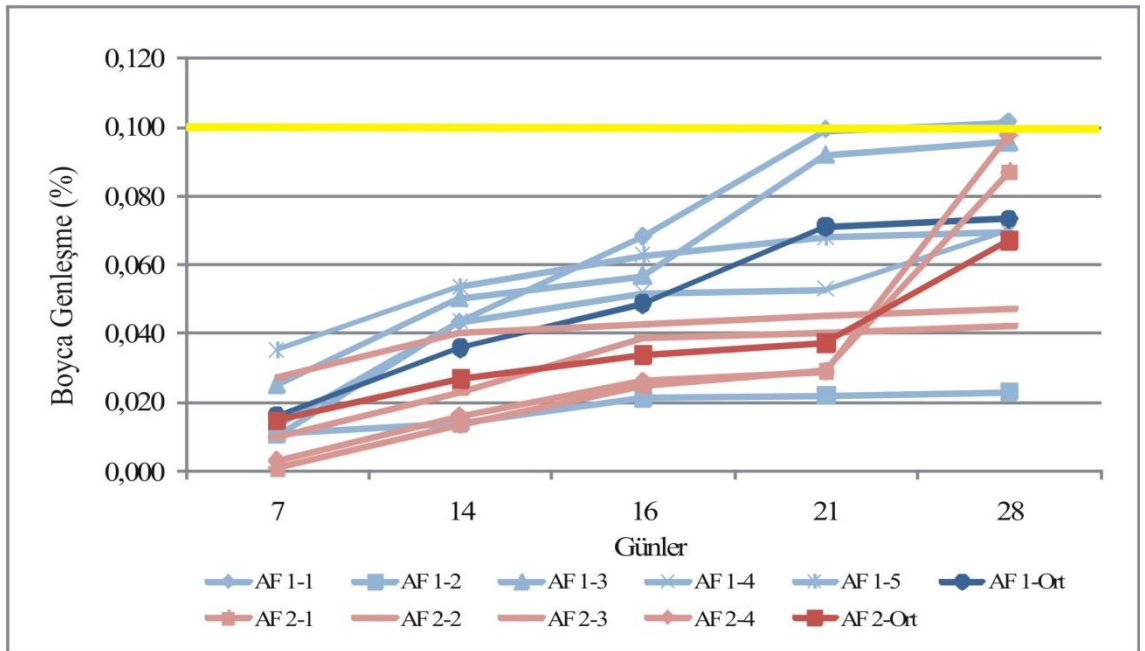
Şekil 6.7: AY kodlu granitlerin I. ve II. çimento ile hazırlanan harç çubuklarının ASR sonucu boyca genleşme yüzdeleri (AY 1: I. çimento ile hazırlanan harç çubuğu, AY 2: II. çimento ile hazırlanan harç çubuğu)



Şekil 6.8: IB kodlu granitlerin I. ve II. çimento ile hazırlanan harç çubuklarının ASR sonucu boyca genleşme yüzdeleri (IB 1: I. çimento ile hazırlanan harç çubuğu, IB 2: II. çimento ile hazırlanan harç çubuğu)



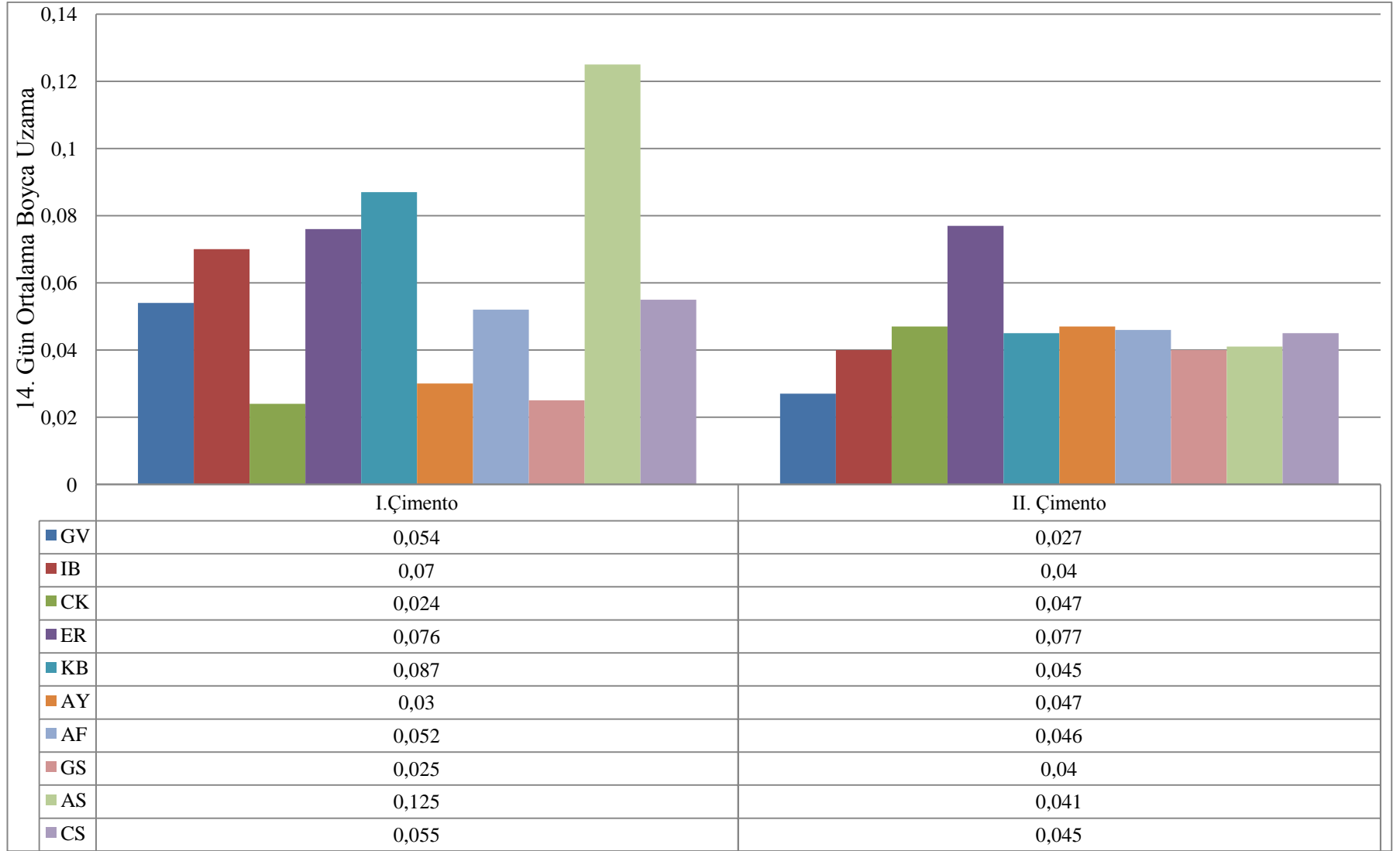
**Şekil 6.9:** CS kodlu granitlerin I. ve II. çimento ile hazırlanan harç çubuklarının ASR sonucu boyca genişleme yüzdeleri(CS 1: I. çimento ile hazırlanan harç çubuğu, CS2: II. çimento ile hazırlanan harç çubuğu)



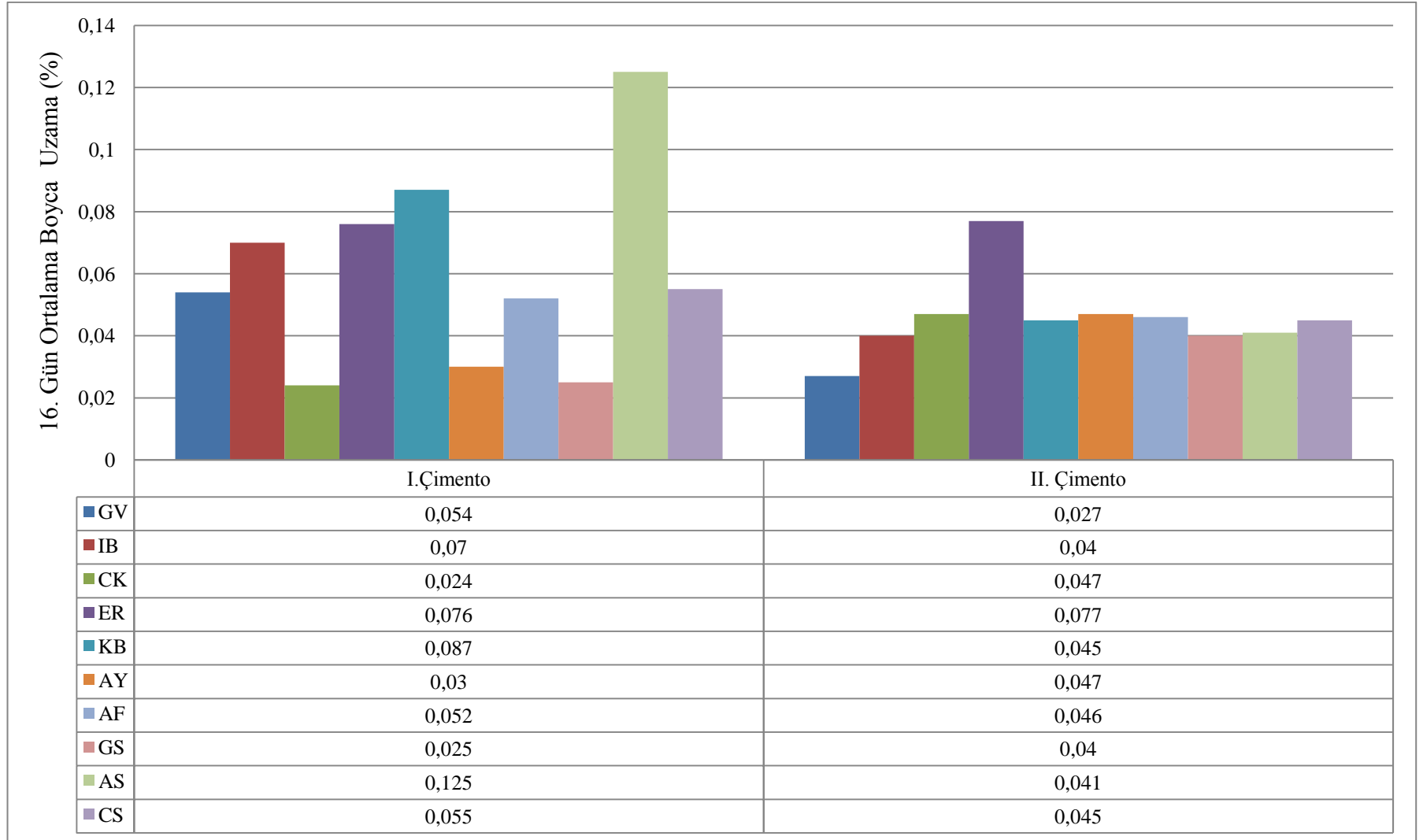
**Şekil 6.10:** AF kodlu granitlerin I. ve II. çimento ile hazırlanan harç çubuklarının ASR sonucu boyca genişleme yüzdeleri(AF1: I. çimento ile hazırlanan harç çubuğu, AF 2: II. çimento ile hazırlanan harç çubuğu)

ASTM C 1260 (1994) de 16 günlük genleşme oranına göre değerlendirme yapılması gerektiği belirtilmiştir. Buna göre, genleşme oranı % 0,1' den düşük ise agrega “zararsız”, % 0,2' den büyük ise “potansiyel zararlı” kabul edilmektedir. Genleşme oranı % 0,1- 0,2 arasında ise ek bilgi sağlayan yöntemlere başvurulmalıdır. Bu yöntemler petrografik analiz ve alkali-silis reaksiyon ürünlerinin tanımlanmasıdır. Ayrıca genleşme oranındaki değişime bağlı olarak deney süresi 21 ila 28 gün arası uzatılabilir. I. çimento ile yapılan harç çubuklarının 16 günlük genleşme oranı deney verilerine bakıldığında, KB, GS, CK, GV, ER, AY, AF, CS ve IB kodlu granitler zararlı reaksiyona sebep olmazken, AS kodlu granit ise potansiyel olarak zararlı reaksiyona sebep olabileceği görülmüştür. II. çimento ile yapılan harç çubuğu verilerine göre ise hiçbir granit zararlı reaksiyona sebep olmamaktadır (Şekil 6.12). Deney 28 güne uzatıldığında I. çimento ile yapılan deney sonucunda KB ve AS kodlu granitlerin boyca genleşme oranlarının % 0,1 limit değerini geçtiği görülmektedir. Bununla birlikte II. çimento ile yapılan deney sonuçlarına bakıldığında ise örneklerin boyca genleşme oranlarının arttığı ancak yine de %0,1' i geçmediği görülmektedir (Şekil 6.12). Bu deney sonuçlarına bakıldığında deneyin farklı çimentolar ile yapılmasının alkali-silis reaksiyonu yönünden bazı farklılara neden olduğu görülmektedir. Ayrıca deney süresinin standartta belirtilen süreden daha uzun tutulmasının 16 gün sonunda reaksiyon göstermemesine rağmen KB kodlu örnek gibi bazı örneklerin limit değer olan % 0,1 i geçmesine neden olduğu görülmüştür (Şekil 6.13).

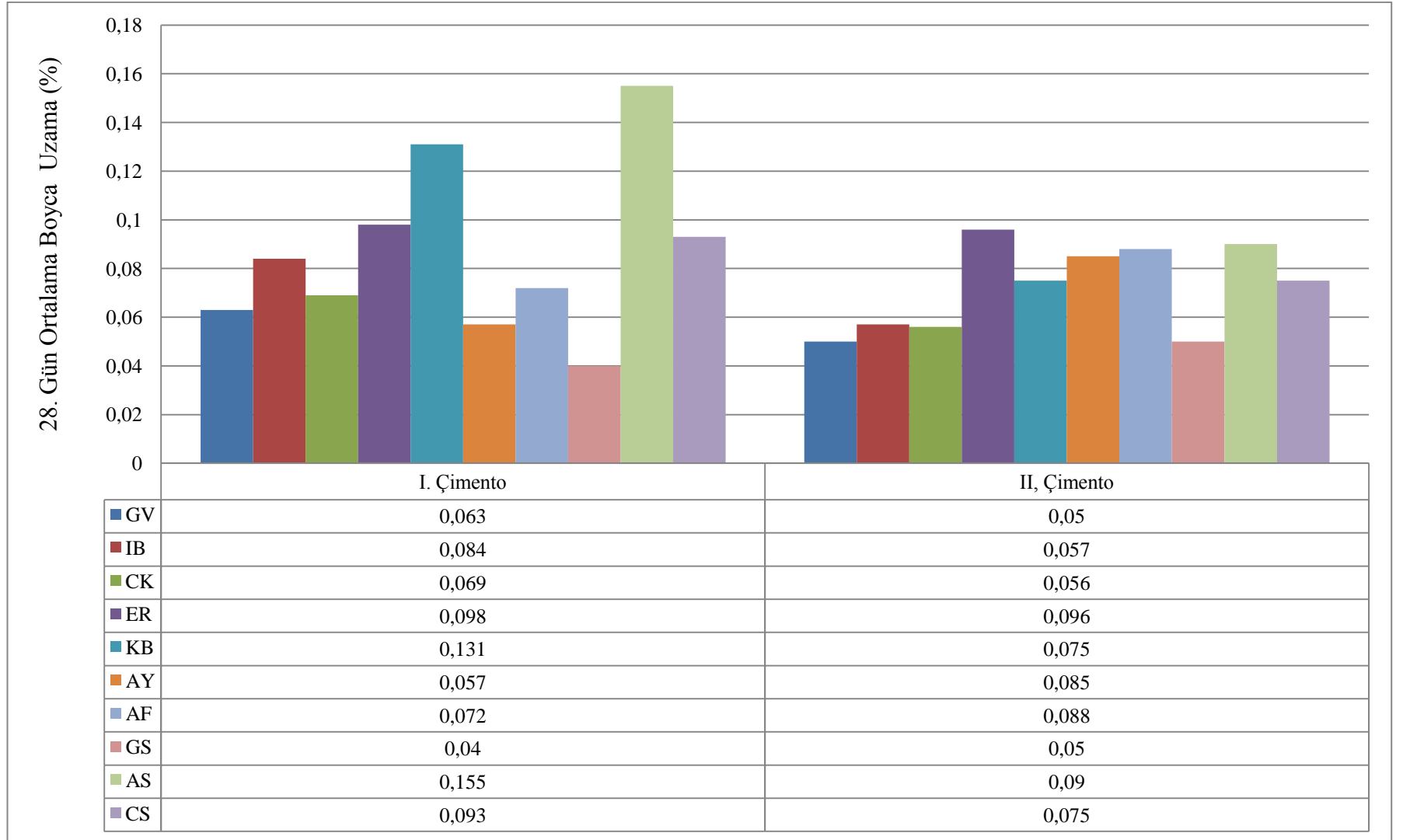




Şekil 6.11: Granitlerin hızlandırılmış harç çubuğu deneyi sonucu 14. gün ortalama boyca uzama değerleri



Şekil 6.12: Granitlerin hızlandırılmış harç çubuğu deneyi sonucu 16. gün ortalama boyca uzama değerleri

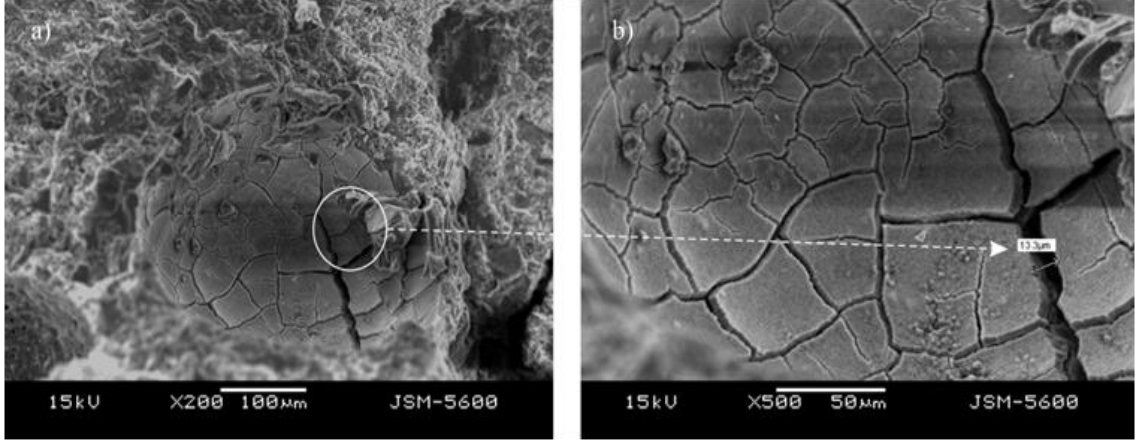


Şekil 6.13: Granitlerin hızlandırılmış harç çubuğu deneyi sonucu 28. gün ortalama boyca uzama yüzdeleri

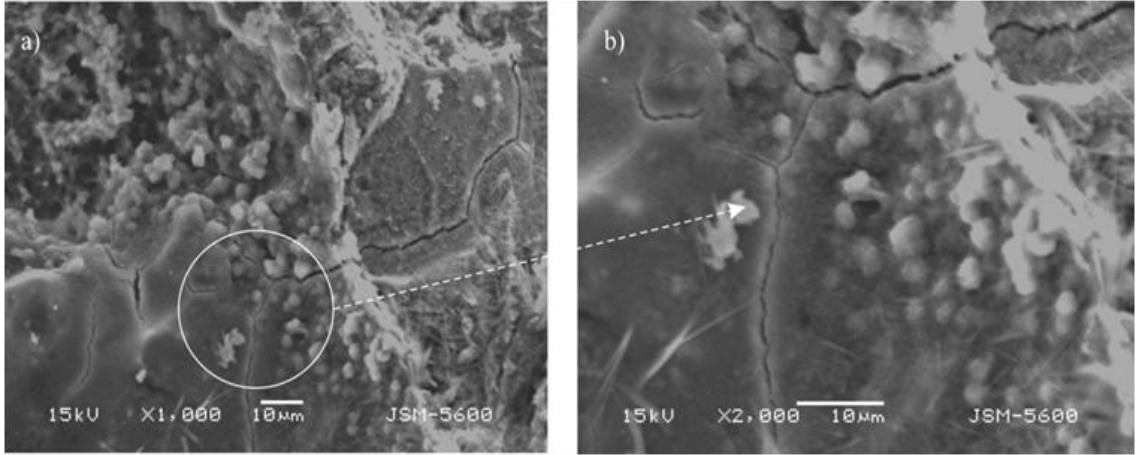
Alkali silis reaksiyonunun etkilerini belirlemede kullanılan ve benzer deney yöntemlerinde biri olan CSA A23.2 (1994)' de ise 14 günlük genleşme oranları dikkate alınmaktadır. Bu standarda göre; 14 günlük genleşmelerin % 0,1' den fazla olması durumunda agregalar reaksiyon açısından sakıncalı olarak değerlendirilmektedir. I. çimento ile yapılan harç çubuklarının 14. günlük ortalama genleşme yüzdelere bakıldığında AS kodlu granitin yüzdesi standart limitin üzerindedir. II. çimento ile yapılan harç çubuklarının 14. günlük ortalamalarına bakıldığında ise hiç bir harç çubuğunun % 0,1'in üzerinde genleşme göstermediği görülmektedir (Şekil 6.11).

## **6.2. TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU İNCELEMELERİ**

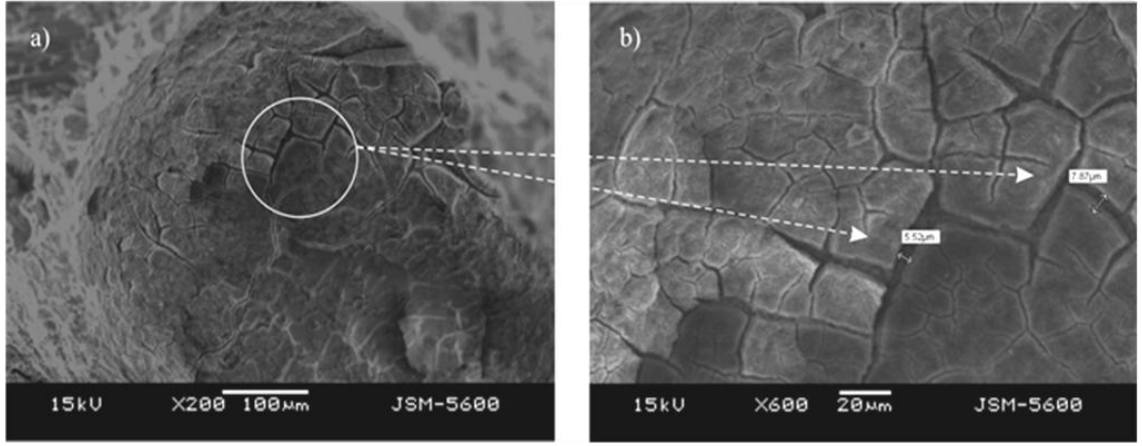
Hızlandırılmış harç çubuğu deneylerinde kullanılan örnekler üzerindeki alkali-silis reaksiyonu etkilerini gözlemlemek amacıyla taramalı elektron mikroskobu (SEM) incelemeleri de yapılmıştır. Harç numunelerine ait elektron mikroskobu görüntüleri Şekil 6.14, 6.15, 6.16, 6.17, 6.18, 6.19, 6.20, 6.21, 6.22, 6.23, 6.24, 6.25, 6.26, 6.27, 6.28, 6.29, 6.30, 6.31' de sunulmuştur. Ayrıca SEM incelemeleri sırasında, harç çubuklarında gelişen tipik genleşme çatlaklarından ölçümler alınmıştır. Çatlakların şekilleri ile açıklıkları Tablo 6.4' te sunulmuştur. Bu çizelgede görüldüğü gibi çatlaklar ağırlıklı olarak çizgisel veya ağ şeklindedir. Çatlak açıklıkları ise 7,87 ile 1,69  $\mu\text{m}$  arasında değişmektedir.



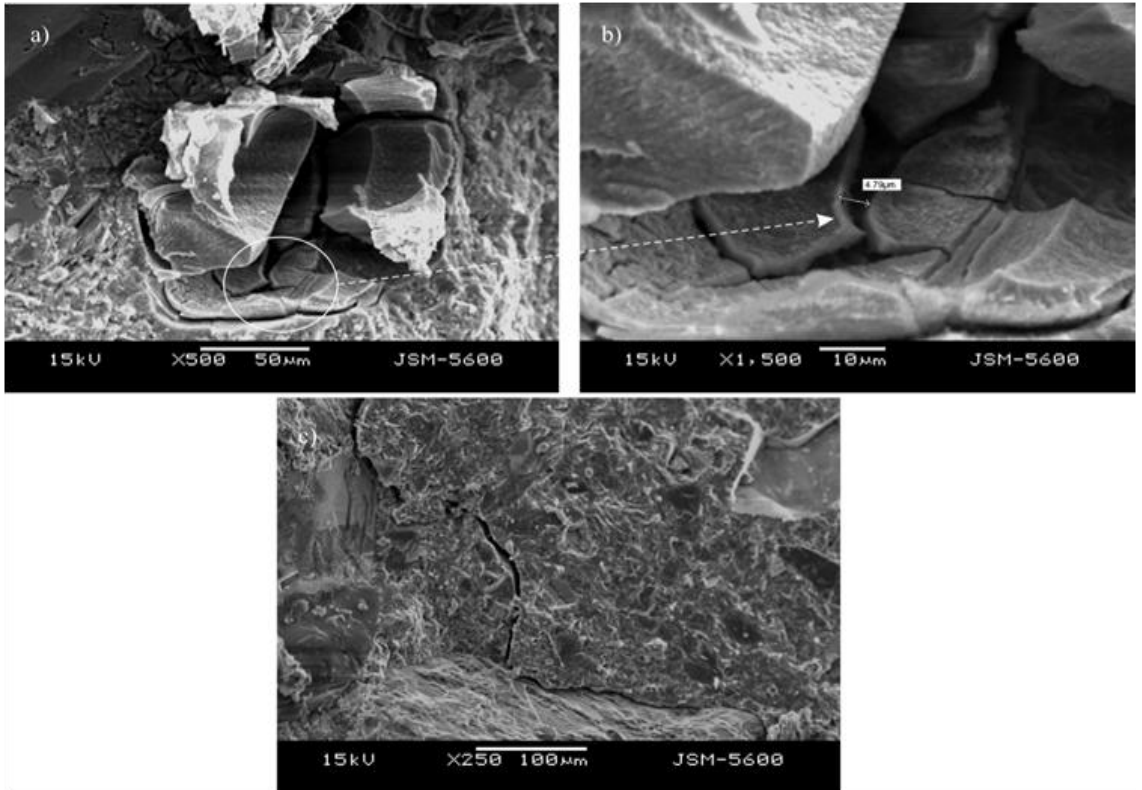
**Şekil 6.14:** a) KB kodlu granitlerin I. çimento ile üretilen harç çubukları üzerinde yapılan Alkali-silis reaksiyon deneyi sonunda gelişen jelde görülen tipik genişleme çatlakları, b) Çatlak açıklığının yakından görünümü



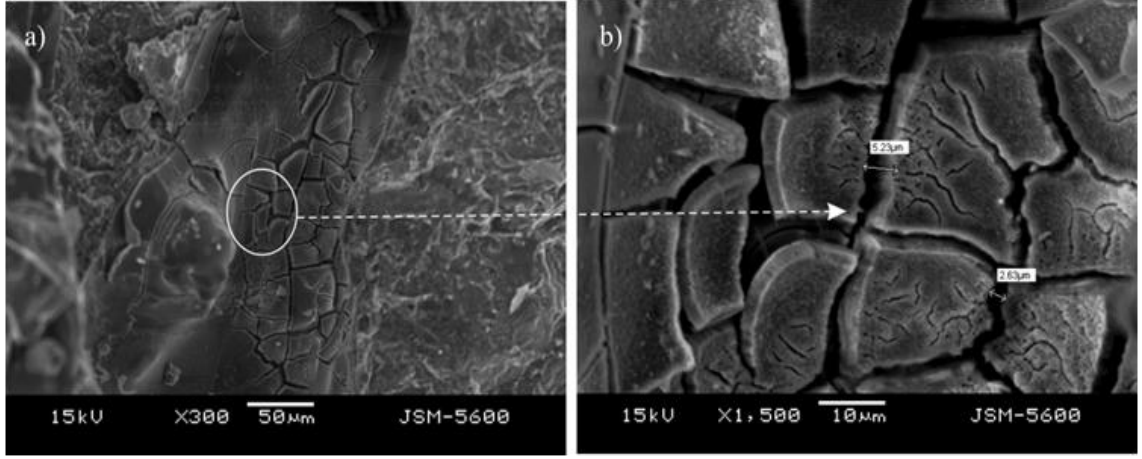
**Şekil 6.15:** a) GS kodlu granitlerin I. çimento ile üretilen harç çubukları üzerinde yapılan ASR deneyi sonucunda meydana gelen tipik genişleme çatlakları, b) Aynı çatlakların yakından görünümü



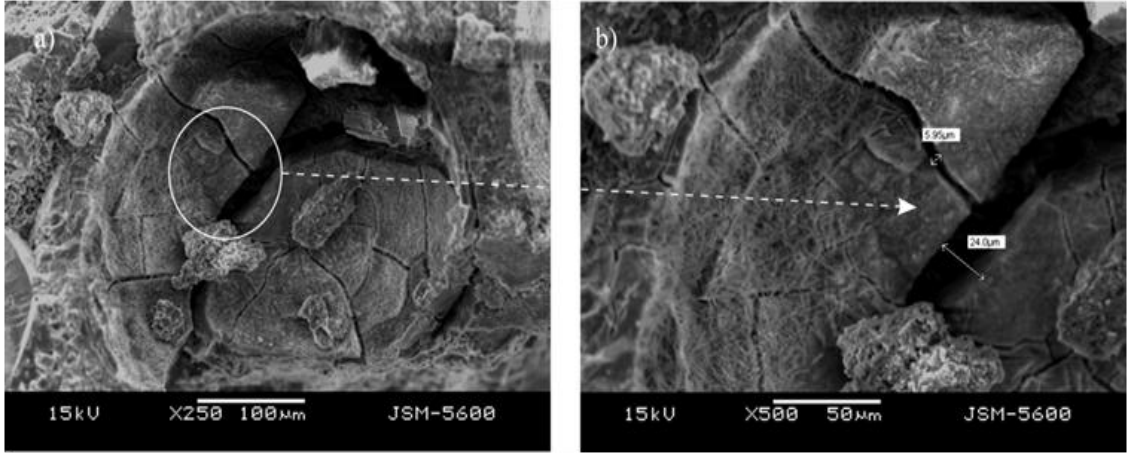
**Şekil 6.16:** CK kodlu granitlerin I. çimento ile üretilen harç çubuklarının SEM görüntüleri **a)** ASR sebebi ile oluşan çatlakların görünümü, **b)** Çatlakların yakından görünümü ve açıklık ölçümü



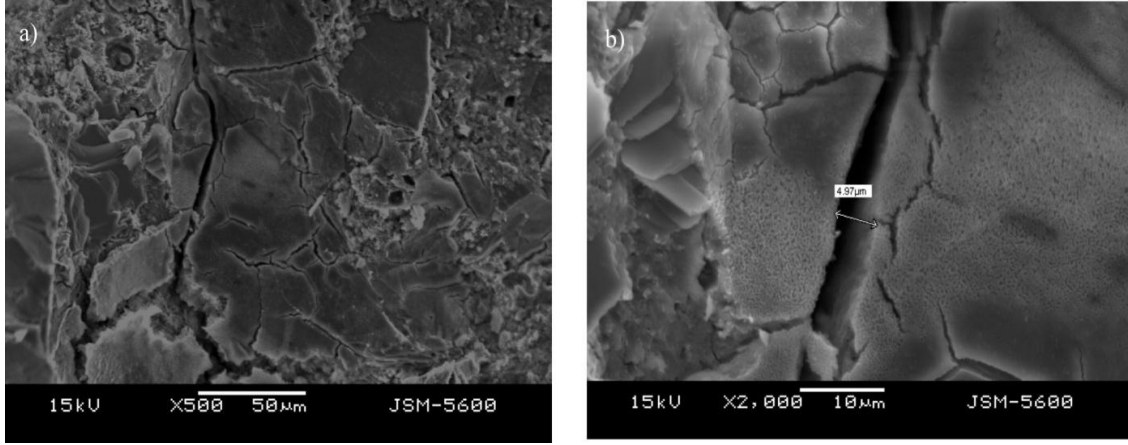
**Şekil 6.17:** **a,b,c)** AF kodlu granitlerin I. çimento üretilen harç çubukları üzerinde yapılan Alkali- silis reaksiyonu deneyi sonunda gelişen jelde görülen tipik genleşme çatlakları



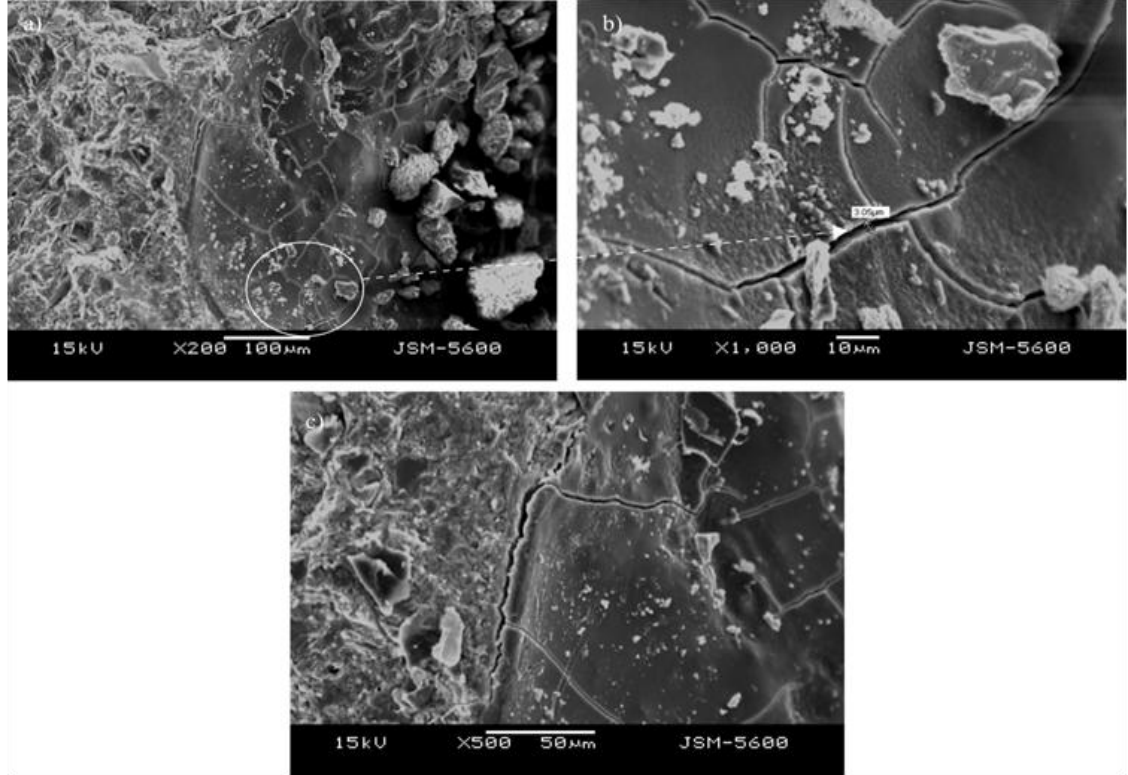
**Şekil 6.18:** ER kodlu granitlerin I. çimento ile üretilen harç çubuklarının SEM görüntüleri **a)** ASR sebebi ile oluşan çatlakların görünümü, **b)** Çatlakların yakından görünümü ve açıklık ölçümü



**Şekil 6.19:** **a)** IB kodlu granitlerin I. çimento ile üretilen harç çubukları üzerinde yapılan Alkali-silis reaksiyonu deneyi sonucu gelişen jelde oluşan genleşme çatlakları, **b)** aynı çatlakların ve çatlak açıklığının yakından görünümü

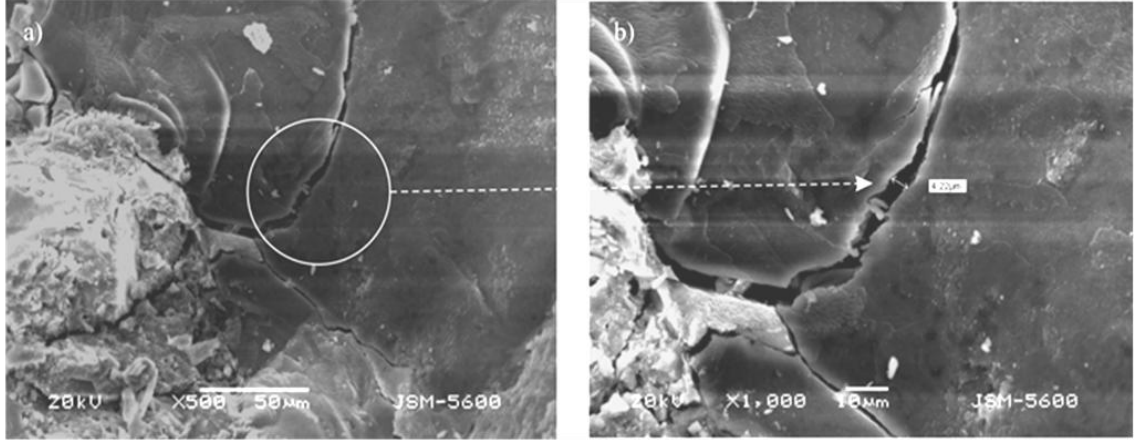


**Şekil 6.20:a,b)** AY kodlu granitlerin I. çimento üretilen harç çubukları üzerinde yapılan hızlandırılmış harç çubuğu deneyi sonunda gelişen jelde görülen tipik genişleme çatlakları

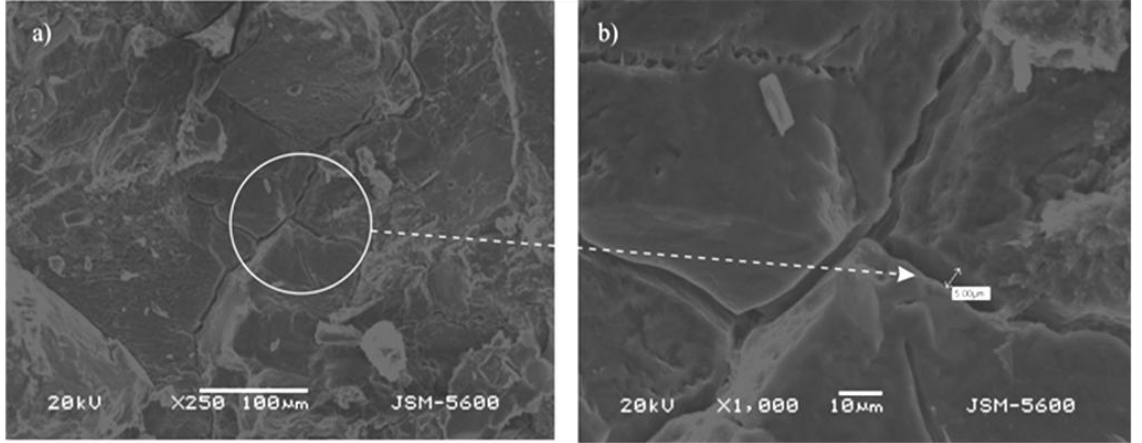


**Şekil 6.21:a)** AS kodlu granitlerin I. ile üretilen harç çubukları üzerinde yapılan Alkali-silis reaksiyonu deneyi sonunda gelişen jelde oluşan genişleme çatlakları, **b)** Aynı çatlakların yakından görünümü, **c)** ASR deneyi sonunda gelişen jelde görülen tipik genişleme çatlakları

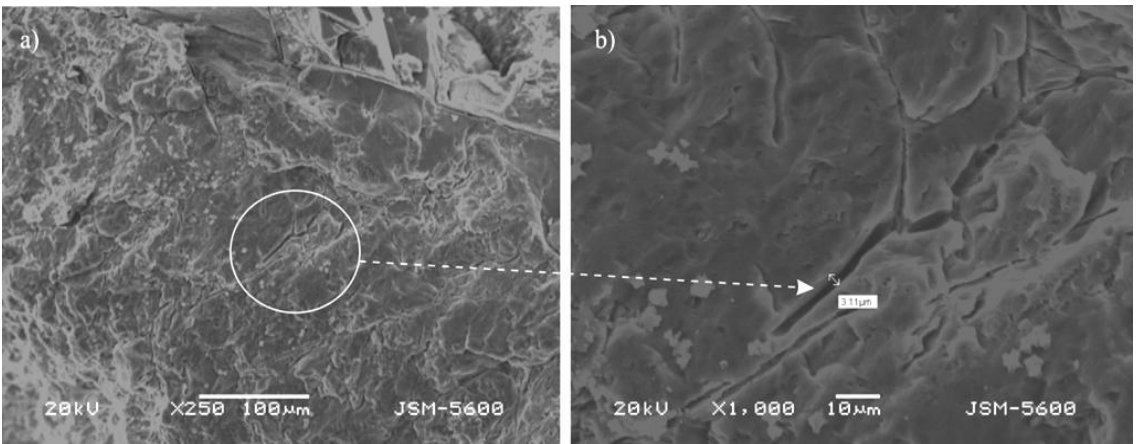




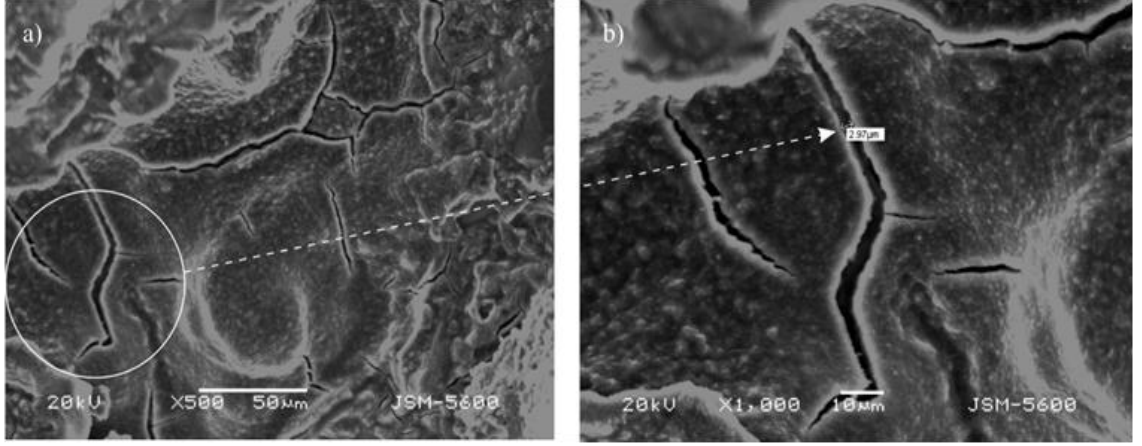
**Şekil 6.22:** a,b) KB kodlu granitlerin II. çimento ile yapılan Alkali-silis deneylerinde kullanılan harç çubuklarının SEM görüntüleri



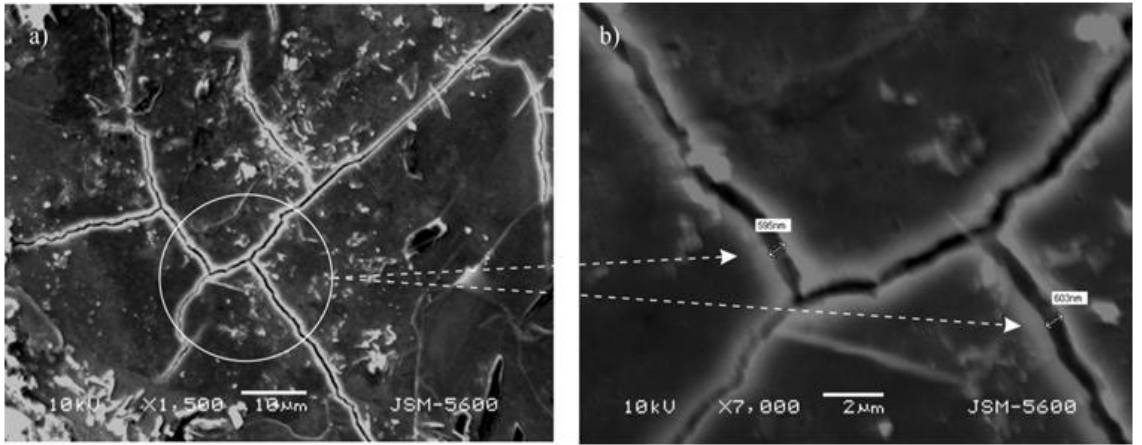
**Şekil 6.23:** CS kodlu granitlerin II. çimento ile üretilen harç çubuklarının SEM görüntüleri a) ASR sebebi ile oluşan çatlakların görünümü, b) Çatlakların yakından görünümü ve açıklık ölçümü



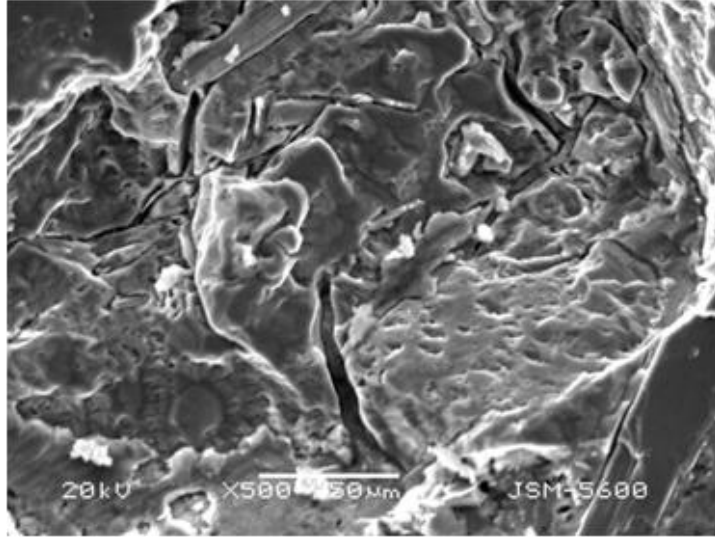
**Şekil 6.24:** a,b) GS kodlu granitlerin II. çimento üretilen harç çubukları üzerinde yapılan Alkali- silis reaksiyonu deneyi sonunda gelişen jelde görülen tipik genişleme çatlaklar



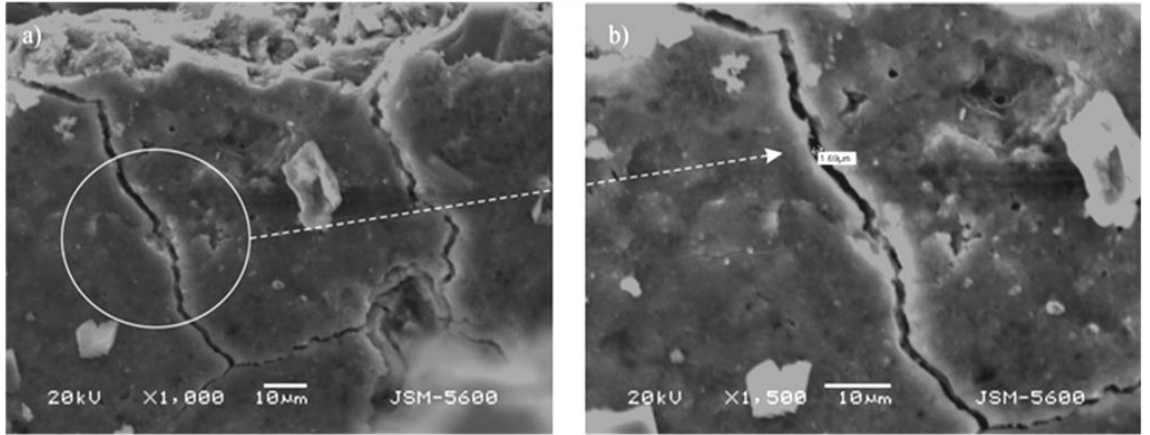
**Şekil 6.25:** a) AF kodlu granitlerin II. çimento ile üretilen harç çubukları üzerinde yapılan ASR deneyi sonunda gelişen jelde görülen genişleme çatlakları, b) aynı çatlakların yakından görünümü



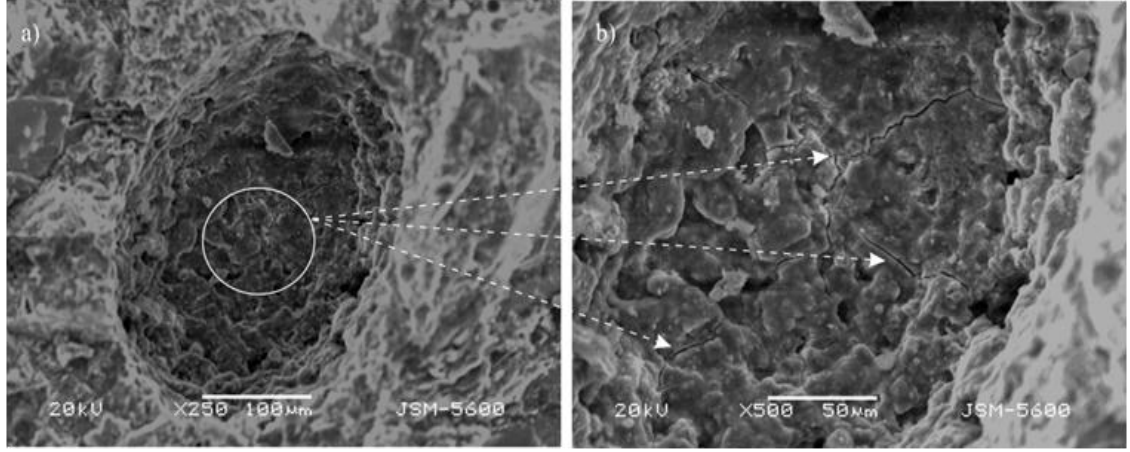
**Şekil 6.26:** a) ER kodlu granitlerin II. çimento ile üretilen harç çubukları üzerinde yapılan ASR deneyi sonunda gelişen jelde görülen tipik genişleme çatlakları, b) çatlakların yakından görünümü



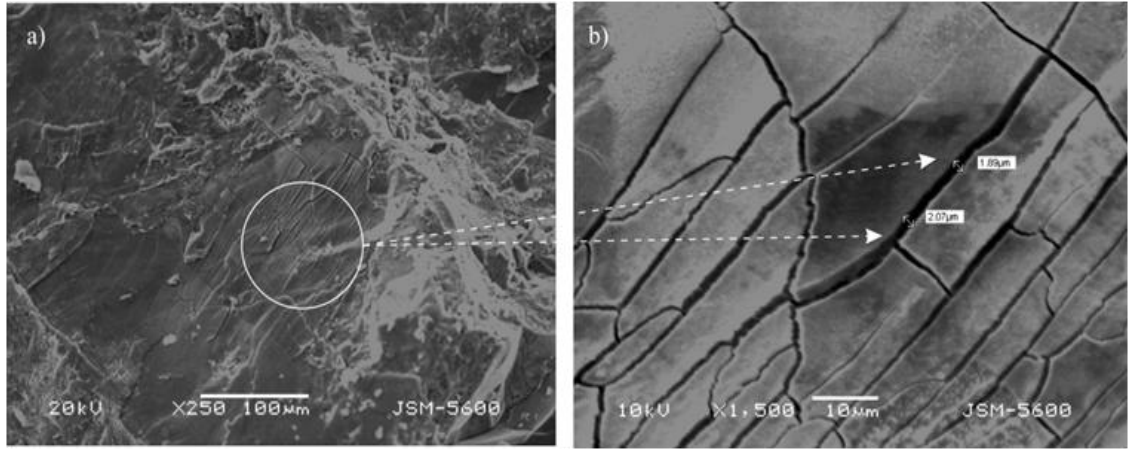
**Şekil 6.27:** CK kodlu granitlerin II. çimento ile üretilen harç çubukları üzerinde yapılan ASR deneyi sonunda gelişen jelde görülen genişleme çatlakları



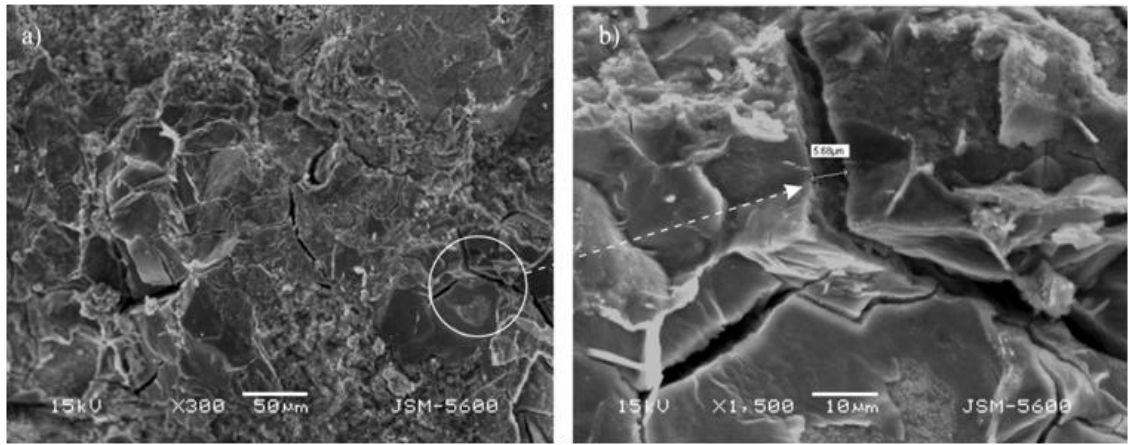
**Şekil 6.28:** a) IB kodlu granitlerin II. çimento ile üretilen harç çubukları üzerinde yapılan ASR deneyi sonunda tane yüzeyinde gelişen jelde görülen tipik genişleme çatlakları, b) Aynı çatlakların yakından görünümü



**Şekil 6.29:** a) GV kodlu granitlerin II. çimento ile üretilen harç çubukları üzerinde yapılan ASR deneyi sonunda tane yüzeyinde gelişen jelde görülen tipik genişleme çatlakları, b) Aynı çatlakların yakından görünümü



**Şekil 6.30:** a) AY kodlu granitlerin II. çimento ile üretilen harç çubukları üzerinde yapılan ASR deneyi sonunda gelişen jelde görülen tipik genişleme çatlakları, b) çatlakların yakından görünümü



**Şekil 6.31:** a) AS kodlu granitlerin II. çimento ile üretilen harç çubukları üzerinde yapılan ASR deneyi sonunda gelişen jelde görülen tipik genişleme çatlakları, b) çatlakların yakından görünümü

**Tablo 6.4:** Granitler ile üretilen harçların SEM görüntülerinde belirlenen özellikleri

Örnek K	SEM görüntülerindeki reaksiyon göstergeleri					
	Jel Oluşumu		Çatlak Şekli		Çatlak Açıklığı (µm)	
	I.Çimento	II.Çimento	I.Çimento	II.Çimento	I.Çimento	II.Çimento
<b>GV</b>	-	Var	-	Dairesel	-	-
<b>IB</b>	Var	Var	Dairesel	Çizgisel	5,95	1,69
<b>CK</b>	Var	Var	Dairesel	Ağ şeklinde	5,52-7,87	-
<b>ER</b>	Var	Var	Ağ şeklinde	Çizgisel	2,63-5,23	-
<b>KB</b>	Var	Var	Dairesel	Çizgisel	-	4,22
<b>AY</b>	Var	Var	Ağ şeklinde	Çizgisel	4,97	1,89-2,07
<b>AF</b>	Var	Var	Dairesel	Ağ şeklinde	4,79	2,97
<b>GS</b>	Var	Var	Çizgisel	Çizgisel	-	3,11
<b>AS</b>	Var	Var	Çizgisel	Çizgisel	3,05	5,68
<b>CS</b>	-	Var	-	Ağ şeklinde	-	5,00

## 7. DENEYSEL VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Granitik kayaçların alkali agrega reaktivitelerinin karşılaştırıldığı bu çalışmada; Balaban-Kırklareli (KB), Şeytandere-Çatalca (CS), Sancaktepe-Gebze (GS), Kestanbol-Çanakkale (CK), Fıstıklı-Armutlu (AF), Kozak-İzmir (IB), Bulancak-Giresun (GV), Erdek-Kapıdağ Yarımadası (ER), Yaylak-Aksaray (AY), Sipahi Köyü-Aksaray (AS) bölgelerinde üretilen agregaların betonda oluşturabileceği alkali-agrega reaksiyonları araştırılmıştır.

Çalışma kapsamında; granitik kayaçların özellikle kimyasal, mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri incelenmiş, iki farklı çimento kullanılarak hızlandırılmış harç çubuğu deneyleri yapılmıştır.

İnce kesitler üzerinde yapılan petrografik incelemelere göre; granitik kayaçlarda kuvars, ortoklaz, plajiyoklaz, hornblend ve biyotit ana mineraller olarak gözlenmiştir. Bunun yanı sıra, granitik kayaçlar içerisinde ikincil mineral olarak; klorit, epidot, muskovit, serizit, kalsit tali mineraller olarak; titanit, zirkon, apatit ve opak mineraller de bulunmuştur. Bu minerallerden ikincil olanlar ayrışma ve/veya hidrotermal alterasyon ürünleridir.

Yapılan petrografik incelemelerde granitik kayaçların içerdiği mineral yüzdeleri araştırılmış ve açık renkli minerallerden kuvars, ortoklaz ve plajiyoklazın oldukça fazla miktarda bulunduğu ortaya çıkmıştır. Ayrışma ve hidrotermal alterasyon ürünlerinin ise özellikle KB, AY, GS ve CS kodlu örneklerde fazla oranda bulunduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.2). Balaban, Şeytandere ve Sancaktepe Bölgeleri granitik kayaçlarında ise metamorfizma/deformasyon etkilerine rastlanmıştır. Bu bölgelere ait örneklerin tümünde metamorfizma nedeniyle gnays ve şist dokusu gelişmiştir. Ayrıca; her üç örnekte de metamorfizmadan etkilenen kuvars bulunmasına rağmen, yapılan hızlandırılmış harç çubuğu deney sonuçlarından 16. günlük boyca genleşme oranlarına bakıldığında; özellikle Şeytandere ve Sancaktepe Bölgesi örneklerinde oldukça az oranda bir genleşme görülürken, Balaban Bölgesi örneğinde diğer iki örnekten daha yüksek oranda bir genleşme görülmektedir. Bununla birlikte bu üç örneğin 28 günlük boyca genleşme oranlarına bakıldığında, Balaban Bölgesi örneğinin özellikle I. çimento

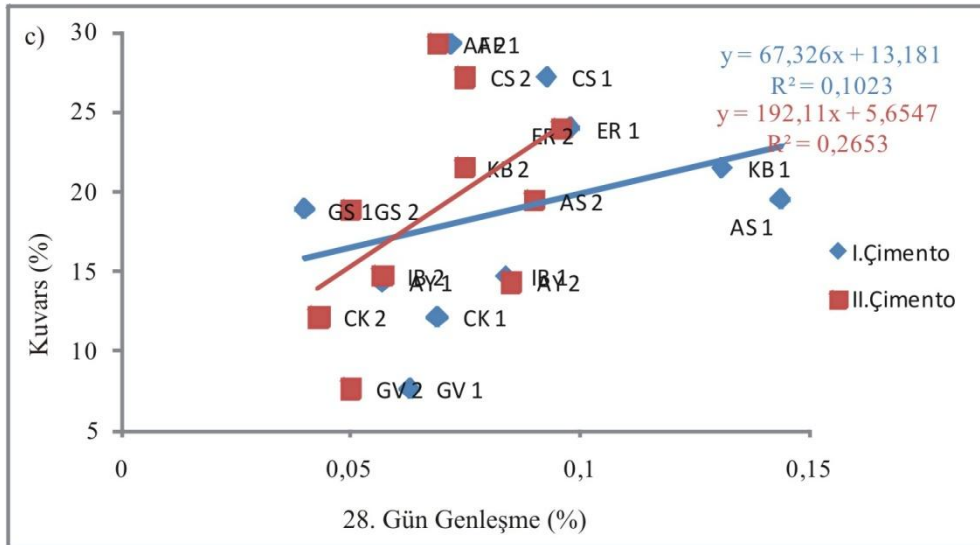
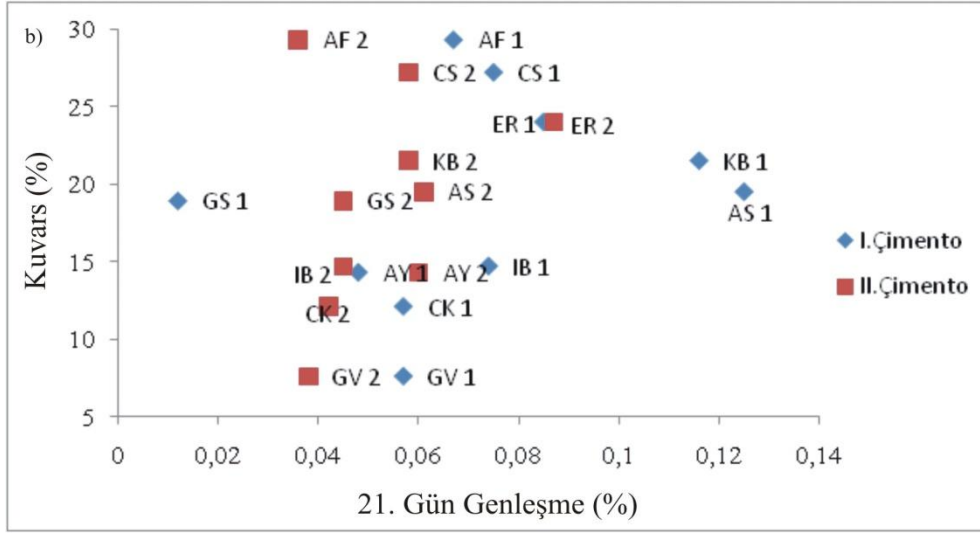
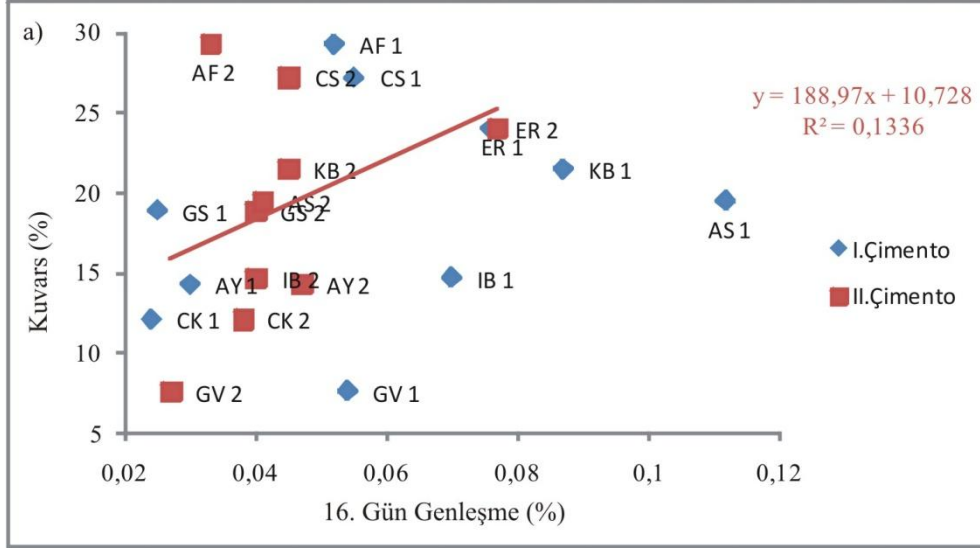
ile yapılan hızlandırılmış harç çubuğu deneyi sonucunda uzama yüzdesinin 0,1'in üzerine çıktığı görülmektedir (Şekil 6.1). Diğer iki örnekte ise bu sınır değeri aşılmamıştır. KB kodlu granitlerde düşük dereceli metamorfizma sonucu muskovit, epidot ve klorit oluşumu ve kataklastik doku gözlenir, CS kodlu granitlerdeki kuvars minerallerinde ise metamorfizma göstergesi olan dalgalı sönme ve şeker dokusu gözlenmektedir (Şekil 4.14). GS kodlu granitlerde kataklastizma sonucu kuvarslarda meydana gelen çatlaklı doku görülmektedir (Şekil 4.15). Ayrıca AS kodlu granitlerde, kataklastik doku, kuvarslarda metamorfizma etkisi ve şeker dokusu görülmektedir. Nitekim Sibbick ve Page (1992) ve Deloye (1989) tarafından da beton dayanımını düşüren reaktif agregaların kriptokristalin ve deforme olmuş kuvarslar olduğu ifade edilmiştir.

Lu vd. (2006) çalışmalarında; feldspat ve mikaların beton gözenek suyuna en fazla katkıda bulunan mineraller olduğunu ve metamorfik kökenli gnayslarda, altere olmuş feldspat ve mika minerallerini içeren granitlere göre daha fazla alkali serbestleşmesi mevcut olduğunu belirtmişlerdir.

Sipahi Köyü-Aksaray (AS) örneği dışında kalanların granit agregası olarak kullanıldığı harç çubuklarında, 16 gün sonunda alkali silis reaksiyonu oluşumu görülmemektedir. Bununla birlikte granitlerin kuvars yüzdelilerinin genleşme ile ilişkisini belirlemek amacı ile Kuvars-Genleşme diyagramları hazırlanmıştır. Kuvars genleşme diyagramlarına bakıldığında 16 günlük genleşme diyagramında I. çimento II. çimentoya göre daha dağınık bir trend göstermektedir (Şekil 7.1). I. çimento 0,03-0,15 arası genleşme değeri gösterirken II. çimento daha dar bir aralıkta olup, 0,02-0,08 arası değerlere sahiptir. 21 günlük genleşme diyagramlarında I. çimento hala dağınık bir yapı gösterirken II. çimento değerleri artan kuvars oranına bağlı olarak artan bir genleşme göstermektedir. Bu durum 28 günlük genleşme diyagramında daha belirgin bir şekilde görülmektedir (Şekil 7.1 c). I.çimento ile yapılan deney sonuçlarına göre ER1, IB1 ve AS1 gibi örnekler diğerlerine göre daha yüksek genleşme değerlerine sahipken 16, 21 ve 28 günlük genleşme diyagramlarında da benzer davranışlar sergiledikleri görülmektedir (Şekil 7.1 a,b,c). Ayrıca bu üç örnekte metamorfizmadan etkilenen kuvars oranı oldukça yüksektir. Örneklerin 16 günlük boyca genleşme oranlarına bakıldığında ise, özellikle CS ve GS kodlu örneklerde oldukça az oranda bir genleşme görülürken KB kodlu

örnekte diğer iki örnekten daha yüksek oranda bir genleşme görölmektedir. Bununla birlikte bu üç örneğin 28 günlük boyca genleşme oranları, KB örneğinin özellikle I. çimento ile yapılan hızlandırılmış harç çubuğu deneyi sonucunda uzama yüzdesinin 0,1'in üzerine çıktığı görölmektedir. Diğer iki örnekte ise bu sınır değeri aşılmamıştır.

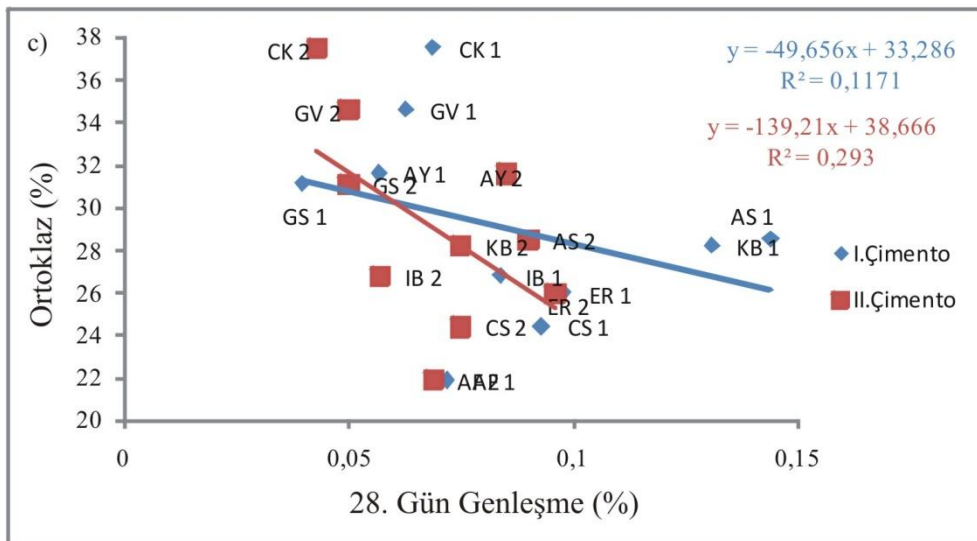
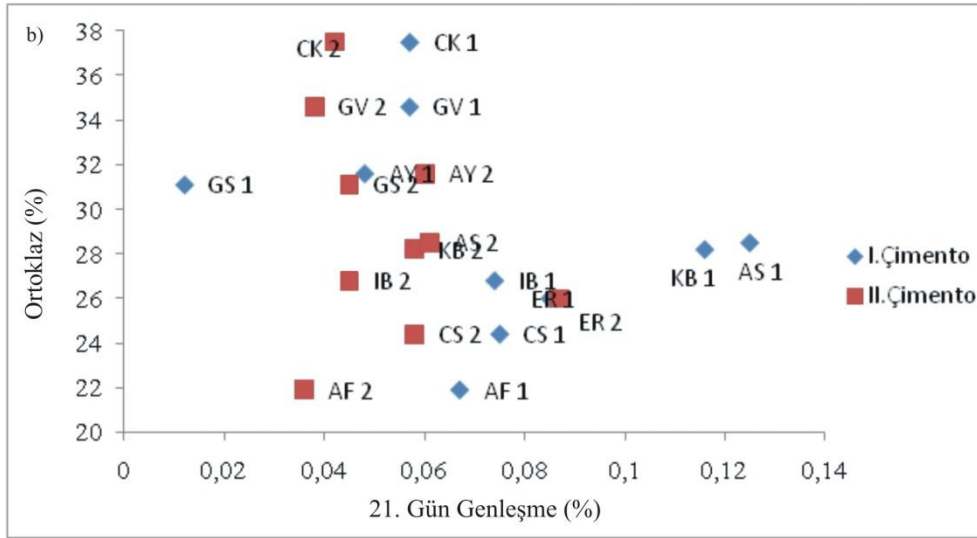
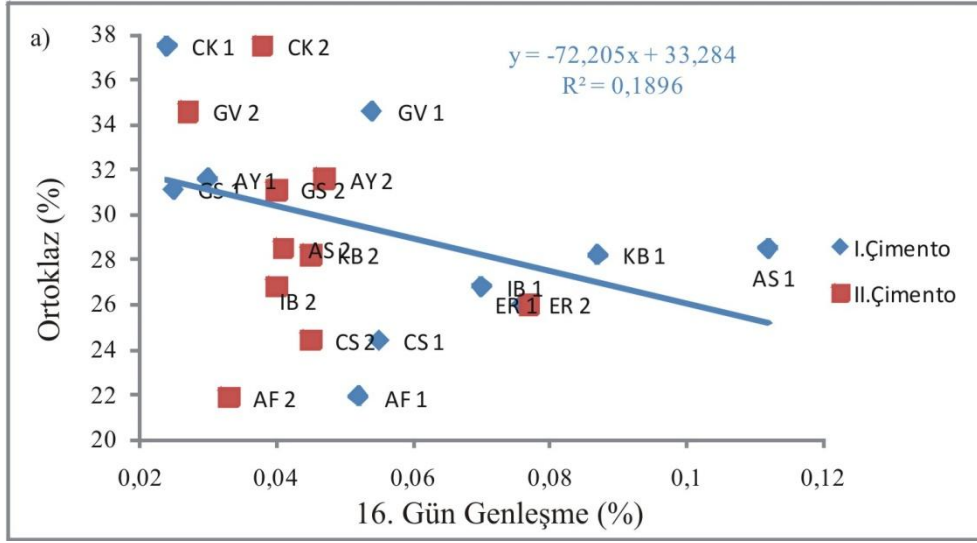




**Şekil 7.1:** Granitler içerisindeki a) 16 günlük b) 21 günlük c) 28 günlük kuvars yüzdesi- genleşme diyagramı

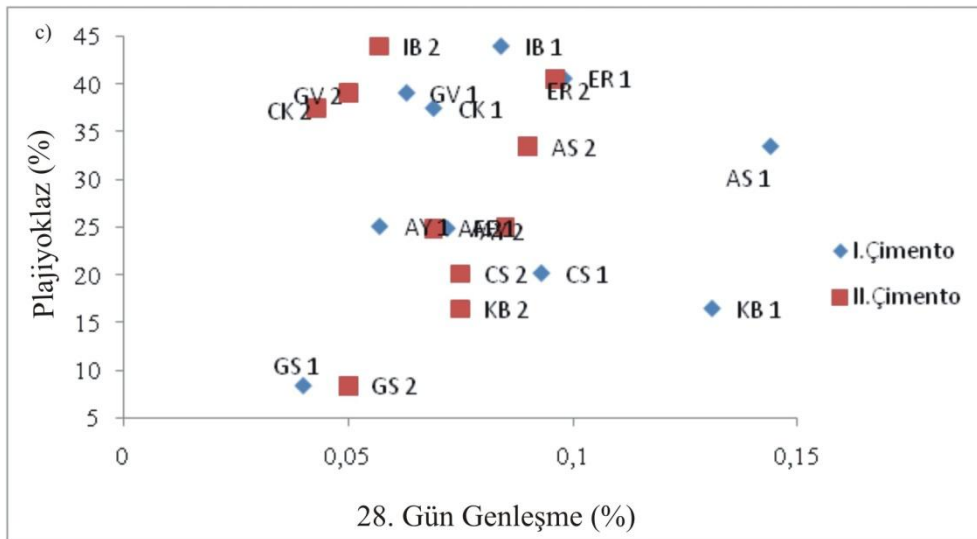
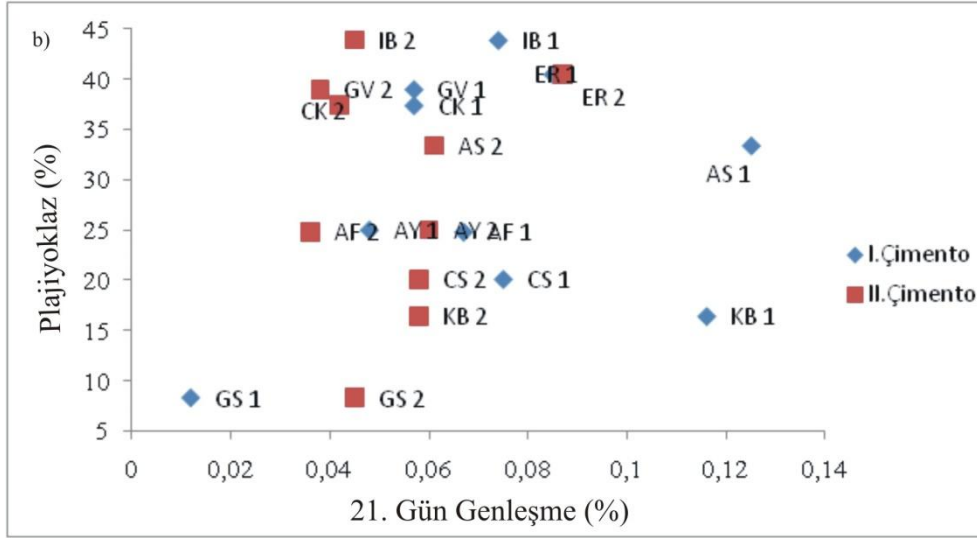
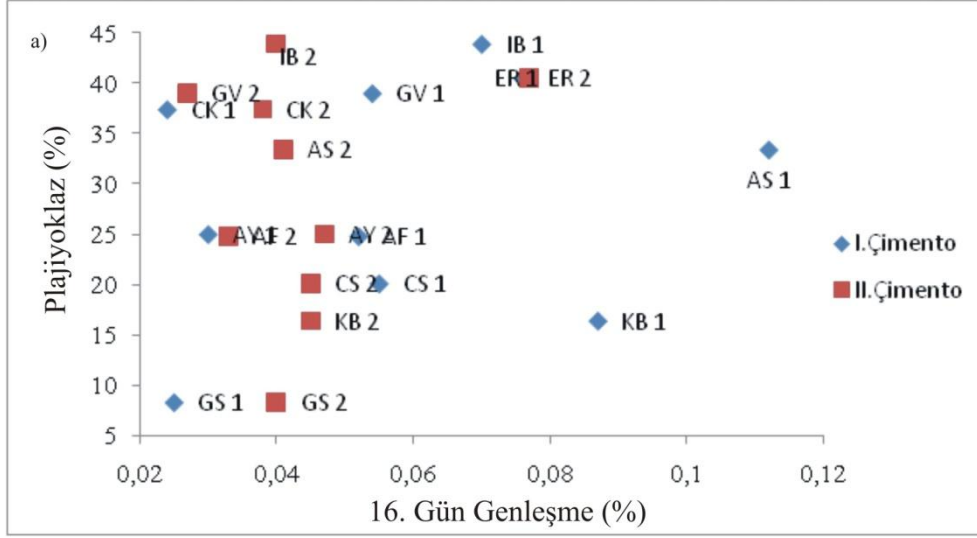
Granitlerin potansiyel alkali reaktivitesi kuvars yüzdesine ve kuvars üzerindeki gerilme etkisine bağlıdır. Dalgalı sönme ve deformasyon süresi boyunca kuvars tanelerinin neden olduğu mekanik gerilmeler sonucunda oluşan şiddetli kırılmalar gibi dokusal karakteristikler çimento alkalileri ile birlikte kimyasal reaktivite ile de ilişkilidir (Gogte, 1973). Ancak iki farklı çimento kullanılmış olmasının yanı sıra incelenen kayalar içindeki kuvars miktarının ve kuvars minerallerinin metamorfizmaya uğramış olmasının, alkali silis reaktivitesi açısından tek başına bağlayıcı bir etken olmadığı görülmüştür. Bunu destekler şekilde en çok metamorfizmaya uğramış örnekler olan KB ve AS kodlu granitlerin 28 günlük Kuvars-Genleşme diyagramına bakıldığında genişmesinin sadece I. çimento ile yapılan deneyler sonucunda fazla oranda arttığı bunun yanı sıra II. çimento ile yapılan deney sonuçlarının diğer granit örnekleri ile benzerlik gösterdiği görülmektedir (Şekil 7.1).

Granitik kayalarda yapılan hızlandırılmış harç çubuğu deneyleri sonucunda elde edilen 16, 21 ve 28 günlük genişme verileri sadece silisli minerallerde değil, alkali mineraller (ortoklaz, plajiyoklaz) ile alkali olmayan bazı minerallerde (hornblend, biyotit) de test edilmek istenmiştir. Bu amaçla mineral-genleşme diyagramları hazırlanmıştır. Bu diyagramlarda (Şekil 7.2, Şekil 7.3) görüldüğü gibi; Ortoklaz-Genleşme diyagramlarında I. ve II. çimentonun davranışı 16, 21 ve 28. günlerde farklı olup, I. çimentonun her üç diyagramda da daha dağınık bir yapı gösterdiği görülmektedir (Şekil 7.2). II. çimento ise 16 gün ve 21 günlük genişme diyagramlarına bakıldığında az da olsa bir genişme farkı vermekte aynı şekilde 21 ve 28 günlük genişme diyagramları ele alındığında yine benzer aralıklarda genişmeye sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 7.2: Granitler içerisindeki a) 16 günlük b) 21 günlük c) 28 günlük Ortoklaz yüzdesi- genleşme diyagramı

Granitik kayalarda yaygın olarak bulunan feldispatlar, alkali feldispatlar (ortoklaz, mikroklin) ile plajiyoklazlar olarak ayrılmaktadır. Bu nedenle, ortoklaz-genleşme diyagramında elde edilen trendler, ortalama olarak plajiyoklaz-genleşme diyagramlarında da gözlenmektedir (Şekil 7.3). Bununla birlikte ortoklaz-genleşme diyagramında 28 günlük genleşmelerde II. çimentoda artan ortoklaz oranına göre genleşmenin belli bir aralıkta konumlandığı (0.05-0.1) ve bu nedenle 16 ve 21 günlük trendlerden farklı olarak daha düzenli bir davranış sergilediği gözlenmektedir (Şekil 7.2). Plajiyoklaz-genleşme diyagramında ise, 16, 21 ve 28 günlük trendler I. ve II. çimentoya göre karşılaştırıldığında, oldukça dağınık trendler sunmakta ve her üç diyagramda da benzer davranışlar sergilemektedir (Şekil 7.3). Ancak plajiyoklaz minerallerinde sadece 28 günlük genleşmenin (0.05-0.1), 16. güne nazaran (0.02-0.05) artmış olduğu görülmektedir (Şekil 7.3). Bu özelliği ile ortoklaz mineralinin davranışına benzer bir trend göstermektedir.

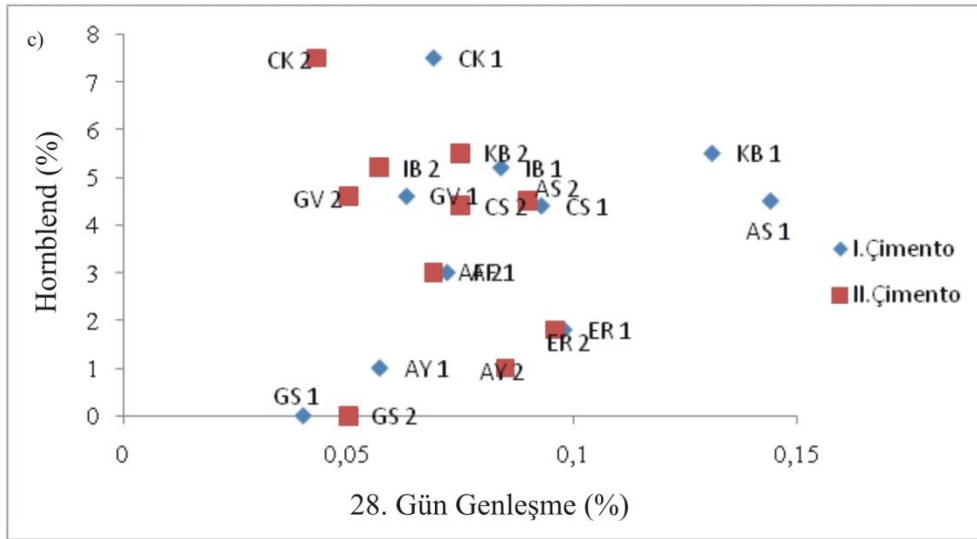
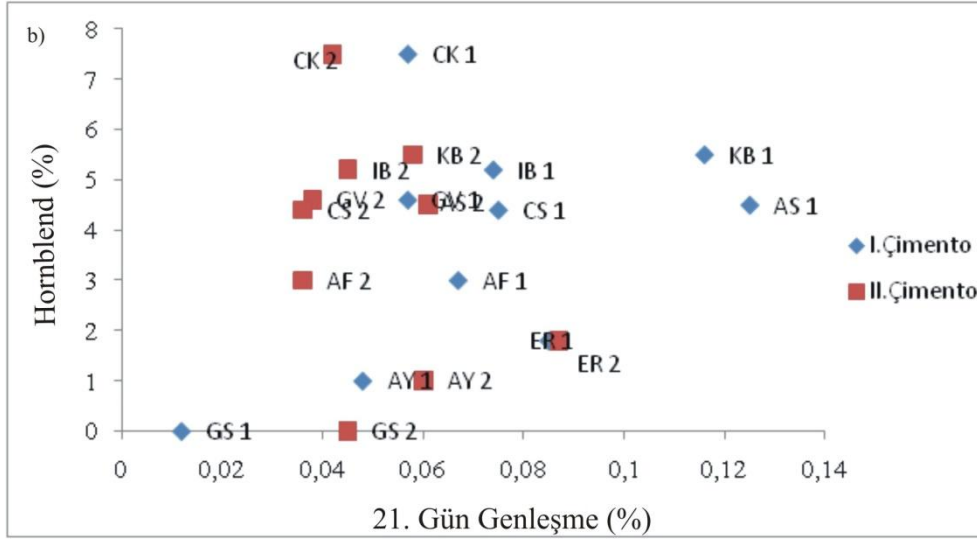
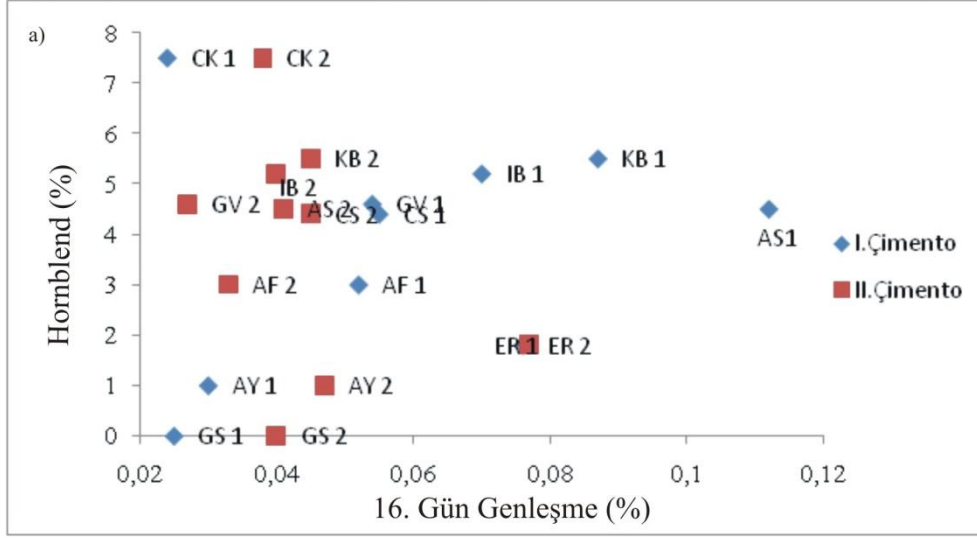


Şekil 7.3: Granitler içerisindeki a) 16 günlük b) 21 günlük c) 28 günlük Plajiyoklaz yüzdesi- genleşme diyagramı

Mafik mineraller  $MgO$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $TiO_2$  gibi oksitlerce zengin, bunun yanı sıra atomik yapılarında felsik minerallere göre daha fazla su bulundurabilen minerallerdir. Bu nedenle mafik minerallerin davranışını görmek ve felsik minerallerle karşılaştırmak amacıyla, incelemeye konu olan granitik kayalarda en yaygın gözlenen mafik minerallerden hornblend ve biyotit mineralleri ele alınmıştır. Elde edilen mafik mineral-genleşme değişimi diyagramlarında 16, 21 ve 28 günlük hızlandırılmış harç çubuğu deneylerinde, bu mineraller başlangıçta daha zayıf reaksiyon verirken geçen zamana bağlı olarak reaksiyonların az da olsa hızlandığı görülmüştür.

Hornblend-genleşme diyagramında, 16 günlük genleşme diyagramında bazı örneklerde (KB1, IB1 ve AS1) I. çimentoda genleşme oranı daha yüksek görülürken, II. çimentoda daha düşük, bazı örneklerde ise (AY1, GS1, CK1 gibi) tam tersi bir durum görülmektedir (Şekil 7.4). 28 günlük genleşme değerleri ise 16 günlük genleşme değerlerine göre benzer olmakla birlikte, bazı örneklerde çok az da olsa artmaktadır. İkisinin arasında olan 21 günlük genleşme diyagramında ise daha karmaşık ara değerler görülmektedir (Şekil 7.4).

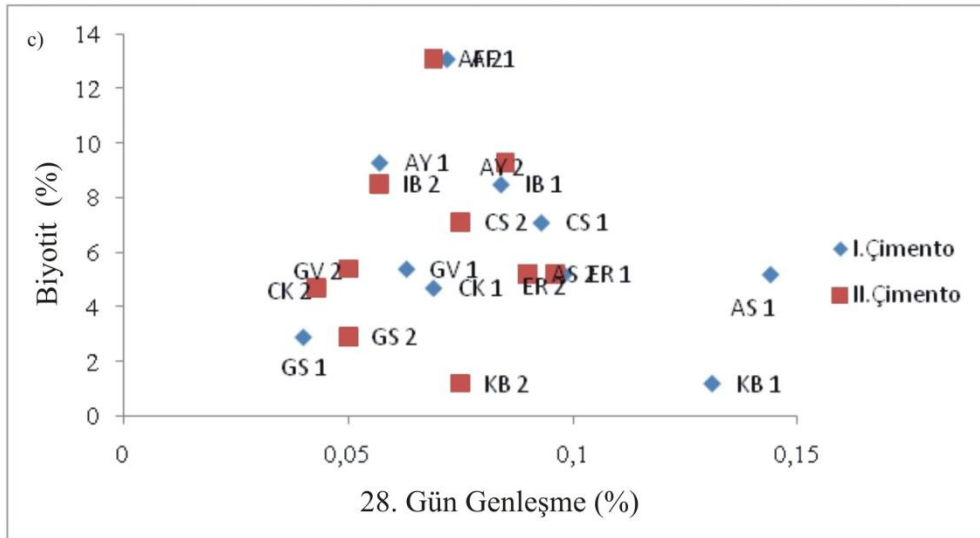
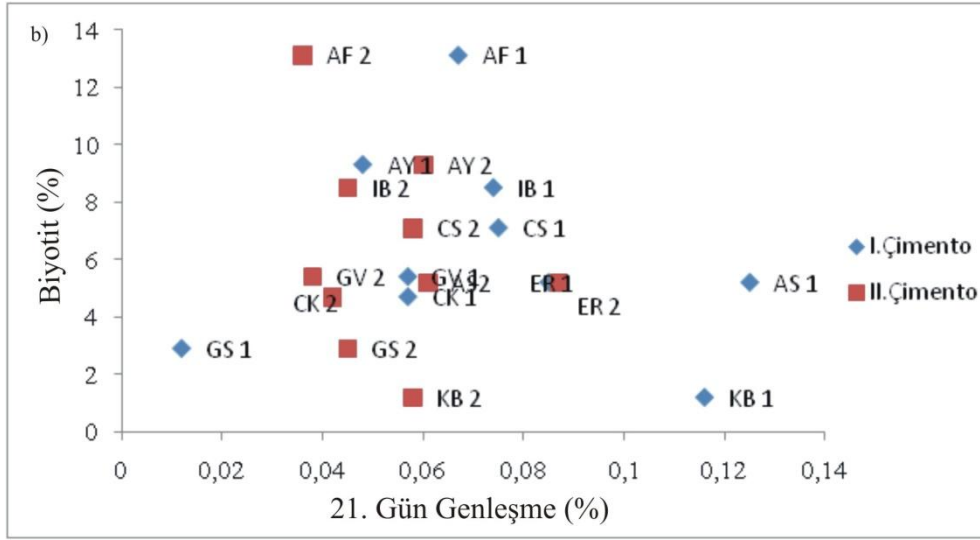
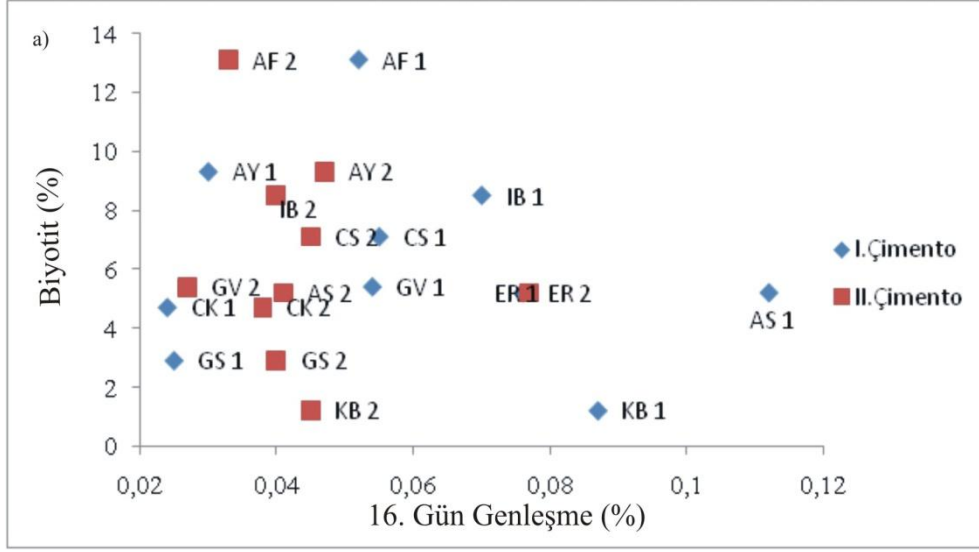
Tüm bu mineral-genleşme değişimlerine bakıldığında iki grubun farklı davrandığı görülmektedir. Bunlardan KB1, IB1 ve AS1 gibi örnekler hornblend bakımından zengin olup, hornblendlerin fazla  $H_2O$  içermesinden dolayı kimyasal yapısındaki zayıflık nedeni ile suyla karşılaşınca 16 günlükte reaksiyon nispeten hızlı gelişmekte, 21 ve 28 günlük genleşme grafiklerine bakıldığında ise reaksiyon hızının düştüğü görülmektedir. AY1, GS1 ve CK1 gibi örneklerin modal mineralojik bileşiminde hornblend minerallerini az içermelerinden dolayı, I. çimento ile yapılan deneyde düşük olan genleşme oranlarının II. çimento ile yapılan deneyler sonucunda yüksek olduğu görülmektedir. Bu örneklerdeki alkali elementlerce zengin minerallerin fazlalığı (ortoklaz) ve bunların alterasyonu nedeni ile 28 günlük deney süresi boyunca nispeten daha yüksek genleşme oranı elde edilmiştir.



Şekil 7.4: Granitler içerisindeki a) 16 günlük b) 21 günlük c) 28 günlük hornblend yüzdesi- genleşme diyagramı

Biyotit mineralleri yapısında  $Fe_2O_3$ ,  $K_2O$  ve  $MnO$  gibi oksitleri daha fazla bulunduran ve atomik dizilim bakımından zayıflık gösteren minerallerdir. Granitik kayalarda bulunan biyotit yüzdesinin genleşme ile olan ilişkisine bakıldığında, hornblend mineralleri gibi I.çimentoda daha fazla genleşme özelliği gösteren örnekler KB1, AS1 IB1 ve CS1 olduğu gibi, GS1 ve CK1 gibi önce düşük sonra nispeten daha yüksek genleşme gösteren örnekler de mevcuttur. Bununla birlikte, tüm örneklere bakıldığında hornblendlere göre çok belirgin bir değişiklik gözlenmemekte, genleşme miktarı zayıf olup, oldukça dağınık bir dağılım sunmaktadır (Şekil 7.5).

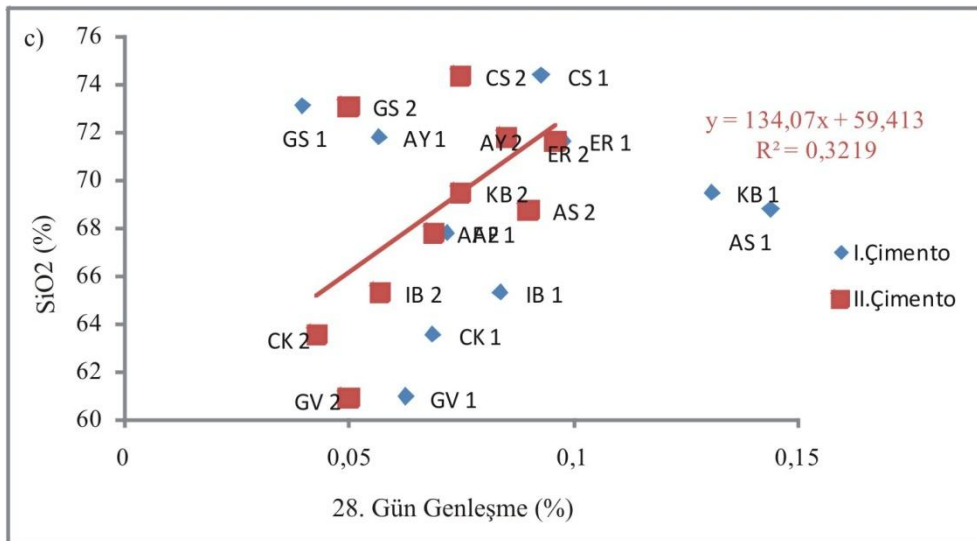
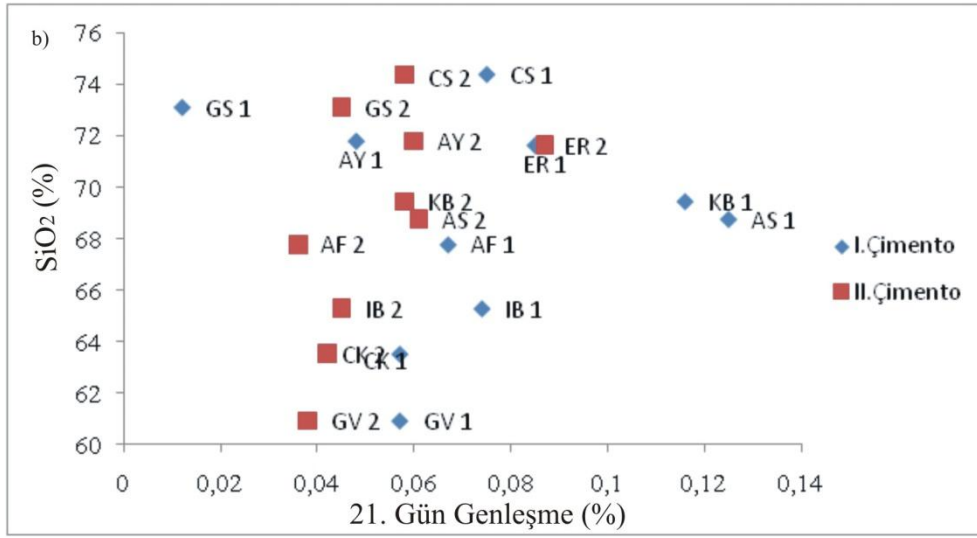
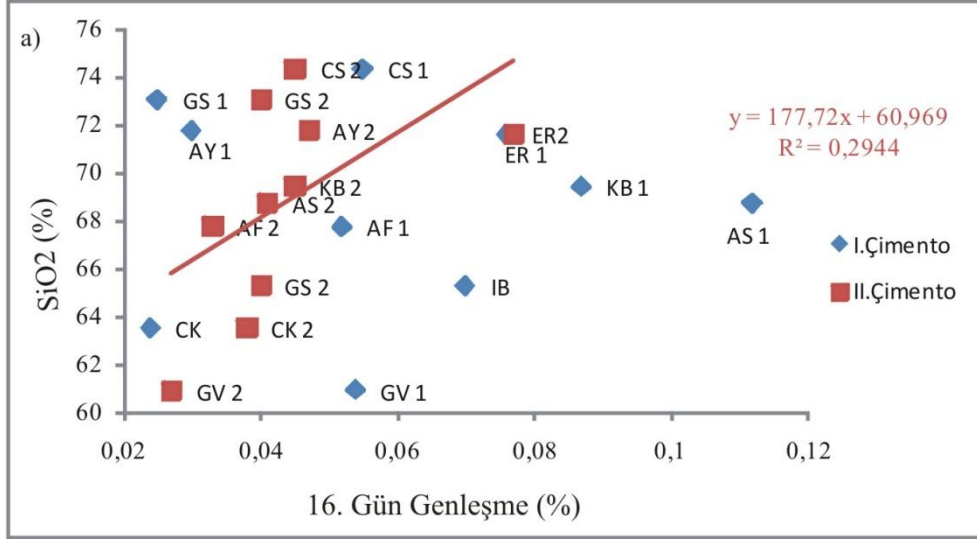




Şekil 7.5: Granitler içerisindeki a) 16 günlük b) 21 günlük c) 28 günlük Biyotit yüzdesi- genleşme diyagramı

Kimyasal analizler özellikle alkali silis reaksiyonu açısından granitlerde oluşabilecek reaksiyonları tespit amacı ile yapılmıştır. Mineral-genleşme diyagramlarında elde edilen sonuçları desteklemek amacıyla, felsik ve mafik minerallerin bünyelerinde bulunan bazı ana oksit değerleri ile bunlarla ilişkili bazı iz elementler alınarak oksit-genleşme ve element-genleşme diyagramları hazırlanmıştır. Bu diyagramlarda mineral ve ilgili oldukları elementin oksit değerleri ve iz elementleri birbirleri ile uyumlu bir trend sunmaktadır. Örneğin; ortoklaz minerali  $K_2O$  ve Rb gibi elementler ile uyumlu bir davranış sergilemektedir.

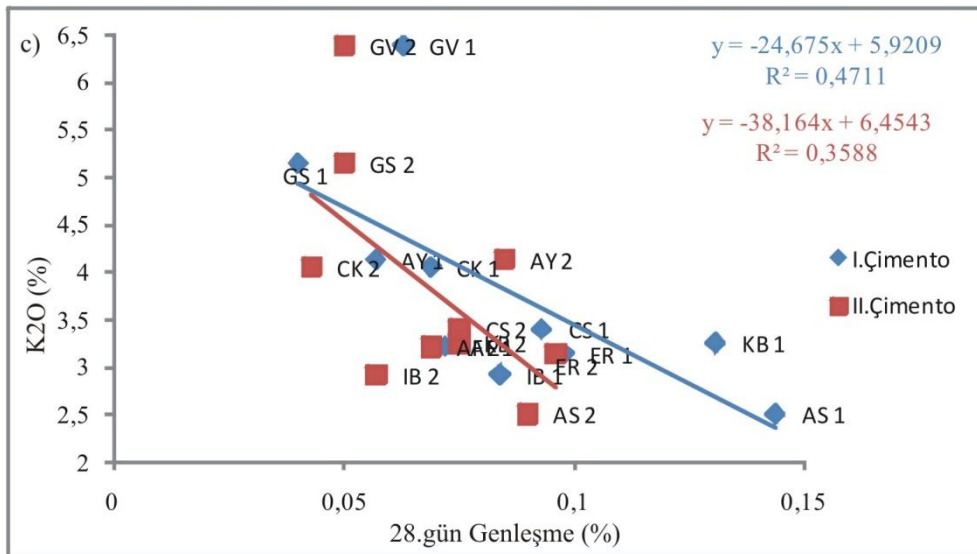
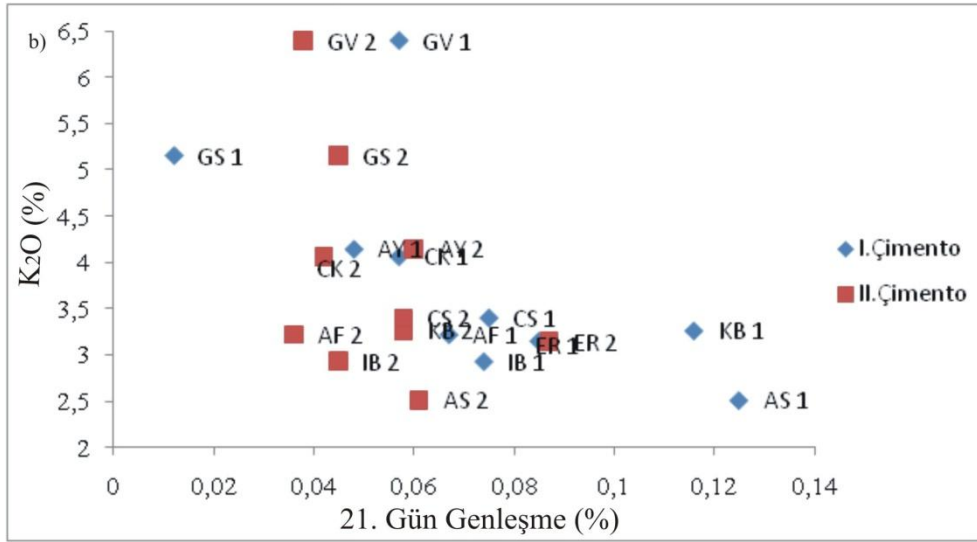
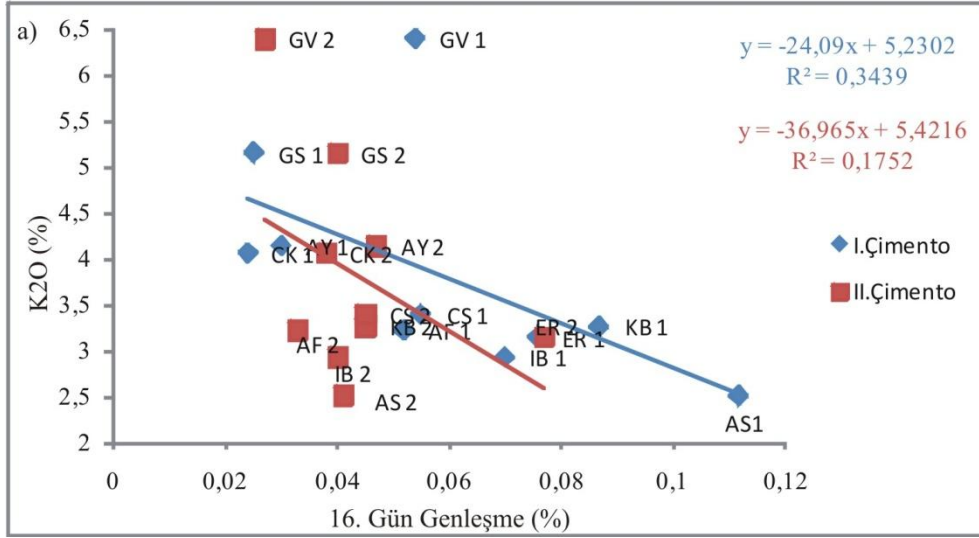
Analiz edilen 10 adet örnekte  $SiO_2$  değerleri % 74,38 ile % 60,94 arasında değişim gösterir (Şekil 4.23). En yüksek  $SiO_2$  oranı % 74,38 ile CS (Çatalca-Şeytandere) örneğinde olmasına karşın deney sonuçlarında en az boyca genleşme yüzdelerinden birine sahip olduğu görülmüştür.  $SiO_2$  oranının genleşme üzerindeki etkisini araştırmak için yapılan  $SiO_2$ -Genleşme diyagramı Şekil 7.6'da görülmektedir. Bu diyagramlarda elde edilen reaksiyon trendleri,  $SiO_2$ 'nin kuvars ile birlikte davranmasından dolayı Kuvars-Genleşme diyagramlarına paralellik sunmaktadır (Şekil 7.1).



Şekil 7.6: Granitler içerisindeki a) 16 günlük b) 21 günlük c) 28 günlük SiO<sub>2</sub> yüzdesi- genleşme diyagramı

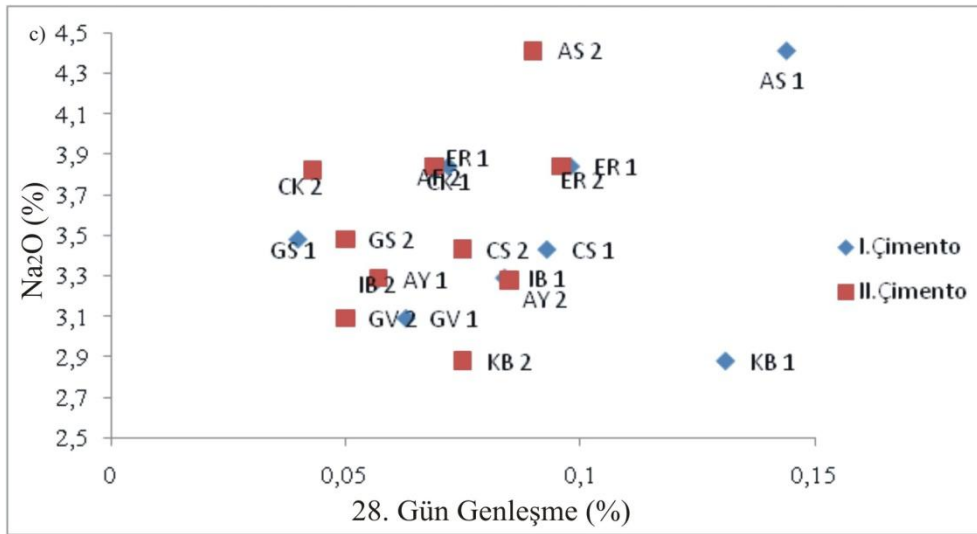
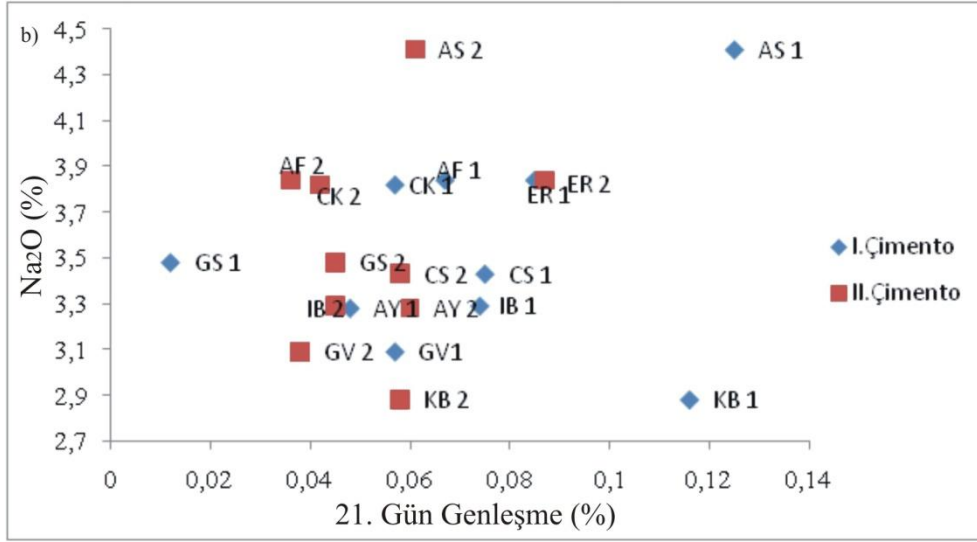
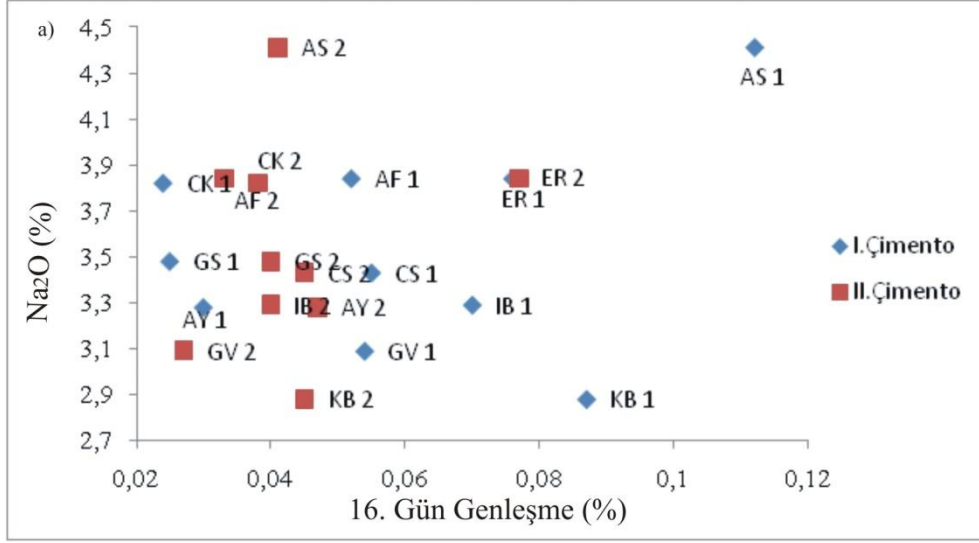
SiO<sub>2</sub>-Genleşme diyagramlarına ek olarak, alkali-silis ilişkilerini test etmek için granitik kayalardaki bazı oksitler (Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, CaO, Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) ve bunlarla ilişkili iz elementler (Rb, Ba) ile mafik minerallerin bileşiminde yaygın olan bazı oksitler (MgO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>) genleşme değerleri ile birlikte değerlendirilmiş ve mineral-genleşme diyagramları ile karşılaştırılmıştır.

K<sub>2</sub>O-Genleşme diyagramı Ortoklaz-Genleşme diyagramı ile karşılaştırıldığında ortoklaz mineralinin davranışına benzer bir davranış sergilediği gözlenmektedir (Şekil 7.7 ve Şekil 7.2).

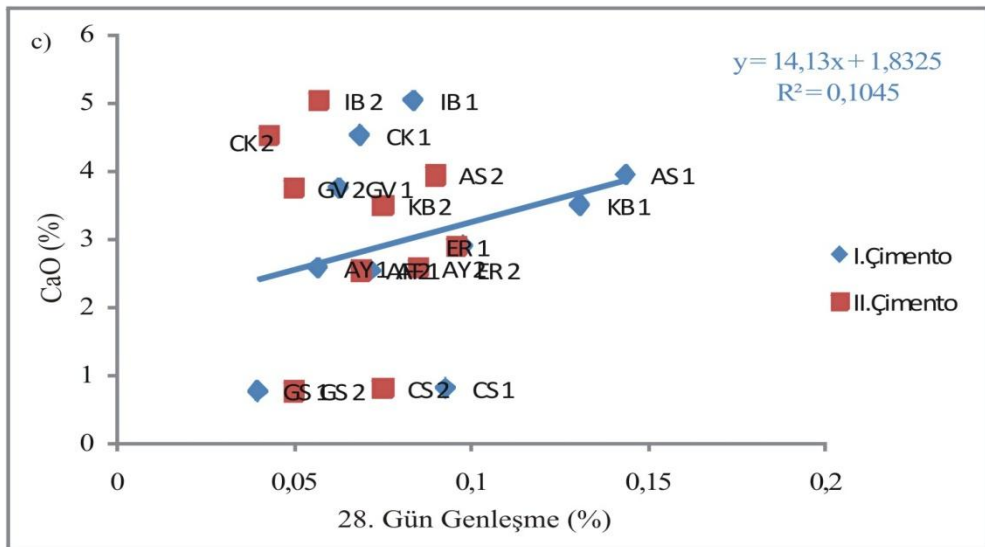
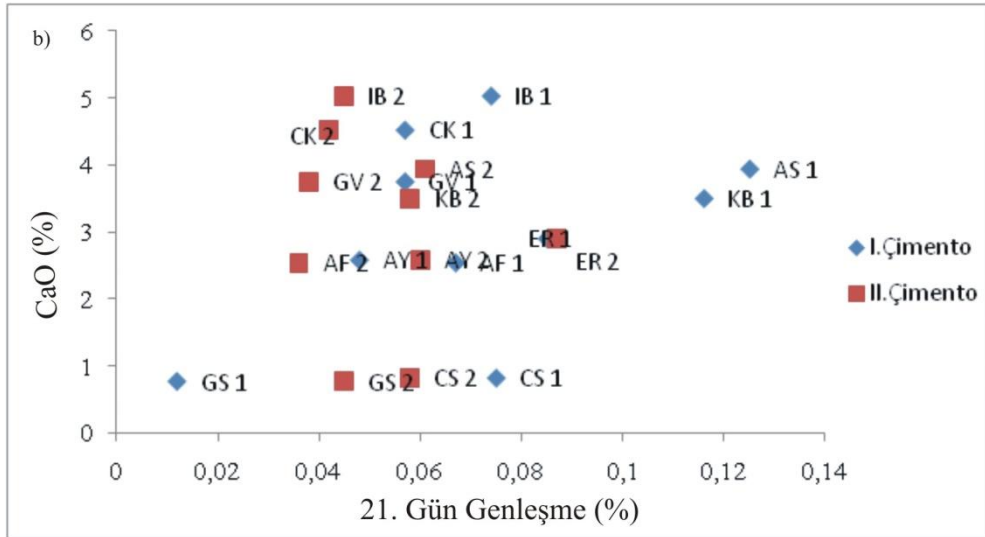
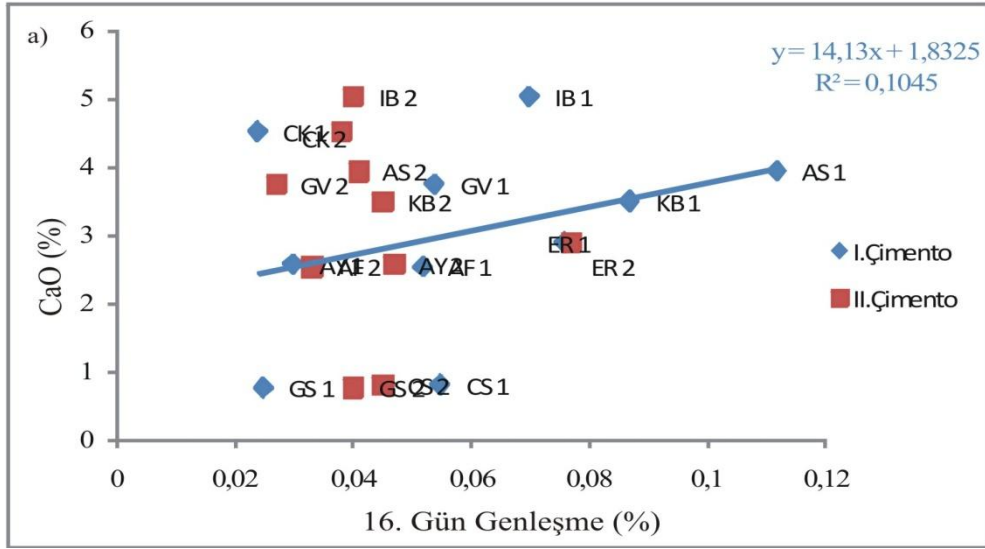


Şekil 7.7: Granitler içerisindeki a) 16 günlük b) 21 günlük c) 28 günlük K<sub>2</sub>O yüzdesi- genleşme diyagramı

Plajiyoklazların sodik ya da kalsik türlerine göre ilişkili olabileceği düşünülen  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ -Genleşme diyagramlarına bakıldığında; 16, 21 ve 28 günlük  $\text{Na}_2\text{O}$ -Genleşme diyagramlarının her üçünde de I. ve II. çimentolar arasında AS1, KB1 örnekleri dışında, fazla dağınık olmayan genel bir uyumluluk gözlenirken,  $\text{CaO}$ -Genleşme diyagramında genel olarak dağınık bir trend gözlenmektedir (Şekil 7.8, Şekil 7.9). Bu diyagramda 16 günlük genleşme oranı 0,02-0,08 aralığında iken 21 günlük genleşme 0,04-0,09 aralığında, 28 günlük genleşme diyagramında ise 0,05-0,1 aralığındadır.  $\text{Na}_2\text{O}$ -Genleşme diyagramları ile Plajiyoklaz-Genleşme diyagramı karşılaştırıldığında,  $\text{Na}_2\text{O}$  diyagramı plajiyoklazlarla daha uyumlu trendler gösterirken,  $\text{CaO}$  plajiyoklaza benzer özellik sergiler.



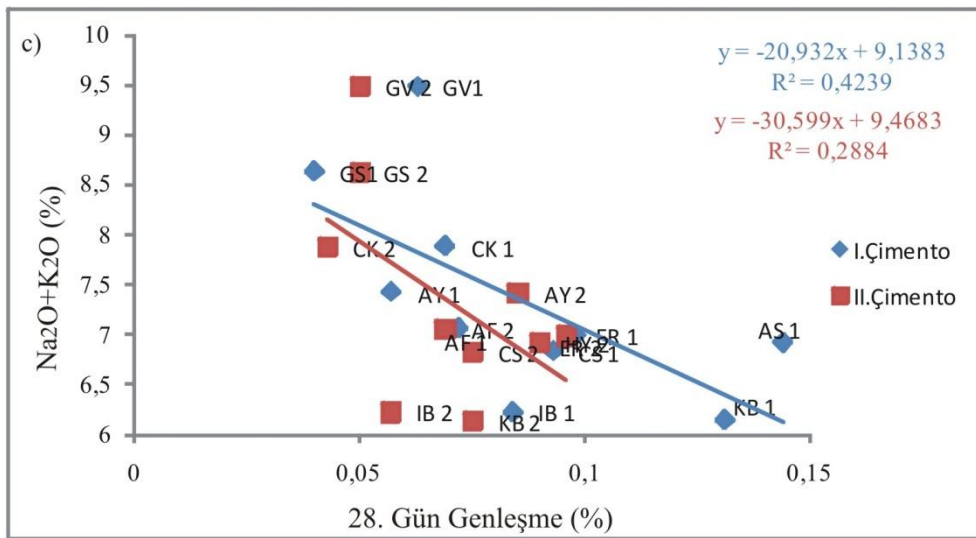
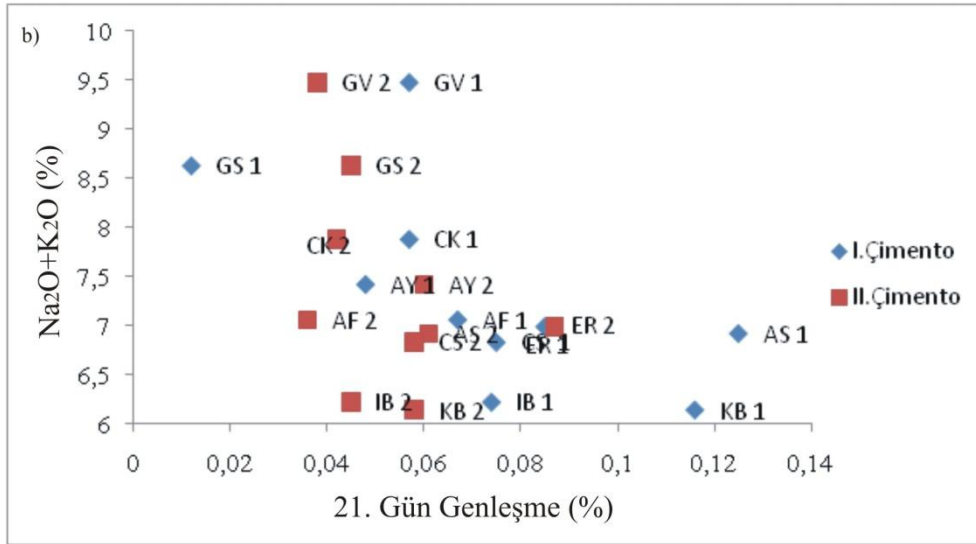
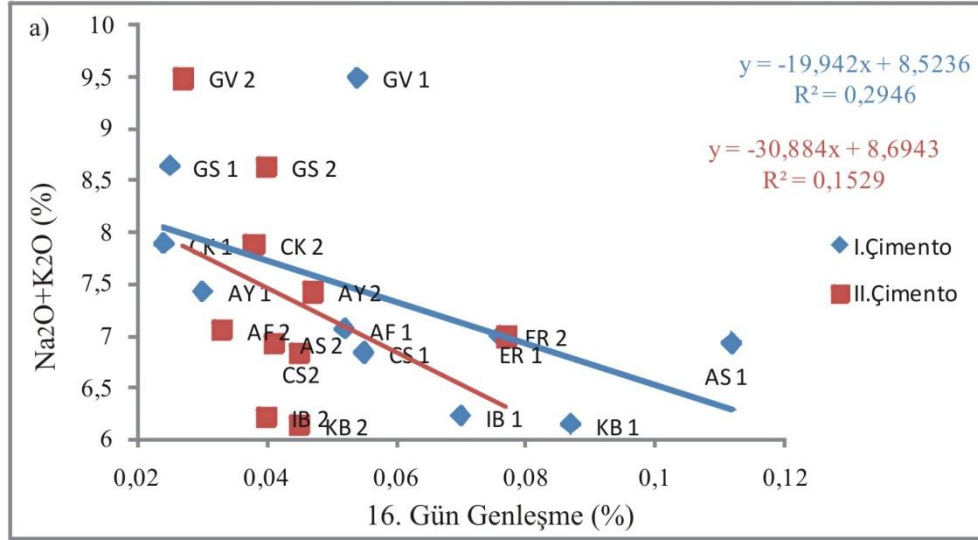
Şekil 7.8: Granitler içerisindeki a) 16 günlük b) 21 günlük c) 28 günlük Na<sub>2</sub>O yüzdesi- genleşme diyagramı



**Şekil 7.9:** Granitler içerisindeki a) 16 günlük b) 21 günlük c) 28 günlük CaO yüzdesi- genleşme diyagramı



Toplam alkaliler ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ )-Genleşme,  $\text{K}_2\text{O}$ -Genleşme ve  $\text{Na}_2\text{O}$ -Genleşme diyagramlarında olduğu gibi birbirleriyle uyumluluk göstermektedir (Şekl 7.7, Şekil 7.8, Şekil 7.10). Şu ana kadar bakılan tüm mineral, element-genleşme diyagramlarında olduğu gibi, sadece AS1, KB1 ve IB1 kodlu granitler farklılık göstermektedir. Ayrıca GS1 kodlu örnek I. çimento ile yapılan deneyde 16 günlük genleşme diyagramında önce yüksek bir genleşme gösterirken, II. çimento ile daha düşük bir genleşme göstermiştir (Şekil 7.9). 21 günlük genleşme diyagramına bakıldığında I. çimento ile yapılan deney sonucunda önce düşük, II. çimentoda ise yüksek genleşme görülmüştür. Bu örnek petrografik tanımlamada bol miktarda ortoklaz minerali içermekte ve bu ortoklazlar da son derece alterasyona uğramış olup, yoğun killeşme içermektedir (Şekil 7.10).

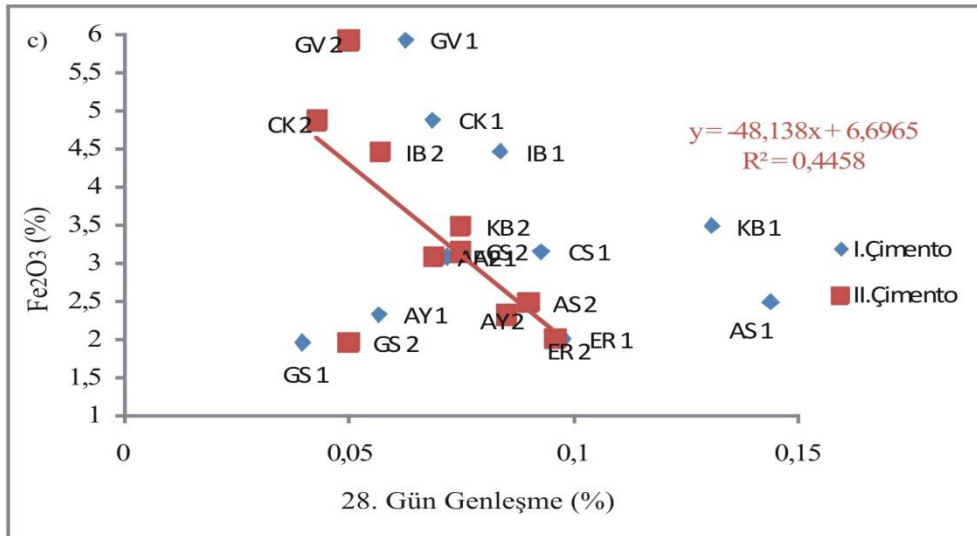
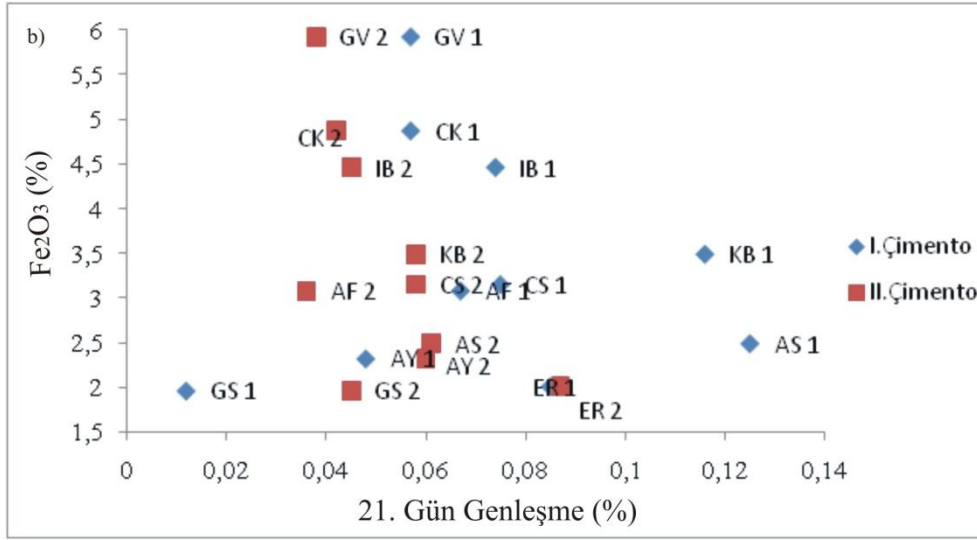
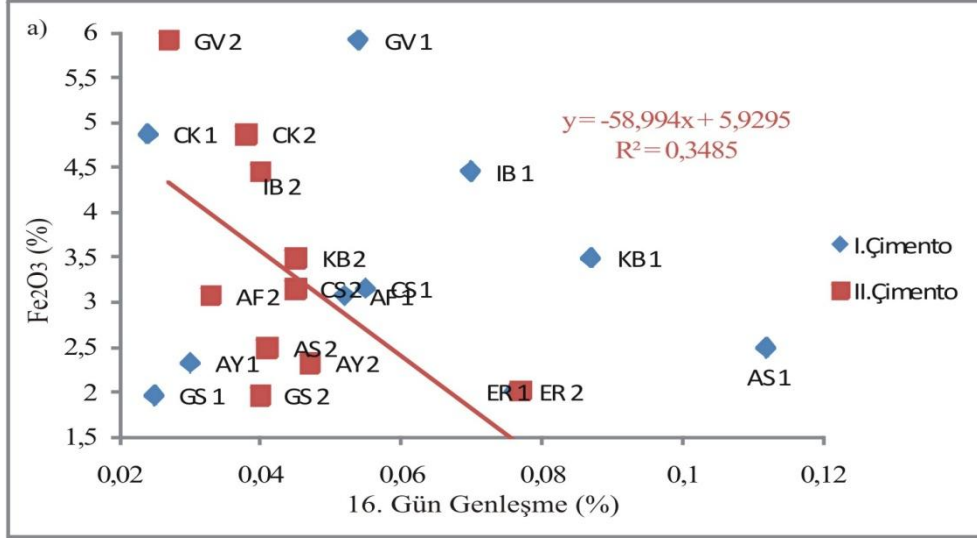


Şekil 7.10: Granitler içerisindeki a) 16 günlük b) 21 günlük c) 28 günlük  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  yüzdesi- genleşme diyagramı

Hornblend ve biyotit mineralleri ile  $Fe_2O_3$  (Şekil 7.11),  $MgO$  (Şekil 7.12),  $TiO_2$  (Şekil 7.13) gibi oksitlerin genleşme değişim diyagramlarında I. ve II. çimentoların davranışlarında benzer özellikler gözlenmektedir.

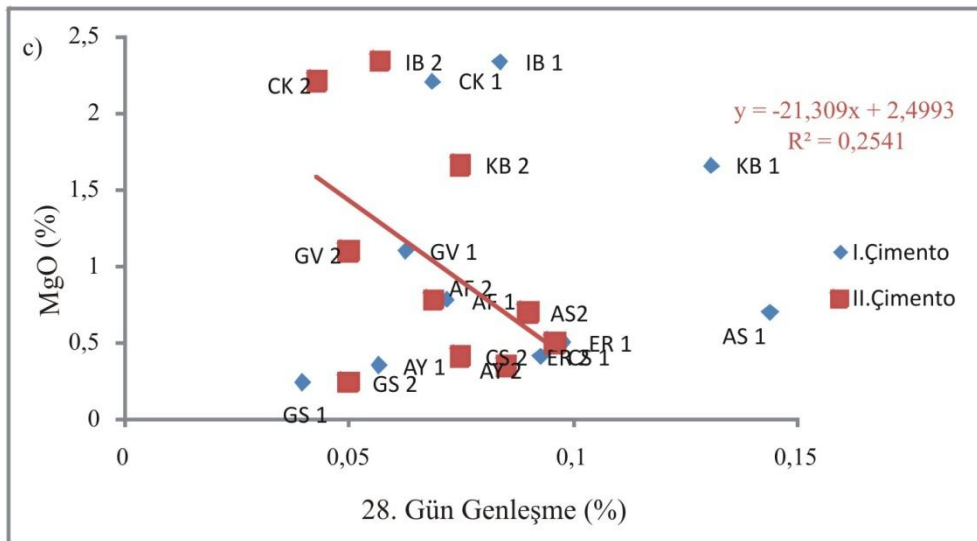
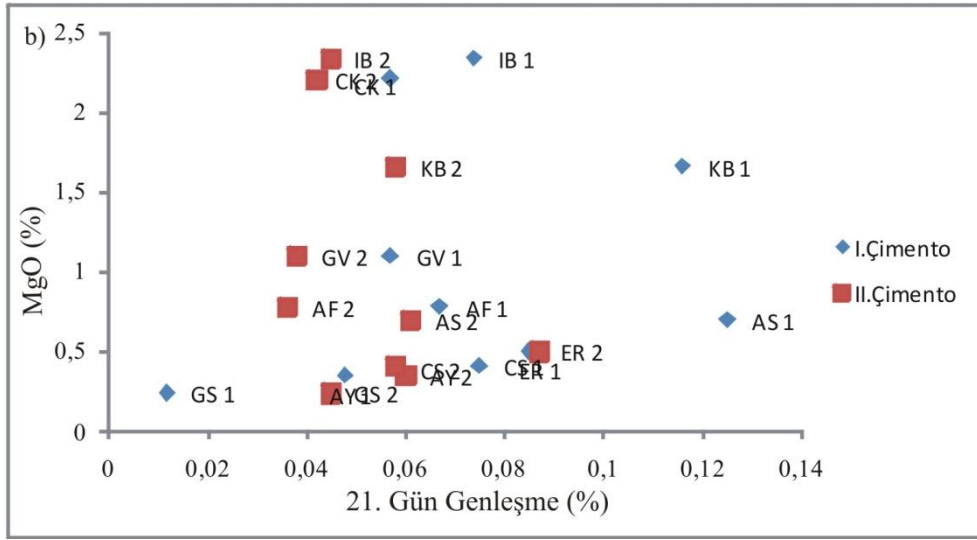
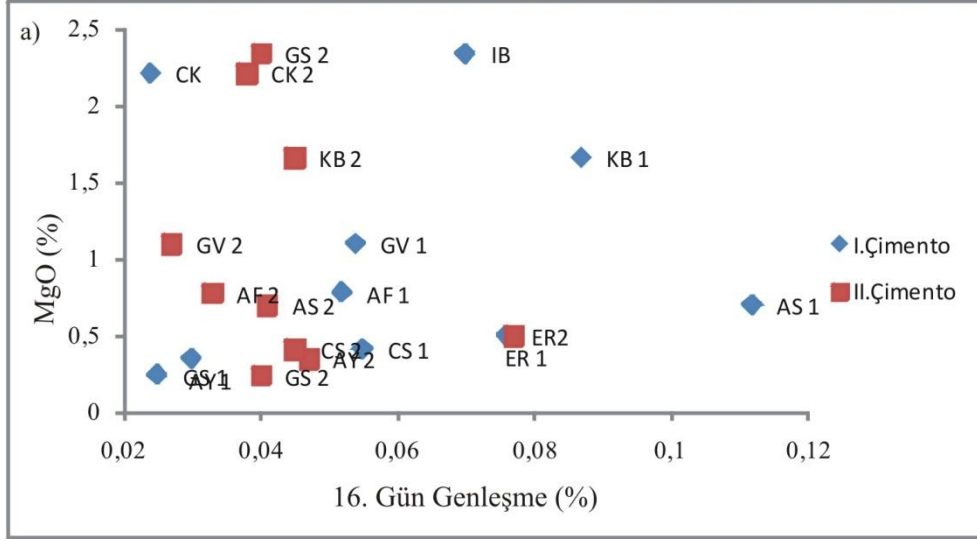
10 farklı granit örneği üzerinde iki farklı çimento ile yapılan harç çubuğu deneylerinde farklı sonuçlar çıkması kayaçların farklı kimyasal özelliklere sahip olması ile ya da çimentoların farklı olması ile açıklanabilir. I. çimentoda  $Fe_2O_3+MgO+CaO$  toplamı ile II. çimentodaki  $Fe_2O_3+MgO+CaO$  toplamı arasında 1,58 gibi küçük bir farklılık bulunmaktadır (Tablo 6.1). İki çimento arasındaki bu farklılık farklı granit türleri üzerinde değişik davranışlar sergilemelerine neden olmaktadır. Ayrıca granitik kayaçlardaki ayrışmalar ile metamorfik reaksiyonlar da bu farklılıklara neden olabilmektedir. Yine de I. ve II. çimentolar ile yapılan harç çubuğu deneyleri sonucunda granitik kayaçların kendi doğasından kaynaklanan sağlam yapıları dolayısı ile çok zayıf genleşmeler oluşmaktadır.

$Fe_2O_3$  değerleri biyotit ile karşılaştırıldığında I. ve II. çimentolar arasında daha belirgin farklar göze çarpmaktadır. 16 günlük genleşme diyagramında I. ve II. çimentolar arasında çoğu örnekte az da olsa orantılı bir artış ve azalış izlenirken, AS1, KB1, IB1 ve GV1 örneklerinde genleşmenin azaldığı çok belirgin bir şekilde görülmektedir. Bu örneklerde genleşme davranışının değişmesi, metamorfik deformasyon ile tüm oksitlerin yeniden aktive olup, hareketlenmesinden kaynaklanabilir. Benzer şekilde 21 ve 28 günlük genleşme diyagramlarında da bu örneklerin I. çimento ile yapılan deney sonuçlarında genleşme oranları daha yüksek iken II. çimento ile yapılan deney sonuçlarında daha düşüktür (Şekil 7.11).

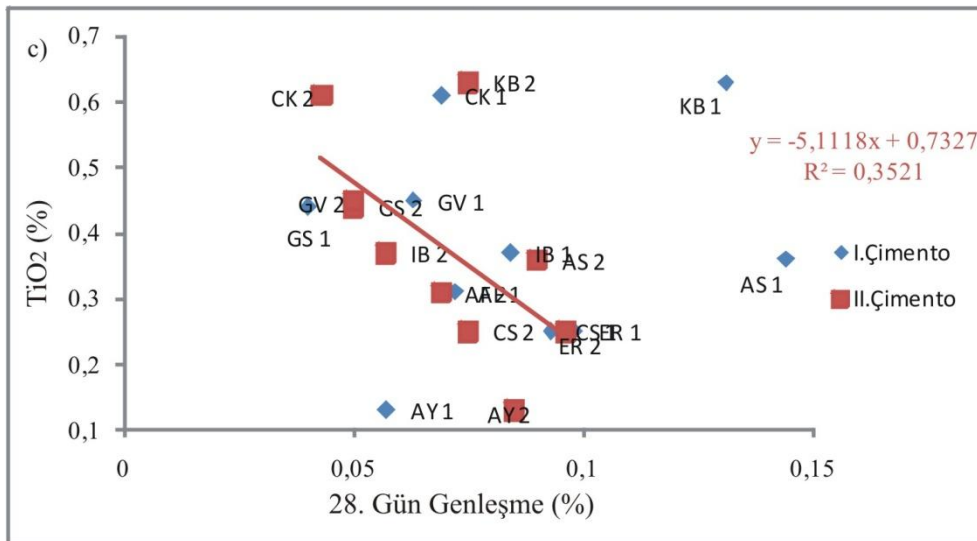
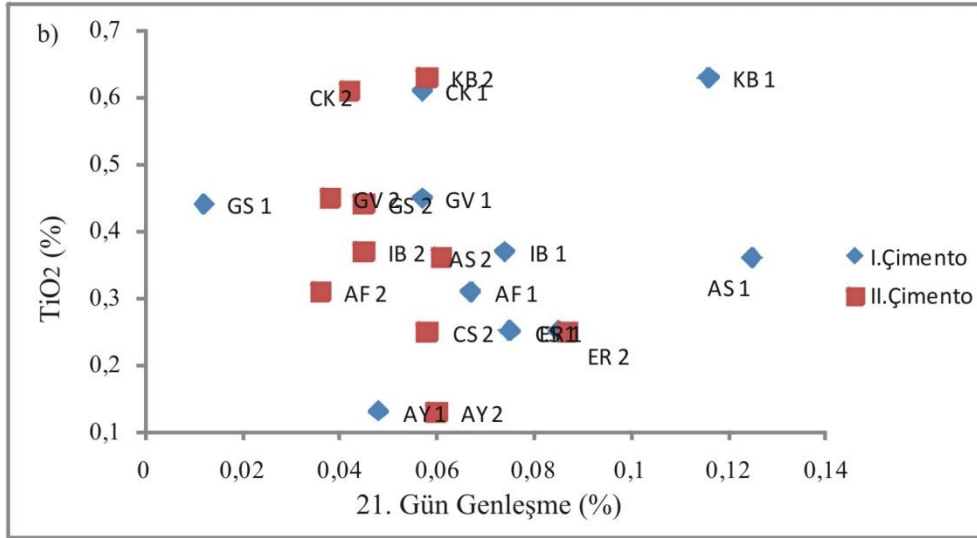
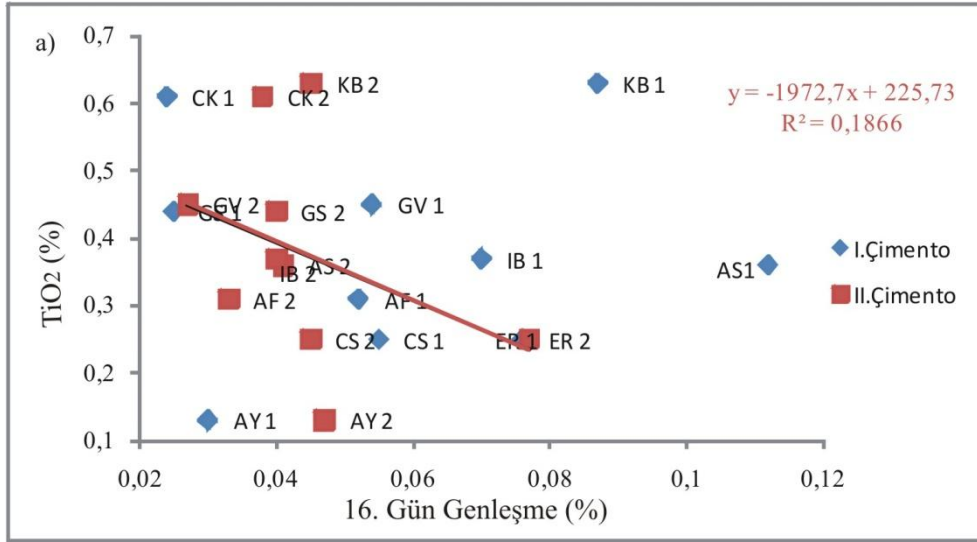


Şekil 7.11: Granitler içerisindeki a) 16 günlük b) 21 günlük c) 28 günlük Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yüzdesi- genleşme diyagramı

Hornblend ve biyotit minerallerinde gözlenen zamana göre genişmedeki küçük değişimler MgO ve TiO<sub>2</sub>- Genleşme diyagramları ile paralellik göstermektedir (Şekil 7.12, Şekil 7.13). MgO ve TiO<sub>2</sub>-Genleşme diyagramlarında 16 ve 21. günler I. ve II. çimentoda oldukça dağınık olup, özellikle 28 günlük diyagramda reaksiyon hızlanmakta, özellikle II. çimentoda artan genişme değerine göre bu oksit değerleri azalmaktadır. Yani negatif bir trend gözlenmektedir. Ayrıca TiO<sub>2</sub>-genleşme diyagramı Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> diyagramı ile de benzer davranış sergilemektedir (Şekil 7.13).



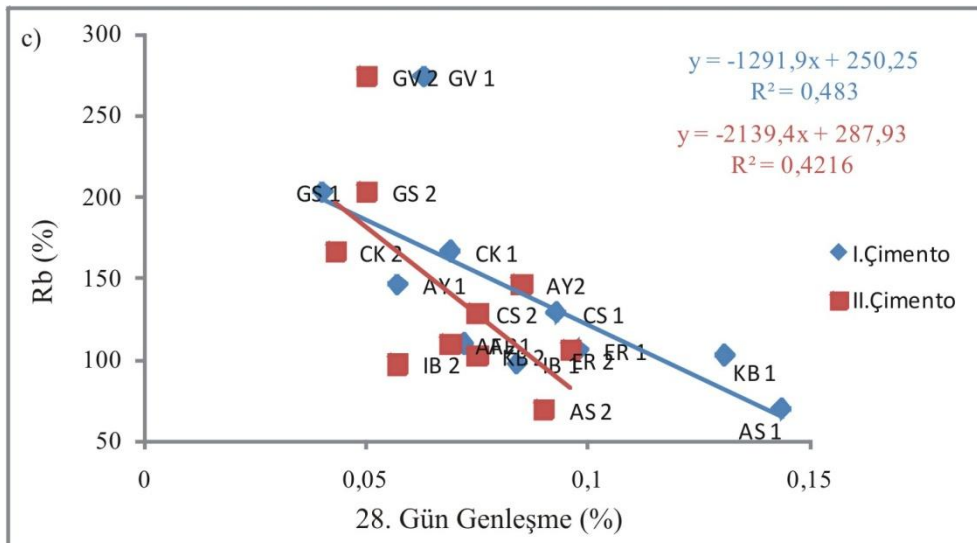
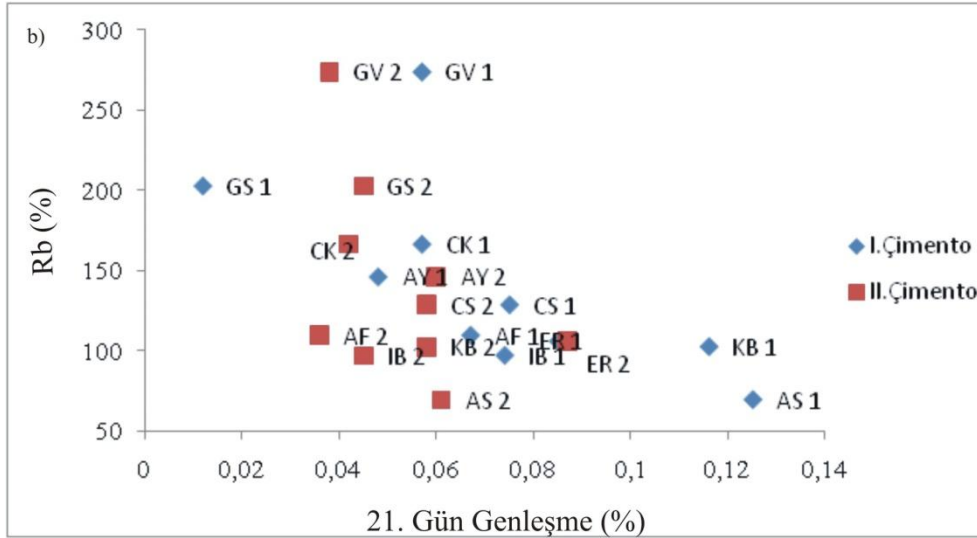
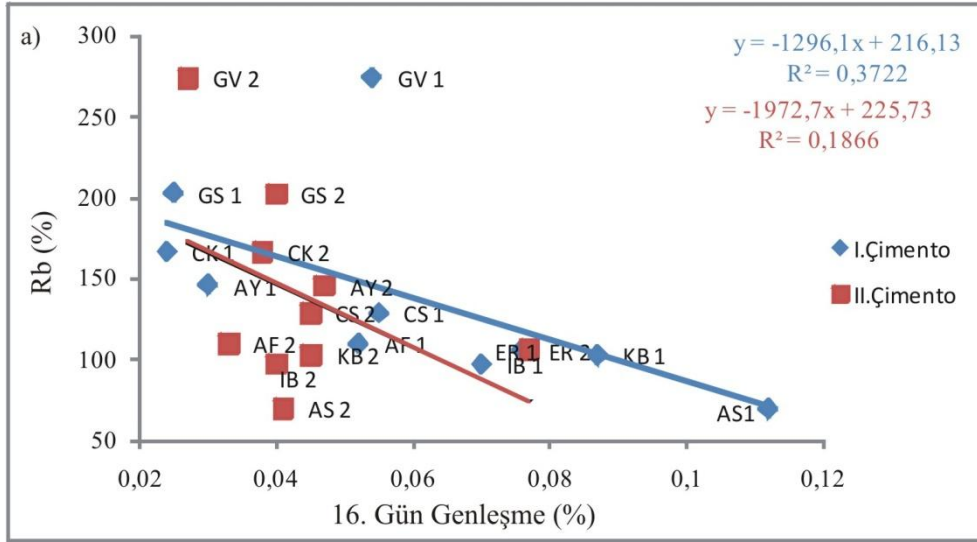
Şekil 7.12: Granitler içerisindeki a) 16 günlük b) 21 günlük c) 28 günlük MgO yüzdesi genleşme diyagramı



Şekil 7.13: Granitler içerisindeki a) 16 günlük b) 21 günlük c) 28 günlük  $TiO_2$  yüzdesi- genleşme diyagramı

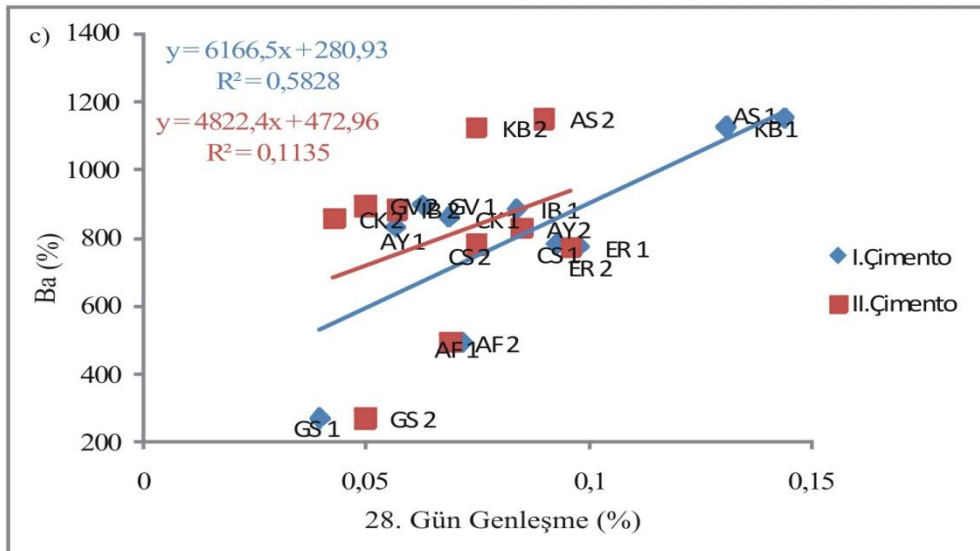
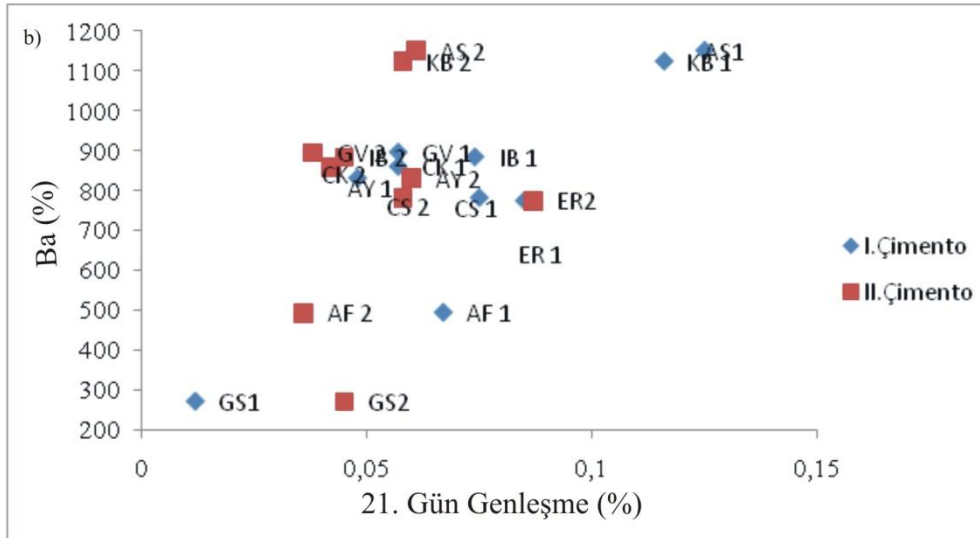
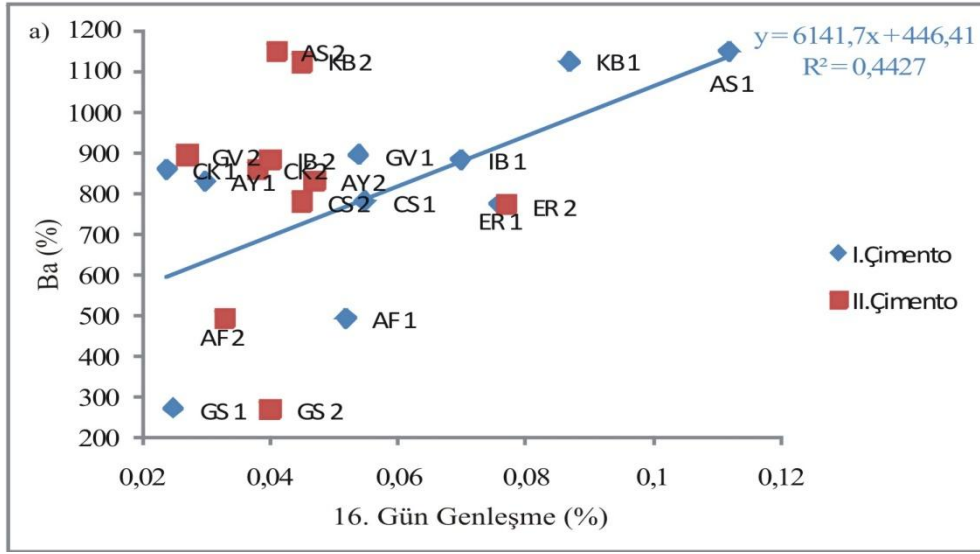
Ortoklaz minerali ile bunun içerisinde  $\text{Na}_2\text{O}$ 'ya göre daha fazla içerilen  $\text{K}_2\text{O}$  alkali oksit-genleşme diyagramlarının benzer olduğundan bahsedilmişti. Bu mineral ve ana oksitin davranışını denetlemek amacıyla bunlarla birlikte davranan Rb elementi de ele alınmış ve genleşme ile ilişkisine bakılmıştır. Bu iz elementte Ortoklaz ve  $\text{K}_2\text{O}$  ile benzer davranış sergilemektedir (Şekil 7.14).





Şekil 7.14: Granitler içerisindeki a) 16 günlük b) 21 günlük c) 28 günlük Rb yüzdesi- genleşme diyagramı

Plajiyoklaz minerallerinde ise, ana element oksitlerden  $\text{Na}_2\text{O}$  ve  $\text{CaO}$ , iz elementlerden Ba elementi ile benzer davranabilmektedir. Ba elementi alterasyon ve deformasyondan nispeten daha az etkilenmektedir. Bu nedenle Ba elementi ile genişleme diyagramına göz atıldığında,  $\text{Na}_2\text{O}$  ve  $\text{CaO}$ , elementleriyle benzer davrandığı görülmektedir (Şekil 7.15).



Şekil 7.15: Granitler içerisindeki a) 16 günlük b) 21 günlük c) 28 günlük Ba yüzdesi- genleşme diyagramı

Bütün diyagramlarda ortak özellik olarak görüldüğü gibi kayaç genel ayrışma, deformasyon gibi süreçlerin etkisinde kalmışsa ve dokusal farklılıklar sunuyorsa diyagramlarda da farklılıklar görülmektedir. Örneğin ER kodlu granit örneği diğer granit türü kayaçlardan dokusal olarak daha ince taneli olması nedeni ile I. ve II. çimento türlerinde, neredeyse aynı reaksiyonlar gösterecek şekilde, diyagramların neredeyse tamamında üst üste aynı nokta ile temsil edilmektedirler.

Aynı litoloji ve benzer mineralojik bileşim ile dokusal özelliklere sahip granitik kayaçlar ile çimento türleri arasındaki az orandaki kimyasal farklılıklar da genişlemeye etki eden diğer etkenler olarak değerlendirilebilir. Feslik ve Mafik mineraller ve oksitleri arasında yapılan genişleme diyagramlarına bakıldığında çimentolar içerisinde bulunan,  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{CaO}$  ve  $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{MgO}+\text{CaO}$  toplamları arasındaki çok küçük farklar iki çimentonun farklı davranmasında etkili olmuş olabilir.

GV ve ÇK kodlu granitlerde hidrotermal alterasyona rastlanmaktadır. Hidrotermal alterasyon nedeni ile özellikle plajiyoklaz ve ortoklazlarda perritleşme, serizitleşme, killeşme ve epidotlaşmalar görülmektedir. Ancak iki örneğinde hızlandırılmış harç çubuğu deney sonuçlarına bakıldığında alkali silis reaksiyonu yönünden bu alterasyonların etkili olmadığı gözlenmiştir.

Wakizaka vd., (1999)' e göre pirit içeriği nedeni ile harçta meydana gelen ayrışmalar alkali agrega reaksiyonu gibi farklı bir reaksiyona neden olabilir. Çalışmalarında piritin ıslak, kuru ve doğal su içeriği testleri sonucunda beton durabilitesini düşürdüğünü tespit etmişlerdir. Midley (1958)'e göre su ve atmosferik oksijenin pirit ile reaksiyonu sonucu demirli sülfatlar oluşur. Oluşan sülfat iyonları çimento içindeki kalsiyum aluminatlar ile reaksiyona girerek etrenjit ( $3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.3\text{CaSO}_4.31\text{H}_2\text{O}$ ) oluşumuna neden olur. GV, IB kodlu örneklerde pirit mineraline rastlanmıştır. Ancak tespit edilen piritin reaksiyona neden olduğuna dair herhangi bir sonuç elde edilememiştir. GV ve IB örnekleri ile hazırlanan harç çubuğu deneylerinde 16 günlük genişleme miktarlarına bakıldığında I. çimento ile yapılan deney sonuçlarında GV örneğinde herhangi bir reaksiyona rastlanmazken, IB örneği potansiyel zararlı olarak görülmektedir. II. çimento ile yapılan deney sonuçlarına bakıldığında ise iki granitte de reaksiyon belirtisi görülmemektedir.

Davies ve Oberholster (1987) çalışmalarında çimentonun genleşme kompozisyonundaki etkilerini araştırmak amacı ile tamamen farklı alkali içeriği ve çimento inceliğine sahip 3 çimento kullanmışlardır. Sonuçta farklı çimento tipleri kullanmanın genleşme üzerinde küçük bir etkiye neden olduğunu tespit etmişlerdir. Grattan- Bellew (1989), alkali içeriği % 1,08 ve % 0,66 olan çimentolar kullanarak yaptığı çalışmasında benzer sonuçlar elde etmiştir. Fournier ve Berube (1991), çimento içeriğinin genleşme üzerinde etkilerini 10 farklı tip çimento kullanarak araştırmıştır. Ancak genleşme ile çimentonun kimyasal bileşimi arasında net bir korelasyon yakalayamamışlardır. Bununla birlikte çalışmalarında yüksek çimento inceliği gösteren çimentoların fazla alkali içermemelerine rağmen yüksek derecede genleşme gösterdiklerini tespit etmişlerdir. Çalışma kapsamında yapılan hızlandırılmış harç çubuğu deneyleri sırasında farklı alkali içeriğine sahip iki farklı çimento kullanılmıştır (Tablo 6.1). Ancak 16 günlük deney sonuçlarına bakıldığında; belirgin bir sonuç elde edilememiştir. Nispeten yüksek alkali değere sahip olan I. çimento bütün granitler için genleşmenin aynı derecede artmasına neden olmamıştır. KB, GV, AS, AF, CS ve IB kodlu granitlerde alkali değeri yüksek olan I. çimento ile yapılan harç çubuklarında ortalama genleşme oranı II. çimentoya göre daha yüksek iken GS, CK, ER ve AY kodlu granitlerde tam tersi bir durum söz konusudur (Tablo 6.2). Alkali silis reaksiyonunun oluşmasında çimento içerisindeki alkalilerin etkisinin olduğu kabul edilse de bu etkinin tek başına alkali silis reaksiyonuna sebep olmayacağı öngörülmüştür.

Alkali silis reaksiyonunun meydana gelmesi ile ilgili pek çok çalışma yapılmıştır. Yeni yapılmış betonda reaksiyon oluşmasını engellemek amacı ile yeni metodlar geliştirilmesine rağmen gelecekte meydana gelebilecek reaksiyon ve etkilerini belirlemek için de bazı çalışmalar yapılması gerekmektedir. Alkali silis reaksiyonu, kompleks mineral yapısı olan ve reaktif olmayan agregalarda son derece yavaş ilerleyen bir olaydır (Ben Haha, Gallucci, 2004). Bu sebeple reaksiyon aşamalarını tespit etmek için; agregadaki mevcut reaktivite derecelerini, mevcut durum ve gelecekteki reaksiyon potansiyelini, mekanik özelliklerini ve betondaki boyutsal genleşmeyi gözlemlemek gerekir (Ben Haha, Gallucci, 2004). Bu amaç ile harç çubuklarından elde edilen numuneler üzerinde taramalı elektron mikroskobu (SEM) incelemeleri yapılmıştır.

Granitler üzerinde yapılan petrografik incelemelerde her ne kadar alkali silis reaksiyonuna neden olabilecek kuvars polimorflarına rastlanmasa da, Stanton (1942), Gogte (1973), Shrimmer (1995) ve Bell (1998) tarafında belirtildiği gibi metamorfizma etkisi ile kuvarsların basınç altında kalması, çatlaklı olması alkali silis reaksiyonuna neden olabilmektedir. Bu nedenle yapılan SEM incelemeleri sonucunda numunelerde çatlaklara rastlanmıştır. Granit tanelerinin yüzeyinde ince bir kabuk oluştuğu ancak bu kabukta çatlakların gelişemediği ya da çok az geliştiği görülmüştür. Bu çatlaklar fazla olmamakla birlikte agrega yüzeyini kaplayan jelde meydana gelmiş olup katılmış harcın bütün alanında gözlemlenmemiştir.

Deneylede kullanılan harç çubuklarından elde edilen SEM görüntülerinde, incelenen granitik kayaçlar ile üretilen harç çubuklarının alkali silis reaksiyonundan az miktarda etkilendikleri görülmektedir. Jeller tanelerin üzerini kaplamış ve çatlaklara neden olmuştur. Ancak jel oluşumu fazla olmadığı için ve dolayısıyla genişleme de fazla gerçekleşmediği için meydana gelen bu açıklıklar oldukça küçük miktardadır (Tablo 6.4). SEM görüntüleri incelendiğinde oluşan jel sebebi ile meydana gelen çatlakların genellikle çizgisel, dairesel ve ağ şeklinde bir yapı gösterdiği görülmektedir (Şekil 6.21, Şekil 6.14, Şekil 6.26). Ancak bütün örneklerde alkali silis reaksiyonu sebebi ile oluşan bu çatlaklara rastlanmamıştır.

Reaktif agrega tanelerinin boyutları, alkali silis reaksiyonu sonucunda harç çubuklarında belirlenen ve geniş bir yayılım sergileyen genişlemeye büyük oranda etki ederler (Diamond ve Thaulow, 1974; Lu vd., 2006). Nitekim incelenen granitik kayaçlardan ince taneli olanlar (ER), orta-iri taneli olanlardan (KB, AY, AF, GS) daha az genişlemeye neden olmuşlardır.

## 8. SONUÇLAR

Bu çalışmada; on farklı bölgeden alınan granit örnekleri üzerinde petrografik incelemeler, kimyasal analizler, hızlandırılmış harç çubuğu deneyleri ve harç çubuğu deneylerinde kullanılan örneklerde taramalı elektron mikroskobu çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucunda ulaşılan sonuçlar aşağıda maddeler halinde sunulmuştur.

1. Çalışmaya konu olan granitik kayalar monzonit, granit ve granodiyorit bileşimlerinde olup, bunlardan bazıları yaygın metamorfik deformasyona uğramışken, bazıları da az oranda yüzeysel ayrışma ve/veya hidrotermal alterasyona uğramışlardır.
2. İnce kesitler üzerinde yapılan petrografik incelemelere göre; bu kayalar; açık renkli minerallerden kuvars, feldispat (ortoklaz ve plajiyoklaz), koyu renkli minerallerden ise, hornblend, biyotit, klorit ve muskovit içermektedirler.
3. Araştırmalarda çimentoların içerisindeki kimyasal bileşim değişimlerinin reaksiyona etkisini tespit etmek amacı ile iki farklı çimento kullanılmış ve bu çimentoların alkali oranı daha yüksek olanının aynı litoloji ya da benzer mineralojik bileşime sahip granitik kayalar ile hazırlanan harç çubuklarında daha fazla reaksiyona neden olduğu görülmüştür. Ancak, iki farklı çimentonun içerdiği alkali yüzdeleri birbirine yakın olduğundan genleşme oranlarında çok büyük farklar elde edilmemiştir. Bu bağlamda alkali oranı daha yüksek çimentolar ile benzer araştırmaların yapılmasında yarar vardır.
4. Granitik kayalar kullanılarak hazırlanan harç çubukları üzerinde yapılan hızlandırılmış harç çubuğu deney sonuçlarına göre; örneklerin çoğunluğu standartlarda verilen limit değerlerin altında kalırken, sadece iki örnekteki genleşme değerleri bu limitlerin üzerine çıkmıştır. Bu kayalar metamorfik deformasyon etkisinde kalmış olanlardır.

5. Her ne kadar granitik kayaç örnekleri ile hazırlanan harç çubuklarındaki genleşme oranları limitlerin altında kalsa da bu genleşme oranları kayaç türlerine bağlı olarak farklılıklar sunmuştur. Monzonitik bileşimli olanlar diğerlerine oranla daha fazla alkali feldispat içerdiklerinden ayrışma ve hidrotermal alterasyondan daha fazla etkilenmişler ve dolayısıyla daha fazla genleşmeye neden olmuşlardır. Ayrıca granitik kayaçlar içerisinde bulunan koyu renkli minerallerin de ayrışma ve alterasyona yatkınlığı bilinmektedir. Bu nedenle granodiyoritler içerisinde granitlere göre daha fazla bulunan koyu renkli mineraller (hornblend ve biyotit) bu kayaçlarda nispeten zayıflık yaratmakta ve bu kayaçlar ile hazırlanan harç çubuklarında reaksiyon daha fazla olacağından, bunun sonucunda daha fazla genleşme gelişmektedir.
6. Granitik kayaçlardaki dokusal farklılıkların da genleşmeyi etkilediği görülmüştür. İnce taneli olanlar, orta-iri taneli olanlar daha az genleşmeye neden olmuşlardır.
7. Granitik kayaçların alkali silis reaksiyonuna etkilerini belirlemek amacı ile bu kayaçların içerdiği mineraller ve kimyasal bileşimleri ile genleşme oranları arasındaki değerlendirmelerde açık renkli minerallerden kuvars ve feldispat (ortoklaz ve plajiyoklaz) oranları ile genleşme oranları arasında anlamlı ilişkiler saptanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; artan kuvars oranına bağlı olarak genleşmenin arttığı belirlenmiştir. Feldispat minerallerine göre yapılan değerlendirmelere göre ise, genleşmenin feldispat türüne bağlı olduğu görülmüştür. Bu mineraller içerisindeki ana element oksitlerin ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ) ve bazı iz elementlerin (Ba, Rb) davranışlarına bakıldığında; ana element oksitlerin mineraller gibi davrandığı ancak iz elementlerin alterasyon ve deformasyonlardan daha az etkilenmelerinden dolayı genleşme oranları ile aralarında daha belirgin ilişkiler saptanmıştır. Benzer sonuçlar, koyu renkli mineraller (hornblend ve biyotit) ve bazı ana element oksitler ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ) ile genleşme oranı arasındaki ilişkilerde de görülmüştür.
8. Granitik kayaç örnekleri ile hazırlanan harç çubuklarındaki genleşme oranı sınırlı olduğundan yapılan SEM incelemelerinde reaksiyon sonucu gelişen jelin ve bu jeldeki genleşme çatlaklarının sınırlı olduğu, özellikle boşluklarda geliştiği



görülmüştür. Ayrıca bu incelemelerde genleşme çatlaklarının sadece agrega yüzeyini kaplayan jelde meydana geldiği görülmüştür.

9. Her ne kadar ASTM C1260'da 16 günlük genleşme oranı dikkate alınsa da; yapılan değerlendirmelerde; farklı granit örnekleri ile hazırlanan harç çubuklarındaki alkali-silis ve alkali-silikat reaksiyonu etkilerini belirlemek için hızlandırılmış harç çubuğu deneylerinin en az 21 gün devam ettirilmesinin, daha doğru sonuç almak için gerekli olduğu sonucuna varılmıştır.

## 8. YARARLANILAN KAYNAKLAR

AKARTUNA M., 1953, Çatalca-Karaköy Bölgesinin Jeolojisi. İst. Üniv. Fen Fak., Monografileri, 13, 88 s.

AKARTUNA, M., 1968, Armutlu yarımadasının jeolojisi, İstanbul Üniv. Fen Fakültesi Monografileri (Tabii Bilimler Kısmı), 20, 105p.

AKESSON, U.; LINDOOVİST, J.E.; GÖRONSSON, M.; STIGH, S.; Relationship between texture and mechanical properties of granites central Sweeden by use it image-analysing techniques, Bulletin of Engineering Geology and Enviroment, 277-284; 2001

AKÖZ, F.; ÇAKIR, Ö.; Alkali agrega reaksiyonunun betonda neden olduğu hasarların deneysel olarak araştırılması

AKPOKODJE, E.G.; HUDEC, P.P., 1994, The influence of petrology and fabric on the engineering properties of concretionary laterite gravel aggregates, Quarterly Journal of Engineering Geology, 27, 39-50

AKSOY, M.Z. 1992. Detailed sedimentological study of deltaic upper sequence in the nortwest Thrace Basin. In: Proceedings of 9th Turkish Petroleum Congress. pp. 185-197., Ankara.

AKSOY, R., 1995, Marmara Adası ve Kapıdağı Yarımadası'nın stratigrafisi: Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni, C 7/1, 33-49.

AKYOL, Z., 1982, Balıkesir-Balya cevherli sahalarının jeolojisi, mineralojisi ve maden potansiyelinin değerlendirilmesi: İstanbul Yerbilimleri Derg., 3, 163-189.

AKYÜREK, B. VE SOYSAL, Y., 1978, Kırkağaç-Soma (Manisa) Savaştepe-Korucu-Ayvalık (Balıkesir)-Bergama (İzmir) civarının jeolojisi: Maden Tetkik ve Arama Enst. Rap., 6432 (yayımlanmamış).

ALAŞ, A.; ÇİL, O.H.Ş., 2002, Aksaray İline İçme Suyu Sağlayan Bazı Kaynaklarda Su Kalite Parametrelerinin İncelenmesi, Ekoloji Çevre Dergisi, Sayı:42

ALTUNKAYNAK, S. AND YILMAZ, Y., 1995. Geology of the Kozak dağı magmatik complex. International Earth Sciences Congress on Aegean Region–Abstracts, Güllük, p.4.

ALTUNKAYNAK, Ş., YILMAZ, Y., 1995, Geology of the Kozak dağı magmatic complex. International Earth Sciences Colloquium on the Aegean Region. Program and Abstracts, Güllük, İzmir, Turkey, 4.

ALTUNKAYNAK, S., 1996, Geologic and petrologic investigation of the relationship of young volcanism and plutonism in the area located between Bergama and Ayvalık. PhD Thesis, Technical University of Istanbul, Institute of science, Turkey, 402 sh.

ALTUNKAYNAK, Ş., YILMAZ, Y., 1998, The Kozak magmatic complex; Western Anatolia. J. Volcanol. Geotherm. Res. 85/1-4, 211-231.

ALTUNKAYNAK, Ş., YILMAZ, Y., 1999, The Kozak pluton and its emplacement. Geological Journal, 34. 257-274.

ANDAÇ, M.; Biga Yarımadasında Ezine Siyenit Masifi ile civarındaki kayaçların petrografisi ve bu kayaçlardan meydana gelen radyoaktif sahil plaser yatağının etüdü, Doç.Tezi, 1973, sf.97

AMARAL, P.M.; GUERRA ROSA, L.; CRUZ FERNANDES, J.; Determination os Schmidt hammer rebound hardness consistency in granite, Int,Jou.Rock Mech.Mining Scie 36, 833-837; 1999

ARIÇ Ç., 1955, Haliç-Küçükçekmece Gölü bölgesinin jeolojisi: Doktora Tezi. İTÜ Maden Fakültesi Yayını, İstanbul

ARIKAN, Y., 1975, Tuz Gölü havzasının jeolojisi ve petrol imkânları: MTA Derg., 85, 17-37, Ankara

ARNİ, P., 1938, Kırşehir, Keskin ve Yerköy arasındaki havalide vukua gelen zelzele: MTA Yayl., B, 1, 18 s., Ankara.

ARNOULD, M., 1997. Alkali reaction with silico alkaline aggregates results of recent researches in France. Proceedings'97 International Three Gorges Project Technical Seminar, Yichang, China, pp. 184-195

ARSLAN, M.; ÇULLU, M; Ankara Yöresindeki Bazı Agregat Ocaklarının Alkali Silika Reaktivitesi Açısından İncelenmesi

ATABEY, E., 1989. Aksaray H-17 Paftası ve Raporu, Ölçek 1:1,00,000, 14 sayfa, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Ankara.

ATAMANI G., 1972 , Ankara'nın Güneydoğusunda granitik-granodiyoritik kütlelerden Cefahk dağın radyolojik yaşı hakkında ön çalışma. Hac. Fen ve Müh. Bült. (Baskıda)

AYAN, M., 1963, Contribution a pétrographique de la region située au NE de Kaman (Turquie) : Maden Tetkik Arama Ens.. Yayınları 115, 332 s.

AYDIN, Y., 1974, Etüd petrographique et geochimique de la partie central du massif D'Istranca (Turquie), İ.T.Ü. Maden Fakültesi Jeoloji Kürsüsü, Doktora Tezi, İstanbul (Türkçe özeti var. 9 sayfa).

AYDIN, Y., 1982, Yıldız Dağları (Istranca) Masifinin jeolojisi, İ.T.Ü. Müh. Mim. Fak., Doçentlik Tezi, s. 107, İstanbul (yayımlanmamış)

AYHAN, A., DİNÇEL, A. VE TUĞRUL, Y., 1972, Istranca Masifinin “Yıldız Dağları” jeolojisi : M.T.A. Enst. Rap. np 5130, Yayınlanmamış.

AYHAN, A.; 1973, Istranca Masifi'nin jeolojisi, M.T.A. Derleme No: 72, Ankara

AYKOL, A.; 1979, Kırklareli-Demirköy sokulumu'nun petroloji ve jeokimyası : Doç. Tezi. İ.T.Ü. Maden Fak. İstanbul, 180 s.

BAİLEY, E.B. VE MCCALLİEN, W.J., 1950, The Ankara Melange and the Anatolian thrust: MTA Yayl., 13, 40, 17-21

BECKER-PLATEN, J.D., SİCKENBERG, O. VE TOBİEN, H., 1975, Vertebraten Lokal faunender Turkei und ihre Alterss tellung-Geol.jb., B15, 47-100.

BELL, F.G, 1998. Engineering Geology. Blackwell Science, Oxford.

BEN HAHA, M., GALLUCCI, E., SCRİVENNER, K.; 2004, Quantification of Alakli-Silica Reactivity in Mortar Using SEM-IA

BEN HAHA, M., 2006. Mechanical effects of alkali silica reaction in concrete studied by sem-image analysis. Swiss Institute of Technology Lausanne, These No. 3516.

BİNAL, A.; The determination of gel swelling pressure of reactive aggregates by ASGPM device and new reactive-innocuous aggregate decision chart; Construction and Building Materials 22 (2008); SS.1-13

BİNAL, A; Pesimum Reaktif Agregata İeriğinin Alkali Silika Reaksiyonuna Etkisinin Deneysel Yöntemlerle Araştırılması; İstanbul Üniversitesi Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi 17 (2004); S.2, SS.119-128

BİNAL, A., Beton Agregalarında, Alkali Silika Reaksiyonu Etkisinin Belirlenmesi İçin Harç Prizması Deneyi Tasarımı ve Uygulaması, Doktora Tezi, H. Ü. Jeoloji Mühendisliğı, Ankara, 1-216, 2002

BİRKLE, P; Petrologie, Geochemie und Geochronologie des Miozanen Magmatismus auf der Biga Halbinsel ( Ezine, NW-Turkei), 1992, Ph thesis 118 pp.

BİRKLE, P.VE SATIR, M.; Petrology and geochronology of a quartz- monzonite intrusion (Kestanol- Granite) and their host rocks near Ezine, Biga Peninsula, NW-Anatolia, Turkey, ISGB-92 Abstract S, 1992, 44-45

BRİNKMANN, R., 1972, Mesozoic troughs and crustal structure in Anatolia, Geological Society of America Bulletin, v. 83, p. 819-826

BOCCALETİ, M., MANETTİ, P., PECCERİLLÖ, A. VE STANİSHEVA-VASSİLEVA, G., 1978, Late Cretaceous high – potassium volcanism in eastern Srednogorie, Bulgaria : Geol. Soc. Amer. Bull., 89, 438 - 447.

BODDY, A.M.; HOOTON, R.D.; THOMAS, M.D.A.; The effect of product form of silica fume on its ability to control alkali-silica reaction; Cement and Concrete Research 30 (2000); SS. 1139-1150

BOGDANOV, B., DACHEV, H. VE VULCHANOV, A., 1974, Metallpgeny of Bulgaria in the context of plate tectonics : International Association on the genesis of ore deposits (4 th. symposium of IAGOD), Varna, 58-63.

BONCEV, E., 1974, General features of the geological structure of Bulgaria : International Association on the genesis of ore deposits (4 th. Symposium of IAGOD), Varna, 35-43.

BOYADJİEV, S., 1974, On the results of the radiometric age determinations of the pre - Mesozoic basement in parts of Balkan peninsula : International Association on the genesis of ore deposits (4 th symposium of IAGOD), Varna, 15 -27.

BÜRKÜT, Y., 1966, Istranca kristalen masifinin petrojenezi: Madencilik VIII, 4, 165-180

BÜRKÜT, Y., Kuzeybatı Anadolu granitik plutonları içindeki Ti, P, Zr, Mn, V tayini ve dağılımı, MTA Dergisi, 1975, 84, 13-19

CHAPUT, E., 1931, Observations sur la structure du Neogene des environs de Constantinople (İstanbulun civarındaki Neojen arazisinin bunyesi hakkında musahedeler): İU Jeoloji Enst. yayını, 4, 32 s.

CHATTERJİ, S.; Chemistry of alkali silica reaction and testing of aggregate; Cement and Concrete Research 27 (2005); SS. 788-795

COX, K.G.; BELL, J.D. VE PANKHURST, R.J., 1979, The interpretation of igneous rocks: George Allen and Unwin Ltd. London, 450 pp.

ÇAĞLAYAN, M. A. VE YURTSEVER, A., 1998, 1/100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Burgaz- A3, Edirne-B2 ve B3; Burgaz-A4 ve Kırklareli-B4; Kırklareli B5 ve B6; Kırklareli-C6 Paftaları. Pafta No. 20,21,22,23, MTA Yayını, Ankara

ÇAĞLAYAN, MA. VE YURTSEVER, A., 1998, Burgaz-A3, Edirne-B2 ve B3; Burgaz-A4 ve Kırklareli-B4; Kırklareli-B5 ve B6; Kırklareli-C6 Paftaları, Türkiye 1:100.000 Ölçekli Jeoloji Haritaları, M.T.A. Gn. Md., Ankara

DADA, A.S., 2006, T.C. Giresun Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Giresun İl Çevre Durum Raporu, s. 12-17

DAVIES, G. AND OBERHOLSTER R.E.; Use of the NBRI Accelerated Test to Evaluate the Effectiveness of Mineral Admixtures in Preventing the Alkali-Silica Reaction, Cement and Concrete Research, 17, (1984) 97-107

DAVRAZ, M.; GÜNDÜZ, L.; Doğal Amorf Silikanın Alkali Silika Reaksiyonu Gelişimine Etkisi

DELALOYE, F.X.; Bull Liais Lab. Points Chaussee, 164 (1989), 41

DELALOYE, M., BİNGÖL, E., 2000, Granitoids from western and northwestern Anatolia: geochemistry and modelling of geodynamic evolution. Int. Geol. Rev., 42, 241-268.

DELALOYE, M., BİNGÖL, E., 2000. Granitoids from Western and Northwestern Anatolia: Geochemistry and modeling of geodynamic evolution, Int. Geol. Rev., 42, 241-268.

DENT- GLASSER, L.S. VE KATAOKA, N.; The Chemistry of Alkali-Aggregate Reaction In 5th ICAAR, Cape Town, South Africa, 1981, s. 252/ 23



DİAMOND, S., BARNEYBACK, R.S. VE STRUBLE, L.J.; On the physics and the chemistry of alkali-silica reaction, In 5th ICAAR, Cape Town, South Africa, 1981, s 252/ 22

DIAMOND, S., AND THAULOW, N., 1974. A study of expansion due to alkali-silica reaction as conditioned by the grain size of the reactive aggregate. Cement and Concrete Research, 4, 591-607.

Dİ PAOLA, G.M., INNOCENTİ, F.; Batı Anadolu daki çalışma gezisi sonucu petrografik rapor, MTA Raporu, 1969, yayımlanmamış

DIZER, A. AND MERİÇ, E., 1983. Late Cretaceous-Paleocene stratigraphy in northwest Anatolia (in Turkish). Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi, 95/96: 149-163.

DİZER, A., 1985 , Kuzeybatı Anadolu'da Ust Kretase - Paleosen biyostratigrafisi: Maden Tetkik Arama Enst. Derg., 149-163.

DURİİT, C. E., 1961, Report on the petroleum prospect of thrace, Turkish Culf Oil Company

EDET A., 1992, Physical properties and indirect estimation of microfractures using Nigerian carbonate rocks as examples , Engineering Geology, 33, 71-80

EGERAN, N. VE LAHN, E., 1951, Note on the tectonic position of the northern and central Anatolia: MTA Yayl., 41, 23-27.

ELMAS, A., YİĞİTBAŞ, E., 2001. Ophiolite emplacement by strike-slip tectonics between the Pontide Zone and Sakarya Zone in northwestern Anatolia, Turkey, Int. J. Earth Sciences, 90, 257-269.

ERCAN, T, VE GÜNAY, M., 1984, Kuzeybatı Anadolu, Trakya ve Ege adalarındaki Oligo-Miyosen yağlı volkanitlerin gözden geçirilmesi: Jeoloji Mühendisliği Derg

ERCAN, T., TÜRKECAN, A., GUİLLOU, H., SATIR, M., SEVİN, D., SAROĞLU, F., 1998. Marmara denizini çevreleyen Tersiyer volkanizmasının özellikleri, MTA Dergisi, 120, 199-221.

ERDOĞAN, M., 1993, İstanbul ve dolayının yapay agrega potansiyeli, Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Bülteni, s. 14, 29-41

ERGUVANLI, K.,1949, İmralı adasının jeolojisi: Türkiye Jeol. Kur.Bult., 2, 1, 118-121

ERGUVANLI, K.,1949, Hereke pudingleriyle Gebze taslarının inşaat bakımından etüdü ve civarlarının jeolojisi: İTÜ yayını, 1949, İstanbul, 88 s.

ERENDİL, M., GÖNCÜOĞLU, M.C., ve dig., 1991. Armutlu Yarımadası'nın jeolojisi, MTA Rap., 9165, Ankara.

ERENTÖZ, C., 1953, Çatalca bölgesinde jeoloji tetkikleri, M.T.A Yayını, Seri: B, No: 17, s.73, Ankara

ERKAN, Y., 2006, Magmatik Petrografi, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, 93, Ankara

FARNY, J.A., KOSMATKA, S.H.; Betonda Alkali Agrega Reaksiyonunun Teşhis ve Kontrolü, American Concrete Pavement Association, 1-26, 1998

FERNANDEZ-JIMENEZ, A.; PUERTAS, F.; The alkali-silica reaction in alkali-activated slag mortars with reactive aggregate; Cement and Concrete Research 32 (2002); SS. 1019-1024

FERNANDES, I., NORONHA, F., TELES, M.; Microscopic analysis of alkali-aggregate reaction products in a 50 year old concrete

FITZNER, F., 1903, Forschungen auf der bithynischen Halbinsel. Rostock.

FOOKES, P.G., 1980, An Introduction to the Influence of Natural Aggregates on the Performance and Durability of Concrete, Quarterly Journal of Engineering Geology, 123, 207-229

FOOKES, P.G., 1991, Geomaterials, Quarterly Journal of Engineering Geology, 24, 3-15

FOURNIER, B, BERUBE, M.A., Application of the NBRI Accelerated Mortar Bar Test to Siliceous Carbonate Aggregates Produced in the St. Lawrence Owlonds (Quebec, Canada), Part 1: Influence of various parameters on the test results, Cement and Concrete Research 215 (1991), pp: 853- 262

FOURNIER, B., AND BERUBE, M.A., 2000. Alkali-aggregate reaction in concrete: a review of basic concepts and engineering implications. Canadian Journal of Civil Engineering, 27, 167-191.

FURUSAWA, Y., OGHA, H., UOMOTO, I.; An analytical study concerning prediction of concrete expansion due to alkali- silica reaction, In 3th International Conference on Durability of Concrete, Nice, France, ed. Malhotra, 1994, SP 145- 40, pp. 757- 780

FYTIKAS, M., GIULIANI, O., INNOCENTI, F., MAARINELLI, G. & MAZZUOLI, R. 1976. Geochronological data on recent magmatism of the Aegean Sea. *Tectonophysics* 31, 29-34.

GENÇ, S.C., YILMAZ, Y., 1997. An example of the post-collisional magmatism in northwestern Anatolia: The Kızderbent volcanics (Armutlu Peninsula, Turkey), *Tr. Journal of Earth Sciences*, 6, 33-42.

GRATTAN- BELLEW, P.E., Test Methods and Criteria for Evaluating the Potential Reactivity of Aggregates, *Proceeding of the 8th International Conference, Alkali Aggregate Reaction*, Kyoto, Japan, Elsevier Applied Science, London, 1989, pp. 279-294

GILLOTT, J. E., 1975, Alkali-aggregate reactions in concrete, *Engineering Geology*, 9, 303-326.

GILLOTT, J.E., AND ROGERS, C.A., 1994. Alkali-aggregate reaction and internal release of alkalis. *Magazine of Concrete Research*, 167, 99-112.

GOCEV, P., 1979, The place of Stranca in the Alpine structure of Balkan peninsula : *Review Bulgarian Geol. Soc*, 40/1, 27 - 46 (Bulgarca, İngilizce özet).

GOGTE, B.S. 1973: An evaluation of some common Indian rocks with special reference to alkali aggregate reactions. *Engineering Geology*, 7. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam. 135-153.

GÖNCÜOĞLU, M.C., ERENDİL, M., TEKELİ, O., AKSAY, A., KUSÇU, A., ÜRGÜN, B., 1987, *Geology of the Armutlu peninsula, Guide book for the field excursion along Western Anatolia, Turkey*, Mineral Research and Exploration Institute, Ankara, p. 1-19.

GÖNCÜOĞLU, M.C., ERENDİL, M., TEKELİ, O., AKSAY, A., KUSÇU, A., ÜRGÜN, B., 1992. Introduction to the geology of the Armutlu peninsula, ISGB-92, Guide Book, Ankara, Turkey.

GÖZLER, M.Z., ERGİL, E., AKAREN, F., GENEL, P.C., AKAT, .. & ACAR, P. 1984. Çanakkale Boğazı Doğusu-Marmara Denizi Güneyi- Bandırma-Balıkesir-Edremit ve Ege Denizi Arasındaki Alanın Jeolojisi ve Kompilasyonu [Geology of the Area of East of Dardanelles-South of Sea of Marmara-Bandırma-Edremit and Aegean Sea]. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü. Report No. 7430 [in Turkish, unpublished]

GÖZLER, M.Z., 1984, Kazdağ batısı Mıhlı Dere vadisinde jeolojik ve petrografik incelemeler. Doktora Tezi, Ankara Üni. Fen Fak.

GRATTAN-BELLEW, P.E.; BEAUDOIN, J.J.; VALLEE, V.G.; Effect of aggregate particle size and composition on expansion of mortar bars due to delayed ettringite formation; Cement and Concrete Research, Vol. 28, No. 8, pp.1147-1156, 1998

HOBBS D.W., AND GUTTERIDGE, W.A., 1979. Particle size of aggregate and its influence upon the expansion caused by the alkali-silica reaction. Magazine of Concrete Research, 31, 235-242

HOBBS, D. W., Alkali-Silica Reaction in Concrete, Thomas Telford Ltd., 1988.

HORNIBROOK, F.B., INSLEY, H., AND SCHUMAN, L., 1943. Report on committee C-1 on cement (appendix). Proceedings American Society Test Materials 43, p. 218.

IŞIK, İ.; ŞEN, H.; ERGİNTAV, Y.; ÜNSAL, A.; ŞENTÜRK, E.; BAYRAK, E.; Rehabilitation of the aggregate harmful in respect of alkali silica reaction

INESON, P.R., 1990. Siliceous components in aggregates. Cement and Concrete Composites, 12, 185-190

İR FAN, T.Y.; Ayrı şmış bir granitte agrega niteliğinin mikropetrografik indeksler ve standart agrega deneyleri ile saptanması

İR FAN, T.Y.;1994; Aggregates properties and resources of granitic rocks for use in concrete in Hong Kong, Quarterly Journal of Engineering Geology, 27, 25-38

İR VİNE, T.N. AND BARAGAR, W.R.A., 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Canadian Journal of Earth Sciences, 8: 523-548.

İZ DAR, E., 1968, Kozak intruzif masifi petrolojisi ve Paleozoyik çevre kayaçları ile jeolojik bağıntıları: Türkiye Jeol. Kur. Bült., XI, 1-2, 140-179.

JENSEN, V. 1993: “Alkali Aggregate Reaction in Southern Norway”, doctoral thesis, Technical University of Trondheim, NTH, Norway

JOHN, D.A. ST, POOLE, A.B. AND SİMS, I., “Concrete Petrography”, Copublished North, Central and South America by John Wiley&Sons, Inc., Newyork, Toronto, 1998.

JONES, T.N.; POOLE, A.B.; Alkali silica reaction in several UK contents: The effect of temperature and humidity on expansion and the significance of ettringite development, Proc. 7th Int. Conf. AAR Concr., Ottawa, 1986, pp. 441-450

KARACIK, Z.; Ezine-Ayvacic (Çanakkale) dolayında genç volkanizma plutonizma ilişkileri, İTÜ Doktora tezi, 1995, ss. 342, yayımlanmamış.

KASAR, S., 1987; Edirne-Kırklareli-Saray (K.Trakya) Bölgesinin Jeolojisi, Türkiye 7. Petrol Kong. , S. 281-291

KATAYAMA, T., AND KANESHİGE, Y., 1986. Diagenetic changes in potential alkali-aggregate reactivity of volcanic rocks in Japan-A geological interpretation.

Proceedings of the 7th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction, P.E., Grattan-Bellew (ed.), Ottawa, Canada, pp. 489-493.

KAYA, O. VE LYS, M., 1982, İstanbul Boğazının batı yakasında (Kilyos) yeni bir Triyas bulgusu: Maden Tetkik Arama Enst. Derg., 93/94, 20-26.

KAYA, T., 1982, Gürpınar (Çanakkale) hipparionlarının odontolojik özellikleri, TJK Bülteni, 25, 2 127-137

KAYA, O. VE MOSTLER, H., 1992, A Middle Triassic age for low grade greenschist facies metamorphic sequence in Bergama (izmir), western Turkey: the first Paleontological age assignment and structural-stratigraphic implications: Newsletter for Stratigraphy, 26, 1-17

KETİN, İ., 1946, Kapıdağ Yarımadası ve Marmara Adalarında jeolojik araştırmalar, İÜ. Fen Fakültesi, Seri B, XI, Sayı 2, İstanbul

KETİN, İ., 1953, Tektonische untersuchungen auf den Prinzeninseln nahe Istanbul (Turkei): Geol. Rundsch., 41, 161-172.

KETİN, İ., 1953, Yozgat bölgesinin jeolojik lövesi hakkında memuar: MTA Rap., 2141, 50 (yayımlanmamış), Ankara.

KETİN, İ., 1963. Türkiye Jeoloji Haritası, Ölçek: 1: 500,000, Kayseri Paftası ve Açıklaması, 82 sayfa, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Ankara.

LANDGREN, R., AND SWEET, S., 1952. Investigation of durability of Wyoming aggregates. Proceedings Highway Restoration Board, 31, pp. 202–217.

LU, D.; ZHOU, X.; XU,Z.; LAN,X.; TANG,M.; FOURNIER, B.; Evaluation of laboratory test method for determining the potential alkali contribution from aggregate and the ASR safety of the Three-Gorges dam concrete; Cement and Concrete Research, 36 (2006), SS.1157-1165

MARZOUK, H.; LANGDON, S.; The effect of alkali aggregate reactivity on the mechanical properties of high and normal strength concrete; Cement and Concrete Composites 25 (2003); SS.549-556

MCCONNELL, D., MIELENZ, R. C., HOLLAND, W.Y., AND GRENE, K.T., 1950. Petrology of concrete affected by cement aggregate reaction. In Application of Geology to Engineering Practice, S. Paige (ed.), Berkeley Volume, Memoir American Geological Society, pp. 222-250.

MIELENZ, R.C., 1954, Petrographic examination of concrete aggregate. Proc. Am. Soc. Test. Mater. 54, pp. 1188-1218

MILEV, V. VE BOGDANOV, B., 1974, Structural metallogenic zones and ore formations on territory of Bulgaria : International Association on the genesis of ore deposits (4th. symposium of IAGOD), Varna, 44-57.

MINDESS, S., YOUNG, J. F., 1986, Concrete, Prentice-Hall, Inc., New Jersey.

MOORE, W.J., MCKEE, E.H. VE AKINCI, Ö., 1979, Chemistry and chronology of plutonic rocks in the pontids mountains, Northern Turkey : Symposium on the European copper deposits, Split, Yugoslavia, 39 - 44.

MORANVILLE-REGOURD, M., 1997. Modelling of expansion induced by ASR-new approaches. Cement and Concrete Research, 19, 415-425.

MUTLU, S., 1994, Çatalca-İnceğiz civarının (İstanbul) jeolojisi ve manganez yataklarının oluşumu, İ.Ü.M.F. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Bitirme Tezi, İstanbul

NEVILLE, A.M., 1995, Properties of Concrete, 4th Adn, Pitman, London, 844 pp.



OWSIAK, Z.; Testing alkali reactivity of selected concrete aggregates; Journal of Civil Engineering and Management, 2007, Vol XIII, No:3, 201-207

OKTAY, F. Y., EREN, R. H. VE SAKINÇ, M., 1992, Karaburun- Yeniköy (İstanbul) Çevresinde Doğu Trakya Oligosen Havzasının Sedimenter Jeolojisi, Türkiye 9. Petrol Kongresi, Ankara

OZANSOY, F., 1973, Les caracteristiques de Neogene des Dardanelles: AÜDTCF, Antropoloji Dergisi, 6, 171-180

ÖZTUNALI, Ö. VE ÜŞÜMEZSOY, Ş., 1979, Istranca masifinin çekirdek kayaları ve petrojenetik evrimleri : Altınlı Sempozyumu, Türkiye Jeol. Kur. ve İ.Ü. Yerbilimleri Fak. Yayını, 37 - 44.

ÖZTUNALI, G., VE ÜŞÜMEZSOY, S., 1981, Istranca ve Eybek masiflerinde kataklastik dokunun evrimi, İ.Y. Dergisi, Cilt: 2, Sayı: 3-4, s. 129-137, İstanbul

ÖZTURAN, T., ÇEÇEN, C., 1997, Effect of coarse aggregate type on mechanical properties of concretes with different strengths, Cement and Concrete Research, 27, 2, pp. 165-170

PAECKELMANN, W., 1938, Neue Beitrage zur Kenntnis der Geologie, Paleontologie und Petrographie der Umgegend von Konstantinopel, 2. Geologie Thraziens, Bithyniens und der Prinzeninseln: Abh. Preus. Geol. L.-A., n. f. 186, 202 p., Berlin

PAMİR, H.N. VE SAYAR. M., H, 1933, Vertebres fossilles de Kucukcekmece: İU Fen Fak. Mec.,3-4.

PAMİR, H.N. ve BAYKAL, F., 1947, Istranca masifinin jeolojisi: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 1,7- 43.

PAPADAKİS, V.G.; Experimental investigation and theoretical modeling of silica fume activity in concrete

PEHLİVAN, R., 1997,, Marmara. Bölgesi Termem İneral Kaynaklarının Jeolojisi ve Hidrojeokimyasal İncelemesi., L.Ü.. Fen Bil., Enst, Doktora, tezi,, 165s.f Ekil,, İstanbul (Yayınlanmamış).

PENCK, W. ; Grundzüge der Geologie des Bosphorus Inst.F.Meeresk N.F.A.4,Berlin ; 1919

PRINCE, W; CASTANIER, G; GIAFFERI, J.L.; Similarity between alkali-aggregate reaction and the natural alteration of rocks; Cement and Concrete Research 31(2001); SS. 271-276

POSTACIOĞLU, B.; Beton (Agregalar, Beton) Cilt II, Teknik Kitaplar Yayınevi, İstanbul, 03 s, 1987

QIAN, G.; DENG, M.; LAN, X.; XU, Z.; TANG, M.; Alkali carbonate reaction expansion of dolomitic limestone aggregates with porphyrotopic texture; Engineering Geology 63 (2002), SS.17-29

RAMSAY, D.M., DHİR, R.K., SPENCE, I.M., 1974, The role of rock and clast fabric in the physical performance of crushed rock aggregate, Engineering Geology, 8, 267-285

RAMYAR, K., DÖNMEZ, H. , ANDIÇ, Ö.; Alkali-Silis Reaksiyonunun Mineral ve Kimyasal Katkılar Yardımı ile Kontrol Altına Alınması

RIVARD, P., OLLIVIER, J.P., AND BALLIVY, G., 2002. Characterization of the ASR rim application to the Potsdam sandstone. Cement and Concrete Research, 32, 1-9.

ROBERTSON, A.H.F., USTAÖMER, T., 2004. Tectonic evolution of the Intra-Pontide suture zone in the Armutlu Peninsula, NW Turkey, Tectonophysics, 381, 175-209.

RODRIGUES, F.A.; MONTEIRO, P.J.M.; SPOSITO, G.; The alkali-silica reaction the effect of monovalent and bivalent cations on the surface charge of opal; Cement and Concrete Research 31 (2001); SS.1549-1552

RHOADES, R., 1942, Discussion of a paper by Stanton, Porter, Meder and Nicol: California experience with the expansion of concrete through reaction between cement and aggregate. J. Am. Concrete Inst. Proc. 38, pp. 236:7–236:11

SAKA, K., 1979, Edremit Körfezi ve civarı Neojeni'nin jeolojisi ve hidrokarbon olanakları: TPAO Arama Grubu Rap. No: 1341, 17 s.

SERGEEVA, L.A., NACHEV, I.K. VE MALIKOV, I.G., 1979, On the Paleozoic age of the metamorphic rocks in Stranca: Rev. Bulgarian Geol. Soc, 40/1, 10-17, (Bulgarca, İngilizce özet).

SEYMEN, İ., 1981. Kaman (Kırşehir) Dolayında Kırşehir Masifinin Stratigrafisi ve Metamorfizması, Türkiye Jeol. Kur. Bült., 24/2, 101-108.

SEYMEN, İ., 1982, Kaman dolayında Kırşehir masifinin jeolojisi: İstanbul Tek. Üniv. Maden Fak., Doçentlik Tezi, 164 (yayımlanmamış)

SEYMEN, İ., 1984; "Kırşehir masifi metamorfizmasının jeolojik evrimi". Türkiye Jeol. Kur. Ketin Sempozyumu. Ankara, 133-148.

SHAND, S.J., 1951, Eruptive Rocks: John Wiley, New York.

SHAH, P. S., LANGE, A. D., LI, Z., MITSUI, K., 1994, Relationship between microstructure and mechanical properties of the paste-aggregate interface, *ACI Materials Journal*, vol. 91, no. 1 p. 30-39

SHRIMER, F. H., OOI, O., AND GERRY, W. J., 2000. Control of alkali-aggregate reactivity, *Pointe Seraphine Berth improvements*, St. Lucia. 11th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction, M.A. Bérubé, B. Fournier, B. Durand (eds.), Quebec, Canada, pp. 473-482

SHOMGLIN, K.; MONTERIO, P.; HARVEY, J.; Accelerated laboratory testing for high early strength concrete for alkali aggregate reaction; University of California at Berkeley Institute of Transportation Studies Pavement Research Center, 2001 July

SIBBICK, R.G., PAGE, C.L.; Susceptibility of various UK aggregates to alkali aggregate reaction, *proc. 9th Int. Conf. AAR Concrete*, London, 1992, pp. 980-987

SIMS, I. ve BROWN B, 1998 Concrete Aggregate. In PC Hewlett Ed. *Lea's Chemistry of Cement and Concrete*.

SWAMY, R.N., 1990; *The Alkali-Silica Reaction in Concrete*, Thomson Litho Ltd., Scotland, UK

STANTON, T., E., *Expansion of Concrete Through Reaction Between Cement and Aggregate*, *Proceedings, American Society of Civil Engineers*, Vol. 66, pp. 1781-1811, 1940.

STANTON, T.E., 1940. Influence of cement and aggregate on concrete expansion. *Engineering News Record*, February 1, 59-61.

STARK, D., MORGAN, B., OKAMOTO, P., AND DİAMON, S., 1993. Eliminating or minimizing alkali-silica reactivity. Strategic Highway Research Program, National Research Council Washington.

SWAMY, R.N., 1992. Alkali-aggregate reaction in concrete; material and structural implications, sciences in concrete technology. Energy, Mines and Resources, Ottawa Canada, pp. 533-581.

ŞEN, S., KORAL, H., VE ÖNALAN, M., 1998, Küçükçekmece-Çatalca dolayında Trakya Havzası doğusunun jeolojisi ve gelişimi, yeni bulgular, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi, Cilt:11, İstanbul

TANER, M.F., 1981, Şükrüpaşa (Demirköy - Kırklareli) çevresinde jeolojik, petrografik inceleme ve cevherleşme üzerine görüşler: M.T.A. Enst. Maden Etüd Rap. No 1777, Yayınlanmamış.

TANER, M.F., ÇAĞATAY, A.; Istranca Masifi'sindeki maden yataklarının jeolojisi ve mineralojisi, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, C. 26,31 - 40, Şubat 1983

TEKKAYA, İ., 1973, Gürpınar'daki fosil Bovidae kalıntıları hakkında bir not: TJK Bülteni, 2, 77-87

TCHİHATCHEFF, P. ; İstanbul ve İstanbul Boğazı I, Vol, 590p., 9 PL, Paris ;1864

THOMAS, M.; FOURNIER, B.; FOLLİARD, K.; IDEKER, J.; SHEHATA, M.; 2006 Dec.; Test Methods for Evaluating Preventive Measures for Controlling Expansion due to Alkali-Silica Reaction in Concrete; Research Report ICAR 302-1; Aggregates Foundation for Technology, Research and Education

TOPÇU, İ.B.; BOĞA, A.R.; DEMİR, A.; Prefabrik elemanların alkali silika reaksiyonunun incelenmesi

TORİİ, K.; TOMOTAKE, H.; OSAFO, A.K. ; Echigo, T.; Compatibility between ecocement produced from incinerator ash and reactive aggregates in ASR expansion of mortars; Cement and Concrete Research 33 (2003); SS. 571-577

TOSUN, K., YAZICI, H., BARADAN, B.;Uçucu Kül ve Silika Tozunun Alkali-Silika Reaksiyonuna Etkisinin İncelenmesi; 2000

TUĞRUL, A; ZARİF, H.; Correlation of mineralogical and textural characteristics with engineering properties of some selected granitic rocks from Turkey, Engineering Geology; 1999

UMUT, M., KURT, Z., İMİK, M., ÖZCAN, I., SARIKAYA, H., SARAÇ, G., ve KESKİN, I., 1983, Tekirdağ-Silivri-Pınarhisar alanının jeolojisi, M.T.A., Rapor No: 7349, Ankara

UYGUN, A., 1982. Tuz Gölü Havzasının Jeolojisi, MTA Raporu, Derleme No: 7188 (yayımlanmamış).

ÜLKÜMEN vd., 1993, Neue beitrage zur Tertiar- Stratigraphie und otolithon-fauna deer Umg ebeung von İstanbul (Küçükçekmece und Büyükçekmece see) Türki. Mitt. Baeyer Staatssig. Paleon, Hist. Geol.33, 51-89, München

ÜŞÜMEZSOY, S., 1982, Istranca masifinin petrojenetik evrimi, İ.Ü.M.F. Doktora Tezi, İstanbul

ÜŞÜMEZSOY, Ş., 1990 Istranca orojeni; Karadeniz çevresi Kimmerid orojen kuşakları ve masif sülfid yatakları: Türkiye Jeoloji Bült., c.33, s.L, 17-27., Ankara.

VALLIUS, P., 1995, The suitability of the Rapakivi granite varieties of the Wiborg batholith for the production of asphalt pavements, Academic dissertation, Division of Geology and Mineralogy Department of Geology University of Helsinki, p.109, Kouvola, Finland

WAKIZAKA, Y., 1999, Alkali-silica reactivity of Japanese rocks, Engineering Geology, V.56, 1-2, pp.211-221

YALÇINLAR, T., 1976, Türkiye jeolojisine giriş (Paleozoyik açısmadan) : İ.Ü. Edebiyat Fak. Yayını No: 2089, 21 - 24.

YANG, R.;LAWRENCE, C.D; LYNSDALE, C.J.; SHARP, J.H.; Delayed ettringite formation in heat-cured Portland cement mortars; Cement and Concrete Research 29 (1999); SS.17-25

YILMAZ, İ., 1976; Sancaktepe Granitinin (Kocaeli yarımadası) Mutlak yaşı ve Jenezi, Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi, Mineroloji Kürsüsü

YILMAZ, Y., 1981, Sakarya kıtası güney kenarının tektonik evrimi, İstanbul Yerbilimleri, v. 1, no. 1-2, p. 33-52.

YILMAZ, Y., A.M.C. ŞENGÖR, 1985, Paleo-Tethyan ophiolites in northern Turkey; petrology and tectonic setting, in J. Desmons, ed., Ophiolites Through Times Conf. Proceed, v. 10(2-3), p. 485-504.

YILMAZ, Y., 1988, An approach to the origin of the Aegean volcanism, in A.M.C. Şengör, ed., Tectonic Evolution of the Tethyan Region, NATO ASI, 259, p. 177-201.

YILMAZ, Y., 1990, Allochthonous terranes in the Tethyan Middle East: Anatolia and the surrounding regions, Phil. Trans. R. Soc. Lond., A 331, p. 611-624.

YILMAZ, Y., O. GÜRPINAR, C. GENÇ, M. BOZCU, K. YILMAZ, H. ŞEKER, E. YİĞİTBAŞ, M. KESKİN, 1990, Armutlu yarımadası ve dolayının jeolojisi, Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Rapor No: 2796, 210p.

YILMAZ, K., 1992, Mekece (Adapazarı)-Bahçecik (Kocaeli) dolayının jeolojik ve petrolojik incelenmesi, (Ph.D. Thesis), İstanbul Üniversitesi Fenbilimleri Enstitüsü, 260p.

YILMAZ, Y., 1993, New evidence and model on the evolution of the Southeast Anatolian orogen, Geological Society of America Bulletin, v. 105, p. 251-271.

YILMAZ, Y., GENÇ, S.C., YİĞİTBAS, E., BOZCU, M., YILMAZ, K., 1995. Geological evolution of the late Mesozoic continental margin of Northwestern Anatolia, Tectonophysics, 243, 155-171.

YILMAZ, Y., TÜYSÜZ, O., YİĞİTBAS, E., GENÇ, S.C., SENGÖR, A.M.C., 1997. Geology and tectonic evolution of the Pontides, in A.G. Robinson, ed., Regional and petroleum geology of the black sea and surrounding region, AAPG Memoir, 68, 183-226.

YILMAZ ŞAHİN, S., GÜNGÖR, Y., AYSAL, N. VE ÖNGEN, S., 2009, Istranca ve İstanbul Zonları (KB Türkiye) İçerisinde Yüzeyleyen Granitoidlerin Jeokimyası ve SHRIMP Zirkon U-Pb Yaşlandırması, 62. Türkiye Jeoloji Kurultayı, MTA, 14-17 Nisan 2009, Ankara

YILMAZ-ŞAHİN, S., Örgün, Y., Güngör, Y., Göker, A.F., Gültekin, A.H. and Karacık, Z., 2010, Mineral and whole-rock geochemistry of Kestanbol Pluton (Ezine-Çanakkale) and their mafic microgranular enclaves, NW Anatolia-Turkey: Some evidences of felsic and mafic magma interaction, Turkish Journal of Earth Sciences, v.19, 101-122



YILMAZ ŞAHİN, S., GÜNGÖR, Y. VE AYSAL, N., 2010, İstanbul Granitoyidleri, III. İstanbul'un Jeolojisi Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 100-129, TMMOB, JMO İstanbul Şubesi, 371s.

YURTSEVER, A.; ARDA, A. VE ÖZCAN, L., 1994, Yıldız Dağları (Istranca Masifi'nin Jeolojisi: MTA Rap. (basımda) Ankara.

YURTSEVER, A., 1996, İstanbul Yarımadasının (1/50.000 ölçekli haritasının) jeolojisi. MTA Rap. No. 9989, Ankara

XU, Z.; LAN, X.; DENG, M.; TANG, M.; A new accelerated method for determining the potential alkali carbonate reactivity; Cement and Concrete Research 32 (2002), SS. 1-7