

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HARPUT (ELAZIĞ) KUZEYDOĞUSUNDAKİ ALT PLİYOSEN
YAŞLI PİROKLASTİK KAYAÇLARIN İNCELENMESİ**

Esen ÖZBULUT

YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ELAZIĞ, 2006

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HARPUT (ELAZIĞ) KUZEYDOĞUSUNDAKİ ALT PLİYOSEN
YAŞLI PİROKLASTİK KAYAÇLARIN İNCELENMESİ**

Esen ÖZBULUT

YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu teztarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile başarılı / başarısız olarak değerlendirilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Sevcan KÜRÜM

Üye: Prof.Dr. A. Feyzi BİNGÖL

Üye: Doç.Dr. Zülfü Çınar ULUCAN

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun / / tarih ve Sayılı kararıyla onaylanmıştır.

TEŞEKKÜR

Harput (Elazığ) kuzeydoğusundaki piroklastik kayaçların incelenmesi konulu bu çalışma, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde 2003-2006 yılları arasında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışmalarımın her aşamasındaki değerli katkı ve yönlendirici önerilerinden dolayı tez danışmanı hocam Yrd.Doç.Dr. Sevcan KÜRÜM'e içtenlikle teşekkür ederim.

Yardımlarından dolayı hocam Yrd.Doç.Dr. Emin ERDEM'e, sürekli yanımda bulunan ve yardımcı olan Araş.Gör. Melek URAL'a, ve arazi çalışmalarındaki yardımlarından dolayı babası Sayın A.Fethi URAL'a yine arazi çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Jeoloji Yüksek Mühendisi Sevinç B.ALTIN'a, Jeoloji Mühendisi Şerafettin VAROL'a, Elazığ Lisesi müdür muavini dayım Gıyasettin BİLHAN'a, ince kesitlerin yapımı sırasındaki yardımlarından dolayı , bölümümüz ince kesit teknisyeni Fuat İSTEK'e, çok teşekkür ederim.

Arazi ve laboratuvar çalışmalarımda projemi destekleyen Fırat Üniversitesi Araştırma Fonu yetkililerine teşekkür ederim.

Esen ÖZBULUT

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
TEŞEKKÜR	I
İÇİNDEKİLER	II
ŞEKİLLER LİSTESİ	IV
TABLolar LİSTESİ	VI
ÖZET	VII
ABSTRACT	VIII
1. GİRİŞ	1
1.2. Coğrafi Durum	2
1.3. Önceki Çalışmalar	3
2. GENEL JEOLojİ	5
2.1. Elazığ Magmatitleri (Senoniyen)	5
2.1.1. Diyorit-Gabrolar	7
2.1.2. Granitler	7
2.1.3. Bazaltlar	9
2.2. Harami Formasyonu (Maestrihtiyen)	9
2.3. Kırkgeçit Formasyonu (Orta Eosen- Üst Oligosen)	10
2.4. Elazığ Volkanitleri (Alt Pliyosen)	10
2.4-1. Piroklastitler	11
2.4.2. Lav Akıntıları	14
3. MİNERALojİK-PETROGRAfİK İNCELEME	16
3.1. Elazığ Magmatitlerine Ait Kayaçların Petrografik Özellikleri	16
3.1.1. Granitler	16
3.1.2. Gabrolar	19
3.1.3. Diyabazlar	19
3.1.4. Bazaltlar	19
3.2. Elazığ Volkanitlerine Ait Kayaçların Petrografik Özellikleri	22
3.2.1. Piroklastitler	22
3.2.2. Lav Akıntıları	25
4. JEOKİMYASAL İNCELEME	28
4.1. Ana Element Jeokimyası	28
4.2. İz Element jeokimyası	35
4.3. Nadir Toprak Elementleri (REE) Jeokimyası	40

5. EKONOMİK JEOLJİ	42
5.1. Çimento ve Çimento türleri	43
5.2. Çimento Üretiminde Kullanılan Hammaddeler (Katkı Maddeleri)	46
5.2.1. Puzolanik Maddeler.....	47
5.2.2. Doğal ve Suni Puzolanlar	48
5.3. Hammadde Hazırlama ve İlgili Deneyler	51
5.4. Elazığ Çimento Fabrikasında Kullanılan Hammaddeler ve Elazığ-Harput Volkanitleri Piroklastitlerinin Çimento Hammaddesi Bakımından İncelenmesi.....	51
5.5. Piroklastitlerde Yapılan Deneysel Çalışmalar ve Elde Edilen Bulgular	52
5.6. Puzolan Kullanımının Ekonomik Faydası	55
5.7. Cürüflü Çimentoların Sağladığı faydalar.....	56
6. SONUÇLAR	58
7. KAYNAKLAR	59

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Türkiye tektonik haritası ile çalışma alanının yer bulduru haritası.....	6
Şekil 1.2. Çalışma alanının jeolojik haritası.....	8
Şekil 2.1. Elazığ Volkanitleri tarafından uyumsuz olarak üzerlenen Harami Formasyonu'na ait kireçtaşları	9
Şekil 2.2. Elazığ Volkanitlerine ait piroklastitlerde görülen renk değişimi	11
Şekil 2.3. Elazığ Volkanitlerine ait piroklastitlerde görülen oksitlenme	12
Şekil 2.4. Elazığ Volkanitlerine ait piroklastitlerde görülen merceğimsi yapı şeklindeki bloklar	12
Şekil 2.5. a,b: Elazığ Volkanitlerine ait piroklastitlerde lavların soğumasına bağlı olarak gelişen soğan kabuğu yapısı	13
Şekil 2.6. Elazığ Volkanitlerine ait piroklastitlerde görülen tabakalı görünümlü seviyeler ve bu seviyeler içerisindeki laminalanma	15
Şekil 2.7. Elazığ Volkanitlerine ait bazaltlar	15
Şekil 3.1. Granitlerde görülen subhedral granüler doku ve kayacı oluşturan esas minerallerden kuvars, plajyoklas, K-feldspat, biyotit.....	17
Şekil 3.2. Granitlerdeki plajyoklaslarda görülen Albit- Karlsbad türü ikizlenme.....	17
Şekil 3.3. Granitlerdeki biyotitlerde gözlenen kloritleşmeler	18
Şekil 3.4. Granitlerdeki yarı öz şekilli biyotit ve hornblendlerde kenarlar ve dilinimler boyunca gözlenen kloritleşmeler	18
Şekil 3.5. Diyabazlarda görülen intersertal doku ve kayacı oluşturan esas minerallerden plajyoklas ve klinopiroksenler ile ikincil minerallerden klorit ve serizitler	20
Şekil 3.6. Diyabazlarda görülen iğnemsî ışınal aktinolitler.....	20
Şekil 3.7. Bazaltlarda görülen veziküler doku	21
Şekil 3.8. Bazaltlarda görülen veziküler, akıntı dokusu ve olivinlerde kenarlar boyunca görülen iddingsitleşme.....	21
Şekil 3.9. Piroklastitlerde görülen mineraller	23
Şekil 3.10. Kristal tüflerin mikroskobik görünüşleri	23
Şekil 3.11. Litik+ kristal tüflerin mikroskobik görünüşleri.....	24
Şekil 3.12. Piroklastik kayalarda litik tüflerin mikroskobik görünüşleri.....	24
Şekil 3.13. Bazaltlardaki vitroporfirik ve veziküler dokunun görünümü.....	26
Şekil 3.14. Elazığ Volkanitleri bazaltlarında görülen seri ve porfirik doku	26
Şekil 3.15. Bazaltlarda görülen veziküler ve akıntı dokusu.....	27
Şekil 3.16. Elazığ Volkanitleri bazaltlarında görülen olivinler.....	27

Şekil 4.1. İncelenen volkanik kayaçların toplam alkali silis diyagramındaki dağılımları.	30
Şekil 4.2. İnceleme alanındaki kayaçların Zr/TiO ₂ -Nb/Y diyagramındaki dağılımı	31
Şekil 4.3. İncelenen volkanik kayaçların İrvine ve Baragar (1971) diyagramındaki dağılımları.....	31
Şekil 4.4. İncelenen Elazığ Magmatitleri volkanik kayaçlarının AFM (Irvine and Baragar, 1971) diyagramındaki dağılımları	32
Şekil 4.5. İnceleme alanındaki kayaçların Le Maitre (1989) diyagramındaki dağılımları.....	32
Şekil 4.6. İnceleme alanındaki kayaçların Zr/117-Th-Nb/16 diyagramına göre dağılımları ..	33
Şekil 4.7.Kayaçların SiO ₂ 'e karşı ana oksit (%) değişim (Harker, 1909) diyagramları.....	34
Şekil 4.8. Örneklerdeki Büyük İyon yarıçaplı elementlerin (Rb, Ba, Sr, Cs) SiO ₂ ile olan ikili değişim diyagramları.....	36
Şekil 4.9. Kayaçlardaki kalıcılığı yüksek elementlerle (Hf, Zr, Sc, Y, Th, U) - SiO ₂ ikili değişim diyagramları	38
Şekil 4.10. Örneklerdeki geçiş metallerin (ppm) SiO ₂ 'e karşı değişim diyagramları	39
Şekil 4.11. Kayaçların MORB'a normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları	41
Şekil 4.12. Kayaçların Kondrite oranlanmış nadir toprak element dağılımları.....	41

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 4.1. Kayaç örneklerine ait ana oksit ve iz element analiz değerleri.....	29
Tablo 4.2. Kayaç örneklerine ait nadir toprak element analiz değerleri.	30
Tablo 5.1. Bazı çimento türlerinde incelik – mukavemet ilişkisini gösterir değerler	43
Tablo 5.2. Dünyadaki doğal ve suni puzolanların yüzde bileşimi.	50
Tablo 5.3. Harput piroklastitlerinden alınan örneklerin mukavemet deney sonuçları.	52
Tablo 5.4. Piroklastitlerde deneyleri yapılan örneklerin kimyasal analiz sonuçları.....	54

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

HARPUT (ELAZIĞ) KUZEYDOĞUSUNDAKİ ALT PLİYOSEN YAŞLI PİROKLASTİK KAYAÇLARIN İNCELENMESİ

Esen ÖZBULUT

Fırat Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
2006, Sayfa: VIII+62

Çalışma alanı, Harput'un yakın doğusundan başlayıp kuzeydoğuya doğru Keban barajı göl alanına kadar devam etmektedir. Bölgede yaşlıdan gence doğru Senoniyen yaşlı Elazığ Magmatitleri, Maestrihtiyen yaşlı Harami Formasyonu, Orta-Üst Eosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu, Alt Pliyosen yaşlı Elazığ Volkanitleri yüzeylemektedir.

Elazığ Magmatitleri inceleme alanında granit, gabro, diyabaz, (dolerit), bazalt gibi kayalarla temsil edilmektedir.

Elazığ Magmatitlerini uyumsuz olarak örten Kırkgeçit Formasyonu konglomera, kumtaşı, masif kireçtaşı, masif kumtaşı ve marndan meydana gelmiştir.

Kendisinden yaşlı birimleri uyumsuz olarak örten Elazığ Volkanitleri inceleme alanında lav akıntıları ve piroklastitlerden meydana gelmiştir.

İnceleme konusunu oluşturan Elazığ Volkanitleri (Harput) piroklastitleri, bütün katkı çimentolarda katkı malzemesi olarak % 30-40'a kadar kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Elazığ Volkanitleri, Piroklastik, Tüf, Cüruf, Çimento,

ABSTRACT

Masters Thesis

INVESTIGATION OF LOWER PLIOCENE AGE PYROCLASTIC ROCKS IN THE NORTHEAST OF HARPUR (ELAZIĞ)

Esen Özbulut

Fırat University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of geological Engineering

2006, Page: VIII+62

This work investigates the old pyroclastic rocks at the north of the Harput. The area of interest lies from northeast of Harput to the Keban dam, lake.

The rock units in the studied area (from the oldest to the youngest) are, Elazığ Magmatics (Cenonian), Harami Formation (Maestrichtien), Kırkgeçit Formation (Middle-Upper Eocene), Elazığ Volcanics (Lower Pliocene). In the study area, the Elazığ Magmatics is represented by granite, gabbro, diabase, basalts.

The Kırkgeçit Formation which unconformably covers the Elazığ Magmatics, consist of conglomerate, sandstone, massive limestone, massive sandstone and marl.

The Elazığ Volcanics that covers unconformably the older units consist of lava flows and pyroclastics.

Elazığ Volcanics (Harput) pyroclastics that is investigated in this study can be used in (production of) mixed cement as an admixture at the ratios of 30 % up to 40 %

Keywords: Elazığ Volcanics, Pyroclastic, tuff, scoria, cement,

1.GİRİŞ

Bu çalışma ile Harput kuzeydoğusunda yüzeyleyen Senoniyen yaşlı Elazığ Magmatitlerine ait volkanitler ile Alt Pliyosen yaşlı Elazığ Volkanik kayaçlarının petrografik ve litolojik özelliklerinin belirlenip, piroklastik birikinti tipleri ile birlikte püskürme olaylarının yorumlanması ve Elazığ Volkanitlerine ait piroklastik kayaçların ekonomik önemlerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Bu amaç doğrultusunda çalışmalar; arazi, laboratuvar ve büro olmak üzere üç aşamada yapılmıştır.

Arazi çalışmalarında öncelikle İnceöz (1994) tarafından yapılan 1/25.000 ölçekli jeolojik haritadan yararlanılarak, bölgede yüzeyleyen birimlerin yayılımları ve birbirleriyle olan ilişkileri gözlenerek bu birimlerden amaca uygun olarak örnekleme yapılmıştır. Çalışma alanı içerisinde tanımlanan birimlerde, Elazığ ve çevresindeki çalışmalarda genel kabul gören litostratigrafi adlamaları esas alınırken, Karabakır Formasyonu yerine kullanılan “Elazığ Volkanitleri” adlaması (Akgül ve diğ., 1998) kullanılmıştır. Arazi çalışmaları sırasında Elazığ Magmatitleri plütonik ve yüzey kayaçları, Harami Formasyonu ve ağırlıklı olarak da Elazığ Volkanik kayaçları olmak üzere toplam 60 kayaç örneği alınmıştır.

Laboratuvar çalışmalarında ise araziden alınan örneklerin ince ve parlak kesitleri yapılarak bu kesitler polarizan mikroskopta incelenmiş mineralojik ve petrografik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu incelemeler sonucunda uygun olan 12 örneğin Kanada ACME Laboratuvarlarında (ACME-Analytical Laboratories, Canada), ICP ve ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer) ile tüm kayaç analizleri yaptırılmıştır.

Büro çalışmalarında ise arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen bulgularla kimyasal analiz verileri birlikte değerlendirilerek daha önceden yapılmış çalışmalar da dikkate alınarak çağdaş literatür ışığında çalışma sonlandırılmıştır.

1.2.Coğrafik Durum

İnceleme alanının batı sınırı Karataş köyünden (Harput) başlayıp kuzeydoğuya doğru Keban barajı göl alanına kadar uzanmaktadır. Karataş köyü Elazığ’a 20 km uzaklıktadır.

İnceleme alanında irili ufaklı birçok yerleşim birimi bulunmaktadır. Bunlar Serince, Erbildi, Beşoluk, Beydalı, Karataş, Egin mahalleridir.

Bölgenin topoğrafik olarak en yüksek yerini 1550 m ile Çenge tepe oluşturmaktadır. İnceleme alanında topoğrafik olarak en düşük seviyeyi oluşturan Keban Baraj gölü su seviyesi

ile en yüksek nokta arasındaki kot farkı 683m dir. İnceleme alanındaki irili ufaklı dereler sularını Keban baraj gölüne boşaltmaktadır.

Karasal iklime sahip olan bölgede yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlıdır. Nisan ayı ortalarından ekim ayı sonlarına kadar arazide çalışma olanağı vardır.

Yöre halkının büyük bir bölümü tarım ve hayvancılıkla uğraşmaktadır. Ekilebilir alanlarda buğday, arpa vb. tahıl ürünleri yetiştirilirken, sulanabilir alanlarda da meyve sebze yetiştirilmektedir.

1.3.Önceki Çalışmalar

Alpin orojenik kuşağı içinde yer alan Türkiye, Ketin (1966) tarafından kuzeyden güneye doğru Pontidler, Anatolitler, Toridler ve Kenar kıvrımları olmak üzere dört tektonik birliğe ayrılmıştır. İnceleme alanı bu tektonik birliklerden Toridlerin doğu kesiminde yer almaktadır.

Bölgede Doğu Anadolu Fayı, Güneydoğu Anadolu Bindirme kuşağı gibi önemli tektonik yapıların yanısıra, Ergani (Maden), Guleman ve Keban gibi önemli maden yatakları ile Keban ve Karakaya gibi büyük barajların bulunması yerbilimcilerinin dikkatini çekmiş ve son yıllarda bölgeyle ilgili yayınlarda önemli artış olmuştur. İnceleme alanı ve yakın çevresini içine alan bazı önemli jeolojik çalışmalar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Perinçek (1979a, 1979b), ilk defa Hakkari ili Yüksekova ilçesi civarında tanımladığı Yüksekova Karmaşığının; kireçtaşı, şeyl, kumtaşı, volkanik kumtaşı, tuf, aglomera, bazalt, diyabaz, gabro, serpantinit, granit ve granodiyoritlerden oluştuğunu belirtmiştir. Araştırmacı lav akıntıları ve yastık lavlar arasındaki mikritik kireçtaşlarının fosil içeriğine göre karmaşığa Kampaniyen-Maestrihtiyen yaşını vermiştir.

Tuna (1979) ve Naz (1979), Elazığ doğu ve kuzeydoğusunda yaptıkları çalışmalarla bölgenin stratigrafisi ve tektoniğini açıklamaya çalışmışlardır

Yazgan (1981,1983,1984), Elazığ-Malatya çevresinde yaptığı araştırmalarda bölgenin jeotektonik evrimini levha tektoniği kavramına uygun olarak yorumlamaya çalışmıştır. Araştırmacı kuzeyden güneye doğru Kretase yaşlı Yüksekova karmaşığı ve Eosen yaşlı Maden Karmaşığının genç ve kalın olmayan bir kıta kabuğu üzerine yerleşmiş etkin kıta kenarı ürünleri olduğunu ileri sürmüştür. Ayrıca Yüksekova Karmaşığı içerisinde yer alan derinlik kayaçlarının K/Ar metodu ile radyometrik yaş tayinini yapan araştırmacı, magmatitlerin Kampaniyen (74-78my) yaşlı olduğunu belirtmiştir.

Bingöl (1982, 1984, 1988), Elazığ ve çevresinde yaptığı araştırmalarda, Yüksekova Karmaşığına ait magmatik kayaçların petrografik ve petrolojik özelliklerini inceleyerek, bu kayaçların konumlandıkları jeotektonik ortamı belirlemeye çalışmıştır. Araştırmacı, toleyitik ve kalkalkalen kayaçlardan oluşan Yüksekova Karmaşığının kuzeye doğru dalımlı bir yitim zonunda kısmen okyanus, kısmen de kıta kenarı üzerinde gelişmiş yay magmatizması ürünleri olduğunu ileri sürmüştür.

Hempton ve Savcı (1982), Sivrice-Elazığ arasında yaptıkları çalışmada Yüksekova Karmaşığı'nın volkanik birimini "Elazığ Volkanik Karmaşığı" adı altında inceleyerek, karmaşığın ilksel okyanus içi bir ada yayını temsil ettiğini vurgulamışlardır.

Avşar (1983), Elazığ yakın kuzeybatısında Kırkgeçit Formasyonu üzerinde yaptığı stratigrafik ve mikropaleontolojik çalışmada, formasyondan derlediği örneklerde saptadığı fosillere dayanarak birime Üst Lütésiyen-Priaboniyen yaşını vermiştir.

Asutay (1985,1988), Baskil civarında yüzeyleyen magmatik kayalar Baskil Magmatitleri olarak adlandırmıştır. Bu magmatik kayaların düzenli bir magmatik seri oluşturduklarını ve içinde ofiyolit kapsamına alınabilecek hiçbir kayaç ya da kayaç grubuna rastlanmadığını belirten araştırmacı, bu nedenlerden ötürü söz konusu kayaların bir karmaşık olarak yorumlanmasının yanlış olduğunu ileri sürmüştür.

Sağiroğlu (1986), Sağiroğlu ve Preston (1987), Şaşmaz (1987) ile Şaşmaz ve Sağiroğlu (1990); Kızıldağ çevresinde yaptıkları çalışmalarda bölgede görülen cevherleşmelerin özelliklerini ve kökenini araştırmışlardır.

Akgül M, (1987,1991), Baskil çevresinde yaptığı çalışmalarda, Üst Kretase yaşlı magmatik kayaları Baskil granitoidi olarak adlandırmış ve granitlerin çarpışma bölgesindeki farklı cinsteki kayaların kısmi ergimesiyle oluştuğunu ve kalkalkali seri karakterinde olduğunu belirtmiştir.

Akgül, B (1993), Piran köyü (Keban) çevresinde Yüksekova Karmaşığı (Elazığ Magmatitleri) üzerinde yaptığı petrografik ve petrolojik çalışmada karmaşığı oluşturan kayaların üç farklı evrede yerleştiğini; birinci evrede bazik plutonik ve volkanik kayaların, ikinci evrede asidik bileşimli kayaların üçüncü evrede ise artık magmadan türeyen aplit ve lamprofirlerin geliştiğini belirtmiştir.

Turan ve diğ. (1993), Elazığ çevresinde yaptıkları çalışmada Doğu Torosların jeodinamik özelliklerini incelemişlerdir. Araştırmacılar Geç Triyas'tan itibaren Neotetisin güney kolunun Bitlis-Pütürge masiflerinin güneyinde açıldığını, aynı masiflerin kuzeyinde bu okyanusun körfez biçiminde Bitlis-Pütürge ile Keban-Malatya masifleri arasına sokulduğunu ve söz konusu masiflerin batıya doğru birleştiğini belirtmişlerdir.

İnceöz (1994), Harput (Elazığ) yakın kuzeyi ve doğusunda yaptığı çalışmada; inceleme alanında görülen değişik litolojilerdeki kayaların birbirleri ile olan ilişkilerini belirlemiş, bölgenin 1/25.000 ölçekli harita düzeyinde ayrıntılı tektonik yapıları çıkarıp, bu yapılardan yararlanarak bölgenin tektonik evrimine yorum getirmiştir.

Bingöl ve Beyarslan (1995), Elazığ Magmatitlerinin derinlik, yarı derinlik ve yüzey kayalarından oluştuklarını ve bu kayaların çoğunlukla ada yayı ortamında oluşmuş kalkalkali seriye ait olduğunu belirtmişlerdir.

2.GENEL JEOLojİ

Çalışma bölgesi tektonik olarak oldukça aktif bir bölgede olup, Türkiye’yi etkileyen önemli tektonik yapılardan Güney Doğu Anadolu Bindirme Kuşağı ile Toros Dağ oluşum kuşağının kuzeyinde, Doğu Anadolu Fay zonunun ise hemen batısında bulunmaktadır (Şekil 1.1). Bu tektonik konumuna bağlı olarak bölgede değişik boyutlu çok sayıda fay gelişmiştir. Çalışma bölgesinde, Senoniyen yaşlı Elazığ Magmatitleri, Maestrihtiyen yaşlı Harami Formasyonu, Orta Eosen-Üst Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu ve Alt Pliyosen yaşlı Elazığ Volkanitleri yüzeylemektedir.

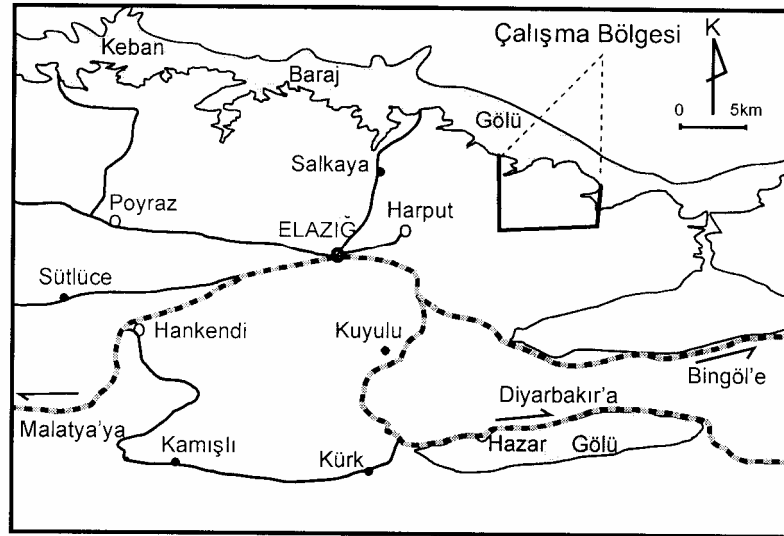
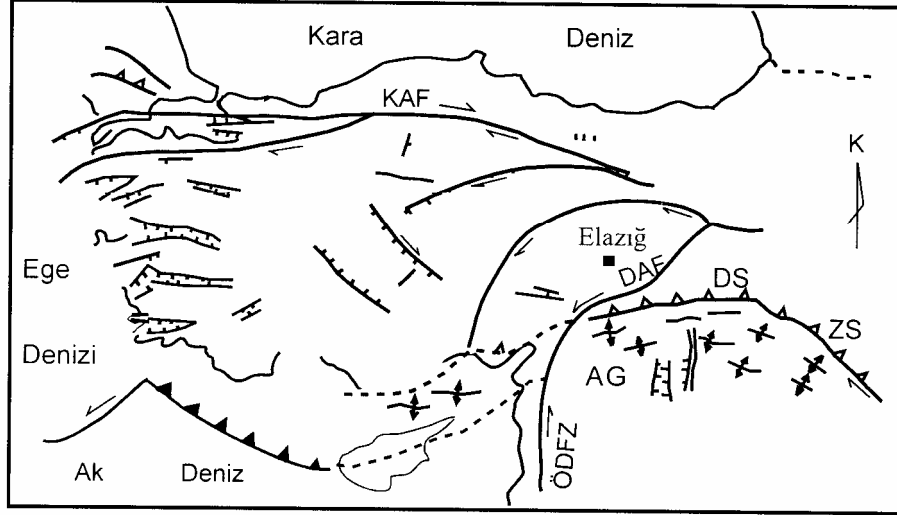
2.1.Elazığ Magmatitleri

İlk defa Perinçek (1979a, 1979b), tarafından Hakkari ili Yüksekova ilçesi yakınlarında Yüksekova Karmaşığı adıyla tanımlanan ve Hakkari’den başlayarak Kahramanmaraş’a kadar yayılım gösteren birimin devamı olan Elazığ Magmatitleri (Bingöl, 1988) pek çok araştırmacı tarafından çalışılmıştır.

Bölgesel farklılıklarla birlikte Yüksekova Karmaşığı, çoğunlukla gabro, diyorit, monzonit, tonalit, granodiyorit, granit, diyabaz, bazalt, andezit, piroklastit ve pelajik sedimentlerden oluşmaktadır. Doğu Toroslar’da yapılan pek çok çalışmada Yüksekova Karmaşığı ismi benimsenmiş ve kullanılmıştır.

Elazığ ve çevresinde magmatitler üzerinde ayrıntılı petrografik ve petrolojik incelemeler yapan, Bingöl (1982, 1984, 1988), karmaşığın genel olarak gabro, diyorit, monzonit, tonalit ve granodiyorit gibi derinlik kayalar; bazalt, andezit, dasit ve genellikle andezitik piroklastikler ve tüm bunları kesen granitik kayalar ve volkano sedimanlardan oluştuğunu belirtmektedir. Yazar, birimin bu şekilde düzenli bir istif göstermesinden dolayı Yüksekova Karmaşığından farklı olduğunu belirtip, Elazığ Magmatitleri olarak isimlendirmiştir. Bununla beraber Elazığ ve çevresinde yaygın olarak yüzeyleyen bu magmatitler için farklı araştırmacılar tarafından Baskil Magmatitleri (Yazgan, 1984; Asutay 1985; Akgül, 1991) ve Elazığ Volkanik Karmaşığı (Hempton ve Savcı, 1982; Hempton, 1984) gibi değişik adlamalar veya yerel adlamalar da kullanılmıştır.

Sağiroğlu, (1986) ve Şaşmaz (1987), çalışma bölgesinin kuzeybatısında Kızıldağ çevresi ve Billurik dereye yaptıkları çalışmalarda Elazığ Magmatitlerini granitik kayalar ve diyoritik kayalar olmak üzere iki kısma ayırarak incelemişlerdir.



Şekil 1.1. Türkiye tektonik haritası ile çalışma alanının yer bulduru haritası.

Bu çalışmada ise İnceöz, (1994) tarafından yapılan haritalama esas alınarak gerekli düzenlemelerle birlikte Elazığ Magmatitleri; granitik kayalar, diyorit-gabrolar ve bazaltlar olmak üzere üç birime ayrılıp, incelenmiştir (Şekil 1.2).

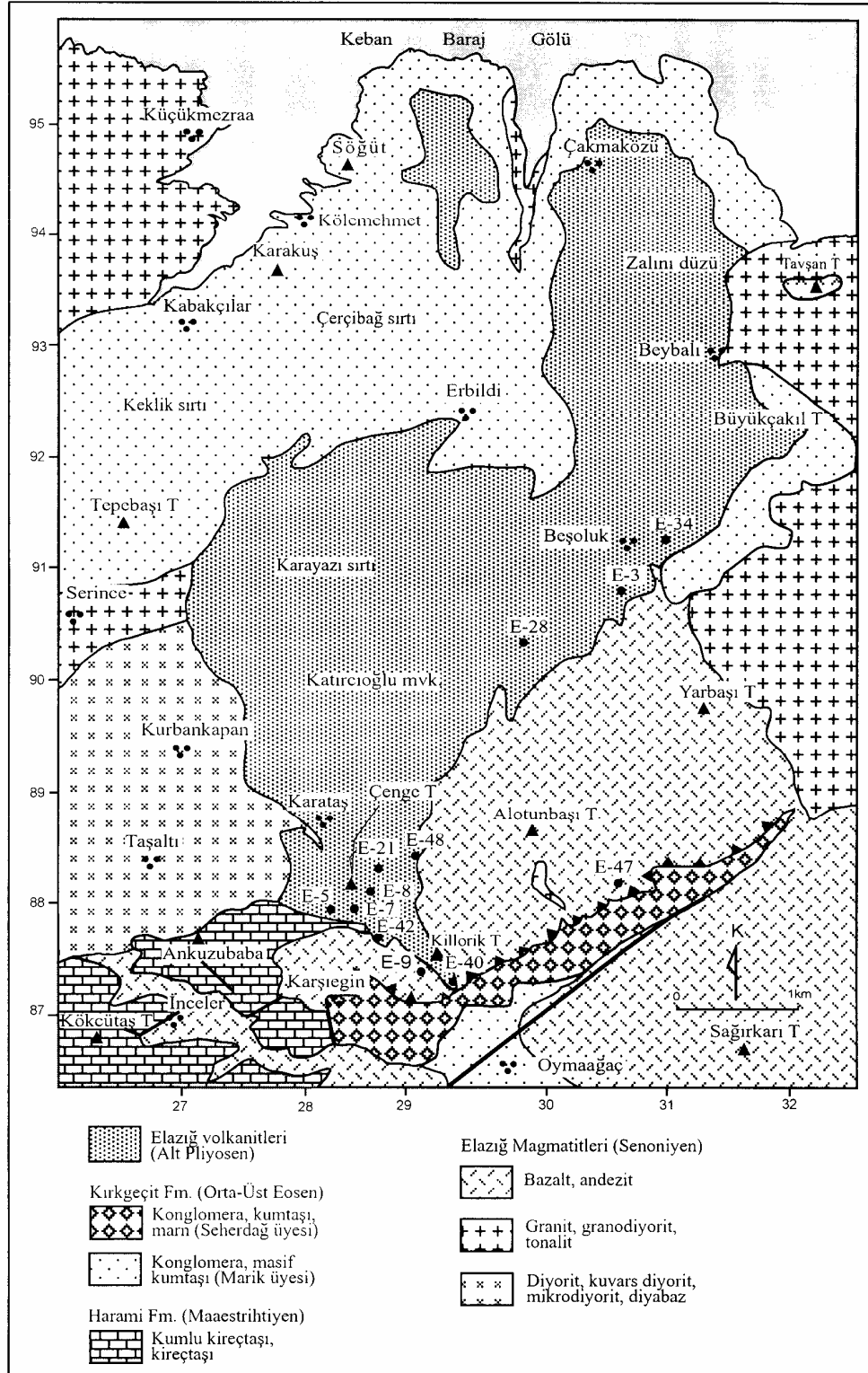
2.1.1. Diyorit /Gabrolar

İnceleme alanında Serince köyünün güneyinde geniş yayılım sunan ve İnceöz (1994) tarafından diyorit olarak haritalanan birimden az sayıda alınan el örneğinde yapılan mineralojik incelemeler sonucunda bu kayaların gabbro bileşiminde olduğu tespit edilmiştir. Bu kayaların granitik kayalarla olan dokanıkları intrüziftir, bu ilişki özellikle Serince köyünün hemen güneyinde izlenebilmektedir. Bu kayaç grubu Gavurtaş Tepe ve Ankuzubaba Tepe çevresinde Maestrihtiyen yaşlı Harami Formasyonu tarafından uyumsuz olarak üzerlenirken, Karataş köyü ve çevresinde ise Alt Pliyosen yaşlı Elazığ Volkanitleri tarafından uyumsuz olarak üzerlenmektedir. Arazide genellikle koyu gri renkli olan birim yoğun bir ayrışma göstermektedir. Bu özelliğinden dolayı yer yer yumuşak bir topoğrafya sunmasına karşın yer yer de erozyon etkisiyle derin vadiler oluşturmaktadır. Yine bu özelliğine bağlı olarak granitlerden belirgin şekilde ayrılmaktadır.

2.1.2. Granitler

İnceleme alanında Serince köyü çevresinde, Beşoluk ve Beydalı köylerinin doğusunda yüzeylemeler vermektedir. İnceleme alanında görülen granitler genelde altere olmuş görünümlüdür. Kirli beyaz ya da okside olmuş sarımsı renkli, bol çatlaklı ve ileri dercede alterasyona uğramış ancak zaman zaman arazide sert, ayrışmamış blokların oluşturduğu kaya çıkıntıları oluşturan bir görünüm sunan bu kayalar, iri kristalli ve sarımsı, açık pembe renkli olmaları ile diğer kayalardan kolaylıkla ayrılırlar.

Elazığ Magmatitleri'nin magmatik farklılaşma sürecinin en son evresini oluşturan granitlerin, diyorit grubu kayalar ile olan dokanıkları intrüziftir. Bu ilişki özellikle Serince köyünün güneyinde izlenmektedir. Bu kayaç grubu Serince köyünün kuzeyinde Kırkgeçit Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülürken, Serince köyünün doğusunda ve Beydalı köyünün hemen kuzeyinde Alt Pliyosen yaşlı Elazığ Volkanitleri tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir.



Şekil 1.2 Çalışma alanının jeolojik haritası (İnceöz, 1994'den sadeleştirilerek).

2.1.3. Bazaltlar

İnceleme alanında Beşoluk köyünün güneyinde ve Karataş'ın doğusunda yüzeylemeler vermektedir.

Makroskobik olarak oldukça küçük kristalli olan siyah, koyu yeşil, yeşilimsi ve kahverengimsi gri renkler sunan bu kayaçlar yer yer yastık lav yapısı göstermektedir.

Çenge Tepe ve Beşoluk köyünün güneyinde Alt Pliyosen yaşlı Elazığ Volkanitleri tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. Yine çalışma alanının GD'sunda ise Kırkgeçit Formasyonu ile arasındaki ilişki tektonik karakter kazanmıştır (İnceöz, 1994).

2.2. Harami Formasyonu

Birim ilk defa Adıyaman ili Gölbaşı ilçesi kuzeyinde Harami köyü yakınında Erdoğan (1975) tarafından tanımlanmıştır. Doğu Toros orojenik kuşağında yapılan pek çok çalışmada aynı isim benimsenmiş ve kullanılmıştır.

İnceleme alanında Ankuzubaba ve Gavurtaş Tepe çevresinde yüzeylemektedir. Birim konglomera, kumtaşı, kumlu kireçtaşları ile temsil edilmektedir.

Tabanda Elazığ Magmatitleri ile uyumlu olan birim karasal taban konglomeraları ile başlayıp tavanında Orta-Üst Eosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu ve Elazığ Volkanitleri tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir (Baykendi, 1998) (Şekil 2.1).



Şekil 2.1: Elazığ Volkanitleri tarafından uyumsuz olarak üzerlenen Harami Formasyonu'na ait kireçtaşları (Çenge tepenin kuzeyi).

2.3. Kırkgeçit Formasyonu

Formasyon ilk defa Van'ın güneydoğusunda Kırkgeçit bucağı çevresinde TPAO jeologları tarafından tanımlanmış ve adlandırılmıştır (Perinçek, 1979b). Daha sonraki yıllarda Doğu Toroslar'da yapılan pek çok çalışmada, formasyon aynı adla kullanılmıştır. Turan (1984), Baskil-Aydınlar çevresinde yaptığı çalışmada, Kırkgeçit Formasyonu'nu konglomera ve fliş üyesi olmak üzere, iki üyeye ayırmış ve haritalamıştır. Araştırmacı, konglomera üyesinin birimin tabanını, fliş üyesinin ise tavanını oluşturduğunu belirtmiştir.

Asutay (1985), Baskil çevresinde yaptığı çalışmada, Kırkgeçit Formasyonu'na ait konglomeraları Marik üyesi, kumtaşı-kiltaşı-marn aralanmasından oluşan birimleri ise fliş üyesi olarak ayırmış ve haritalamıştır.

İnceöz (1994), Kırkgeçit formasyonu'nu yanal ve düşey yönde değişik fasiyesler içermesi nedeniyle, stratigrafik olarak Marik, Seherdağı ve Çömlek üyelerine ayırarak incelemiştir.

Formasyon çalışma bölgesinde Kilorik tepe güneyinde, Oymaağaç köyünün kuzeyinde, Beşoluk ve Beydalı köylerinin kuzeydoğusunda yüzeylemektedir. İnceöz (1994) tarafından yapılan haritalama dikkate alındığında çalışma bölgesinde Marik üyesi ve Seherdağı üyesi yüzeylemektedir. Marik üyesi çok farklı köken ve boyutta eleman içeren konglomera ve masif kumtaşları ile temsil edilmektedir. Marik üyesi Harput çevresinde Elazığ Magmatitlerine ait bazaltik ve andezitik kayalar ile Harami Formasyonu'nu uyumsuz olarak örtmektedir (İnceöz 1994). Oymaağaç köyünün kuzey ve kuzeydoğusunda ise Elazığ Magmatitleri'ne ait diyoritik kayalar ile arasındaki ilişki tektonik karakter kazanmıştır (İnceöz, 1994).

Seherdağı üyesi Beşoluk köyünün doğusunda ve kuzeybatısında, Oymaağaç köyünün güneydoğusunda geniş yüzeylemeler vermektedir. Birim konglomera, kumtaşı, çamurtaşı ve marnla temsil edilmektedir. Seherdağı üyesi Beşoluk köyünün doğusunda Elazığ Magmatitlerine ait granitik kayaları uyumsuz olarak örterken yine Beşoluk köyü çevresinde Karabakır Formasyonuna ait bazaltik kayalar tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir (İnceöz 1994).

2.4. Elazığ Volkanitleri

Birim, Karabakır Formasyonu olarak ilk defa Tunceli ili Pertek ilçesi Karabakır köyü yakınında Naz (1979) tarafından tanımlanmıştır. Daha sonraki yıllarda Tunceli- Elazığ çevresinde yapılan pek çok çalışmada formasyon aynı adla incelenirken Ercan ve diğ. (1990) tarafından yapılan çalışmada Elazığ Volkanitleri olarak adlanmıştır. Daha sonraki çalışmalardan olan Akgül ve diğ. (1998) de aynı adlamayı kullanmışlardır. Genellikle son zamanlardaki

çalışmalarda daha çok yerel adlamalar tercih edildiğinden bu çalışmada da bu adlama tercih edilmiştir.

Çalışma konusunu oluşturan Elazış Volkanitleri Beşoluk, Karataş, ve Beydalı köyleri ile Çenge tepe, Kilorik tepe, çevresinde yüzeylemektedir. Birim piroklastitler ve lav akıntıları olmak üzere iki başlık altında incelenmiştir.

2.4.1. Piroklastitler

İnceleme alanında Karataş köyü civarında Çenge tepede ve Beşoluk köyü güneyinde yayılım gösterirler. Yoğun altereli okside olmuş bir cüruf ya da iri kristalli tüflerin birarada bulunması şeklinde görülen piroklastitlerde çakılların şekli iyi yuvarlaklaşmaya kadar değışmektedir. Çimento malzemesini tüflerin oluşturduğu piroklastitlerin renkleri (şekil 2.2) kahverengimsi kırmızı, koyu gri siyah ve üst seviyelere doğru gidildikçe açık kahverengiye doğru değışir. Bu üst seviyeler daha gevşek tutturulmuş olup, yoğun bir oksitlenme göstermesinden dolayı çimentosu muhtemelen demirlidir (şekil 2.3).



şekil 2.2:Elazış Volkanitlerine ait piroklastitlerde görülen renk değışimi (Çenge tepe güneyi).



Şekil 2.3: Elazığ Volkanitlerine ait piroklastitlerde görülen oksitlenme (Çenge tepe güneyi).



Şekil 2.4: Elazığ Volkanitlerine ait piroklastitlerde görülen merceğimsi yapı şeklindeki bloklar (Çenge tepe güneyi)



(a)



(b)

Şekil 2.5 : Elazığ Volkanitlerine ait piroklastitlerde lavların soğumasına bağlı olarak gelişen soğan kabuğu yapısı. (Çenge tepe güneyi).

Yine bu seviyelerde yoğun olarak gözlenen yuvarlaklaşmış ve değişik boyutlu ancak devamlı olmayan merceğimsi yapı şeklinde blokların bulunması (Şekil 2.4) ve bu blokların soğumaya bağlı olarak soğan kabuğu yapısı alterasyonlanma (Şekil 2.5a,b) göstermeleri volkanik faaliyet sırasında malzemenin muhtemelen görsel ortamda çökelmiş olabileceğine işaret etmektedir.

Soğan kabuğu yapısı gözlenen bu yuvarlaklaşmış blokların dış kısımları çok yoğun ve değişik boyutlu gözenekli iken, lavların iç kısımlarına doğru gözeneklilik azalmakta ve sonlanmaktadır. Bölgede merceğimsi yapıların düzenli olmaması, topoğrafik olarak daha üst seviyelerde yer yer içerisinde yaklaşık aynı boyutlarda yuvarlaklaşmış bloklar bulunduran düzenli tabakalı bir görünümde seviyelerin bulunması bu seviyelerin de kendi içerisinde farklı kalınlıklarda laminalanma göstermeleri (Şekil 2.6) ve tabakalar arasında breşimsi/aglomera benzeri okside olmuş zonların bulunması, volkanizmanın zaman içerisinde değişken bir patlamasına işaret etmektedir.

Yine bütün bu özelliklerle cüruf konisinin bu kadar büyük oluşması ve bu istif içerisinde zaman zaman lav akıntılarının da bulunması ve piroklastitler içerisinde özellikle soğan kabuğu yapılarının varlığı ile toplanma – yapışma (accretionary lapili) lapillilerine rastlanması buradaki volkanik faaliyetin birbirine geçiş gösteren volkanien (vulcanien) ve stromboli (strombolian) tipi volkanizmalarla açıklanabilen polijenetik volkanizma olduğunu düşündürmektedir (Aydar, 2001).

2.4.2. Lav Akıntıları

İnceleme bölgesindeki Elazığ Volkanitlerine ait lav akıntıları, bazaltik bileşimde olup, genellikle Kilorik tepe, Beşoluk ve Beydalı köyleri çevresinde yüzeyleme vermektedir (Şekil 2.7). Genellikle siyah ve koyu gri renkli yer yer değişik boyutlu ve elipsoidal şekilli yoğun gaz boşluklu, makro olarak akıntı ve porfirik dokunun gözlendiği bu kayalar dayanımsız ve masifdirler. Çoğunlukla lav akıntılarının kalınlığı fazla olmadığından alttaki piroklastitlerden dolayı yoğun bitki örtüsüyle birlikte bulunmaktadır.

Birim yüzeylediği her alanda Elazığ Magmatitleri ve Kırkgeçit Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmektedir.



Şekil 2.6: Elazığ Volkanitlerine ait piroklastitlerde görülen tabakalı görünümlü seviyeler ve bu seviyeler içerisindeki laminalanma (Çenge tepe güneyi).



Şekil 2.7:Elazığ Volkanitlerine ait bazaltlar (Karataş köyü 100 m yukarısı).

3. MİNERALOGİK - PETROGRAFİK İNCELEME

3.1. Elazığ Magmatitlerine Ait Kayaçların Petrografik Özellikleri

3.1.1. Granitler

Yapılan mikroskobik incelemeler sonucunda, granitlerin esas olarak kuvars, plajyoklas, K-feldspat, amfibol, biyotit ve opak mineralden oluştuğu belirlenmiştir. Kayaçta tali bileşen olarak bulunan sfenle birlikte, klorit ve epidot gibi ikincil mineraller de saptanmıştır (Şekil 3.1).

Granitler içerisindeki kuvarslar değişik boyutlu olup, öz şekilsiz kristaller halindedir. Dalgalı sönme gösterirler.

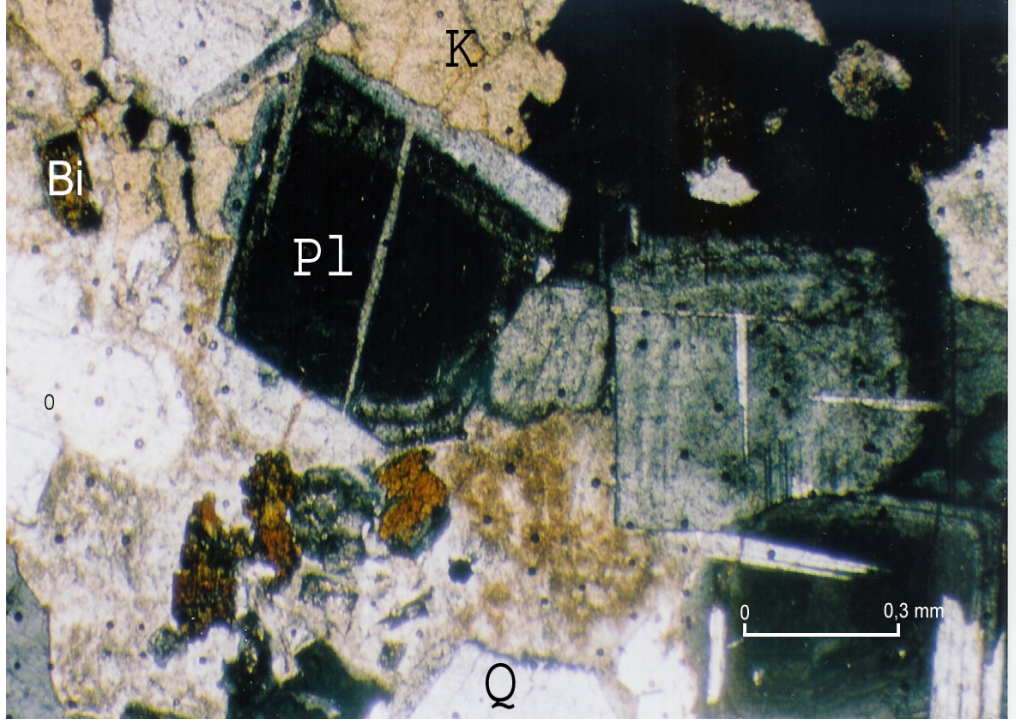
Kayaç içerisindeki plajyoklaslarda genellikle Albit+Karlsbad türü ikizlenme ve/ veya normal zonlanma söz konusudur (Şekil 3.2). Plajyoklaslardaki alterasyon etkileri sonucunda genellikle serizitleşme, az oranda da epidotlaşma görülmektedir.

Subhedral granüler doku gösteren granitler içerisinde bulunan K-feldspatlar oldukça iri ve yarı öz şekilli olup, kırık çatlaklı bir yapı kazanmıştır. Ayrıca yoğun altereli olup, tamamen killeşmiş görünümlüdürler. Epidot ve kloritler genellikle birlikte bulunmaktadır.

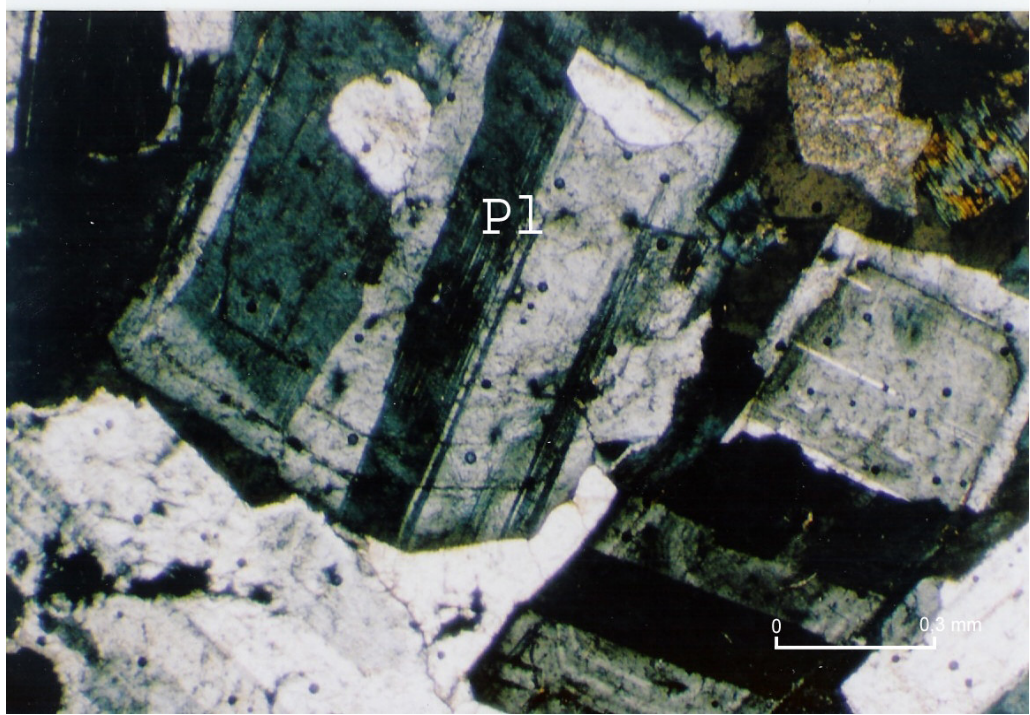
Biyotitler yarı öz şekilli kristaller halindedir. Açık kahveden koyu kahverengine kadar değişen bir pleokroizma rengine sahip olup, kenarlar ve dilinimler boyunca kloritleşmeler gösterirler (Şekil 3. 3).

Hornblendler yarı öz şekilli veya öz şekilsiz olup yeşil pleokrizma gösterirler. Bunlarda da kenarlar ve dilinimler boyunca kloritleşmeler mevcuttur (Şekil 3. 4). Kayaçta bulunan kloritlerden bazıları ise muhtemelen amfibollerin (psödomorf halde) tamamen kloritleşmesiyle oluşmuştur.

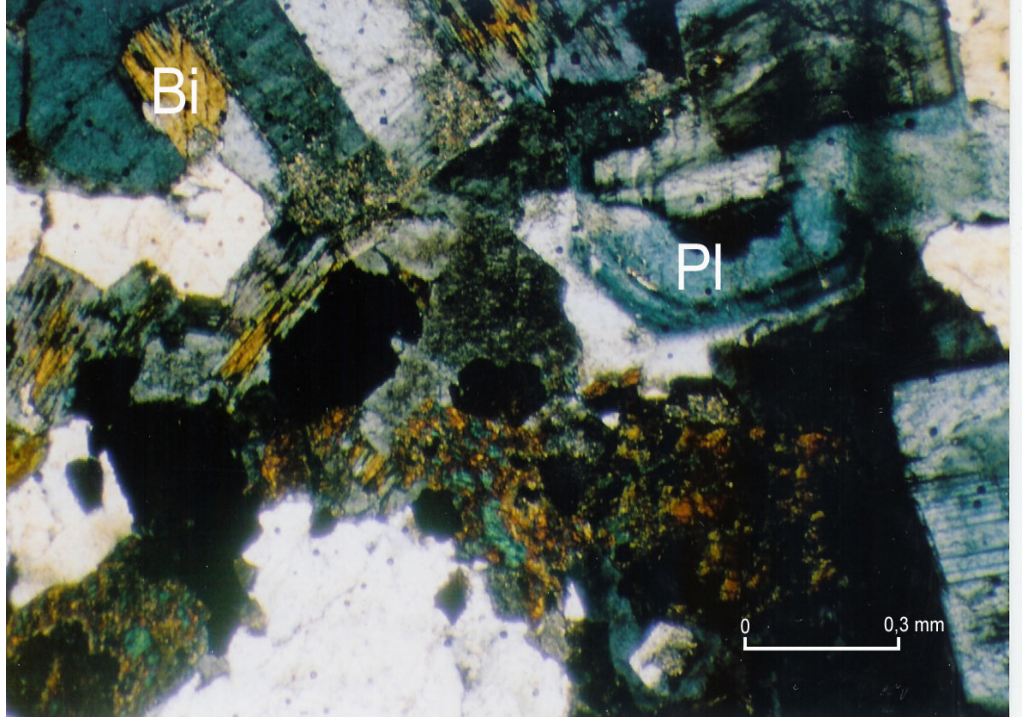
Bunlardan başka tali olarak opak mineral ve az oranda sfen minerali görülmektedir.



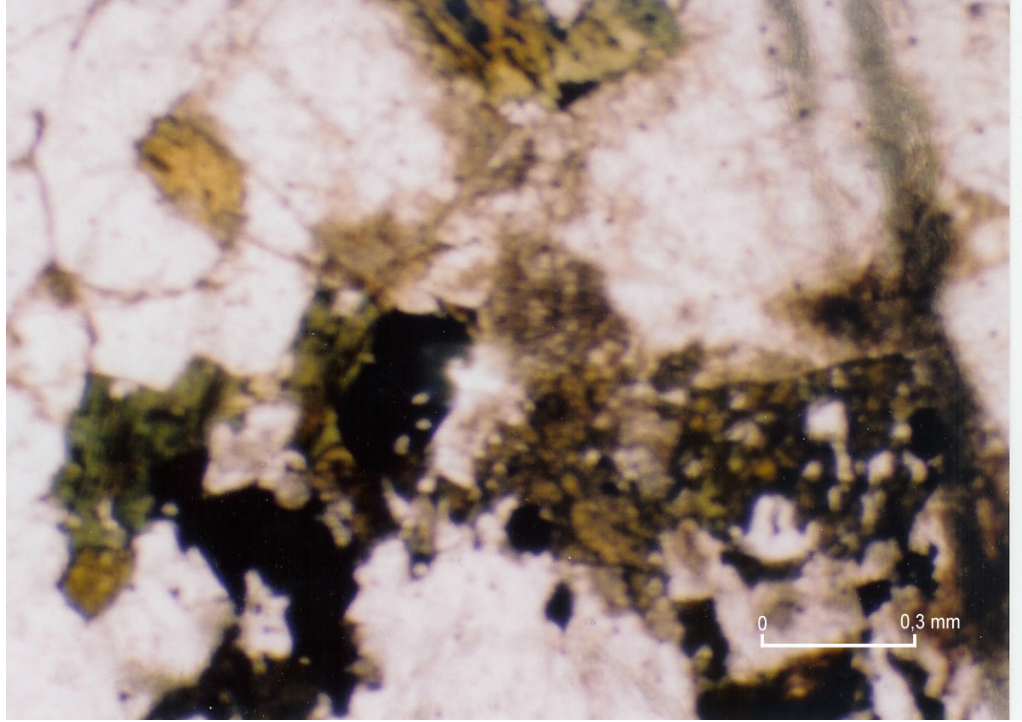
Şekil 3. 1: Granitlerde görülen subhedral granüler doku ve kayacı oluşturan minerallerden kuvars, plajyoklas, K-feldspat, biyotit. Örnek No:E-2 Ç.N×3.2 Pl: plajyoklas,Q: kuvars, Bi:biyotit, K:K-feldspat



Şekil 3.2: Granitlerdeki plajyoklaslarda (Pl) görülen Albit-Karlsbad türü ikizlenme. Örnek No: E-2.Ç.N×3.2.



Şekil 3.3: Granitlerdeki biyotitlerde gözlenen kloritleşmeler. Biyotit (Bi), Plajyoklas (Pl) Örnek No:E-2
Ç.N×3.2



Şekil 3. 4: Granitlerdeki yarı özşekli biyotit (Bi) ve hornblendlerde (Hbl) kenarlar ve dilinimler boyunca görülen kloritleşmeler. Örnek No: E-2. T.N× 3.2.

3.1.2. Gabrolar

Subhedral granüler doku gösteren gabrolar, esas olarak plajyoklas ve piroksenden meydana gelmiştir. Tali bileşen olarak opak mineral bulunmaktadır .

Gabrolardaki plajyoklaslar yarı öz şekilli ve öz şekilsiz kristaller halinde olup, genellikle ikizlenmeli ve zonlanmalıdırlar. Plajyoklaslarda karbonatlaşma görülmektedir. Bazıları tamamen karbonatlaşmıştır. Gabrolarda görülen piroksenler genellikle iri kristalli olup öz şekilli ve yarı öz şekillidirler. Bol çatlaklı olup tek yönde kötü dilinimlidirler ve kırık ve çatlaklar boyunca kloritleşmeler mevcuttur.

3.1.3. Diyabazlar

Diyabazlar esas olarak plajyoklas, klinopiroksen ve olivin ile ikincil olarak da kloritten oluşmuştur. İntersertal ve intergranüler doku (Şekil 3.5) gösteren diyabazlardaki plajyoklaslar yarı öz şekilli olup, genellikle ikizlenmeli ve zonlanmalıdırlar.

Kayaçta alterasyon belirgin olup plajyoklaslar arasında yer yer kloritleşmiş iğnemi aktinolitlere rastlanmaktadır. Aktinolitler iğnemi/ışınsal yapı ve yeşil pleokrizmalıdırlar (Şekil 3.6).

Klinopiroksenler öz şekilsiz yoğun kırık ve çatlaklı, ve canlı polarizasyon renkli, çok açık yeşil ve çok zayıf pleokrizmalı, yer yer uralitleşmiş ya da kloritleşmiştir. Çünkü yer yer pleokrizma rengi ve şiddeti değişmektedir. Opak mineraller oldukça yaygın olup, öz şekilsizdirler ve genellikle piroksenlerle birlikte gelişmiştir .

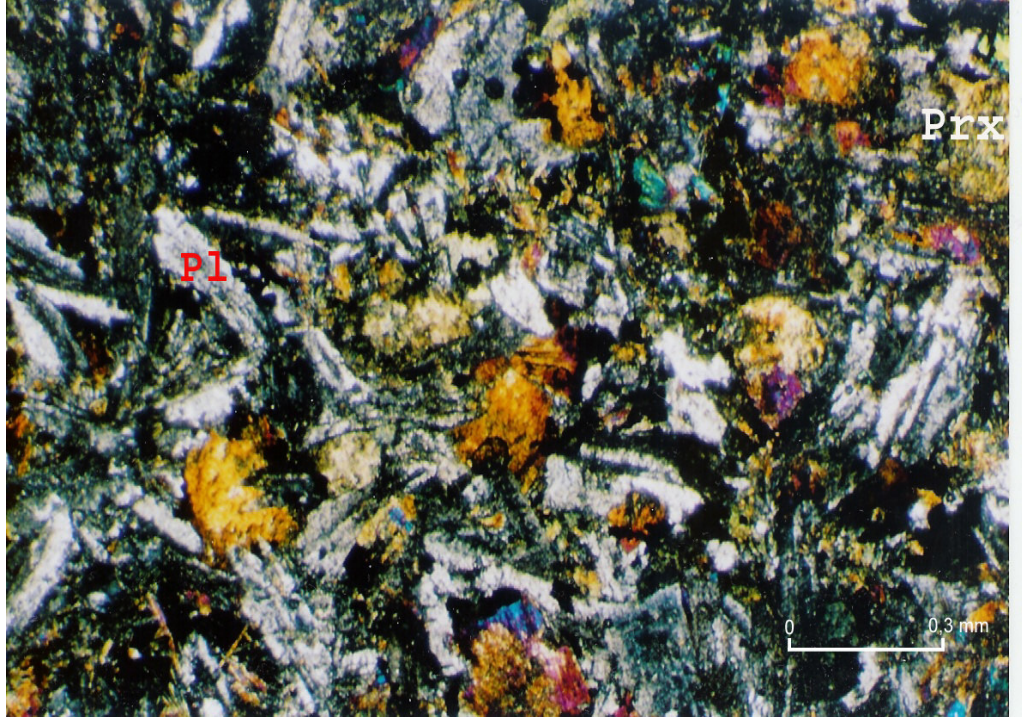
3.1.4. Bazaltlar

Genellikle veziküler doku (Şekil 3.7) akıntı dokusu (Şekil 3.8) ve seriate dokusu gösteren bu kayaçlar esas olarak plajyoklas, olivin ve az oranda da piroksen minerallerinden oluşmaktadır.

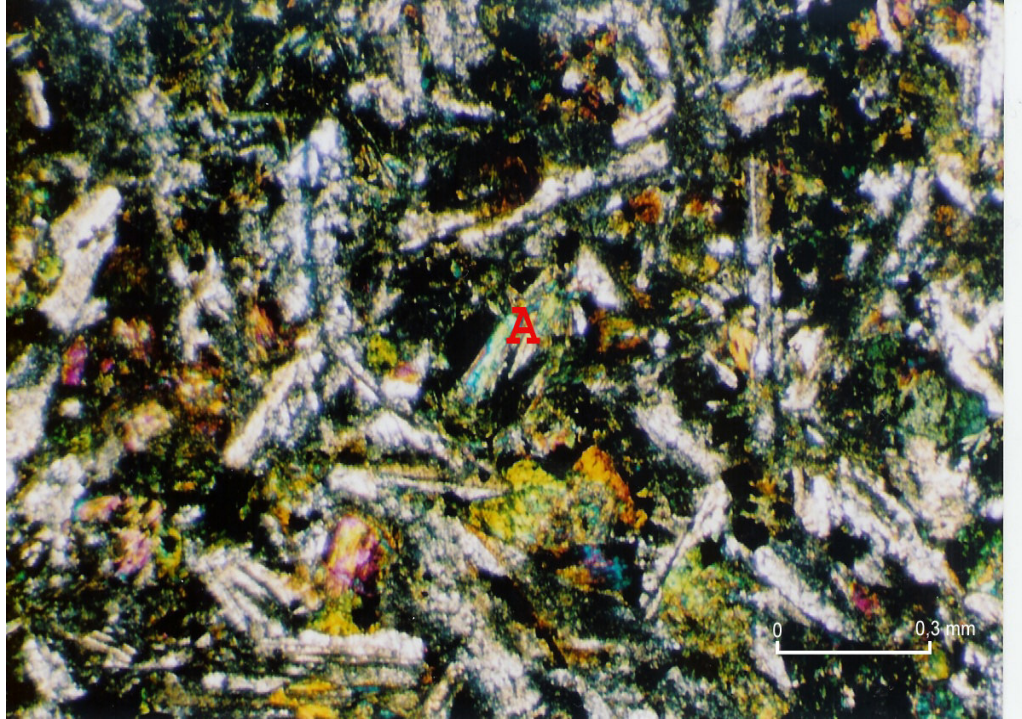
Plajyoklaslar uzamış ve prizmatik latalar şeklinde olup hafif yönelimli olarak bulunmaktadırlar. Plajyoklaslar genellikle farklı iki boyutta yoğunlaşmakta olup ya mikrolitler halinde, ya da daha büyük olup eş boyutludurlar. Genellikle mikrolitler halinde bulunan plajyoklaslar zonlu yapı ve ikizlenme göstermektedir.

Olivinler öz ve yarı öz şekilli olup plajyoklaslar arasında gelişigüzel şekilde gelişmiş iri taneli ve küçük mikrolitler halinde bulunurlar. Mikrolitik olivinler tamamen iddingsitleşmişken, fenokristaller genellikle kenarları ve çatlakları boyunca iddingsitleşmişlerdir (Şekil 3.8).

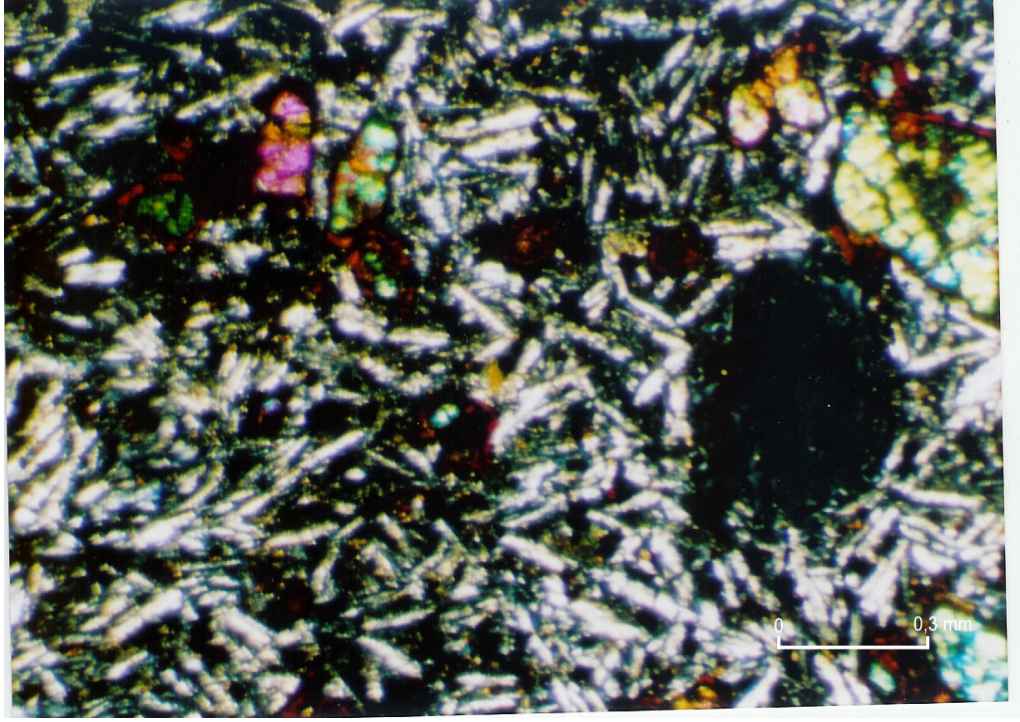
Plajyoklas mineralleri arasındaki boşluklarda mikrolitik piroksen ve opak mineraller bulunmaktadır.



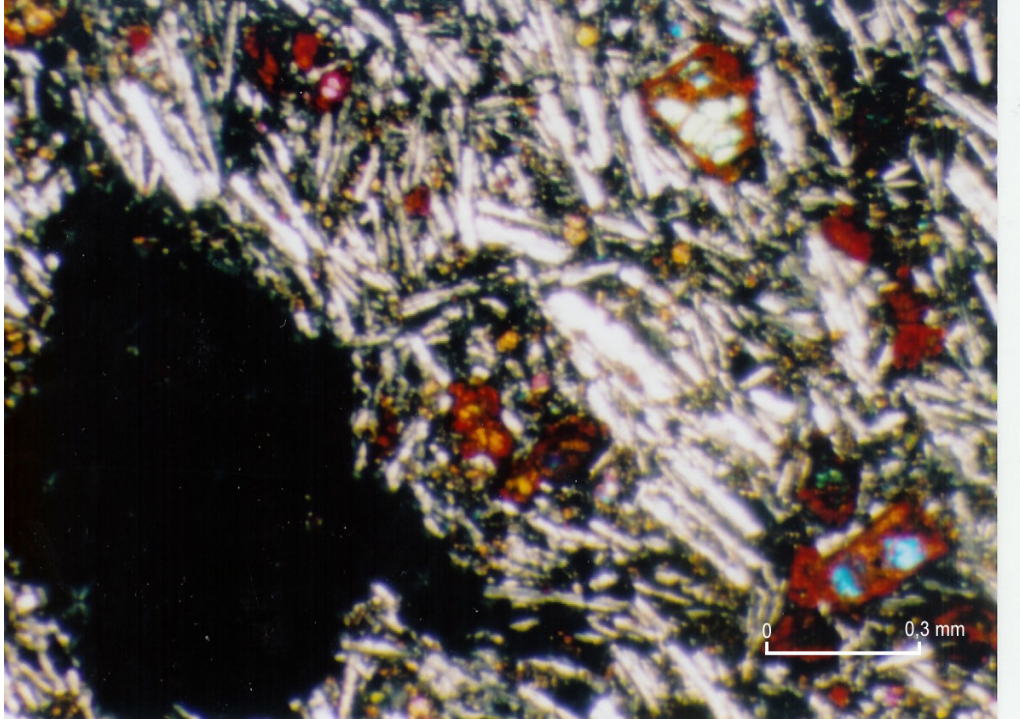
Şekil 3.5 : Diyabazlarda görülen intersertal doku ve kayacı oluşturan esas minerallerden plajyoklas (Pl) ve klinopiroksenler (Cpx) Örnek No:E- 9 ÇN×3.2.



Şekil 3.6: Diyabazlarda görülen iğnemsli ışınal aktinolitler. Örnek No: E-9. ÇN×3.2



Şekil 3.7: Bazaltlarda görülen veziküler doku. Örnek No: E-1. Ç.N×3.2



Şekil 3.8 : Bazaltlarda görülen veziküler, akıntı dokusu ve olivinlerde kenarlar boyunca görülen iddingsitleşme. Örnek No.E- 4 Ç.N×3.2

3.2. Elazığ Volkanitlerine Ait Kayaçların Petrografik Özellikleri

Mikroskobik incelemeler sonucunda birimin piroklastitler ve lav akıntılarından oluştuğu belirlenmiştir.

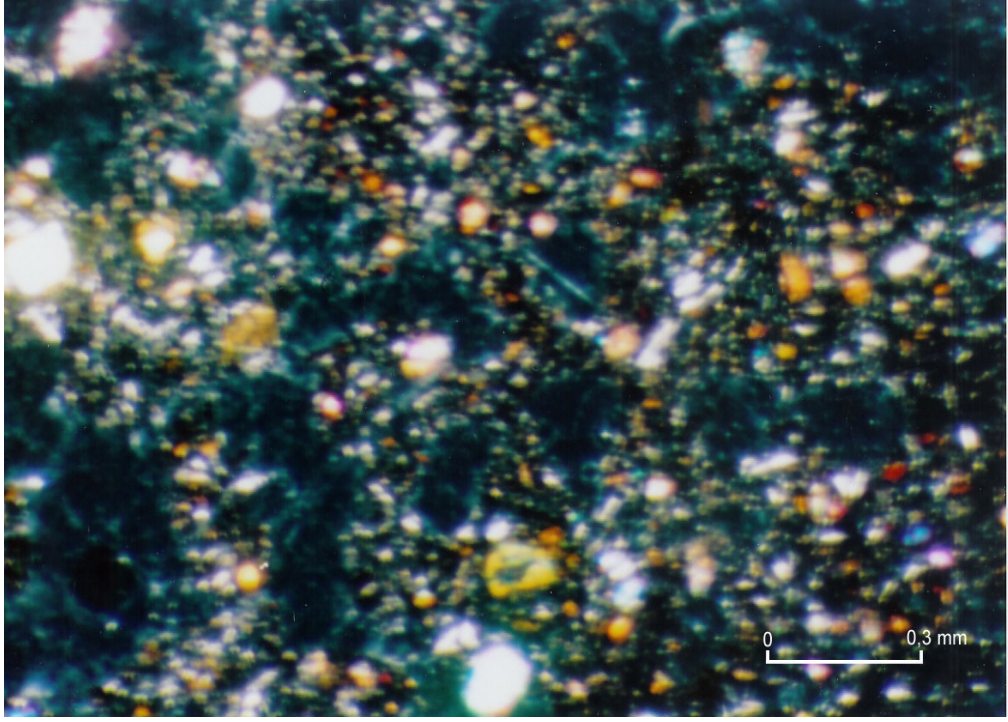
3.2.1. Piroklastitler

Değişik boyutlu blok ve çakıllar içeren aglomeralar ile tüflerden oluşan piroklastitlerde, kayaç çakıllarından alınan örneklerden yapılan ince kesitler sonucunda bunların olivin, plajyoklas, piroksen ve opak mineral içeren bazaltik bileşimde kayaçlar olduğu tesbit edilmiştir.

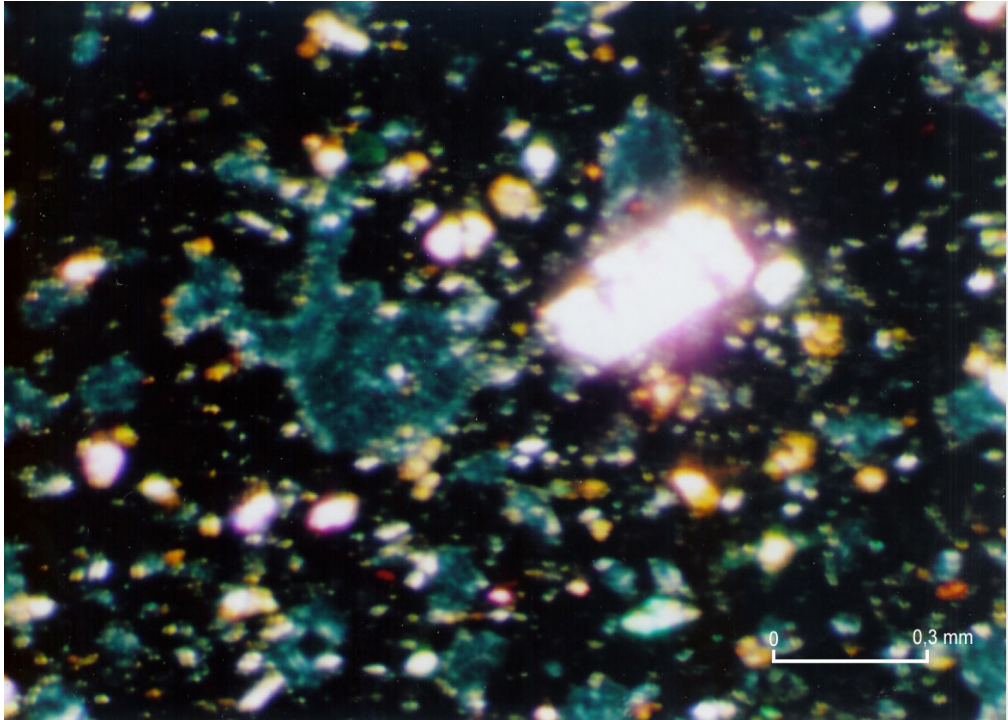
Bu piroklastitlerdeki olivinler diğer minerallere göre daha iri ve daha bol olarak bulunur. Genellikle çatlaklı ve iddingsitleşmiş olarak bulunurlar. Öz şekillidirler. Piroksenler çok daha az olarak bulunurlar ve öz şekillidirler. Plajyoklaslar ise ince mikrolitler halinde ve az orandadırlar. Çok küçük oldukları için tür tesbiti yapılamamıştır. Yönlenmiş prizmatik plajyoklas lataları zonlanmalı ve ikizlidirler. Opak mineraller çok küçük kristalli ve hamur içerisinde bulunur.

Bu piroklastitleri oluşturan kayaç çakılları yoğun gaz boşlukludur. Hamur malzemesi tamamen okside olmuş bu nedenle kırmızımsı renktedir. Veziküler doku gösterir. Gaz boşlukları çok yoğun ve genellikle birbiriyle bağlantılı, yuvarlağımsı şekillidir.

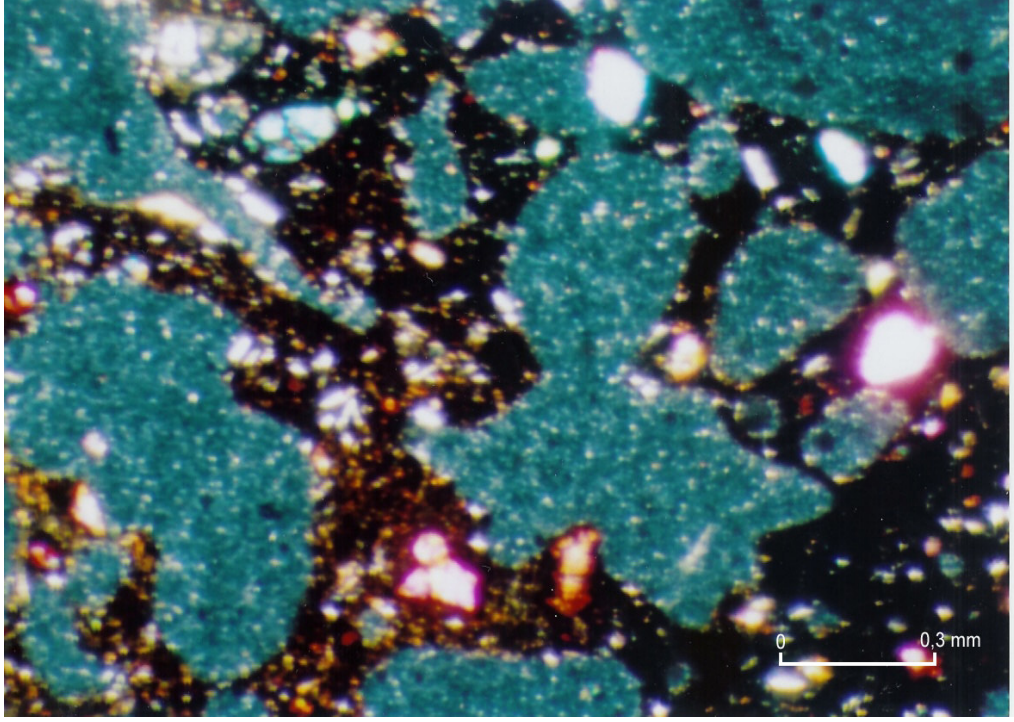
Tüflerde yapılan mikroskopik incelemeler ise bu kayaçların özellikle plajyoklas kristallerinin baskın olduğu ve iddingsitleşmiş olivin ve piroksen mineralleri içeren kristal (Şekil 3.9, Şekil 3.10) tüflerle birlikte, yine plajyoklas kristalleri ve bazalt bileşimli kayaç parçalarından oluşan litik tüf (Şekil 3.11, Şekil 3.12) bileşiminde olduğu belirlenmiştir. Çoğunlukla kristal ve kayaç parçalarının birlikte gözlendiği bu tüflerde kristaller genellikle değişik boyutlu ancak litik parçalardan daha küçük boyutludurlar. Camsı hamur malzemesinden oluşan bu tüflerde yer yer okside olmuş zonlarda baskın olarak bulunmaktadır.



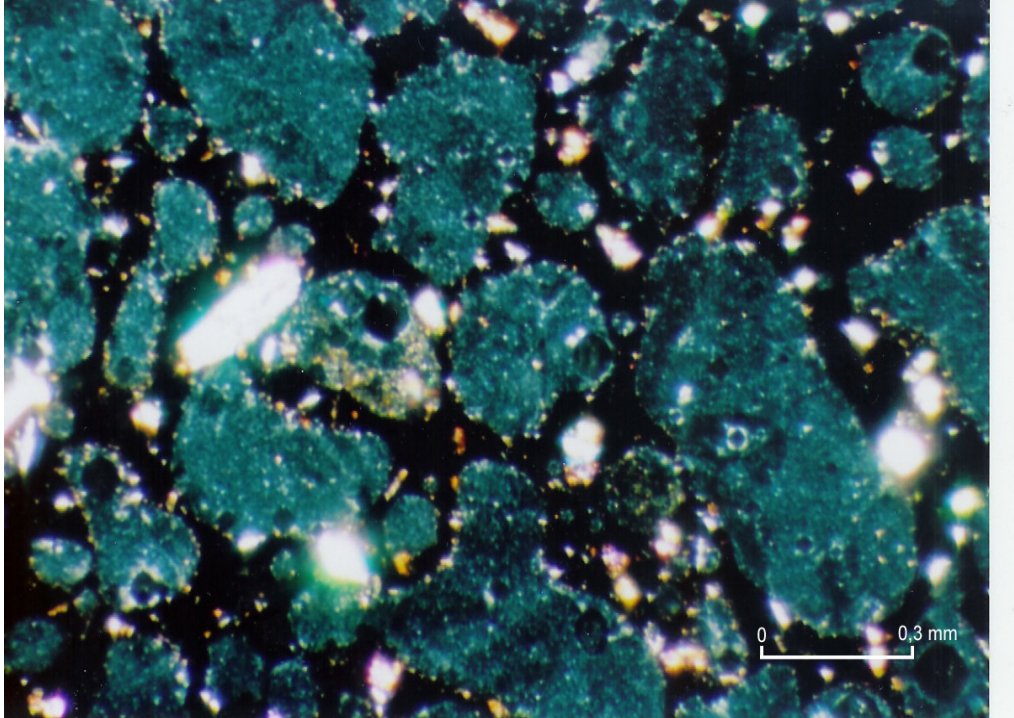
Şekil 3.9: Piroklastitlerde görülen mineraller. Olivin (Ol), plajyoklas (Pl), piroksen (Prx), Opak mineral (Op). Örnek No: E-7.Ç.N×3.2.



Şekil 3.10: Kristal tüflerin mikroskobik görünümleri.  .N×3.2



Şekil:3.11: Litik + kristal tüflerin mikroskobik görünümü. Ç.N×3.2



Şekil 3.12: Piroklastik kayalarda litik tüflerin mikroskobik görünümü. Ç.N×3.2

3.2.2. Lav Akıntıları

Yapılan mikroskobik incelemeler sonucunda bazalt bileşiminde olduğu saptanan lav akıntılarının esas olarak plajyoklas, olivin, piroksen ve amfibolden oluştuğu saptanmıştır. Ayrıca ana bileşenlerin alterasyonu sonucu oluşan iddingsit ve karbonat mineralleri ile kırık ve gaz boşluklarını dolduran kalsit ve epidot gibi ikincil minerallere de rastlanır. Kayaç seri, mikrolitik porfirik, veziküler ve akıntı dokusu göstermektedir. Veziküler dokulu bazaltlarda gaz boşlukları genelde yuvarlaklaşmıştır. (Şekil 3.13).

Plajyoklaslar genellikle uzamış küçük prizmatik latalar ve mikrolitler halinde olup, çoğunlukla zonlu yapılı ve ikizlenmeli, çok daha az oranda ise fenokristal oluşturmaktadırlar. Plajyoklasların ince taneli mikrolitleri diğer minerallerle birlikte porfirik dokunun hamur malzemesini oluşturmaktadır (Şekil 3.14) .

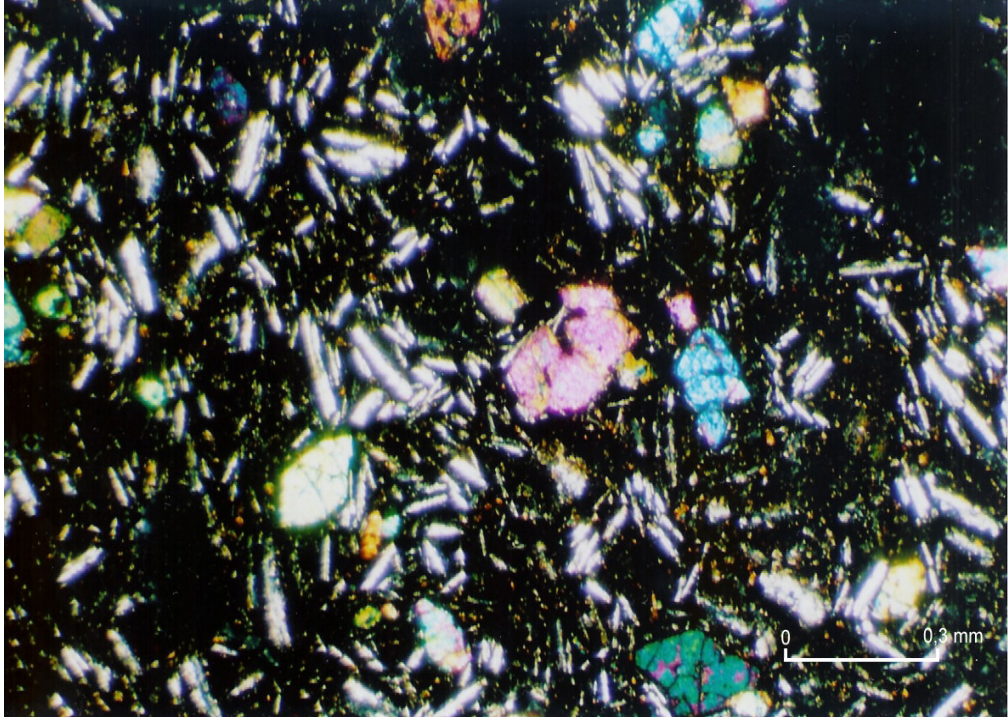
Veziküler dokulu olan kesitlerdeki plajyoklaslar uzamış, prizmatik latalar halinde, ikizlenmeli ve zonlanmalı ve yer yer gaz boşluklarına uygun bir yönelim göstermektedirler.

Akıntı dokusu gösteren kesitlerdeki plajyoklaslar, ince uzun latalar şeklinde olup, yönelmiş durumdadırlar (Şekil 3.15).

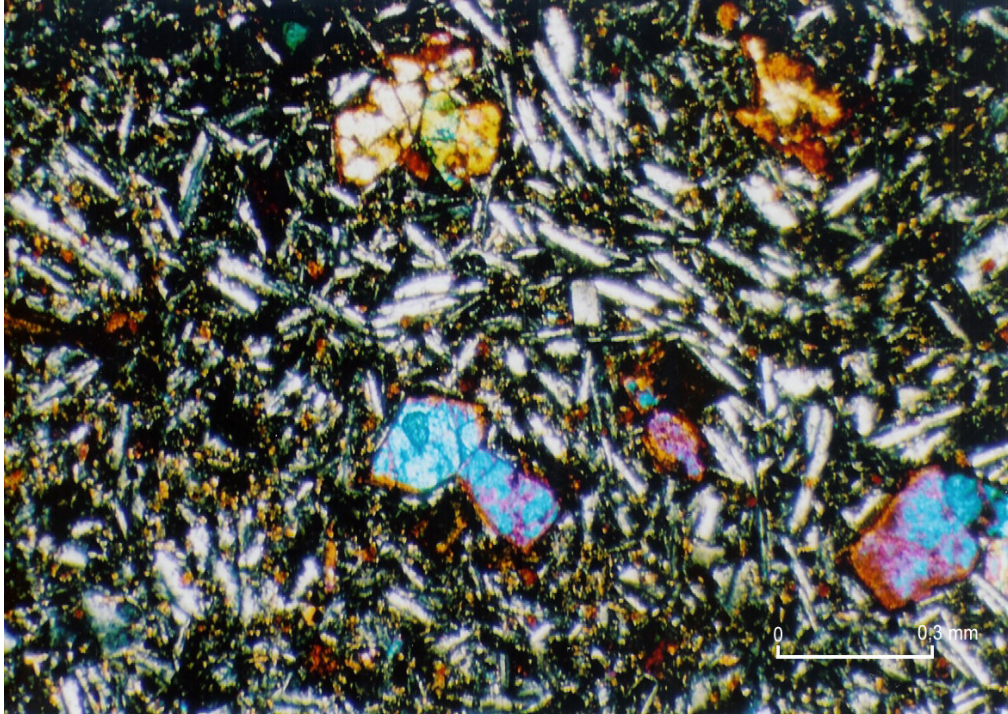
Bazaltlardaki olivinler fenokristal boyutundan mikrolit boyutuna kadar değişen kristaller halinde ve genelde öz şekilli veya yarı öz şekilli olarak bulunurlar (Şekil 3.16) .

Olivinler kenarları boyunca genellikle iddingsitleşmişlerdir. Bazı olivin fenokristallerinde iddingsitleşme mineralin kenarları boyunca gelişmişken, hamur içerisindeki olivin mikrolitlerinin çoğu tamamen iddingsite dönüşmüştür (Şekil 3.14).

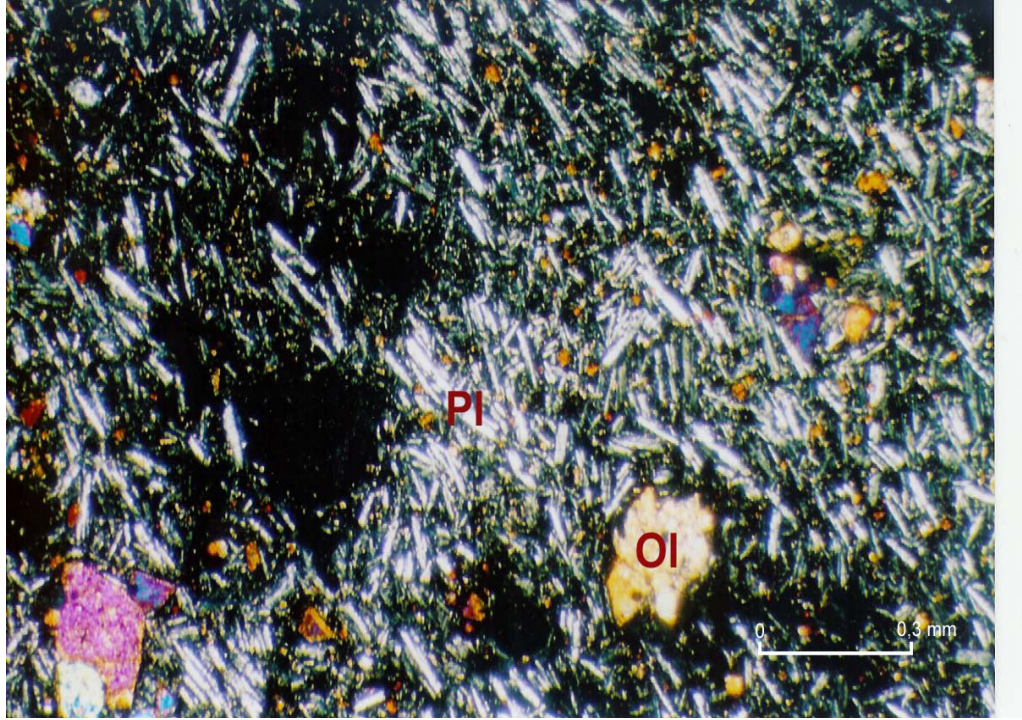
Piroksenler ise genellikle fenokristaller halinde olup, hamur içerisinde mikrolitler halinde olanları da mevcuttur. Genellikle öz veya yarı öz şekillidirler. Çok çatlaklı ve alterelidirler.



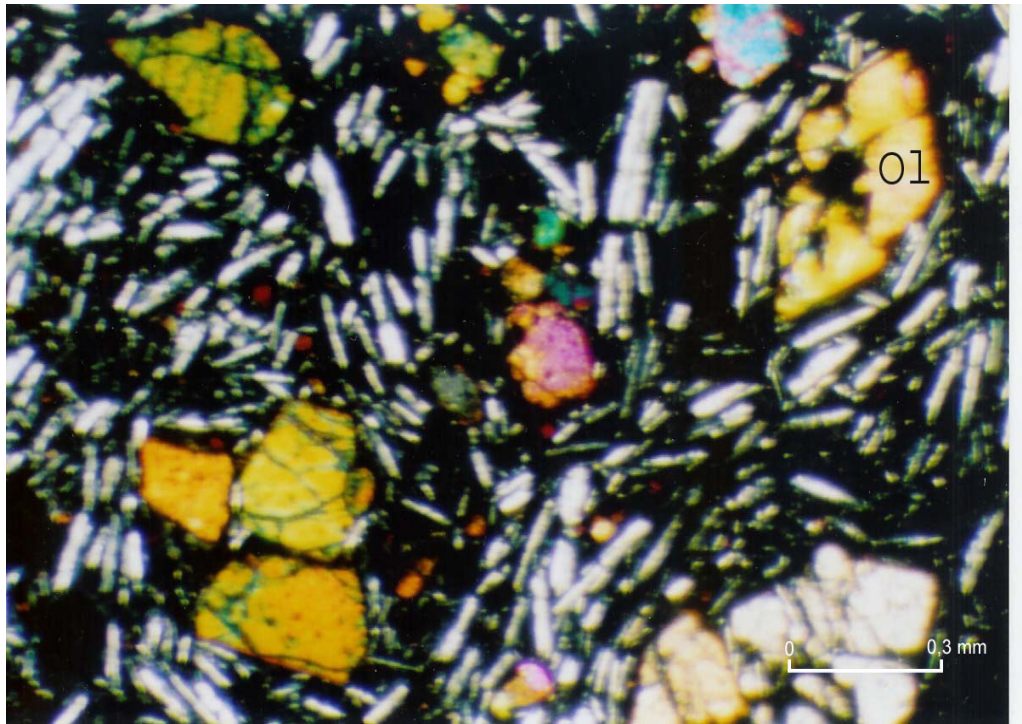
Şekil 3. 13: Bazaltlardaki vitroporfirik ve veziküler dokunun görünümü. Örnek No: E-22 Ç.N×3.2



Şekil 3.14:Elazığ Volkanitleri bazaltlarında görülen seri ve porfirik doku. Plajyoklas (Pl), Olivin (Ol).
Örnek No:E- 30 ÇN×3.2



Şekil 3.15: Bazaltlarda görülen veziküler ve akıntı dokusu. Plajyoklas (Pl), olivin (Ol). Örnek No: E-21
ÇN×3.2



Şekil 3. 16: Elazığ Volkanitlerine ait bazaltlarda görülen olivinler. Ol: olivin. Örnek No:E-26 Ç.N×3.2

4. JEOKİMYASAL İNCELEME

Kayaçların sınıflandırılmasında ve jeotektonik konumlarının belirlenmesinde jeokimyasal çalışmaların katkısı büyüktür. Bu bölümde inceleme alanında yüzeyleyen volkanitlerin ana oksit (%), iz element (ppm) ve nadir toprak elementlerine dayalı jeokimyasal özellikleri incelenmiştir. Bunun için Elazığ Magmatitlerinden 2 ve Elazığ Volkanitlerinden 10 adet örnek olmak üzere volkanik kayaçlara ait toplam 12 adet numunenin ana oksit, iz element ve nadir toprak element analizleri Kanada Acme Laboratuvarlarında ICP ve ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer) yöntemleri ile belirlenmiştir.

Analizlerde kullanılan örnekler, arazi çalışmalarında alınan kayaç örneklerinden hazırlanmış ince kesitlerin petrografik incelemeleri yapıldıktan sonra, ait olduğu kayacı en iyi temsil edecek altere olmamış örneklerden seçilmiştir.

İncelenen kayaçların ana oksit ve iz element içerikleri Tablo 4. 1’de, ve nadir toprak element içerikleri ise Tablo 4. 2’de verilmiştir. Kayaçların kimyasal adlandırılması ve jeotektonik ortamın belirlenmesi için gerekli diyagramların hazırlanmasında Newpet paket programı kullanılmıştır.

4.1. Ana Element Jeokimyası

İncelenen örneklerin Le Maitre (1989) kayaç adlamasına dayalı toplam alkali silis (TAS) diyagramındaki dağılımı Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Buna göre örneklerimizin büyük çoğunluğu trakibazalt alanında yoğunlaşırken 1 örnek bazanit / tefrit, bir örnek bazalt alanında bulunmaktadır. 2 örnek ise bazaltik andezit bölgesinde bulunmaktadır. Bazaltik andezit alanındaki iki örnek Elazığ Magmatitleri volkanik kayaçlarını temsil ederken diğer tüm örnekler Elazığ Volkanitlerine aittir.

Yine örneklerin ana ve iz elementlerin birlikte kullanıldığı Winchester (1977) diyagramındaki (Şekil 4.2) dağılımları incelendiğinde her iki volkanik birimin birbirinden farklı olarak Andezit / Bazalt ve Alkali bazalt bileşiminde olduğu görülmektedir.

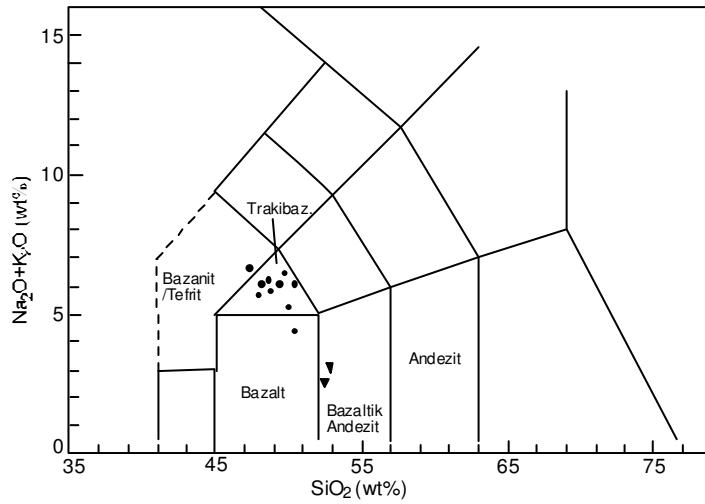
Elazığ Volkanitlerine ait örneklerin Elazığ Magmatitlerinden farklı olarak alkali özellikte oldukları toplam alkali-silis (Irvine and Baragar, 1971) diyagramında da (Şekil 4.3) belirgin bir şekilde görülmektedir. Ancak bu örneklerden sadece E-3 nolu örnek subalkalin bölgede yine alkalin bölgeye yakın bir alanda bulunmaktadır. Subalkalin özellikteki Elazığ Magmatitlerinin ise toleyitik (Şekil 4.4) özellik gösterdiği ve yine bu örneklerin düşük K’lu (Şekil 4.5) özellik gösterirken Elazığ Volkanitlerine ait örneklerin ise iki farklı grup halinde orta K’lu ve yüksek K’lu özellikte olduğu görülmektedir.

Tablo 4.1: Kayaç örneklerine ait ana oksit ve iz element analiz değerleri

Örnek	E-3	E-5	E-7	E-8	E-48	E-21	E-28	E-34	E-40	E-42	E-47	E-9
SiO₂	47,56	47	47,1	46,3	48,54	48,73	47,9	47,9	47,4	46,5	51,2	51,1
Al₂O₃	17,6	16	15,8	15,6	16,42	16,74	17,2	17,3	15,9	16,2	15,9	15,2
Fe₂O₃	9,83	9,7	9,77	9,93	9,02	9,07	9,52	9,52	9,81	9,85	9,24	10,7
MgO	5,92	8	8	8,24	7,72	6,82	7,22	6,6	7,65	8,47	7,65	6,97
CaO	7,15	9	9,01	9,18	7,68	7,26	7,26	7,69	8,99	8,88	10,7	9,53
Na₂O	2,92	4,4	4,64	4,16	3,83	3,62	3,06	3,44	4,62	3,83	2,39	2,84
K₂O	1,2	1,2	1,29	1,28	2,46	2,19	1,95	2,44	1,36	2,64	0,12	0,13
TiO₂	2,09	2	2	2,02	1,97	1,86	2,12	2,05	2,05	2,08	1,08	1,19
P₂O₅	0,81	0,7	0,7	0,69	0,72	0,84	0,73	0,76	0,7	0,62	0,1	0,12
MnO	0,14	0,2	0,15	0,16	0,13	0,13	0,14	0,14	0,16	0,15	0,15	0,19
LOI	4,3	1,4	1,2	2,1	1,2	1,2	3	1,8	1,2	0,5	1,1	1,8
Toplam	99,6	99,55	99,71	99,68	99,74	99,71	99,75	99,72	99,81	99,79	99,69	99,71
Ba	539,8	538	534,1	527,3	566,8	750	485	484,8	579,4	521,2	20	31
Be	2	2	2	2	2	3	3	3	2	1	1	<1
Co	40,4	40,3	40,8	50,9	35,2	34,6	39,9	38	39,9	38,6	33,2	39,7
Cs	0,2	0,7	0,7	0,8	0,6	0,7	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	0,3
Ga	19,9	18,5	18,9	18,9	17,9	19,5	18,4	18,5	18,9	19,3	17,5	16,6
Hf	5,8	4,9	5,1	5,4	5,5	6,1	5,6	5,6	5	5	2,3	2,2
Nb	72,4	63,2	64,9	66,7	65,1	71,8	67,3	65,2	67,5	62,9	1,8	1,3
Rb	4,9	100	48,7	51,4	44,3	34,7	31	42,4	64,1	74,4	4	1,7
Sn	2	5	6	25	2	2	2	2	2	2	2	<1
Sr	921	745	734,7	789,1	890,5	878,7	728,5	822,1	792,3	712,9	163,8	156
Ta	4	3,7	3,8	3,8	3,7	4,1	3,9	3,7	4	3,8	0,1	<0,1
Th	6	4,7	7,2	5,7	0,6	6,4	5,4	5,5	6,7	5,8	0,6	0,2
U	1,6	1,6	1,9	1,8	1,6	1,9	1,5	1,3	1,7	1,8	0,2	<0,1
V	195	196	206	180	160	153	160	184	214	199	292	339
W	0,6	0,8	0,8	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,8	0,9	0,2	0,1
Zr	276,4	227	227,4	230,5	249,2	281,4	257,4	255,7	230,8	220,7	68,6	64,1
Y	29,5	25	25,9	25,7	25,4	26,7	29,1	26,8	25,8	24,7	26	27,6
La	41,3	38,8	40,3	41,1	37,5	43,5	39,9	38,9	41,5	38	3,4	3,2
Ce	78,1	74,9	78,4	79,2	72,6	83	74,6	74,5	80,4	72,7	9,6	8,9
Pr	8,74	8,01	8,2	8,43	7,69	8,72	8,24	7,87	8,54	8,08	1,56	1,47
Nd	34,8	34,1	34,4	34,8	32,3	34,1	33,7	32,6	35,6	33,6	9,5	8,4
Sm	6,7	6,1	6,4	6,4	5,9	6,3	6,4	6,1	6,6	6,2	2,8	2,7
Eu	2,14	2,01	2,12	2,13	1,9	2,21	2,15	2,01	2,19	1,99	1,12	1,07
Gd	5,61	5,3	5,39	5,49	5	5,35	5,51	5,33	5,77	5,3	3,76	3,61
Tb	0,89	0,79	0,81	0,84	0,77	0,79	0,83	0,81	0,86	0,76	0,68	0,64
Dy	5,4	4,83	4,75	4,85	4,77	4,82	5,26	4,9	4,92	4,7	4,47	4,57
Ho	0,98	0,86	0,9	0,91	0,89	0,92	1	0,96	0,89	0,88	0,95	0,95
Er	2,74	2,35	2,36	2,44	2,37	2,54	2,68	2,42	2,45	2,43	2,76	2,69
Tm	0,39	0,35	0,35	0,33	0,35	0,36	0,41	0,35	0,37	0,36	0,45	0,43
Yb	2,64	2,02	2,24	2,15	2,33	2,48	2,5	2,38	2,26	2,13	2,6	2,73
Lu	0,4	0,32	0,33	0,33	0,32	0,36	0,35	0,31	0,33		0,39	0,4

Tablo 4.2: Kayaç örneklerine ait nadir toprak element analiz değerleri

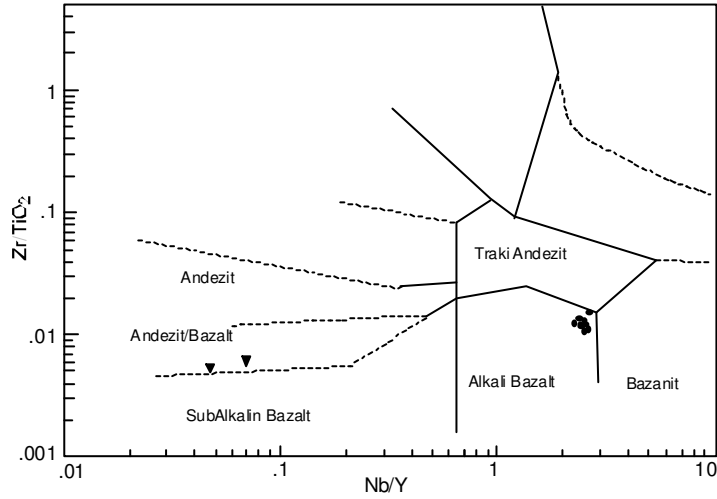
Örnek	E-3	E-5	E-7	E-8	E-48	E-21	E-28	E-34	E-40	E-42	E-47	E-9
Mo	1,6	2,8	2,4	2,8	3,2	2,3	0,8	1,9	3	4,1	0,5	0,6
Cu	339	85,6	49,9	103,8	37,9	37,6	31,1	41,9	42,9	36,7	55,1	112
Pb	1,4	1,4	0,7	0,4	2,1	0,8	1,1	3,3	1,4	1,1	0,6	0,4
Zn	42	46	35	37	54	48	43	53	66	49	15	34
Ni	139	119,9	110,8	111	124,9	118	156	124	104,9	118	16,9	27
As	2	0,5	0,5	1	0,7	<0,5	0,8	1	1,2	0,9	0,5	<0,5
Cd	0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	<0,1	<0,1
Sb	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1
Bi	0,4	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Ag	0,7	0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Au	121	19,9	1	6,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,9	<0,5	0,5	0,7
Hg	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
Tl	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Se	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

E-9,E-47: Elazığ Magmatitleri**Şekil 4.1:** İncelenen volkanik kayaçların Le Maitre ve diğ., (1989) diyagramındaki dağılımları. Tefrit (Ol<%10), Bazanit (Ol>%10) ●:Elazığ Volkanitleri, ▼: Elazığ Magmatitleri

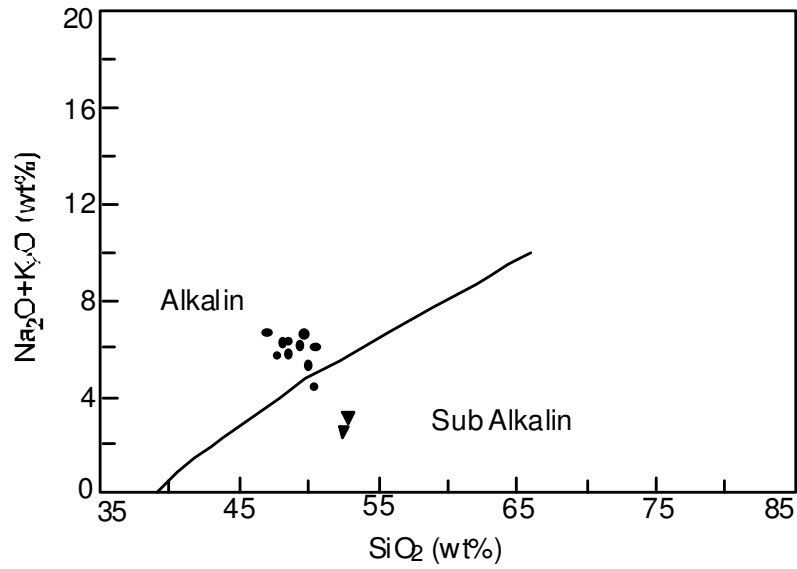
Örneklerimizin Wood (1980) tarafından geliştirilen Zr/117-Th-Nb/16 diyagramında dağılımı incelendiğinde (Şekil 4.6) Elazığ Magmatitlerine ait iki örneğimiz yaklaşan levha sınırları alanına düşerken, Elazığ Volkanitlerine ait örneklerimiz alkalın levha içi bazalt alanına düşmektedir.

Şekil 4.1'den 4.6'a kadar olan tüm bu diyagramlarda her iki volkanik kayacın farklı özelliklerde olduğu çok açık bir şekilde görülmektedir. Ancak Şekil 4.5'te ise bundan farklı olarak Elazığ Volkanitlerinin de kendi içinde gruplaştığı belirgindir. Bu durumun test edilmesi amacıyla incelenen kayaçların ana oksit değerlerinin SiO₂'e karşı değişimleri incelenmiştir (Şekil 4.7). Bu diyagramda da dikkat edileceği gibi diğer tüm diyagramlarda olduğu gibi Elazığ Magmatitleri ile volkanitleri arasındaki farklılık belirgin şekilde gözlenmekte ancak

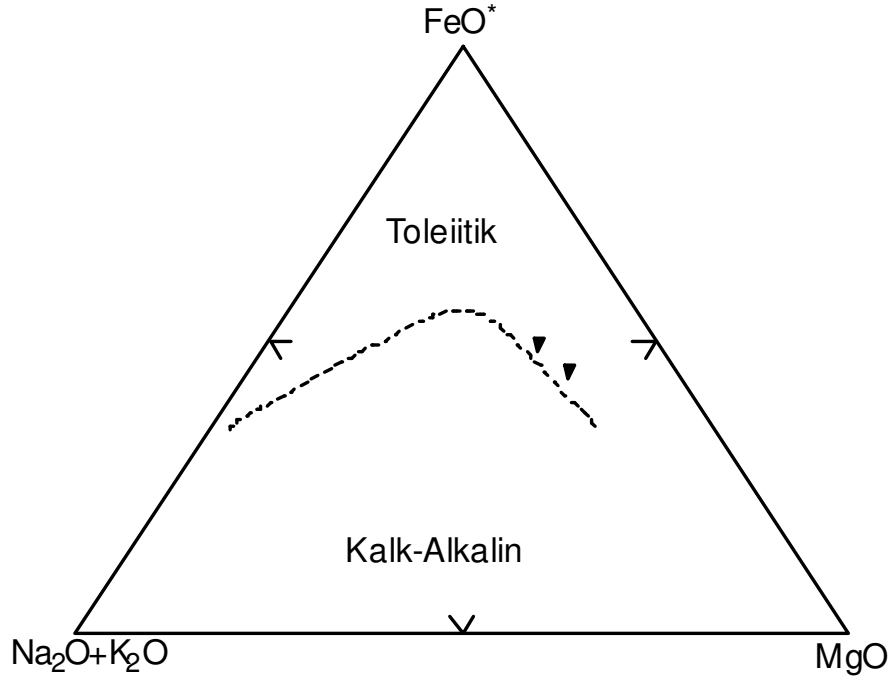
magmatitlere ait örnek sayısı yalnızca iki tane olması nedeniyle bu iki örnekteki SiO_2 farklılaşmasından başka ne yazık ki diğer yorumlar için yeterli olmamaktadır. Ancak bunun dışında bu diyagramlarda Elazığ Volkanitlerinin de kendi içlerindeki gruplaşmalar belirgindir.



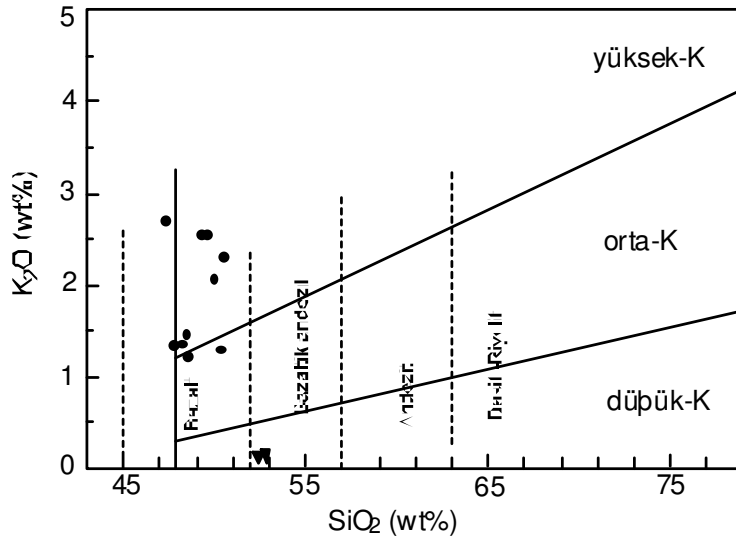
Şekil 4.2: İnceleme alanındaki kayaçların Zr/TiO_2 -Nb/Y diyagramındaki dağılımı (Winchester, 1977).



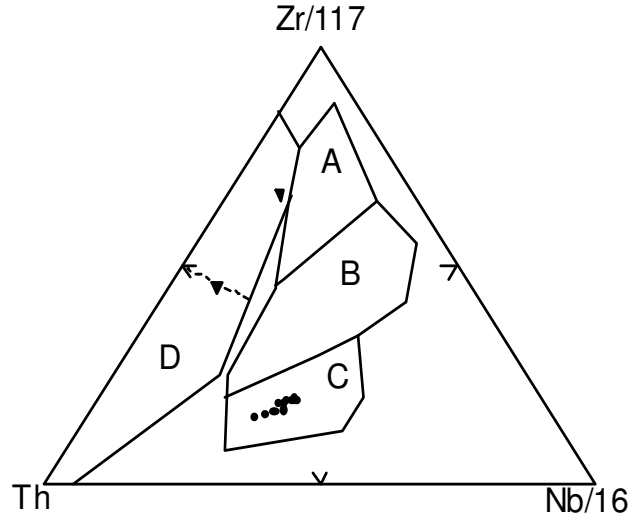
Şekil 4. 3: İncelenen volkanik kayaçların İrvine ve Baragar (1971) diyagramındaki dağılımları



Şekil 4.4: İncelenen Elazığ Magmatitleri volkanik kayaların AFM (İrvine ve Baragar (1971)) diyagramındaki dağılımları.

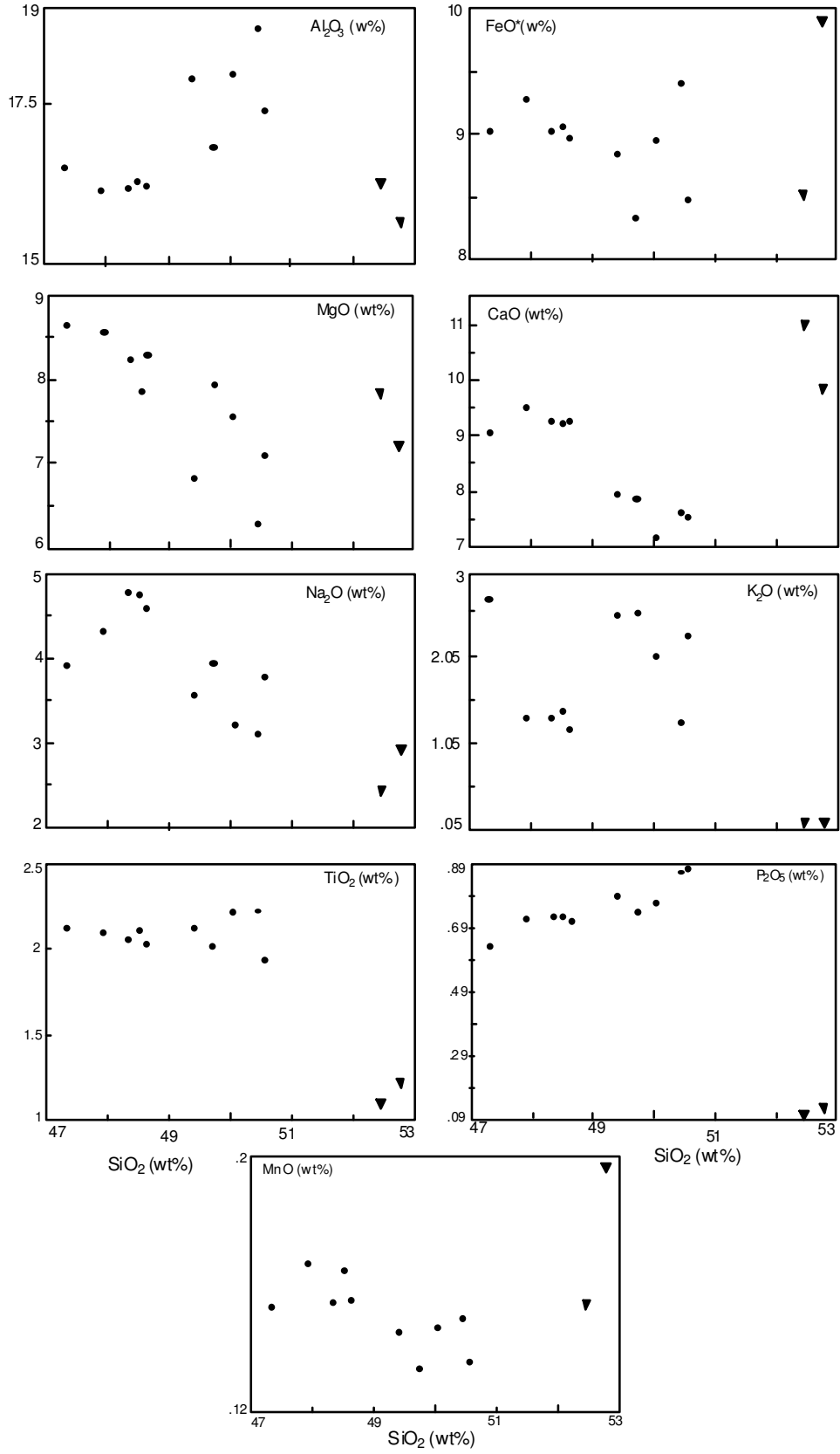


Şekil 4. 5: İnceleme alanındaki kayaların SiO₂-K₂O diyagramındaki dağılımı (Le Maitre,1989)



Şekil 4.6: İnceleme alanındaki kayaçların Zr/117-Th-Nb/16 diyagramına göre dağılımları (Wood1980) A: N tipi MORB, B: E tipi MORB ve toleyitik levha içi bazalt, C:Alkalın levha içi bazalt, D: Yaklaşan levha sınırı bazaltları.

Bu gruplar içerisindeki değişimler genelde tüm oksitlerin değişimlerinde birbiriyle uyumluyken Na_2O 'ın değişim diyagramında farklılık göstermekte ve SiO_2 oranı düşük olan örneklerde artan SiO_2 'e bağlı olarak Na_2O değeri artarken, SiO_2 değeri daha yüksek olan örneklerde bu değişim azalma şeklinde olmaktadır. Ancak bütün olarak bakıldığında SiO_2 'in artışıyla birlikte FeO , MgO , TiO_2 , MnO , CaO , azalarak negatif korelasyon, K_2O , P_2O_5 , Na_2O artarak pozitif korelasyon göstermektedir. Bu şekildeki, pozitif ve negatif korelasyonlar fraksiyonel kristalleşme süreci ile açıklanabilir. CaO 'de gözlenen azalmalar, kalsik plajyoklasların fraksiyonlanması ile, MgO 'daki azalmalar olasılıkla klinopiroksen fraksiyonlanması ile, Fe_2O_3 ve TiO_2 'deki azalmalar ise, piroksen ve Fe-Ti oksit fraksiyonlanması ile ilişkili olmalıdır.



Şekil 4.7: Kayaçların SiO_2 'ye karşı ana oksit (%) değişim (Harker, 1909) diyagramları

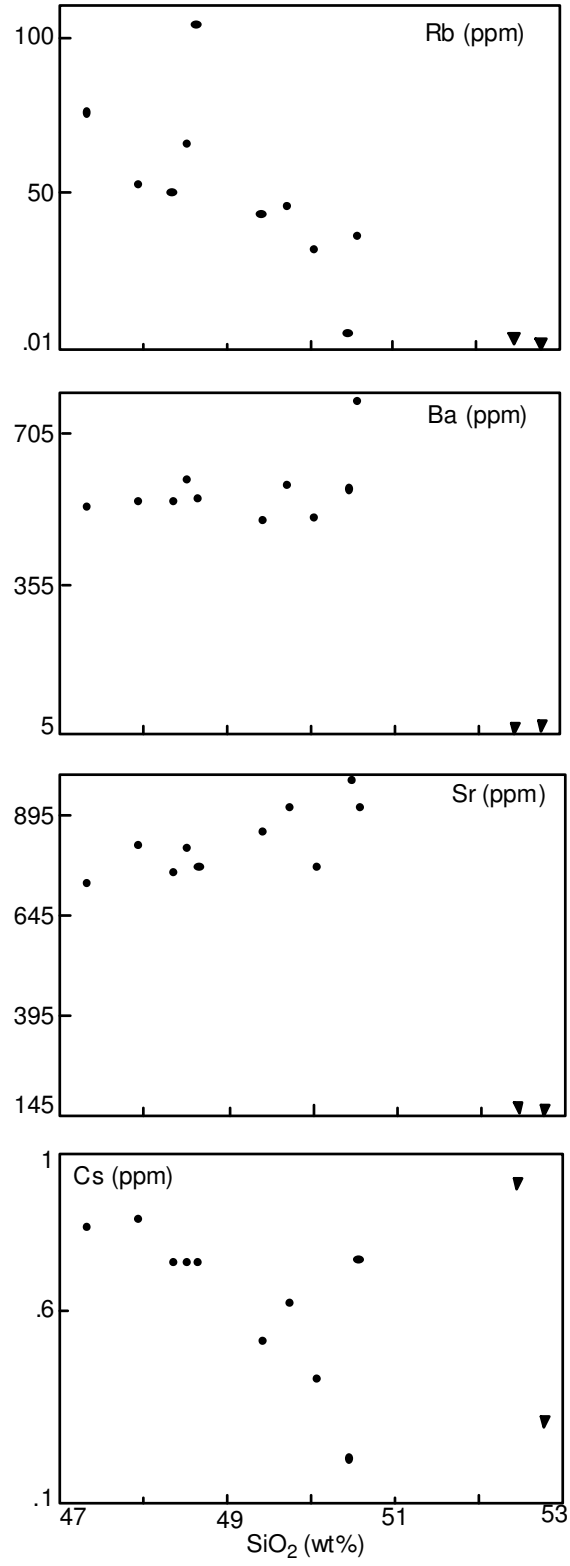
4.2. İz Element Jeokimyası

Kayaç içerisindeki miktarları ağırlıkça % 0.1'den az olan elementler, iz elementler olarak tanımlanırlar. İz elementler, kayaç içerisinde konsantrasyonlarına bağlı olarak aksesuar mineraller oluşturabildikleri gibi, esas olarak, kayaç oluşturan minerallerdeki major elementlerin yerlerini de alabilirler. Major elementlerde olduğu gibi iz element-SiO₂ değişimlerinden de kristallenme sürecini ve bu sürece etki edebilecek faktörleri ve değişimleri gözlemek için yararlanılır.

Tüm bu iz element Harker (1909) diyagramlarına bakıldığında ana oksitlerde olduğu gibi Elazığ Magmatitleri ve volkanitleri arasındaki farklılık gibi Elazığ Volkanitlerinin de kendi içerisinde yine iki grup halinde farklılaştığı az da olsa görülmektedir. Büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerden (LILE) olan Rb, Ba, Sr ve Cs'un SiO₂ ile olan değişim diyagramlarına bakıldığında (Şekil 4.8); Rb'un (K içeriği ile uyumlu olarak) SiO₂ ile negatif ilişki gösterdiği görülmektedir. Bilindiği gibi Rb elementi başlıca K- feldspat ve biyotit minerallerinde bulunan K ile birlikte davranış gösterir (Wilson, 1989). Dolayısıyla çalışma bölgesindeki kayaçların bazik bileşimli olması K-feldspat minerallerinin az olması ve kayaçtaki mafik minerallerin amfibol ağırlıklı olmasıyla pozitif ilişkilidir.

Örneklerin Ba ve Sr dağılımlarına bakıldığında her iki elementin davranışları birbirine çok benzemekte ve bu iki birim arasındaki fark çok belirgin olarak gözlenmektedir. Örneğin Ba'un Elazığ Magmatitlerine ait volkanitlerdeki dağılımı 20 ve 31 ppm değerindeyken Elazığ Volkanitlerine ait örneklerdeki dağılımları ise 485-750 ppm arasında değişmektedir. Benzer şekilde olan Sr da Elazığ Magmatitlerinde 156 ve 164 ppm iken Elazığ Volkanitlerinde 713-921 ppm arasında değişir. Ba ve Sr'un dağılımı Elazığ volkanitlerinde silis değeri düşük olan örneklerde değişmezken silisi biraz daha yüksek örneklerde artan SiO₂ ile hafifte olsa artması bu örneklerin feldspat ve biyotitce zenginleştiğine ya da bu zenginleşmeyi sağlayan kirlenmeye bağlı olduğu düşünülmektedir.

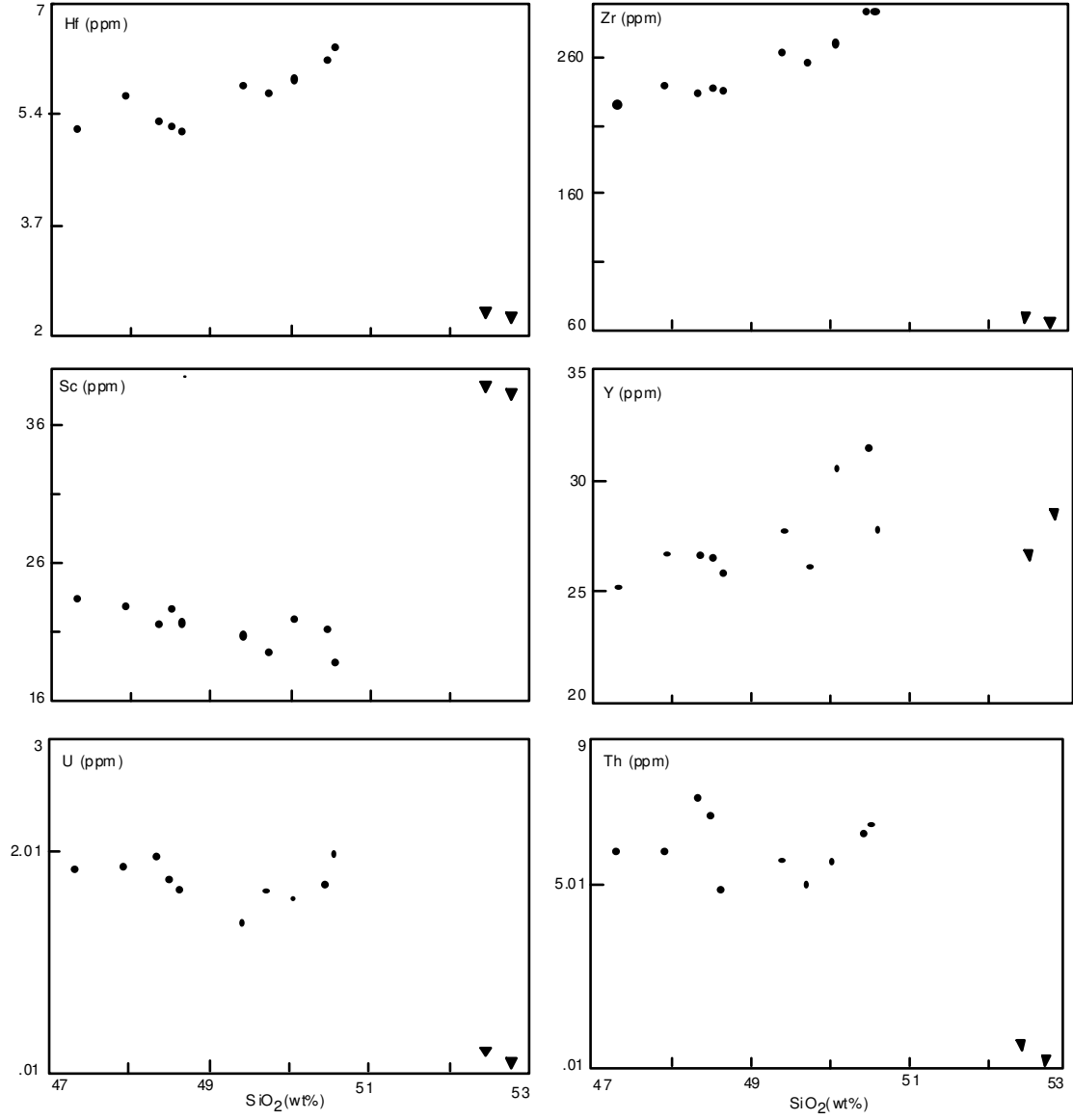
Cs değerindeki negatif dağılım ise özellikle Ba ve Sr ile uygunluk göstermediğinden yani biyotit artışıyla değil daha çok magma kirlenmesine bağlı olabilir.



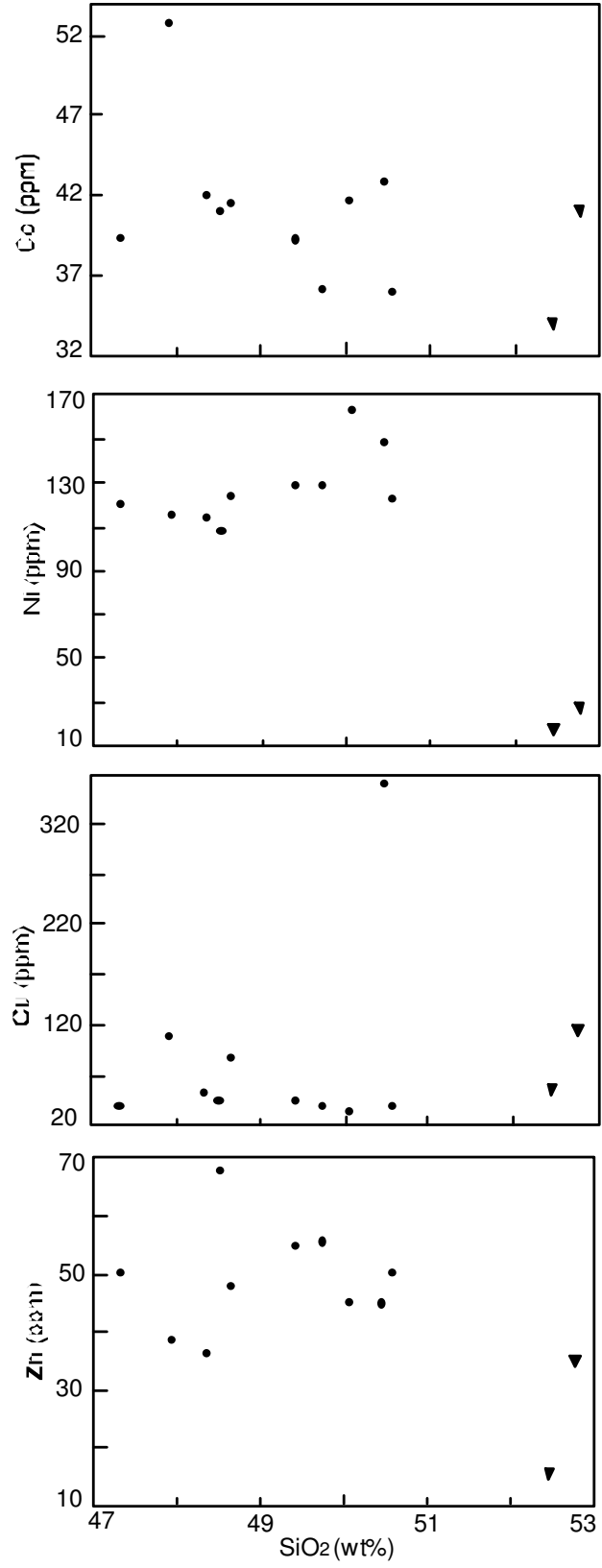
Şekil 4.8: Örneklerdeki Büyük İyon Yarıçaplı elementlerin SiO₂ ile olan değişim diyagramları.

İz elementlerden kalıcılığı yüksek element (Hf, Zr, Sc, Y, Th, U) olarak tanımlanan (Rollinson, 1993) elementlere genel olarak bakıldığında, Elazığ Magmatitleri volkanitlerinin Sc ve Y değerleri yüksek iken Elazığ Volkanitleri bu elementlerce daha fakirdirler. Bu durum Elazığ Magmatitlerine ait volkanitlerin granatça zengin bir magma ya da kayaç olarak aksesuar minerallerce (apatit, sfen) daha zengin bir kayacı temsil edebileceğini düşündürmektedir (Wilson, 1989). Bu elementlerin iki birim içerisinde SiO_2 ile olan değişimlerine bakıldığında (Şekil 4.9) Sc dışındaki diğer elementlerin benzer davranışlar sergiledikleri görülmektedir. Elazığ Volkanitlerine ait örneklerden SiO_2 değeri düşük olanlar zayıfta olsa bir azalma gösteriyorken SiO_2 değeri daha yüksek olan örneklerde ise pozitif bir ilişki görülür. Elazığ Magmatitlerine ait iki örnek ise yorum yapmak için yetersiz olsa da Y dışındaki elementlerde SiO_2 ile negatif bir ilişki sergilemektedir.

Eser elementler içerisinde geçiş metalleri (Transitional metal elements, TME) olarak bilinen Co, Ni, Cu ve Zn (Rollinson, 1993) elementlerinin Harker (1909) diyagramlarındaki dağılımlarında (Şekil 4.10), Elazığ Magmatitleri volkanitlerinin benzer özellik gösterdikleri ancak Ni ve Zn değerlerinin Elazığ Volkanitlerine ait örneklerden az olmasına karşın, Co ve Cu değerlerinin Elazığ Volkanitleriyle aynı oldukları görülmektedir. Bilindiği gibi Ni'in yüksek değerlerde olması (250-300 ppm) ana magmanın peridotitik bir manto kaynağına işaret ettiğini belirtmektedir (Wilson, 1989). Ancak bu elementlerden hiçbirinin yüksek değerlerde olmaması hatta Elazığ Magmatitlerine ait volkanitlerde bu değerlerin daha düşük olması böylece daha önce verilen element dağılımlarıyla uyumlu olmadığını göstermekte ve bunun da magma karışımı ile ilgili olabileceğini düşündürmektedir.



Şekil 4.9: Kayaçlardaki kalıcılığı yüksek elementlerle (Hf, Zr, Sc, Y, Th, U) - SiO₂ ikili değişim diyagramları



Şekil 4.10: Kayaçların iz element (Co, Ni, Cu, Zn) –SiO₂ ikili değişim diyagramları

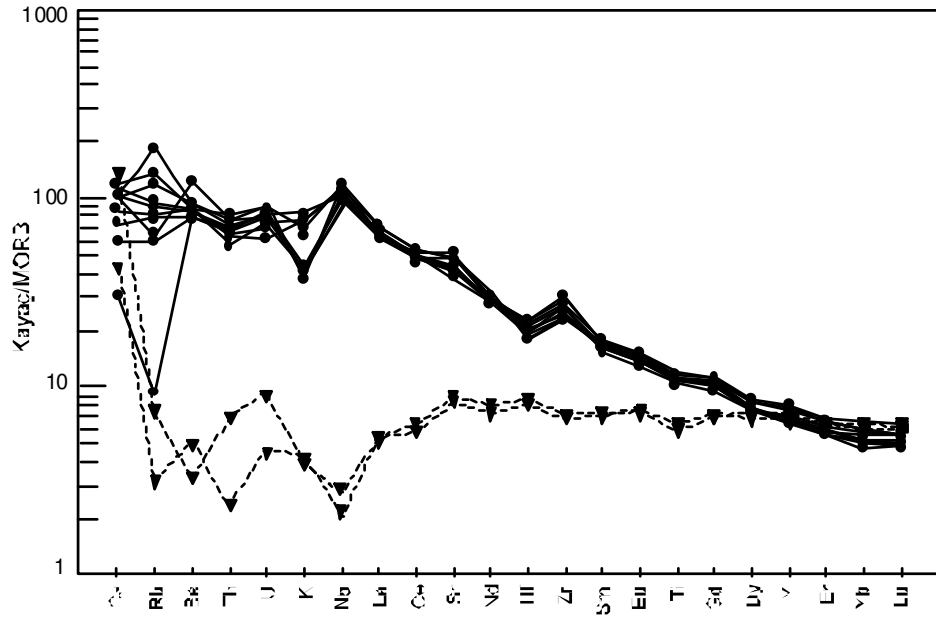
4.3. Nadir Toprak Elementleri (REE) Jeokimyası

Nadir toprak elementleri genellikle kayaç oluşturan ana bileşenlerden çok bağıl olarak daha geç evrelerde oluşan aksesuar minerallerin yapısına girmektedir (Mason and Moore, 1982). Ancak granat ve hornblend gibi bazı mineraller ağır nadir toprak elementlerini (Heavy Rare Earth Elements (HREE) Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb ve Lu) daha fazla içermekte ve bu elementlerin fraksiyonlanmasına neden olmaktadır. Buna karşın sfenin ise hafif nadir toprak elementlerini (LREE; La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm) daha fazla bulundurduğu kabul edilmektedir (Wilson, 1989). Ayrıca amfibollerden daha az da olsa piroksenlerinde REE fraksiyonlanması oluşturduğu ileri sürülmektedir (Wilson, 1989). Eu elementinin ise yoğun olarak feldspatların bünyesinde bulunduğu ve magmanın katılaşması sırasında plajyoklas fraksiyonlaşmasının gerçekleşmesi durumunda artık magmanın Eu içeriğinin tüketilmesi nedeniyle geç evrede oluşan kayaçların negatif Eu anomalisi verdikleri kabul edilmektedir (Wilson, 1989).

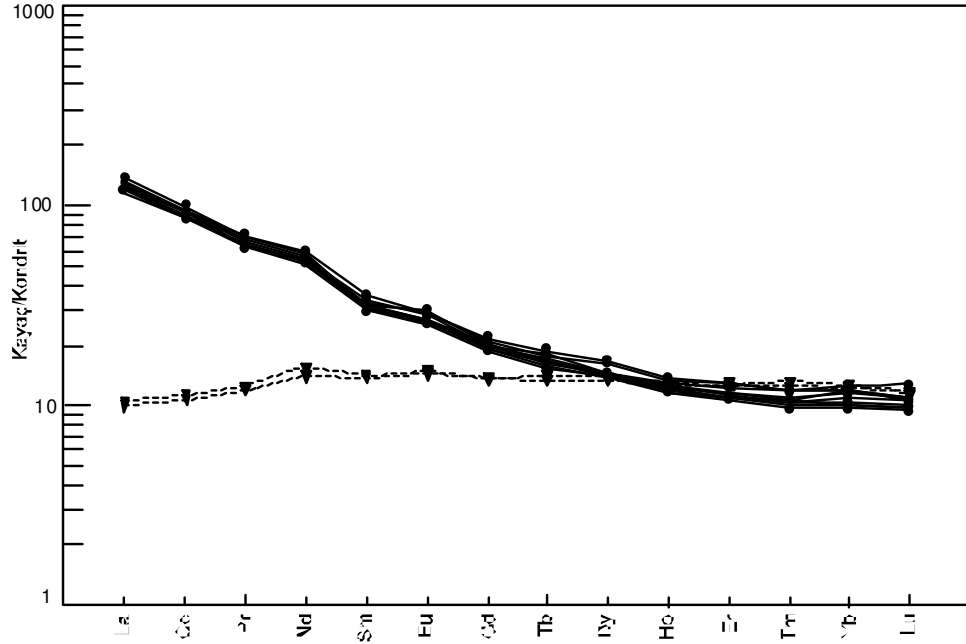
MORB'a normalize edilen değerlerde (Sun, 1982), Elazığ Magmatitlerine ait volkanik kayaçlarla, Elazığ Volkanitlerinin çok belirgin bir farklılık gösterdikleri görülmektedir (Şekil 4.11). Elazığ Volkanitlerindeki K'daki negatif anomaliye karşın, Elazığ Magmatitleri volkanitlerinin ise Rb, Th, ve Nb'deki negatif anomaliler ve ağır nadir toprak elementlerinin dışındaki tüm elementlerin çok daha az zenginleşme göstermesi bu iki kayaç arasında magma kaynağı ve oluşumunun farklı olduğunu açıkça göstermektedir.

Aynı örneklerin Kondrite normalleştirilen (Sun, 1982) diyagramına bakıldığında ise (Şekil 4. 12) benzer durum burda da çok belirgin bir şekilde görülmektedir. Her iki birimde de negatif ve pozitif anomalilerin olmadığı, ancak hafif nadir toprak elementlerine göre çok daha zenginleşmiş Elazığ volkanitlerinin, ağır nadir toprak elementlerince diğer birimden az da olsa daha fakir olduğu görülmektedir.

Benzer şekilde yine Elazığ volkanitlerinin de (LREE'lerden MREE'lere doğru belirgin bir fraksiyonlanma gösterdiği görülmektedir. Bütün bu özelliklere genel olarak bakıldığında Elazığ Magmatitleri volkanitlerinin yaklaşık yatay bir trend sunması, karakteristik olarak manto kayaçlarına benzeyen bir davranış gösterdiği söylenebilir. Elazığ Volkanitlerinin ise mafik bir magmanın diferansiyasyonu ile meydana gelmesinden çok, eş yaşlı mafik ve felsik magmaların karışmasından türemiş hibrid bir magma ya da kirlenmeye uğramış bir magmanın katılaşması ile oluşmuş olduğu söylenebilir.



Şekil 4.11: Kayaçların MORB'a normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları (Sun, 1982)



Şekil 4.12: Kayaçların kondrite oranlanmış nadir toprak element dağılımları (Sun, 1982)

5. EKONOMİK JEOLojİ

21. yüzyıla girerken, dünyada ve ülkemizde artan nüfus ve teknolojik gelişmeler, yapıların daha çok katlı, yüksek dayanımlı ve kullanıma en uygun şekillerde olmasını zorunlu kılmıştır. Bu olgunun en büyük gereksinim parametresini “ malzeme” oluşturmaktadır. Yapıları oluşturan malzemeler içinde betonun yeri ve önemi tartışılmazdır. Yapılaşmada istenen en büyük özellik, kendini oluşturan betonun, kalite ve dayanımının çok yüksek olmasıdır. Betonun ana maddelerinden biri çimentodur. Çimentonun kaliteli olması direkt olarak betonun dayanımını etkiler. Yapılarda çeşitli etkiler sonunda betonların uğradıkları dayanım kayıpları bilindiği gibi, büyük maddi zararlara ve hatta can kayıplarına sebep olmaktadır. Basınç dayanımı betonun kalitesini belirlemek için bir ölçü olarak kabul edilmektedir. Dayanım doğrudan doğruya sertleşen çimento hamurunun yapısıyla ilgilidir. Hidratasyon ilerleyişini değiştiren bütün faktörler sonuç olarak betonların dayanımlarını da etkilerler.

Çimentoyu oluşturan bileşenlerin birbirinden farklı fiziksel ve kimyasal özelliklerde bulunmaları değişik hidratasyon hızlarına sahip olmaları ve çeşitli hidratasyon ürünleri vermeleri, muhakkak ki betonların dayanımları üzerinde çok etkili olmaktadır. Örneğin alüminli çimento, normal priz yapmasına rağmen hızla dayanım kazanmaktadır. 24 saatte maksimum dayanımının %80'ine erişebilmektedir.

Puzolanlı çimentolar ise, genellikle yavaş bir şekilde dayanım kazanmaktadırlar. Bununla beraber, eriştikleri maksimum dayanım neticede normal portland çimentosunun seviyesinde ve hatta zamanla daha fazla olmaktadır.

Cüruf çimentolarında ise dayanım, ilk günlerde normal portland çimentosundan düşük daha sonra ise yüksektir. Çimentodaki cüruf yüzdesi normal değeri aşınca dayanım azalmaktadır.

Betonun dayanımına etki eden diğer faktörler; çimentonun ana bileşen yüzdeleri, çimentonun inceliği, kızdırma kaybı miktarı, çözünmeyen kalıntı ve hava miktarıdır.

Çimentonun dayanım değerlerinde öğütme inceliğinin çok büyük etkisi vardır. Çimentoya aktivite kazandıran husus onun ince olarak öğütülmesidir. Çimento ne kadar ince ise dayanımı o kadar yüksek olur.

Standart şartnamelerde çimentonun öğütme inceliği için belirli değerler istenmektedir. İncelik denemesi cm^2 'sinde 900 ve 4900 delik ihtiva eden (yani delik açıklığı 0,2 mm ve 0,9 mm olan) eleklerde, öğütülmüş maddenin elenmesi ve elek üzerinde kalan miktarları yüzde olarak ifade etmek suretiyle yapılmaktadır.

Tablo 5.1: Bazı çimento türlerinde incelik-mukavemet ilişkisini gösterir değerler.

	Katkı	45µ elek üstü	2 gün N/mm ²	7 gün N/mm ²	28 gün N/mm ²
PKÇ A 32.5	20	2.0	15.0	26.0	45
PKÇ B 32.5	35	10	15.0	25.5	32.5

**PKÇA: Portland kompoze çimento *PKÇB: Portland kompoze çimento*

Çimento inceliğini tayin için genellikle kullanılmakta olan bu metottan başka, bir gram maddenin cm² olarak özgül yüzeyi şeklinde inceliği ifade etmek yolu da tercih edilmektedir. Özgül yüzey miktarı çimentonun kalitesinde büyük bir önem taşımaktadır. Bu özgül yüzey “Blaine” permeabilite cihazı ile ölçülmektedir. Özgül yüzey için son çıkan TS 24 standardında da limit değerleri tespit edilmiştir (Özdemir, 1973). İncelik düştükçe mukavemet artmaktadır (Tablo 5.1) (Elazığ çimento fabrikasından alınan bilgilerle hazırlanmıştır).

Betonun ana maddesi olan çimento, birçok yapı elemanlarının imalinde önemli bir ihtiyaç maddesi durumundadır. Çimento özellikleri ve üretim yöntemi bu nedenle önemli bir konu olmaktadır.

5.1. Çimento ve Çimento Türleri

Çimento, başlıca silisyum, kalsiyum, aliminyum ve demir oksitleri içeren hammaddelerin, sinterleşme derecelerine kadar pişirilmesi ile elde edilen yarı mamul madde olan klinkerin, tek veya daha fazla katkı maddesi katılarak öğütülmesi ile üretilen hidrolik bağlayıcı maddelere denir.

Genel anlamda ise havada ve suda sertleşen bağlayıcı özellikte maddelerdir. Kelime olarak ise çimentonun Türkçe’ye İtalyanca’daki bağlamak veya bağ anlamına gelen “çimento” kelimesinden geldiği tahmin edilmektedir. Çeşitli agraşmaları birbirine bağlayarak belirli bir süre sonunda masif bir kütle oluşturan malzemelere bağlayıcı malzeme denir. Su ile karıştırıldıklarında havada veya su altında sertleşebilen ve sertleştikten sonra suda çözünmeyen bağlayıcı maddelere de hidrolik bağlayıcı denir. Çimento, kireç ve alçı birer hidrolik bağlayıcıdır.

Çimentonun bağlayıcı özelliği veya harcın dolayısıyla betonun sağlamlığı, kireç ve kil oranına olduğu kadar, pişirme sıcaklığına da bağlıdır. Çimento, % 76 ile %78’i kalsiyum

karbonat (CaCO_3) ve geri kalan kısmı kilden oluşmuş bir karışımın 1400 ile 1500 $^{\circ}\text{C}$ 'de ısıtılmasıyla elde edilir.

Çimentonun ilksel maddesi olan kireçtaşı, çimentonun %65'ini teşkil eden CaO 'i, kil ise çimentonun diğer bileşikleri olan SiO_2 , Al_2O_3 ve Fe_2O_3 'ü oluşturmayı sağlar.

Çimentolarda dört ana bileşen vardır. Bunlar karma oksitlerdir.

1- C_2S olarak kısaltılan $(\text{CaO})_2\text{SiO}_2$ (dikalsiyum silikat)

2- C_3S olarak kısaltılan $(\text{CaO})_3\text{SiO}_2$ (trikalsiyum silikat)

3- C_3A olarak kısaltılan $(\text{CaO})_3\text{Al}_2\text{O}_3$ (trikalsiyum alüminat)

4- C_4AF kısaltılan $(\text{CaO})_4\text{Al}_2\text{O}_3\text{Fe}_2\text{O}_3$ (tetrakalsiyum alümino ferrit)

Bunların dışında alçıtaşı ($\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ve minör oksitler dediğimiz birleşmemiş CaO , MgO , bazı durumlarda Na_2O , K_2O erimeyen maddeler (çoğunlukla SiO_2) de bulunur.

Karma oksitlerin çimentoya kazandırdıkları önemli özellikleri şunlardır:

Çimentonun en önemli bileşiği C_3S 'dir. Çimentoya ilk dayanımını veren ve basınç dayanımı yüksek bir çimento sağlayan C_3S 'dir.

C_2S ve C_3S , yani kısaca silikatlar sertleşmiş çimentonun taşıyıcı iskeletini meydana getirirler. C_3S daha hızlı sertleşir ve dayanım kazanır, yüksek dayanımlı çimentolarda özellikle ilk dayanımı yüksek çimentolarda miktarı fazladır. Sertleşme sırasında daha çok ısı çıkarır, bu ise kusurdur. C_2S ve C_3S 'in hidratasyonu sırasında kireç ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) açığa çıkar. Bu sönmüş kireç miktarı C_3S 'de daha fazla olur. Bu kireç çelik donatının paslanmasını geciktirir, yararlıdır, ancak zamanla yıkanarak akar, yeri boş kalır ve beton geçirimli olur.

C_3A , yani kalsiyum alüminat (trikalsiyum alüminat) çimentonun kimyasal dayanıklılığında en önemli rolü oynar. Sertleştikten sonra bu bileşen en düşük dayanıma sahiptir, hidratasyon sırasında büyük ısı çıkarır ve asıl önemlisi kalsiyum sülfatla, yani alçı veya alçıtaşı ile birleşerek çok büyük hacimli bir tuz (Etrenjit veya Candlot tuzu) oluşturur. Bu tuz kristalleşmiş, yani hidrate olmuş C_3A durumunda da oluşur ve asıl kötüsü de budur. Zira bu yüksek dereceli genleşme betonu patlatır, tahrip eder. Sülfatlı ortamlarda kalacak çimentolarda, C_3A miktarı düşük çimento seçmek zorunludur.

C_4AF çimento içerisinde etkinliği en az olan bileşendir. Bu az etki de C_3A 'nın etkisine benzer. Yararı; klinkerin pişme süresince yumuşamasını, pişme yetkinliği kazanmasını sağlar.

Minör bileşenlerden CaO ve MgO , zamanla su alıp hidroksit haline gelirler, bu dönüşüm hacim artması ile olur ve zararlıdır. Na_2O ve K_2O ise, beton agregaların opal, kalseduvan, gibi aktif silis içermeleri durumunda hacim artışına yol açabilirler. Beton teknolojisinde çok önemli sayılan bu olaya alkali-agrega reaktivitesi adı verilir. Uzun yıllar sonra dahi ortaya çıkan bu genişleme, önemli hasarların sebebidir.

Türkiye’de üretilen ve TSE tarafından standartları çıkarılmış çimento türleri aşağıda sıralanmıştır (Yapıcı, 2002).

1-Portland Çimentoları	(TS19-10156)	
2-Beyaz Portland Çimentosu	(BPÇ 32.5 ve BPÇ42.5)	(TS 21)
3-Uçucu Küllü Çimento	(UKÇ 32.5)	(TS 640)
4-Portland Cürufllu Çimento	(PCÇ/A, PCÇ/B)	(TS 12139)
5-Katkılı Çimento	(KÇ 32.5)	(TS 10156)
6-Traslı Çimento	(TÇ 32.5)	(TS 26)
7-Kompoze Çimento	(KZÇ/A, KZÇ/B)	(TS 12142)
8-Portland Kompoze Çimento	(PKÇ 32.5, 42.5, 52.5)	(TS 12143)
9-Sülfatlara Dayanıklı Çimento	(SDÇ 32.5)	(TS 10157)
10-Yüksek Fırın Cürufllu Çimento	(CÇ 32.5, CÇ42.5)	(TS 20)
11-Harç Çimentosu	(HÇ 16)	(TS 22)
12-Süper Sülfat Çimentosu	(SSÇ 32.5)	(TS 809)
13-Erken Dayanımlı Yüksek Çimento	(EYÇ 52.5)	(TS 3646)
14-Portland Kalkerli Çimento	(PLÇ/A, PLÇ/B)	(TS 12140)
15-Portland Silika Fume Çimento	(PSFÇ)	(TS12141)
16-Puzolanik Çimento	(PZÇ/A,PZÇ/B)	(TS12144)

Bu çimento türlerinin başlıcalarının tanımları şu şekilde yapılmaktadır.

1-Portland Çimentoları (TS 19-10156)

Portland çimentoları katkılı olup olmadıklarına göre;

a-Portland Çimentosu (PÇ)

b-Katkılı Portland Çimentoları (KPÇ) olmak üzere iki sınıftır.

Portland Çimentosu Tipleri

Portland Çimentosu (PÇ) 28 günlük basınç dayanımına göre;

*Portland Çimentosu 32.5 N/mm² (PÇ 32.5)

*Portland Çimentosu 42.5 N/mm² (PÇ 42.5)

*Portland Çimentosu 52.5 N/mm² (PÇ 52.5) olmak üzere üç tiptir.

Katkılı portland çimentoları ise değişik puzolan katkılarına göre isimlendirilmektedir;

Katkılı Portland Çimentosu 32.5 (KPÇ32.5), Traslı Çimento (TÇ 32.5), Uçucu Küllü Çimento UKÇ 32.5...vb

2-Beyaz Portland Çimentosu: Bu çimento gerçekte bir portland çimentosudur, gri renkli çimentodan yalnızca renginin beyaz olmasıyla fark eder. Bu tür çimento esas olarak mimari amaçlarla kullanılır.

3-Katkılı Çimento: Kütlece en çok 19 kısım puzolanik madde ve en az 81 kısım Portland çimento klinkerinin, bir miktar alçı taşı ile birlikte öğütülmesiyle elde edilen hidrolik bağlayıcıdır.

Buradaki puzolanik maddeler deyimi; kendi başlarına hidrolik bağlayıcı olmadıkları halde, ince olarak öğütüldüklerinde rutubetli ortamda ve normal sıcaklıkta kalsiyum hidroksit ile reaksiyona girerek bağlayıcı özellikte bileşikler oluşturan maddeleri ifade etmektedir.

4-Trashlı Çimento: Kütlece 20-40 kısım tras (puzolanik madde) ile karşılıklı olarak 80-60 kısım portland çimentosu klinkerinin bir miktar alçı taşı ile birlikte öğütülmesi sonucu elde edilen hidrolik bağlayıcıdır.

5-Kompoze Çimento: Kompoze çimento, belli oranlarda Portland çimentosu klinkeri ve katkı maddelerinin, priz düzenleyici olarak da kalsiyum sülfatın katılarak öğütülmesi sonucunda elde edilen hidrolik bağlayıcıdır.

6-Çimento-Portland Kompoze: Portland Kompoze Çimento, belli oranlarda Portland çimentosu klinkeri ve katkı maddelerinin, priz düzenleyici olarak da kalsiyum sülfatın katılarak öğütülmesi sonucunda elde edilen hidrolik bağlayıcıdır.

7-Çimento-Portland Cürufu: Portland cürufu çimento belli oranlarda Portland çimentosu klinkeri ve katkı maddelerinin priz düzenleyici olarak kalsiyum sülfatın katılarak öğütülmesi sonucunda elde edilen hidrolik bir bağlayıcıdır.

8-Sülfatlara Dayanıklı Çimento: C_3A miktarı en çok %5 olan Portland çimentosu klinkerinin bir miktar alçı taşı ilavesi ile öğütülerek elde edilen hidrolik bağlayıcıdır.

5.2.Çimento Üretiminde Kullanılan Hammaddeler (Katkı Maddeleri)

Çimento üretiminde kullanılan ana hammaddeler kireçtaşı, kilaşı ve marndır. Kimyasal bileşiminde en az %90 oranında $CaCO_3$ içeren kayaçlar ile mineralojik bileşiminde en az %90 kalsit minerali bulunan kayaçlara kalker ya da kireçtaşı adı verilmektedir.

Kilaşı ise, mineralojik bileşiminde %90'a kadar kil minerali bulunduran kayaçlara denilmektedir. Çimento üretimi için kullanılan kilaşı ve killi kayaçlar genellikle yumuşak ve gevşek yapılıdır. Bu kayaçlar veya malzemeler tane boyuna göre kil, silt, kum gibi sınıflandırılmaktadır.

Marn, %50-70 oranında kalsit ve %30-50 oranında kil karışımından oluşmuş bir kayaç olup, doğal olarak bu bileşimi taşıdığından veya bu bileşime çok yakın özellikte bulunduğundan

ideal çimento hammaddesidir. Ayrıca kalkere göre daha yumuşak olması nedeniyle kolay üretilebilmekte, kırma öğütme sırasında enerji tüketimi düşük olmaktadır.

Çimento üretiminde kullanılan diğer bir hammadde ise alçı taşıdır ve bu malzeme klinkerin öğütülmesi aşamasında çimentoya katılır ve çimentonun priz alma süresini ayarlar.

Çimento üretiminde kullanılan bir diğer hammadde ise volkanik cüruf / pomza / tras / volkanik tüf olup, katkı malzemesi olarak kullanılır ve puzolan özelliği yani bağlayıcı özellik gösterir. Bu malzeme silisli ve alümino – silisli özellikte olup, yalnız başına bulunduğu zaman hidrolik özellik göstermediği halde, çok ince öğütüldüğünde, sulu ortamda kalsiyum hidroksitle birlikte normal sıcaklıkta kimyasal reaksiyona girerek hidrolik özellik gösteren doğal puzolanik bir maddedir.

Klinker üretimi için gerekli katkı maddeleri ise ham karışımın kimyasal bileşimini düzeltici yönde etkiye sahip, FeO, SiO₂ ya da Al₂O₃ içerikli malzemelerdir. Bunlara örnek olarak fırınlanmış pirit, düşük yüzdeli demir cevheri, laterit, kuvarşlı kum ya da metamorfik kayaların bozunmasıyla oluşan kuvarşlı malzemeler ve boksitler verilebilir.

Çimento üretiminde kullanılacak olan hammaddelerin uygunluk dereceleri onların kimyasal bileşimleriyle orantılıdır. Kireçtaşı bileşeni için kireç standardı bir kriter olarak kullanılmaktadır. Bu değer SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ gibi bileşenler hakkında bilgi vermekle birlikte CaO içeriği konusunda aydınlatıcıdır. Kil minerali olarak kullanılacak kayalarda silikat ve alümina oranı dikkate alınarak değerlendirilmektedir. Ham karışımda bulunan MgO, kloritler, sülfatlar ve alkalinlerin oranı da çimento üretimi için önemli bir etkiye sahiptir.

5.2.1. Puzolanik Maddeler

Kendi başlarına hidrolik bağlayıcı olmayan ancak ince olarak öğütüldüklerinde nemli ortamda ve normal sıcaklıkta kalsiyum hidroksitle tepkimeye girerek bağlayıcı özellikte bileşikler oluşturan doğal ve yapay maddelerdir. Çoğu puzolanik maddeler volkanik kökenli olup en çok bilineni tüflerdir. Puzolan İtalya'nın Puzol civarında bulunan ve kil yapısında olan volkanik bir toprak cinsidir. Bu toprağın diğer bir adı da Tras'tır. Puzolana; ilk defa İtalya'nın Puzol bölgesinde rastlandığı için bu ad verilmiştir.

Puzolan veya tras söndürülmüş kireç ile karıştırıldığında az veya çok kalsiyum silikatları meydana getiren ve bilhassa kirece hidrolik özellik veren killi maddelerdir. Bu maddeler ile yapılan harçlara Puzolanlı veya traslı harçlar adı verilir. Puzolan toprağı yapısında kireç ile birleşebilen fazla miktarda aktif silis vardır. Bundan dolayı kireç ile karıştırıldıklarında suda katılaşabilen bir özellik meydana getirirler.

Almanya’da Rhenish trası ve Bavarian trası olarak bilinen benzer türdeki materyal çimento üretiminde katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Fırınlanmış yağlı arduvaz, daha az olarak kullanılan diğer bir puzolanik materyaldir. Puzolanik maddelerin özelliği yüksek miktarda SiO_2 ve Al_2O_3 içermeleridir. Bu nedenle $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ile tepkimeleri kolaydır. Bu yüzden bağlayıcı özellik gösterirler. Ülkemizde çimento sanayiinde doğal puzolanik katkı maddesi olarak tras ve bazik nitelikli volkanik işlevlerin bir ürünü olarak oluşan doğal cürufklar yaygın olarak kullanılmaktadır. Çimento maliyetlerinin düşürülmesi açısından katkı maddelerinin yüksek oranda katılabilir kalitede olmaları önemlidir. Puzolanik aktivite değerleri ile çözünmüş kalıntı oranları, katılabilirlik oranını belirleyen faktörler olup katılım oranı genelde %10-30 arasında değişmektedir

5.2.2. Doğal ve Suni Puzolanlar

Puzolanlar doğal ve suni olmak üzere ikiye ayrılabilir. Doğal puzolanlar başlıca az ya da çok geniş değişikliklere uğramış, volkanik kaynaklı tortul kayalardan oluşurlar, fakat başka kaynaklı maddeler de içerirler. Suni puzolanlar ise bu gibi doğal maddelerin kil ya da şist olarak ısıtılmasıyla elde edilirler, bundan başka diğer ürünlerin artıklarıdır. Örneğin; silis dumanları metal silis veya silis temeli alaşımların üretiminden elde edilirken uçucu kül, termal elektrik güç santrallerindeki öğütülmüş ocak kömürünün yanmasından elde edilir.

Kaynakları ne olursa olsun puzolanların esası her zaman var olan silistir. Doyurucu özelliklere sahip puzolanlar %40’dan % 90’a kadar SiO_2 içerebilirler.

Segni’den (Roma) elde edilen yaklaşık %12 oranında kireç içeren puzolan veya ziftli kömürün uçucu külleri gibi istisnalar olmasına karşın, kireç içeriği genelde çok düşüktür. Silis dumanının tersine doğal puzolanlarda veya uçucu küllerde alkaliler (K_2O , Na_2O) dikkate değer miktarda bulunurlar. Sunilerinde %30’u bile aşabilirken, doğal puzolanlarda Al_2O_3 %20 kadar yüksek olabilir.

Kalsine edilmiş killerin puzolanik özellikleri, doğal puzolanların yokluğunda bunların yerine sistematik şekilde toprak, tuğla ya da kiremitler kullanan Romalılar tarafından iyi bilinirdi. Ne var ki Romalılar eski zamandan beri aşına oldukları, fakat en yaygın kullanıcısı olmadıkları bu tekniği bulanlar olarak düşünülmezler.

500 C’den 300 C’e değişen ısılarda yandıktan sonra bu tip puzolanik aktiviteye sahip olmayan killeri, aktif hale gelirler. Bileşimlerindeki suyu kaybetmenin etkisiyle, kristal yapı bozulur ve silis ve aliminyum oksidi, şekilsiz bir durumda veya en azından önemli bir yapısal düzensizlikte karakterize edilen bir durumda kalırlar. Bu durumda, madde çok daha reaktif olur ve silis ve aliminyum oksidi HCl içinde çözülebilir hale gelirler.

Orjinal kristal yapının tamamen bozulmasına yol açması gerektiğinden, yanma ısısı kullanılan maddeye göre dikkatle seçilmelidir. Ancak aynı zamanda, silisin ve aliminyum oksitlerinin (az miktarda var olan diğer bazı elemanlara ek olarak) birbirleriyle reaksiyona girip termodinamik olarak daha kararlı bileşikler (tridimit+mülit) oluşturmaları ve dolayısıyla kirece karşı çok az, ya da hiç reaksiyon göstermez hale gelmeleri engellenmelidir.

Bu tip suni puzolanlar, nadiren İtalya'da bazen de İtalya dışında, doğal puzolan bulmanın zor ya da olanaksız olduğu zamanlarda kullanılmıştır.

Klasik Doğal Puzolanlar

Dünyadaki puzolan tiplerini ve yüzde bileşimlerini gösteren tablo incelenecek olursa; (Tablo 5.2) silis oranının İtalya Sacrofano'daki puzolanlarda en yüksek değerlere ulaştığı, Hindistan Gujarat'ta ise en düşük değerlerde olduğu görülür. Yine kızdırma kaybı yönüyle incelenecek olursa, Fransız Auvergne'de bulunan puzolanların en düşük kızdırma kaybına sahip oldukları görülebilir. Puzolanların içerdiği alümin ve silis oranına bakılırsa, en fakir puzolanın Hindistan'daki Gujarat tüfü olduğu söylenebilir.

En iyi bilinen ve üzerinde en geniş şekilde çalışılan doğal puzolanlar; İtalyan puzolanları, Santorin toprağı, Alman trasları ve Amerikan puzolanlarıdır, bununla beraber tablo 5.2'de görüldüğü gibi, bunlar birçok başka ülkede de bulunur ve kullanılırlar. Bütün bu kayalar, mineralojik ve kimyasal olarak önemli ölçüde farklılık gösterirler, fakat kireç bağlama kapasiteleri ortaktır.

Petrografik bir bakış açısından klasik puzolanlar temelde patlamalı bir volkanik püskürme nedeniyle parçalanmış gevşek kayalardır. Gaz bakımından zengin magma etkisiyle püsküren parçacıklar ani soğumayla büyük ölçüde bol kabarcıklı cama dönüşürler.

Volkanik camların termodinamik kararsızlığı, puzolanların hem kirece karşı reaksiyon kapasitelerini ve zeolitasyonuna yol açan, içten gelen hareketlerden zarar görme derecelerini, hem de giderek kile dönüşmelerini açıklar. Çünkü camın zeolitasyonuna yol açan kimyasal değişiklik bunu iyileştirirken, değişik yazarlara göre kil minerallerinin oluşumuna yol açan puzolanik aktiviteyi azaltır.

Sıkışmış Kayalar

İnce öğütüldükten sonra puzolan olarak kullanılan sıkışmış volkanik tüfler, yukarıda anlatılan gerçek puzolanlardan mineralojik bileşim bakımından farklıdırlar. Aynı piroklastik

maddelerden kaynaklanmalarına karşın, bir olasılıkla yeraltında sirküle eden aşırı ısınmış buhar ve karbondioksitten gelen bir diyajenez işleminin son aşamasını gösterirler.

Bu grup puzolan maddelerinin tipik bir örneği, Ren trasıdır. Bu tras, feldspat lösit, kuvars, ojit, mika gibi değişik kristalimsi maddelerle karışmış izotropik bir hamur içerisinde bulunan az ya da çok değiştirilmiş bir trakitik tüftür. Daha özet olarak, tras başlangıç lavı değil, fakat çimento inceliğinde öğütülmüş bir maddedir. Trasın hemen hemen %50 sini oluşturan bu matriks kütle, orjinal volkanik tortunun maruz kaldığı hidrotermal aksiyon süresini gösteren oranlarda değişik miktarlarda cam ve zeolitik bileşiklerden oluşur.

Tablo 5.2. Dünyadaki Doğal ve Suni Puzolanların Yüzde Bileşimi

PUZOLAN	Kızdırma Kaybı %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	SO ₃ %
GEVŞEK PUZONLAR									
SACROFANO (İTALYA)	4,67	89,22	3,05	0,77	2,28				
BACOLI	3,05	53,08	18,2	4,29	9,05	1,23	3,08	7,61	0,65
SEGNİ	4,03	45,47	19,59	9,91	9,27	4,52	0,85	6,35	0,16
SANTORİN (YUNANİSTAN)	4,08	63,8	13,0	5,7	4,0	2,0	3,8	2,5	
AUVERGNE (FRANSA)	0,24	46,6	17,6	11,8	9,84	5,58	3,14	1,76	0,02
TÜFLER									
TRASS K (BULGARİSTAN)		71,63	10,03	4,01	1,93	1,22	2,35	2,35	3,05
RHENISH TRASS (ALM.)	11,10	52,12	18,29	5,81	4,94	1,20	1,48	5,06	
BAVARİAN TRASS (ALM)	7,41	62,45	16,47	4,41	3,39	0,94	1,91	2,06	
SELPY TRASS (HUNGARY)	16,33	55,69	15,18	6,43	2,83	1,01			0,26
RATKA TRASS (HUNGARY)	6,34	73,01	12,28	2,71	2,76	0,41			0,10
YELLOW TUFF (İTALYA)	9,11	54,68	17,70	3,82	3,66	0,95	3,43	6,38	
DATICE TUFF (HİND.)	7,27	67,70	11,32	2,66	3,73	1,64			0,18
GUJART TUFF (HİND)	12,6	40,9	12,0	14,0	14,6	1,45			
PELLA TUFF (YUNANİSTAN)	2,23	62,22	19,78	3,99	4,57	2,70	1,58	2,25	1,6
GRAND CANARY	6,28	57,73	18,08	4,40	1,44	0,76	6,30	5,13	
DİĞER MADDELER									
GLIESH (RUSYA)		72,80	12,44	5,07	2,82	1,10	0,40	1,72	1,50
DIATOMACEUS EARTH	7,62	65,22	19,23	2,76	0,80	0,25			0,31
BURNT KAOLIN	1,40	51,66	43,23	0,88	1,44	0,62			
KABINI SURKHI (HİNDİS.)	0,9	73,6	6,4	14,0	2,5	2,4			0,02
RHYOLITE PUMIC. (RUS)	3,38	70,76	12,85	1,38		1,08	0,43		
RHYOLITE PUMIC. (RUS)	3,43	65,74	15,89	2,54	3,35	1,33	4,97	1,92	

5.3. Hammadde Hazırlama ve İlgili Deneyler

Çimento hammaddelerinden oluşan kalker, kırıcılar vasıtasıyla birkaç cm büyüklüğünde kırılırlar. Kırılan bu hammadde önce kurutulur. Sonra öğütülerek silolara götürülür. Daha sonra pişirme işlemine geçilir. Bu iş için döner yatay ve dikey olmak üzere iki fırın tipi kullanılır. Döner fırınların çapı 2-4 m olup, boyları 140-150 m civarındadır. Döner fırınlar %6-7 oranında bir eğime sahip olup eksenleri etrafında dönerler. Kalın saclardan yapılmış olup içerisi ateş tuğlaları ile örülmüştür. Hammadde karışımı, fırının üst tarafından konulur. Kendi eksen etrafında saatte 20-60 devir yaparak dönen fırında, hammadde aşağı hareket ederek gittikçe daha yüksek sıcaklık derecelerinin etkisinde kalır. Fırındaki yüksek sıcaklık, fırının alt kapağından gönderilen taş kömürün yanması ile elde edilir. Genelde fırın içi maksimum sıcaklık 1500C civarındadır. Bu sıcaklık altında daha önce hammaddenin ayrışımı sonunda meydana gelen; kireç, silis, alümin ve demiroksit aralarında birleşerek çimentonun karmaşık bileşenleri olan silikatlar ve alüminatlar meydana gelir. Fırından çıkan koyu gri renkli maddeye çimento klinkeri denir. Çimento klinkeri bu durumda suya karşı duyarlı değildir. Su ile birleşerek sertleşmez. Klinker önce soğutulur ve sonra öğütülmek suretiyle hidrolik özellik kazandırılır (Boybay, 1979).

Yalnız başına öğütülen klinker su ile çok çabuk sertleşeceğinden işlenebilmesi oldukça zorlaşır. Bu nedenle klinkere %2-6 oranında tabii alçıtaşı ($\text{CaSO}_4 \cdot 2(\text{H}_2\text{O})$) karıştırılarak birlikte öğütülür. Standartların öngördüğü inceliğe kadar çimento değirmenlerinde öğütülen klinker basınçlı hava ile silolara gönderilir. Oradan da ambalaj işlemi yapıldıktan sonra piyasaya verilir (Özdoğanlar, 1988).

5.4. Elazığ Çimento Fabrikasında Kullanılan Hammaddeler ve Elazığ-Harput Volkanitleri Piroklastitlerinin Çimento Hammaddesi Bakımından İncelenmesi

Bu bölümde yukarıda verilen bu genel teorik bilgilerin ışığında, Harput çevresindeki Elazığ Volkanitleri piroklastik kayaçlarının çimento hammaddesi bakımından incelenen özelliklerinden ve Elazığ çimento fabrikasında kullanılan hammaddelerden bahsedilecektir.

Kalker

%90-95 oranında kalsiyum karbonat ihtiva eden ve çimentonun ana bileşeni (CaO) kalsiyum oksitin kaynağı olan kalker fabrikaya 12 km uzaklıkta Harput'tan (Harami Formasyonu) getirilmektedir.

Marn

%45-55 oranında kalsiyum karbonat ve bunun yanında silis, demir, alüminyum ihtiva etmekte ve fabrikaya 16 km mesafede Güneyçayırı köyünden (Kırkgeçit Formasyonu) getirilmektedir.

Alçı Taşı

Klinkerin öğütülmesi aşamasında çimentoya katılan ve çimentonun priz alma süresini ayarlayan alçı taşı Tunceli, Sivas, Kurtalan gibi değişik bölgelerden getirilmektedir.

Volkanik Cüruf

Katkı malzemesi olarak kullanılan ve puzolan özelliği gösteren bu malzeme fabrikaya 9 km mesafede Yeniköy'den getirilmektedir.

5.5 Piroklastitlerde Yapılan Deneysel Çalışmalar ve Elde Edilen Bulgular

Deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere, Çenge tepe civarından yaklaşık 3000 gr ağırlığında alınan piroklastit örneklerinde yapılan mukavemet test deneyleri ve bu deneyler sonucunda elde edilen bulgular Tablo 5.3'de verilmiştir.

Bu amaçla başlangıçta bir kırıcıdan geçirilen örnekler 2cm×2cm boyutlarına getirilir. Daha sonra 3 kg olarak bir etüvde rutubeti alınır. Rutubeti giderildikten sonra laboratuvar bilyalı değirmeninde yarım saat öğütülür. Sonra numuneler değirmenden boşaltılır. Özgül ağırlık 2.88 gr/cm³ için 375 gr volkanik cüruf, 262 ml su, 150 gr sönmüş kireç, 1350 gr standard kum alınır. Mikserde karıştırılır, harç yapılır. 16×4×4 cm kalıplara dökülür. 7 gün etüvde 55C'de bekletilir. Beton pres cihazında kırılarak mukavemet testi yapılır ve sonuçlar alınır. Buna göre Elazığ Volkanitleri piroklastik kayalarından alınan 8 adet örneğin (Elazığ Altınova çimento fabrikasında yaptırılan) deney sonuçları Tablo 5.3'de verilmiştir.

Tablo 5.3: Harput piroklastitlerinden alınan örneklerin mukavemet deney sonuçları.

Numune adı	Ç-1	Ç-2	Ç-3	Ç-4	Ç-5	Ç-6	Ç-7	Ç-8
Su miktarı	26.5	26.6	26.6	26.7	26.6	26.6	26.6	26.6
Özgül ağırlık(gr/cm ³)	2.88	2.95	2.92	2.91	2.9	2.89	2.89	2.9
Özgül yüzey(cm ² /gr)	4482	4100	4900	4960	4000	4900	3726	4955
200µ elek üstü	0.2	0.2	0.1	0.2	0.3	0.1	0.4	0.2
90µ elek üstü	5.3	8	5.1	5.2	10.1	4.7	11.4	5.3
Aktivite (Basınç dayanımı) N/mm ²	6.3	6.8	6.5	6.7	6	7	5.5	6

Cürufların genel fiziksel özelliklerine bakıldığında

200µ 'luk elek üzerinde kalan: (en çok)	% 0.6
90µ 'luk elek üzerinde kalan: (en çok)	% 8
Özgül yüzey: (en az)	3000 cm ² /gr
7 günlük basınç dayanımı: (en az)	4N/mm ²
Kızdırma kaybı: (en çok)	% 5 olmalıdır.

Bu veriler dikkate alınarak Tablo 5.3'de verilen Harput piroklastitlerine ait fiziksel özelliklere bakıldığında

200µ 'luk elek üzerinde kalan : % 0.1-0.4
90µ 'luk elek üzerinde kalan: % 5-11
Özgül yüzey: 3760-4960 cm ² /gr
7 günlük basınç dayanımı: 5.5-7 N/mm ²

Kızdırma kaybı: %1-2 arasında değişen değerlerle standartlara çok uygun olduğu görülmektedir.

Çimento hammaddesi olarak kullanılabilmesi için puzolanik aktivite deneyi uygulandığında kireç-cüruf karışımı ile hazırlanan deneme numunelerinin 7 günlük basınç dayanımı en az 4 N/mm² olmalıdır.

TS 24'e uygun olarak Elazığ Altınova Çimento fabrikasında yaptırılan deneylerde basınç dayanımı bütün numuneler için 4N/mm²'inin üzerinde olduğundan, Harput cürufu bütün katkılı çimentolarda kullanılabilir diyebiliriz. Katkı miktarı %30-40'a kadar kullanılabilir.

Kimyasal Özellikler

TS 24' e uygun olarak Elazığ Altınova Çimento fabrikasında yaptırılan deneylerde örneklerin hammaddeye uygun olup olmadığının belirlenmesi aşamasında, mukavemet deneylerine ilave olarak örneklerin kimyasal özelliklerinde belirlenmesi gerekmektedir. Buna göre öğütülmüş örneklerin elektron spektrometrede (ICP) yapılan kimyasal analiz sonuçları Tablo 5.4'de verilmiştir.

Genel olarak cürufların kimyasal bileşimi;

SiO₂ < %50

Al₂O₃ > %15

FeO > %4

MgO > %5

CaO ~% 10

Tablo 5.4: Piroklastitlerde deneyleri yapılan örneklerin kimyasal analiz sonuçları

	Ç-1	Ç-2	Ç-3	Ç-4	Ç-5	Ç-6	Ç-7	E-8
SiO ₂	45,70	50,13	46,93	46,10	48,72	47,01	47,38	46,35
Al ₂ O ₃	16,20	16,04	15,55	15,90	16,44	15,92	16,11	15,68
Fe ₂ O	9,80	9,57	9,10	9,50	12,22	9,25	12,22	9,55
MgO	7,65	6,37	8,65	8,35	4,72	8,40	5,32	8,38
CaO	8,98	8,12	9,60	9,20	10,60	9,35	11,44	9,30
Kızdırma kaybı	2,05	1,55	2,10	1,95	1,27	1,80	1,94	1,92
Tayin edilemeyen	9,62	8,72	8,07	9,0	6,03	8,27	5,49	8,82

Bizim deney sonuçlarımıza baktığımızda SiO₂ değerleri %45-50, Al₂O₃ değerleri %15-16, FeO 9-12, MgO %5-9, CaO %8-10, arasında olup genel olarak cürufkların kimyasal özellikleriyle uyumlu olduğu görülmektedir.

Türkiye'deki çimento tipleri arasında en çok üretileni ve doğal olarak en çok kullanılan Katkılı çimentodur. Öyle bir duruma gelinmiştir ki bazen standart portland çimentosu bulabilmek dahi güç olmaktadır. Katkılı çimentonun standart portland çimentosundan en önemli üretim farkı, bu çimentoyu elde edebilmek için döner fırında pişirilerek hazırlanan klinkere, öğütölme esnasında ağırlıkça % 40'a varan puzolanik madde katılmasıdır.

Bulduğumuz bu dönemde, beton giderek artan bir oranda ve yaygın olarak kullanılan önemli bir yapı malzemesi durumundadır. Betonlu oluşturan ana malzemeler çimento, agrega, su, çok az bir miktar hava ve gerektiğinde kullanılan bazı katkı maddeleridir. Çimento, su ve agrega gibi ana malzemelerin herbirinin kalitesinin ve kullanıldıkları oranların betonların özelliklerine büyük etkisi vardır. Ancak gerek bağlayıcılık görevi yapmasından, gerek betonun dayanım, büzölme ve diğer önemli özelliklerini doğrudan etkilemesinden ve gerekse kullanılan malzemeler içerisinde en pahalı olması nedeniyle çimentonun özel bir önemi bulunmaktadır.

Türkiye'de değişik amaçlara yönelik beton elde edebilmek için, on iki değişik tip çimentonun üretimi ile ilgili Türk standartları bulunmaktadır. Ancak bu kadar değişik tür çimentonun çoğu özel istek olmadığı takdirde devamlı olarak üretilmemektedir. Elazığ çimento fabrikasında şu anda üretilen çimento çeşitleri PKÇ A32.5, PKÇB 32.5, PÇ 42.5'tur.

Çimento üretiminde maliyetin önemli bir kısmını killi ve kalkerli hammaddenin pişirilmesi ile elde edilen klinker oluşturmaktadır. Katkılı çimento üretiminde kullanılan klinker miktarı portland çimentosunda kullanılanlardan %19 daha az olabildiğine göre, bu çimentonun maliyeti de nisbeten daha az olmaktadır.

Genel olarak çimentoya puzolan katıldığı takdirde, katılan puzolan oranına bağlı olarak, ilk günlerdeki hidratasyon reaksiyonları daha yavaş yer alır ve açığa çıkan hidratasyon ısısı daha

az olur; priz süresinde bir miktar gecikme olur, ilk günlerde dayanım kazanma hızı daha azdır. Ancak genel olarak %15 mertebesinde katılan puzolanik maddeler çimentoların yukarıdaki teknik özelliklerini çok fazla etkilememektedir (Erdoğan, 1993).

5.6 Puzolan Kullanımının Ekonomik Faydası

Ülkemizde çimento fabrikalarının büyük bir kısmı katkılı çimentolar üretir. Elazığ'da bulunan Elazığ Altınova çimento fabrikası da %6-20 ve %21-35 oranında katkı içeren çimento çeşitleri üretmektedir.

Fabrika yetkililerinin verdiği bilgiler, katkı miktarı arttıkça maliyetin düştüğünü göstermektedir.

Cürufu fabrika teslimi 2.5 YTL/ ton veya günün ABD doları kuruyla 1.85\$ /Ton fiyata alan Elazığ Altınova Çimento fabrikasının çimento satış fiyatları şöyle verilmiştir (2005).

Klinker: 70 YTL

Cüruf: 2.5 YTL

Alçıtaşı : 20 YTL

Çimento cinsi	Satış fiyatı
PKÇ A 32.5	70 % 75 klinker 52.5 YTL 20 % 5 Alçı taşı 1 YTL 2.5 % 20 Cüruf 0,5 YTL 54 YTL/ton
PKÇ B 32.5	70 % 60 klinker 42 YTL 20 % 5 Alçı taşı 1 YTL 2.5 % 35 cüruf 8.75YTL 43.875 YTL/ton
PÇ42.5	70 % 95 klinker 66.5 YTL 20 % 5 alçıtaşı 1 YTL 67.5 YTL/ton

Burada PKÇ A32.5 çimentosunda %20, PKÇ B 32.5'da %35 cüruf mevcuttur. Dolayısıyla katkısız çimento %20 katkılı PKÇ A32.5 çimentosundan $67.5-54=13.5$ YTL/ton, %35 katkılı PKÇ B 32.5 çimentosundan $67.5-43.875=23.625$ YTL/ton daha yüksek satış fiyatına sahiptir.

Puzolan katkısı bina inşaatlarında da ekonomik fayda sağlamaktadır. Ancak asıl büyük fayda kütle betonları ve baraj gövdeleri gibi büyük yapılarda sağlanabilir.

Betonda puzolan kullanımının ekonomiye katkısının Çubuk 1 barajı üzerinde incelenmesi yapılmıştır. Ülkemizde yapılan ilk baraj ünvanını taşıyan Çubuk 1 barajı, 1930'lu yıllarda Ankara'nın 12 km kuzeyinde Çubuk çayı üzerinde inşa edilmiştir. İçme ve kullanım suyu, sanayi suyu ve taşkın kontrolü amacıyla inşa edilen baraj yıllık 3 hm^3 içme suyu sağlamakta ve Ankara Akköprü civarının taşkın kontrolünü sağlamaktadır.

Barajın gövde kısmı beton ağırlık tipinde inşa edilmiştir. Gövde hacmi ise; 120.000 m^3 tür.

Gövde betonun 300 doz çimento içerdiği düşünülürse;

$120.000 \times 0.300 = 36.000$ ton çimento kullanıldığı sonucu elde edilir.

Eğer bu baraj silindirele sıkıştırılmış beton metoduyla inşa edilmiş olsaydı, betonun çimento dozu 150 kg/m^3 olacaktı. Bu durumda kullanılan çimento miktarının yarısı yerine puzolan kullanılacaktı. Çimento fabrikası yetkililerinin vermiş olduğu fiyatlarla kıyaslama yapılacak olursa;

1 m^3 betonda 150 kg çimento maliyeti 7.43&

1 m^3 betonda 150 kg puzolan maliyeti 0.15&

1 m^3 beton için $7.43-0.15=7.28$ &

Toplam gövde için; $120.000 \times 7.28 = 873.600$ gibi yüksek bir miktarda ekonomik fayda sağlanacaktı.

Cürufllu çimentoların hidrasyon ısıları azdır. Asit ve zararlı sulara karşı dayanımları nisbeten yüksektir. Bu bakımdan kütle betonunda kullanılmaya uygunluk gösterirler.

Cürufllu çimentoda kalsiyum sülfürün betonarme demirini etkilediği görüldüğünden bu bileşkenin miktarının sınırlı olması tavsiye edilmektedir (Dallı, 1982).

Cürufllu Çimentoların Sağladığı Faydalar

1-Kimyasal mukavemette önemli bir artış sağlar. Bu sebeple cürufllu çimento her türlü zararlı suların tesirine karşı dayanıklıdır.

2-Cüruf çimentolarda priz esnasında oluşan ısı miktarı normal portland çimentosuna nazaran çok daha azdır. Bu sebeple baraj inşaatları gibi büyük kütle betonu imalinde kullanılmaya son derece elverişlidir.

3-Bu çimentolarla geçirimsizliği daha az olan beton imal etmek mümkündür.

4-Cüruf çimento ile imal edilen betonlar donma tesirine karşı büyük mukavemet gösterirler.

5-Puzolanlı betonlar şişme göstermezler.

Cürufun Yapılarda Sağladığı Avantajlar

- Şok emici özelliğiyle depreme karşı dayanıklı olması
- Hafifliği nedeni ile temelde daha ucuz maliyet ve demir kullanımı
- Yüksek yangın dayanıklılığından dolayı daha güvenli olması
- Yüksek termal dayanıklılığından dolayı ısıtma ve soğutmada daha az harcama
- Maksimum ses izolasyonu sebebiyle kullanılan mekanda konfor
- Sıvaya iyi yapışır.
- Kolay işçilik nedeni ile daha düşük maliyet
- Buzlanmaya dayanıklı olması ve donma meydana geldiğinde zarar görmemesi

SONUÇLAR

1- İnceleme alanında yaşlıdan gence doğru: Senoniyen yaşlı Elazığ Magmatitleri, Maestrihtiyen yaşlı Harami Formasyonu, Orta-Üst Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu, Alt Pliyosen yaşlı Elazığ Volkanitleri yüzeylemektedir.

2- Elazığ Magmatitleri inceleme alanında granit, gabro, diyabaz, (dolerit), bazalt gibi kayalarla temsil edilmektedir.

3- Elazığ Magmatitlerini uyumsuz olarak örten Kırkgeçit Formasyonu konglomera, kumtaşı, masif kireçtaşı, masif kumtaşı ve marndan meydana gelmiştir.

4- Kendisinden yaşlı birimleri uyumsuz olarak örten Elazığ Volkanitleri inceleme alanında lav akıntıları ve piroklastitlerden meydana gelmiştir.

5- Elazığ Volkanitlerinden alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları volkanizmanın kıtasal levha içi ortamda geliştiğini ve alkali karakterde olduğunu gösterir.

6- Pozolanik maddelerin özelliği yüksek miktarlarda SiO_2 ve Al_2O_3 içermeleridir. Bu nedenle Ca(OH)_2 ile tepkimeleri kolaydır. Bu yüzden bağlayıcı özellik gösterirler.

7- Ülkemizde çimento sanayiinde doğal pozolanik katkı maddesi olarak bazik nitelikli volkanik işlevlerin bir ürünü olarak oluşan doğal cüruflar yaygın olarak kullanılmaktadır. Çimento maliyetlerinin düşmesi açısından katkı maddelerinin yüksek oranda katılabilir kalitede olmaları önemlidir.

8- Pozolanik aktivite deney sonuçlarına göre basınç dayanımı bütün numuneler için 4 N/mm^2 'inin üzerinde olduğundan Harput cürufu bütün katkılı çimentolarda katkı miktarı %30-40'a kadar kullanılabilir

KAYNAKLAR

- Akarsu, E.E., 1998, Şişman köyü (Malatya) çevresindeki magmatik kayaçların petrografik özellikleri: Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enst., 40 s.
- Akgül, B., 1993, Piran köyü (Keban) çevresindeki magmatik kayaçların petrografik ve petrolojik özellikleri: Doktora tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enst., 125s.
- Akgül, M., 1987, Baskil (Elazığ) granitoidinin petrografik ve petrolojik incelenmesi: Yüksek lisans tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enst., 60s. (yayınlanmamış)
- Akgül, M., 1991, Baskil (Elazığ) granitoidinin petrografik ve petrolojik özellikleri: Yerbilimleri Geosound, 18, 67-78
- Asutay, H.J., 1985, Baskil (Elazığ) çevresinin jeolojik ve petrografik incelenmesi . A.Ü. Fen Bilimleri Enst., Doktora tezi, (yayınlanmamış)
- Asutay, H.J., 1988, Baskil (Elazığ) çevresinin jeolojisi ve petrografik incelenmesi. MTA Dergisi, 107.
- Avşar, N., 1983, Elazığ yakın kuzeybatısında stratigrafik ve mikropaleontolojik araştırmalar: Doktora tezi, F.Ü.Fen Bilimleri Ens., Elazığ
- Aydar, E., 2001, Magmatik Süreçlerin Modellenmesi, Boztuğ, D. Ve Otlı, N., (editörler), 2001, Magmatik Petrojenez Tubitak Lisans Üstü Yaz Okulu , 7-12 Haziran 2001, Akçakoca-Düzce, 82-99
- Baykendi, O., 1998., Tadım, Dedeyolu, Badempınarı (Elazığ) köyleri çevresinin jeolojisi ve magmatik kayaçlarının petrografik özellikleri. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enst., Yüksek Lisans Tezi (yayınlanmamış), 71s., Elazığ
- Bingöl, A. F. ve Beyarlan, M., 1995, Elazığ Magmatitleri'nin jeokimyası ve petrolojisi. KTÜ 30. yıl sempozyumu bildiri özleri s.15.
- Bingöl, A. F., 1982, Elazığ-Pertek-Kovancılar arası volkanik kayaçların petrografik ve petrolojik incelenmesi: F.Ü. Fen Fak. Derg. 1,9-21.
- Bingöl, A. F., 1984, Geology of the Elazığ area in the eastern Taurus region: Int. Symp. On the geology of the Taurus Belt, Bildiriler, 209-216, Ankara
- Bingöl, A.F., 1988, Petrographical and petrological features of the intrusive rocks of Yüksekova complex in the Elazığ region (Eastern Taurus-Turkey). Jour. Fırat Univ. 312, 1-17
- Boybay, M., 1979, Çimentolardan Elde Edilen Betonların Dehidratasyon ve Rehidratasyonları İle Dayanımları Arasındaki Bağlantılar. Elazığ
- Boztuğ, D. ve Otlı, N., (editörler), 2001, Magmatik Petrojenez Tubitak Lisans Üstü yaz Okulu, 7-12 Haziran 2001, Akçakoca-Düzce, 139-158.

- Dallı, M., (1982), Çimento hammaddeleri ve açık ocak işletmeciliği. Türkiye çimento sanayii T.A.Ş. Genel Müdürlüğü. Ankara.
- Dursun, Ö.F., 2002, Değişik cins puzolan katkı içeren çimentolarla üretilen betonlarda donatı dayanıklılık değişiminin incelenmesi: Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enst., 78 s.
- Erdoğan, T., (1993), Endüstriyel atıkların inşaat sektöründe kullanılabilirliğinin sempozyumu. İMÖ Ankara şubesi.
- Erdoğan, T., 1975, Gölbaşı yöresinin jeolojisi. TPAO Arşivi Rap. No.229 (yayınlanmamış)
- Harker, A., 1909, The natural history of igneous rocks. New York. Macmillian.
- Hempton, M.R and Savcı., 1982, Petrological and Structural features of the Elazığ complex, Bull. Geol. Soc. Turkey, 2512, 143-150.
- İnceöz, M., 1994, Harput (Elazığ) yakın kuzeyi ve doğusunun jeolojik özellikleri. Doktora tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enst., 112s.
- Irvine, T.N and Baragar, W.R.A., 1971, A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Can. J. Earth Sci., 8:523-548
- Ketin, İ., 1966, Anadolu'nun tektonik birlikleri. MTA Enst. Derg., 71, 129-134, Ankara.
- Le Maitre, R.W., Bateman, p., Dudek, A., Keller, J., Lameyre, J., Le Bas, M. J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Woolley, A.R and Zanettin, B., 1989, A classification of igneous rocks and glossary of terms. Blackwell, Oxford.
- Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Çimento hammaddeleri ve Yapı Malzemeleri Çalışma Grubu Raporu 1996, Ankara, DPT. TP 884
- Mason, B. and Moore, C.B., 1982, Principles of Geochemistry. John Wiley and Sons, Hong Kong, 344 p
- Naz, H.,1979, Elazığ-Palu dolayının jeolojisi. TPAO Rap No.1360, (yayınlanmamış)
- Özdemir, B., 1973, Çimento Teknolojisi. Türkiye Çimento Sanayii T.A.Ş Ankara.
- Özdoğanlar, O., 1988, Beton Teknolojisi. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Yayınları. Ankara
- Perinçek, D., 1979a, Palu-Karabegon-Elazığ-Sivrice-Malatya alanının jeolojisi ve petrol imkanları. TPAO Arşivi Rap No.1361
- Perinçek, D., 1979b, The geology of Hazro-Korudağ-Çüngüş-Maden-Ergani-Hazar-Elazığ-Malatya area: Guid Book, TJK yayını, 17s.
- Rollinson, H.R., 1993, Using geochemical data:Evaluation, presentation, interpretation. Longman Scientific and Technical, Newyork, 352p.

- Sağıroğlu, A., 1986, Kızıldağ-Elazığ cevherleşmelerinin özellikleri ve kökeni: Jeo. Müh. Deg., 29, 5-13
- Şahin, A., 1995, Elazığ yöresinde mevcut puzolanik katkı maddelerinin çimento ve beton üretiminde kullanılabilirliğinin araştırılması: Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 46 s.
- Şaşmaz, A. Ve Sağıroğlu, A., 1990, Billurik Dere (Elazığ) cevherleşmelerinin özellikleri ve kökeni : M.T.A. Derg., 110, 45-84
- Şaşmaz, A., 1987, Billurik Dere (Elazığ) cevherleşmelerinin özellikleri ve kökeni: Yüksek lisans tezi, F.Ü. Fen Bil. Enst., 63s (yayınlanmamış).
- Taşkın, A.H.,1999, Harput (Elazığ) yakın kuzeyindeki Elazığ Magmatitlerinin petrografik ve jeokimyasal özellikleri 59 s.
- Tuna, E., 1979, Elazığ-Palu-Pertek bölgesinin jeolojisi, TPAO Rap.
- Turan, M., 1984, Baskil-Aydınlar (Elazığ) yöresinin stratigrafisi ve tektoniği: Doktora tezi, F.Ü.Fen Bilimleri Enst. (yayınlanmamış), 180s.
- Turan, M., Aksoy, E., Bingöl, A.F. ve Beyarslan, M., 1995, Elazığ Magmatitlerinin jeokimyası ve petrolojisi. K.T.Ü 30. Yıl Sempozyumu, Bildiri metinleri, Trabzon.
- Turan, M., Aksoy, E., Bingöl, A.F., 1993, Doğu Toroslar'ın jeodinamik evriminin Elazığ civarındaki özellikleri. H.Ü. Yerbilimleri'nin 25. yılı sempozyumu, 15-18 Kasım, Ankara.
- Wilson, M., 1989, Igneous Petrogenesis Unwin Hyman, London, p.456.
- Winchester, J.A. and Floyd, P.A., 1977, Geochemical magma type discrimination: Application to altered and metamorphosed basic igneous rocks. Earth Planetary Sci. Lett., vol.28, p. 459-469.
- Wood, D.A., 1980, The application of a TH-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province. Earth Planet. Sci. Lett., 50, 11-30.
- Yapıcı, S., 2002, Elazığ yöresindeki agrega ve çimento malzemesi ile üretilebilecek betonlarda mevcut katkı malzemelerinin uygunluğunun araştırılması: Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enst.
- Yazgan, E., 1983, A Geotraverse between the Arabian Platform and the Munzur nappes: International Symposium on the geology of the Taurus Belt, Guide Book for Excursion. Ankara.

- Yazgan, E., 1984, Geodynamic evolution of the Eastern Taurus region (Malatya-Elazığ area, Turkey). In Tekeli, O. And Göncüoğlu, M.C., Geology of the Taurus Belt. İnt. Symp. Proceedings, 199-208.
- Yazgan, E.,1981, Doğu Toroslarda etkin bir paleokıta kenarı etüdü (Üst Kretase-Orta Eosen), Malatya-Elazığ, Doğu Anadolu, Yerbilimleri, 7, 83-104, Hacettepe Üniv.

ÖZGEÇMİŞ

Esen Özbulut, Elazığ'da doğdu. İlk ve orta dereceli okulları Elazığ'da bitirdi. Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünden 2002 yılında Jeoloji mühendisi olarak mezun oldu.