

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KATRANDAĞ (EMET-KÜTAHYA) Pb-Zn-Ag**  
**CEVHERLEŞMESİNİN JEOLOJİSİ VE**  
**JEOKİMYASI**

**Cem ÇAKAN**

**Şubat, 2015**  
**İZMİR**

**KATRANDAĞ (EMET-KÜTAHYA) Pb-Zn-Ag  
CEVHERLEŞMESİNİN JEOLojİSİ VE  
JEOKİMYASI**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ekonomik Jeoloji Programı**

**Cem ÇAKAN**

**Şubat, 2015**

**İZMİR**

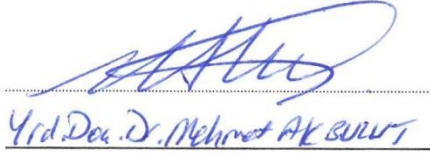
## YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

CEM ÇAKAN, tarafından DOÇ. DR. TOLGA OYMAN yönetiminde hazırlanan “KATRANDAĞ (EMET-KÜTAHYA) Pb-Zn-Ag CEVHERLEŞMESİNİN JEOLJİSİ VE JEOKİMYASI” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

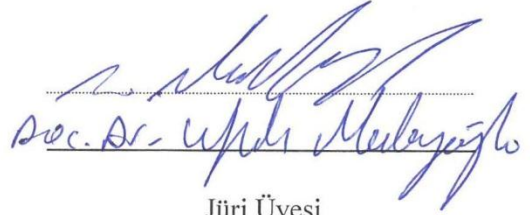


Doç. Dr. Tolga OYMAN

Yönetici



Jüri Üyesi



Jüri Üyesi



Prof. Dr. Ayşe OKUR

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

## TEŞEKKÜR

Çalışmalarım ve lisans dönemimden bu yana kadar gelen öğretim hayatım sırasında her zaman desteğini hissettiğim, tez danışmanım Doç. Dr. Tolga OYMAN'a öğrettiği bilimsel metodların yanı sıra, sabır ve anlayışından dolayı teşekkür ederim.

Tüm çalışmaları beraber yürüttüğüm Hüseyin Burak GÖKTAŞ'a teşekkür ederim

Cem ÇAKAN

# **KATRANDAĞ (EMET-KÜTAHYA) Pb-Zn-Ag CEVHERLEŞMESİNİN JEOLJİSİ VE JEOKİMYASI**

## **ÖZ**

Çalışma alanı Menderes Masifi'nin kuzeyinde, Kütahya ilinin Simav ilçesine bağlı Katrandağ Mahallesi'nin çevresinde yer alır. Katrandağ Pb-Zn-Ag cevherleşmesi Eğrigöz Plutonu içerisinde yer alan pluton içi damar ve skarn tipi bir cevherleşmedir.

Çalışma alanındaki stratigrafik istif alttan üste doğru Paleozoik yaşlı Metamorfikler, Mesozoyik yaşlı kimyasal tortullar, Miyosen yaşlı Eğrigöz Plutonu, Neojen yaşlı volkano-sedimenter seriler ve Kuvaterner yaşlı Alüvyon şeklindedir.

Eğrigöz Plutonu'nun soğuma yaşı U-Th-Pb zirkon analizlerine göre Alt Miyosen'dir.

Katrandağ Pb-Zn-Ag cevherleşmesinin konak kayaları sırasıyla Eğrigöz Plütunu, Simav Metamorfiklerine ait şistler ve Balıkbaşı Formasyonuna ait dolomitik kireçtaşıdır. Birbiri ile uyumsuz dokanağa sahip Simav Metamorfiklerine ait Şistler ve Balıkbaşı Formasyonuna ait dolomitik kireçtaşı çalışma alanında Eğrigöz Plütunu üzerinde çatı askısı şeklinde bulunmaktadır. Bu üç farklı birimde, Plütun içinde ince sülfidli damar/ damarcık tipi cevherleşme, şist ve dolomitik kireçtaşından oluşan çatı askısı ile granitoid dokanağında az oranda gelişmiş mineralize skarn kontağı ve bunun üzerinde çatı askısı içerisinde gelişmiş damar tipi cevherleşme gözlenmektedir. Plütun içerisinde ve ince skarn zonunda sülfidli gözlenen mineralizasyonun Pb-Zn-Ag cevherleşmesi açısından fakirken, Simav Metamorfiklerine ait Şistler ve Balıkbaşı Formasyonuna ait dolomitik kireçtaşından oluşan çatı askısı içerisinde gelişmiş damar tipi cevherleşmesinde zenginleştiği gözlenmektedir.

Katrandag Pb-Zn-Ag yatağındaki cevherleşmelerde, Mn oksit, pirit, galen, sfalerit, fahlerz grubu (Tetrahedrit-tenantit), hematit, kalkozin-kovellin, serüzit, manyetit ve götit, gang minerali olarak kuvars ve barit belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Menderes Masifi, Tavşanlı Zonu, Çatı askısı, Skarn, Eğrigöz plütunu, damar tipi cevherleşme

# **GEOLOGICAL AND GEOCHEMICAL INVESTIGATION OF KATRANDAĞ (EMET-KÜTAHYA) Pb-Zn-Ag MINERALIZATION**

## **ABSTRACT**

The study area is located in the North of Menderes Massif, around the Katrandağ quarter, which is bound to Simav district of Kütahya. Katrandağ Pb-Zn-Ag mineralization is a vein and skarn type mineralization in Eğrigöz Pluton.

The stratigraphic sequence in the study area is bottom-up in the form of Paleozoic aged metamorphic, Mesozoic aged chemical sedimentary, Miocene aged Eğrigöz Pluton, Neogene aged volcano-sedimentary series and quaternary alluviums.

According to U-Th-Pb zircon analyses the cooling age of Eğrigöz Pluton is early Miocene.

The station rocks of Katrandağ Pb-Zn-Ag mineralization are respectively Eğrigöz Pluton, schist belonging to Simav Metamorphic and dolomitic limestone belonging to Balıkbaşı Formation. Schist belonging to Simav Metamorphic and dolomitic limestone belonging to Balıkbaşı Formation that has incompatible contact with one another are located in form of roof pendant above Eğrigöz Pluton. In these three different units has been observed vein/veinlet type mineralization with thin sulfide in Pluton, slightly occurred mineralized skarn contact in granitoid contact and roof pendant that consists of schist and dolomitic limestone and above this vein type mineralization that occurred in roof pendant. It has been observed that with regards to Pb-Zn-Ag mineralization the mineralization with sulfide rises in vein type mineralization, which occurred in roof pendant that consists of schist belonging to Simav Metamorphic and dolomitic limestone belonging to Balıkbaşı Formation, while the mineralization in Pluton and thin skarn zone decreases.

In the mineralizations in Katrandağ Pb-Zn-Ag deposit Mn-oxide, pyrite, galena, sphalerite, fahlerz group (thetrahedrite-tennantite), hematite, chalcocite-covellite,

cerrusite, magnetite and goethite have been determined as ore minerals, quartz and barite have been determined as gangue minerals.

**Key words:** Menderes Massif, Tavşanlı Zone, roof pendant, Skarn, Eğrigöz Pluton, vein type mineralization

## İÇİNDEKİLER

|                                            | Sayfa |
|--------------------------------------------|-------|
| YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU ..... | ii    |
| TEŞEKKÜR.....                              | ii    |
| ÖZ .....                                   | iv    |
| ABSTRACT.....                              | vi    |
| ŞEKİLLER LİSTESİ .....                     | x     |
| TABLolar LİSTESİ.....                      | xii   |

## BÖLÜM BİR-GİRİŞ..... 1

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| 1.1 Çalışma Alanının Yeri.....     | 1 |
| 1.2 Çalışmanın Amacı .....         | 2 |
| 1.3 Yöntemler .....                | 2 |
| 1.3.1 Arazi Çalışmaları .....      | 2 |
| 1.3.2 Laboratuar Çalışmaları ..... | 3 |
| 1.3.3 Büro Çalışmaları .....       | 3 |
| 1.4 Önceki Çalışmalar .....        | 3 |

## BÖLÜM İKİ-ÇALIŞMA ALANININ JEOLojİSİ ..... 8

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| 2.1 Bölgesel Jeoloji .....                                | 8  |
| 2.2 Tektonik Ortam .....                                  | 13 |
| 2.3 Yerel Jeoloji .....                                   | 16 |
| 2.3.1 Menderes Metamorfikleri .....                       | 17 |
| 2.3.2 Budağan Kireçtaşı.....                              | 18 |
| 2.3.3 Dağardı Melanjı .....                               | 18 |
| 2.3.4 Simav Granitoidleri .....                           | 19 |
| 2.3.5 Miyosen Yaşlı Sedimanter ve Volkanik Kayaçlar.....  | 19 |
| 2.3.6 Pliyosen Yaşlı Sedimanter ve Volkanik Kayaçlar..... | 19 |
| 2.3.7 Naşa Bazaltları.....                                | 20 |
| 2.3.8 Alüvyon .....                                       | 20 |

|                                                  |           |
|--------------------------------------------------|-----------|
| <b>BÖLÜM ÜÇ-MADEN JEOLJİSİ.....</b>              | <b>21</b> |
| 3.1 Katrandag Pb-Zn-Ag Cevherleşmesi.....        | 21        |
| 3.2.1 Damar Tipi Cevherleşme .....               | 22        |
| 3.2.2 Skarn Tipi Cevherleşme .....               | 30        |
| 3.2.2 Plüton İçi Cevherleşme.....                | 30        |
| <b>BÖLÜM DÖRT-CEVHER PETROGRAFİSİ .....</b>      | <b>32</b> |
| 4.1 Galen .....                                  | 32        |
| 4.2 Pirit .....                                  | 34        |
| 4.3 Çinkoblend .....                             | 37        |
| 4.4 Fe-oksit .....                               | 38        |
| 4.5 Mangan/Mangan Oksit .....                    | 38        |
| 4.3 XRD.....                                     | 41        |
| <b>BÖLÜM BEŞ-JEOKİMYA.....</b>                   | <b>45</b> |
| 5.1 Eğrigöz Plütonunun Jeokimyası .....          | 45        |
| 5.2 Cevher Jeokimyası .....                      | 52        |
| <b>BÖLÜM ALTI- TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....</b>     | <b>61</b> |
| 6.1 Simav Grabeni Boyunca Cevherleşme.....       | 61        |
| 6.1.1 Karakoca Pb-Zn Cevherleşmesi .....         | 61        |
| 6.1.2 Arpaçukuru Pirit Bakır Cevherleşmesi ..... | 62        |
| 6.1.3 İnkaya Pb-Zn Cevherleşmesi .....           | 63        |
| 6.2 Katrandag Cevherleşmesi .....                | 63        |
| 6.2 Eğrigöz Plütonunun Jeokimyası .....          | 66        |
| 6.3 Cevher Jeokimyası .....                      | 67        |
| <b>KAYNAKLAR .....</b>                           | <b>68</b> |

## ŞEKİLLER LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 1.1 Çalışma alanının yeri. ....                                                                                  | 1  |
| Şekil 2.1 Batı Anadolu'daki magmatik-volkanik kayaların dağılımını gösteren<br>genelleştirilmiş jeoloji haritası. .... | 10 |
| Şekil 2.2 Batı Anadolu magmatizmasının tektonik aktivitelerle zamansal ilişkisi. ...                                   | 14 |
| Şekil 2.3 Çalışma alanının farklı araştırmacılara göre stratigrafik kolon kesiti. ....                                 | 16 |
| Şekil 2.4 Çalışma alanının jeolojik haritası. ....                                                                     | 17 |
| Şekil 3.1 Çalışma alanındaki cevherleşmenin şematik kesiti. ....                                                       | 21 |
| Şekil 3.2 Barit ve Fe-Oksit içeriği yüksek cevher örneği. ....                                                         | 23 |
| Şekil 3.3 Zenginleşme zonuna ait arazi fotoğrafı. ....                                                                 | 24 |
| Şekil 3.4 Sondaj çalışmalarında kesilen yüksek oksitli cevher damarı. ....                                             | 24 |
| Şekil 3.5 Pb-Oksit içeriği yüksek cevher örneği. ....                                                                  | 25 |
| Şekil 3.6 Sementasyon zonuna ait arazi fotoğrafı. ....                                                                 | 25 |
| Şekil 3.7 Sementasyon zonuna ait arazi fotoğrafı. ....                                                                 | 26 |
| Şekil 3.8 Arazinin orta kesimlerindeki cevher damarı. ....                                                             | 26 |
| Şekil 3.9 Sementasyon zonuna ait cevher damarının arazi kesiti. ....                                                   | 27 |
| Şekil 3.10 Çalışma alanının jeoloji haritası ve cevherli zonların dağılımı. ....                                       | 29 |
| Şekil 3.11 Skarn cevherleşmesi. ....                                                                                   | 30 |
| Şekil 3.12 Plüton içerisinde gelişen ağsı cevherleşme. ....                                                            | 31 |
| Şekil 4.1 P-3 Nolu örneğe ait mikroskop fotoğrafları. ....                                                             | 33 |
| Şekil 4.2 P-3 Nolu örneğe ait mikroskop fotoğrafları. ....                                                             | 34 |
| Şekil 4.3 P-5- Nolu örneğe ait mikroskop fotoğrafları. ....                                                            | 35 |
| Şekil 4.4 P-11 Nolu örneğe ait mikroskop fotoğrafları. ....                                                            | 36 |
| Şekil 4.5 P-5-1 Nolu örneğe ait mikroskop fotoğrafları. ....                                                           | 37 |
| Şekil 4.6 P-8 Nolu örneğe ait mikroskop fotoğrafları. ....                                                             | 39 |
| Şekil 4.7 P-6 Nolu örneğe ait mikroskop fotoğrafları. ....                                                             | 40 |
| Şekil 4.8 P-4 Nolu örneğe ait mikroskop fotoğrafları. ....                                                             | 41 |
| Şekil 4.13 C-1 örneğinin XRD analizi. ....                                                                             | 42 |
| Şekil 4.14 C-1 örneğinin XRD-THETA değerleri. ....                                                                     | 42 |
| Şekil 4.15 C-2 örneğinin XRD analizi. ....                                                                             | 43 |

|                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 4.16 C-2 örneğinin XRD-THETA değerleri. ....                                                           | 43 |
| Şekil 4.17 C-3 örneğinin XRD analizi. ....                                                                   | 44 |
| Şekil 4.18 C-3 örneğinin XRD-THETA değerleri ....                                                            | 44 |
| Şekil 5.2 Eğrigöz Graniti'ne ait örneklerin sınıflaması. ....                                                | 48 |
| Şekil 5.3 Eğrigöz Graniti tektonik ayırım diyagramlarında gösterimi. ....                                    | 48 |
| Şekil 5.4 Eğrigöz Graniti SiO <sub>2</sub> 'ye karşı seçilmiş major element harker diyagramlar               | 49 |
| Şekil 5.5 Granite ait örneklerin kondirite göre normalize edilmiş iz element dağılım<br>diyagramları. ....   | 51 |
| Şekil 5.6 Granite ait örneklerin ilksel mantoya göre normalize edilmiş iz element<br>dağılım diyagramı. .... | 51 |
| Şekil 5.6 Au için oluşturulan dağılım haritası. ....                                                         | 55 |
| Şekil 5.7 Ag için oluşturulan dağılım haritası. ....                                                         | 56 |
| Şekil 5.8 Pb için oluşturulan dağılım haritası. ....                                                         | 57 |
| Şekil 5.9 Zn için oluşturulan dağılım haritası. ....                                                         | 58 |
| Şekil 6.1 Simav Grabeni içerisinde gelişen cevherleşmelerin genetik modellemesi .                            | 61 |

## TABLÖLAR LİSTESİ

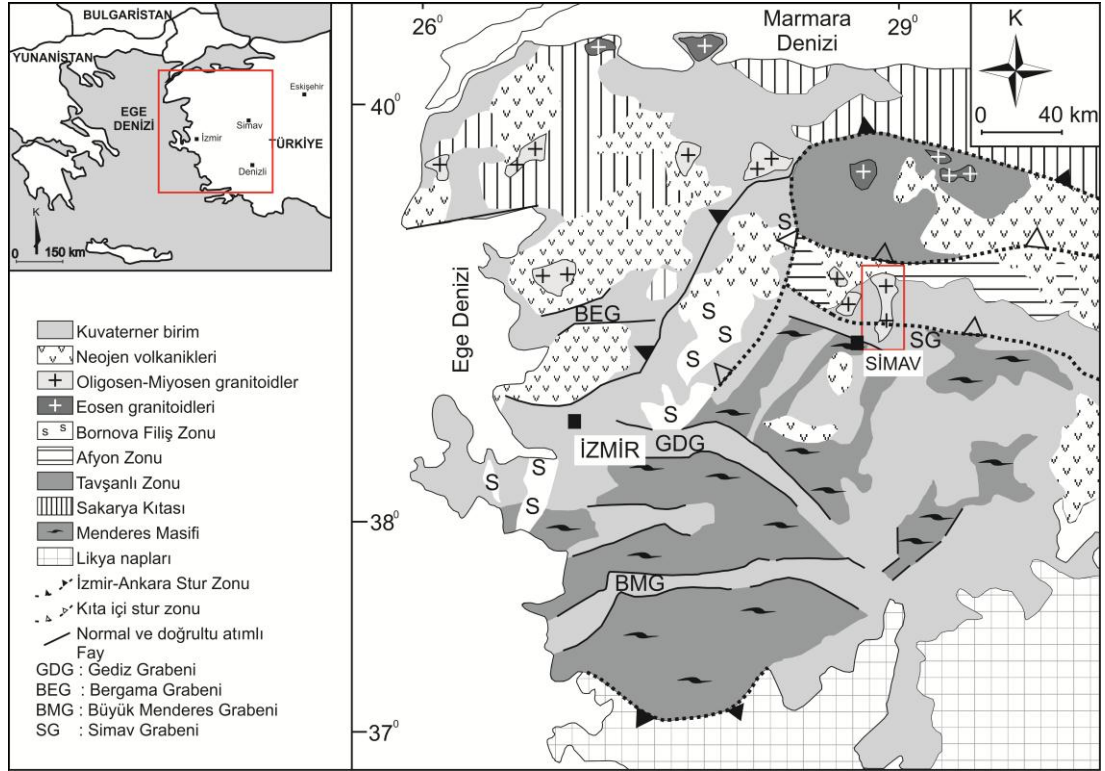
|                                                                                            | <b>Sayfa</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Tablo 2.1 Batı Anadolu'daki magmatik-volkanik kayaların yaş tablosu.....                   | 11           |
| Tablo 5.1 Eğrigöz plütonuna ait örneklerin jeokimya analizleri.....                        | 46           |
| Tablo 5.2 Eğrigöz plütonuna ait örneklerin jeokimya analizleri.....                        | 47           |
| Tablo 5.3 Cevher örneklerine ait jeokimya analizleri.....                                  | 53           |
| Tablo 5.4 Cevher örneklerine ait jeokimya analizleri.....                                  | 54           |
| Tablo 5.5 Korelasyonlara göre element birliktelikleri. ....                                | 59           |
| Tablo 5.6 Z-skor korelasyon tablosu.....                                                   | 59           |
| Tablo 5.7 Z-skor korelasyon tablosu.....                                                   | 60           |
| Tablo 6.1 Batı Anadolu'daki bazı önemli Pb-Zn-Cu-Ag-Fe yataklarının tipik özellikleri..... | 64           |

## BÖLÜM BİR

### GİRİŞ

#### 1.1 Çalışma Alanının Yeri

Çalışma Alanı, Batı Anadolu'nun orta kesimlerinde bulunan, yaklaşık 550 km<sup>2</sup>'lik bir mostra veren ve en büyük magmatik sokulumlarından biri olan Eğrigöz plutonunun üzerinde yer almaktadır. Kütahya'nın Emet ilçesine bağlı olan Kabaklar ve Katrandağ köylerinde bulunmaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Çalışma alanının yeri. (Hasözbeek ve diğer., 2010'dan değiştirilerek)

1/25000 ölçekli Türkiye topoğrafik haritalarına göre Katrandağ bölgesindeki Pb-Zn-Ag cevherleşmesi j22-a4 paftasında yer almaktadır.

Köylerden bağlı oldukları ilçelere asfalt yollar ile köylerden çalışma alanına ise orman yolları ile ulaşılmaktadır. Arazi çalışmaları için en uygun zamanın Nisan-Ekim arası olduğu bölgede karasal iklim hakimdir.

## **1.2 Çalışmanın Amacı**

Eğrigöz plütununun orta kesimlerinde yer alan Katrandağ (çatı askısında) yöresinde gerçekleştirilen çalışmanın amacı, bölgede bulunan cevherleşmenin mineraloji, parajenez ve jeokimyasını ortaya koymak, cevherleşmenin oluşum koşullarını saptamak veya yorum getirmektir.

Güral Porselen Madencilik Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi'nin ruhsat sahibi olduğu bölgede sondaj çalışmaları ve kaya analizleri yapılmıştır. Varolan cevherleşmeyi geliştirmeye yönelik yapılan bu çalışmalar da bu yüksek lisans tezi ile değerlendirilmiş olacaktır. Maden sahasının tamamının jeolojisinin ve jeokimyasının detaylı olarak incelenmesi hedeflenmiştir.

## **1.3 Yöntemler**

“Katrandağ (Emet-Kütahya) Pb-Zn-Ag Cevherleşmesinin Jeolojisi ve Jeokimyası” konulu yüksek lisans tezinin hazırlanması amacıyla yapılan çalışmalar arazi çalışmaları, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere üç aşamada gerçekleşmiştir.

### **1.3.1 Arazi Çalışmaları**

Genel literatür taramasından sonra, çalışma alanının jeolojik özelliklerini ortaya koymak ve bölgesel jeoloji içindeki konumunu belirlemeye yönelik arazi çalışmaları yapılmıştır. Arazi çalışmaları Ekim 2011 tarihinde başlamıştır. Aralık 2011 ve Şubat 2012 tarihleri arasında hava koşulları nedeniyle ara verilen çalışmalar Mart 2012 tarihinde sonlanmıştır.

Ruhsat sahası ve çevresinde bölgenin jeolojik özellikleri incelenmiştir. Bu kapsamda bölgenin 1/1000 ölçekli jeolojik haritası yapılmıştır. Bu harita topoğrafik harita üzerine, ilk aşamada yüzlek veren birimler işlenerek oluşturulmuştur. Daha sonraki aşamada ise jeolojik yorumlar yapılarak harita detaylandırılmıştır ve

bölgedeki kayaç türleri, stratigrafik dizilimleri, yapısal özellikleri ve baritli kurşun-çinko cevherleşmelerinin dağılımları saptanmaya çalışılmıştır.

Bu çalışma esnasında laboratuvar çalışmaları için kaya örnekleme de yapılmıştır.

### **1.3.2 Laboratuvar Çalışmaları**

Arazi çalışmaları sırasında alınan kaya örnekleri petrografik ve jeokimyasal incelemeler yapılamak amacıyla kullanılmıştır. Petrografik çalışmalar amacıyla Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Sıvı Kapanım Laboratuvarı'nda parlak kesitler hazırlanmış ve üstten aydınlatmalı polarizan mikroskop altında incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda parajenez ve dokular ortaya konmaya çalışılmıştır.

Jeokimyasal inceleme amacıyla 62 adet kaya örneğine Au-AA23, ME-MS41 ve ME-ICP41 analizleri ALS İzmir Laboratuvar'nda yapılmıştır.

### **1.3.3 Büro Çalışmaları**

Arazi çalışmaları öncesinde Kütahya j22-a4 paftası içerisinde yer alan çalışma bölgesinin Netcad 4.0 ve MapInfo Professional 8 programları kullanılarak sayısal yükseklik modeli oluşturulmuştur. Yapılan arazi çalışmaları ile bölgenin 1/10000'lik jeoloji haritası MapInfo Professional 8 programı yardımı ile çizilmiştir.

Laboratuvar çalışmaları sonucunda da elde edilen kimyasal analiz veriler kullanılarak grafik ve tablolar oluşturulmuş ve yorumlanmıştır.

## **1.4 Önceki Çalışmalar**

Dora (1969) Bölgede ki çalışmasında, Menderes Masifi'ne ait gnaysların bu bölgeye kadar uzandığını, Eğrigöz ve Karakoca Plütonlarının çevrelerinde yayılım gösterdiğini savunmuştur. Araştırmacıya göre Eğrigöz Plütonu anateksitik bir plütondur ve örtü birimleri içine yükselerek sokulum yaptıktan sonra kristalleşmiştir.

Yazar aynı zamanda Karakoca Plütönu'nun da anateksitik bir plütönu olduğunu belirtmektedir.

Ercan ve Türkeran (1984) Batı Anadolu'da yayılım sunan plütönlarin Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik zamanlari içerisinde sokulum yaptığını ve I ve S tipi plütönlari olduğunu bildirmektedir.

Yılmaz (1997) Menderes Masifi'nin gerçek metamorfizmasını 35 M.y önce geçirdiğini bildirmektedir. Yazar, Eğrigöz ve çevresindeki plütönlarin Neotetis'in kapanması ve Anatolid-Torid ile Pontid Bloğu'nun çarpışması ile ilişkili olarak oluştuğunu savunmaktadır.

Delaloye ve Bingöl (2000) Batı ve Kuzeybatı Anadolu'daki granitoidleri yaşlarına göre sınıflandırmışlardır. Batı Anadoludaki granitoidlerin kuzeyden güneye gençleştğini ve en yaşlı granitlerin Kuzey Anadolu'da Kambriyen-Orta Jurasik yaşlı olduklarını, daha güneydeki genç granitlerde ise Geç Kretase-Geç Miyosen yaşta olduklarını bildirirler. Araştırmacılar K-Ar analitik verilerine dayanarak Eğrigöz Plütönu'nun  $20 \pm 0.7 - 24.6 \pm 1.4$  My yaş aralığında sokulum yaptığını bildirirler.

Özgenç ve İlbeyli (2008) Eğrigöz plütönünün kalk-alkalin ve I tipi plütönu olduğunu, plütönu sınıflandırmasında granit-granodiyorit arasında değiştiğini açıklamışlardır. Plütönu kimyasının ise alt kabuğa ait mafik bir kaynak kayanın ergimesi ile uyuştüğünü savunmaktadırlar.

Catlos, Jacob, Oyman ve Sorensen (2012) Eğrigöz, Koyunoba, Alaçam plütönlarina ilişkin yapmış oldukları çalışmada jeokimyasal ve jeokronolojik sonuçlar bildirmektedir. Plütönlara ait örneklerin büyük bir çoğunluğu jeokimyasal olarak granit-granodiyorit bileşiminde olup, silika içeriği % 60-80 aralığında değişmektedir. Eğrigöz plütönuna ait iki örnek dışında, Eğrigöz ve Alaçam plütönlarina ait örnekler magnezyen, Koyunoba plütönuna ait örnekler ferroan özelliktedir ( $Fe_2O_3/[Fe_2O_3+MgO]-SiO_2$  diyagramına göre). Plütönlara ait örneklerin büyük çoğunluğu MALI indeksine göre (*Modified Alkali-Lime Index*) kalkalkali özellikte iken; Eğrigöz plütönuna ait bir, Koyunoba plütönuna ait dört adet örnek

alkali-kalsik bileşimdedir. Bununla birlikte, plütonların artan SiO<sub>2</sub> miktarına karşın daha alkali bir bileşime sahip oldukları bildirilmektedir. Aluminyum doygunluk indeksi (ASI, Al/Ca-1,67+Na+K)- SiO<sub>2</sub> diyagramı kullanılarak, Eğrigöz plütonunun kuzey kontağına ait üç adet ve Alaçam plütonuna ait bir tane *metaluminalı* (ASI<1 ve moleküler Na+K<Al) örnek haricinde, plütonlara ait tüm örneklerin *peraluminalı* olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Peraluminalı kayaların ASI oranı 1'den büyük olmakla birlikte, bunların mafik kayaların aşırı sulu bir ortamda ergimesi ile oluşabileceği ihtimaline değinilmiştir. Rb-(Y+Nb) ve Rb-(Yb+Ta) diyagramında plütonların hepsi volkanik yay ortamının karakteristiklerini yansıtmaktadır. Yazarlar, başka araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda Eğrigöz plütonuna ait iz element karakteristiklerinin çarpışmayla eş yaylı ya da plaka içi koşulları yansıttığını, kendi araştırmalarıyla olan bu çelişkinin hidrotermal alterasyon, kristalleşme sırasında konak kayanın ergimesi, magma karışımı, yerleşim derinliği, kristal çökmesi ya da plütonizmanın tektonik ortam ve deformasyon olaylarına göre olan zamanlamasının sebep olabileceğini açıklamaktadır. Plütonlar, HNTE'ce zengin, ANTE'lerce tüketilmiş bir desen sergilemekte ve negatif Eu anomalisi göstermektedir. Yazarların plütonlara ait bildirdikleri jeokronolojik sonuçları şu şekilde özetlemek mümkündür. Eğrigöz plütonunun güneyinden alınan örnekteki zirkonlardan yapılan U<sup>238</sup>/Pb<sup>206</sup> yaşlandırması 22,3±1,1 My – 19,0±1,4 My'ı (ağırlıklı ortalama 20,4±0,5 My) kapsayan bir yaş aralığı, orta kısmından alınan örnekteki zirkonlar 20,8±0,4-22,7±2,0 My aralığında değişen Miyosen U<sup>238</sup>/Pb<sup>206</sup> yaşı (ağırlıklı ortalama olarak 20,8±0,4 My), kuzeyinden alınan örneğe ait zirkon ise 24,1±1,3-15,7±0,6 My aralığında Geç Oligosen-Orta Miyosen U<sup>238</sup>/Pb<sup>206</sup> yaşı vermiştir. Koyunoba plütonunun doğusundan alınan örnekteki altı adet zirkon 30,0±3,9-16,9±1,4 My aralığını kapsayan Erken Oligosen-Erken Miosen U<sup>238</sup>/Pb<sup>206</sup> yaşı, kuzeyinden alınan örnekteki zirkonlar 26,6±2,5-14,7±2,6 My arasında değişen Geç Oligosen-Miosen yaşı vermiştir. Alaçam plütonuna ait iki adet örnekten birincisi 25,3 ±1,5 My-20,7±2,1 My, ikincisi ise 20,7±2,1 My aralığında değişen U<sup>238</sup>/Pb<sup>206</sup> yaşı vermiştir.

Oyman ve diğer., (2012) Eğrigöz plütonunun kuzey kontağında bulunan Çatak ve Küreci yörelerindeki skarn tipi demir cevherleşmelerinin mineralojik, jeokimyasal ve petrolojik yönden incelemesini yapmış ve skarn sisteminin evrimi ve jenezini ortaya

koymayı amaçlamışlardır. Çatak'taki skarn tipi demir cevherleşmeleri, Sakari, Çavdarlık, Göğez, Katranlıyörelerinde, Küreci'deki Fe cevherleşmeleri ise Karataştepe ve Madentepe yörelerinde bulunmaktadır. Çavdarlık, Göğez, Katranlı yörelerindeki demir skarnların ilişkili olduğu cevherleşme baskın olarak sülfürlü fazlardan oluşmaktadır. Çavdarlık-Göğez-Katranlı yörelerindeki başlıca cevher minerali pirotin ve daha az miktarda manyetit, pirit, kalkopiritten oluşmaktadır. Arsenopirit, gersdorfit, melnikovit pirit, linnait, ilmenit ise aksesuar fazlar olarak bulunmaktadır. Yörede pirotin>manyetit cevherleşmesi ile ilişkili olan egzoskarn zonu büyük ölçüde klinopiroksen ( $\text{Di}_{43-53} \text{Hd}_{46-56} \text{Jh}_{1-2}$ ) ve daha az miktarda granat ( $\text{Adr}_{97-99}$ ) ve amfibolden (aktinolit-ferroaktinolit ve Mg hornblend) oluşmaktadır. Klinopiroksenin psödomorfik olarak amfibole dönüşümü, retrograt evrenin en yaygın alterasyonu olmakla birlikte, epidot, klorit ve prehnit damar/çatlak dolgusu olarak gözlenmektedir. Sakari yöresindeki skarnlaşma baskın manyetit cevheri içerişi ile Çatak'taki diğer demir skarnlarından ayrılmaktadır. Sakari manyetit skarnı, yüzlek vermeyen bir plütonik kayacın varlığında birbirini izleyen kırılma ve infiltrasyon süreci ile oluşmuştur. Yazarlar, Sakari yöresindeki Fe skarnının, zonlanma gösterdiğini ve merkezde masif cevher ile ilişkili olan iri kristalli piroksen-granatın baskın olduğu skarn zonunun bulunduğunu açıklamaktadır. Yazarlar, pirit ve pirotin içeren damarlardaki, hedenberjitik piroksen ve grossuların, retrograt evre başlangıcında indirgen ortam koşullarını yansıttığını açıklamaktadır. Sakari yöresindeki aksesuar cevher fazları, pirotin, kalkopirit, pirit ve ilmenittir. Madentepe (Küreci) yöresindeki esas cevher minerali manyetit olmakla birlikte, ilişkili olduğu skarnlaşma zonlu yapı göstermektedir (altere olmamış granodiorit, endoskarn, andradit-diopsit-manyetit skarn, manyetit, diopsit-vollastonit skarn ve rekristalize kireçtaşı). Karataş Tepe hidrotermal bir cevherleşme olup, esas cevher minerali spekülartitir. Pirotin, ilmenit, rutil, kalkopirit, pirit, götit ve siderit daha az miktarda bulunmaktadır. Karataş Tepe cevherleşmesindeki başlıca gang minerali kuvarstır.

Yazarlar, yapılan sülfür izotop çalışmaları sonucunda sistemdeki sülfürün magmatik kökenli olduğunu açıklamaktadır. Yapılan mikrotermometrik ölçümler sonucunda, Küreci yöresine ait granatlardaki kapanımların homojenleşme sıcaklığı ve tuzluluğu sırasıyla 306,5- >600°C ve %10,4-22,6 NaCl aralığında, Çatak yöresindeki

granatlara ait kapanımların sıcaklık ve tuzluluk değerlerinin 227->600°C ve %3,5-21,1 NaCl aralığında olduğu bildirilmiştir. Diopsit bileşeni baskın olan klinopiroksenlerin sıcaklık ve tuzluluk aralıkları ise sırasıyla 424->600°C ve %6,2-10,6 NaCl 'dir.

## **BÖLÜM İKİ**

### **ÇALIŞMA ALANININ JEOLojİSİ**

#### **2.1 Bölgesel Jeoloji**

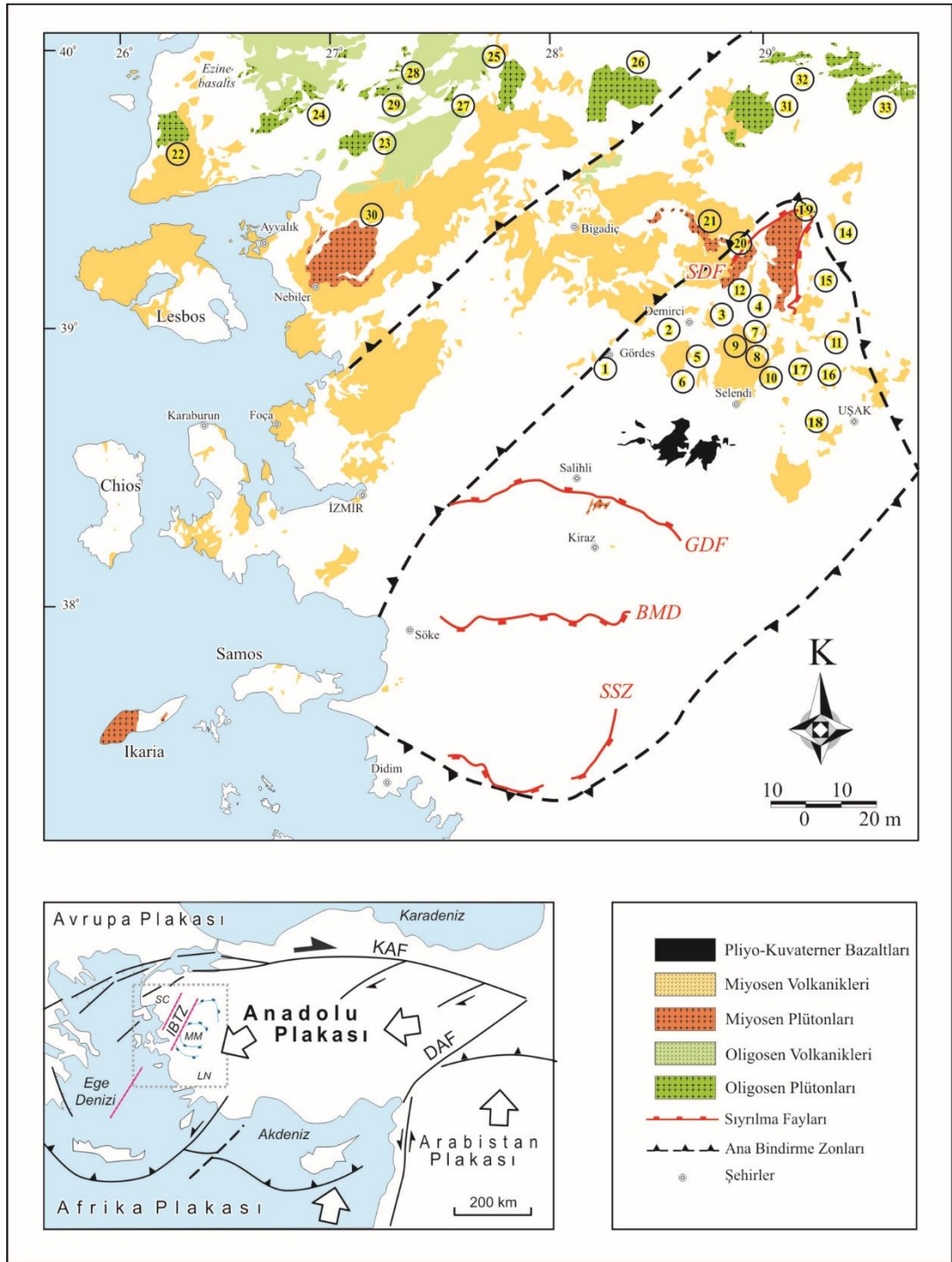
Batı Anadolu'nun jeolojik evrimi temel olarak Tetis Okyanusu'nun kalıntısı olan Paleotetis ve Neotetisin hareketleri tarafından kontrol edilmiştir. Neotetis Okyanusu, Geç Kretase-Tersiyer süresince, Avrasya ve Afrika plakalarının çarpışması sebebiyle yok olmuştur (Şengör ve Yılmaz, 1981). Neotetis'in kalıntısı olarak, İzmir-Ankara melanj zonu, Sakarya Zonu ve Anatolid-Torid bloğunu birbirinden ayırmaktadır. Paleosen granitoidlerinin Sakarya Zonuna, Menderes Metamorfik Çekirdek Kompleksine ve İzmir-Ankara melanj zonuna sokulum yapması, Doğu Akdeniz okyanus tabanının, Helen Hendeği boyunca dalması ile ilişkilidir (Delaloye ve Bingöl, 2000; Fytikas ve diğer., 1984; Pe-Piper ve Piper, 1989). Plakaların bu yaklaşması, K-KD yönünde, Ege ve Kıbrıs yaylarının sırasıyla batı ve doğu Akdeniz'de dalma batması ile meydana gelmiştir.

Menderes Masifi 40000 km<sup>2</sup>'den daha fazla bir alanda yüzlek vermekte olup dünyanın en büyük çekirdek kompleksi olarak bilinmektedir (Westaway, 2006). Menderes Masifi de dahil olmak üzere, çekirdek komplekslerinin oluştuğu pek çok sistemde, magmatik kayalar büyük ölçekli açılma tektoniğine bağlı gelişen yapılar tarafından kesilmekte ya da deforme olmaktadır (Catlos, Baker, Sorensen, Cemen, ve Hancer, 2010; Denele ve diğer., 2011). Magmatik kayaların kabuğun incelmesi ve zayıflamasına neden olarak, çekirdek komplekslerinin oluşumunda önemli bir rol oynayabileceği düşünülmektedir (Corti ve diğer., 2003). Menderes metamorfik çekirdek kompleksi beş fazlı bir metamorfizmadan etkilenmiştir (Bozkurt ve Oberhänsli, 2001). Tüm masifi etkileyen esas metamorfizmanın yaşı Paleosen-Eosen'dir (Bozkurt ve Satır, 2000; Hetzel ve Reischmann, 1996; Rimmele ve diğer., 2003; Satır ve Friedrichsen, 1986). Kıtalar arası G-K yönlü olan yakınsama İzmir-Ankara suture zonu boyunca Paleosen-Eosen'de başlayıp Oligosen'e kadar süren çarpışma ile ilişkilidir. Erken Miyosen süresince, Menderes Masifi'nin merkezindeki kabuksal incelme, çekirdek kompleksinin Gediz ve Büyük Menderes sıyrılma fayları

boyunca olan aşınması ile ilişkilidir (Emre ve Sözbilir, 1997; Lips, Cassard, Sözbilir, Yılmaz ve Wijbrans, 2001). Taban bloğundaki metamorfik kayalar devamlı olarak dalma batmaya uğradıktan sonra tekrar yüzeye çıkmış, milonitleşmiş ve deformasyonla eş zamanlı gelişmiş granitoid (Turgutlu ve Salihli granodiyoritleri: Salihli granodiyoriti  $Ar^{40}$ - $Ar^{39}$  amfibol izokron yaşlandırmasına göre  $19,5 \pm 1,4$  My, biyotit pletau yaşlandırmasına göre  $12,2 \pm 0,4$  My soğuma yaşı vermiştir) sokulumuna uğramışlardır (Bozkurt ve Sözbilir, 2004; Hetzel, Ring, Akal ve Troesch, 1995; Işık, Seyitoğlu ve Çemen, 2003; Işık, Tekeli ve Seyitoğlu, 2004; Lips ve diğer., 2001; Seyitoğlu, Tekeli, Çemen, Şen ve Işık, 2002; Sözbilir, 2001; 2002).

Batı Anadolu'daki magmatik ve volkanik kayaların genel dağılımını Şekil 2.1'de sunulmuştur.

Afrika plakasının, Yunan ve Anadolu plakası altına KD yönlü olarak dalmasını, Ege Adaları ve Batı Anadolu'da şiddetli olarak gelişen bir Neojen magmatizması takip etmiştir. Batı Anadolu'daki Neojen magmatizması, aktif dalma batma zonunun GGB'ya doğru geri yönlü hareket etmesinden dolayı, üç farklı fazdan oluşmaktadır (Doglioni ve diğer., 2002; Innocenti ve diğer., 2005). Geç Eosen'de başlayıp Orta Miosen'de sona eren en erken faz orojenik yatkınlığı olan volkanik ve plütonik kayalar ile temsil edilmektedir. Bu magmatik ürünlerin bileşimi, kalk-alkaliden baskın olarak yüksek potasyum kalk-alkaliye kadar değişmektedir (Innocenti ve diğer., 2005). İkinci faz Geç Miosen-Erken Pliosen ile sınırlı olup sodik ya da potasik yatkınlığı olan hafif alkalin volkanik kayalar ile karakterize olmaktadır.



Şekil 2.1 Batı Anadolu'daki magmatik-volkanik kayaların dağılımını gösteren genelleştirilmiş jeoloji haritası.

Tablo 2.1 Batı Anadolu'daki magmatik-volkanikkayaların yaş tablosu.

| NO | KAYA TÜRÜ | JEOLOJİK ÜNİTE            | MİNERAL                               | METOD                            | YAŞ (MY)                                                              | DEVRE    | REFERANS                                                                                             |
|----|-----------|---------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Volkanik  | Kayacık Volkanikleri      |                                       | Ar-Ar                            | 20,86 ± 0,08–17,63 ± 0,07                                             | Miyosen  | Purvis ve diğer., 2005                                                                               |
| 2  | Volkanik  | Güneşli Volkanikleri      | Sanidin                               | Ar-Ar<br>Ar-Ar                   | 18,906 ± 0,026<br>18,763 ± 0,890                                      | Miyosen  | Ersay ve diğer., 2011                                                                                |
| 3  | Volkanik  | Sevinçler Volkanikleri    | Plajiyoklas<br>Biyotit                | Ar-Ar<br>Ar-Ar                   | 19,057 ± 0,045<br>19,748 ± 0,047                                      | Miyosen  | Ersay ve diğer., 2011                                                                                |
| 4  | Volkanik  | Naşa Bazaltları           |                                       | K-Ar                             | 15,80 ± 0,30–15,20 ± 0,30                                             | Miyosen  | Ercan ve diğer., 1996                                                                                |
| 5  | Volkanik  | Asitepe Volkanikleri      | Plajiyoklas                           | Ar-Ar                            | 17,580 ± 0,094                                                        | Miyosen  | Ersay ve diğer., 2011                                                                                |
| 6  | Volkanik  | Taşokçular Bazaltı        |                                       |                                  | 10,464 ± 0,034                                                        | Miyosen  | Ersay ve diğer., 2011                                                                                |
| 7  | Volkanik  | Eğretili Volkanikleri     |                                       | Ar-Ar                            | 20,00 ± 0,20<br>18,90 ± 0,10                                          | Miyosen  | Ersay ve diğer., 2008<br>Ersay ve diğer., 2010(a)                                                    |
| 8  | Volkanik  | Kuzayır Lamproitleri      |                                       | Ar-Ar<br>Ar-Ar                   | 17,18 ± 0,23<br>18,60 ± 0,20                                          | Miyosen  | Ersay ve diğer., 2008<br>Ersay ve diğer., 2011                                                       |
| 9  | Volkanik  | Yağcıdağ Volkanikleri     | Plajiyoklas                           | Ar-Ar<br>Ar-Ar                   | 16,43 ± 0,32<br>16,42 ± 0,09                                          | Miyosen  | Ersay ve diğer., 2011<br>Purvis ve diğer., 2005                                                      |
| 10 | Volkanik  | Kabaklar Bazaltı          |                                       | K-Ar                             | 8,50 ± 0,20                                                           | Miyosen  | Ercan ve diğer., 1996                                                                                |
| 11 | Volkanik  | Ilcasu Lamproitleri       |                                       | Ar-Ar                            | 15,87 ± 0,13–15,83 ± 0,13                                             | Miyosen  | Innocenti ve diğer., 2005                                                                            |
| 12 | Plüton    | Akdağ Volkanikleri        |                                       | K-Ar                             | 20,30 ± 0,60–19,00 ± 0,20                                             | Miyosen  | Seyitoğlu ve diğer., 1997<br>Helvacı ve Alonso 2000                                                  |
| 13 | Volkanik  | Kestel Volkanikleri       | Biyotit                               | Ar-Ar                            | 15,914 ± 0,074<br>15,730 ± 0,110                                      | Miyosen  | Ersay ve diğer., 2011                                                                                |
| 14 | Volkanik  | Köprücek Volkanikleri     |                                       | K-Ar                             | 16,80 ± 0,20                                                          | Miyosen  | Helvacı ve Alonso 2000                                                                               |
| 15 | Volkanik  | Dereköy Bazaltı           |                                       | K-Ar<br>K-Ar                     | 15,40 ± 0,20<br>14,90 ± 0,30                                          | Miyosen  | Seyitoğlu ve diğer., 1997<br>Helvacı ve Alonso 2000                                                  |
| 16 | Volkanik  | Karabacaklar Volkanikleri |                                       | K-Ar<br>Ar-Ar                    | 15,90 ± 0,40–15,10 ± 0,40<br>16,01 ± 0,08–15,93 ± 0,08                | Miyosen  | Seyitoğlu ve diğer., 1997<br>Karaoğlu ve diğer., 2010                                                |
| 17 | Volkanik  | Kıran-Zahman Bazaltı      |                                       | K-Ar                             | 15,50 ± 0,40                                                          | Miyosen  | Seyitoğlu ve diğer., 1997                                                                            |
| 18 | Volkanik  | Güre Lamproitleri         |                                       | Ar-Ar                            | 14,30 ± 0,12                                                          | Miyosen  | Innocenti ve diğer., 2005                                                                            |
| 19 | Plüton    | Eğrigöz Granitoidleri     | Zirkon<br>Biyotit<br>Zirkon<br>Zirkon | U-Pb<br>Ar-Ar<br>U-Th-Pb<br>U-Th | 19,40 ± 4,4<br>20,19 ± 0,28<br>20,7 ± 0,6<br>22,9 ± 1,6 - 20,05 ± 1,5 | Miyosen  | Hasözbeğ ve diğer., 2010(a)<br>Işık ve diğer., 2004<br>Ring ve Collins 2005<br>Thompson ve Ring 2006 |
| 20 | Plüton    | Koyunoba Granitoidleri    | Zirkon<br>Zirkon<br>Zirkon            | U-Pb<br>U-Th-Pb<br>U-Th          | 21,7 ± 1,0<br>21,0 ± 0,2<br>14,91 ± 0,24 - 14,69 ± 0,11               | Miyosen  | Hasözbeğ ve diğer., 2010(a)<br>Ring ve Collins 2005<br>Thomson ve Ring 2006                          |
| 21 | Plüton    | Alaçamdağ Granitoidleri   | Biyotit                               | Rb-Sr                            | 20,01 ± 0,20 - 20,17 ± 0,21                                           | Miyosen  | Hasözbeğ ve diğer., 2010(b)                                                                          |
| 22 | Plüton    | Kestanbol Granitoidleri   | Biyotit<br>Zirkon                     | K-Ar<br>Sr-Sr<br>U-Pb            | 28 ± 0,88<br>21 ± 1,6<br>21,7 ± 1,4                                   | Miyosen  | Fytikas ve diğer., 1984<br>Birkle ve Satır 1995<br>Black ve diğer., 2013                             |
| 23 | Plüton    | Eybek Granitoidleri       | Biyotit,<br>Hornblend                 | K-Ar<br>U-Pb                     | 26,6 ± 0,8 - 21,1 ± 0,4<br>26,5 ± 2,0                                 | Oligosen | Delaloye ve Bingöl 2000<br>Black ve diğer., 2013                                                     |
| 24 | Plüton    | Evciler Granitoidleri     | Wt, Bt, Cpx<br>Wt, Bt, Hb             | Rb-Sr<br>Rb-Sr                   | 20,7 ± 0,2<br>20,5 ± 0,2                                              | Miyosen  | Okay ve Satır 2000                                                                                   |
| 25 | Plüton    | Ilıca Granitoidleri       | Hornblend                             | K-Ar                             | 25,6 ± 1,9 - 37,9 ± 0,1                                               | Oligosen | Boztuğ ve diğer., 2009                                                                               |
| 26 | Plüton    | Çataldağ Granitoidleri    | Biyotit<br>Hornblend                  | K-Ar<br>K-Ar                     | 21,2 ± 0,6 - 21,4 ± 0,4<br>21,27 ± 0,44 - 25,9 ± 0,5                  | Oligosen | Boztuğ ve diğer., 2009<br>Boztuğ ve diğer., 2009                                                     |
| 27 | Plüton    | Danişment Granitoidleri   | Biyotit                               | K-Ar                             | 23,2 ± 1,1                                                            | Miyosen  | Karacık ve diğer., 2007(b)                                                                           |
| 28 | Plüton    | Kızıldam Granitoidleri    | Biyotit                               | K-Ar                             | 23,2 ± 0,8 - 23,9 ± 0,6                                               | Miyosen  | Karacık ve diğer., 2007(b)                                                                           |
| 29 | Plüton    | Yenice Granitoidleri      | Biyotit                               | K-Ar                             | 21,4 ± 0,6                                                            | Miyosen  | Karacık ve diğer., 2007(b)                                                                           |
| 30 | Plüton    | Kozak Granitoidi          | Biyotit<br>Zirkon                     | K-Ar<br>U-Pb                     | 14,6 ± 1,0 - 23,0 ± 3,8<br>22,1 ± 2,1                                 | Miyosen  | Boztuğ ve diğer., 2009<br>Black ve diğer., 2013                                                      |
| 31 | Plüton    | Orhaneli Granitoids       | Biyotit                               | Ar-Ar                            | 52,4 ± 1,4 - 52,6 ± 0,4                                               | Oligosen | Harris ve diğer., 1994                                                                               |
| 32 | Plüton    | Topuk Granitoids          | Biyotit                               | Ar-Ar                            | 47,8 ± 0,4                                                            | Oligosen | Harris ve diğer., 1994                                                                               |
| 33 | Plüton    | Tepedağ Granitoids        | Zirkon<br>Biyotit                     | U-Pb<br>Rb-Sr                    | 45,0 ± 0,2<br>44,7 ± 0,4                                              | Oligosen | Okay ve Satır 2006<br>Okay ve Satır 2006                                                             |

Magmatik aktivitenin üçüncü fazı, Pliosen-Kuvaterner dönemini kapsamakta olup, tipik levha içi yatkınlığı olan Na-alkalin lavlar ile temsil edilmektedir (Agostini, Doglioni, ve Innocenti, 2005; Innocenti ve diğer., 2005).

Baskın olarak intrusif kayaları içeren Eybek, Kozak, Alaçam ve Eğrigöz volkano-plutonik merkezleri en erken faza ait başlıca örneklerdir (Yılmaz, 1990). Açılma ile eş zamanlı olarak Menderes Masifi ve Afyon zonuna sokulum yapan granitlerin radyometrik yaşlandırması Erken Miosen yaşını vermiştir. Delaloye ve Bingöl (2000) tarafından yapılan K-Ar yaş tayini, dalma batma olayının Oligosen'den önce başlamış olması gerektiğini göstermektedir. Eğrigöz Granitoidine ait biyotit ve ortoklaslar üzerinde yapılan bu K-Ar yaşlandırmasına dayanarak, soğuma yaşları sırasıyla  $20,0 \pm 0,7$ - $20,0 \pm 0,6$  My ve  $21,2 \pm 1,8$ - $24,6 \pm 1,4$  My'dır (Tablo 2.1). Eğrigöz Plütonik Kompleksi, açılma tektoniğine ait milonitik deformasyonun geç evresi boyunca yerleşmiş ve Menderes Çekirdek Kompleksine ait çekirdek kayalarının sınırı boyunca deforme olmuştur (Işık ve diğer., 2004). Eğrigöz Granitoidi, kuzey ve batı sınırı boyunca Menderes Masifine ait örtü kayalarından Simav sıyrılma fayı ile ayrılmaktadır (Erkül, 2010; Işık, Tekeli ve Çemen, 1997; Işık ve Tekeli, 2001).

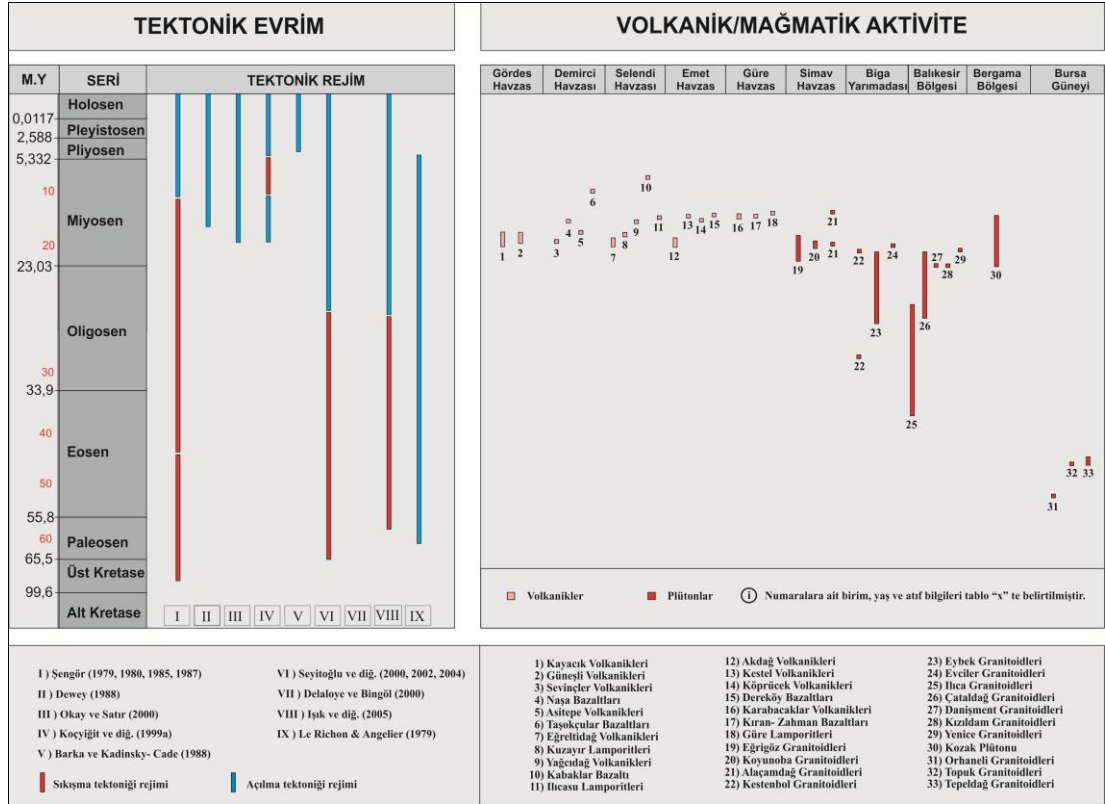
Menderes Çekirdek Kompleksi'ne ait örtü istifi çeşitli derecelerde metamorfizma geçirmiş şist, rekristalize karbonatlar ve ofyolitik melanjdan oluşmaktadır. Eğrigöz Granitoidinin sokulumu ve soğuması  $22,86 \pm 0,47$  My'da gerçekleşmiştir ( $Ar^{40}/Ar^{39}$  yaşlandırması, Işık ve diğer., 2004). U-Pb zirkon analizi ise, Eğrigöz Graniti için  $19,4 \pm 4,4$  My kristalleşme yaşı vermiştir (Hasözbeke, Akay, Erdoğan, Satır ve Siebel, 2010). Biyotit ve ortoklasdan yapılan Rb-Sr yaş tayini, Eğrigöz Graniti için  $18,77 \pm 0,19$  My soğuma yaşı vermiştir. Catlos ve diğer. (2012)'nin Eğrigöz plütonunun kuzey, güney ve orta kısımlarına ait örneklerdeki zirkonlardan  $U^{238}/Pb^{206}$  yöntemiyle elde ettikleri yaşlar sırasıyla,  $24,1 \pm 1,3$ - $15,7 \pm 0,6$  My;  $20,8 \pm 0,4$ - $22,7 \pm 2,0$  My;  $22,3 \pm 1,1$ - $19,0 \pm 1,4$  My aralığındadır (Tablo 2.1).

## 2.2 Tektonik Ortam

Batı Anadolu'nun tektonik (jeolojik) evrimi Jurasik-Miosen periyodunda Tetis okyanusunun kalıntısı olan Neotetis' in evrimiyle ilişkilidir. Geç Kretase-Tersiyer zaman aralığında Avrasya-Afrika levhalarının yakınsamasıyla Neotetis okyanusu kapanmıştır (Şengör, 1984, 1987; Şengör ve diğer., 1988). Yakınsama, sırasıyla batı ve doğu Akdeniz'de Ege ve Kıbrıs yayları boyunca dalma batma nedeniyle K-KD doğrultusunda gelişmiştir. Ege yay sistemi Türkiye'nin neotektoniğinin temel elemanlarından biridir. Güney Neotetis'in batı bölümü geç Eosen'den Oligosen'e kadar dalmaya devam etmiştir. Neotetis'in bir kalıntısı olan İzmir-Ankara Melanj Zonu, Sakarya Zonu ve Anatolid- Torid Bloğunu ayırır. Sakarya Zonu, İzmir-Ankara Melanj Zonu ve Menderes Çekirdek Kompleksi içinde yer alan granitoid sokulumları, Doğu Akdeniz okyanus tabanının Hellen Hendeği boyunca Anadolu ve Yunan (Avrasya) levhalarının altına dalımı ile ilişkilidir (Fytikas ve diğer., 1984; Pe-Piper ve Piper, 1989; Gulen, 1990; Delaloye ve Bingöl, 2000).

Batı Anadolu ve Yunan adalarında gözlenen Neojen magmatik etkinliği, Batı Anadolu'da jeokimyasal olarak ayırt edilebilen üç faza ayrılabilir (Doglioni ve diğer., 2002; Innocenti ve diğer., 2005).

İlk faz Geç Eosen de başlar (yaklaşık 37 My), Orta Miyosen'de (yaklaşık 14-15 My) son bulur (Şekil 2.2). Bu dönemde gerçekleşen magmatizma kalk-alkaliden, baskın olarak yüksek potasik kalk-alkali-şoşonitliklere değişen özelliktedir.



Şekil 2.2 Batı Anadolu magmatizmasının tektonik aktivitelerle zamansal ilişkisi.

İkinci volkanik faz Geç Miyosen Erken Pliyosen aralığıyla sınırlıdır ve ortaçağ alkali sodik ya da potasik kayalarla temsil edilir.

Pliyosen Kuvaterner periyodunda gerçekleşen volkanik faza Kula volkanitleri tipik bir örnektir ve Na alkali okyanus ada bazaltları özelliğindedir.

Batı Anadolu'daki başlıca magmatik kompleksler ve bu komplekslerden elde edilen soğuma yaşları Tablo 2.1'de özetlenmiştir. Kozak (Balıkesir), Murat Dağı (Uşak), Eğrigöz (Kütahya) plütönik kompleksleri Alt Oligosen-Orta Miyosen aralığında soğuma yaşları vermektedir. Şekil 2.1'de yer alan tektonizma ve magmatizma ile bağlantılı farklı araştırmacılarca bölge için önerilen modellerin kısa özeti aşağıda verilmiştir.

Tektonik kaçış modeline göre, (Dewey ve Şengör, 1979; Şengör, 1979; 1980; 1987; Şengör ve diğer., 1985; Görür ve diğer., 1995) Arap Palakasının Bitlis Zagros suture zonu boyunca çarpması sonucu tektonik (yapısal) sınırlar boyunca Anadolu

levhasının batıya hareket etmektedir. Arap Levhasının Anadolu'yu sıkıştırması Geç Serravalian 12 (My)'de başlayarak günümüzde de devam etmektedir. KAF ve DAF sınırları boyunca hareket eden Anadolu levhasının batı ucunda, çarpışmanın neden olduğu stres, K-G yönlü çekme gerilmesine neden olmaktadır.

Orojenik Çarpışma Modeli'nde açılma, Paleosen sonunda Neotetisin kapanmasına bağlı kabuk kalınlaşmasını takiben gelişmektedir (Dewey, 1988; Seyitoğlu ve Scott, 1991; Seyitoğlu ve diğer., 1992). Geç Oligosen-Erken Miyosen zamanında kısmi ergimeye bağlı plutonik sokulumlarla birlikte kabukta yayılma ve incelme başladı.

Episodik (İki Evreli Grabenleşme) modeline göre Batı Anadolu'da Açılma rejimi iki evrede gerçekleşmiştir (Koçyiğit ve diğer., 1999a;b). Birinci evre Miyosen-Erken Pliyosen'deki Orojenik Çarpışmayı kapsar. İkinci evrede ise Plio-Kuvaterner zamanındaki Anadolu Levhasının batıya kaçışını takiben K-G yönlü açılma gelişir.

Yılmaz ve diğer., (2001) Kuzey Batı Anadolu magmatizmasını iki farklı evreye ayırır. İlk evre Oligosen Erken Miyosen periyodunda gerçekleşen ortaç-felsik, kalk-alkalen volkanizmada, granitik plutonlar sık sokulumlarla kabuğa yerleşmiştir. Bu magmatik evre Geç Kretase-Eosen zamanında Tetisin kapanmasıyla ilişkili olarak çarpışmanın geç evresinde gerçekleşmiştir. Magmatik fazın bu ilk evresi Tetisin kapanmasıyla ilişkili K-G yönlü sıkışma rejimi devam ederken gerçekleşti. İkinci magmatik evre Geç Miyosen Pliyosen periyodunda gerçekleşen alkali bazaltlar içerir. Bu bazaltlar, jeokimyasal olarak rift tipi bazaltlarla benzerlik sunmaktadır. Yapısal olarak bu magmatik faz K-G yönlü açılma rejimi ve buna bağlı gelişen D-B yönlü grabenlerle ilişkilidir.

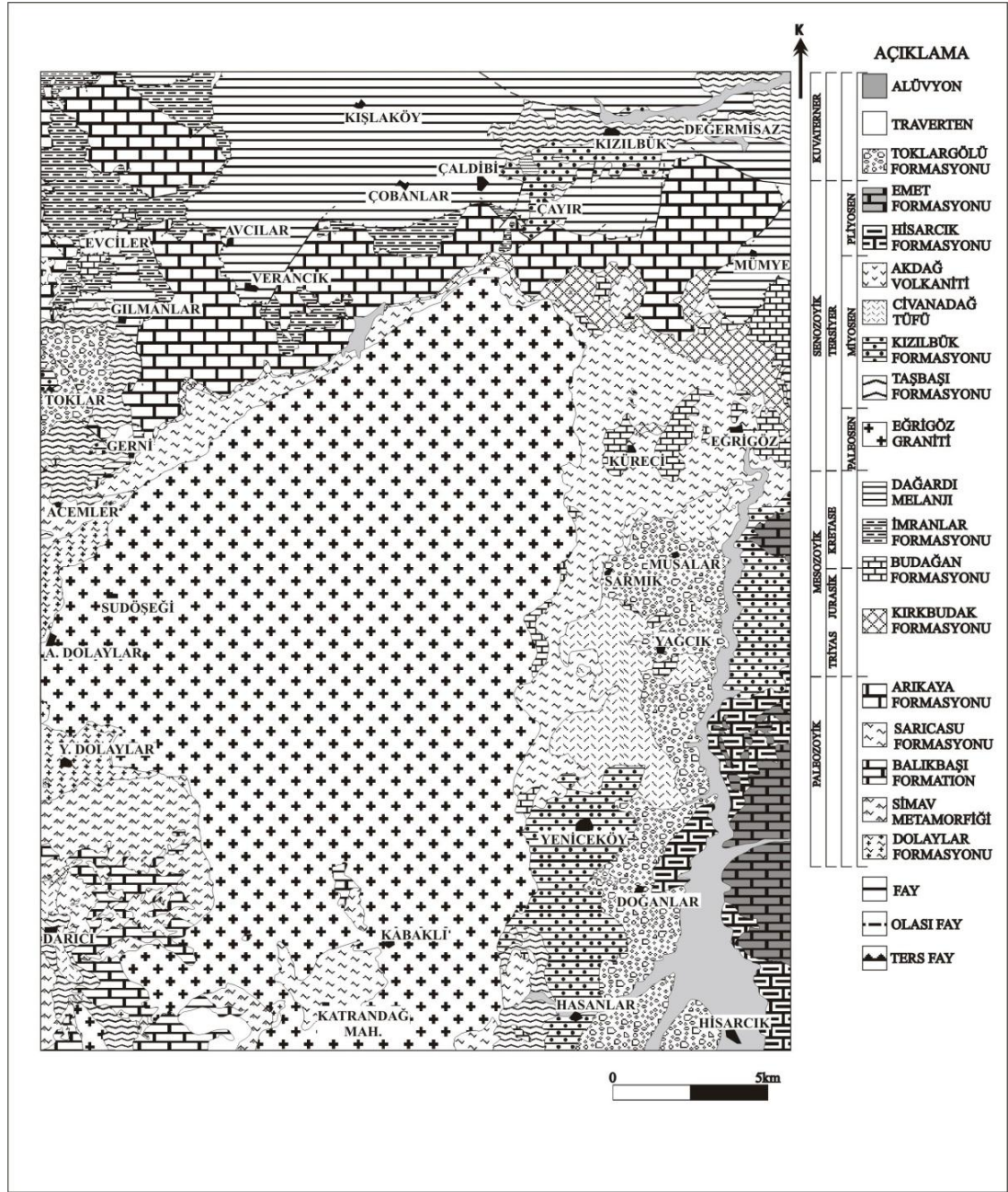
Yay Ardı Yayılma Modeli'ne göre (Le Pichon ve Angelier, 1979), Ege Hendek Sisteminin Güney-Güneybatı göçüne "Yay ardı açılma" neden olmaktadır. Bununla beraber dalma-batma zonunun geriye bükülmesinin zamanı tartışmalı olup 60 ila 50 milyon yıl arasında çeşitli öneriler sunulmuştur.

### 2.3 Yerel Jeoloji

Çalışma alanındaki stratigrafik istif alttan üste doğru Paleozoik yaşlı Metamorfikler, Mesozoyik yaşlı kimyasal tortullar, Tersiyer yaşlı Koyunoba Plutonu, Neojen yaşlı volkano-sedimenter seriler ve Kuvaterner yaşlı Alüvyon şeklindedir (Şekil 2.3).

|            |            |          | SİMAV<br>Akdeniz ve Konak<br>1979 | TAVŞANLI<br>Baş,<br>1983 | SİMAV<br>Yücel ve diğ.,<br>1984 |
|------------|------------|----------|-----------------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| SENOZOYİK  | KUVATERNER |          | Alüvyon                           | Alüvyon                  | Alüvyon                         |
|            |            |          | Traverten                         | Traverten                | Traverten                       |
|            |            |          | Toklargölü For.                   | Kocayatak For.           | Toklargölü For.                 |
|            | TERSİYER   | PLİYOSEN | Emet For.                         | Emet For.                |                                 |
|            |            |          | Hisarcık For.                     | Çökköy For.              |                                 |
|            |            |          | Kumlu üye                         | Karaköy Volk.            |                                 |
|            |            |          |                                   | Saruhanlar For.          |                                 |
|            |            | MİYOSEN  | Akdağ Volk.                       | Okluk dağı Volk.         | Akdağ Volk.                     |
|            |            |          | Civandağ tüfl.                    | Civandağ tüfl.           | Civandağ tüfl.                  |
|            |            |          | Kızılbük For.                     | Tunçbilek For.           | Kızılbük For.                   |
|            |            |          | Taşbaşı For.                      | Beke For.                | Taşbaşı For.                    |
|            |            | EOSEN    |                                   | Oğulcaftepe For.         |                                 |
|            |            | Paleosen | Eğrigöz Graniti                   |                          | Eğrigöz Graniti                 |
| MESOZOYİK  | KRETASE    | ÜST      | Dağardı Melanjı                   |                          | Dağardı Melanjı                 |
|            |            | ALT      | Budağan Kireçtaşı                 |                          | Budağan Kireçtaşı               |
|            |            |          | Kırkbudak For.                    |                          | Kırkbudak For.                  |
|            |            |          | Arıkaya For.                      |                          | Arıkaya For.                    |
| PALEOZOYİK |            |          | Sarıcasu For.                     |                          | Sarıcasu For.                   |
|            |            |          | Balıkbaşı For.                    |                          | Balıkbaşı For.                  |
|            |            |          | Simav Met.                        |                          | Simav Met.                      |
|            |            |          | Kalkan For.                       |                          | Kalkan For.                     |

Şekil 2.3 Çalışma alanının farklı araştırmacılara göre stratigrafik kolon kesiti.



Şekil 2.4 Çalışma alanının jeolojik haritası (Akdeniz ve Konak 1979'dan değiştirilerek)

### 2.3.1 Menderes Metamorfikleri

Tabandan tavana doğru gnayslar ve şistlerden ibarettir. Gnayslar, migmatitler ve biyotitli gnayslardan oluşur. Formasyonun üst seviyelerinde, bantlı bir görünüm sunan mermer mercikleri yüzeyler. Arazi verilerine göre, bu birimlerin yaşı Paleozoyik öncesi olarak kabul edilmiştir (Akdeniz ve Konak, 1979b).

Gnaysların üzerinde yer alan şistler, yeşil şist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş kayaç birimlerinden ibarettir. Akkök (1983) şistlerin gnaysları tektonik olarak örtüğünü ileri sürdüğü halde, Akdeniz ve Konak (1979a) ve Şengör ve diğer., (1984) şistlerin gnaysları uyumsuz olarak örtüğünü ileri sürmüşlerdir. Konak'a (1996) göre, şistler, gnayslar üzerine bindirmiş bir napı temsil ederler.

Şistler, aşağıdan yukarıya doğru, orta kesimlerinde metamafik- metaultramafik seviyeler bulunan kuvars-muskovit şistler, bantlı bir yapı arz eden albit, klorit, muskovit ve serizit şistler ve bunlarla hem yanal hem de düşey geçişli mermerler ile temsil edilir. Bu metamorfik birimler Triyas yaşlı kırıntılılar tarafından örtüldüğünden, şistlerin yaşı Paleozoyik olarak kabul edilmektedir (Akdeniz ve Konak, 1979b).

### ***2.3.2 Budağan Kireçtaşı***

Çok sayıda iyi yuvarlaklaşmış kuvars çakılları içeren bir çakıl taşı seviyesiyle başlayan birim, metamorfikleri uyumsuz olarak örter. Akdeniz ve Konak (1979b) ve Konak (1982), fosil içeriğine göre birime Resiyen-Moriyen ile Senomaniyen yaş aralığını verirler. Bununla birlikte, Kaya (1972)'ye göre, birimin yaşı Maastrichtiyen'dir.

### ***2.3.3 Dağardı Melanjı***

Birim, çamurtaşı, radyolarit, kireçtaşı, tüfit ve peridotit kütlelerinin düzensiz karışımından ibarettir. Kendisinden yaşlı tüm birimleri tektonik olarak örter ve Budağan kireçtaşı dilimleri tektonik olarak melanjın içine yerleşmiştir (Konak, 1982). Dağardı Melanjı, Düvertepe ve Akhisar ilçesi Başlamış köyü yakınlarında Eosen yaşlı çökeller tarafından uyumsuzlukla örtülür (Akdeniz, 1980). Bu verilere göre, Dağardı Melanjı'nın yerleşim yaşı Üst Kretase ile Eosen arasında olmalıdır.

#### **2.3.4 Simav Granitoidleri**

Simav granitoidleri, granodiyorit ve monzogranitten oluşan kalk-alkalin ve kuvars monzodiyorit ve kuvars diyoritten oluşan alkalin bileşimli iki plüton dizisi halinde bütün petrojenetik ayırtlama diyagramlarında birbirlerinden tümüyle farklı davranış biçimleri gösterirler (Oygür, 1997a). Mineralojik verilere göre kabuk ve manto kaynaklarının karşılıklı etkileşimini temsil eden kalk-alkalin bileşimli çarpışma sonrası Eğrigöz, Akdağ, Öreğler ve Pınarbaşı plütonları, kendilerini etkilemiş herhangi bir deformasyon fazı tespit edilemediğinden ana deformasyon fazlarından sonra sokulmuştur. Öte yandan, Karakoca, Ilıcalar ve Pınarbaşı mafik daykları alkalin bileşimlidir. Bu alkalin granitoidlerin % 0.15- 0.20 arasındaki flüor içerikleri (Oygür, 1997a), granitlerin 700 ppm olan ortalama bileşimlerinden (Fleischer, 1969) iki kat fazladır ve Doğu Afrika rift zonundaki porfirlerle (% 0.15-0.18 F; Gerasimovsky ve Savinova, 1969) benzer değerlere sahiptir.

#### **2.3.5 Miyosen Yaşlı Sedimanter ve Volkanik Kayaçlar**

Civanadağ tüfleri ve Akdağ volkanitleri, bölgedeki Miyosen yaşlı volkanik birimleri oluşturur. Tüfler riyolitik, andezitik ve dasitik bileşimlidir ve üst seviyeleri aglomera özelliğindedir. Akdağ volkanitleri sub-alkalindir ve toleyitik serilere çok yakın bir kalk-alkalin gidişe sahiptir (Ercan ve diğer., 1982). Pliyosen çökelleriyle örtülmüş olan volkanitlerin Orta ile Üst Miyosen yaşlı oldukları kabul edilmektedir (Akdeniz ve Konak, 1979b; Ercan ve diğer., 1982).

#### **2.3.6 Pliyosen Yaşlı Sedimanter ve Volkanik Kayaçlar**

Bu kayaçlar, Alt Pliyosen yaşlı (Akdeniz ve Konak, 1979b) marn, Orta-Üst Pliyosen yaşlı (Akdeniz ve Konak, 1979b) kumlu ve killi gölsel kireçtaşları, Üst Pliyosen yaşlı (Ercan ve diğer., 1978) Payamtepe bazaltları ile bu birimleri uyumsuzlukla örten Pliyo-Kuvaterner yaşlı (Gün ve diğer., 1979) pekişmemiş kaba kırıntılılardan ibarettir. Payamtepe volkanitleri, şoşonitik ve yüksek potasyumlu kalk-alkalin bileşimleriyle alkalin karakterlidir (Ercan ve diğer., 1982).

### ***2.3.7 Naş a Bazaltları***

Birim, belirgin alkalın karakterli siyah ve amigdoloidal bazaltik lav akıntılarında oluşur. Manto kökenli olan bazaltlar, kabuk malzemesiyle karışmamış birincil alkalın magmayı temsil etmektedirler (Ercan ve diğ er., 1982; Savaşç ın ve Güleç, 1990).

### ***2.3.8 Alüvyon***

Genellikle dere tabanlarında gözlenen alüvyonlar, çalışma alanında Mustafa Kemal Paşa Çayı'na dökülen ve bölgeyi K-G doğrultuda derin bir vadiyle kesen Kocaçay Deresi tabanında gözlenmektedir. Günümüzde de halen oluşumunu devam ettirmektedir.

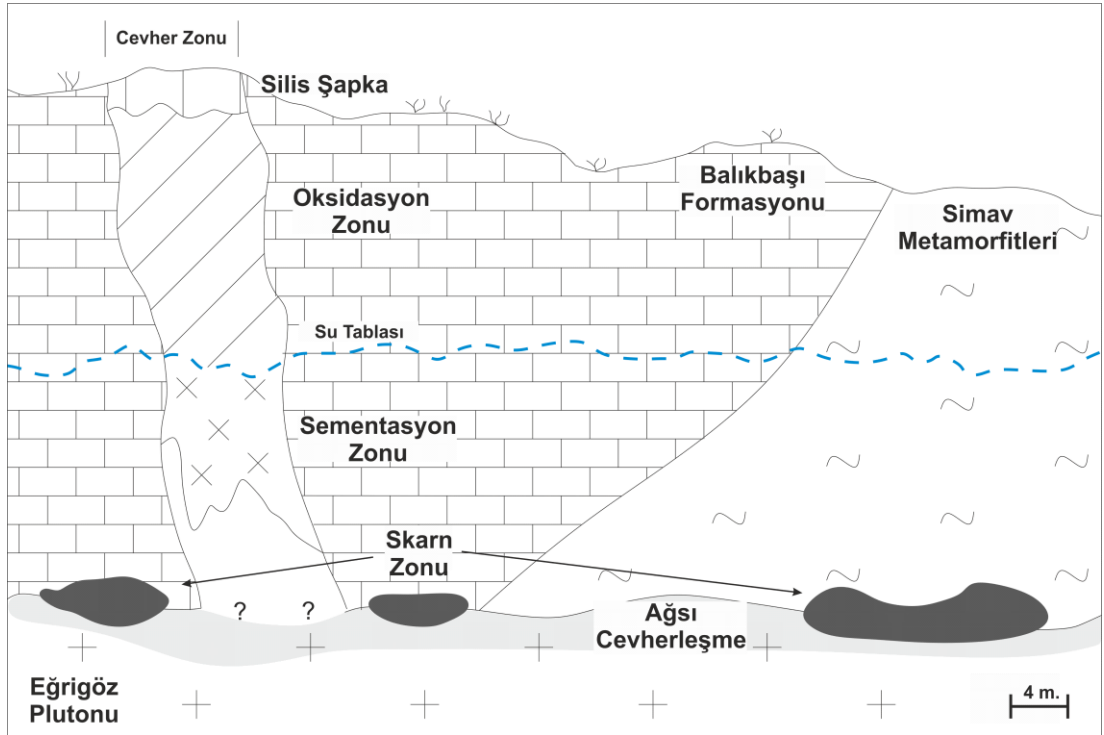
## BÖLÜM ÜÇ

### MADEN JEOLJİSİ

#### 3.1 Katrandağ Pb-Zn-Ag Cevherleşmesi

Çalışma alanında gözlenen cevherleşme;

- Balıkbaşı Formasyonu içerisine yerleşmiş, damar tipi niteliğinde olup, yoğun okside, manganlı ve masif galen ve sfalerit zonları içeren,
- Skarn,
- Eğrigöz Plütunu içerisinde sülfidce zengin ağsı silika damarlar/damarcıklar şeklinde 3'e ayrılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Çalışma alanındaki cevherleşmenin şematik kesiti.

### ***3.2.1 Damar Tipi Cevherleşme***

Çalışma alanında yapılan yüzey araştırmalarında gözlenen cevherleşme damar tipi niteliğinde olup, Balıkbaşı Formasyonu'nun içerisine yerleşmiş (fay düzlemleri, karstik boşluk vb..) yoğun manganlı, gossan zonları içeren ve Pb ve Zn minerallerinin makro gözlemler ile ayırtlanabildiği bir cevherleşmedir.

Yüzey araştırmaları ve sondaj verileri göz önüne alındığında cevherleşmenin masif halde kaldığı, Bölgedeki damarların konumu yaklaşık olarak K-KD/GD'dur.

Yapılan yüzey gözlemlerinin yani sıra yapılan kazı çalışmaları göstermiştir ki damar tipi ayrışma zonları, atmosferik olayların maden yatağının üst kısımlarına yaptığı etkiler sonucunda ve ortama etki eden sularla bu suların içerisindeki çözülmüş halde bulunan oksijen, karbondioksit ve bazı tuzların etkileri sonucunda meydana gelmiştir. Bu esnada karakteristik zonlar meydana gelir (Taylor, 2011). Bu bağlamda damar tipi cevherleşmesi de kendi içerisinde silis şapka, oksidasyon zonu ve sementasyon zonu olmak üzere üçe ayrılabilir (Şekil 3.1).

Yeryüzüne yakın olan süzülme zonunda sular serbestçe hareket edebilir ve kuvvetli aşındırma etkisi mevcuttur. Böylece metal bakımından fakir olan silis şapka meydana gelir (Şekil 3.2). Silis şapka çalışma alanının kuzeyinde ve topoğrafik olarak üst kotlarda görülmektedir.



Şekil 3.2 Barit ve Fe-Oksit içeriği yüksek cevher örneği.

Silis şapkanın altına gelen zonda hala mevcut bulunan oksijenin etkisiyle, kuvvetli oksidasyon meydana gelir fakat aynı zamanda, okside cevher halinde de kısmi bir kristallenme olmaktadır. Bunun sonucunda oksidasyon zonu oluşmaktadır (Şekil 3.3, Şekil 3.4, Şekil 3.5). Bu zon yer altı su seviyesine kadar uzanır. Yoğun şekilde Mn-oksit, Fe-oksit ve Pb-oksit mineralleri içeren bu zonu kalınlığı açılan yarmalar ve yapılan sondajlar sayesinde 3-3,5 metre olarak saptanmıştır.

Sementasyon zonu masif cevher oluşumlarının fazlalığı ile (özellikle masif galen oluşumları) ayırtlanabilmektedir. Bu zon yer altı su seviyesinin altına kadar uzanır. Bu dağılım sırasında oksidasyon zonuna göre daha zengin tenörlü metal konsantrasyonları oluşur (Şekil 3.3, Şekil 3.6, Şekil 3.7, Şekil 3.8). Bu zonu kalınlığı açılan yarmalar sayesinde 3 metreden fazla olduğu saptanmıştır.



Şekil 3.3 Zenginleşme zonuna ait arazi fotoğrafı (681133/4351067).



Şekil 3.4 Sondaj çalışmalarında kesilen yüksek oksitli cevher damarı.



Şekil 3.5 Pb-Oksit içeriği yüksek cevher örneği.



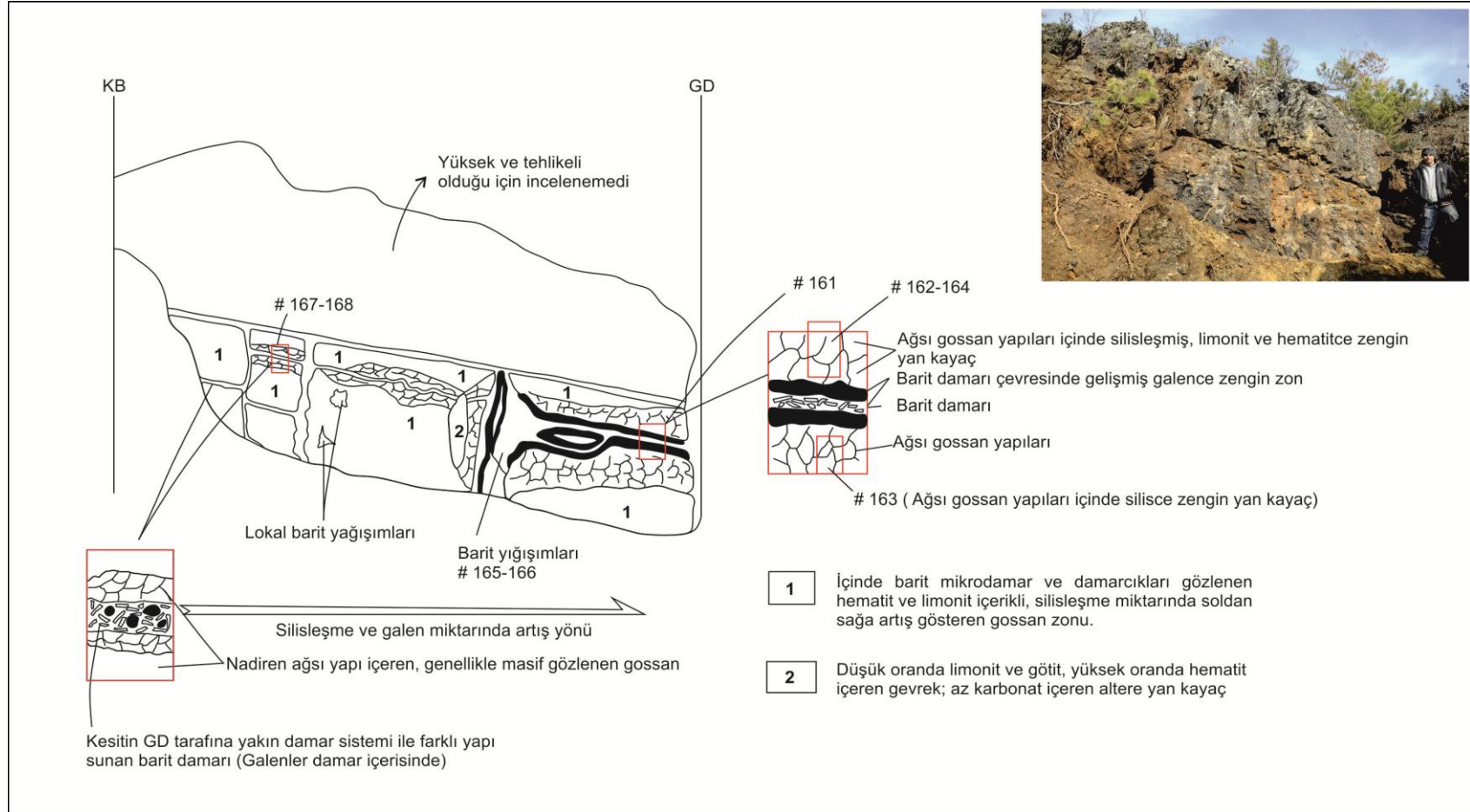
Şekil 3.6 Sementasyon zonuna ait arazi fotoğrafı (681115/4351093).



Şekil 3.7 Sementasyon zonuna ait arazi fotoğrafı (681127/4351042).



Şekil 3.8 Arazinin orta kesimlerindeki cevher damarı (681023/4351025)



Şekil 3.9 Sementasyon zonuna ait cevher damarının arazi kesiti.

Çalışma kapsamında Balıkbaşı Formasyonu içinde gelişen damar tipi cevherleşme 4 farklı inceleme alanına ayrılmıştır. (Şekil 3.10)

Cevherleşme K-G yönünde ve topoğrafik açıdan yüksek kotlardan aşağı kotlara doğru mineralojik değişimler ve dağılımlar sunmaktadır. Genel olarak bölgenin kuzey kesimleri topoğrafik açıdan yükselirken Barit ve Fe-Oksit minerallerince zenginlik göstermektedir. Bu tanım I ve kısmen II numaralı bölgeler için geçerlidir.

Bölgenin topoğrafik açıdan orta yükseklikteki kesimleri cevher damarları bakımından yoğunluk gösterirken galen, barit ve oksit mineralleri açısından da zenginlik göstermektedir. Bu tanım III. bölge için geçerlidir.

Bölgenin güneyinde yer alan cevherleşme ise IV bölge olarak ayrırtlanmıştır. Bu bölgedeki damarlar tektonizma etkisi ile diğer bölgedeki damarların sahip olduğu genel konumdan uzaklaşmışlardır. Bunun yanı sıra I. ve II. bölgeye göre daha fazla cevherleşmeye sahip iken, III. bölgeye göre daha az cevher içeriğine sahiptir.

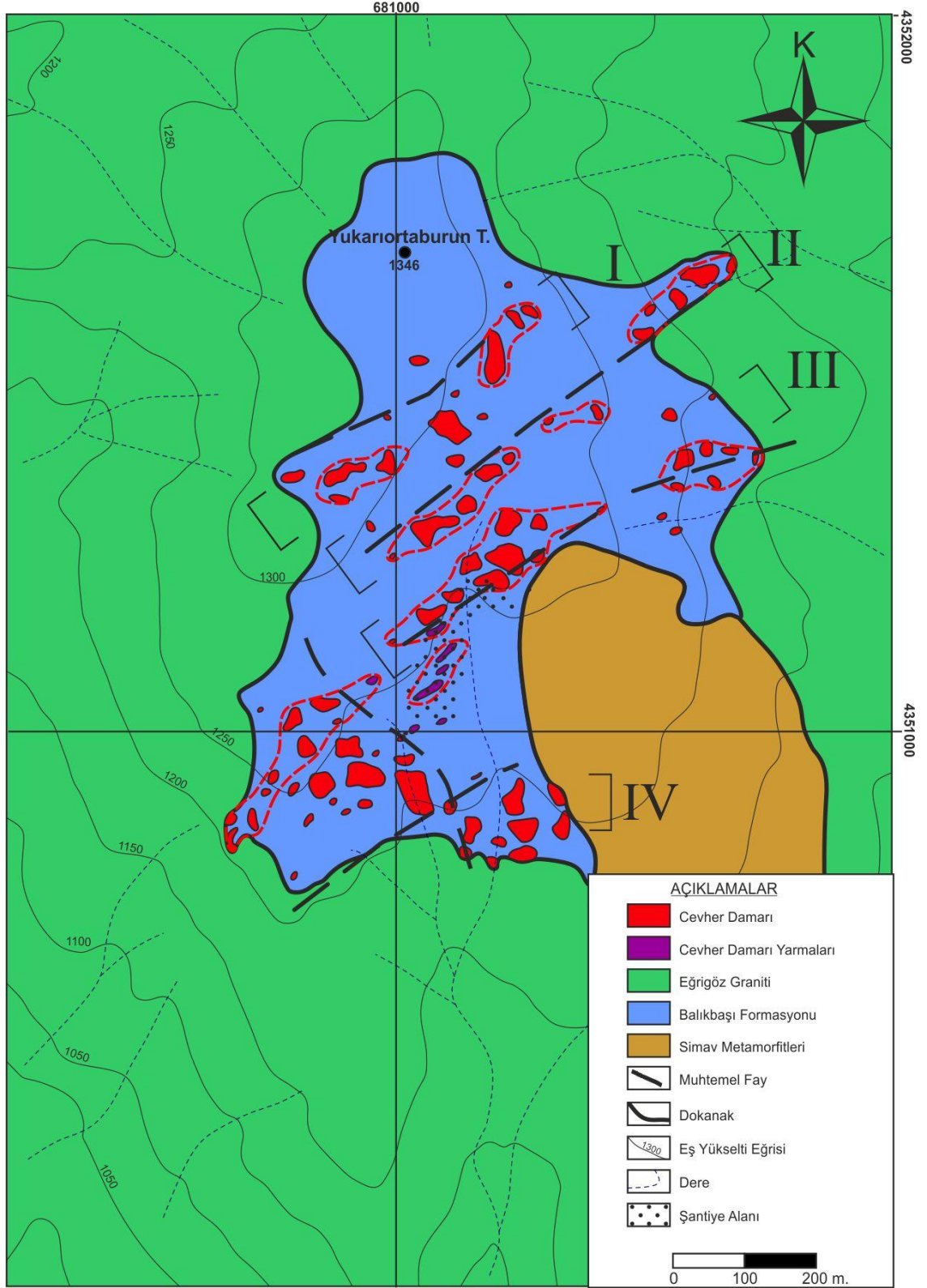
I. Bölge; Silis>Barit>Oksit (lokal olarak eser miktarda galen ve pirit gözlenmiştir)

II. Bölge; Silis>Oksitler (Fe ve Mn oksitler)>Barit

III. Bölge; Oksidasyon Zonu; Oksitler (Mn, Pb, Zn ve Fe oksitler)>Barit> PbS...

Sementasyon Zonu; PbS>ZnS>Fe>Barit>Oksitler

IV. Bölge; Silis>Oksitler (Mn, Pb, Zn ve Fe oksitler)>Barit



Şekil 3.10 Çalışma alanının jeoloji haritası ve cevherli zonların dağılımı

### 3.2.2 Skarn Tipi Cevherleşme

Daha derinlerde, plüton ile dolomitik kireçtaşı kontağına yaklaştığımızda önce distalskarn sonra proximal skarn zonu mineral parajenezi gözlenir. Balıkbaşı Formasyonu ve Simav Metamorfitleleri'nin Eğrigöz Graniti ile arasındaki dokanak üzerinde ve çevresinde gelişen skarn zonu ortalama 1-1,5 metre kalınlığa sahiptir (Şekil 3.11). Yapılan sondajlarda yer yer 4,5 m'ye varan manyetitli cevher zonlarına rastlanmaktadır. Distal zon kalkopiritin baskın olduğu bakır zonu, proximalzon ise manyetitin baskın olduğu demir zonu ile temsil edilir.



Şekil 3.11 Skarn cevherleşmesi.

### 3.2.2 Plüton İçi Cevherleşme

Yüzey çalışmaları sırasında damar tipi cevherleşmenin plüton içerisinde devam etmediği görülmüştür. Sondaj çalışmaları da bunu destekler niteliktedir. Bunun yanı sıra yüzey çalışmalarında gözlenmeyen, plüton içerisinde gelişen ağsı cevherleşme sondaj çalışmalarında gözlenmiştir. Damarlar yüksek silisli ve %1-2 cevher minerali (Galen ve saçınım halde pirit) içeren ortalama 50-55 mm kalınlıkta bir yapıya sahiptir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 Plüton içerisinde gelişen ağsı cevherleşme.

## **BÖLÜM DÖRT**

### **CEVHER PETROGRAFİSİ**

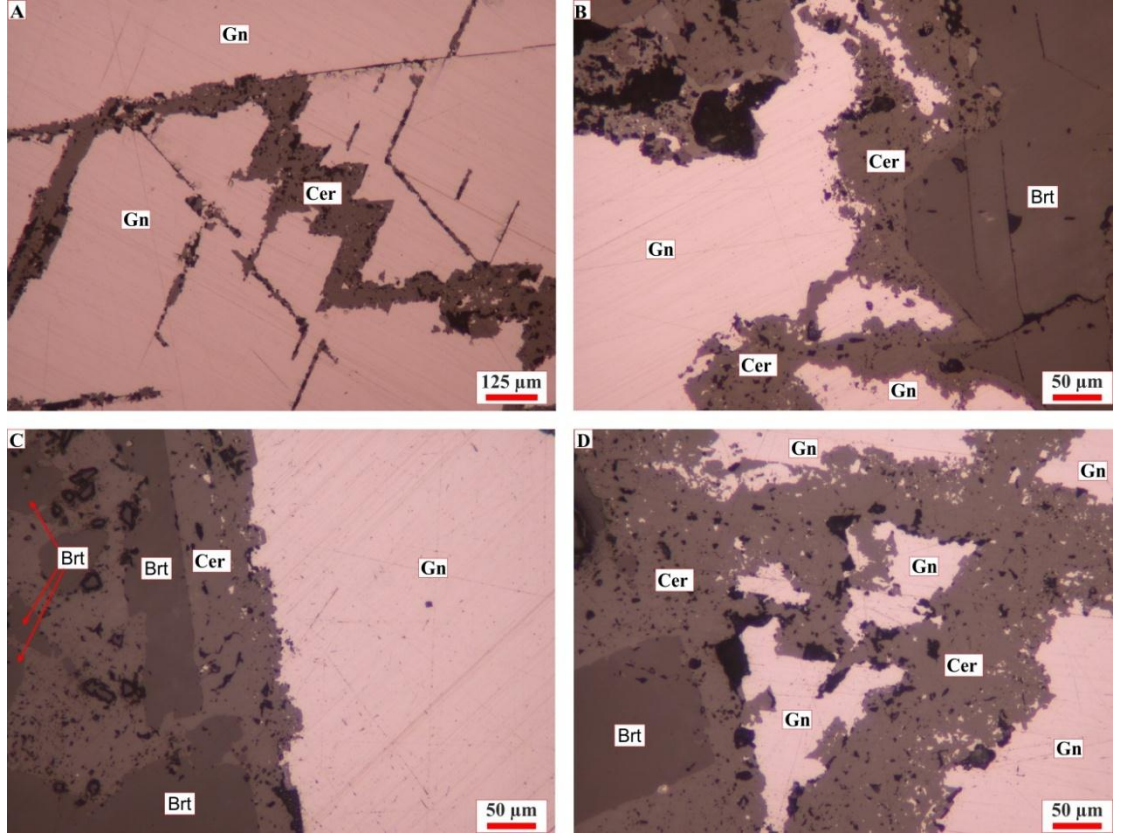
Maden sahasından alınan yüzey örneklerinden ve sondaj karotlarından parlak kesitler hazırlanmıştır. Bu kesitler mikroskopta incelenerek gang ve cevher minerallerinin mineralojik ve petrografik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışma alanından alınan örnekler Dokuz Eylül Üniversitesi Parlak Kesit Laboratuvarı'nda hazırlanmıştır. Parlak kesit hazırlama aşamaları şöyledir;

- Alınan örnekler elmas testerede kesit kalıbına uygun olarak kesilir,
- Kesilen parçalar kuruması için bir gece etüvde bekletilir,
- Kuruyan örnekler kesit kalıbına koyulur, üzerine örnek numarası yapıştırılır ve üzerine polyester dökülür,
- Tekrar kuruyan örnekler ilk olarak metal aşındırıcıda, daha sonra tane boyu 600 ve 1000 mikron olan aşındırıcı tozlar ile işleme tabi tutularak ön parlatma gerçekleştirilir,
- Son olarak 1 ve 9 mikron boyundaki elmas macun ile parlatma işleminin son 2 aşaması gerçekleştirilir,
- Her aşındırma işleminde sonra örnekler mutlaka ultrasonik titreşim kabında bol su ile temizlenmelidir.
- Polyester dökümünde sonra yapılan tüm aşamaların toplam süresi her bir örnek için ortalama 40 dakikadır.

#### **4.1 Galen**

Galen masif cevher olarak metalik cevherin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Galen yaygın olarak alkali koşullarda (pH 5-7) serüsite ( $PbCO_3$ ) dönüşmüştür. Daha az oranda anglezit ( $PbSO_4$ ) oluşumlarına da rastlanmıştır. Serüzit oluşumu galenin kenarları, çatlak ve dilinim yüzeyleri boyunca yaygın olup, yer yer galeni büyük oranda ornatmıştır (Şekil 4.1 ve 4.2). Bu nedenle başlangıçta masif olan galen içerikli cevher, daha küçük boyutta galen cevherine dönüşmüştür. Serüzitleşmeye bağlı



Şekil 4.1 P-3 Nolu örneğe ait parlak kesit mikrofotografaları: Gn: Galen, Cer: Serüzit, Brt: Barit

olarak yaygın olarak gözlenen büyük taneli kristallerin tane boyu 50 mikrona kadar düşmektedir (Şekil 4.1 D).

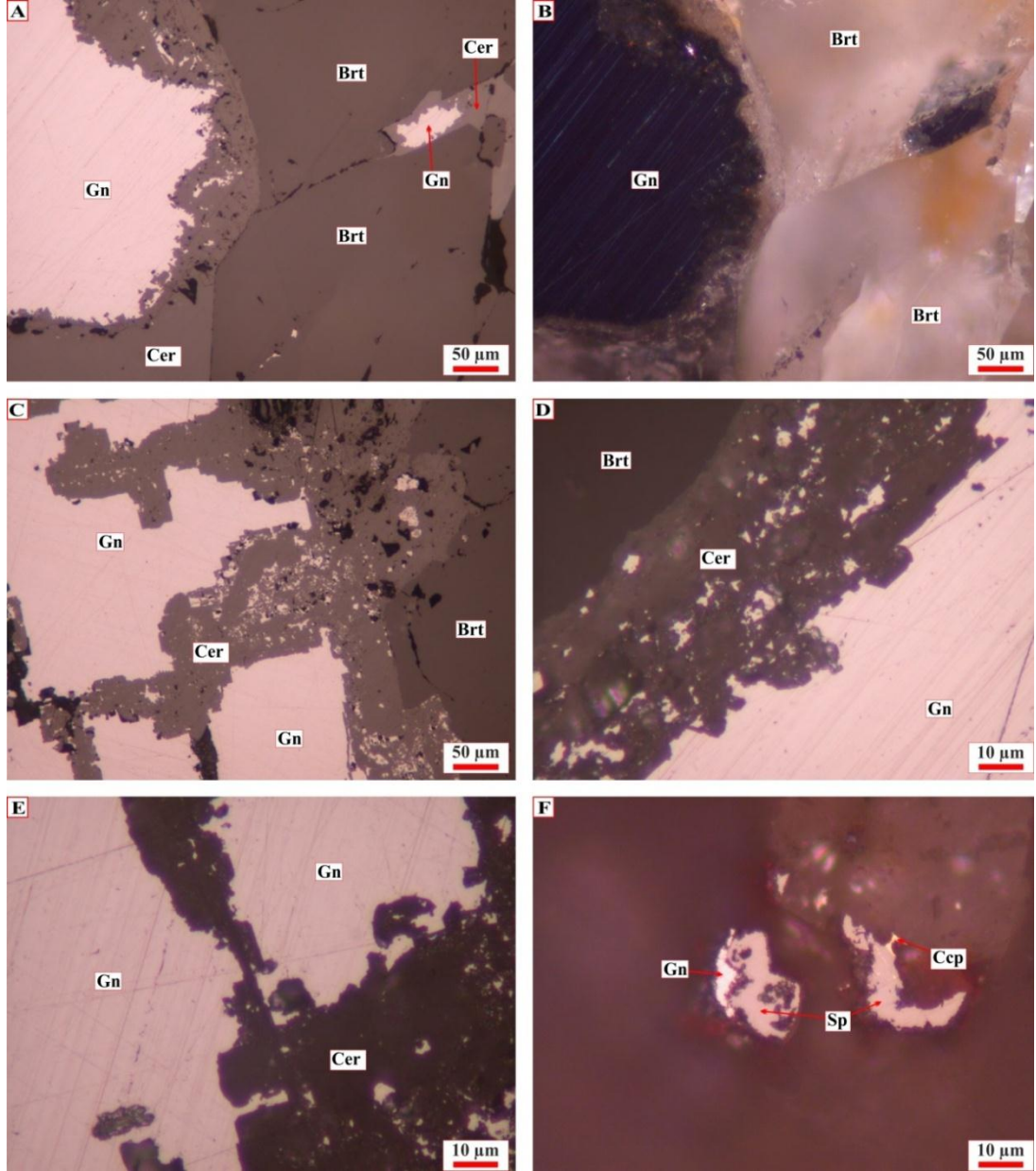
Galen kristalleri içinde yeralan tane boyu 5-10 mikron arasındaki izotrop gri-yeşil gri renkli cevher minerali olasılıkla bir gümüş mineralleridir (Şekil 4.3 E ve F).

Serüzit oksidasyon sonucu kurşun oksitlere PbO (masikot, litarjit), Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (minium) dönüşmüştür (Şekil 4.4 D).

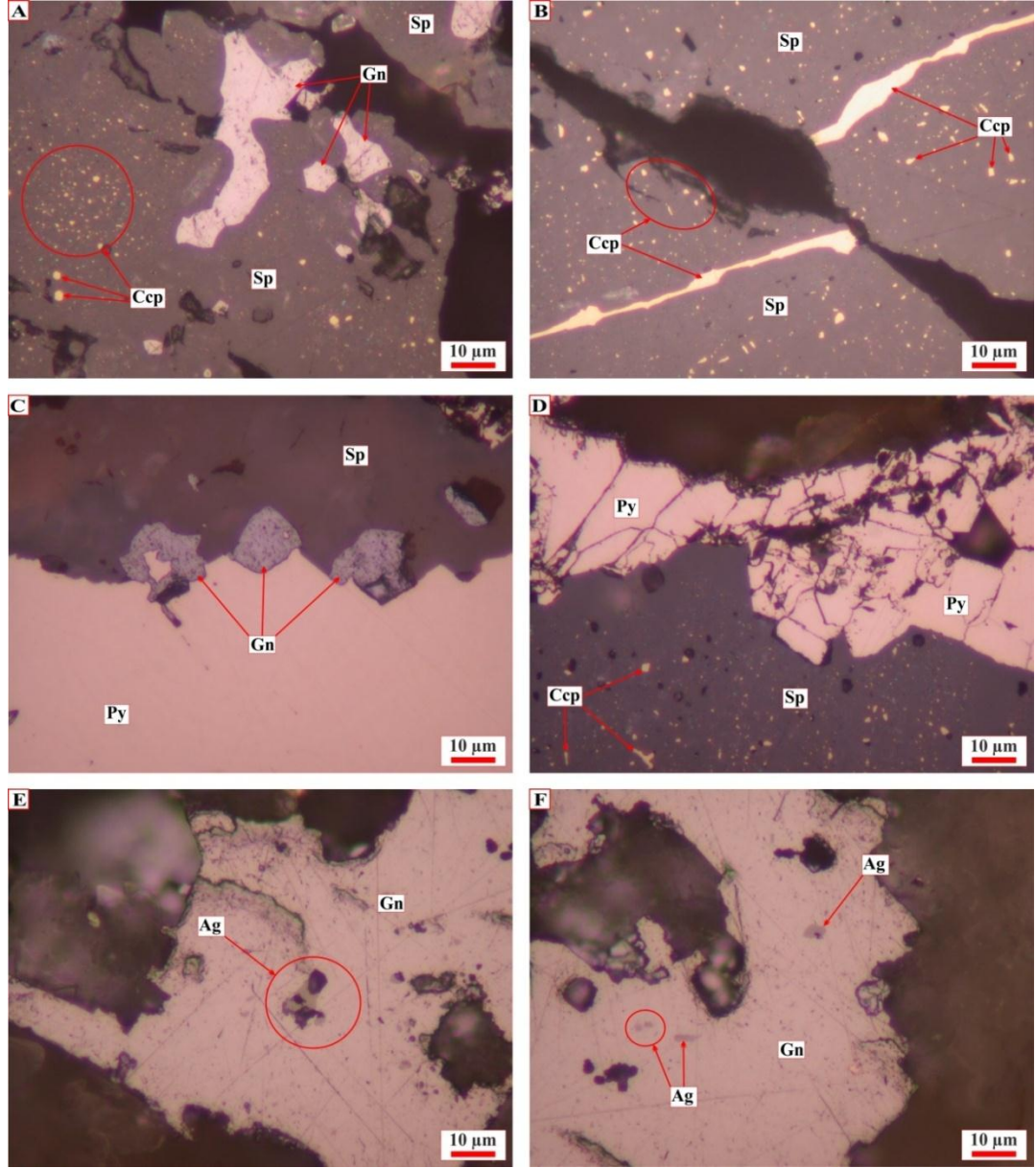
Galen kristalleri kenarları boyunca kalkosin (Cu<sub>2</sub>S), kovellin (CuS) ve dijenite (Cu<sub>9</sub>S<sub>5</sub>) dönüşmüştür (Şekil 4.4 A ve C).

## 4.2 Pirit

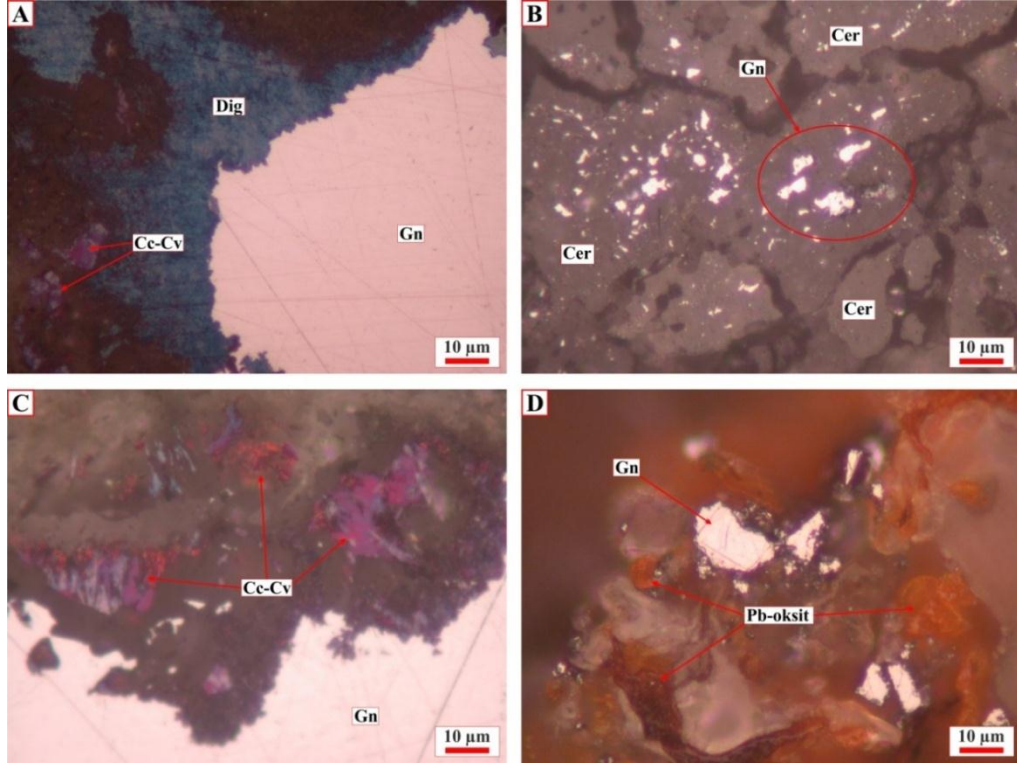
Pirit en önce oluşan sülfid mineralidir. Öz-yarı öz şekilli piritler kendisinden sonra oluşan galen tarafından çevrelenmiştir. Piritler öz-yarı öz şekilli (piritohedron) saçınım ve kristal grupları halinde parajenezde yer almaktadır. Okside olan bölümlerde çatlakları boyunca götit ve lepidokrozite dönüşmüştür (Şekil 4.5 A ve E).



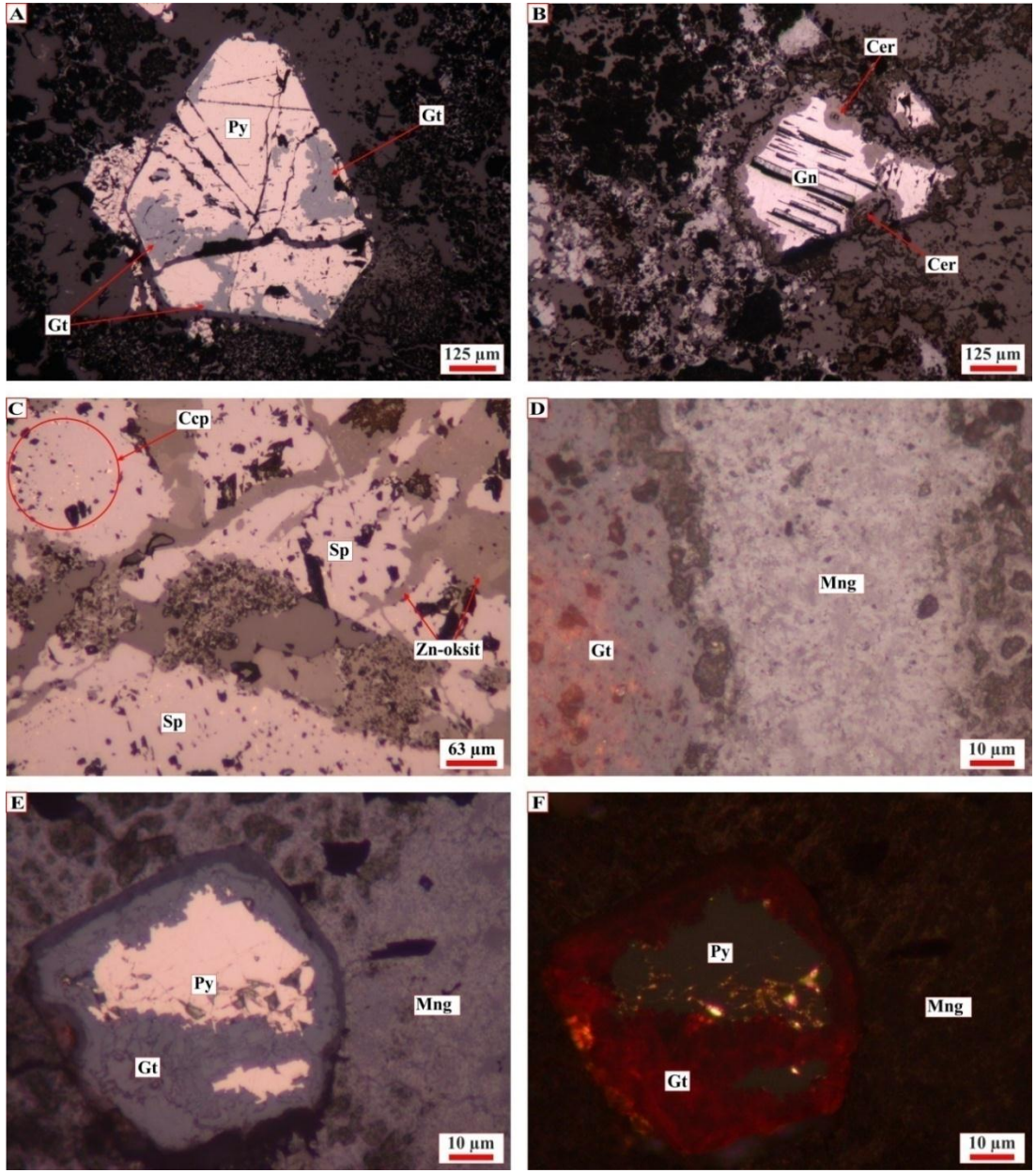
Şekil 4.2 P-3 Nolu örneğe ait parlak kesit mikrofotografaları: Gn: Galen, Cer: Serüzit, Brt: Barit, Sp: Çinkoblend (Sfalerit), Ccp: Kalkopirit. Tüm mikrofotografar //N de çekilmiş olup, sadece B'deki fotoğraf +N'de çekilmiştir.



Şekil 4.3 P-5- Nolu örneğe ait parlak kesit mikrofotografaları: Gn: Galen, Cer: Serüzit, Brt: Barit, Sp: Çinkoblend (Sfalerit), Py: Pirit, Ccp: Kalkopirit, Gt: Götit, Mng: Manganit. Tüm mikrofotografılar //N de çekilmiş olup, sadece F'deki fotoğraf +N'de çekilmiştir.



Şekil 4.4 P-11 Nolu örneğe ait parlak kesit mikrofotografları: Gn: Galen, Cer: Serüzit, Cc-Cv: Kalkozin-kovellin, Dig: Dijenit, Py: Pirit, Ccp: Kalkopirit, Gt: Götit, Mng: Manganit. Tüm mikrofotograflar //N de çekilmiştir.



Şekil 4.5 P-5-1 Nolu örneğe ait parlak kesit mikrofotografaları: Gn: Galen, Cer: Serüzit, Brt: Barit, Sp: Çinkoblend (Sfalerit), Py: Pirit, Ccp: Kalkopirit, Gt: Götit, Mng: Manganit. Tüm mikrofotografılar //N de çekilmiş olup, sadece F'deki fotoğraf +N'de çekilmiştir.

#### 4.3 Çinkoblend

Çinkoblend galen ve piritten daha sonra oluşmuş olup, her iki mineralide ornatmıştır. Çinkoblend içinde çinkoblendin galeni ornatması sonucu kalıntı galen kristalleri gözlenmektedir. Genellikle kalkopirit kapanımı içermeyen açık renkli (bal

rengi) kristallerden meydana gelmektedir. Bu nedenle yansıtma güçleri düşüktür. Galenler gibi bunlarda okside olmuşlardır. Tane boyları 200 mikrona kadar çıkmaktadır.

#### 4.4 Fe-oksit

Fe-oksitler baskın olarak götit-lepidokrozitten oluşmaktadır. Ayrıca saçınım halde bulunan piritlerin psödomorfu olarak (piritin kübik kristal formunu koruyarak piriti ornatın) oluşan götit-lepidokrozitler bulunmaktadır (Şekil 4.6 A).

Fe-oksitler başlıca mangan-oksitlerden psilomelan  $(\text{Ba,Mn,Al,Fe,Si})_3(\text{O,OH})_6\text{O}_{16}$  ile birlikte ritmik, konsantrik dokular oluşturur (Şekil 4.7 A, B ve C). Bu tip kolloform dokular düşük sıcaklıktaki bir jelden itibaren kristallenmenin göstergesidir.

#### 4.5 Mangan/Mangan Oksit

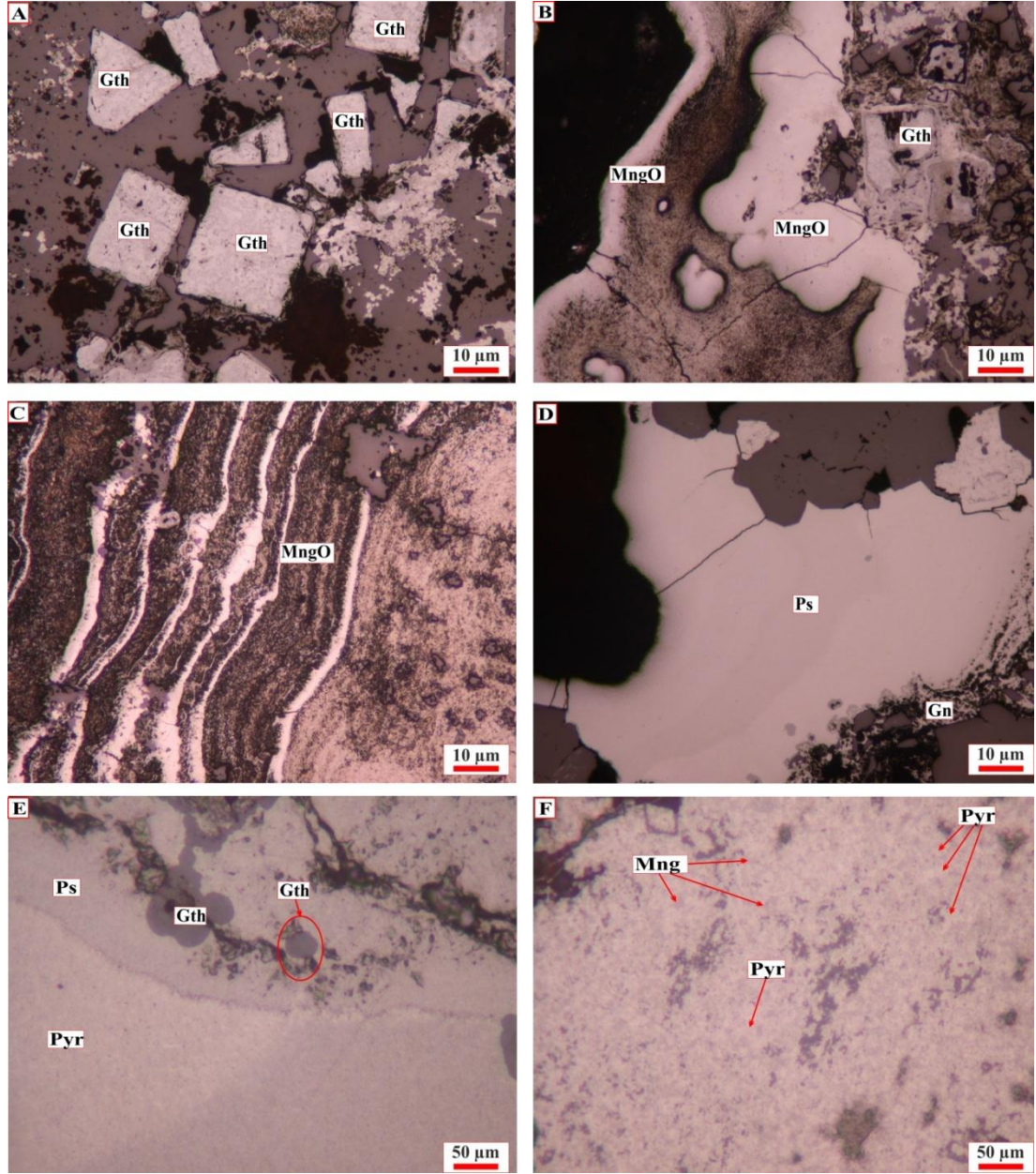
Masif mangan cevherinin içinde farklı dokular bir arada bulunmaktadır.

- Başlıca barit, kalsit ve kuvarsdan oluşan gang içinde saçınmış halde boyları birkaç yüz mikrona ulaşın Mn-oksit ve demir-oksit taneleri,
- Fe-oksitler başlıca mangan-oksitlerden psilomelan $(\text{Ba,Mn,Al,Fe,Si})_3(\text{O,OH})_6\text{O}_{16}$  ile birlikte ritmik, konsantrik dokular oluşturur,
- Daha yoğun olan cevherli bölümlerde masif cevherli bölümlerde yine Mn ve Fe-oksit birlikteliği gözlenmektedir (Şekil 4.8 C).

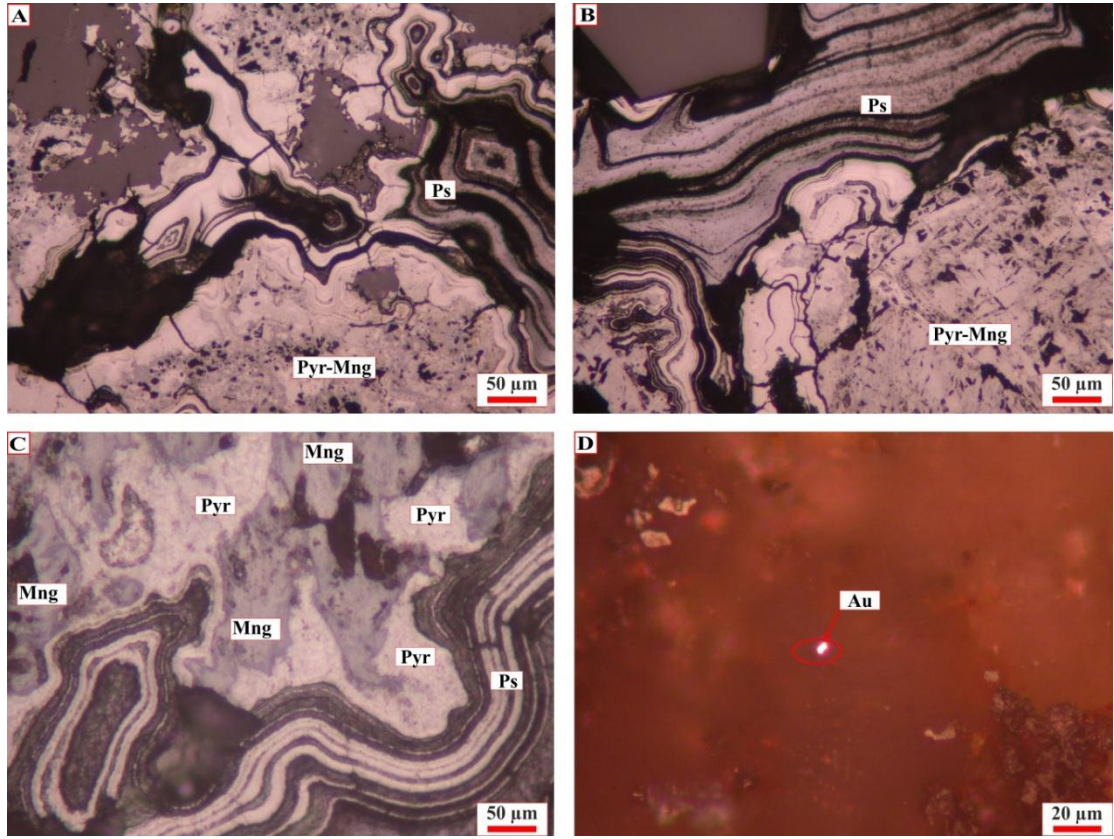
Tüm birincil mangan cevherleri piroluzit ( $\text{MnO}_2$ ) ve psilomelana dönüşme eğilimindedir. Bu nedenle oksidasyonun ilerlemiş aşamalarında cevherde en yaygın bulunan mangan mineralleri bu iki mineraldir.

Manganit (Mng) genellikle piroluzit ve psilomelanla iç içe büyümeler göstermektedir. Yaygın olarak piroluzit tarafından ornatılmaktadır. Galen'in serüzite

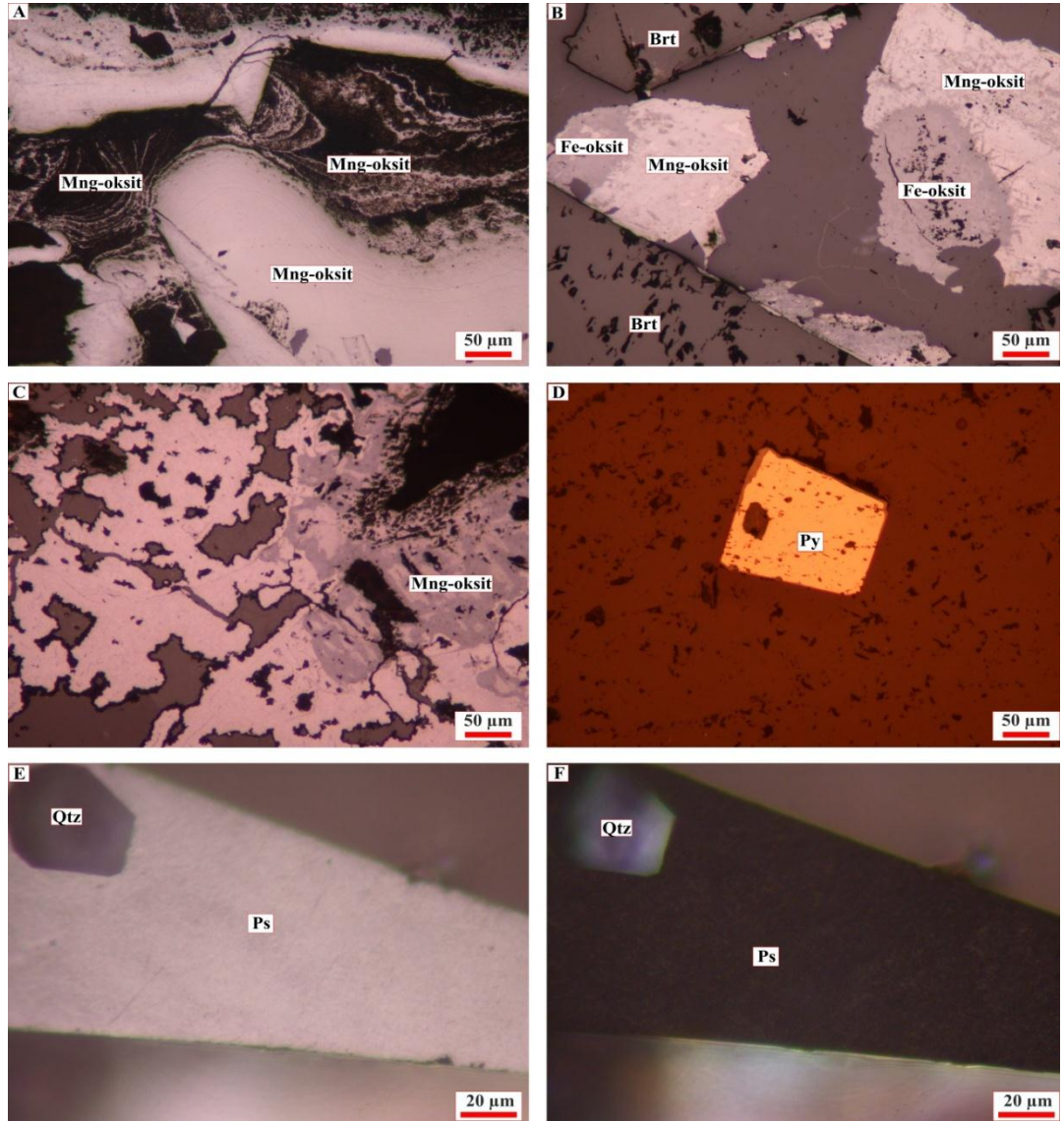
dönüşümü olasılıkla birincil manganez cevherinin Mn- karbonat olan rodokrozit ( $\text{MnCO}_3$ ) olabileceğini düşündürmektedir. Rodokrozit yine yaygın olarak piroluzit ( $\text{MnO}_2$ ) ve psilomelana dönüşmektedir.



Şekil 4.6 P-8 Nolu örneğe ait parlak kesit mikrofotografaları: Gth: Götit, Mng: Mangan oksitler, Ps: Psilomelan, Pyr: Piroluzit.



Şekil 4.7 P-6 Nolu örneğe ait parlak kesit mikrofotografları: Demir oksit, Mng: Manganit, Ps: Psilomelan, Pyr: Piroluzit, Au: Altın. Tüm mikrofotograflar //N, sadece D +N.



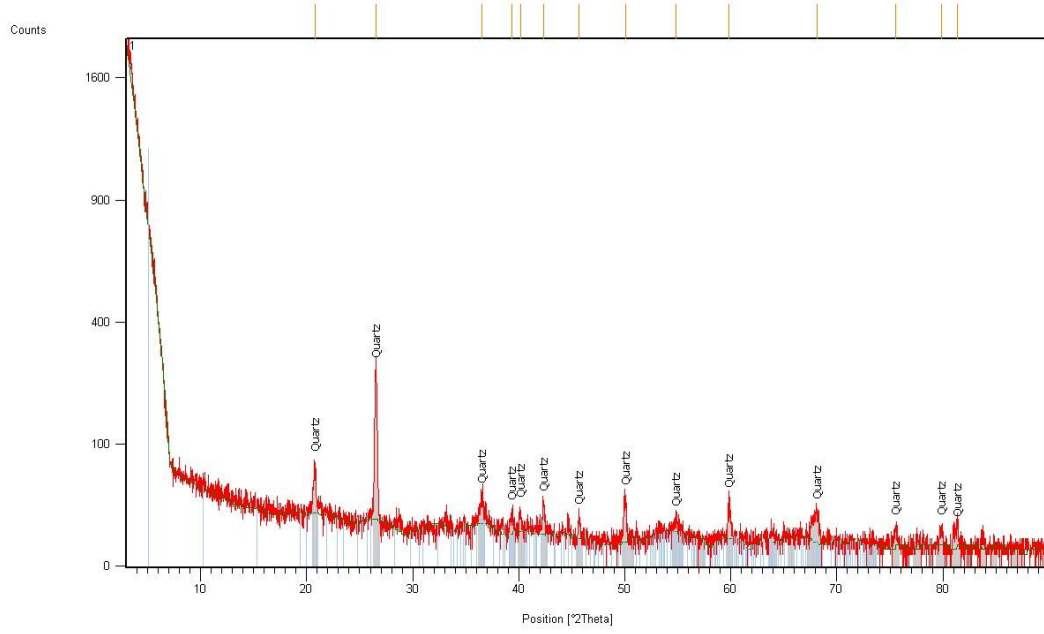
Şekil 4.8 P-4 Nolu örneğe ait parlak kesit mikrofotografaları: Fe-oksit: Demir oksit, Mng-oksit: Mangan oksit Ps: Psilomelan, Py: Pirit. Tüm mikrofotografılar //N, sadece F +N.

#### 4.3 XRD

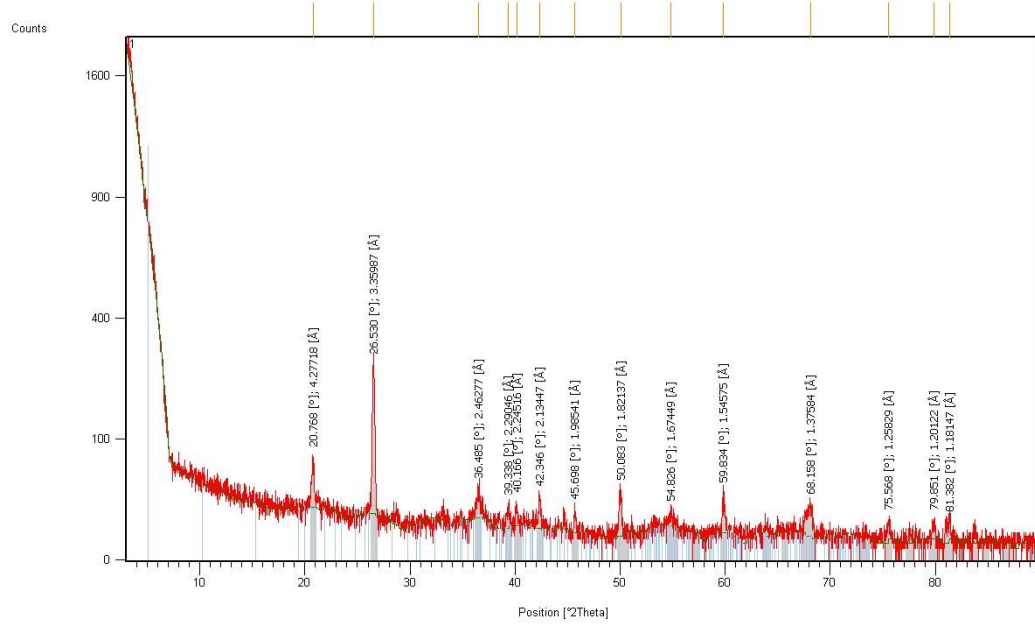
Çalışma sahasında alınan 3 farklı cevher örneği XRD analizi yapmak için T.C. Süleyman Demirel Üniversitesi Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi Müdürlüğü'ne gönderilmiştir. Analiz sonucunda cevher minerali olarak galen ve sfalerit gang minerali olarak ise kuvars ve barit

gözlenmiştir. Ekte verilen tablolarda gözlenen mineraller ve theta değerleri verilmiştir.

Analiz için seçilen ilk örneği yüksek kuvars anomalileri verdiği gözlenmektedir.

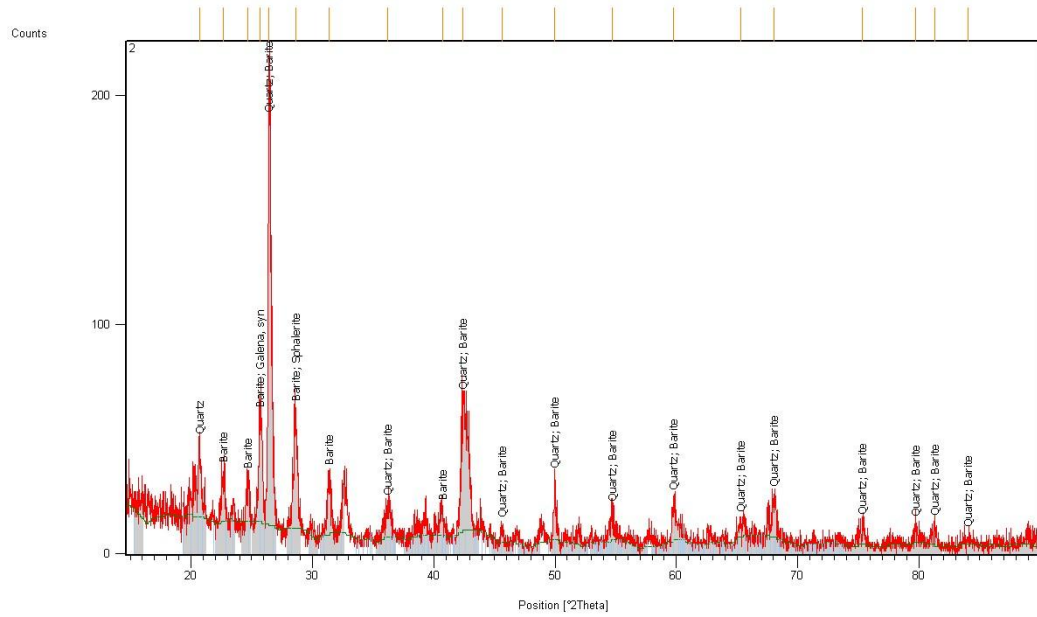


Şekil 4.13 C-1 örneğinin XRD analizi

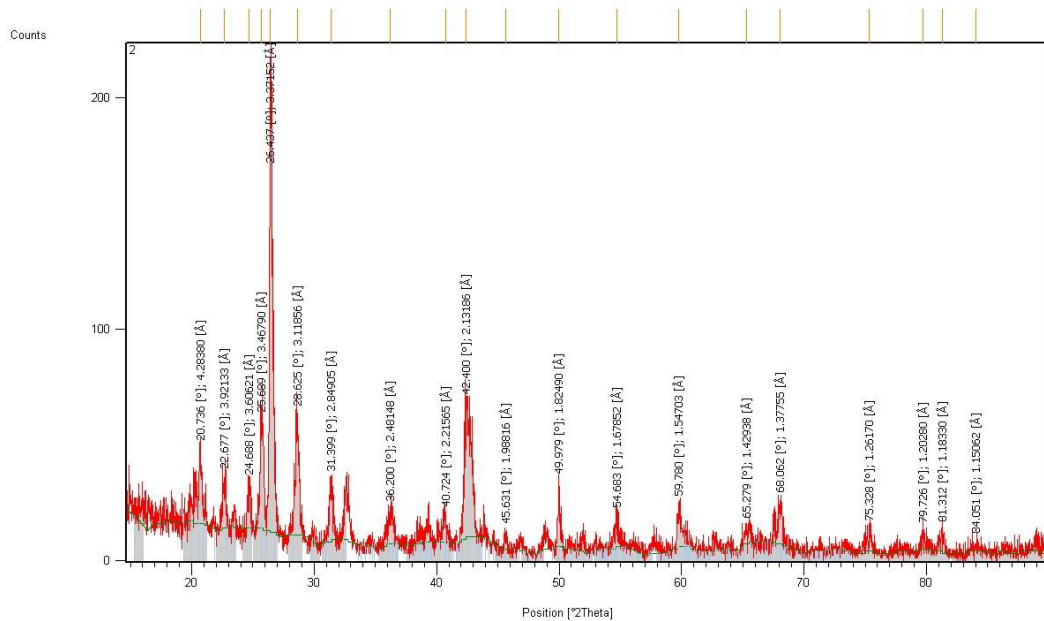


Şekil 4.14 C-1 örneğinin XRD-THETA değerleri.

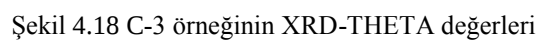
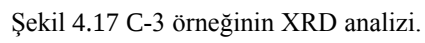
2. ve 3. örnekler cevher minerallerince zengindir ve yoğun olarak galen ve barit içermektedir. Bunun yanı sıra sfalerit anomalileri de vermiştir.



Şekil 4.15 C-2 örneğinin XRD analizi.



Şekil 4.16 C-2 örneğinin XRD-THETA değerleri.



## BÖLÜM BEŞ

### JEOKİMYA

#### 5.1 Eğrigöz Plütununun Jeokimyası

Eğrigöz plütunu major, iz element ve nadir toprak element analizi sonuçları Tablo 5.1 ve 5.2’de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre örneklerin SiO<sub>2</sub> değerleri dar bir aralıkta (% 70-73) değişmekte olup Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O’ya karşı SiO<sub>2</sub> sınıflama diyagramlarında (Cox ve diğer., 1979; Middlemost, 1985) plütona ait örnekler granit alanında yoğunlaşmıştır (Şekil 5.1).

AFM diyagramında plütona ait örneklerin *kalk-alkalin* serisine dahil olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 5.2A). A/NK’ya karşı A/CNK diyagramında (Shand,1943) ( $A/CNK = Al_2O_3 / [CaO + Na_2O + K_2O]$ ) ise bu kayaların *peraluminalı* olduğu görülmektedir (Şekil 5.2B). K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub> diyagramında (Peccherillo ve Taylor, 1976) örnekler *yüksek potasyum kalk alkalin* bölgesine düşmüştür (Şekil 5.2C).

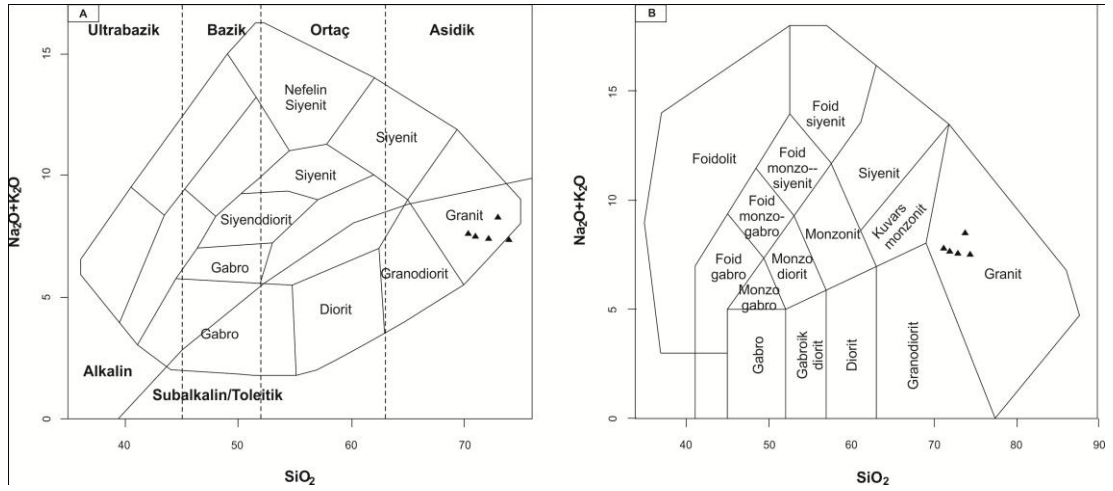
Eğrigöz plütunu, Nb-Y tektonik ayırım diyagramında (Pearce ve diğer., 1984), *volkanik yay ve çarpışmayla eşyaşlı* alanında, bir tane örneğin ise *kıta içi* alanında izlenmektedir (Şekil 5.3A). Rb-Nb+Y diyagramında (Pearce ve diğer., 1984) plütun *volkanik yay* alanında izlenmektedir (Şekil 5.3B).

Tablo 5.1 Eğrigöz plütonuna ait örneklerin jeokimya analizleri

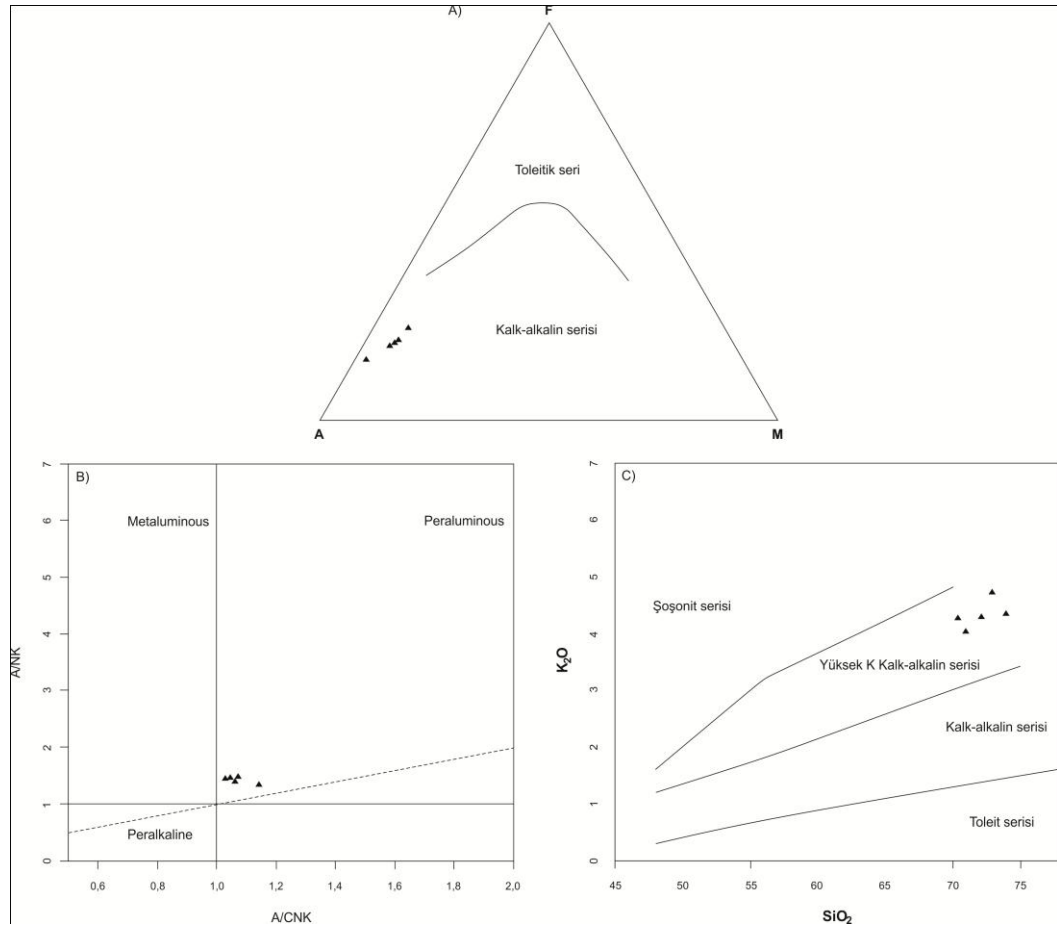
|                                |     | KGR 1 | KGR 2  | KGR 6 | KKP 8  | KKP 15 |
|--------------------------------|-----|-------|--------|-------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | %   | 72,1  | 70,34  | 70,93 | 72,94  | 73,93  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | %   | 14,06 | 14,39  | 14,67 | 14,5   | 13,36  |
| FeO <sub>3</sub>               | %   | 2,13  | 2,8    | 2,27  | 1,67   | 2      |
| MgO                            | %   | 0,66  | 0,85   | 0,72  | 0,25   | 0,56   |
| CaO                            | %   | 2,06  | 2,17   | 2,05  | 0,97   | 1,64   |
| Na <sub>2</sub> O              | %   | 3,08  | 3,3    | 3,42  | 3,55   | 3      |
| K <sub>2</sub> O               | %   | 4,28  | 4,26   | 4,01  | 4,7    | 4,32   |
| TiO <sub>2</sub>               | %   | 0,3   | 0,41   | 0,33  | 0,14   | 0,28   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | %   | 0,09  | 0,13   | 0,12  | 0,06   | 0,11   |
| MnO                            | %   | 0,04  | 0,03   | 0,05  | 0,05   | 0,05   |
| LOI                            | %   | 1,1   | 1,2    | 1,2   | 1      | 0,7    |
| SUM                            | %   | 99,9  | 99,9   | 99,77 | 99,84  | 99,95  |
| Sc                             | ppm | 5     | 6      | 5     | 5      | 4      |
| Ba                             | ppm | 921   | 803,1  | 842,7 | 1464,3 | 611    |
| Be                             | ppm | 4     | 3      | 5     | 5      | 4      |
| Co                             | ppm | 152,7 | 109,7  | 126,9 | 138,7  | 104,7  |
| Cs                             | ppm | 4,6   | 3,6    | 12,8  | 3,5    | 7,4    |
| Ga                             | ppm | 16,7  | 16,5   | 17,7  | 17,9   | 17,4   |
| Hf                             | ppm | 4,3   | 5      | 4,3   | 5,7    | 4,9    |
| Nb                             | ppm | 12,5  | 15     | 15,9  | 20     | 15,5   |
| Rb                             | ppm | 160,9 | 164,3  | 188,1 | 158,5  | 191,9  |
| Sn                             | ppm | 2     | 3      | 4     | 4      | 4      |
| Sr                             | ppm | 220,4 | 224,9  | 209,9 | 143,1  | 167,2  |
| Ta                             | ppm | 1,4   | 1,5    | 1,5   | 1,4    | 1,6    |
| Th                             | ppm | 24,9  | 29,4   | 19,4  | 33,9   | 24,1   |
| U                              | ppm | 5,5   | 7,6    | 7,9   | 7,1    | 8      |
| V                              | ppm | 27    | 44     | 22    | 19     | 19     |
| W                              | ppm | 1506  | 1072,6 | 1367  | 1287,5 | 1207   |
| Zr                             | ppm | 139,7 | 155,9  | 147,8 | 174,6  | 151,9  |
| Y                              | ppm | 28,7  | 27,4   | 24,4  | 32,4   | 27,1   |
| La                             | ppm | 37,3  | 40,2   | 38,2  | 76,7   | 45,1   |
| Ce                             | ppm | 68,7  | 74,7   | 67,9  | 137,1  | 80,9   |
| Pr                             | ppm | 7,19  | 7,65   | 6,97  | 13,29  | 8,24   |
| Nd                             | ppm | 27,5  | 30,1   | 28,1  | 47,3   | 30,7   |
| Sm                             | ppm | 5,1   | 5,5    | 5,1   | 7,8    | 5,8    |
| Eu                             | ppm | 0,95  | 0,88   | 0,92  | 1,14   | 0,68   |
| Gd                             | ppm | 4,09  | 4,54   | 3,98  | 6,13   | 4,32   |
| Tb                             | ppm | 0,71  | 0,68   | 0,69  | 0,96   | 0,69   |
| Dy                             | ppm | 3,79  | 4,05   | 3,85  | 4,97   | 3,88   |
| Ho                             | ppm | 0,84  | 0,81   | 0,8   | 1,06   | 0,83   |

Tablo 5.2 Eğrigöz plütonuna ait örneklerin jeokimya analizleri

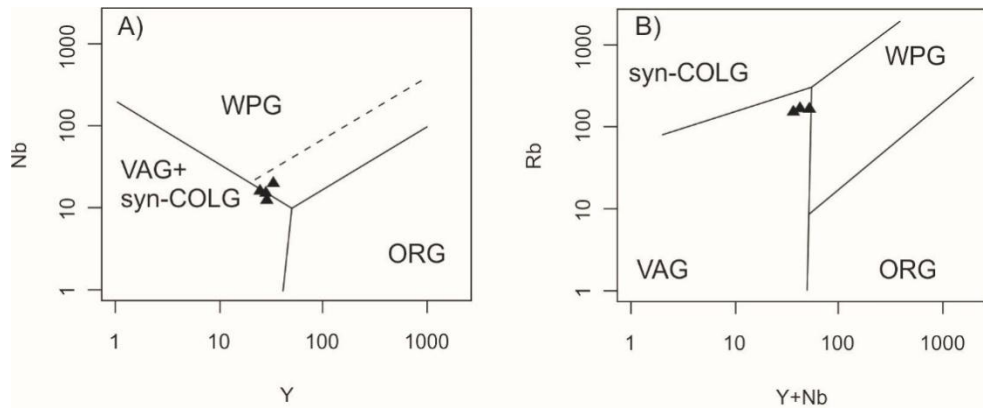
|    |     | KGR 1 | KGR 2 | KGR 6 | KKP 8 | KKP 15 |
|----|-----|-------|-------|-------|-------|--------|
| Er | ppm | 2,51  | 2,49  | 2,18  | 2,82  | 2,29   |
| Tm | ppm | 0,39  | 0,41  | 0,35  | 0,45  | 0,38   |
| Yb | ppm | 2,8   | 2,92  | 2,47  | 2,94  | 2,49   |
| Lu | ppm | 0,44  | 0,38  | 0,34  | 0,44  | 0,37   |
| Mo | ppm | 0,4   | 0,9   | 1,5   | 0,4   | 1      |
| Cu | ppm | 1,2   | 0,4   | 1,3   | 6,6   | 1,2    |
| Pb | ppm | 12,1  | 4,8   | 4,8   | 39,5  | 2,5    |
| Zn | ppm | 23    | 15    | 30    | 114   | 25     |
| Ni | ppm | 2,1   | 2,9   | 1,5   | 0,7   | 1,4    |
| As | ppm | 1,6   | 0,5   | 1,7   | 1,4   | 2,5    |
| Cd | ppm |       |       |       | 1,5   |        |
| Sb | ppm | 0,1   |       |       |       |        |
| Bi | ppm | 0,1   |       | 0,2   | 0,1   | 0,1    |
| Ag | ppm | 0,1   |       |       |       |        |
| Au | ppb |       | 1,9   | 1,1   |       |        |
| Hg | ppm | 0,01  | 0,05  |       | 0,02  | 0,03   |
| Tl | ppm | 0,3   | 0,3   | 0,4   | 0,2   | 0,3    |



Şekil 5.1 Eğrigöz Graniti'ne ait örneklerin jeokimyasal sınıflamasını gösteren diyagramlar A)  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 'ya karşı  $\text{SiO}_2$  diyagramı (Cox ve diğer., 1979). B)  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$  diyagramı (Middlemost, 1985).

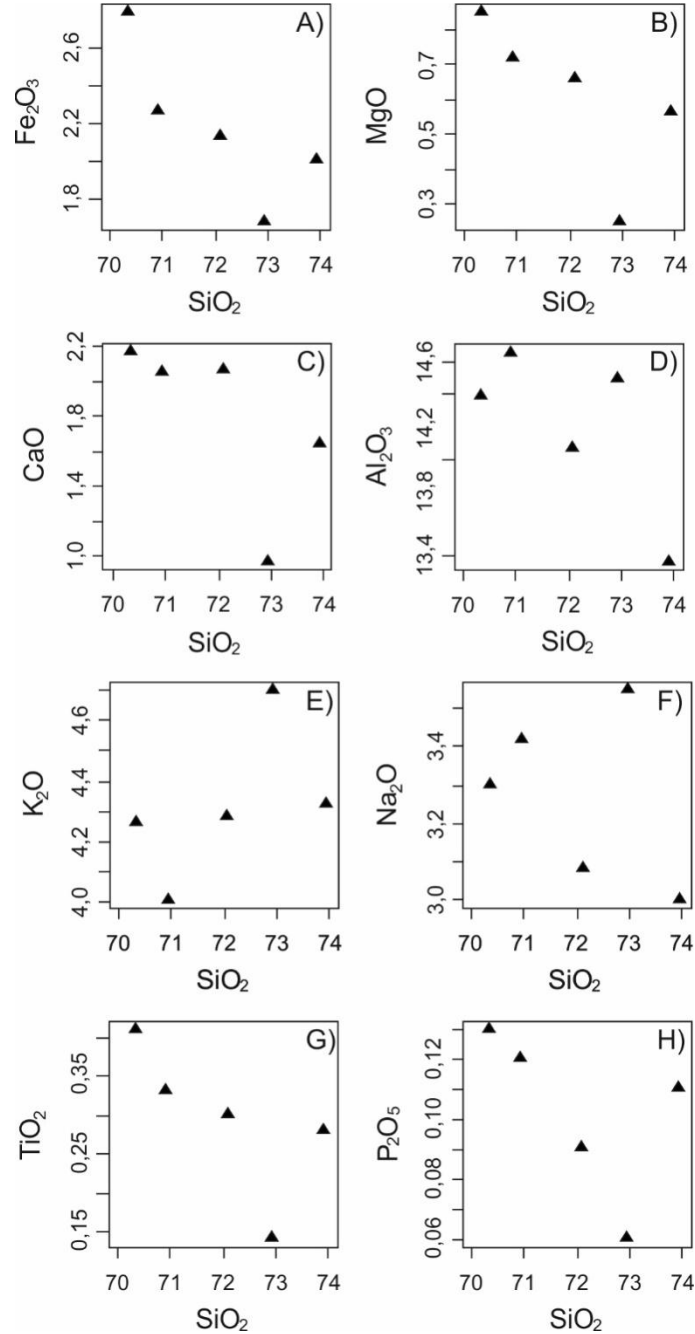


Şekil 5.2 Eğrigöz Graniti'ne ait örneklerin sınıflaması A) AFM diyagramındaki gösterimi (Irvine ve Baragar, 1971). B) A/NK-A/CNK diyagramındaki gösterimi (Shand, 1943). C) K<sub>2</sub>O'ya karşı SiO<sub>2</sub>'deki değişimi gösteren diyagram (Peccerillo ve Taylor, 1979).



Şekil 5.3 Eğrigöz Graniti A) Nb-Y (Pierce ve diğer., 1984) B) Rb-Y+Mb tektonik ayırım diyagramlarında (Pierce ve diğer., 1984) gösterimi.

Eğrigöz plütununun  $\text{SiO}_2$ 'ye karşı major element değişim diyagramları Şekil 5.4'de verilmiştir. Buna göre, artan  $\text{SiO}_2$  yüzdesine karşı, çoğu örnek için  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  ve  $\text{P}_2\text{O}_5$  yüzdeleri azalmakta,  $\text{K}_2\text{O}$  değeri ise uyumlu bir şekilde artış göstermektedir.  $\text{Na}_2\text{O}$  ise gelişigüzel bir dağılım sergilemektedir.

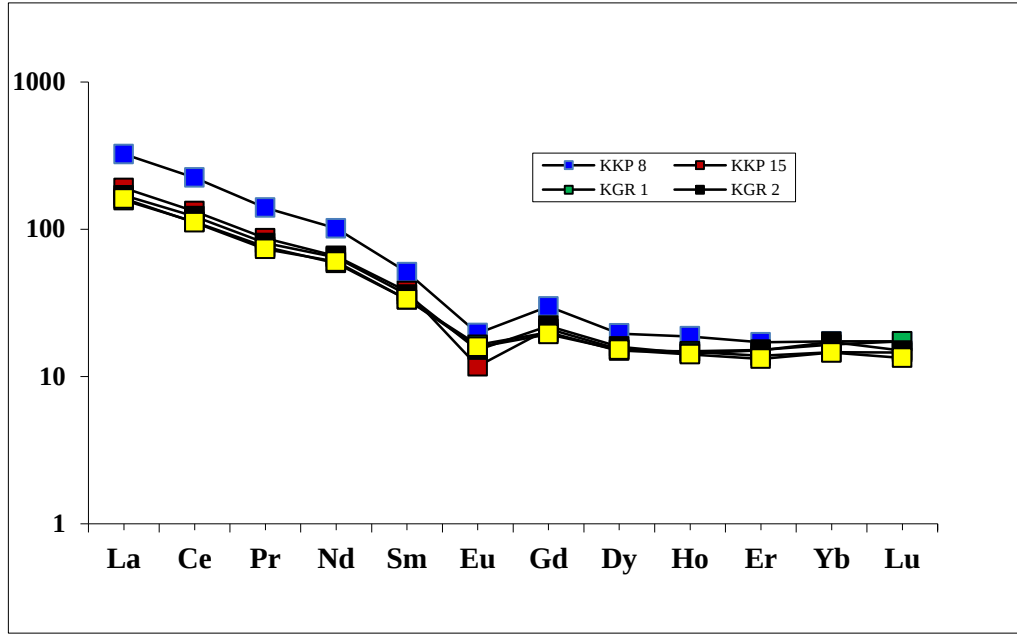


Şekil 5.4 (A-H) Eğrigöz Graniti  $\text{SiO}_2$ 'ye karşı seçilmiş major element harker diyagramları.

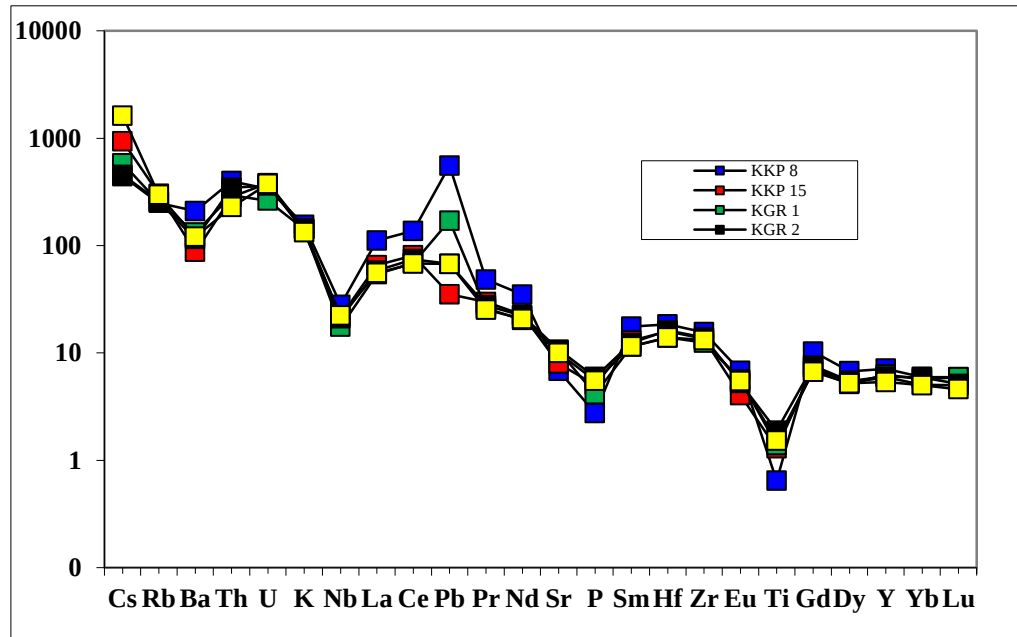
Eğrigöz Graniti kondirite göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılım diyagramında tüm örnekler birbirlerine göre çok iyi paralellik göstermektedir ve çizilen örümcek diyagramı Şekil 5.5'te gösterilmiştir. Eu'nun negatif anomali gösterirken, Ce, Nd, Sm, Gd, Yb zenginlemesi söz konusudur.

Granitin ilksel mantoya göre normalize edilmiş iz element örümcek diyagramı Şekil 5.6 'da verilmiştir. Granit Ba, Nb, P, Sr, Ti, Zr elementlerince tükenmiştir. Plütona ait örneklerin çoğunluğunda, baryum konsantrasyonu artan  $\text{SiO}_2$ 'ye karşın artışgöstermektedir. Ba elementinin K-Feldispat ve mikada, kafesteki K elementinin yerine geçebilmesine rağmen plütona ait örneklerde,  $\text{K}_2\text{O}$  yüzdesi en fazla olan örnek en düşük Ba konsantrasyonuna sahiptir. Meinert (1995) göre Cu ve Zn skarnlar ile ilişkili olan plütonik kayalardaki baryum zenginleşmesinin potasik (ortoklas) ve fillik (serizit) alterasyonu yansıtabileceğini açıklamaktadır.

Plütona ait örneklerde, U, Th ve Pb (Pb için tek bir örnek hafif negatif anomali göstermekte) elementlerince, zenginleşmiştir. Plüton en yüksek anomalisini Pb için göstermiştir. Plütondaki, Nbve Ti tükenmesi, onun I tipi ve dalma batma ilişkili karakteriniyansıtmaktadır. U ve Th`nin ilksel mantoya göre daha yüksek olması, magmanın yükselmesi sırasında kabuksal kirlenmenin gerçekleşmiş olabileceğine işaret etmekte olup, bu durum, kıtasal yay ile ilişkili gelişen plütonların karakteristik bir özelliğidir (Müller ve Groves, 1997).



Şekil 5.5 Granite ait örneklerin kondirite (Taylor ve McLennan, 1985) göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramları.



Şekil 5.6 Granite ait örneklerin ilksel mantoya (Sun ve McDonough, 1989), göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramı.

## 5.2 Cevher Jeokimyası

İnceleme alanından alınan yüzey numunelerinde ME-MS41 ve bazı örneklerde Au ve Ag analizleri için ME-ICP41 ALS İzmir Laboratuvar'ında yapılmıştır. Bu numuneler Güral Porselen Madencilik tarafından geçmiş yıllar içinde üretim ve arama çalışmaları esnasında alınmıştır. Yukarıortaburun Tepe çevresinde toplamda 62 adet numune alınmış olup bu çalışma kapsamında sadece Yukarıortaburun Tepe'den alınan 24 numune dikkate alınmıştır. Alınan numunelerin analiz sonuçları aşağıda verilmiştir (Tablo 5.3, 5.4) ve yatağın Au, Ag, Pb ve Zn elementlerine ait dağılım haritaları ppm değerlerine göre oluşturularak Şekil 5.7, Şekil 5.8, Şekil 5.9 ve Şekil 5.10'da sunulmuştur.

Analiz sonuçları jeostatistiksel ve istatistiksel olarak iki farklı kapsamda incelenmiştir. Jeostatistiksel incelemeler ışığında; Au diğer hiçbir elementle tutarlı anomali dağılımı sunmamaktadır. Ag-Pb ve Pb-Zn değerleri genel bir tutarlılık göstermeseler de lokal olarak uyumlu desenler sunmaktadır. Bu kapsamda bölgelere göre;

I. Bölge: Ag-Pb

II. Bölge: -

III. Bölge: Örnekler üretim sahasından alındığı için istatistiksel olarak incelenmiştir.

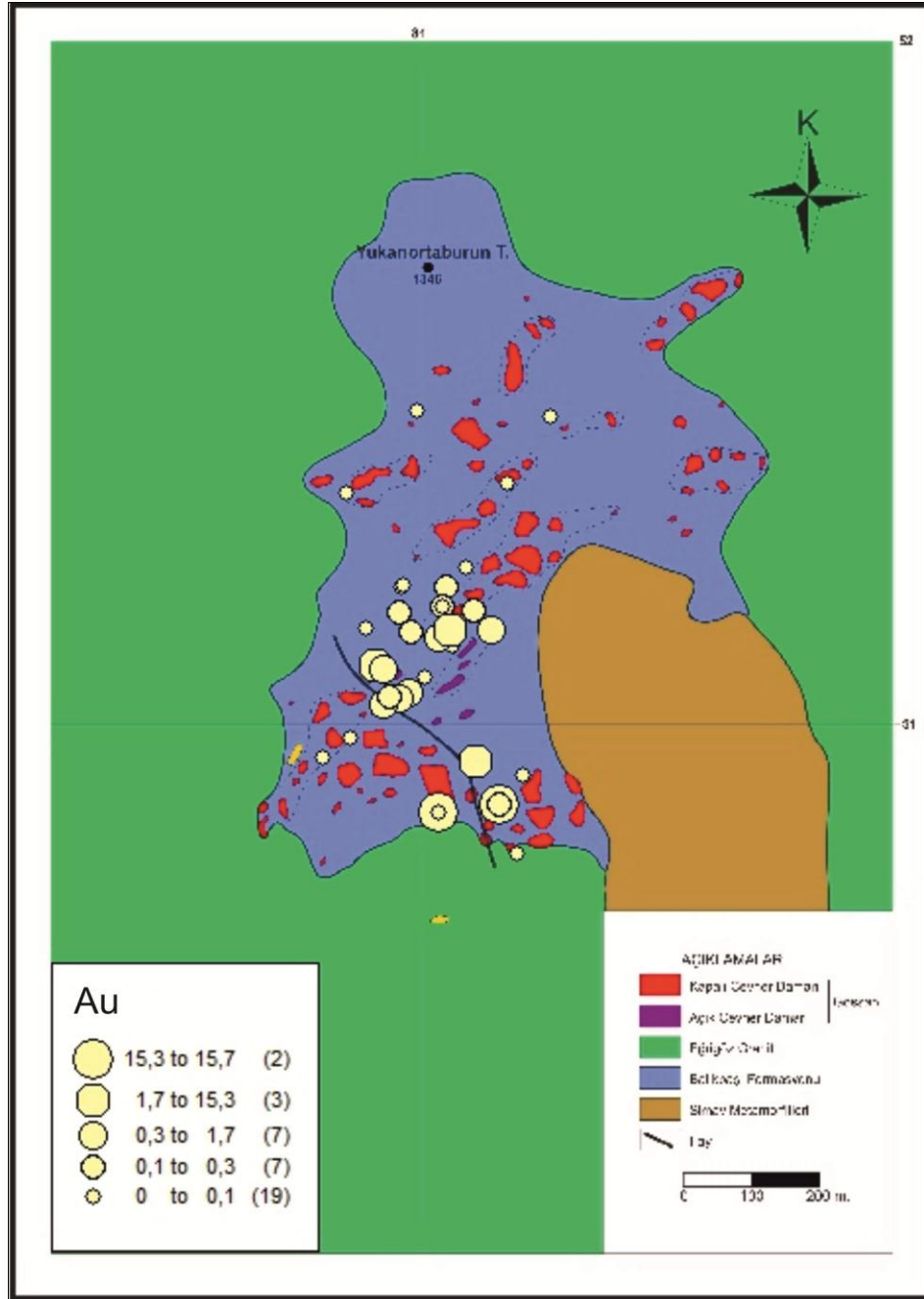
IV. Bölge: Ag-Pb-Zn, birliktelikleri bulunmaktadır. Bu ilişkiler sabit ve yaklaşık bir oranda olmadığından jeostatistiksel modelleme için yeterli değildir.

Tablo 5.3 Cevher örneklerine ait jeokimya analizleri

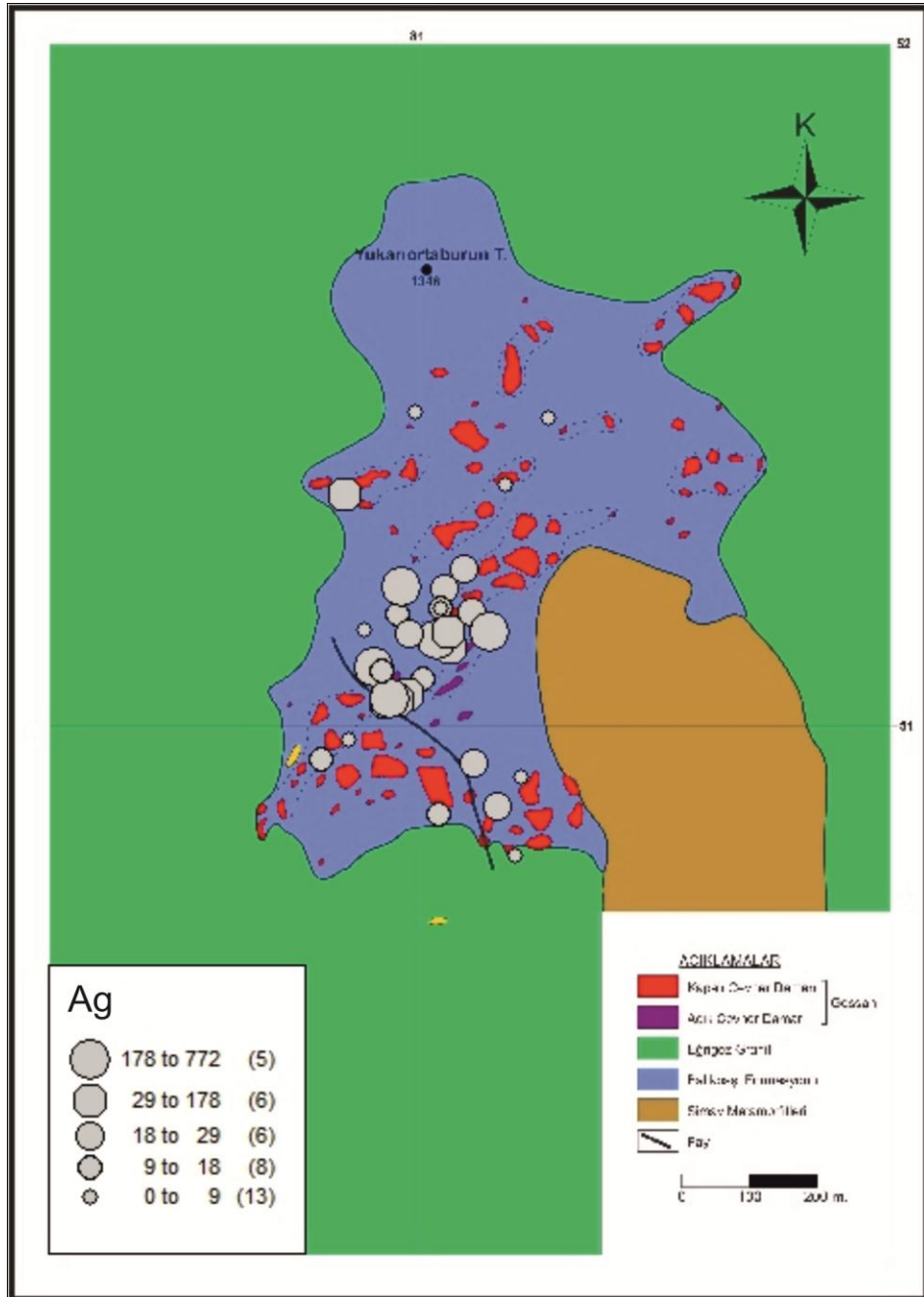
|    |     | ORN-5 | ORN-6 | ORN-7 | KBL-27 | KBL-28 | KBL-29 | KBL-33 | KBL-34 | KBL-35 | KBL-36 | KBL-37 | KBL-38 |
|----|-----|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Au | ppm | 22    | 15,7  | 15,3  | 0,235  | 0,367  | 0,018  | 0,071  | 0,043  | 0,03   | 0,023  | 0,022  | 0,021  |
| Ag | ppm | 1,46  | 1,57  | 2,3   | 21     | 772    | 5,81   | 1,14   | 0,61   | 2,17   | 2,93   | 1,76   | 2,13   |
| Al | %   | 0,06  | 0,09  | 0,1   | 2,04   | 0,06   | 0,02   | 0,34   | 0,87   | 2,45   | 2,47   | 2,93   | 2,76   |
| As | ppm | 10000 | 10000 | 10000 | 71,6   | 8,1    | 7      | 523    | 162    | 113    | 183,5  | 91,3   | 87,1   |
| Ba | ppm | 20    | 30    | 30    | 5870   | 30     | 1030   | 40     | 50     | 1080   | 1010   | 720    | 590    |
| Bi | ppm | 128,5 | 88,6  | 134   | 5,86   | 0,76   | 0,04   | 1,66   | 1,52   | 10,75  | 8,41   | 8,17   | 7,65   |
| Ca | %   | 0,07  | 0,01  | 0,01  | 0,19   | 0,06   | 11,55  | 1,56   | 0,29   | 0,47   | 0,3    | 0,3    | 0,33   |
| Cu | ppm | 5,5   | 3     | 10,3  | 167    | 162    | 5,9    | 949    | 1780   | 62,2   | 40,4   | 51,3   | 56,9   |
| Fe | %   | 24,1  | 23,3  | 21,7  | 11,6   | 0,55   | 1,16   | 37,8   | 36,8   | 5,15   | 5,37   | 5,53   | 6,17   |
| Hg | ppm | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,7    | 1,31   | 0,16   | 0,07   | 0,06   | 0,18   | 0,22   | 0,07   | 0,06   |
| Mn | ppm | 245   | 27    | 21    | 94900  | 2770   | 9830   | 92     | 1520   | 5510   | 8470   | 5410   | 6530   |
| Mo | ppm | 29,4  | 6,54  | 1,05  | 7,48   | 8,46   | 1,57   | 56,1   | 33     | 3,21   | 4,94   | 3,99   | 7,83   |
| Na | %   | 0,02  | 0,01  | 0,02  | 0,04   | <0.01  | 0,02   | 0,06   | 0,01   | 0,04   | 0,04   | 0,03   | 0,03   |
| Pb | ppm | 75,7  | 9,8   | 13    | 4010   | 300000 | 2970   | 27,6   | 53,5   | 523    | 554    | 606    | 760    |
| S  | %   | >10   | 8,48  | 7,1   | 0,03   | 5,18   | 0,09   | 0,39   | 0,12   | 0,03   | 0,05   | 0,01   | 0,02   |
| Te | ppm | 12,8  | 12,9  | 9,27  | 0,16   | 0,01   | 0,02   | 0,62   | 0,55   | 0,3    | 0,24   | 0,22   | 0,16   |
| Zn | ppm | 53    | 3     | 2     | 7070   | 13131  | 1950   | 182    | 801    | 1090   | 1160   | 897    | 1290   |

Tablo 5.4 Cevher örneklerine ait jeokimya analizleri

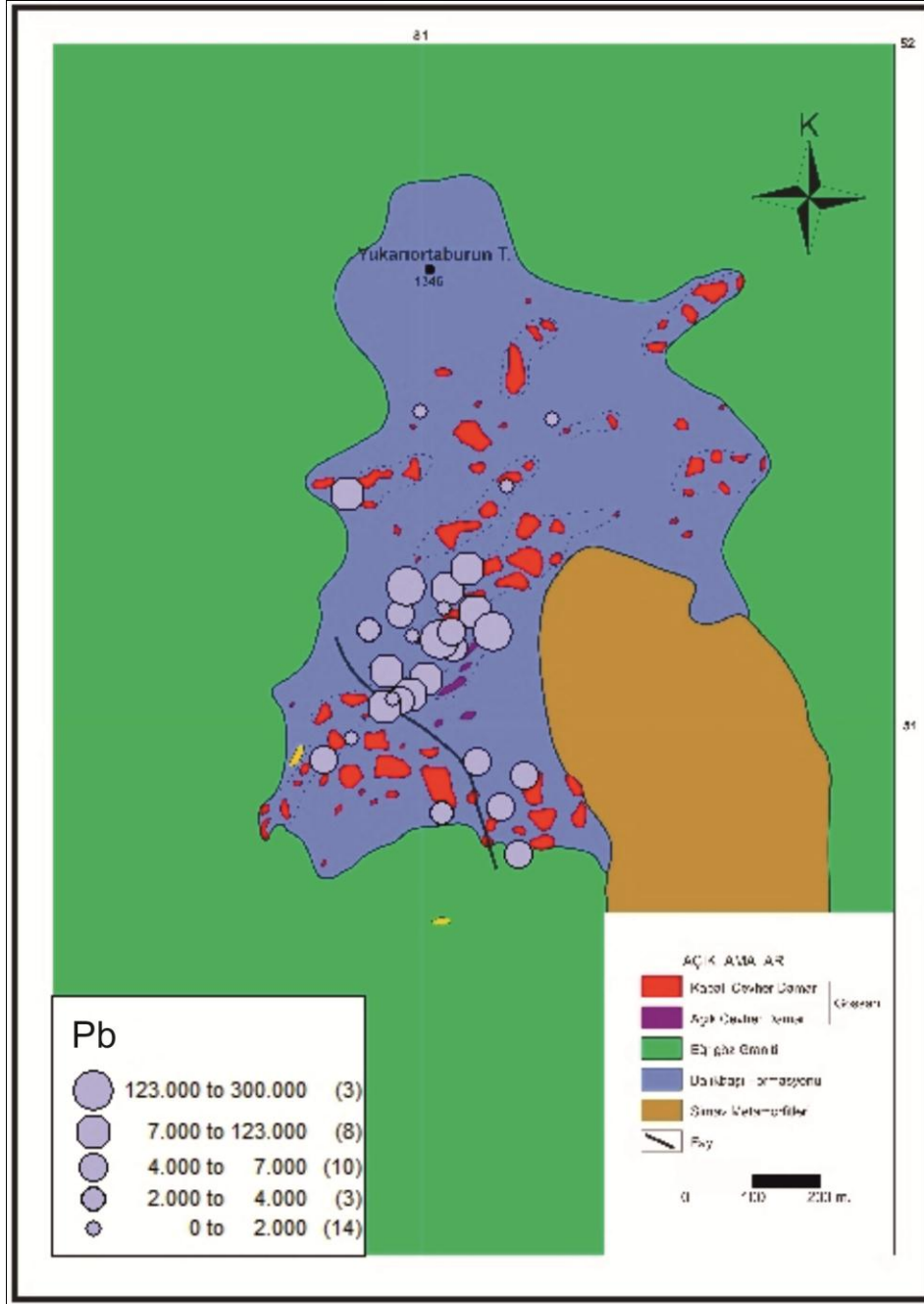
|    |     | KBL-39 | KBL-40 | KBL-41 | KBL-42 | KBL-43 | KBL-44 | KBL-45 | KBL-46 | KBL-48 | KBL-49 | KBL-50 | KBL-52 |
|----|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Au | ppm | 0,024  | 0,071  | 0,06   | 0,079  | 0,11   | 0,039  | 0,033  | 0,021  | 0,222  | 0,055  | 0,606  | 0,141  |
| Ag | ppm | 5,9    | 6,61   | 34,4   | 13,3   | 20,6   | 4,65   | 2,51   | 2,03   | 24,2   | 10,35  | 46,5   | 14,25  |
| Al | %   | 0,11   | 0,04   | 0,06   | 0,26   | 0,1    | 1,85   | 2,45   | 0,26   | 0,45   | 0,52   | 0,03   | 0,27   |
| As | ppm | 225    | 48,7   | 9,6    | 100,5  | 9,2    | 50,8   | 35     | 41,4   | 274    | 77,7   | 11,6   | 38,2   |
| Ba | ppm | 2580   | 3930   | 2370   | 2070   | 2980   | 2420   | 2410   | 1300   | 910    | 1400   | 140    | 130    |
| Bi | ppm | 0,77   | 0,41   | 5,22   | 2,03   | 0,58   | 5,61   | 5,4    | 6,22   | 62,2   | 60,2   | 0,85   | 2,06   |
| Ca | %   | 0,74   | 2,92   | 0,05   | 9,06   | 0,18   | 5,71   | 0,57   | 0,1    | 2,87   | 0,42   | 1,06   | 7,44   |
| Cu | ppm | 8,3    | 6,1    | 83,4   | 48,9   | 24,4   | 81,1   | 103,5  | 248    | 104,5  | 23,5   | 1065   | 38,3   |
| Fe | %   | 2,96   | 5,81   | 2,99   | 3,71   | 4,49   | 4,58   | 5,83   | 19,2   | 24     | 24,3   | 2,34   | 5,73   |
| Hg | ppm | 1,88   | 1,05   | 0,21   | 0,26   | 0,2    | 0,07   | 0,08   | 5,08   | 0,08   | 0,07   | 0,22   | 0,07   |
| Mn | ppm | 24900  | 50000  | 31300  | 15050  | 48100  | 17500  | 24800  | 50000  | 6100   | 11300  | 16350  | 40800  |
| Mo | ppm | 4,17   | 4,51   | 2,66   | 8,49   | 5,37   | 5,26   | 44,5   | 3,8    | 139    | 88,8   | 6,6    | 12,75  |
| Na | %   | 0,05   | 0,09   | 0,04   | 0,05   | 0,06   | 0,06   | 0,06   | 0,04   | 0,03   | 0,03   | 0,01   | 0,02   |
| Pb | ppm | 326    | 370    | 25500  | 16600  | 26500  | 5150   | 3180   | 574    | 4080   | 51700  | 10000  | 10000  |
| S  | %   | 0,06   | 0,04   | 0,08   | 0,12   | 0,09   | 0,09   | 0,03   | 0,19   | 0,26   | 0,16   | 0,62   | 1,06   |
| Te | ppm | 0,06   | 0,02   | 0,12   | 0,08   | 0,04   | 0,1    | 0,12   | 0,14   | 7,67   | 6,66   | 0,08   | 0,05   |
| Zn | ppm | 1910   | 1690   | 2560   | 36200  | 25000  | 5840   | 5160   | 1760   | 6670   | 4220   | 7350   | 4740   |



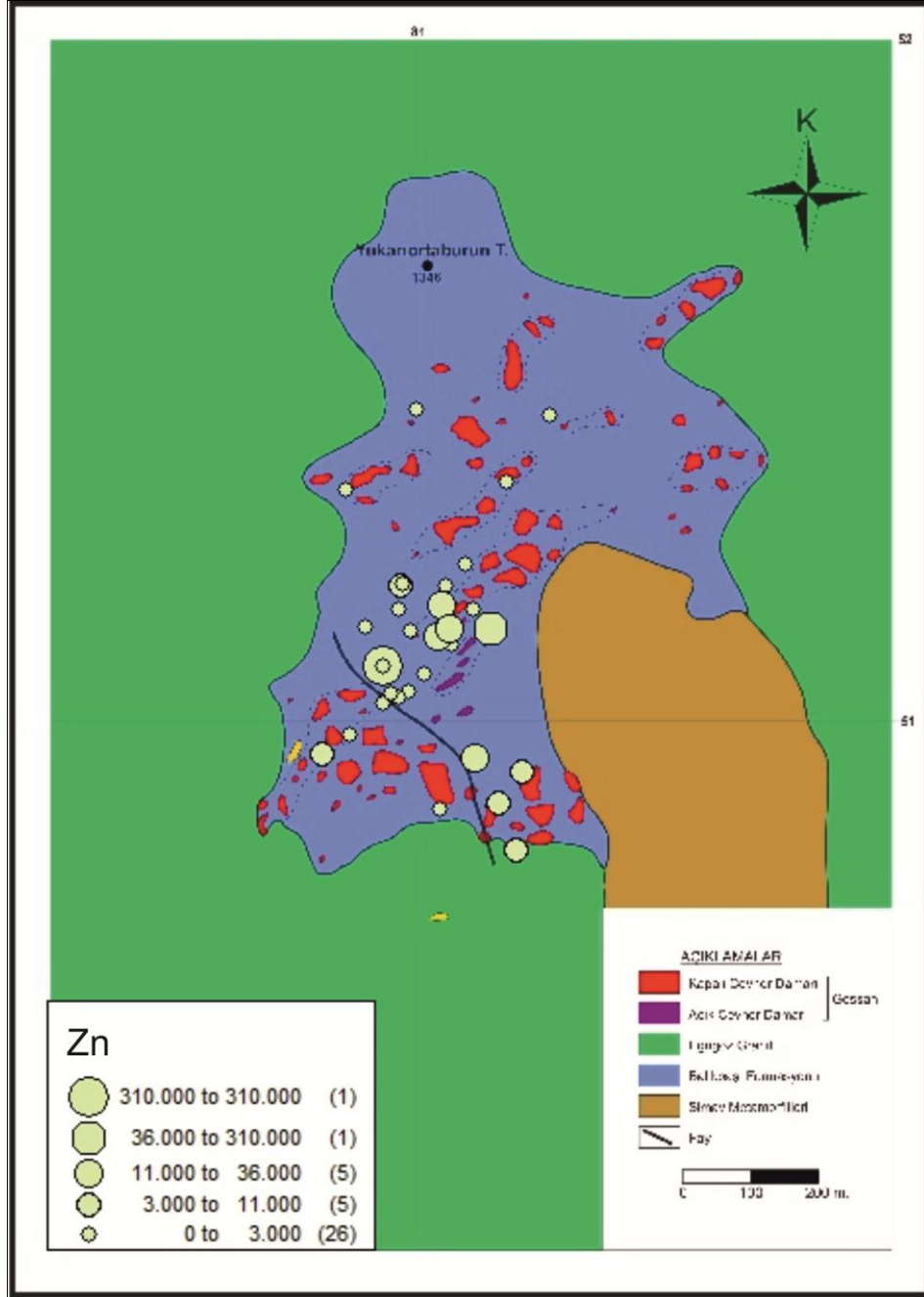
Şekil 5.6 Au için oluşturulan dağılım haritası.



Şekil 5.7 Ag için oluşturulan dağılım haritası.



Şekil 5.8 Pb için oluşturulan dağılım haritası.



Şekil 5.9 Zn için oluşturulan dağılım haritası.

İstatiksel incelemeler yapmak için her bir elementin standarsapma ve z skorları hesaplanmıştır. Bu işlemin sonucunda korelasyon değerleri Tablo 5.6 ve Tablo 5.7’de sunulmuştur.

Bu tablolar ışığında Tablo 5.5’de element birliktelikleri görülmektedir.

Tablo 5.5 Korelasyonlara göre element birliktelikleri.

| <b>Au</b> | <b>Ag</b> | <b>Cu</b> | <b>Fe</b> | <b>Mn</b> | <b>Pb</b> | <b>Zn</b> |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| As        | Cd        | Ag        | Au        | Ag        | Ag        | Ag        |
| Bi        | Cu        | Fe        | As        | Ba        | Ba        | Ba        |
| Fe        | Mn        | Ga        | Bi        | Hg        | Be        | Ca        |
| S         | Pb        | U         | Cu        | Na        | Cd        | Cd        |
| Sb        | Sb        | Hf        | U         | Sr        | Co        | Pb        |
| Ge        | Sr        | In        | W         | Zn        | Ni        | Ta        |
| Nb        | In        | Sn        | Nb        |           | Sr        | Y         |
| Se        | Zn        | Ta        | Sn        |           | Zn        |           |
| Te        |           | Zr        | Te        |           |           |           |

Tablo 5.6 Z-skor korelasyon tablosu.

|           | <b>Au</b> | <b>Ag</b> | <b>Cu</b> | <b>Fe</b> | <b>Mn</b> | <b>Pb</b> | <b>Zn</b> |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Au</b> | 1,0       | -0,2      | -0,2      | 0,4       | -0,4      | -0,2      | -0,2      |
| <b>Ag</b> | -0,2      | 1,0       | 0,2       | -0,3      | 0,3       | 0,4       | 0,4       |
| <b>Al</b> | -0,3      | -0,4      | -0,1      | -0,3      | -0,3      | -0,3      | -0,2      |
| <b>As</b> | 1,0       | -0,2      | -0,2      | 0,4       | -0,4      | -0,2      | -0,2      |
| <b>Ba</b> | -0,4      | 0,1       | -0,4      | -0,5      | 0,7       | 0,2       | 0,4       |
| <b>Be</b> | -0,4      | -0,2      | 0,3       | 0,3       | -0,1      | 0,5       | -0,1      |
| <b>Bi</b> | 0,8       | -0,2      | -0,3      | 0,5       | -0,5      | 0,0       | -0,3      |
| <b>Ca</b> | -0,2      | 0,0       | -0,2      | -0,2      | 0,1       | 0,1       | 0,4       |
| <b>Cd</b> | -0,2      | 0,4       | -0,1      | -0,3      | 0,3       | 0,4       | 1,0       |
| <b>Cu</b> | -0,2      | 0,2       | 1,0       | 0,5       | -0,2      | -0,2      | -0,1      |
| <b>Fe</b> | 0,4       | -0,3      | 0,5       | 1,0       | -0,4      | -0,1      | -0,3      |
| <b>Ga</b> | -0,5      | -0,4      | 0,5       | 0,2       | 0,0       | -0,3      | -0,2      |
| <b>Co</b> | 0,0       | 0,0       | -0,1      | 0,4       | -0,3      | 0,6       | -0,1      |
| <b>Cr</b> | -0,4      | -0,2      | -0,1      | -0,1      | -0,3      | -0,3      | -0,2      |
| <b>Hg</b> | -0,2      | -0,1      | 0,0       | 0,0       | 0,5       | -0,2      | -0,1      |
| <b>K</b>  | -0,4      | -0,4      | -0,2      | -0,4      | -0,1      | -0,3      | -0,2      |
| <b>La</b> | -0,4      | -0,4      | -0,2      | -0,4      | -0,2      | -0,2      | -0,1      |
| <b>Mg</b> | -0,3      | -0,1      | -0,2      | -0,3      | 0,2       | 0,0       | -0,1      |
| <b>Mn</b> | -0,4      | 0,3       | -0,2      | -0,4      | 1,0       | 0,2       | 0,3       |

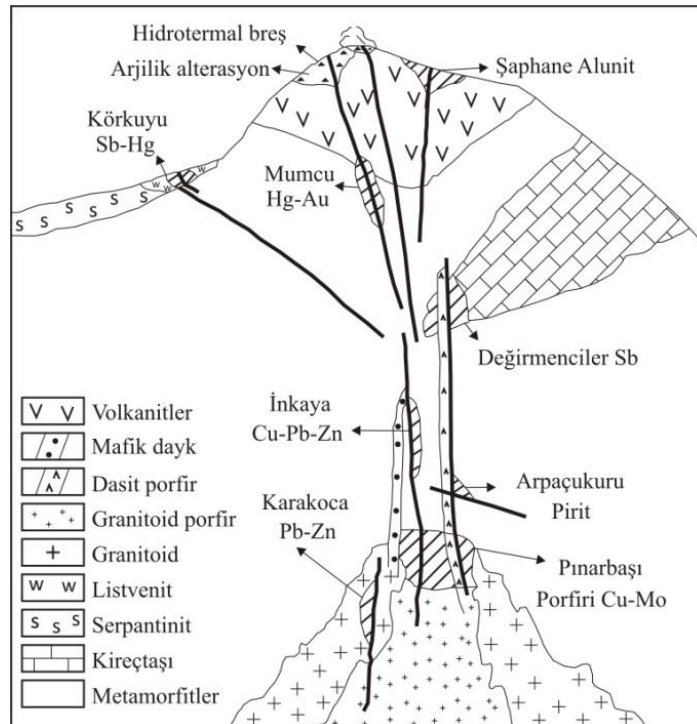
Tablo 5.7 Z-skor korelasyon tablosu.

|           | <b>Au</b> | <b>Ag</b> | <b>Cu</b> | <b>Fe</b> | <b>Mn</b> | <b>Pb</b> | <b>Zn</b> |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Mo</b> | -0,1      | 0,1       | 0,1       | 0,5       | -0,2      | 0,3       | 0,0       |
| <b>Na</b> | -0,4      | -0,1      | -0,3      | -0,3      | 0,5       | 0,0       | 0,2       |
| <b>Ni</b> | -0,1      | -0,2      | -0,1      | 0,3       | -0,3      | 0,4       | -0,1      |
| <b>P</b>  | -0,3      | -0,3      | -0,1      | -0,1      | -0,2      | 0,0       | 0,2       |
| <b>Pb</b> | -0,2      | 0,4       | -0,2      | -0,1      | 0,2       | 1,0       | 0,4       |
| <b>S</b>  | 0,8       | -0,3      | -0,2      | 0,3       | -0,4      | -0,1      | -0,3      |
| <b>Sb</b> | 0,7       | 0,2       | 0,0       | 0,0       | -0,3      | -0,2      | -0,1      |
| <b>Sc</b> | -0,5      | -0,4      | -0,1      | -0,3      | 0,1       | -0,2      | 0,0       |
| <b>Sr</b> | -0,3      | 0,9       | 0,1       | -0,4      | 0,7       | 0,4       | 0,5       |
| <b>Th</b> | -0,2      | -0,4      | -0,2      | -0,4      | -0,3      | -0,3      | -0,2      |
| <b>Ti</b> | -0,3      | -0,4      | 0,1       | 0,0       | -0,4      | -0,3      | -0,2      |
| <b>Tl</b> | -0,3      | -0,3      | 0,3       | 0,1       | -0,3      | -0,3      | 0,0       |
| <b>U</b>  | -0,3      | -0,2      | 0,7       | 0,7       | 0,0       | 0,0       | -0,2      |
| <b>V</b>  | -0,5      | -0,4      | 0,2       | 0,0       | -0,3      | -0,2      | -0,2      |
| <b>W</b>  | -0,2      | -0,2      | 0,5       | 0,7       | -0,2      | 0,2       | -0,2      |
| <b>Ce</b> | -0,3      | -0,4      | -0,2      | -0,4      | -0,2      | -0,3      | -0,2      |
| <b>Cs</b> | -0,4      | -0,3      | 0,3       | 0,1       | -0,2      | -0,2      | 0,0       |
| <b>Ge</b> | 0,4       | -0,4      | 0,5       | 1,0       | -0,5      | -0,1      | -0,3      |
| <b>Hf</b> | -0,4      | -0,4      | 0,4       | 0,2       | -0,3      | -0,2      | -0,1      |
| <b>In</b> | 0,0       | 0,5       | 0,7       | 0,1       | -0,1      | 0,0       | 0,0       |
| <b>Li</b> | -0,4      | -0,4      | 0,0       | -0,2      | -0,3      | -0,3      | -0,3      |
| <b>Nb</b> | 0,6       | -0,5      | 0,0       | 0,7       | -0,6      | -0,3      | -0,3      |
| <b>Rb</b> | -0,4      | -0,4      | -0,1      | -0,2      | -0,2      | -0,3      | -0,2      |
| <b>Re</b> | -0,1      | -0,1      | 0,0       | 0,0       | 0,0       | 0,1       | -0,1      |
| <b>Se</b> | 0,7       | -0,2      | -0,1      | 0,3       | -0,3      | -0,1      | -0,1      |
| <b>Sn</b> | -0,1      | -0,2      | 0,9       | 0,6       | -0,3      | -0,2      | -0,1      |
| <b>Ta</b> | -0,1      | -0,1      | 0,5       | 0,2       | -0,1      | 0,0       | 0,5       |
| <b>Te</b> | 0,8       | -0,2      | -0,2      | 0,5       | -0,5      | 0,0       | -0,2      |
| <b>Y</b>  | -0,5      | -0,2      | 0,1       | -0,2      | 0,2       | 0,1       | 0,5       |
| <b>Zn</b> | -0,2      | 0,4       | -0,1      | -0,3      | 0,3       | 0,4       | 1,0       |
| <b>Zr</b> | -0,4      | -0,4      | 0,4       | 0,2       | -0,2      | -0,3      | -0,2      |

## TARTIŞMA VE SONUÇLAR

### 6.1 Simav Grabeni Boyunca Cevherleşme

Simav Grabeni boyunca ve yakın çevresinde, yerleşim ve yataklanma şekli açısından çok sayıda farklı türde maden yatağı bulunmaktadır. Bunlar damar tipi baz metal yatakları ve masif pirit mercekleri, epitermal değerli metal, civa ve antimuan yatakları, porfiri tip Cu- Mo yatağı ve hidrotermalornatım tipi kaolinit ve alunit yatakları olarak özetlenebilir (Oygür, 1997a). Simav Grabeni içersindeki cevherleşmelerin jenetikmodellemesi Şekil 6.1.'de özetlenmiştir.



Şekil 6.1 Simav Grabeni içerisinde gelişen cevherleşmelerin genetik modellemesi (Oygür ve Erler 2000'den değiştirilerek).

### 6.1.1 Karakoca Pb-Zn Cevherleşmesi

Karakoca Pb-Zn yatağı, hidrotermal polimetalik damar tipi cevherleşmesi, Koyunoba granodiyoriti içinde introplutonik olarak gerçekleşmiştir.

Karakoca Pb-Zn yatağındaki hidrotermal polimetallik cevherleşmeler kendi içinde zonlanma gösteren ve simetrisi olmayan bakışsımsız damar şeklindedir. Cevherleşmeler K-G doğrultulu fay hatlarını, D-B doğrultulu fayların kestiği noktalarda tektonik hatlar boyunca yerleşmişlerdir.

Karakoca Pb-Zn yatağındaki kuşaklı-zonlu yapı gösteren damarda en bol bulunan cevher mineralleri, galen, sfalerit, pirit ve kalkopirittir. Bunun yanı sıra daha az oranda bornit, fahlerz grubu (tetrahedrit-tenantit), küprit, kısmen martitleşmiş manyetit, ilmenit, rutil ve hematit izlenmektedir. Damarlarda yüzeysel ayrışma sonucu ikincil mineral olarak limonit, malakit, azurit, kalkozin, kovellin, anglezit, götit ve serüsit minerallerine rastlanmaktadır. Gang minerali kuvars olup, cevher minerali ile birlikte kolloform krastiform yapı sunmaktadır. Stokwork tipi cevher, galen egemen kataklastik yapılu pirit ve kuvarstan ibarettir (Aydın, 2007).

#### ***6.1.2 Arpaçukuru Pirit Bakır Cevherleşmesi***

Cevherleşme, gnayslar ve pirit saçınımlı bir porfiridayk arasındaki dokanakta, K70B gidişli ve kuzeydoğru dalımlı bir fay zonu üzerindedir (Oygür, 1997a). Üzeri bir limonitik demir şapkayla örtülü olan cevherleşme, yaklaşık D-B gidişli bir masif pirit merceği biçimindedir. Bu mercek aşağıdan yukarı doğru, sırasıyla, arsenopiritli bir manyetit zonu, galen ve kalkopiritçe zengin zengin bir manyetit bandı, çatlakları manyetit, kalkopirit ve sfaleritle dolmuş iri taneli bir masif pirit zonu ve kalkopirit ve galenli ince barit damarcıkları tarafından kesilmiş bir manyetit zonundan oluşur. Bu merceği kesen K-G fayları üzerinde ametistili, bantlı ve tarak dokularına sahip ve küçük boşlukları kuvars kristalleriyle dolmuş epitermal kuvars damarları gelişmiştir. Cevherleşmenin zonlu yapısı ve sırtını yasladığı yerden yukarı doğru kıvrılması, cevherli çözeltilerin bir küçük çanak içerisine aktığını düşündürür (Oygür ve Erler, 2000).

### **6.1.3 İnkaya Pb-Zn Cevherleşmesi**

Cevherleşme, Simav Metamorfitleeri'ne ait şistler içerisinde KB-GD gidişli dik bir fay üzerinde, galen, kalkopirit, sfalerit ve pirit içeren bir kuvars damarıdır. Cevherde gümüş içeriği de yüksektir. Yan kayalarda klorit, illit, smektit ve kaolinitten oluşan dar, fakat şiddetli bir alterasyon görülür. Cevherleşmenin yakınında yüzeyleyen mafik dayklar, jeokimyasal olarak, metalik bileşenler bakımından metamorfitleerden daha zengindir (Oygür, 1997a). Bu nedenle, İnkaya cevherleşmesinin mafik volkanitleri veren mağmatizmayla ilişkili olduğu düşünülebilir. Baz metallerce zengin damarı oluşturan hidrotermal çözeltiler, mağmatik stoktan yükselmişlerdir (Oygür ve Erler, 2000)

Batı Anadolu'daki diğer Pb-Zn yatakları arasındaki karşılaştırma ve bu yatakların oluşum mekanizması ve jenezi arasındaki ilişki Tablo 6.1'de verilmistir.

### **6.2 Katrandağ Cevherleşmesi**

Çalışma alanındaki damarların konumu bölgedeki muhtemel faylara bağlı olarak yaklaşık olarak K-KD/GD'dur. Damar tipi ayrışma zonları (silis şapka, oksidayon zonu, sementasyon zonu) atmosferik olayların maden yatağının üst kısımlarına yaptığı etkiler sonucunda ve ortama etki eden sularla bu suların içerisindeki çözünmüş halde bulunan oksijen, karbondioksit ve bazı tuzların etkileri sonucunda meydana gelmiştir (Taylor, R., 2011). Bu esnada karakteristik zonlar meydana gelir. Bu bağlamda damar tipi cevherleşmesi de kendi içerisinde silis şapka, oksidayon zonu ve sementasyon zonu olmak üzere üçe ayrılabilir.

Tablo 6.1 Batı Anadolu'daki bazı önemli Pb-Zn-Cu-Ag-Fe yataklarının tipik özellikleri

| Yatağın Adı               | Yatağın Tipi               | Yan Kayaç                 | Metal       | Parajenez                            |               |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------|--------------------------------------|---------------|
|                           |                            |                           |             | Cevher                               | Gang          |
| Balya                     | Hidrotermal Prometasomatik | Dasit                     | Pb-Zn       | Mt, Py, Ccp, Bn, Gn, Sp,             | Cal, Qtz, Fl  |
| Arapuçurandere            | Hidrotermal                | Diabaz                    | Pb-Zn-Cu-Ag | Gn, Sp, Ccp, Hem,                    | Qtz, Cal      |
| Koru                      | Hidrotermal                | Siferülitik Riyolit       | Pb-Zn-Ag    | Sp, Gn, Py, Ccp, Bn                  | Brt, Qtz      |
| Kadıkalesi                | Hidrotermal Skarn          | Liyas Volkanikleri        | Pb-Zn-Cu    | Py, Sp, Ccp, Gn                      | Qtz           |
| Karakoca                  | Hidrotermal Pnömatolitik   | Granodiyorit              | Pb-Zn-Cu    | Mt, Ccp, Py, Bn, Gn, Sp, Hem, Gt     | Qtz           |
| Bağırkaç                  | Skarn                      | Granit, Granodiyorit      | Pb-Zn-Cu    | Sp, Ccp, Gn, Hem, Py                 | Cal, Tr       |
| Karaaydın                 | Skarn                      | Granit, Granodiyorit      | Fe          | Gn, Sp, Py, Po                       | Qtz, Cal, Rt  |
| Çatak                     | Skarn                      | Granodiyorit, Monzogranit | Fe          | Po, Ccp, Py, Apy, Mt                 | Ep, Cal       |
| Karaağıl                  | Skarn                      | Granodiyorit, Monzogranit | Fe          | Mt, Py, Hem, Go                      |               |
| Kalkan                    | Skarn                      | Granodiyorit, Monzogranit | Fe          | Mt, Hem, Py, Ccp                     | Ep, Cal, Amp  |
| Ayazmant                  | Skarn                      | Granodiyorit, Monzogranit | Fe-Cu       | Mt, Ccp, Py, Bn, Mo, Go, Hem, Gn, Sp | Qtz, Cal, Chl |
| Katrandağ<br>(Bu çalışma) | Hidrotermal Skarn          | Granodiyorit, Granit      | Pb-Zn-Ag    | Gn, Sp, Py, Ccp, Gt, Mng, Pyr, Mt    | Brt, Qtz      |

Katrandağ Pb-Zn-Ag yatağındaki cevherleşmelerde, Mn oksit, pirit, galen, sfalerit, fahlerz grubu (Tetrahedrit-tenantit), hematit, kalkozin-kovellin, serüzit, manyetit ve götit, gang minerali olarak kuvars ve barit belirlenmiştir.

Eğrigöz Plutonu'nun çatı askısında gelişmiş olan Pb-Zn-Ag cevherleşmesi; Balıkbaşı Formasyonu içerisine yerleşmiş, damar tipi niteliğinde olan hidrotermal cevherleşme, yüzeyde silisleşmiş yan kaya içinde silisçe zengin damarlar halinde bulunan Ag-Au bakımından zengin bir zon ile başlar. Kalınlığı yaklaşık 6 metredir. Yüzeyde yeralan bu zonu alt düzeylerinde yer yer masif galen ve baritten oluşan cevher zonu çok daha az oranda sfalerit ve piritten oluşur. Bu zonu açılan yarmalarda 6-6,5 metre kalınlığa sahip olduğunu ve daha derin düzeylere doğru devam ettiği gözlenmiştir.

Daha derinlerde, plüton ile dolomitik kireçtaşı kontağına yaklaştığımızda önce distal skarn, sonra proximal skarn zonu mineral parajenezi gözlenir. Balıkbaşı Formasyonu ve Simav Metamorfikleri'nin Eğrigöz Graniti ile arasındaki dokanak üzerinde ve çevresinde gelişen skarn zonu ortalama 1-1,5 metre kalınlığa sahiptir (Şekil 3.12). Yapılan sondajlarda yer yer 4,5 m'ye varan manyetitle cevher zonlarına rastlanmaktadır. Distal zon kalkopiritin baskın olduğu bakır zonu, proximal zon ise manyetitin baskın olduğu demir zonu ile temsil edilir.

Cevher içeren plütonik kayalar, yüzey çalışmalarında gözlenemese de, skarn zonu altına inen sondajlara ait karotlarda plüton içerisinde gelişen ağsı cevherleşmeler gözlenmiştir. Stokvörk ve stringer zonları halinde gözlenen damarcıklar (50-55 mm kalınlığa sahip) yüksek silis içerikli olup, galen ve piritten oluşan yaklaşık %1-2'ye varan sülfid mineral içeriğine sahiptir. Plütonu içerisinde başlıca piritten oluşan sülfidce zengin ağsı silika damarlar/damarcıkları plüton içinde yaklaşık 15 metre derinlere kadar izlenebilmektedir.

Katrandağ cevherleşmesi ve yakın çevresinde bulunan manganez oluşumları daha önce aralıklı olarak işletilmeye çalışılmıştır. Buna karşın kurşun ve gümüş içeriği konusundaki ilk detaylı çalışmalar bu tezin konusunu oluşturmaktadır. Yapılan

jeolojik haritalama sonrası cevher damarlarının uzunluğunun yaklaşık 450 metre olduğu gözlenmiştir. Damarların yüzeyde kapladıkları alan ise 36405 m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmalar yapılırken damar zonlarının sadece Balıkbaşı Formasyonu içerisine yerleştiğini ve bu formasyonun kalınlığının yapılan iki sondaj göz önüne alındığında yaklaşık 35 metre olduğu kabul edilmiştir. Bu kabullerle saptanan muhtemel cevher içerikli kaya rezervi yaklaşık olarak 3 500 000 ton'dur. Detaylı rezerv ve tenör hesabı için kaya örnekleme ve sondaj çalışmalarının devam etmesi gereklidir.

## **6.2 Eğrigöz Plütonunun Jeokimyası**

Eğrigöz Plütonu'nun major, iz ve NTE analizleri, I-tipi, kalk-alkali, yüksek potasyum kalk-alkali, peralüminalı ve kıtasal yay ortamında oluşmuş bir plüton olduğuna işaret etmektedir. Plüton, sık yerleşimli ve dalma-batma ilişkili bir magma odasından türemiştir.

İlksel mantoya göre normalize edilmiş iz element spider diagramlarında, plütonun Zr, Ti, Nb, Sr, P, Ba elementlerince tükendiği, U, Th ve Pb elementleri bakımından zenginleştiği görülmektedir. Nb ve Ti'nin tükenmesi plütonun I tipi ve dalma batma ilişkili karakterini yansıtmaktadır. U ve Th'nin ilksel mantoya göre daha yüksek olması, magmanın yükselmesi sırasında kabuksal kirlenmenin gerçekleşmiş olabileceğine işaret etmekte olup, bu durum, kıtasal yay ile ilişkili gelişen Plütonların karakteristik bir özelliğidir (Müller ve Groves, 1997). Cevherleşmeye neden olan Eğrigöz Plütonu'nda HNTE'nin zenginleşmesi söz konusudur. Oldukça uyumlu bir element olarak kabul edilen Eu'nun negatif anomali göstermesi, feldispat ve/veya plajiyoklasın fraksiyonlaşan fazlar olduğuna işaret etmektedir (Oyman, 2010). Eu'daki değişim plajiyoklasın kristal kafesindeki Ca ile ilişkilidir.

### 6.3 Cevher Jeokimyası

Cevher örnekleri üzerinde yapılan jeostatiksel incelemeler ışığında; Au diğer hiçbir elementle tutarlı anomali dağılımı sunmamaktadır. Ag-Pb ve Pb-Zn değerleri genel bir tutarlılık göstermeseler de lokal olarak uyumlu desenler sunmaktadır.

İstatiksel incelemeler yapmak için her bir elementin standart sapma ve z skorları hesaplanmıştır. Bu işlemin sonucunda korelasyon değerlerine göre element ilişkisi Tablo 5.5’de sunulmuştur.

## KAYNAKLAR

- Akdeniz, N. (1980). Başlamış Formasyonu. *Jeoloji Mühendisliği*, 10, 39-47.
- Akdeniz, N. ve Konak, N. (1979a). Menderes Masifi'nin Simav dolayındaki kaya birimleri ve metabazik, metaultrabazik kayaların konumu. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 22, 175-184.
- Akdeniz, N. ve Konak, N. (1979b). *Simav-Emet-Tavşanlı-Dursunbey-Demirci Yörelerinin Jeolojisi (yayınlanmamış)*. MTA Raporu, 6547.
- Aydın, B. (2007). Koyunoba Plutonu (Simav-Kütahya) Karakoca yöresi polimetalik damar tipi cevherleşmesinin jeenetik incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Akkök, R. (1983). Structural ve metamorphic evolution of the northern part of the Menderes Massif: New data from the Derbent area ve their implication for the tectonics tectonics of the Massif. *Journal of Geology*, 91,342- 350.
- Baş, H. (1983). Domaniç-Tavşanh-Gediz-Kütahya yörelerinin Tersiyer1 "jeolojisi ve volkanitlerin petrolojisi. *MTA Raporu*, 7293.
- Bingöl, E. (1975). Batı Anadolu'nun jeotektonik evrimi. *MTA Dergisi*, 86, 14-35.
- Black, K.N, Catlos, E.J., Oyman, T., ve Demirbilek, M. (2013) Timing Aegean extension: Evidence from in situ U–Pb geochronology and cathodoluminescence imaging of granitoids from NW Turkey. *Lithos*,180, 92-108
- Bosworth, W. (1985). Geometry of propagating continental rifts. *Nature*, 316, 625-627.
- Bozkurt, E. ve Satır, I. (2000). The southern Menderes Masif (western Turkey): geochronology and exhumation history. *Geological Journal*, 35, 285-296.

- Bozkurt, E. (2004). Granitoid rocks of the southern Menderes Massif (southwestern Turkey): Field evidence for Tertiary magmatism in an extensional shear zone. *International Journal of Earth Sciences*, 93, 52–71.
- Bozkurt, E. ve Oberhanslı, R. (2001). Menderes Massif (Western Turkey): Structural, metamorphic ve magmatic evolution – a synthesis. *International Journal of Earth Sciences*, 89, 679-708
- Bozkurt, E. ve Sözbilir, H. (2004). Tectonic evolution of the Gediz Graben: Field evidence for an episodic, two-stage extension in western Turkey. *Geological Magazine*, 141/1, 63-79.
- Catlos, E.J., Baker, C., Sorensen, S.S., Çemen, I. ve Hançer, M (2010). Geochemistry, geochronology cathodoluminescence imagery of the Salihli ve Turgurlu granites (central Menderes Masif, western Turkey): Implications of Aegean tectonics. *Tectonophysics*, 488, 110-130.
- Catlos, E.J., Jacob, L., Oyman, T. ve Sorena, S. (2012). Long-term exhumation of an Aegean metamorphic core complex granitoids in the northern Menderes Masif, western Turkey. *American Journal of Science*, 312, 534-571.
- Corti, G., Bonini, M., Conticelli, S., Innocenti, F., Manetti, P. ve Sokoutis, D. (2003). Analogue modelling of continental extension; a rewiev focused on the relations between the patterns of deformation ve the presence of magma. *Earth-Science Rewievs*, 63, 169-247.
- Cox, K.G., Bell, J.D., ve Pankhurst, R.J. (1979). Interpretation of igneous rocks. *London: Allen and Unwin*.
- Çağatay, A. (1980). Batı Anadolu Pb-Zn yataklarının jeoloji-mineroloji etüdü ve kökenleri hakkında görüşler. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 23, 119-132
- Delaloye, M. ve Bingöl, E. (2000). Granitoids from Western ve Northwestern Anatolia: Geochemistry ve modelling of geodynamic evolution. *International Geology Review*, 42, 241-268.

- Denele, Y., Lecomte, E., Jolivet, L., Lacombe, O., Labrousse, L., Huet, B. ve diğeri. (2011). Granite intrusion in a metamorphic core complex; the example of the Mykonos Laccolith (Cyclades, Greece). *Tectonophysics*, 501, 52-70.
- Dewey, J. F. (1988). Extensional collapse of orogens. *Tectonics*, 7, 1123–39.
- Doglioni, C., Agostini, S., Crespi, M., Innocenti, F., Manetti, P., Riguzzi, F. Vediğeri., (2002). On the extension in Western Anatolia ve the Aegean Sea. *Journal of Virtual Explorer*, 8, 169 –183.
- Dora, Ö. (1969). Karakoca granit masifinde petrolojik ve metalojenik etüdler. *MTA Dergisi*, 58, 46-62.
- Emre, T. ve Sözbilir H. (1997). *Field evidence for metamorphic core complex, detachment faulting ve accommodation faults in the Gediz ve Büyük Menderes grabens (Western Turkey)*. In International Earth Sciences Colloquium on the Aegean Region, İzmir, Turkey, 73-94.
- Ercan, T. ve Türkeran, A. (1984). Batı Anadolu-Ege Adaları-Yunanistan ve Bulgaristan’daki plütonların gözden geçirilişii. *Ketin Sempozyumu*, 189-208.
- Ercan, T., Dinçel, A., Metin, S., Türkeran, A. ve Günay, E. (1978). Uşak yöresindeki Neojen havzalarının jeolojisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 21, 97-106.
- Ercan, T., Günay, E. ve Savaşın, M.Y. (1982). Simav ve çevresindeki Senozoyik yaşlı volkanizmanın bölgesel yorumlanması. *MTA Dergisi*, 97, 86-101.
- Erer, S. (1977). Simav Depresyonu ve Çevresinin Jeomorfolojisi. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi*, 2028, 252.
- Erkül, F. (2010). Tectonic significance of synextensional ductile shear zones within the Early Miocene Alaçamdağ granites, northwestern Turkey. *Geological Magazine*, 147, 611-637.

- Erler, A., (1979). Karakoca (Simav-Kütahya) kurşun çinko yatağı kükürt izotoplarının incelenmesi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 22, 117-119.
- Fleischer, M.N.S. (1969). Geological survey stveards.. I.Additional data on rocks G-l ve W- 1,1965-1967. *Geochimica Cosmochimica Acta*, 33, 65-80.
- Fytikas, M., Innocenti, F., Manetti, P., Mazzuoli, R., Peccerillo, A. ve Villari, L. (1984). Tertiary to Quaternary evolution of volcanism in the Aegean Region. *Geological Society Special Publication*,17, 687-699.
- Gerasimovskiy, V.I. ve Savinova, Y.N. (1969). Fluorine contents of volcanic rocks in the riftzone of East Africa. *Geochemistry International*, 6, 1124-1128.
- Gibbs, A.D. (1984). Structural evolution of extensional basin margins. *Journal of the Geological Society of London*, 141, 609-620.
- Gülen, L. (1990). Isotopic characterisation of Aegean Magmatism ve geodynamic evolution of the Aegean Subduction. In: Savaşçın ve Eronat (Eds.), *Intern. Earth Science Colloquium on the Aegean Region – IESCA 90*, Proceedings, II, 143-166.
- Gün, H.L., Akdeniz, N. ve Günay, E. (1979) Gediz ve Emet güneyi Neojen havzalarının jeolojisi ve yaş sorunları. *Jeoloji Mühendisliği*, 8, 3-14.
- Hasözbek, A., Akay, E., Erdoğan, B., Satır, M. ve Siebel, W. (2010).Early Miocene granite formation by detachment tectonics or not? A case study from the northern Menderes Massif (Western Turkey). *Journal of Geodynamics*, 50, 67–80.
- Hetzel, R. ve Reischmann, T. (1996). Intrusion age of Pan-African augen gneisses in the southern Menderes Massif ve the age of cooling after Alpine ductile extensional deformation. *Geological Magazine*, 133, 565-572.
- Hetzel, R., Ring, U., Akal, C. ve Troesch, M. (1995). Miocene NNE-directed extensional unroofing in the Menderes-Massif, southwestern Turkey. *Journal of the Geological Society, London*, 152, 639-654.

- İlbeyli, N., Aydoğan, S.M., Akıncı, O. ve Özgenç, I. (2006). Geochemical constraints on the genesis of collision-related intrusive rocks from western Anatolia, Turkey. *International Journal of Earth Science*.
- Innocenti, F., Agostini, S., Di Vincenzo, G., Doglioni, C., Manetti, P., Savaşçın, M.Y. ve diğer. (2005). Neogene ve Quaternary volcanism in Western Anatolia: magma sources ve geodynamic evolution. *Marine Geology*, 221, 397–421.
- Irvine, T.N. ve Baragar, W.R.A. (1971). A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8, 523-548
- Işık, V. ve Tekeli, O. (2001). Late orogenic crustal extension in the Northern Menderes Massif (Western Turkey): Evidences for metamorphic core complex formation. *International Journal of Earth Sciences* 89, 757-765.
- Işık, V., Tekeli, O. ve Cemen, I. (1997). Mylonitic fabric development along a detachment surface in Northern Menderes Massif, Western Anatolia Turkey. *Geological Society of America, Annual Meeting, Abstracts with programs* 29, A-220.
- Işık, V., Tekeli, O. ve Seyitoğlu, G. (2004). The  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  age of extensional ductile deformation ve granitoid intrusion in the northern Menderes core complex: implicationsfor the initiation of extensional tectonics in western Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 23, 555-566.
- Kaya, O. (1972). Tavşanlı yöresi ofiyolit sorununun ana çizgileri. *TJK Bülteni*, 15, 26-108.
- Konak, N. (1996). Menderes Masifi hakkında.49. *Türkiye Jeoloji Kongresi*, Ankara, 29.
- Konak, N. (1982). Simav dolayının jeolojisi ve metamorfik kayaçlarının evrimi. *İstanbul Yerbilimleri*, 3, 313- 337.

- Koçyiğit, A., Yusufoglu, H. ve Bozkurt, E. (1999). Evidence from the Gediz graben for episodic two-stage extension in western Turkey. *Journal of the Geological Society, London*, 156, 605–616.
- Le Pichon, X. ve Angelier, J. (1979). The Aegean arc ve trench system: a key to the neotectonic evolution of the Eastern Mediterranean area. *Tectonophysics*, 60, 1-42.
- Le Pichon, X. ve Angelier, J. (1981) The Aegean Sea. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series A – Mathematical Physical ve Engineering Sciences*, 300, 357–72.
- Lips, A.L.W., Cassard, D., Sozbilir, H. ve Yilmaz, H. (2001). Multistage exhumation of the Menderes Massif, Western Anatolia Turkey. *International Journal of Earth Sciences*, 89, 781– 792.
- Middlemost, E.A.M. (1985). Magmas and magmatic rocks: An introduction to igneous petrology. *Newyork: Longman*.
- Okay, A.I., Tansel, İ. ve Tüysüz, O. (2001). Obduction, subduction ve collision as reflected in the Upper Cretaceous-Lower Eocene sedimantary record of Western Turkey *Geology Magazine*, 138 (2), 117-142.
- Oygür, V. (1997a). *Metallogeny of the Simav Graben (Inner- Western Anatolia, Turkey)*.Doktora Tezi. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 144
- Oyman, T., Özgenç, İ., Tokçae, M., ve Akbulut, M. (2012). Petrology, geochemistry ve evolution of the iron skarns along the northern contact of the Eğrigöz Plutonic Complex, Western Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of EarthSciences*, 21, 1-41.
- Ozgenc, I. ve Ilbeyli, N. (2008). Petrogenesis of the Late Cenozoic Egrigöz Pluton in Western Anatolia, Turkey: Implications for magma genesis ve crustal processes. *International Geology Review*, 50, 375-391.
- Taylor, R. (2011). Theoretical Perspectives. *Gossans and Leached Cappings* (1. Baskı) içinde (6-8). London: Springer Heidelberg Dordrecht

- Pearce, J.A., Harris, N.B.W., ve Tindle, A.G. (1984). Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, 25, 956-983.
- Peccherillo, A. ve Taylor, S.R. (1976). Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 58, 63-81.
- Pe-Piper, G. ve Piper, D.J.W. (1989). Spatial ve temporal variation in Late Cenozoic back-arc volcanic rocks, Aegean Sea region. *Tectonophysics*, 169, 113-34.
- Rimmel'e, G., Oberhänsli, R., Goffé, B., Jolivet, L., Cvean, O. ve Çetinkaplan, M. (2003). First evidence of high-pressure metamorphism in the "Cover Series" of the southern Menderes Massif. Tectonic ve metamorphic implications for the evolution of SW Turkey. *Lithos*, 71, 19-46.
- Savaşçın, M.Y. ve Güleç, N. (1990) Relationship between magmatic ve tectonic activities in western Turkey. *IESCA 1990*, 300-313.
- Satir, M. ve Friedrichsen, H. (1986). The origin ve evolution of the Menderes Massif, W-Turkey: Arubidium/strontium ve oxygen isotope study. *Geological Rundschau*, 75, 703-714
- Seyitoğlu, G. ve Scott, B.C. (1996). The cause of N-S extensional tectonics inwestern Turkey: Tectonic escape vs back-arc spreading vs orogenic collapse. *Journal of Geodynamics*, 22, 145-53.
- Shand, S.J. (1943). Eruptive rocks. *New York: D. Van Nostrand Company*.
- Sözbilir, H. (2001). Extensional tectonics ve the geometry of related macroscopic structures: Field evidence from the Gediz detachment, western Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 10, 51-67.
- Sözbilir, H. (2002). Geometry ve origin of folding in the Neogene sediments of the Gediz Graben, western Anatolia, Turkey. *Geodinamica Acta*, 15, 277-288.

- Sun, S.S. ve McDonough, W.F. (1989) Chemical and Isotope Systematics of Oceanic Basalts; Implication for Mantle Compositions and Processes. in: Saunders AD, and Nory MJ, (eds.): Magmatism in the Ocean Basins, *Geological Society of London, Special Publication*, 42, 313–345.
- Şengör, A.M.C. (1987). *An example of the importance of strike-slip tectonics in orogenic collages: Mesozoic evolution of Iran ve surroundings. Proceedings of the 7th Petroleum Congress ve Exhibition of Turkey*. Turkish Association of Petroleum Geologists Publications, 50-64.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181–241.
- Şengör, A.M.C., Görür, N. ve Şaroğlu, F. (1985). Strikeslip deformation, basin formation ve sedimentation: Strike-slip faulting ve related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. *Society of Economic Palaeontologists ve Mineralogists Special Publication*, 37, 227–64.
- Şengör, A.M.C., Satır, M. ve Akkök, R. (1984). Timing of tectonic events in the Menderes Massif, western Turkey: implications for tectonic evolution ve evidence for Pan-African basement in Turkey. *Tectonics*, 3, 693-707.
- Taylor, S.R. ve McLennan, S.M. (1985) The Continental Crust; its Composition and Evolution Geoscience Text, *Blackwell Scientific Publication*.
- Yılmaz, Y. (1990). Comparisons of the young volcanic associations of the west ve the east Anatolia under the compressional regime: A review. *Journal of Volcanology ve Geothermal Research*, 44, 69–87.
- Yılmaz, Y. (1997). Türkiye'nin jeolojik tarihinde magmatik etkinlik ve tektonik evrimle ilişkisi. *Ketin Sempozyumu*. 63-81.
- Yücel, B., Demirci, S. ve Coşkun, B. (1984). *Simav yöresinin, jeolojisi ve jeotermal enerji olanakları*. MTA Raporu