

ÇATALDAĞ BÖLGESİNİN (SİVAS GD'SU)
JEOLOJİK ÖZELLİKLERİ VE
HİPERSPEKTRAL
GÖRÜNTÜLERLE İNCELENMESİ

Hande KONYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
2009

CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇATALDAĞ BÖLGESİNİN (SİVAS GD'SU) JEOLojİK ÖZELLİKLERİ VE HİPERSPEKTRAL
GÖRÜNTÜLERLE İNCELENMESİ

Hande KONYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI

Doç. Dr. Kaan Şevki KAVAK

SİVAS

2009

Bu alışma Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmış ve jürimiz tarafından Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Haluk TEMİZ

Üye : Doç. Dr. Lütfi SÜZEN

Üye (Danışman) : Doç. Dr. Kaan şevki KAVAK

ONAY

Bu tez çalışması 24/09/2008 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulu tarafından belirlenen ve yukarıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Prof. Dr. Sezai ELAGÖZ

ÖZET

ÇATALDAĞ BÖLGESİNİN (SİVAS GD'SU) JEOLJİK ÖZELLİKLERİ VE HİPERSPEKTRAL GÖRÜNTÜLERLE İNCELENMESİ

Hande KONYA

Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç.Dr. Kaan Şevki KAVAK

2009, 66 sayfa

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, Sivas Havzası'nın güneydoğu kenarında yüzeyleyen birimlerin stratigrafik ilişkilerinin ve tektonik özelliklerinin ortaya çıkarılması birincil olarak amaç edinilmiş ve bu kapsamda 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası yapılmıştır. Tez çalışmasının ikinci amacını ise, özellikle son yıllarda uzaktan algılama yöntem-biliminin jeolojik kullanım açısından yararlı uygulamalarını içeren hiperspektral görüntü analizleri oluşturmaktadır. Bu amaçla, inceleme alanını içerisine alan bölgenin CHRIS-Proba hiperspektral görüntüleri Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından temin edilmiş ve görüntülerin çekildiği saatle eş zamanlı olarak bu çalışmayı tamamlayıcı nitelikte kaya birimlerinden spektrometre yardımıyla spektra ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Stratigrafik açıdan bölgenin tabanında Üst Triyas-Alt Kretase yaşlı Yılanlıdağ formasyonuna ait kireçtaşları bulunmaktadır. Bu kireçtaşlarının üzerine tektonik dokanakla gelen Üst Kretase yaşlı Divriği ofiyolitli karışığına ait birimler yer almaktadır. İnceleme alanının da içinde yer aldığı bölgede, paleotektonik evrim açısından büyük önem taşıyan İç Torid Süturu'nun ürünleri Divriği ofiyolitli karışığı ile temsil edilmekte ve karışığa ait birimler içerisinde halen işletilmekte olan önemli miktarda kromit mineralizasyonları da bulunmaktadır. Bu birimi uyumsuzlukla örten ve sedimanter kayalardan oluşan Alt Miyosen yaşlı Deliktaş formasyonu, Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı Kangal formasyonu ve Kuvaterner yaşlı alüvyonlar bölgedeki stratigrafik istifi tamamlamaktadır. Tektonik açıdan bir diğer önemli ayrıntıyı ise, arazi ve büro çalışmaları sonucunda ortaya çıkarılan ve Yılanlıdağ formasyonuna ait kireçtaşlarında gelişen sağ yanal doğrultu atımlı faylar oluşturmaktadır. KB-GD yönlü bu tektonik unsurlar hava fotoğrafları ve uydu görüntülerinde de açıkça gözlenebilmektedir.

Tezin ikinci bölümünü oluşturan hiperspektral uzaktan algılama uygulamalarında ise, ilk olarak CHRIS-Proba hiperspektral uydu görüntüsüne radyometrik, atmosferik ve geometrik düzeltmeler uygulanarak zenginleştirme analizlerine geçilmiştir. Bu işlemler sonucunda hiperspektral verilerin bilgi içeren bölümleri veri boyutu düşürülerek ortaya çıkarılmıştır. Görüntü zenginleştirme amaçlı olarak en az parazit bölümlenmesi (MNF), görüntü elemanı saflık ölçütü (PPI) ve n-boyutlu görselleştirme (n-dimensional visualization) gibi uygulamalar gerçekleştirilmiştir. MNF analizi ile 37 bantlı olan CHRIS-Proba hiperspektral görüntülerin 9. banttan itibaren parazit kısmının başladığı ortaya çıkarılmıştır. PPI analizi ile MNF sonucunda elde edilen bilgi miktarının yüksek olduğu kısımlar kullanılarak en saf pikseller bulunmuştur. Son aşama olan n-boyutlu görselleştirme analizi ise, MNF ve PPI analizleri

sonucunda elde edilen bilgiler kullanılarak tamamen görsel yorumlama yeteneğine bağılı olarak n-boyutlu uzayda sınıflandırma yapılmıştır. Uzaktan algılama çalışmalarıyla ilişkili olarak inceleme alanında yüzeyleyen kaya birimlerinden, yansıma-dalga boyu eğrileri olarak da bilinen spektra ölçümleri yapılmış ve bu spektrallardan bir spektral kütüphane oluşturulmuştur. İnceleme alanında genel olarak ofiyolitler ve sedimanter birimler olmak üzere iki birim ayrımı yapılmıştır. Araziden alınan spektrallardan oluşturulan spektral kütüphanede bu birimlerin ayrımı yapılmış olup, ofiyolitler yaklaşık 600nm ile 700 nm civarında soğurma değerleri, sedimanter birimler için ise, 750 nm civarında soğurma değerleri gözlenmiştir. Ayrıca bu çalışmayı destekleme amaçlı CHRIS-Proba görüntüsü üzerinden de aynı birimlerden benzer noktalarda spektra alımı yapılmıştır. Bu spektrallardan da spektral kütüphane oluşturulmuştur. Bu iki spektral kütüphane arasında benzer soğurma değerleri dikkat çekmektedir.

Böylece, jeolojik uygulamalarda önemli bir alan olarak son yıllarda yaygınlaşan uzaktan algılama çalışmalarının, jeolojik çalışmalarla birlikte yürütülmesini amaçlayan bir bakış açısı bu tezde sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Divriği ofiyolitli karışığı, hiperspektral uzaktan algılama, CHRIS-Proba, MNF, PPI, n-dimensional visualization, Spektral kütüphane.

SUMMARY

GEOLOGICAL FEATURES OF THE ÇATALDAĞ REGION (SE SİVAS) AND IT'S ANALYSIS USING HYPERSPECTRAL IMAGES

Hande KONYA

Master of Science Thesis, Department of Geological Engineering

Supervisor: Associate Prof. Dr. Kaan Şevki KAVAK

2009, 66 pages

The main goal of this master thesis is to identify stratigraphic and tectonic relationships of the southeastern boundary of the Sivas Basin around Deliktaş region. In this context, a geologic al map of the study area has been prepared in a scale of 1/25.000. On the other hand, hyperspectral image analyses which contain the useful applications in geology particularly in recent years are forming the second goal of this work. Accordingly, CHRIS-Proba hyperspectral images which cover the study area were provided by European Space Agency and spectral measurements were gathered complementary from lithological units of the area using spectroradiometer.

Stratigraphically, Late Triassic-Early Cretaceous Yılanlıdağ formation limestones are made up of the bottom levels of the area. Late Cretaceous Divriği ophiolitic mélangé was overlain onto these limestones tectonically. The remnants of the Inner Tauride Ocean were represented with Divriği ophiolitic mélangé rocks in region in terms of paleotectonic evolution and these rocks involve chromite mineralizations substantially. Sedimentary Middle Miocene Deliktaş, Late Miocene-Early Pliocene Kangal formations and Quaternary alluvium unconformably overlain these units in the area. Tectonically, one of the most important details of the area is the presence of dextral strike-slip faults which cut Yılanlıdağ limestones with the aid of field and remote sensing studies. These tectonic components, aligned in NW-SE direction can be observed on air photographs and satellite images easily.

CHRIS-Proba images were preprocessed with radiometric, atmospheric and geometric corrections. After these primary operations, dimension of data were reduced using minimum noise fraction. In addition to this useful method, pixel purity index and n-dimensional visualizer options were applied. Pure pixels corresponding to representative lithological units in the study area were determined and deduced using these robust methods. MNF analysis is utilized to detect and remove the noisy observations from the 37 band CHRIS-Proba hyperspectral images which actually correspond to the observations for band number 9 and higher. The purest pixels are determined by

the utilization of PPI tool over the observation detected and extracted through MNF. At the last step of image processing, n-dimensional visualizer is utilized to perform classification in n-dimension space via visual interpretation. Furthermore, spectral library forming efforts specifically to study area were accomplished within the context of this thesis. Two fundamental units are classified in the study area, which are in general ophiolitics and Sedimentary. These units are differentiated in the spectral library obtained through the spectras acquired from the field; absorption spectra between 600-700 nm is observed for the ophiolitics where 750 nm is observed for sedimentar units. Moreover, spectral observation is also performed from the points of the same units in the CHRIS-Proba images in order to support this study. Similar spectral library to the spectral library obtained through field study is obtained form CHRIS-Proba images as well.

Thus, a contemporary point of view and state of art approach comprising geological field studies and remote sensing attempts was revealed using this thesis.

Key words: Divriği ophiolitic mélange, Hyperspectral remote sensing, CHRIS-Proba, Minimum Noise Fraction (MNF), Pixel Purity Index (PPI), n-dimensional visualization, Spectral library.

TEŐEKKÖR

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu alışmada, tez konumun ve arazimin seimine yönelik yönlendirmesi ile arazi alışmaları ve tez yazımı aşamasında her türlü yardımını esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Kaan Şevki KAVAK' a teŐekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tezin her aşamasında gösterdikleri sabır ve destek için, eŐime ve aileme sonsuz teşekkür ederim.

Bu tez kapsamında yapılan arazi ve uzaktan algılama laboratuvar alışmaları; TÜBİTAK ÇAYDAG Proje No: 107Y146, Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Fonu (CÜBAP) Proje No: M-328 ve Avrupa Uzay Ajansı (ESA, Project ID:4440) tarafından desteklenmiştir. Bu nedenle ilgili kurumlara teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
SUMMARY	iii
TEŞEKKÜR	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	x
EKLER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
1. 1. İncelemenin Amacı ve Kapsamı	1
1. 2. İnceleme Alanının Konumu ve Topoğrafik Özellikleri	2
1. 3. Materyal ve Metot	3
1. 4. Önceki Çalışmalar	3
2. İNCELEME ALANININ STRATİGRAFİSİ	6
2.1. Yılanlıdağ Formasyonu (TrKy)	8
2.1.1. Genel Tanım	8
2.1.2. Yayılım ve Konumu	8
2.1.3. Kaya Türü	8
2.1.4. Kalınlık	10
2.1.5. Fosil İçeriği ve Yaşı	10
2.1.6. Ortamsal Yorum	10
2.2. Divriği Ofiyolitli Karışığı (Dof)	10
2.2.1. Genel Tanım	10
2.2.2. Yayılım ve Konum	11
2.2.3. Kaya Türü	11
2.2.4. Kalınlık	13
2.2.5. Fosil İçeriği ve Yaşı	13
2.2.6. Ortamsal Yorum	13
2.3. Deliktaş Formasyonu (Td)	13
2.3.1. Genel Tanım	13
2.3.2. Yayılım ve Konum	13
2.3.3. Kaya Türü	13
2.3.4. Kalınlık	14
2.3.5. Fosil İçeriği ve Yaşı	14
2.3.6. Ortamsal Yorum	14
2.4. Kangal Formasyonu (Tk)	14
2.4.1. Genel Tanım	14
2.4.2. Yayılım ve Konum	15
2.4.3. Kaya Türü	15

2.4.4. Kalınlık	15
2.4.5. Fosil İçeriği ve Yaşı.....	15
2.4.6. Ortamsal Yorum.....	15
2.5. Alüvyon (Qal)	16
3. İNCELEME ALANININ TEKTONİĞİ	17
3.1. Uyumsuzluk.....	18
3.2. Tabakalanma	19
3.3. Kıvrımlar	21
3.3.1. Çataldağ Senklinali	21
3.3.2. Çataldağ Antiklinali	22
3.3.3. Boğazköy Antiklinali.....	23
3.4. Eklemler	24
3.5. Faylar	27
3.5.1. Doğrultu Atımlı Faylar	27
3.5.1.1. Çataldağ fayı	28
3.5.1.2. Yayı Dağı fayı	29
3.5.2. Bindirme Fayları.....	31
3.5.2.1. Çataldağ Bindirmesi	31
4. HİPERSPEKTRAL UZAKTAN ALGILAMA.....	33
4.1. CHRIS -Proba	35
4.2. CHRIS-Proba Görüntü Düzeltmeleri	37
4.2.1. Radyometrik Düzeltme	38
4.2.2. Atmosferik Düzeltme.....	38
4.2.3. Geometrik Düzeltme	39
4.3. CHRIS-Proba Görüntü Zenginleştirmeleri.....	40
4.3.1. MNF (En az parazit bölümlenmesi)	41
4.3.2. PPI (Görüntü elemanı saflık ölçütü).....	43
4.3.3. n-boyutlu gösterim	45
4.4. Spektrometre ve Spektral Kütüphane	46
4.4.1. Spektrometre	46
4.4.2. Spektral kütüphane.....	47
5. EKONOMİK JEOLJİ.....	48
6. JEOLJİK EVRİM	50
7. TARTIşMA ve SONUÇLAR	51
KAYNAKLAR	53
ÖZGEÇMİş.....	55
EKLER.....	56

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1: Anatolid-Torid Bloğu ve İç Torid Süturu'nun bulunduğu Türkiye'nin tektonik birliklerini gösteren harita.....	1
Şekil 2: İnceleme alanını gösteren yer bulduru haritası.	2
Şekil 3: İnceleme alanında yapılan daha önceki çalışmaları gösteren tablo.....	5
Şekil 4: İnceleme alanına ait 1/25.000 ölçekli jeolojik harita.	6
Şekil 5: İnceleme alanının stratigrafik dikme kesiti.....	7
Şekil 6: Yılanlıdağ formasyonuna ait kireçtaşlarında gözlenen kalsit damarları.	9
Şekil 7: Yılanlıdağ formasyonuna ait kireçtaşlarında gözlenen karstik yapılar.	9
Şekil 8: Yılanlıdağ formasyonuna ait kireçtaşlarında gözlenen kavkı parçaları.	10
Şekil 9: Yılanlıdağ kireçtaşı ile Divriği ofiyolitli karışığının sınırı.....	11
Şekil 10: Divriği ofiyolitli karışığına ait ince kesiti fotoğrafı.	12
Şekil 11: Divriği ofiyolitli karışığı içerisinde gözlenen serpantinleşme.	12
Şekil 12: Deliktaş formasyonuna ait görsel kireçtaşlarının görünümü.....	14
Şekil 13: Kangal formasyonuna ait jeolojik birimler.....	16
Şekil 14: Kangaltekkesi köyü civarında yüzeyleyen alüvyonlar.	16
Şekil 15: İnceleme alanına ait tektonik harita.....	17
Şekil 16: Çataldağ ve Yaycı Dağı 'nda gözlenen fayları gösteren 1/35.000 ölçekli hava fotoğrafı.....	18
Şekil 17: Divriği ofiyolitli karışığı ile Yılanlıdağ formasyonu arasındaki bindirme fayı.....	19
Şekil 18: Yılanlıdağ formasyonuna ait kireçtaşlarındaki tabakalanmalar.	20
Şekil 19: Yılanlıdağ formasyonuna ait kireçtaşlarında gelişen breşik yapılar.	20
Şekil 20: Çataldağ senklinalinin KB'dan GD'ya görünümü.....	21
Şekil 21: Çataldağ senklinaline ait sıkışma yönlerinin gösteren diyagram.....	22
Şekil 22: Çataldağ antiklinali.....	22
Şekil 23: Çataldağdaki antiklinali ait sıkışma yönlerinin gösteren diyagram.....	23
Şekil 24: Boğazköy antiklinalini.	23
Şekil 25: Boğazköy'deki antiklinale ait sıkışma yönlerinin gösteren diyagram.....	24
Şekil 26: İnceleme alanına ait tektonizmanın şematik gösterimi.....	25
Şekil 27: Çataldağ antiklinalinin kıvrım eksenini ile eklem durumlarının diyagram gösterimi.	26
Şekil 28: Yılanlıdağ formasyonunda gözlenen eklemelere ait fotoğraf.	26
Şekil 29: İnceleme alanında gözlenen sağ yanal doğrultu atımlı faylar	27
Şekil 30: Sağ yanal doğrultu atımlı bir faya ait gerilme elipsoidi (Harding, 1973).	28
Şekil 31: Çataldağ fayına kuzeyden bakış.	29
Şekil 32: Yaycı Dağı fayı düzlemi üzerinden bir görünüm.....	30
Şekil 33: Divriği Ofiyolitli Karışığı ile Yılanlıdağ formasyonu arasındaki tektonik dokanağı.....	32
Şekil 34: Elektromanyetik spektrum gösterimi.....	33
Şekil 35: Spektral çözünürlük ile spektral örnekleme aralığı.....	34
Şekil 36: Hiperspektral görüntüleme spektroskopisi (Goetz, 1992).	34

Şekil 37: CHRIS-Proba uydusunun uzaydaki görünümü (http://www.CHRIS-proba.org.uk/).	35
Şekil 38: Veri alımı geometrisinin gösterimi (CHRIS Data Format).	36
Şekil 39: Radyometrik düzeltme öncesi (A) ve sonrasındaki görünüm (B).....	38
Şekil 40: Atmosferik düzeltme işlemini gösteren CHRIS-Proba görüntüsü.....	39
Şekil 41: Geometrik düzeltme işlemini gösteren CHRIS-Proba görüntüsü.....	40
Şekil 42: Hiperspektral verilerde kullanılan görüntü analizi aşamalarını gösteren şema.....	40
Şekil 43: En az parazit bölümlenmesi (MNF) işlem akış şeması.	41
Şekil 44: MNF analizi sonucunda elde edilen grafik.....	42
Şekil 45: MNF sonucunda veri içeren bölümün 9 banttan itibaren değişimi.	42
Şekil 46: MNF sonucu elde edilen bantlardan 2. ve 37. bantların görünümü.	43
Şekil 47: PPI analizi uygulanırken kullanılan parametre değerleri.	44
Şekil 48: Görüntü elemanı saflık ölçütü.....	44
Şekil 49: n-boyutlu gösterim analizi sonuçları.	45

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1: Çataldağ fayı ve özelliklerini gösteren tablo.....	28
Tablo 2: Yayıcağı fayı ve özelliklerini gösteren tablo.	31
Tablo 3: CHRIS-Proba uydusunun teknik özelliklerini gösteren tablo.....	35
Tablo 4: CHRIS-Proba görüntüleme özellikleri tablosu (CHRIS data format).....	36
Tablo 5: CHRIS-Proba hiperspektral uydu görüntü modları tablosu (CHRIS data format).....	37
Tablo 6: CHRIS-Proba Mode 5 band aralık değerlerini gösteren tablo(CHRIS data format).....	37

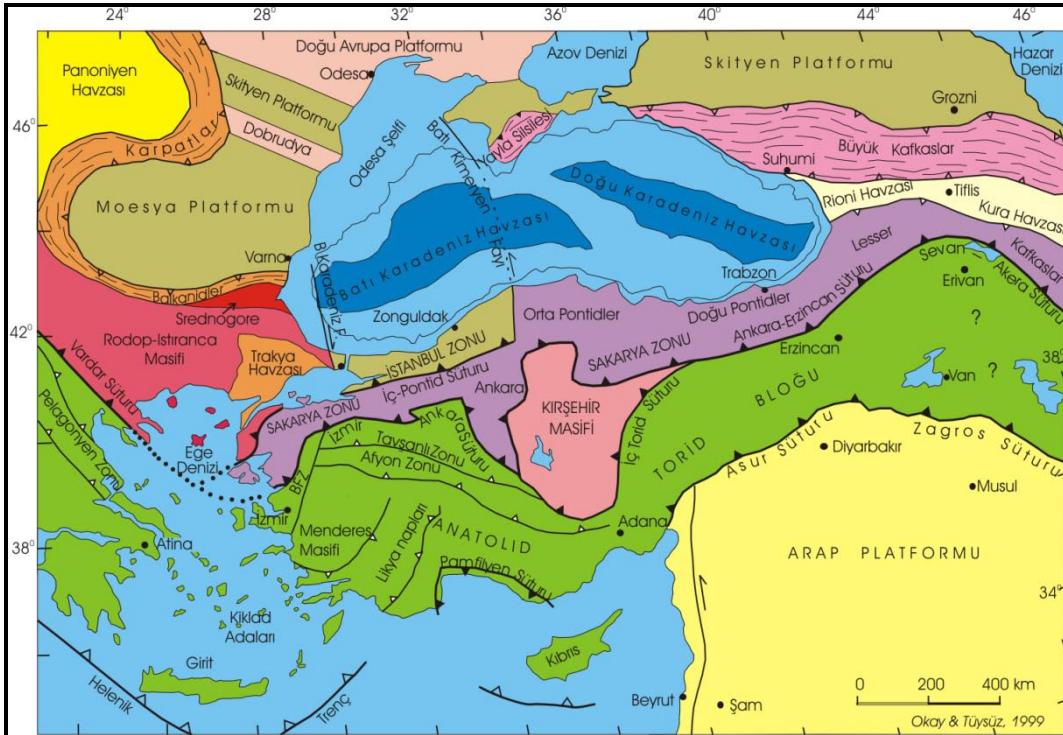
EKLER DİZİNİ

Ek 1: Çataldağ ve yakın çevresinin 1/25.000 ölçeklik jeoloji haritası ve A'-A kesiti.	56
Ek 2: Spektral analiz için araziden alınan 20 örnek.	56
Ek 3: İnceleme alanından toplanan kayaç spektralleri.....	57

1. GİRİŞ

Bu yüksek lisans tez çalışması, Sivas il merkezinin yaklaşık 60 km güneydoğusunda bulunan ve 1/25.000 ölçekli Sivas J38 b1- J38 b2- J38 b3- J38 b4 paftaları içerisinde yer alan, Çataldağ ve Yayı Dağı yakın çevresinin jeolojik özelliklerinin, arazi çalışmaları ve CHRIS-Proba hiperspektral uydu görüntülerini kullanarak aydınlatılmasını amaçlayan iki ana bölümden oluşmaktadır.

İnceleme alanı Kırşehir Masifi ile Anatolid-Torid Bloğu (Okay ve Tüysüz, 1999) arasındaki sınırdaki ve Triyas-Paleosen aralığında varlığı bilinen İç Torid Okyanusu'nun (Şengör ve Yılmaz, 1981) kalıntıları üzerinde bulunmakta olup Mesozoyik ve Senozoyik üst sistemlerine ait allokton ve otokton konumlu kaya birimleri yüzeylemektedir (Şekil 1). Allokton birimleri ve bölgenin temelini oluşturan Yılanlıdağ formasyonu (TrKy) ve Divriği Ofiyoliti karışığı (Dof), inceleme alanı ve çevresinde oldukça geniş bir yayılıma sahiptir. Divriği Ofiyoliti Karışığı (Dof), Yılanlıdağ formasyonu (TrKy) üzerinde tektonik dokanakla yer almaktadır. Otokton konumlu birimler ise Tersiyer yaşlı sedimanter birimler olup diğer birimlerle uyumsuz olarak gözlenmektedir. Bu Tersiyer yaşlı birimleri Alt Miyosen yaşlı Deliktaş formasyonu ve Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı Kangal formasyonu oluşturur. İnceleme alanının en genç birimlerini ise Kuvaterner yaşlı alüvyonlar oluşturmaktadır.



Şekil 1: Anatolid-Torid Bloğu ve İç Torid Süturu'nun bulunduğu Türkiye'nin tektonik birliklerini gösteren harita.

1. 1. İncelemenin amacı ve kapsamı

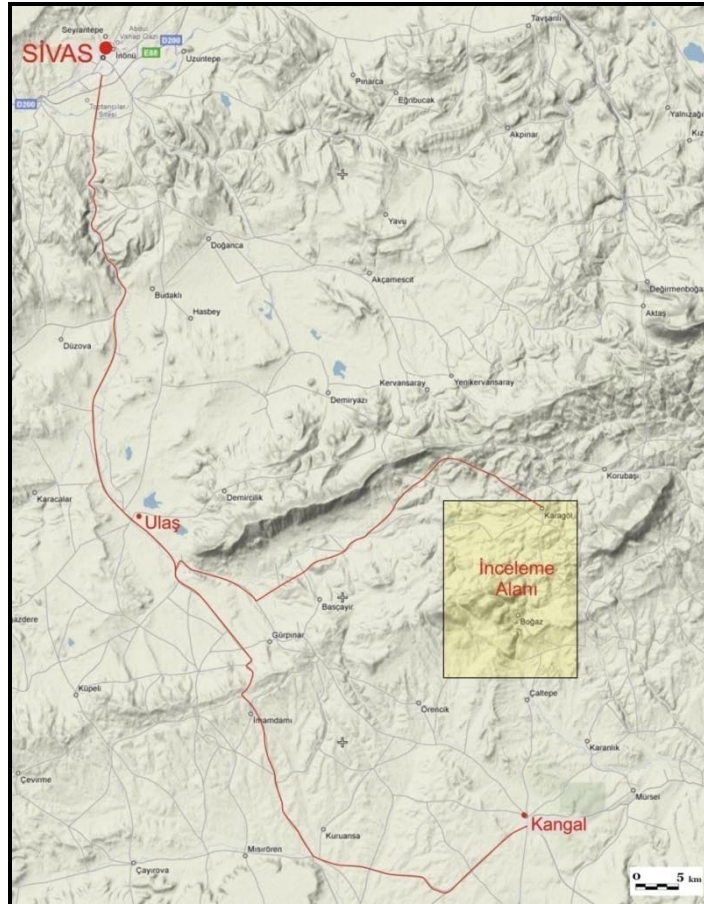
Bu çalışma, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne bağlı Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmış olup birincil olarak Sivas Havzası'nın

güneydoğu kenarındaki Deliktaş yöresi doğusunda yer alan Çataldağ-Yaycı Dağı çevresinin jeolojik haritasının yapımını amaçlamaktadır. Tezin ikincil amacı ise, Avrupa Uzay Ajansı (ESA) 'dan alınan hiperspektral CHRIS-Proba uydu görüntüleri yardımıyla görüntü işleme yöntemleri kullanılarak bölgedeki jeolojik haritalamaya yardımcı olacağı düşünülen litolojik ayrımlanmanın ortaya çıkarılmasıdır. Bu çalışmayı tamamlayıcı olarak da ayrıca arazide el spektrometresi kullanılarak kayaç spektralleri ölçülmüştür.

1. 2. İnceleme alanının konumu ve topoğrafik özellikleri

İnceleme alanı Sivas ilinin 60 km güneydoğusunda yer almakta ve 1/25.000 ölçekli Sivas J 38 b1-b2-b3 ve b4 paftalarının kesiştiği bir bölgeyi içine almaktadır (Şekil 2).

İnceleme alanının dışına düşen bölgelerin güneyinde Felhan Dağı, kuzey batısında Tecer Dağı, kuzey doğusunda Gürlevik Dağı yer almaktadır, Genel olarak bölgedeki bazı yükseltileri ise, Karanlık Tepe (1875 m.), Sivritaş Tepe (1894 m.), Ahırdere Tepe (1831 m.), Söğütlü Tepe (1959 m.), Kırmızıtaş Tepe (1911 m.), Yaycı Dağı (2175 m.), Çataldağ (2184 m.), Çaltepe (1879 m.), Kırmızı Tepe (1801 m.), Serttaş Tepe (1828 m.), Büyükkırma Tepe (1693 m.), Küçükkırma Tepe (1678 m.) oluşturmaktadır. İnceleme alanında bitki örtüsü gelişimi çok azdır.



Şekil 2: İnceleme alanını gösteren yer bulduru haritası.

1. 3. Materyal ve metot

Bu yüksek lisans tezi kapsamında yapılan çalışmalarda, inceleme alanına ait stratigrafik ve tektonik özelliklerin yer aldığı 1/25.000 ölçekli jeolojik harita ve stratigrafik dikme kesit çıkarılmıştır. Arazi öncesi büroda gerçekleştirilen çalışmalarla inceleme alanına ait hava fotoğrafları üzerinde gözlenen çizgisellikler belirlenmiş olup arazi sonrası çalışmalarda ise bu çizgisellikler doğrulanmıştır. Kaya birimleri ve jeolojik yapılar Brunton jeolog pusulası ile ölçülmüş ve bu ölçümler jeolojik haritaya aktarılmıştır. Ayrıca inceleme alanında yüzeyleyen kaya birimlerinden petrografik amaçlı ince kesit örnekleri toplanmış ve bu noktaların ölçüm değerleri Küresel Yerbelirleme Sistemi (GPS) alıcısı ile kaydedilmiştir.

Uzaktan algılama çalışmaları kapsamında yapılan çalışmalarda ise, Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından işletilen CHRIS-Proba hiperspektral algılayıcının görüntüleri jeolojik amaçlı olarak işlenmiştir. Elde edilen CHRIS görüntülerinin üzerinde yapılan bazı görüntü işleme analizleri ile görüntüler daha zengin hale getirilmiştir. Bu amaçla, en az gürültü oranı (MNF), görüntü elemanı saflık ölçüsü (PPI), n-boyutlu gösterim gibi hiperspektral görüntü işleme yöntemleri uygulanmıştır (Konya, 2008).

Bu amaca uygun olarak 14 ve 22 Temmuz 2007 tarihlerinde programlı olarak çekilen CHRIS-Proba görüntüleriyle beraber eş zamanlı olarak arazide 20 ayrı noktada yüzeyleyen jeolojik birimlerden spektra ölçümleri gerçekleştirilmiştir. 37 ayrı bant aralığına sahip CHRIS-Proba görüntülerinin bant aralığıyla (438-1036 nm) yaklaşık olarak uyumlu olan 325 nm - 1075 nm bant aralığına sahip FieldSpec HandHeld model spektrometre kullanılarak gerçekleştirilen bu çalışmayla bölgede yüzeyleyen birimlere ait spektral kütüphane oluşturulmuştur.

1. 4. Önceki çalışmalar

Gürsoy (1983), Örenlice – Eskiköy (Sivas) yöresinin stratigrafik ve tektonik özelliklerinin ortaya çıkarılmasını amaçlayan yüksek lisans tezinde yöredeki allokon ve otokon birimleri ayırtlamıştır. Allokon konumlu Jura-Alt Kretase yaşlı Çataldağ kireçtaşları üzerinde tektonik dokanakla yer alan Üst Kretase-Paleosen yaşlı Güneş ofiyolitinin ilişkisi bu çalışmada ortaya çıkarılmıştır.

Koptagel ve Gökçe (1991), Başçayır-Dağönü (Ulaş-Sivas) yöresinde Divriği ofiyolitli karışığının ana bileşenleri ve kromit yataklarının jeolojisini belirlemek amaçlı yaptığı çalışmada, Jura-Alt Kretase yaşlı Çataldağ kireçtaşları ve Üst Kretase–Paleosen yaşlı “Divriği ofiyolitli karışığı” içindeki ofiyolitik birimleri kendi içerisinde ayırtlamıştır. Araştırmacı ayrıca Miyo-Pliyosen yaşlı Karacaören formasyonunu kendi içerisinde Kızılkayatepe, Eskiköy ve Alibabatepe üyeleri olmak üzere başlıca üçe ayırmıştır.






İnan ve diğ. (1993), Ulaş–Sincan (Sivas) yöresinde yaptıkları stratigrafi ağırlıklı çalışmada yörede en yaşlı kaya biriminin daha doğuda yer alan Munzur kireçtaşlarının devamı niteliğindeki Üst Jura-Alt Kretase yaşlı kireçtaşları olduğunu ve ofiyolitli karışığın yerleşim yaşının en azından Üst Kretase olduğunu saptamış ve bölgede yüzeyleyen batolitin ise yerleşim yaşının Üst Kretase değil Paleosen olabileceğini ifade etmiştir.

Gökten (1993), Ulaş doğusunda yaptığı çalışmada, bölgeye ilk ofiyolit yerleşimlerinin geç Kretase'de olduğunu ve olistostromal olarak yerleşimlerinin ise Oligosen'e kadar sürdüğüne dikkat çekmiştir. Erken Miyosen sonunda bu ofiyolitik melanj naplarının yeniden hareketlenmelerinin İç Torid Süturu'nun kapandığına işaret ettiğini söyleyen yazar Pliyosen ve sonrasının bir serbestleşme rejimi şeklinde geliştiğini belirtmektedir.

Poisson ve diğ. (1996), Sivas Havzası'nın evrimi ile ilgili olarak yaptığı çalışmada, havzanın okyanusaldan çok kıtasal bir temele sahip olduğunu ve bu temelin üst seviyelerinin Üst Kretase sınırında Kırşehir ve Toros kuşakları üzerine ofiyolitik naplar şeklinde yerleştiğini belirtmiştir. Yazarlar, bir okyanusal havza olarak gereksinim göstermeyen İç Torid Çukuru'nun varlığına dayanarak Kırşehir Masifi'nin Neotetis'in kuzey kolundan ayrı bir blok gibi düşünülmemesi aksine Doğu Toros kuşağının kuzey uzantısı olarak alınması gerektiğini vurgulamışlardır.

Yümün ve Kılıç (2006), Doğu Toros'larda (Ulaş-Sivas) yeni bir Triyas bulgusunu anlatan çalışmasında, Sivas güneydoğusunda yapılan daha önceki çalışmada bölgede yüzeyleyen platform karbonatlarından farklı ad ve yaşlar bulunduğunu saptamışlardır. Platform karbonatlarının, içerdiği fosillere göre Noriyen-Resiyen yaşlı olabileceği ortaya konmuştur. Munzur ve Sivas bölgelerinin korelasyonu ile bu kireçtaşları Munzur kireçtaşlarına dahil edilmiştir.

İnceleme alanında yapılmış paleontolojik ve tektonik çalışmaları içeren derleme çalışması ayrıca aşağıda verilmiştir (Şekil 3).

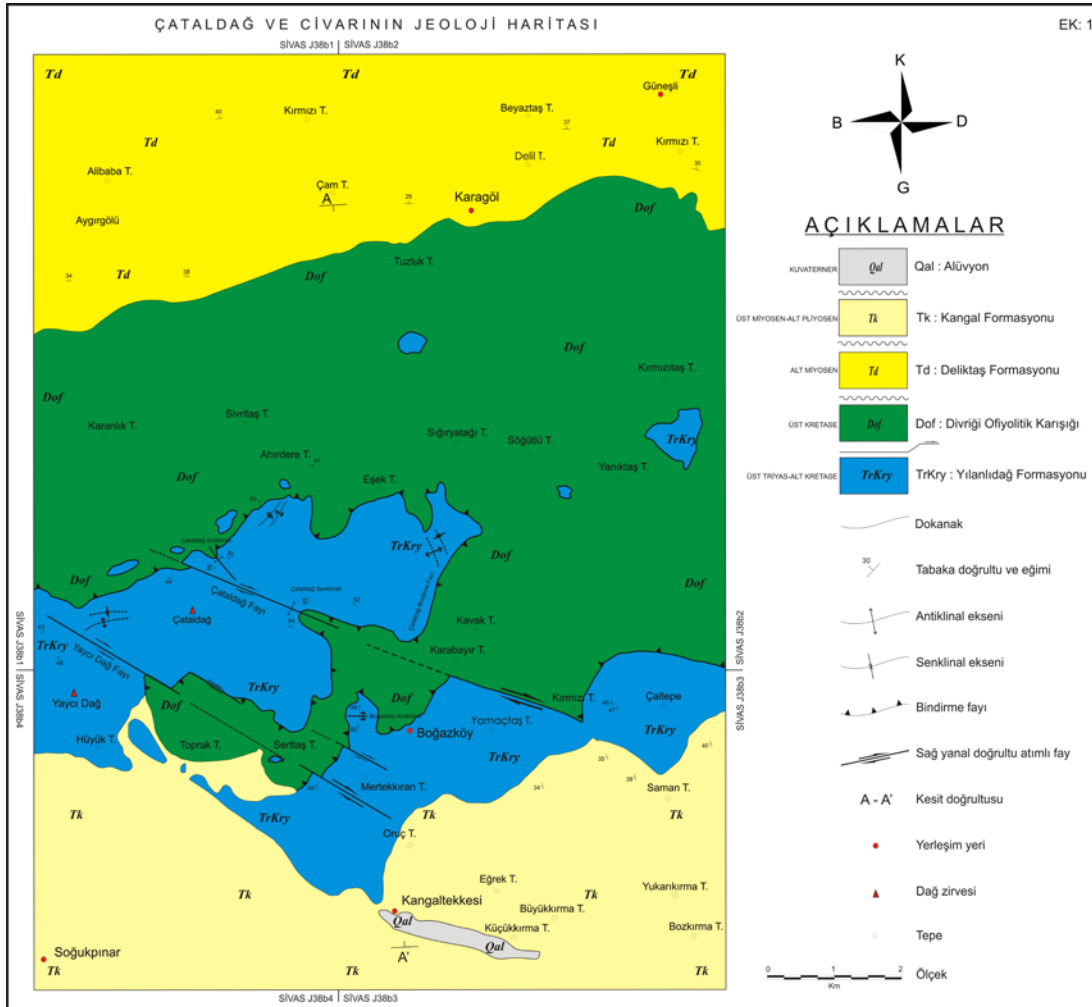
JEOLJİK Yaş		GÜRSOY,1983	KOPTAGEL ve GÖKÇE 1991	İNAN ve diğerleri,1993	GÖKTEN,1993	YÜMÜN ve KILIÇ,2006	
KUVARTERNER		Qal	Qal	Qal	Qal	Qal	
TERSİYER	Pliyosen	Örenlice Frm.		Örenlice Frm.	Soğukpınar Frm. Parmaklıktepe Frm.	Örenlice Frm.	
	Miyosen	Karacaören Frm.	Karacaören Frm.	Deliktaş Frm. Karacaören Frm.	Deliktaş Frm.	Kulmaçdağı Frm. Altınyayla Frm.	
	Oligosen	Selimiye Frm.		Selimiye Frm.	Selimiye Frm.		
	Eosen	Bozbel Frm.		Bozbel Frm.	Bozbel Frm.		
	Paleosen	Gürlevik Kçt.	Tecer Frm.	Tecer Frm.		Güneş Ofiyoliti →	
KRETASE	ÜST	Tecer Kçt. Güneş Ofiyoliti	Divriği Ofiyolitli Karışık →	Divriği Ofiyolitli Karışık	Güneş Ofiyoliti	Yeşilyayla Karışığı →	
	ALT	Çataldağ Kçt.	Çataldağ Kçt.	Çataldağ Kçt.	Yılanlıdağ Frm.	Munzur Kçt.	
JURA	MALM			Çataldağ Kçt.			Çataldağ Kçt.
	DOGGER						
	LİAS						
TRİYAS	ÜST	Çataldağ Kçt.	Çataldağ Kçt.	Çataldağ Kçt.	Yılanlıdağ Frm.	Munzur Kçt.	
	ORTA						
	ALT						

Şekil 3: İnceleme alanında yapılan daha önceki çalışmaları gösteren tablo.

2. İNCELEME ALANININ STRATİGRAFİSİ

Kırşehir Masifi ve Anatolid-Torid platformunun sınırında (Şekil 1), İç Torid Süturu üzerinde ve Sivas Havzası'nın güneydoğusunda yer alan inceleme alanında alttan üste doğru yüzeyleyen birimleri şu şekilde sıralamak mümkündür (Konya, 2007; Şekil 4, Ek 5).

Bölgedeki en yaşlı birimleri platform ortam ürünü Toros kuşağına ait kristalize nitelikteki kireçtaşlarında oluşan Üst Triyas-Alt Kretase yaşlı Yılanlıdağ formasyonu (TrKy) oluşturmaktadır. Bu birimler üzerinde ise tektonik dokanakla Üst Kretase yaşlı Divriği ofiyolitli karışığı (Dof) yer almaktadır. Bu karışığa ait birimleri genel olarak tabanda serpantinitle içerisinde kireçtaşı ve radyolarit olistolitlerinden oluşan melanj niteliğindeki birimler oluşturur. Bu melanj seviyelerinin üzerinde ise eksikli bir ofiyolit dizisinden oluşan ve serpantinleşmiş dünit ve harzburjitlerden oluşan manto tektonitleri, bu tektonitleri kesen izole diyabaz ve piroksenit dayakları yer almaktadır. Divriği ofiyolitli karışığının üzerinde ise, uyumsuz olarak yer alan Alt Miyosen yaşlı sedimanter birimleri kırmızı renkli konglomera ve kumtaşlarıyla başlayıp gölsel nitelikteki killi kireçtaşlarıyla



Şekil 4: İnceleme alanına ait 1/25.000 ölçekli jeolojik harita.

tamamlanan Deliktaş formasyonu ile killi/tüfitli seviyeler içeren kömür ara katlı Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı Kangal formasyonu bulunmaktadır. İnceleme alanının en genç birimlerini ise Kuvaterner yaşlı alüvyonlar oluşturmaktadır (Şekil 5).

ÜST SİSTEM		SENEZOYİK		MESOZOYİK		KAYA TÜRÜ	AÇIKLAMALAR
SİSTEM	SERİ	FORMASYON	KALINLIK	SİMGE	TERSİYER		
Kuvaterner	-	-	-	-	Kangal	Qal	Pekişmemiş Çakıltaşı-Kumtaşı-Çamurtaşı
Pliyosen	-	-	-	-	Kangal	Tk	Karbonatlı Birimler Kömür ara katlıları Kiltaş-Kömür ve Tüfitler
Miyosen	-	-	-	-	Deliktaş	Td	Killi kireçtaşları Kırmızı renkli konglomera ve kumtaşı
Kretase	-	-	-	-	Üst	Dof	Gabroyik kümülatlar serpantinleşmiş harzburjitler ve dunitlerden oluşan manto tektonitleri ve bunları içeren diyabaz-piroksenit daykları ve kromit mineralizasyonları Dunit ve harzburjitten oluşan serpantinolitik matris içindeki kireçtaşı ve radyolarit
Jura	-	-	-	-	Yılanlı Dağ	TrKy	Platform tipi masif-rekristalize kireçtaşı

Şekil 5: İnceleme alanının stratigrafik dikme kesiti.

2.1. Yılanlıdağ Formasyonu (TrKy)

2.1.1. Genel tanım

Tamamen platform kireçtaşlarından oluşan birim ilk defa doğudaki eşdeğeri olan Triyas-Üst Kretase yaşlı Munzur kireçtaşı olarak Özgül ve diğerleri (1981), tarafından tanımlanmıştır. İnan ve diğ. (1993), aynı birimleri Çataldağ kireçtaşı, Gökten (1993) ise Yılanlıdağ formasyonu olarak adlandırmışlardır. Bu çalışma kapsamında, bu adlamaya bağlı kalınmıştır.

2.1.2. Yayılım ve konumu

İnceleme alanı içerisinde DKD-BKB uzanımlı olarak gözlenen Yılanlıdağ formasyonu, yaklaşık olarak 10 km² lik bir alana karşılık gelmekte olup orta kesimlerde Çataldağ ve Yayıcı Dağı, güney kesimlerde ise daha çok Mertekkıran Tepe, Yamaçtaş Tepe ve Çaltepe'de yüzeylenmektedir. Yılanlıdağ formasyonu, inceleme alanında yine Divriği Ofiyolitli Karışığı tarafından tektonik olarak üzerlenmektedir.

2.1.3. Kaya türü

İnceleme alanında, Yılanlıdağ formasyonu birimini oluşturan kireçtaşları, gri renkli, bol çatlaklı olup, çatlaklar 5 cm 'den 10 m 'ye varan kalsit dolguları gözlenmektedir (Şekil 6). Kireçtaşlarında belirgin bir tabakalanma gözlenmemekte olup, şiddetli deformasyon sonucu olan breşik yapılar dikkat çekmektedir. Ayrıca bu kireçtaşlarında belirgin karstik yapılar da gözlenmektedir (Şekil 7).

İnceleme alanında yüzeyleyen kireçtaşlarına ait ince kesitlerde yapılan petrografik analizler sonucunda, büyük oranda ilksel dokuları bozulmuş olup, çoğunlukla mikrit bağlayıcı ve kesitlerde yer yer intraklaslar, fosiller, silisleşmeler, bazı kesitlerde çörtler de gözlenmiştir (Şekil 8). Silisleşmeler ikincil gelişimler olup, fay zonlarındaki harekete bağlı olarak gelişirler. Şiddetli deformasyondan dolayı kireçtaşları özellikle fay zonları boyunca breşik yapıda gözlenmişlerdir. Bazı kesitlerde gözlenen kireçtaşları Folk (1962) 'ye göre intramikrit, Durham (1962)' ye göre vaketaşı-çamurtaşı olarak adlandırılmıştır.



Şekil 6: Yılanlıdağ formasyonuna ait kireçtaşlarında gözlenen kalsit damarları



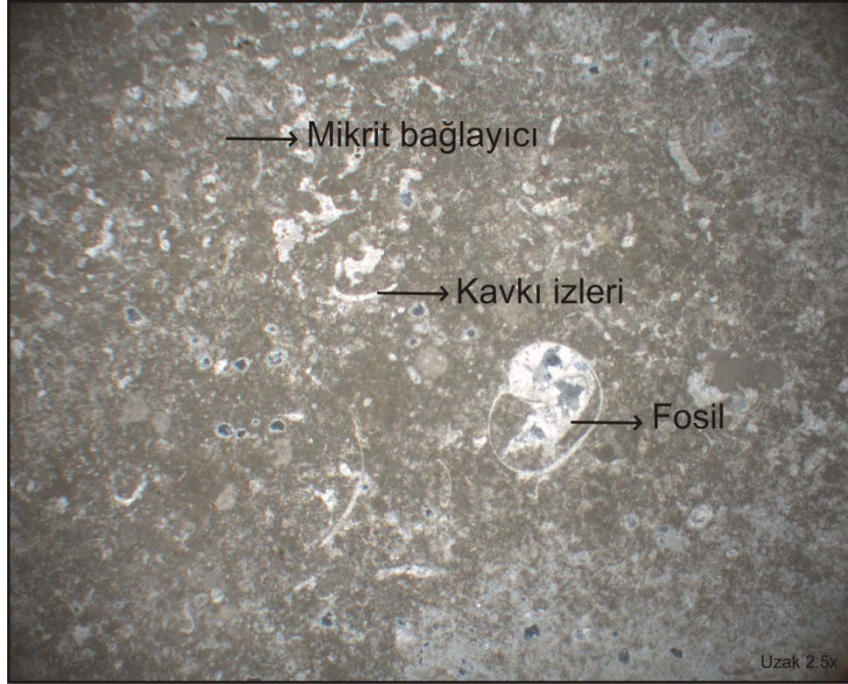
Şekil 7: Yılanlıdağ formasyonuna ait kireçtaşlarında gözlenen karstik yapılar

2.1.4. Kalınlık

Yılanlıdağ formasyonunu oluşturan kireçtaşlarının inceleme alanında tabanı gözlenememiş olup kalınlığa yönelik bir çalışma yapılmamıştır. Ancak daha önceki çalışmalarda kalınlık en az 700 m hesaplanmıştır (Gökten,1993).

2.1.5. Fosil içeriği ve yaşı

Yılanlıdağ formasyonuna ait kireçtaşları makro ve mikro fosil yönünden oldukça fakirdir. Alınan örneklerden yaptırılan ince kesitlerde bazı fosil kavkı parçaları gözlenmiş ancak yaş verebilecek bir sonuç elde edilememiştir (Şekil 8). Fasiyes olarak sığ denizel ortamda çökelen birime Gürsoy, (1983) tarafından Jura-Orta Kretase yaşı verilmiştir. Yümün ve Kılıç (2006), Noriyen-Resiyen yaşlı foraminifer içeriği nedeniyle birimin yaşını Üst Triyas-Alt Kretase olarak belirlemiştir. Bu çalışmada da aynı yaş aralığı kabul edilmiştir.



Şekil 8: Yılanlıdağ formasyonuna ait kireçtaşlarında gözlenen kavkı parçaları.

2.1.6. Ortamsal yorum

Ortama yönelik net veri bulunmasa da bu formasyona ait kireçtaşlarının, daha önceki çalışmalarda elde edilen bulgulardan ve ince kesitlerin incelenmesi sonucunda platform tipi bir ortamda çökdikleri söylenebilir.

2.2. Divriği ofiyolitli karışığı (Dof)

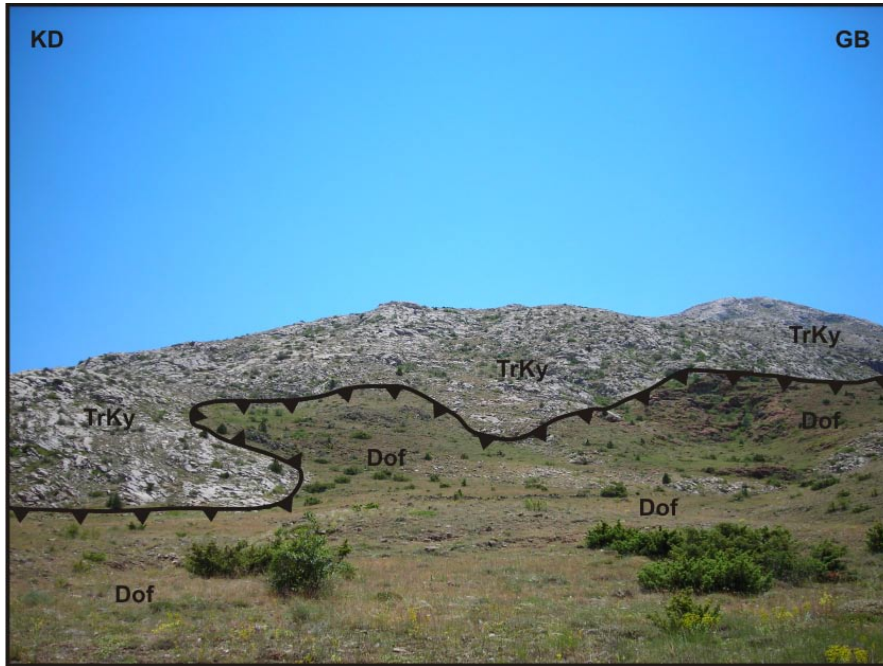
2.2.1. Genel Tanım

İnceleme alanında geniş alanlarda yüzeyleyen ofiyolitli karışığın adlamasına yönelik ilk çalışma Bayhan ve Baysal (1981) tarafından yapılmış ve birime Güneş ofiyoliti adı verilmiştir. Tutkun

ve diğ, (1988) ve İnan ve diğ. (1993) ise aynı birimleri Divriği ofiyolitli karışığı olarak adlandırmıştır. Koptagel ve Gökçe (1991) inceleme alanının bir kısmının da içine düştüğü bölgede yapıları çalışmada aynı adlamayı benimsemişler ve birimi Çamözü ultramafiti ve diğer bileşenler olmak üzere ikiye ayırmışlardır. Bu çalışmada da bölgede yüzeyleyen birimler Divriği ofiyolitli karışığı olarak kabul edilmiştir.

2.2.2. Yayılım ve konum

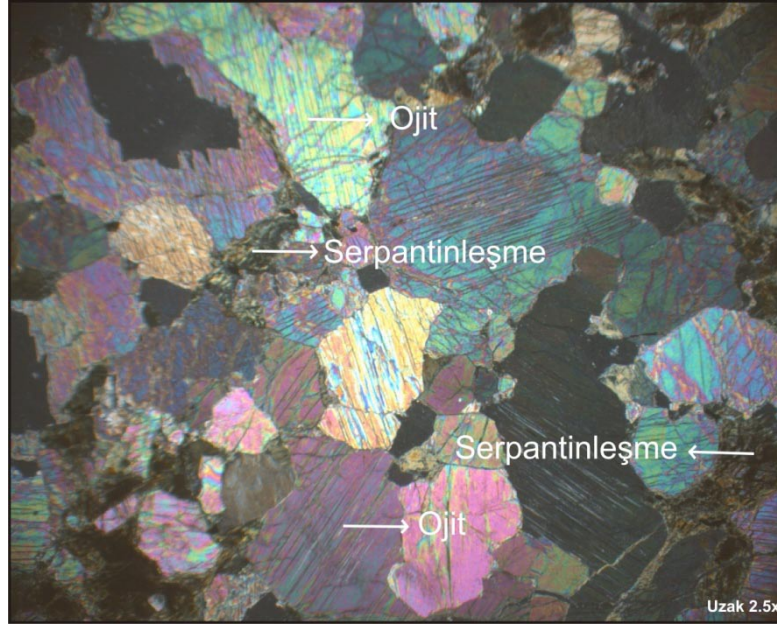
Ofiyolitli karışık Sivas ilinin güneydoğusunda yer alan Tecer Dağları ile güney kesimlerde yer alan DKD-BKB uzanımlı Çataldağ-Yaycı Dağı arasındaki bölgede yüzeylemektedir (Şekil 4). Birim, Yılanlıdağ formasyonunu ouşturan kireçtaşları üzerinde tektonik dokanakla yer alır (Şekil 9) ve daha üstte gözlenen Deliktaş formasyonu ile uyumsuz bir ilişki sunar. İnceleme alanındaki ofiyolitli karışığa ait birimler yaklaşık olarak 12 km² lik bir yayılıma sahiptir. Birim inceleme alanının kuzeyinde, Çataldağ çevresi ile Tecer Dağı arasındaki bölgede yaygın yüzlekler vermektedir (Şekil 4).



Şekil 9: Yılanlıdağ kireçtaşı ile Divriği ofiyolitli karışığının sınırını gösteren fotoğraf.

2.2.3. Kaya türü

İnceleme alanında yüzeyleyen ofiyolitli karışığa ait birimler genellikle koyu yeşil-koyu kahverengi, altere yüzeyleri belirgindir. Petrografik analiz için inceleme alanından alınan örneklerden yapılan ince kesit sonuçlarına göre, birimin esas hamuru harzburjitlerden oluşmaktadır (Şekil 10).



Şekil 10: Divriği ofiyolitli karışığına ait harzburgitlerden bir görünüm.

Harzburgitler, kataklastik ve taneli dokuya sahip olup, yaygın olarak olivin ve serpantin mineralleri ve az miktarda da piroksenler içermektedir. Bu minerallerin büyük bir kısmı yarı-öz şekilli kristaller halindedir. Kesitlerde, olivin minerallerinin çoğunlukta olması ve az miktarda da piroksen minerallerinin bulunuşu nedeniyle dunitlere de rastlanmıştır. Ayrıca iddingsitleşme, talklaşma ve serpantinleşme gibi alterasyon ürünleri de gözlenmiştir (Şekil 11).



Şekil 11: Divriği ofiyolitli karışığı içerisinde gözlenen serpantinleşme

2.2.4. Kalınlık

Bu tez çalışmasında kalınlığa yönelik arazide herhangi bir çalışma yapılmamış olup jeolojik haritadan ve yoğun deformasyondan dolayı tahmini olarak 2000 m'den büyük kalınlığa sahip olduğu kabul edilmiştir.

2.2.5. Fosil içeriği ve yaşı

Genellikle mağmatik ve tortul bileşimli kayaların karışımından oluşan Divriği ofiyolitli karışığı bölgede Üst Triyas-Alt Kretase yaşlı Yılanlıdağ formasyonu üzerinde tektonik dokanakla yer almaktadır. Önceki çalışmalar (İnan ve diğ., 1993; Gökten, 1993) ve bu ilişki göz önünde tutulduğunda karışığın yaşının Üst Kretase olduğu söylenebilir.

2.2.6. Ortamsal yorum

Çalışma alanında yüzeyleyen Divriği ofiyolitli karışığına ait birimler, Kırşehir Masifi ve Anatolid-Torid platformunun sınırında İç Torid Süturu'nun kalıntılarını oluşturmaktadır. Bu açıdan bakıldığında karışığın oluşum ortamının İç Torid Süturu'nun kuzeye doğru dalması sonucunda yitimle karakterize olan bir ortamı yansıttığı söylenebilir.

2.3. Deliktaş formasyonu (Td)

2.3.1. Genel tanım

İlk kez İnan ve diğ., (1993) tarafından Deliktaş formasyonu olarak adlandırılmıştır. Formasyon, araştırmacılar tarafından alt ve orta düzeylerde kumtaşı-çakıltaşı-şeyllerden oluşan bölümü Örencik Üyesi (Tdö), killi kireçtaşlarından oluşan bölümü ise, Kulmaç Üyesi (Tdk) olarak adlandırılmış ancak bu çalışmada üye bazında bir ayırım yapılmamıştır.

2.3.2. Yayılım ve konum

İnceleme alanının kuzey kesimlerinde yer alan Deliktaş formasyonuna ait birimler Eskiköy ve Karagöl köyleri ve çevrelerinde yüzeylemektedir (Şekil 4). Ayrıca Çataldağ ve Yaycı Dağı kuzeyinde yer almaktadır. İnceleme alanı içerisinde yer alan Deliktaş formasyonuna ait birimler yaklaşık olarak 10 km² 'lik bir yayılım sunmaktadır.

2.3.3. Kaya türü

Deliktaş formasyonunun tabanında sarı ve açık renk tonlarında olan kumtaşı-şeyl ve çakıltaşları ile temsil edilen birimler ve bunların üzerinde ise daha kalın katmanlı benzer renklerde gözlenen gösel kireçtaşları yer almaktadır (Şekil 12). Petrografik analiz için alınan örneklerde mikrit bağlayıcı ve az miktarda da fosil kavkı izleri gözlenmiştir.



Şekil 12: Deliktaş formasyonuna ait gölşel kireçtaşları

2.3.4. Kalınlık

Bu tez çalışmasında inceleme alanında Deliktaş formasyonunun kalınlığının 400 m (Gökten,1993) olduğu kabul edilmiştir.

2.3.5. Fosil içeriği ve yaşı

Daha önceki çalışmalarda Miyosen serilerinden alınan gölşel kireçtaşları örneklerinde Gastropoda gibi bazı fosil bulgularına rastlanmış olup, formasyonun geniş bir yaş aralığına sahip olduğu yorumu yapılmıştır. Ancak formasyon içerisinde gözlenen kireçtaşı ve marn aralanmalı olan kömür seviyelerinin bulunuşu bu formasyonun yaşını sınırlamıştır (Gökten,1993). Bu çalışmada Deliktaş formasyonunun yaşı Alt Miyosen olarak kabul edilmiştir.

2.3.6. Ortamsal yorum

Deliktaş formasyonuna ait birimlerin daha önceki çalışmalarda kireçtaşları içerisinde gözlenen kömür bantları nedeniyle gölşel ortamı temsil ettiği düşünülmektedir (İnan ve diğ., 1993).

2.4. Kangal formasyonu (Tk)

2.4.1. Genel tanım

Birim ilk kez Aktimur ve diğ., (1988) tarafından adlanmış olup Sivas Havzası güneyinde ayrı olarak düşünölen Kangal Havzası'nda çökemiş gölşel ortam ürünü kömür ara katkılı volkano-tortul kayalardan oluşmaktadır (Yalçın ve diğ., 2005).

2.4.2. Yayılım ve konum

Birim Çataldağ ve Yaycı Dağların güneyinde geniş alanlarda yüzlekler vermektedir. Özellikle batıda Soğukpınar köyünün (Şekil 13) kuzey kesimlerinde ve güneye doğru Kangaltekkesi köyünün civarı boyunca gözlenen formasyon daha doğuda Saman, Bozkırma ve Yukarıkırma Teperli boyunca yüzlekler vermektedir (Ek 1).

2.4.3. Kaya Türü

Tabanda marn, kilitaşı, kömür ve tüfitlerle başlayan istifin orta seviyelerde yine kömür ve tüfitlerle devam etmekte olup, en üstte ise karbonatlı ve kömür içeren kilitaşı tabakalarıyla sonlanmaktadır.

2.4.4. Kalınlık

Bu tez çalışmasında birimin kalınlığı yaklaşık olarak 200 m olarak ölçülmüştür.

2.4.5. Fosil içeriği ve yaşı

İnceleme alanında yapılan çalışmalarda birimin yaşına dair herhangi bir bulgu elde edilememiş olup bu formasyona sahip birimlerdeki kömür içeren seviyelerde yapılan paleontolojik çalışmalara göre yaşının Orta Pliyosen olduğuna dair bulgular vardır (Aktimur ve diğ., 1988). Ancak Platzman ve diğ., (1998)' nin yaptığı çalışmada, Kangal ilçesi batısındaki Karaseki platosunda bu formasyon üzerine gelen bazaltik lav akıntılarında alınan örneklerin yaş tayinlerinden yaklaşık olarak 5-5.5 milyon yıllık yaşlar ortaya çıkarılmıştır. Bu nedenle formasyonun yaşı bu çalışmada Üst Miyosen-Alt Pliyosen olarak düşünülmüştür.

2.4.6. Ortamsal yorum

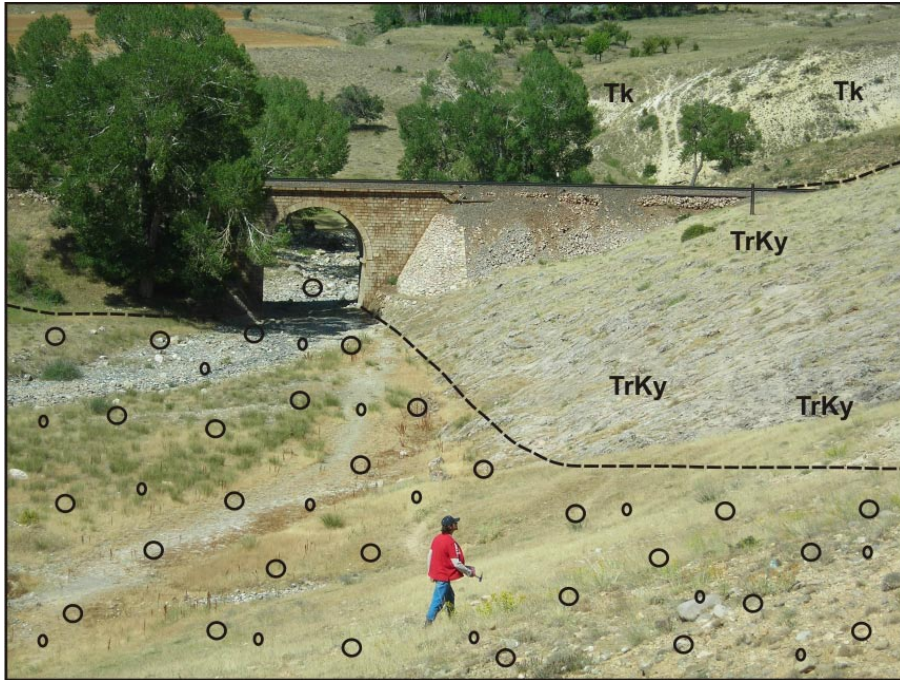
Kömür oluşumları ve bunlarla birlikte bulunan Mollusk kavrıklarının varlığından dolayı birim daha önceki çalışmalarda da (Aktimur ve diğ., 1988, Yalçın ve diğ., 2005) ifade edildiği gibi gölgesel bir ortamda çökelmiştir.



Şekil 13: Kangal formasyonuna ait birimler

2.5. Alüvyon (Qal)

İnceleme alanında Boğazköy, Eskiköy, Çaltepe ve Dayılı köylerinden geçen dere yatağı içerisinde gözlenen alüvyonlar bölgenin en genç çökellerini oluşturmaktadır (Şekil 14).

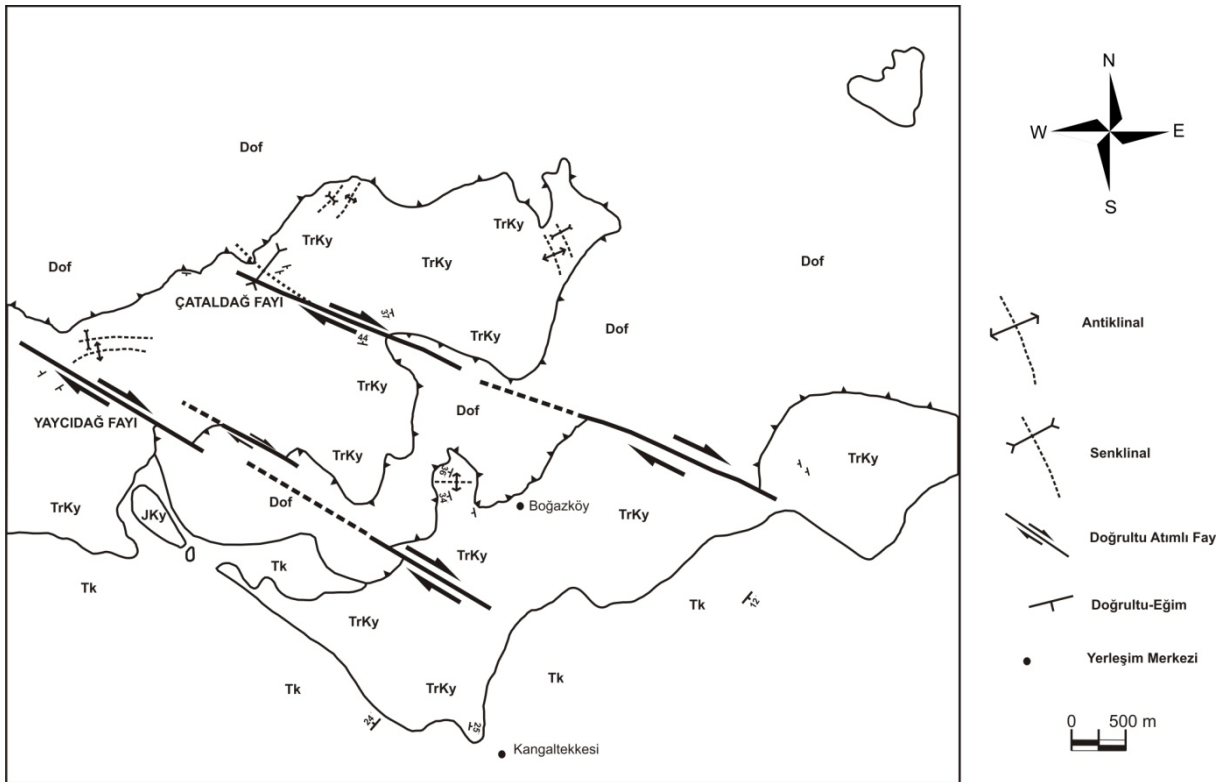


Şekil 14: Kangaltekkesi köyü civarında yüzeyleyen alüvyonlar

3. İNCELEME ALANININ TEKTONİĞİ

Tezin bu bölümünde inceleme alanının tektonik özellikleri sırasıyla uyumsuzluk, tabakalanma, kıvrımlar, eklemeler ve faylar başlıkları adı altında incelenmiştir.

Öncelikle inceleme alanının makroskobik ölçekteki tektonik özelliklerini ortaya çıkarmak amacıyla Devlet Su İşleri Bölge Müdürlüğü'nden temin edilen ve bölgeye ait olan 1/35.000 ölçekli hava fotoğrafları üzerinde boyut, şekil, doku, gölge ve renk gibi ayrıntılı görsel yorumlama öğelerini kullanarak arazi öncesi büro çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar sırasında gözlenen en önemli özelliklerden birisini, Çataldağ ve Yayıc Dağı'nı KB-GD yönünde verrev olarak kesen ve inceleme alanında sağ yanal atımlı fayların var olabileceğine işaret eden yapıların hava fotoğraflarında izlenmesi olmuştur. Arazi çalışmaları kapsamında hava fotoğrafları, jeolojik harita ve bu çalışmada kullanılan hiperspektral uydu görüntülerinden çıkarılan bilgiler yardımıyla inceleme alanına ait tektonik bir harita hazırlanmış olup, Şekil 15'da gösterilmektedir.

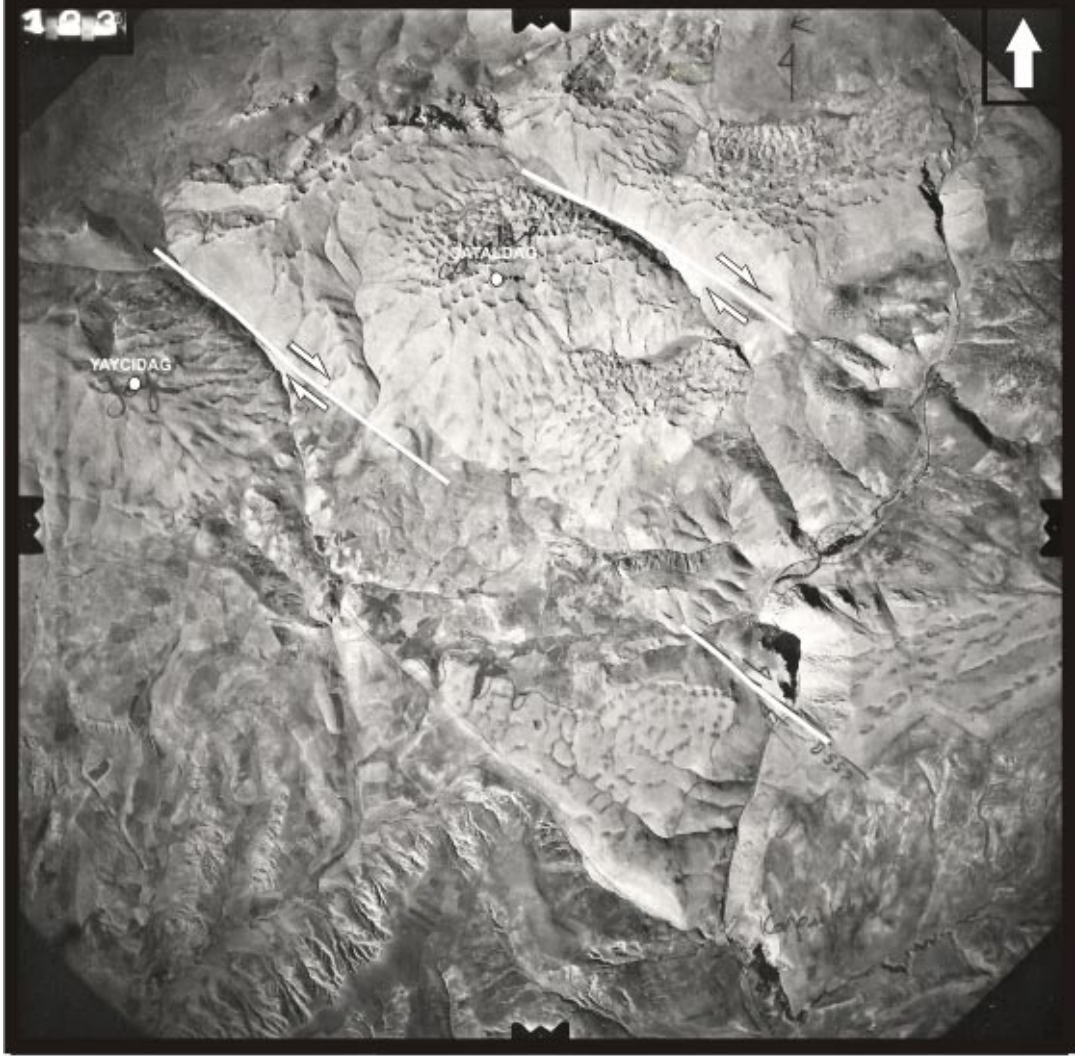


Şekil 15: İnceleme alanına ait tektonik harita.

Hava fotoğraflarında gözlenen bir diğer önemli özellik ise KB-GD olarak uzanan bu fayların kestiği Üst Triyas- Alt Kretase yaşlı Yılanlıdağ formasyonuna ait kireçtaşlarında yoğun olarak gözlenen karstik yapılarıdır (Şekil 7 ve 16).

Bölgede sistematik olarak geliştiği düşünülen KB-GD yönlü bu fayların karstlaşmanın gelişimini de etkilediği söylenebilir. 2007-2008 yılları yaz aylarında yapılan arazi çalışmaları kapsamında inceleme alanının jeolojik haritası oluşturulmuştur (Şekil 4, Ek 1). Haritada Üst Triyas-Alt Kretase yaşlı Yılanlıdağ

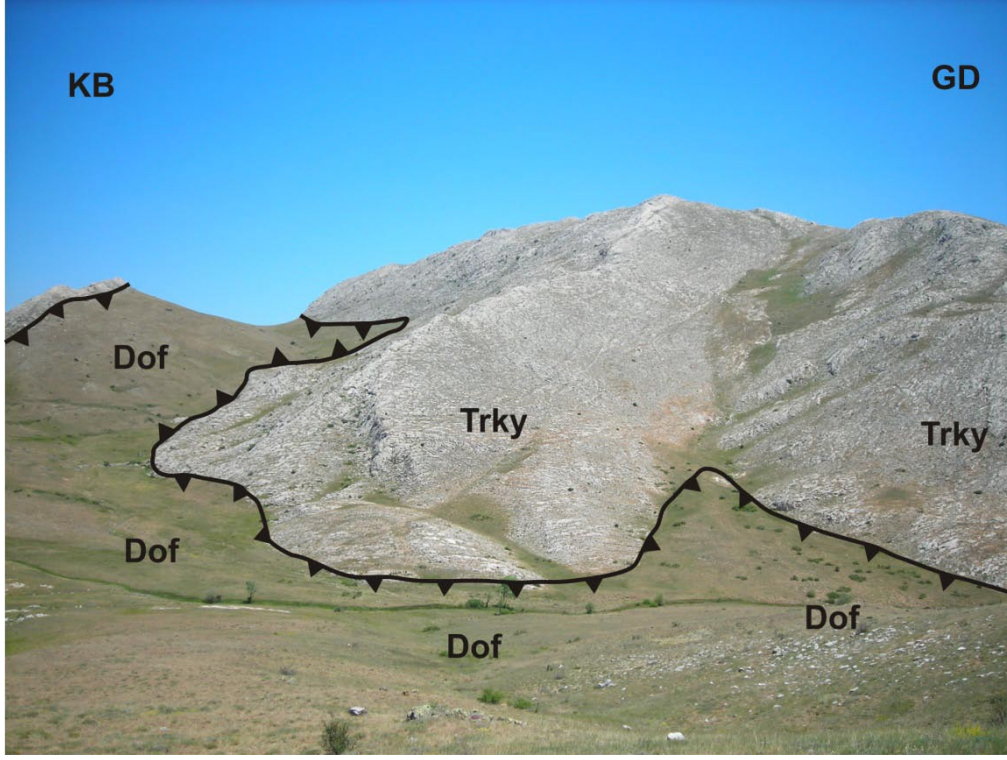
formasyonuna ait kireçtaşlarında meydana gelen sağ yanal doğrultu atımlı fay yönelimlerinin yaklaşık K 85° B doğrultusunda olduğu saptanmıştır.



şekil 16: Çataldağ ve Yaycı Dağı üzerinde gözlenen fayları gösteren 1/35.000 ölçekli hava fotoğrafı.

3.1. Uyumsuzluk

İnceleme alanı içerisinde başlıca beş farklı formasyona ait birimler gözlenmektedir. Genel olarak bu birimlerin birbirleri ile ilişkilerine bakılacak olursa; Üst Kretase yaşlı Divriği ofiyolitli karışığı'na ait birimlerin inceleme alanı içerisinde bulunan diğer birimlerin tümüyle sınırı bulunmaktadır (şekil 4). Bu sınırlardan ilkinde Divriği ofiyolitli karışığı, Yılanlıdağ formasyonunu oluşturan kireçtaşlarını tektonik olarak üzerlemektedir (şekil 17). Bölgede varlığı kabul edilen (şengör ve Yılmaz, 1981) İç Torid Süturu'nun kapanımını ifade eden birimlerin Yılanlıdağ formasyonuna ait birimlerle olan dokanağı bölgesel anlamda bu tektonik uyumsuzluğu karşılık gelmektedir. Divriği ofiyolitli karışığı, ayrıca güneybatıda yer alan Serttaş ve Toprak Tepe'de Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı Kangal formasyonu ile uyumsuz olarak dokanak vermektedir.



Şekil 17: Divriği ofiyolitli karışığı ile Yılanlıdağ formasyonu arasındaki bindirme fayı.

3.2. Tabakalanma

İnceleme alanındaki en yaşlı birim olan Yılanlıdağ formasyonu ait kireçtaşları bölgede Alpin orojenik hareketlerine ve yoğun deformasyona uğraması nedeniyle değişik yönlerde tabakalanmalar gözlenmiştir (Şekil 18). Özellikle Çataldağ civarında izlenen farklı yönlerdeki kıvrım eksenleri bu durumu açıkça göstermektedir. Ancak bu kireçtaşları içerisinde gözlenen karstlaşmalar ve breşik doku (Şekil 19) tabakalanmaların gözlenmesini çoğunlukla olumsuz yönde etkileyen faktörler arasında bulunmaktadır.



Şekil 18: Yılanlıdağ formasyonuna ait kireçtaşlarındaki tabakalanmalar



Şekil 19: Yılanlıdağ formasyonuna ait kireçtaşlarında gelişen breşik yapılar

İnceleme alanının kuzeyinde bulunan Alt Miyosen yaşlı Deliktaş formasyonuna ait birimler Karagöl köyü ve civarında yataya yakın tabakalar gözlenmiştir. Benzer litoloji sunan ve inceleme alanının güneyinde yer alan Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı Kangal formasyonuna ait kireçtaşları içerisinde ise, Kangaltekkesi köyü güneydoğusunda Yılanlıdağ formasyonu birimleri üzerinde bulunan güneye eğimli yataya yakın tabakalanmalar gözlenmiştir. Bu birimler Kangaltekkesi köyü ve Oruç Tepe civarında gözlenmekte olup, açık sarı renkli kireçtaşlarına ait tabaka durumu $K81^{\circ}D$, $53^{\circ}GD$ olarak ölçülmüştür. Bu birimlerin devamı olan Boğazköy civarında gözlenen kireçtaşlarında ise $K73^{\circ}D$, $12^{\circ}GD$ durumu ölçülmüştür.

3.3. Kıvrımlar

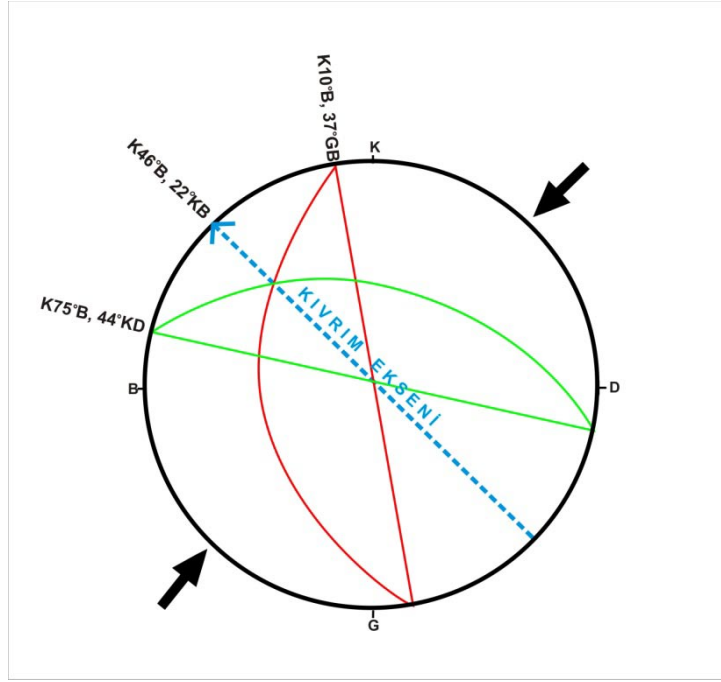
İnceleme alanında özellikle Üst Triyas-Alt Kretase yaşlı Yılanlıdağ formasyonuna ait kireçtaşlarında yoğun kıvrımlanmalar bulunmakta olup farklı yönelimlere sahip olan senklinal ve antiklinaller eksenleri gözlenmiştir.

3.3.1. Çataldağ senklinali

İnceleme alanında Çataldağ'ın kuzeyinde yaklaşık olarak $K46^{\circ}B$ gidişe sahip olan $22^{\circ}KB$ 'ya dalımlı kıvrım Çataldağ senklinali olarak adlandırılmıştır (Şekil 20). Senklinalin kanatları $K75^{\circ}B$, $44^{\circ}KD$ ve $K10^{\circ}B$, $37^{\circ}GB$ olarak ölçülmüştür. Bu kıvrım eksenini oluşturan sıkıştırma kuvvetlerinin $K44^{\circ}D - G44^{\circ}B$ şeklinde geliştiği ortaya çıkarılmıştır (Şekil 21).



Şekil 20: Çataldağ senklinalinin KB'dan GD'ya görünümü



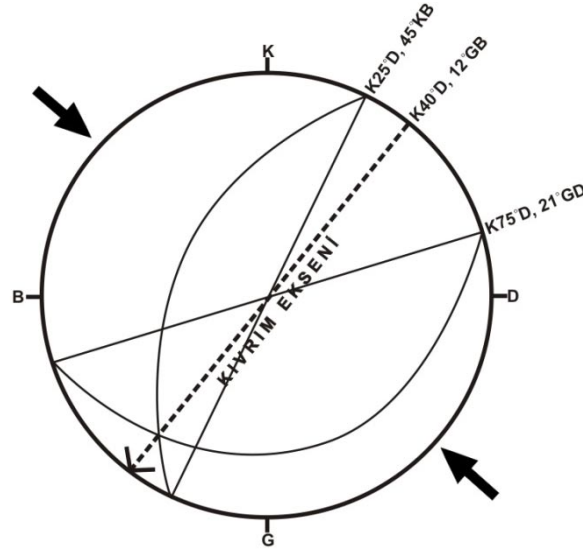
Şekil 21: Çataldağ senklinaline ait sıkışma yönlerinin gösteren diyagram gösterimi.

3.3.2. Çataldağ antiklinali

Çataldağ zirvesinin kuzey yamacında Yılanlıdağ formasyonuna ait kireçtaşları içerisinde gözlenen diğer bir kıvrım da Çataldağ antiklinali olarak adlandırılmıştır. Bu antiklinal asimetric bir nitelikte olup $K25^{\circ}D$, $45^{\circ}KB$ ve $K75^{\circ}D$, $21^{\circ}GD$ durumlu iki kanada sahiptir. (Şekil 22). Çataldağ antiklinaline ait kıvrım eksenini ise, $K40^{\circ}D$, $12^{\circ}GB$ durumlu olarak ortaya çıkarılmıştır. Buna göre Çataldağ antiklinali, $K50^{\circ}B - G50^{\circ}D$ yönlü bir sıkışmanın etkisinde kalmıştır (Şekil 23).



Şekil 22: Çataldağ antiklinali



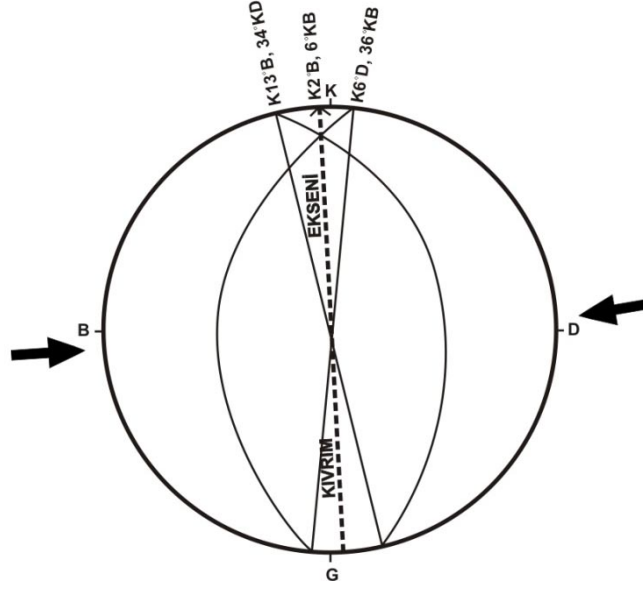
Şekil 23: Çataldağdaki antiklinali ait sıkışma yönlerinin gösteren diyagram

3.3.3. Boğazköy antiklinali

İnceleme alanında Çataldağ'ın güneyinde, Yılanlıdağ formasyonuna ait kireçtaşlarında gözlenen dalımlı bir antiklinaldir. Bu antiklinal Boğazköy antiklinali olarak adlandırılmıştır (Şekil 24). Antiklinali oluşturan kanatların durumları; $K13^{\circ}B$, $34^{\circ}KD$ ve $K6^{\circ}D$, $36^{\circ}KB$ şeklindedir. Boğazköy antiklinalinde kıvrım eksenini $K 2^{\circ}B$, $6^{\circ}KB$ durumlu olup sıkışma $K88^{\circ}D-G88^{\circ}B$ yönlüdür (Şekil 25).



Şekil 24: Boğazköy antiklinali



Şekil 25: Boğazköy'deki antiklinale ait sıkışma yönlerinin gösteren diyagram

İnceleme alanında kıvrımlanma açısından göze çarpan en önemli özellik Üst Triyas-Alt Kretase yaşlı kireçtaşları içinde gelişen farklı yönlerdeki kıvrım eksenlerinin varlığı olmuştur. Bilindiği gibi inceleme alanının da içerisinde bulunduğu bölge İç Torid Süturu'nun kalıntılarının bulunduğu bölge olması yanında kuzeyde bulunan allokton konumlu Tecer Dağları'nın da bölgedeki genel sıkıştırma kuvvetlerinin gelişiminde etken olduğu ve bu yüzden de bölgede birden fazla sıkışma yönünün varlığının olabileceği açıkça göstermektedir.

3.4. Eklemler

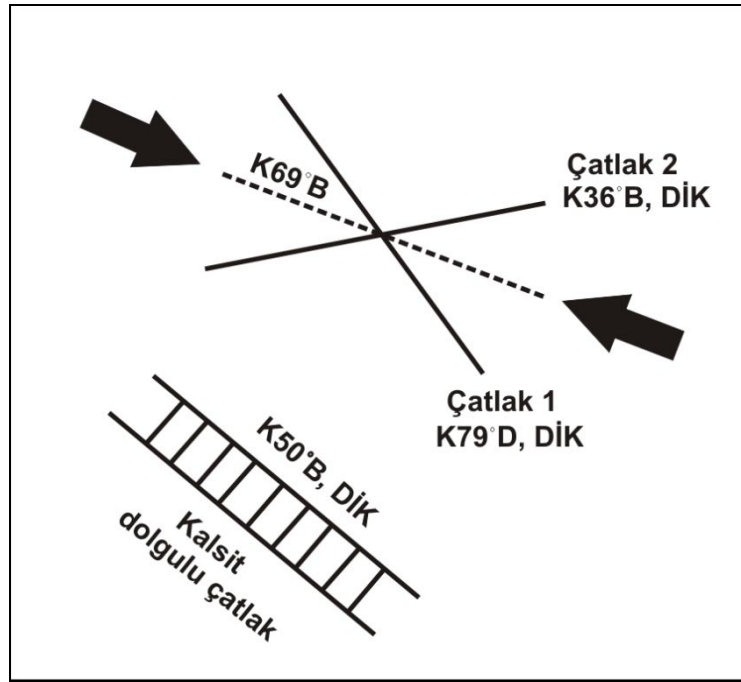
Eklemler bulunduğu bölgenin yapısal geçmişinin ve bölgeyi etkileyen tektonik kuvvetlerin ortaya çıkarılmasında önemli rol oynamaktadır. Faylar ve kıvrımlar gibi her türlü yapısal deformasyonla birlikte bulunabilirler. İnceleme alanında gözlenen eklem ve damar sistemleri, tektonik kuvvetlerle ve tabakalanmayla olan ilişkilerine göre değerlendirilmiştir.

Bilindiği gibi damarlar; eklemlerin zamanla aralıklarının silisyum, kalsit vb. gibi oluşumlarla doldurulmasıyla meydana gelmektedir. İnceleme alanında özellikle doğrultu atımlı ana fay zonlarına paralel olarak yoğun bir şekilde gelişen ve 5 cm' den 10 m' ye kadar varan kalsit damarları gözlenmiştir (Şekil 26). Bu damarların doğrultuları yaklaşık olarak K 45°-50°B arasında değişmektedir.

Eklemlerin oluşum yaşı hakkında kesin bir zaman vermek mümkün değildir. Ancak bölgenin tektonik yapısına ve inceleme alanında gözlenen birimlerin ilişkilerine bakılarak genel bir yaş verilebilir. İnceleme alanında gözlenen bu kalsit damarlarından alınan örneklerin yaş analizi için bir çalışma düşünülmüş olmasına rağmen günümüzde kalsit yapısında tarihleme kullanılan paramanyetik değişkenlerin ESR (Elektron Spin Rezonans) analizleri sonucunda en fazla birkaç milyon yıla kadar bilgi vereceği ifade edilmiştir (Ulusoy, 2007, sözlü görüşme). Söz konusu damarların Üst Triyas-Alt

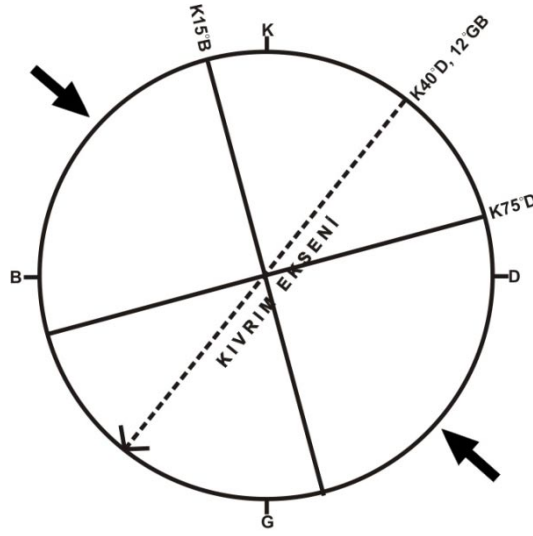
Kretase yaşlı birimlerde gelişmiş olması nedeniyle böyle bir çalışma için uygun olmadıkları ve yaş veremeyecekleri anlaşılmıştır.

Çataldağ ve Yayı Dağı arasından geçen Devranlıboğaz derenin girişinde kireçtaşları içinde gelişen K79°D, ⊥ ve K36°B, ⊥ durumlu eklem düzlemleri dikkate alındığında bu çatlakların tektonik kuvvetlerle ilişkilerine göre makaslama veya kesme çatlakları olarak düşünülmüştür. Ayrıca bu çatlaklarla beraber gözlenen ve K50°B, ⊥ durumlu kalsit damarlarının ise, daha çok tansiyon çatlaklarıyla ilişkili olabileceği söylenebilir (Şekil 26).



Şekil 26: İnceleme alanına ait tektonizmanın şematik gösterimi.

İnceleme alanının orta kesimlerinde gözlenen Çataldağ antiklinali civarında ölçülen düzlemleri sırasıyla; K 75° D, 79° KB ve K 15° B, 35° KD durumlu olup, K 40° D, 12° GB durumlu kıvrım eksenine birlikte değerlendirildiğinde bu çatlakların kıvrım eksenine göre verrev çatlaklar olabileceği ortaya çıkarılmıştır (Şekil 27).



Şekil 27: Çataldağ antiklinalinin kıvrım eksenini gösteren diyagram

Boğazköy ve civarında gözlenen Üst Triyas-Alt Kretase yaşlı Yılanlıdağ formasyonuna ait kireçtaşlarında gelişen çatlakların durumları ise; K 5° B, 62° GB ve K60° B, 70° KD olarak ölçülmüş olup bu noktada yapılan ölçümlerde ise belirgin tabakalanmalar gözlenememiştir (Şekil 28).



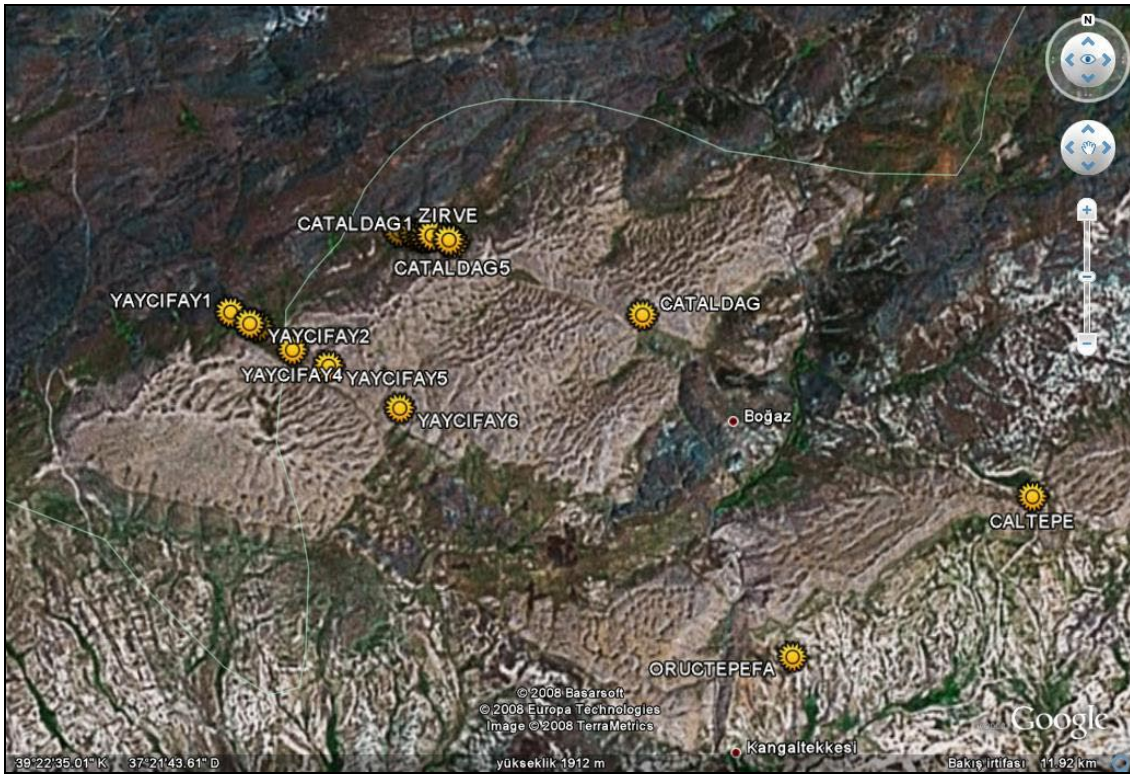
Şekil 28: Yılanlıdağ formasyonunda gözlenen eklemler

3.5. Faylar

İnceleme alanı içerisinde gözlenen başlıca fayları doğrultu atımlı ve bindirme fayları oluşturmaktadır. Doğrultu atımlı fayların, Üst Triyas-Alt Kretase yaşlı Yılanlıdağ formasyonuna ait kireçtaşlarını kestiği hava fotoğraflarında ve uydu görüntülerinde de açık bir şekilde görülmektedir (Şekil 16). Bindirme fayları ise İç Torid Süturu'nun kalıntıları olarak düşünülen Üst Kretase yaşlı Divriği Ofiyolitik Karışığına ait ofiyolitik birimlerin, Üst Triyas-Alt Kretase yaşlı Yılanlıdağ formasyonuna ait kireçtaşları üzerine tektonik olarak bindirmesi sonucu gelişmiştir.

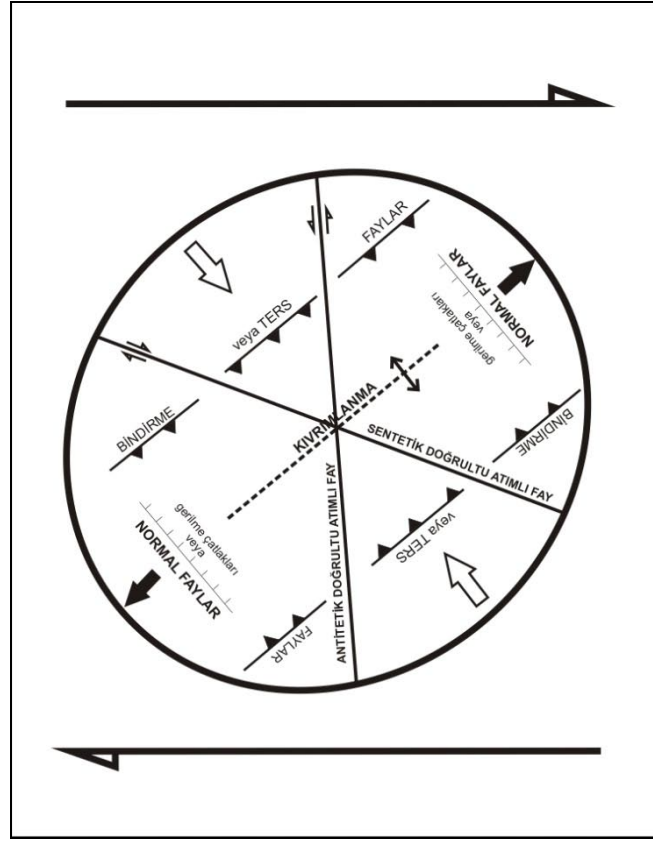
3.5.1. Doğrultu Atımlı Faylar

İnceleme alanında gözlenen en belirgin faylanmalardır. Arazi çalışmaları öncesinde hava fotoğraflarında ve uydu görüntülerinde yapılan görsel yorumlama çalışmalarında yanal atıma sahip olmaları nedeniyle Üst Triyas-Alt Kretase yaşlı kireçtaşlarını kesen bu faylar ve uzantıları sırasıyla Çataldağ Fayı ve Yayı Dağı Fayı olarak adlandırılmıştır (Şekil 29).



Şekil 29: İnceleme alanında gözlenen sağ yanal doğrultu atımlı faylar ve bu fay düzlemi üzerinden alınan GPS noktalarının Google Earth' de gösterimi.

Genel olarak doğrultu atımlı faylar için modellenen gerilme elipsoidine bakıldığında sağ yanal doğrultu atımlı faylanmada sıkışma yönüne dik olarak bindirme fayları, paralel yönde ise normal faylar ve açılma çatlakları gelişmektedir. Ayrıca sıkışma yönüne dik olarak kıvrımlanmalar ve bu yönü verev olarak kesen Riedel ve anti-Riedel makaslamalara karşı gelen sentetik ve antitetik faylanmalar gelişebilmektedir (Şekil 30).



Şekil 30: Sağ yanal doğrultu atımlı bir faya ait gerilme elipsoidi (Harding, 1973).

3.5.1.1. Çataldağ fayı

Bu doğrultu atımlı faylardan Çataldağ fayı, bölgede yaklaşık olarak 9 km' ye varan uzunluğu göz önüne alındığında inceleme alanında en fazla uzanıma sahip fay olarak gözlenmektedir. İnceleme alanının orta kesimlerinde Çataldağ'ın hemen kuzeyinden başlayan ve uzanımı boyunca dört ayrı noktada da doğrultusu yaklaşık olarak $K85^{\circ}$ B (Tablo 1, Şekil 31) olarak gözlenen bu fay doğrultu atımlı fayların en genel özelliklerinden birisi olarak bilinen dike yakın bir düzleme sahiptir. Bundan dolayı fayın inceleme alanında doğrultu atımlı bir fay olduğu söylenebilir.

Tablo 1: Çataldağ fayı ve özelliklerini gösteren tablo.

ÇATALDAĞ FAYI	DURUM	GÖZLEM-1	GÖZLEM-2	GÖZLEM-3	GÖZLEM-4
		K 85° B, DİK	K 85° B, DİK	K 84° B, DİK	K 85° B, DİK
GPS		357230 E 4361422 N	357401 E 4361387 N	357479 E 4361364 N	357516 E 4361349 N

Fay düzleminin doğrultusu boyunca kireçtaşlarında gözlenen yoğun breşik yapılar (Şekil 19) ve kalsit damarları da (Şekil 6) bir bakıma fayın varlığını kanıtlayan önemli yapısal veriler olarak düşünülebilir. İnceleme alanına ait hava fotoğraflarında ve uydu verilerinde de gözlenebileceği gibi bu fay, KD-GB yönünde geniş yüzlekler veren ve üzerinde karstik yapıların da çok belirgin olarak (Şekil 7) gözlendiği Üst Triyas-Alt Kretase yaşlı kireçtaşlarını sağ yanal yönde atıma uğratmıştır. Bir diğer önemli nokta ise, bu fayın kireçtaşları yanında ofiyolitik karışığı da kestiğine dair izlerin bölgede gözlenmiş olduğudur. Özellikle Boğazköy kuzeyindeki Körpınar Tepe civarında bu ilişki gözlenebilmektedir (Ek 1). Bölgede gerilme yönlerinin saptanmasına olanak sağlayacak fay düzlemlerine ait korunmuş veriler aşınma nedeniyle gözlenememiş olup bundan dolayı bölgede gerilim yönlerinin saptanmasına yönelik bir kinematik analiz çalışması gerçekleştirilmesi mümkün olmamıştır.



Şekil 31: Çataldağ fayına kuzeyden bakış

3.5.1.2. Yayı Dağı fayı

İnceleme alanında gözlenen doğrultu atımlı faylardan bir diğeri ise, Üst Triyas-Alt Kretase yaşlı Yılanlıdağ formasyonuna ait kireçtaşlarını kesen ve yaklaşık olarak uzunluğu 6 km'ye varan Yayıcı Dağı fayıdır. Fay kuzeybatıda K 60°- 65° B durumlu olarak gözlenirken güneydoğuda bu doğrultu değerlerinin K 70°-75° B durumlu olduğu dikkati çekmektedir (Şekil 32). Fay düzlemi olarak arazide gözlenen ve ölçüm alınan 6 farklı nokta Tablo 2'de verilmiştir. Bu fay, Çataldağ Fayı'na paralel olarak daha batıda gözlenmiş olup doğrultuları boyunca aralarında yaklaşık 2-2.5 km'lik bir genişlik gözlenmiştir. Fayın bir diğer özelliği ise yine doğrultusu boyunca gözlenen bir zonlanmanın varlığıdır. Özellikle Karaali Mevkii civarında, Yayıcı Dağı fayının kesildiği ve doğrultu atımlı fay morfolojilerinde gözlenen sağa atlamalı bir fay karakterinin burada da gözlendiği söylenebilir. Atlamanın tam olarak

gözlendiği noktada yaklaşık 250 m'lik bir genişliğin bulunduğu gözlenmiştir. Fayın sağa doğru tekrar atlama yaptığı diğer bir bölge ise daha güneydoğuda yer alan Mertekkıran Tepe ve Çakmaklı Sırtları civarındadır (Ek 1). Bu bölgede fay yaklaşık olarak iki parçalı bir zon olarak gözlenmiş olup sırasıyla $K55^{\circ}B$ ve $K40^{\circ}B$ 'ya kadar varan doğrultulara sahip olduğu harita üzerinde de açık bir şekilde gözlenmektedir. Fayın bu bölümünde zonlanmayı oluşturan genişlik ise yaklaşık 500 m civarındadır. Çataldağ Fayı'na benzer olarak Yaycı Dağ fayı boyunca birkaç cm'den 10 m'ye kadar varan kalsit damarları da gözlenmiş olup fay düzlemi boyunca korunmuş olan ve kinematik analize yardımcı olacak düzlemsel ve çizgisel yapılar gözlenememiştir.



Şekil 32: Yaycı dağı fay düzlemi

Yaycı dağı fayının da Divriği ofiyolitik karışığı'na ait birimleri kestiği yerler gözlenmiştir. Özellikle Yaycı Dağı güneydoğusundaki Karaali Mevkii ve Serttaş Tepe civarında da bu ilişki gözlenebilmektedir (Ek 1). Yukarıda ayrıntılı özellikleri verilen bu iki sağ yanal doğrultu atımlı fayın (Çataldağ ve Yaycı Dağı) Üst Triyas-Alt Kretase yaşlı Yılanlıdağ formasyonuna ait kireçtaşlarını, Üst Kretase yaşlı Divriği ofiyolitik karışığına ait kayaçları kestiği düşünüldüğünde yaşının Üst Kretase'den genç olduğu ortaya çıkmaktadır.

Tablo 2: Yayıdağı fayı ve özelliklerini gösteren tablo.

YAYIDAĞ FAYI		GÖZLEM-1	GÖZLEM-2	GÖZLEM-3	GÖZLEM-4	GÖZLEM-5	GÖZLEM-6
	DURUM	-	K63°B,74°KD	K65°B,65°KD	K66°B,65°KD	K76°B,70°KD	K75°B,69°KD
	GPS	355501 E 4360636 N	355691 E 4360526 N	355812 E 4360453 N	356096 E 4360255 N	356452 E 4360081 N	357174 E 4359638 N
	AÇIKLAMA	Fayın Kuzey ucunu göstermektedir.	Breşik yapılar yoğun olarak yer almaktadır.	10m.ye varan kalsit damarları gözlenmiştir.	-	Kçt.larının bittiği dokanak gözlenmiştir.	Kçt. ile kçt-çkt. ,ardalanması gözlenmiştir.

3.5.2. Bindirme Fayları

İnceleme alanında Divriği Ofiyolitli Karışığına ait birimlerin, Yılanlıdağ Formasyonunu oluşturan kireçtaşlarını tektonik olarak üzerlemesi sonucu bindirme fayları oluşmuştur. İnceleme alanında bu iki birimin dokanağında gözlenen bindirmeye Çataldağ bindirmesi adı verilmiştir. Bu nedenden dolayı inceleme alanında bu iki birimin dokanağının gözlendiği kesimlerde bu bindirme fayını görmek mümkündür (Ek 1).

3.5.2.1. Çataldağ Bindirmesi

İnceleme alanında sadece bir bindirme fayı gözlenmiştir. Bu bindirme fayına Çataldağ bindirmesi adı verilmiştir. Bu bindirme fayı Üst Triyas-Alt Kretase yaşlı Yılanlıdağ formasyonu ile Üst Kretase yaşlı Divriği ofiyolitli karışığına ait birimler arasında gözlenmiştir (Şekil 33). İç Torid Süturu'nun kalıntıları olarak düşünülen ve bölgede Divriği ofiyolitli karışığının ürünleri olarak bilinen kayaçların Üst Triyas-Alt Kretase yaşlı birimlerle olan dokanağında gelişen bu bindirme inceleme alanının doğusunda ve batısında da devam etmektedir.

İki birimin arasındaki sınırın uzanımının jeolojik harita üzerinde de izlenebildiği gibi genel olarak hem kuzeyde hem de güneyde KD-GB yönlü olduğu açık bir şekilde gözlenmektedir. Bu sınırlar da Çataldağ ve Yaycı Dağı fayları tarafından da kesilmektedir. Daha önce stratigrafi bölümünde de açıklandığı gibi bu iki birim arasına da karşılık gelen bindirmelerin inceleme alanının doğusunda Yarıtaş ve Ağıltaş Tepe civarında, kuzeyde ise, Beyaztaş Tepe de görülmüştür. Çataldağ bindirmesinin düzlemleri inceleme alanında yataya yakın ve daha farklı konumlarda gözlenmiş ve bu bindirmenin Yılanlıdağ formasyonuna ait kireçtaşlarıyla dilimler şeklinde olduğu izlenmiştir.

Sivas Havzası'nın farklı bölgelerinde yapılan jeolojik çalışmalar (Poisson ve diğ 1996; Guezou ve diğ.1996; Temiz, 1996; Kavak ve diğ., 1997) havzayı etkileyen Miyosen sonrası bir sıkıştırmanın genel olarak KB-GD yönlü olarak gerçekleştiğini ifade etmişlerdir. Doğrultu atımlı fayların inceleme

alanındaki genel yönelimleri ve türleri göz önüne alındığında bu sıkıştırma ile uyumlu yapısal veriler görülmüştür.

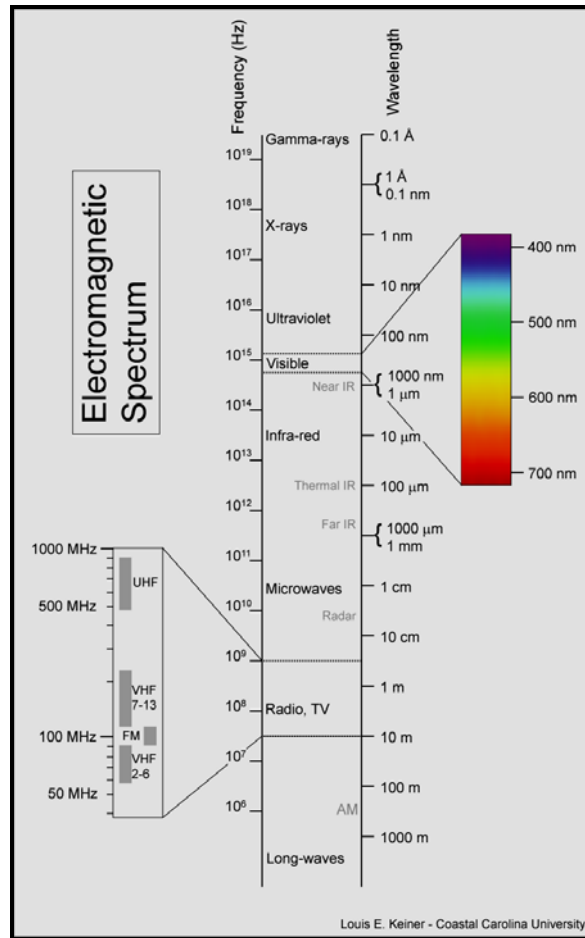


Şekil 33: Divriği Ofiyolitli Karışığı ile Yılanlıdağ formasyonu arasındaki tektonik dokanak

Bu tektonik zonda yoğun olarak breşleşmeler ve ayrıca petrografik analiz için alınan örneklerden yaptırılan ince kesitlerde de altere yüzeyler ve bozunmalar belirgin olarak gözlenmiştir (Şekil 33).

4. HİPERSPEKTRAL UZAKTAN ALGILAMA

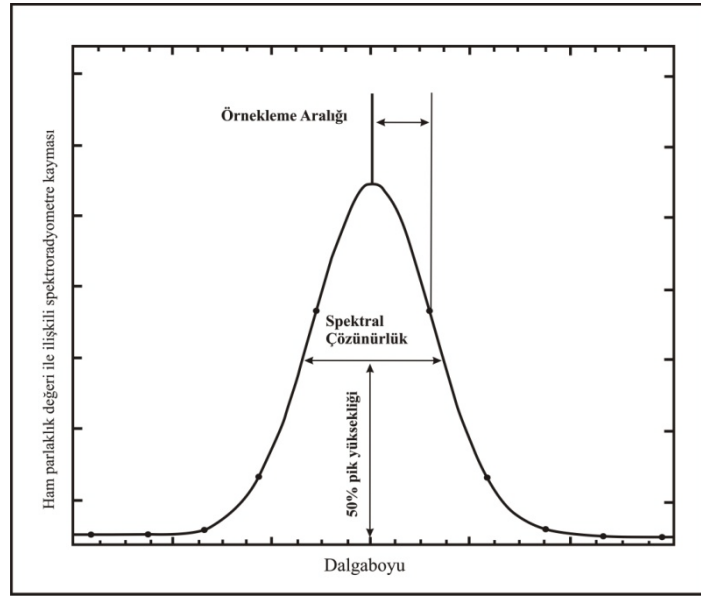
Uzaktan algılamayı, elektromanyetik spektrumun (Şekil 34) görünür, kızılötesi ve mikrodalga bölümlerini kullanarak herhangi bir fiziksel temas olmaksızın cisimler hakkında veri toplama yöntemi olarak tanımlamak mümkündür. Uzaktan algılama verileri sayısal, hızlı ve güncel olmalarından dolayı değişik disiplinlerde çok sık olarak kullanılmaktadır. Bunların arasında jeoloji yanında maden, çevre, tarım ve askeri alanlar gibi farklı disiplinler bulunmaktadır.



Şekil 34: Elektromanyetik spektrum gösterimi.

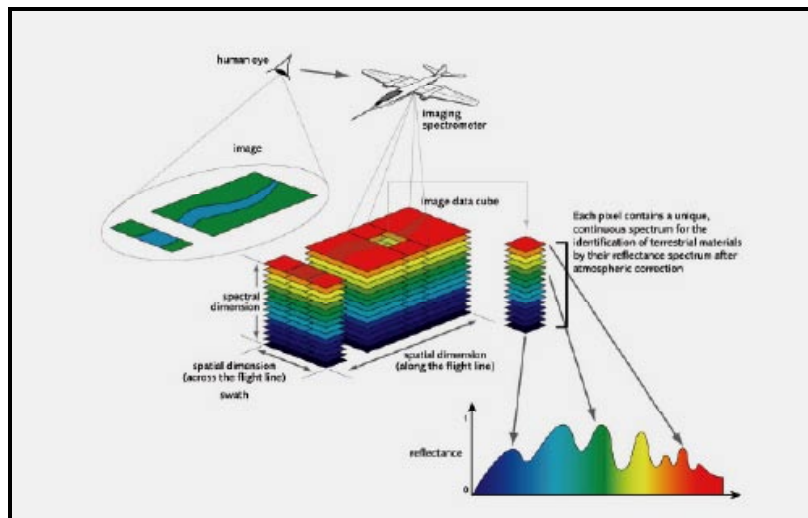
Hiperspektral uzaktan algılamayı ise, geleneksel multispektral uzaktan algılamaya göre daha dar bant aralığı ve çok sayıda banda sahip elektromanyetik radyasyon kullanımı olarak tanımlamak mümkündür. Bu yöntemle cisimlerin yansımada dalgaboyu eğrileri olarak da bilinen spektralleri birkaç nanometre aralığında ölçüldüğü için kayaçları oluşturan mineral tiplerinin belirlenebilmesi içerdiği soğurma (absorbsiyon) değerlerine göre mümkün olmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı multispektral verilere göre daha üstün oldukları söylenebilir. Görüntüleme spektroskopisi (imaging spectrometry) olarak da bilinen hiperspektral uzaktan algılamanın özellikle mineral haritalama ve alterasyon zonlarının belirlenmesinde etkin olarak kullanıldığı söylenebilir.

Algılayıcı verileri yorumlanırken bazı tanımlara dikkat edilmelidir. Genellikle spektral çözünürlük ve örnekleme aralığı için farklı tanımlar kullanılmaktadır. Örnekleme aralığı, spektrumdaki iki örnek noktası arasındaki genişlik olup, algılayıcının spektral çözünürlüğünden bağımsızdır. Spektral çözünürlük, bir algılayıcının tek renkli kaynağa olan tepkisinin yarım maksimumdaki tüm genişliği (FWHM) olarak da tanımlanmaktadır. Yarım maksimumdaki tüm genişlik (FWHM), algılayıcının tek renkli kaynağa olan spektral tepkisindeki en uç değerin yarısına denk gelen değerdeki genişlik olarak da bilinir (Şekil 35).



Şekil 35: Spektral çözünürlük ile spektral örnekleme aralığı

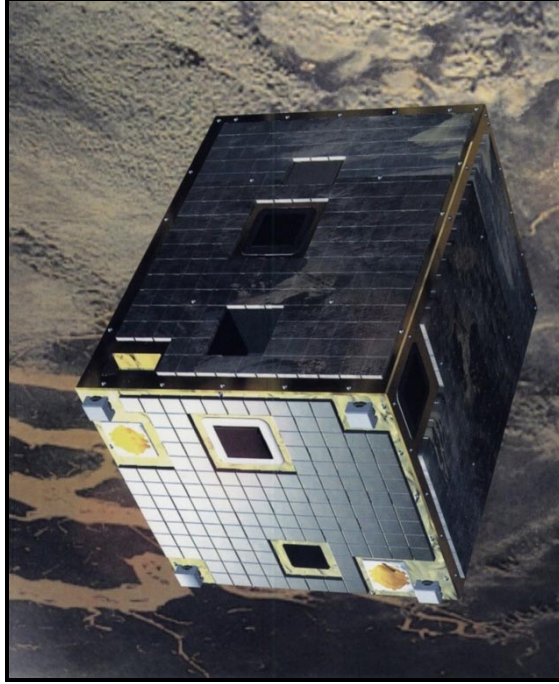
Bütün bantların kayıtları bir araya getirildiğinde arazinin her bir görüntü elemanı için, bu bantlar esas alınarak kesintisiz bir yansıma grafiği çizilebilmektedir (Şekil 36). Bu yüzden de hiperspektral verilerin spektral olarak bu yönüyle üçüncü boyuta sahip oldukları söylenebilir.



Şekil 36: Hiperspektral görüntüleme spektroskopisi (Goetz, 1992).

4.1. CHRIS -Proba

Proba (Project for On Board Autonomy), Avrupa Uzay Ajansı' nın (ESA) programı çerçevesinde finanse edilen bir misyon olup 22 Kasım 2001 tarihinden itibaren başarılı bir şekilde veri sağlamaktadır (Şekil 37, Tablo 3).



Şekil 37: CHRIS-Proba uydusunun uzaydaki görünümü (<http://www.CHRIS-proba.org.uk/>).

Proba'nın, iki yer gözlem enstrümanı bulunmaktadır. Bunlar, Yüksek Çözünürlüklü Görüntüleme Spektrometresi (CHRIS-Compact High Resolustion Imaging Spectrometer) ve Yüksek Çözünürlüklü Kamera (HRC-High Resolustion Camera) 'dır. Bu çalışmada sadece CHRIS görüntüleri kullanılmıştır. Proba, 2004 'den beri ESA 'nın, İtalya 'da ki ESRIN yer gözlem bölümü tarafından kontrol edilmektedir.

Tablo 3: CHRIS-Proba uydusunun teknik özelliklerini gösteren tablo.

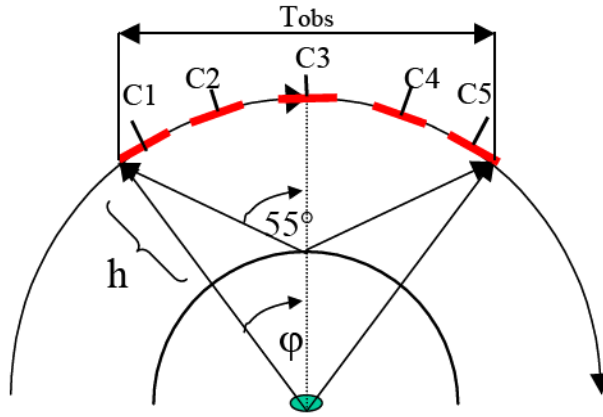
Atılış Tarihi	22 Kasım 2001
Yükseklik	615 km
Yörünge Tipi	Güneş'le eş zamanlı kutba yakın yörünge
Tekrarlanma	~ 7 gün
Çözünürlük	18 m (CHRIS)
Genişlik	14 km (CHRIS)

CHRIS algılayıcısı, spektrumun görünür ve yakın kızılötesi kısmında yüksek çözünürlüklü görüntüler sağlamaktadır. CHRIS, 14 km² 'lik bir alan ile 5 farklı bakış açısında (2 ileri, 2 geri ve 1 nadir) 37 spektral bantlık veri sağlamaktadır. Şekil 38'de, kırmızı çizgiler görüntü alımlarını, C1 'den C5 'e kadar olan gösterimler ise görüntünün merkez zamanlarına karşılık gelmektedir. Bunlar sırasıyla +55°, +36°, 0°, -55°, -36° değerlerine sahiptirler (Şekil 38).

İlk veri alımı koninin başlangıç kenarında, son veri alımı ise bitiş kenarında gerçekleştirilir. Dolayısıyla, veri alımının alt zamanı koninin herhangi bir kenarına denk gelmez. Veri alımının zamanlaması toplam gözlem zamanına (T_{obs}) bağlıdır.

$$T_{obs} = \Phi / w$$

Denklemden Φ bir sabit ve yarı ana eksene bağlı olarak uyduya sabit mesafe varsayımı ile hesaplanmaktadır; w yörüngesel yüksekliğe bağlı olarak değişen açısal hız olup h ise yörüngesel yüksekliği verir. T_{obs} , yörüngenin açısal hızına bağlı olarak hesaplandığı için, alt zamanlar ($C1$, $C2$, $C3$, $C4$ ve $C5$) yörünge yüksekliğinin ve buna karşılık gelen açısal hızın değişimlerine bağlı olarak, zamanda küçük değişimler gösterirler (CHRIS Data Format).



Şekil 38: Veri alımı geometrisinin gösterimi (CHRIS Data Format).

CHRIS-Prisma görüntüleri 5 farklı açıdan görüntü almakta olup, görüntü alımı ile ilgili olarak belirli bir sıralaması ve görüntü tarayış yönü vardır. Ayrıca uçuş yönünde belli açılarla görüntüler kaydedilir (Tablo 4). Burada en kaliteli, net görüntü nadir alınan görüntüde gözlenir. Belli açıyla alınan görüntülerde eğimden kaynaklanan bozukluklar göze çarpmaktadır. Yapılan analizlerde bu nedenle nadir görüntüler kullanılmıştır.

Tablo 4: CHRIS-Prisma görüntüleme özellikleri tablosu (CHRIS data format).

Kronolojik Görüntü Sıralaması	Tag. No. Sıralaması	Tarayış Yönü	Açıları
Birinci	3	N-S	+55°
İkinci	1	S-N	+36°
Üçüncü	0	N-S	0°
Dördüncü	2	S-N	-55°
Sonuncu	4	N-S	-36°

Ayrıca ESA tarafından CHRIS-Proba görüntü alınma amacına göre 5 farklı mod belirlenmiştir. Bunlar kendi içerisinde, band aralıkları ve uçuş yükseklikleri gibi özelliklerinden dolayı birbirinden ayrılırlar. mod 1, mod 2 (su bantları), mod 3 (yeryüzü bantları), mod 4 (klorofil bant seti) ve mod 5 (diğer kara bantları) olmak üzere sınıflandırılmıştır (Tablo 5). Modların her biri farklı kullanım amacına göre düzenlenmiştir. Bu yüksek lisans tezinde kullanılan CHRIS-Proba görüntülerinde, yer uygulamalarını içeren mode 5 seçilmiştir (Tablo 6).

Tablo 5: CHRIS-Proba hiperspektral uydu görüntü modları tablosu (CHRIS data format).

GÖRÜNTÜ MODLARI	MOD 1	MOD 2	MOD 3	MOD 4	MOD 5
Alan	Tüm	Tüm	Tüm	Tüm	Yarım
Band Say.	62	18	18	18	37
Band Arlığı.	776nm./1036nm.	406nm./1036nm.	438nm./1035nm.	486nm./796nm.	438nm./1036nm.
Yük.(Nadir)	34 m. – 556 km.	17 m. – 556km.	17 m. – 556km.	17 m. – 556km.	17 m. – 556km.

Tablo 6: CHRIS-Proba Mode 5 band aralık değerlerini gösteren tablo(CHRIS data format).

Bant	Min. (nm)	Max. (nm)	Mid. (nm)	Bant	Min. (nm)	Max. (nm)	Mid. (nm)
H1	438	447	442	H20	759	766	762
H2	486	495	489	H21	766	773	770
H3	526	534	530	H22	773	788	777
H4	546	556	551	H23	788	796	792
H5	566	573	570	H24	796	804	800
H6	627	636	631	H25	863	881	872
H7	656	666	661	H26	881	891	886
H8	666	677	672	H27	891	900	895
H9	677	689	683	H28	900	910	905
H10	694	700	697	H29	910	920	915
H11	700	706	703	H30	920	930	925
H12	706	712	709	H31	930	950	940
H13	712	719	716	H32	950	960	955
H14	719	725	722	H33	960	971	965
H15	725	732	728	H34	971	981	976
H16	732	738	735	H35	981	992	987
H17	738	745	742	H36	992	1003	997
H18	745	752	748	H37	1003	1036	1019
H19	752	759	755				

4.2. CHRIS-Proba Görüntü Düzeltmeleri

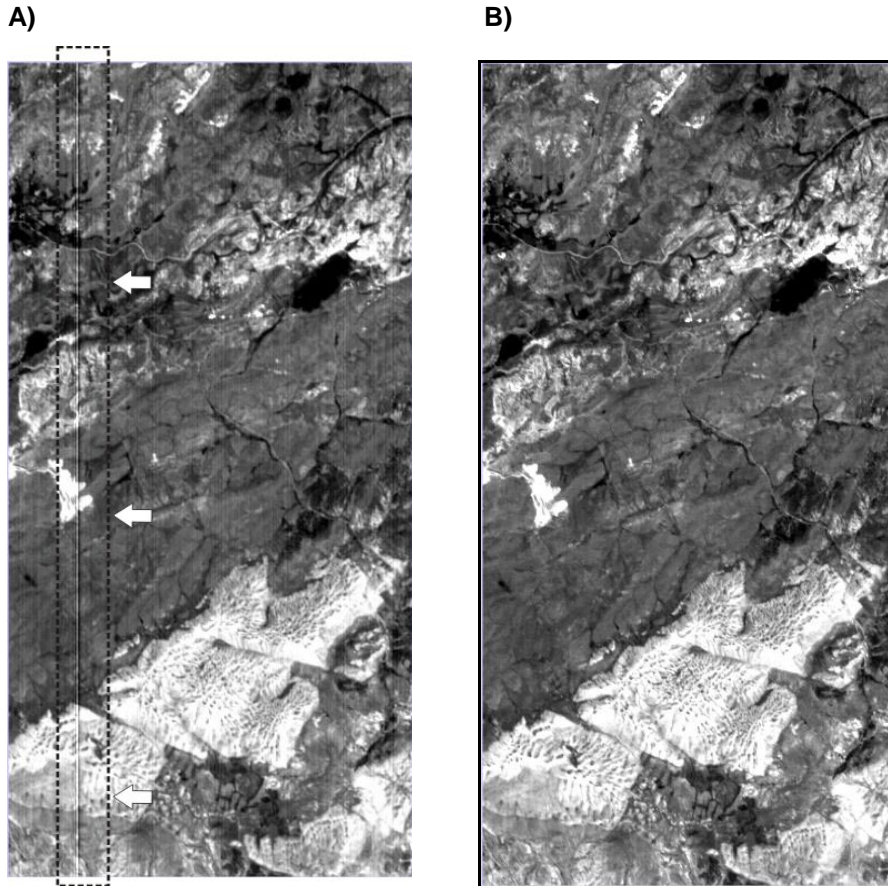
Uydu görüntülerinde kullanılan görüntü zenginleştirmelerinden önce uygulanan görüntü düzeltmeleri, görüntü üzerindeki birçok bozukluğu ortadan kaldırıp daha kaliteli hale getirmektedir. Bu işlemler sonucunda görüntü üzerindeki bozuklukları gidererek görüntü zenginleştirme uygulamalarına geçmektedir.

Bu yüksek lisans tezi kapsamında ESA tarafından alınan işlenmemiş haldeki CHRIS-Proba uydu görüntüleri üzerinde radyometrik, geometrik ve atmosferik düzeltmeler yapılarak görüntü hiperspektral görüntü analizlerine hazır hale getirilmiştir.

Düzeltilmeler için kullanılan parametreler, kullanılan programın işlemi otomatik olarak gerçekleştirmesi nedeniyle varsayılan (default) olarak kabul edilmiştir. Bu nedenden dolayı ayrıntılı bir parametre değeri verilememiştir. Parametrik değer, hiperspektral analizlerden sadece görüntü elemanı saflık ölçütünün belirlenmesinde gösterilmiştir.

4.2.1. Radyometrik düzeltme

Radyometrik çözünürlük, algılayıcı duyarlılığının sinyal şiddetindeki farklılığı olarak bilinir. Görüntüyü oluşturan elemanlardaki her hangi bir sütunun veya sıranın eksikliği sonucunda ortaya çıkan görüntü bozukluğunun ortadan kaldırılması için yapılan bir yöntemdir. ESA (Avrupa Uzay Ajansı) tarafından aldığımız görüntüde bazı bozukluklar dikkat çekmekte olup şekilde kesikli çizgiyle gösterilmiştir (Şekil 39). Bu bozuklukların giderilmesi içinde farklı yazılımlar üzerinde radyometrik düzeltme teknikleri uygulanmıştır. ESA (Avrupa Uzay Ajansı) ait olan BEAM 4.5 yazılımı, CHRIS-Proba uydu görüntülerinde bu düzeltme işlemini için kullanılmıştır (Şekil 39).

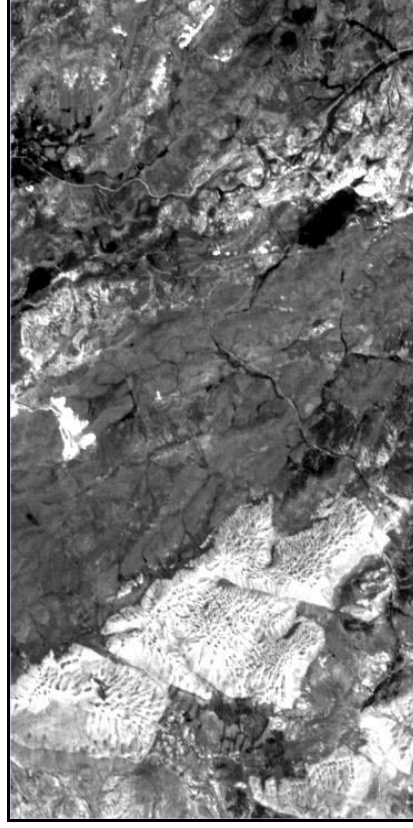


Şekil 39: Radyometrik düzeltme öncesi (A) ve sonrasındaki (B) görünüm

4.2.2. Atmosferik düzeltme

Elektromanyetik ışınım atmosferden geçtiği zaman, saçılabilir, emilebilir veya iletilebilir. Saçılım, ışınımına maruz kalan havadaki büyük molekülerin veya atmosferik gazların etkisiyle elektromanyetik radyasyonun yön değiştirmesidir. Atmosferde meydana gelen saçılımın etkilerinin en

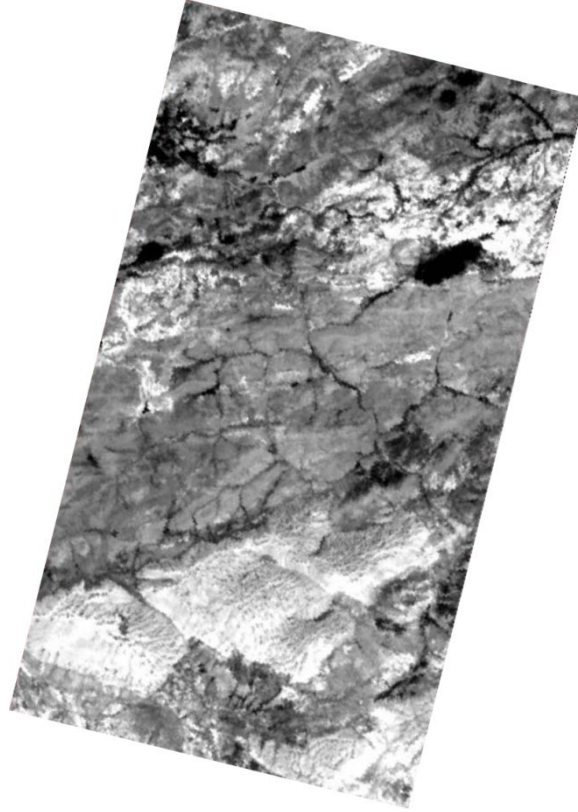
aza indirilmesi amacıyla bu çalışmada kullanılan CHRIS-Proba görüntülerine BEAM 4.5 programı kullanılarak atmosferik düzeltme işlemi yapılmıştır (Şekil 40).



Şekil 40: Atmosferik düzeltme işlemi gösteren CHRIS-Proba görüntüsü.

4.2.3. Geometrik düzeltme

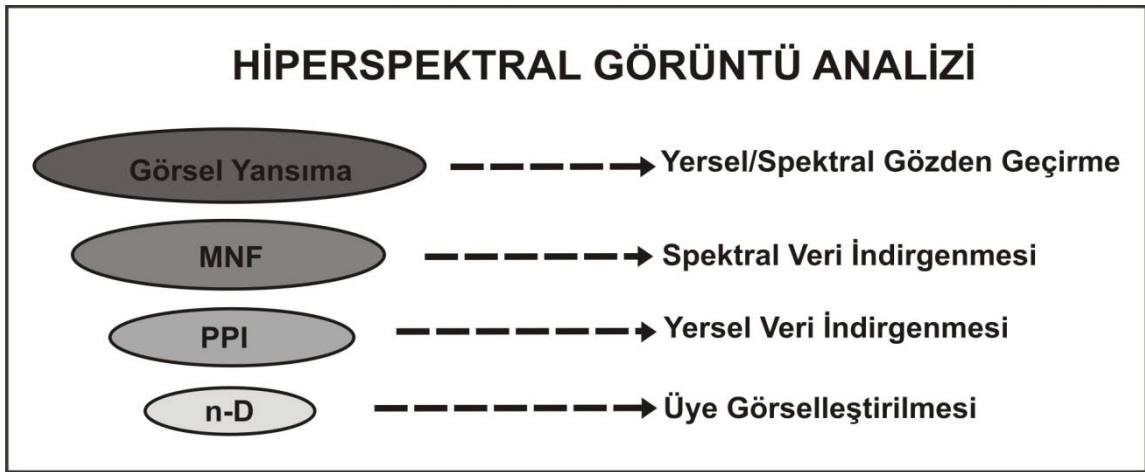
Yer kürenin dönüşünden kaynaklanan hatalar ve algılayıcının geliş açısının yarattığı geometrik bozukluklar geometrik düzeltme ile giderilmektedir. Yer kontrol noktaları ve GPS noktaları yardımı ile yapılan rektifiye işlemi sonucunda geometrik düzeltme işlemi Er Mapper 7.0 yazılımı ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 41). Bu uygulamayla görüntü bir projeksiyon ve datum sistemine dahil edilmiş olup kuzeye doğru yönelimi sağlanmıştır.



Şekil 41: Geometrik düzeltme işlemini gösteren CHRIS-Proba görüntüsü.

4.3. CHRIS-Proba Görüntü Zenginleştirmeleri

Görüntü zenginleştirmeleri genel olarak spektral zenginleştirme ve yersel zenginleştirme olarak ikiye ayrılır. Bu yüksek lisans tezinde kullanılan CHRIS-Proba hiperspektral uydu görüntüleri üzerinde spektral zenginleştirme işlemler uygulanmıştır (Şekil 42).



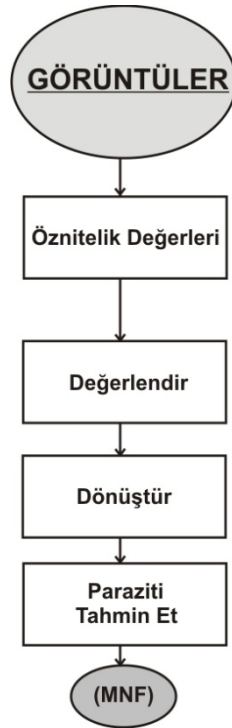
Şekil 42: Hiperspektral verilerde kullanılan görüntü analizi aşamalarını gösteren şema.

Hiperspektral uygulamalarda kullanılan analiz araçları jeolojik haritalama için de kullanılabilir. Spektral zenginleştirme temel olarak görsel yorumlamaya dayanmakta olup hiperspektral görüntü

analiz aşamaları sırası ile en az parazit bölümlenmesi (MNF), pixel-purity index (PPI), n-boyutlu gösterim (n-dimensional visualization) olarak tamamlanmıştır (Şekil 42).

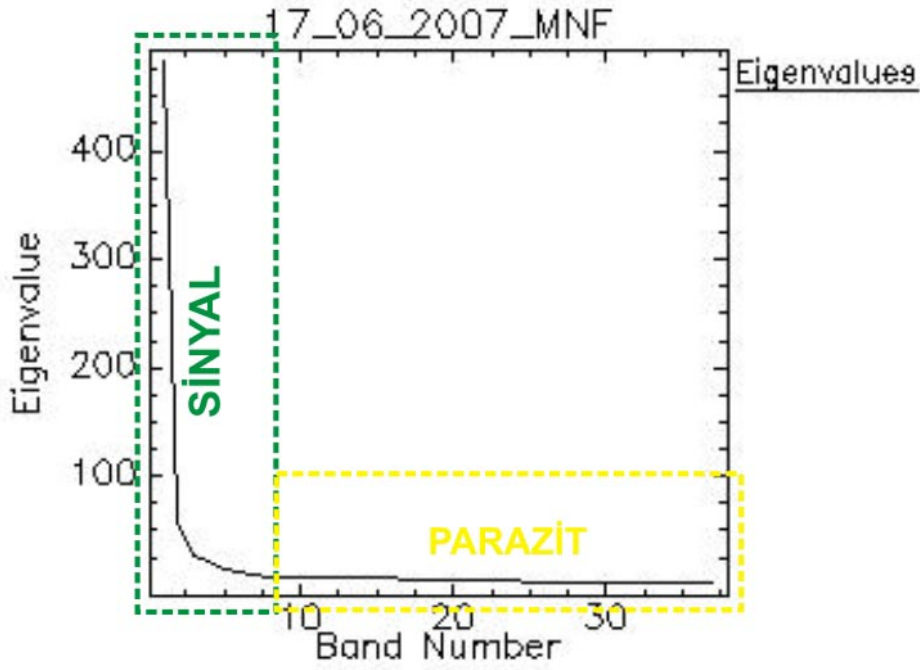
4.3.1. En az parazit bölümlenmesi (Minimum noise fraction, MNF)

En az parazit bölümlenmesi dönüşümü, veri kümesindeki toplam uyumsuzluğa katkı sağlayan önemli bilgiyi içeren bantlardan gelen parazitleşmiş baskın spektral bantların ayrılmasını sağlar (Şekil 43). İşlem veri kümesinin boyutunu azaltır ve az sayıda parazitten arınmış elemanı saklar. Sinyal ve parazit arasındaki sınır bölgesinin belirlenmesinde, eigen (öznelik) değerleri şekli incelemek gerekmektedir. Bilgi saklayan MNF bantları için eigen değerleri, diğer parazit içeren bantların eigen değerlerine göre daha yüksek büyüklükte olacaktır (Konya, 2007).



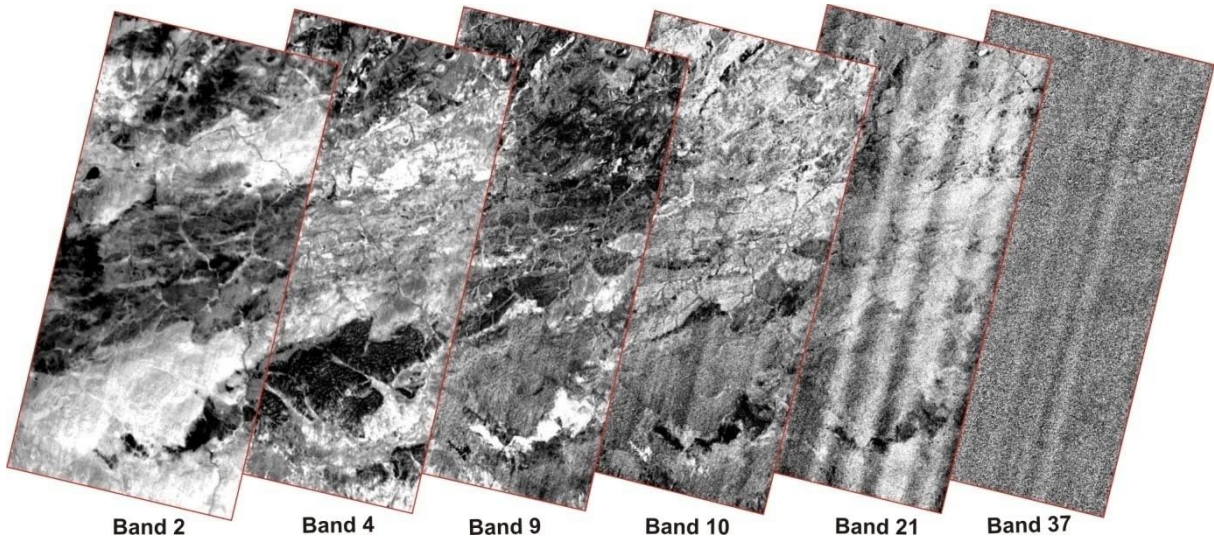
Şekil 43: En az parazit bölümlenmesi (MNF) işlem akış şeması.

Eigen numaraları arttıkça kalite düşer yani parazit miktarı artar böylece hangi bant aralıklarının kullanılıp kullanılmayacağı belirlenebilir. Yapılan uygulamalar sonucunda, Şekil 44'de elde edilen grafiğe göre yaklaşık olarak 9. banttan itibaren parazit kısmı başlamaktadır.

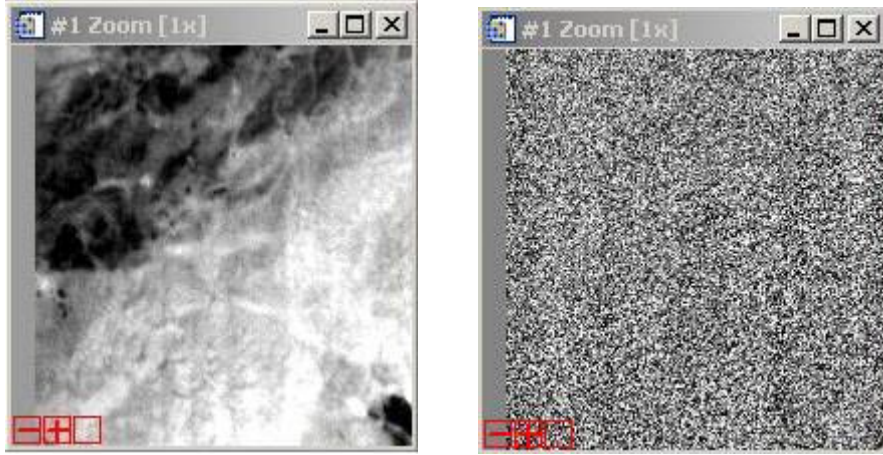


Şekil 44: MNF analizi sonucunda elde edilen grafik.

MNF bantı büyüdükçe azalan öznitelik değeri, parazitin yüksek dereceli bantlarda nasıl ayrıldığını göstermektedir (Şekil 45 ve 46). Eğri (eigen değer eğrisi) 1'e yaklaştıkça, bundan sonraki bantların parazit ile baskın olduğunu ve toplam görüntü değişimine etkisi olmadığı varsayılabilir (Konya, 2008).



Şekil 45: MNF sonucunda veri içeren bölümün 9 banttan itibaren değişimi.



Şekil 46: MNF sonucu elde edilen bantlardan 2. ve 37. bantların görünümü.

Eigen değeri, uğradığı herhangi bir dönüşüm sonucunda yalnızca boyu değişen, yönü değişmeyen vektördür. Ya da herhangi bir dönüşüm sonucu değişikliğe uğramayan, yönü sabit kalan vektör denebilir. Eigen vektör, denklemde A herhangi bir doğrusal dönüşüm denk olup, v yukarıda bahsedilen özelliği sağlayan vektördür. Bu eşitlikte λ , söz konusu eigen vektöre ait eigen değeridir.

$$A \vec{v} = \lambda \vec{v}$$

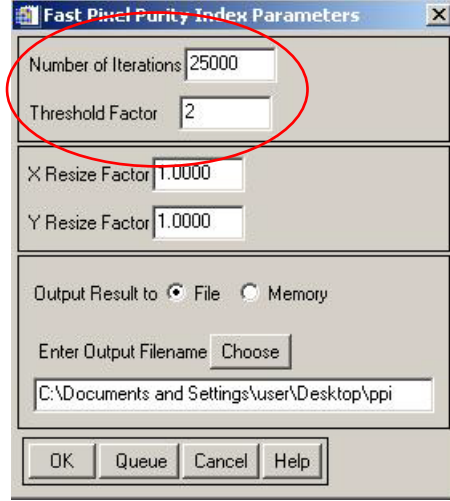
Herhangi bir sistemin özelliği eigen vektörler ile ifade edilebilir ve bu eigen vektörlere karşılık gelen eigen değerleri vektörlerin sahip oldukları enerjileri belirtmektedir. Uzaktan algılama probleminde yapılan eigen değer analizi, her bir bantta yer alan görüntüleri birer eigen vektör gibi düşünüp bu vektörlerin sahip oldukları eigen değerinin çıkarımına dayalıdır. Burada eigen değerleri, görüntülerin sahip oldukları enerjileri belirtmektedir. Sahip olunan enerji, görüntünün içerdiği kullanılabilir, parazitten yoksun bilgiye karşılık gelmektedir. Dolayısıyla, eğer bir görüntüde parazit çok ise o görüntüye ait enerji düşük, buna bağlı olarak da eigen değer küçük olmaktadır.

4.3.2. Görüntü elemanı saflık ölçütü (Pixel purity index-PPI)

Görüntü elemanı saflık ölçüsü (PPI), son üyelerin (endmember) belirlenmesi için kullanılan bir tekniktir. Üye elemanlar, spektral olarak çok saf veya benzersiz görüntü elemanlarıdır. Büyük boyuttaki veriden dolayı, PPI genellikle MNF dönüşümüne uğramış veri üzerinde kullanılır. Eğer, görüntü spektrası n -boyutlu uzayda çizilirse, saf görüntü elemanları, veri noktalarının çok boyutlu bulutunda köşe noktalarına karşılık gelmektedir (Boardman 1993). PPI prosedürü, n -boyutlu saçılım çizimlerinin rastgele birim vektöre sürekli olarak izdüşümünü alarak n -boyutlu uzaydaki sınırlar boyunca uç spektralleri otomatik olarak bulmaktadır.

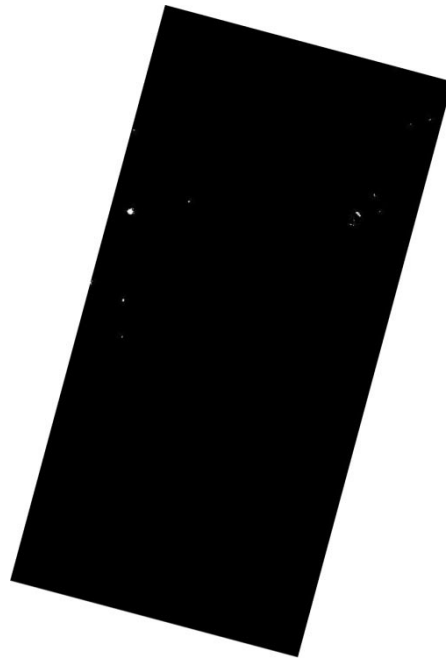
Bu tez çalışmasında PPI analizi uygulanırken eşik değer (threshold) ve döngü sayısı (iteration) değerleri deneme yapılarak en saf pikseller bulunmuştur. Bu değerlerden eşik değer, yüksek tutulduğunda bulunan saf piksellerde parazit miktarı az yani daha kaliteli iken, düşük tutulduğunda bulunan saf piksellerde parazit miktarı daha fazla olacaktır. Bu çalışmada birçok eşik değer denenmiş

olup, en uygun sonucu 2 alınarak sağlanmıştır. Döngü sayısı ise, kullanılan değer ne kadar yüksek tutulursa o kadar iyi sonuç vermekte olup değeri arttırdıkça da bu daha da artmaktadır. Bu çalışmada kullanılan döngü sayısı değeri 25.000 seçilmiştir (Şekil 47).



Şekil 47: PPI analizi uygulanırken kullanılan parametre değerleri.

Oluşturulan PPI görüntüsündeki yüksek değerli görüntü elemanları bir sonraki işlemler için kullanılacak olan üye elemanların seçilmesi için mükemmel adaylardır (Şekil 48). Burada gözlenen beyaz renkli bölgeler spektral açıdan tanımlanmış en saf görüntü elemanlarına karşılık gelmektedir. Kullanıcı, istediğinde görüntüde ilişkili olan yeryüzü örtü tipinin karşı geldiği saf görüntü elemanlarını seçip ilgi alanını belirleyebilmektedir.



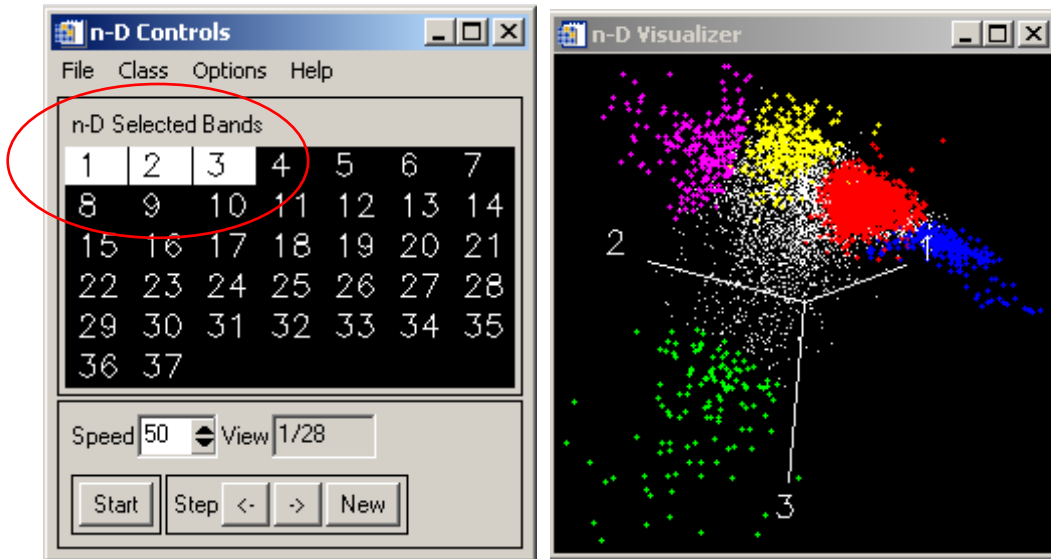
Şekil 48: Görüntü elemanı saflık ölçütü.

4.3.3. n-boyutlu gösterim (n-dimensional visualization)

n-boyutlu gösterim, MNF ve PPI sonucunda belirlenen en saf görüntü elemanlarının yerlerini tespit ederek bir grupta yapmaktadır. Bu işlem sonucunda en uç spektral tepkiler ortaya çıkmaktadır yani daha önceden yeri belirlenen görüntü elemanları ve n-boyutlu uzayda yapılan bu sınıflandırılma gösterilmiş olmaktadır.

Hiperspektral görüntü işleme en az parazit bölümlenmesi ve görüntü elemanı saflık ölçütü gibi yöntemler analiz edilecek görüntünün boyutunu küçültürken n-boyutlu gösterim yüksek boyutlu hiperspektral verinin ileri görselleştirme teknikleri ile daha iyi ifade edilmesini sağlar. Envi yazılımının n-boyutlu görselleştiricisi etkileşimli bir gösterim sağlar ve bantlar arasındaki ilişkiyi gerçek zamanlı bir dönme hareketi ile gerçekleştirmektedir (Boardman ve diğ., 1995).

Bu ilişkilerin animasyonu ile tüm bantların aynı anda etkileşimli bir analizi ortaya çıkarılabilir. Analistin görsel yetenekleri ve bantlar arasındaki ilişkinin geometrisi spektral son üyelerin görüntü üzerinde yerinin saptanmasında kullanılır. ENVI yazılımı yardımıyla MNF ve PPI sonucunda elde edilen en saf görüntü elemanları kullanılarak görsel yoruma açık olan bir uygulama yapılmıştır. Şekil 49' da seçilen 3 bant ve görsel yorumlamaya dayanan n-boyutlu uzayda yer alan n-boyutlu gösterim görüntüsü bulunmaktadır (Konya, 2009).



Şekil 49: n-boyutlu gösterim analizi sonuçları.

n-boyutlu gösterimler her görüntü elemanına ait olan n tane koordinatın spektral, radyans ve yansıma özelliklerini içermektedir. Bu noktaların n-boyutlu uzaydaki dağılımı spektral son üye sayısını ve onların saf spektral özelliklerini belirlemede kullanılır.

4.4. Spektrometre ve Spektrel Kütüphane

Bu yüksek lisans tezi kapsamında 2007 yılı arazi çalışmaları sonucunda elde edilen verilerin bir bölümü olan spektraller ve bu elde edilen spektrallerden oluşturulmuş bir spektral kütüphane oluşturulmuştur.

4.4.1. Spektrometre

Hiperspektral veriler, sahada kullanılabilen spektrometre ölçümleri sonucunda elde edilen spektrallerle desteklenmeli veya doğrulanmalıdır. Spektraller amaca göre spektrometre ve spektrometre olmak üzere iki farklı ölçme araçları ile elde edilirler. Spektrometreler, ışık kaynağını kendi içerisinde sağlamakta olup, laboratuvar ortamında ölçüm yapılmaktadır. Spektrometreler ise, ışık kaynağını Güneş'ten alarak hem arazi koşullarında hem de (Güneşi temsil edecek) laboratuvar ortamlarında spektra ölçümü gerçekleştirmektedirler.

Spektrometreler, spektroskop ve radyometreden oluşmakta olup enerji dağılımını ölçmektedir. Prizmalı ve optik ağa sahip iki türde olan alet spektral birim ışınırılığa ve dalga boyuna göre yorumlanabilen veri üretilmektedir. Dalgaboyu, yoğunluk özelliklerini de analiz etmektedir. Spektra ise, dalga boyu yansıma eğrisinin tümüne denir. Günümüzde kullanılan taşınabilir spektrometreler, gerçek zamanlı olarak buldukları yansıma verilerini dizüstü bilgisayarlar yardımıyla arazide değerlendirip bünyelerindeki spektral kütüphaneler kayaç, toprak ve bitki örtüsü gibi birçok farklı yeryüzü cisimlerine ait geniş yansıma referanslarının hemen hemen tümünü barındırır.

Bu yüksek lisans tezi arazi çalışmaları kapsamında, 14 Temmuz 2007 ve 22 Temmuz 2007 tarihlerinde ESA tarafından CHRIS-Proba uydu görüntüsü alımı ile eş zamanlı olarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmaları sırasında bir dizüstü bilgisayar ve RS³ yazılımı yardımıyla, 20 farklı noktadan FieldSpec HandHeld marka el spektrometresi ile spektra alımı yapılmıştır. (Şekil 50). Bu 20 noktanın her birinden 10'ar defa spektra alımı yapılmış ve ortalamaları alınarak incelemeye hazır hale getirilmiştir.

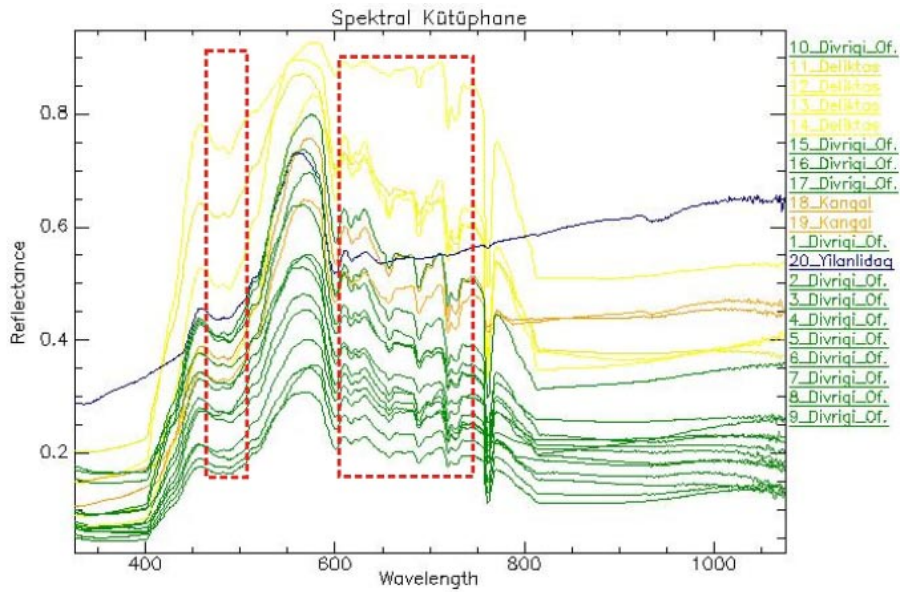


Şekil 50: Arazide yüzeylenen kaya birimlerinden spektra ölçümü.

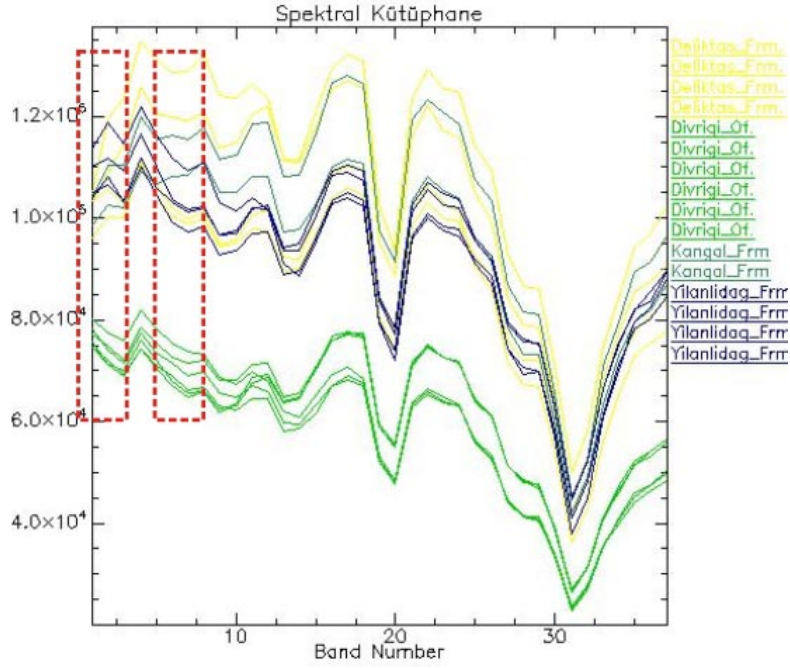
FieldSpec HandHeld ile spektrometrik ölçümler hem arazide ve hem de laboratuvar ortamında kullanılmaktadır. Az yer kaplayan FieldSpec HandHeld gerçek zamanlı, araştırma sonuçlarını vermektedir. Hasas madencilik, tarım, ormancılık ve oşinografi uygulamaları için ideal bir spektrometre olan FieldSpec HandHeld, 325-1075 nm dalgaboyu aralığına sahip olup, sağ el ya da sol el kullanımları için ergonomik olarak hazırlanmıştır (ASD).

4.4.2. Spektral kütüphane

Hiperspektral görüntü işleme analizlerinin bir diğer bölümünü ise spektral analizler oluşturmaktadır. Uzaktan algılama çalışmaları birçok bilim dalında kullanıldığı gibi jeolojik çalışmalarda da önemli bir yere sahiptir. Hiperspektral görüntü işleme analizlerine destek amaçlı olarak spektral analizler yapılmaktadır. Bu tez kapsamında inceleme alanına ait kaya birimlerindeki 20 farklı noktadan alınan spektrallerden spektral kütüphane yapılmıştır (Şekil 51). İnceleme alanında genel olarak, ofiyolitik karışığa ait birimler ve sedimanter kayalar gözlenmiştir. Ofiyolitik kayaların tanınması için yaklaşık 600 ve 750 nm civarında gözlenen soğurma değerlerine sahip olup, bölgedeki sedimanter birimlerin ise, yaklaşık 750 nm civarında belirgin soğurma değeri dikkati çekmekte olup, bu bölgeler Şekil 51 üzerinde kırmızı kesik çizgilerle belirtilmiştir. Ayrıca yapılan bu spektral kütüphaneyi desteklemek amaçlı CHRIS-Proba görüntüsü üzerinde benzer noktalara gidilerek spektral kütüphane oluşturulmuş olup, benzer noktalar kırmızı kesikli çizgilerle gösterilmiştir. Spektral kütüphane oluşturmadan önce, arazide spektra alınan noktalardan petrografik analiz için örnekler alınmıştır ve ince kesitler incelenerek spektrallerin ne tür birimlere ait olabileceği yorumu yapılmıştır. Her bir spektra bu tezin sonunda ekte verilmiştir. Bu spektrallerin inceleme alanında hangi noktalara düştüğü ve alınan spektrallerin bir kısmı inceleme alanının Google Earth görüntüsü üzerinde gösterilmiştir (Şekil 52).



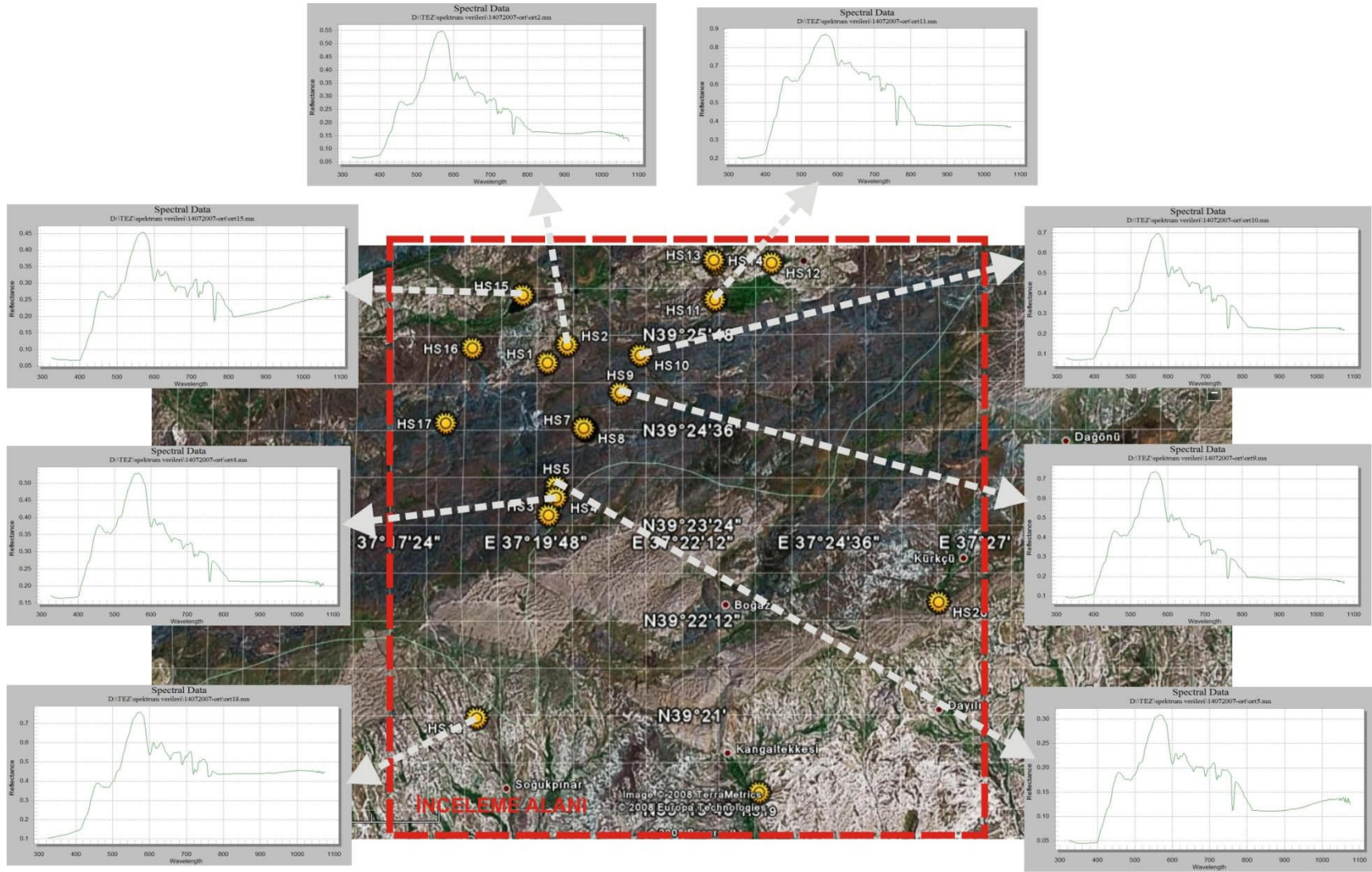
Şekil 51: Arazi çalışmaları sonucunda elde edilen spektrallerden oluşturulmuş spektral kütüphane.



Şekil 52: CHRIS-Proba görüntüsü üzerinde alınan spektrallerden elde edilen spektral kütüphane.

5. EKONOMİK JEOLJİ

İnceleme alanında Divriği ofiyolitli karışığına ait birimler içerisinde gelişen kromit cevherleşmeleri bölgedeki önemli ekonomik yeraltı kaynaklarını oluşturmaktadır. Önceki çalışmalarda krom cevherleşmeleri Üst Kretase yaşlı Divriği ofiyolitli karışığı içerisinde Çamözü ultramafitinin harzburjitik çevre kayaçları içinde dünitik kayaçlar tarafından sarılmış ve boyutları oldukça değişen merceğimsi kütleler şeklinde gözlenmiştir (Koptagel ve Gökçe, 1991). Bölgede aralarında Bilfer ve Pema Madencilik tarafından da işletilen çok sayıda krom yatağı ve yüzleğı bulunmaktadır (Şekil 54).



Şekil 53: İnceleme alanından alınan spektraller ve buldukları GPS noktaları Google Earth'deki gösterimi.



Şekil 54: İnceleme alanında yer alan Bilfer madencilğe ait açık kromit işletmesi

Bölgede ekonomik açıdan önemli olan bir diğer işletme ise inceleme alanının daha güneyinde yer alan Kangal Linyitleri'dir. Bu linyit yatakları Kangal Havzası'nın genç birimleri olarak da kabul edebileceğimiz Kangal formasyonu içerisinde yer almaktadır. Kalorisi düşük olan ve ısıtmada kullanılmayan bu linyitler Kangal Termik Santrali'nin işletilmesinde kullanılmaktadır.

6. JEOLJİK EVRİM

İnceleme alanı ve yakın çevresi, Türkiye'nin paleotektonik evriminde önemli bir yer tutan İç Torid Süturu'nun da içerisinde yer aldığı bir bölgede bulunmaktadır. Şengör ve Yılmaz (1981) tarafından Triyas-Paleosen aralığında varlığı bilinen İç Toros, Kırşehir Masifi ile Anotolid-Torid Bloğu (Okay ve Tüysüz 1999) arasında yer almakta olup Neotetis'in kuzey koluyla birlikte Üst Kretase-Tersiyer aralığında bir depolanma bölgesi olarak da düşünülmektedir (Gökten,1993).

İnceleme alanının da bulunduğu bölge, Üst Kretase' de yoğun ofiyolitli karışık kütlelerinin, Doğu Toros platform tipi kireçtaşlarından oluşan ve Sivas Havzası'nın en güney sınırını oluşturan Yılanlıdağ formasyonu üzerine tektonik olarak yerleştiği kesime karşılık gelmektedir. Bu yerleşim aynı zamanda bölgedeki önemli sıkışma evresini temsil etmektedir. Türkiye'deki diğer önemli Tersiyer yay-önü havzalarından olan Haymana ve Tuz Gölü havzalarında Kampaniyen olarak belirlenen bu yaş Sivas Havzası'nın güney sınırı ile benzerlik sunmaktadır. İnceleme alanının dışında, kuzeydeki alanlarda Maastrichtiyen-Paleosen aralığında çökelmeye başlayan sığ denizel kireçtaşları bölgede izlenememiştir. Erken Miyosen'e kadar herhangi bir çökelişin görülmediği bölgede bu zaman diliminden itibaren Erken Pliyosen'e kadar neredeyse sürekli bir sedimantasyonun varlığı

gözlenmiştir. Gökten (1993) tarafından belirtildiği gibi bölgenin daha çok kuzey kesimlerinde Erken Miyosen'de gözlenen ikincil melanj yerleşimleri ve kuzeye doğru sürüklenimler sıkışma hareketleri olarak gözlenmiştir. Erken Miyosen'de çökelen ve taban kesimlerinde akarsu ortamında çökelmiş olan kırıntılılardan, üstte ise daha çok gölsel seviyelerle karakterize olan birimlerden oluşan Deliktaş formasyonu daha üstte Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı Kangal formasyonuna ait yine gölsel nitelikteki kireçtaşlarıyla üzerlenmiştir. İnceleme alanının en genç birimlerini Kuvaterner yaşlı alüvyonlar oluşturmaktadır.

7. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Klasik jeolojik çalışmalar içinde değerlendirilebilecek jeolojik haritalama çalışmaları, daha önceki yıllara göre özellikle sahada kullanılacak malzemelerin gelişimi ve sahada sayısal veri üretiminin ortaya çıkması nedeniyle belli bir yol katetmiştir. Bununla birlikte yaklaşık 35-40 yıllık bir dönem süresince uzaktan algılama olarak bilinen yöntem-bilimin, içinde jeolojinin de bulunduğu farklı yerbilimleri disiplinlerinde kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Kimyasal ve fiziksel temellere dayalı olan uzaktan algılama yöntem-biliminin en önemli aracı olarak halen kullanılan sayısal görüntüler ise jeolojik anlamda görüntü işleme teknikleriyle değerlendirilmekte ve jeolojik bilgi çıkarımına neden olmaktadır. Bu bilgiler, jeolojide kaya birimlerinin ayrışması çalışmalarının yanısıra yapısal verilerin ortaya çıkarılması ve yükseklik verileri olarak da bilinen sayısal yükseklik modellerinin bu görüntülere eklenerek arazinin üç boyutlu olarak değerlendirme sürecine ve sunum amaçlı bir gösterimine katkıda bulunmaktadır.

Bu yüksek lisans tezi kapsamında, Sivas Havzası'nın güney kenarı üzerine düşen Çataldağ yöresinde, stratigrafik ve tektonik ilişkilerin ortaya çıkarıldığı bir jeolojik haritalama çalışması gerçekleştirilmiş ve aynı bölgeyi içine alan hiperspektral özellikteki CHRIS-Proba görüntüleri jeolojik anlamda bilgi çıkarımı için uygun bilgisayar programlarıyla işlenmiştir.

İnceleme alanının da içinde yer aldığı bölge Sivas Havzası'nın güney kenarındaki bir alana yayılmaktadır. Geniş alanlarda yüzeyleyen Divriği ofiyolitik karışığı olarak da bilinen ve ekonomik açıdan oldukça zengin kromit seviyelerini içinde barındıran yüzleklerin kendisinden daha yaşlı olan Yılanlıdağ formasyonuna ait platform tipi karbonat kayaları üzerinde tektonik dokanakla bulunması bölgesel jeoloji açısından İç Torid Okyanusu'nun kapanımıyla ifade edilmektedir. Bu ofiyolitik karışığa ait birimlerin bölgede yaklaşık olarak KD-GB yönünde yüzlekler verdiği inceleme alanında ve görüntüler üzerinde yapılan görsel yorumlamalarda ortaya çıkarılmıştır.

Özellikle uzaktan algılama çalışmaları kapsamında yapılan hiperspektral analizlerin multispektral analiz yöntemlerine göre farklı teorik altyapısının bulunması ve belli bir sırayı izleme gerekliliği bu tez çalışmasında karşılaşılan önemli ayrıntılardan birisini oluşturmuştur. Bu tezde,

multispektral yöntemlerde analizlerin çeşitliliği ve birbirlerine pek bağlı olmadan uygulanmasından farklı olarak hiperspektral analiz yöntemlerinin birbirini izleme gerekliliğinin önemi ortaya çıkarılmıştır.

Bu yüksek lisans tez çalışmasında şu sonuçlar ortaya çıkarılmıştır:

- Jeolojik çalışmalar olarak 2007 yaz aylarında yapılan arazi çalışmalarında inceleme alanına ait 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası yapılmıştır. Hem arazi gözlemleri hem de inceleme alanında yüzeyleyen birimlerden paleontolojik ve petrografik analizler için alınan örneklerden ince kesitler hazırlanmış ve inceleme alanının stratigrafisi belirlenmiştir.
- Ayrıca inceleme alanının tektonik özellikleri ortaya çıkarılmıştır. Bölgesel olarak izleri inceleme alanında da gözlenen ofiyolitik karışığın Yılanlıdağ formasyonunu oluşturan kireçtaşarı üzerine bindirmesi ortaya çıkarılmış ve bu birimleri kesen sağ yanal bileşenli doğrultu atımlı faylar Çataldağ ve Yaycıdağ fayları olarak belirlenmiştir.
- Tezin diğer bölümünü oluşturan uzaktan algılama çalışmaları kapsamında ise, inceleme alanına ait CHRIS-Proba hiperspektral uydu görüntüleri, ayrı bir projeyle Avrupa Uzay Ajansı'ndan (ESA) temin edilmiştir.
- CHRIS-Proba görüntüsü üzerinde radyometrik, atmosferik ve geometrik düzeltme işlemleri yapılmıştır. İlk olarak radyometrik düzeltme işlemi yapılmış olup, görüntüyü oluşturan elemanlardaki her hangi bir sütunun veya sıranın eksikliği sonucunda ortaya çıkan görüntü bozukluğu ortadan kaldırılmıştır. Atmosferik düzeltme işlemi ile görüntü daha net ve parlak hale getirilmiştir. Son olarak geometrik düzeltme işlemi ile görüntü belli bir koordinata oturtulmuş olup geometrik bozukluklar ortadan kaldırılmıştır.
- Görüntü üzerinde yapılan düzeltme işlemlerinin ardından görüntüler hiperspektral analizlere hazır hale getirilmiştir. Bu analizlerden ilki olan en az parazit bölümlenme analizi (MNF) sonucunda, 37 bantlı CHRIS-Proba hiperspektral uydu görüntüleri üzerinde 9. banttan itibaren parazit kısmın başladığı ortaya çıkarılmıştır. MNF 'den sonraki aşama olan görüntü elemanı saflık ölçütü analizi (PPI) yapılarak bir sonraki aşamada kullanılmak üzere en saf pikseller elde edilmiştir. Son olarak n-boyutlu gösterim analizi yapılarak görsel yorumlamaya dayanan ve MNF ve PPI analizleri sonucunda elde edilen en saf pikseller kullanılarak sınıflandırma yapılmıştır.
- Hiperspektral analizleri destekleyen diğer bir çalışma olarak bu tezde CHRIS-Proba görüntülerinin alındığı tarihlerde eş zamanlı olarak inceleme alanındaki 20 farklı noktada yüzeyleyen kaya birimlerinden spektra ölçümleri yapılmış ve bu spektralden bir spektral kütüphane oluşturulmuştur. Ayrıca oluşturulan spektral kütüphaneyi destekleyen CHRIS-Proba görüntüleri üzerinde, aynı birimlerin gözlemlendiği noktalara gidilerek görüntüler üzerinden spektralar alınmış ve bu spektralden bir kütüphane oluşturulmuştur.

KAYNAKLAR

1. Aktimur ve diğ., 1988, Munzur dağları ile Çavuşdağı arasının jeolojisi. MTA Rapor No:8320.
2. ASD (Analytical Spectral Devices Inc.), Technical Guide 3rd Ed. Section 3-1.
3. Bayhan ve Baysal, 1981, Divriği/Sivas yöresinin petrografik-petrolojik incelemesi: Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 25, 1-13.
4. Boardman ve diğ., 1993, Automating spectral unmixing of AVIRIS data using convex geometry concepts, Summaries of the fourth annual JPL airborne geoscience workshop, JPL Publication 93-26 Vol. 1 (1993), pp. 11–14.
5. Boardman et al., 1995 J.W. Boardman, F.A. Kruse and R.O. Green, Mapping target signatures via partial unmixing of AVIRIS data, Summaries, fifth JPL airborne earth science workshop, JPL Publication 95-1 Vol. 1 (1995), pp. 23–26.
6. Dunham, R.J., 1962, Classification of carbonate rocks according to depositional textures, in W. E. Ham (ed.), Classification of carbonate rocks. Am. Assoc. Petroleum Geologist Mem. 1, p. 108-121.
7. Platzman E.S. ve Diğ., 1988, Neogene anticlockwise rotation of central Anatolia (Turkey): preliminary palaeomagnetic and geochronological results, 175-189.
8. Folk, R. L., 1962, Spectral subdivision of limestone types, in W. E. Ham (ed.), Classification of carbonate rocks. Am. Assoc. Petroleum Geologist Mem. 1, p. 62-84.
9. Goetz, 1992, Principles of narrow band spectrometry in the visible and IR: instruments and data analysis. In: Toselli, F., and Bodechtel, J., (Eds.), Imaging Spectroscopy: Fundamentals and prospective applications. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, pp. 21-32.
10. Gökten, E., 1993, Ulaş (Sivas) Doğusunda Sivas Havzası Güney Kenarının Jeolojisi: İç Toros Okyanusu'nun Kapanımıyla İlgili Tektonik Gelişim, TPJD Bülteni, C.5-1, S.35-55.
11. Guezou ve diğ., 1996, tectonics of the Sivas Basin: The Neogene Record of the Anatolian Accretion Along the Inner Tauric Suture, International Geology Review, Vol.38, p. 901-925.
12. Gürsoy, H., 1983, Örenlice-Eskiköy (SİVAS) Yöresinin Stratigrafik ve Tektonik Özellikleri, Cumhuriyet Üniversitesi Fenbilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
13. Harding, 1973, The Newport-Inglewood trend-an example of wrenching style of deformation: Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., 57, 1, 97-116
14. HyperTeach (Training in Imaging Spectroscopy), Theory and Hands-on, Hiperspektral Uzaktan Algılama Kursu (4-8 Aralık 2006, İTÜ).
15. İnan ve diğ., 1993, Ulaş-Sincan (Sivas) Yöresinin Stratigrafisi, Doğa-Türk Yerbilimleri Dergisi/Tr. J. Of Earth Sciences, 1-15.
16. Kavak ve diğ., 1997, Tectonostratigraphy of the Southern Sivas Tertiary Basin (Central Turkey) and Comparison with Landsat MSS Imagery, International Geology Review, Vol.39, p. 353-364.
17. Konya, H., 2007, Hiperspektral Jeolojik Uzaktan Algılama, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Semineri.

18. Konya, H., 2008, Sivas Tersiyer Havzası güney sınırının CHRIS-Proba görüntüleri kullanılarak incelenmesi ve jeolojik birimlerin spektral kütüphanesinin oluşturulması, JEOUZAL-1, Sivas.
19. Konya, H., 2009, Hiperspektral CHRIS-Proba Görüntüleri Kullanılarak Jeolojik Birimlerin Haritalanmasına Ofiyolitik Karışıktan Bir Örnek: Sivas Havzası GD Kenarı, TUFUAB-5, Ankara.
20. Koptagel, O., Gökçe, A., 1991, Başçayır-Dağönü (Ulaş-Sivas) Yöresinde Divriği Ofiyolitli Karışının Ana Bileşenleri ve Kromit Yataklarının Jeoloji, Cumhuriyet Üniversitesi Müh. Fak. Dergisi, Seri A-Yerbilimleri C.8 S.1.
21. Okay and Tüysüz, 1999, Tethyan sutures of northern Turkey, ITU Eurasian Institute of Earth Sciences and Maden Fakültesi.
22. Özgül ve diğ., 1981, Munzur dağları'nın jeolojisi: M.T.A. Rapor No: 6995
23. Platzman ve diğ., 1998, Neogene anticlockwise rotation of central Anatolia (Turkey): preliminary and geochronological results. Tectonophysics, 299, 175-189.
24. Possion ve diğ., 1996, Tectonic setting and evolution of the Sivas Basin, Central Anatolia, Turkey. International Geology Review, 38, 838 – 853.
25. Şengör ve Yılmaz, 1981, tethyan evolution of Turkey; A plate tectonic approach: tectonophysics, 75, 181 – 241.
26. Sylvester, A.G., 1988, Strike-slip faults: Geological Society of America Bulletin, v. 100, p. 1666-1703
27. Temiz, H., 1996, Tectonostratigraphy and thrust Tectonics of the Central and Eastern Parts of the Sivas Tertiary Basin, Turkey.
28. Tutkun ve diğ., 1988, Hamo (Sivas) yöresinin jeolojisi, tektonik özellikleri ve yer Altı zenginlikleri. TÜBİTAK Proje No: TBAG 673, 113 s.
29. Yalçın ve diğ., 2005, Kangal kömür yatağının kil mineralojisi ve jeolojisi, 12. Ulusal Kil Sempozyumu, Van.
30. Yümün, Z., Kılıç, A., 2006, Doğu Toroslarda (Ulaş-Sivas) Yeni Bir Triyas Bulgusu, Türkiye Jeoloji Bülteni, C. 49, S. 3.
31. <http://www.asdi.com> (10.10.2008)
32. <http://speclab.cr.usgs.gov/field1.html> (10.10.2008)
33. www.nik.com.tr (10.10.2008)
34. <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/imgmod/radm.gif> (10.10.2008)

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Hande Konya ÇIĞLA
Doğum Yeri ve Tarihi : Antalya, 1983
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dil : İngilizce
İletişim Adresi : Cumhuriyet Üniversitesi Müh. Fak. Jeoloji Müh. Böl. SİVAS
E-Posta Adresi : hande.konya@cumhuriyet.edu.tr

Eğitim ve Akademik Durum

Lise : Mehmet Kavala Lisesi, 2000
Lisans : Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Müh. Böl., 2005
Yüksek Lisans : Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Müh. Böl., 2009

İş Tecrübesi

Cumhuriyet Üniv. : Proje Asistanlığı (2007-2008)

EKLER

Ek 1: Çataldağ ve yakın çevresinin 1/25.000 ölçeklik jeoloji haritası ve A-A' kesiti.

Ek 2: Spektral analiz için araziden alınan 20 örneğe ait tablo.

ÖRNEK NO	14/07/2007	22/07/2007	GPS NO.	YÜK.	LİTOLOJİ
HS-1	10:13	10:20	356519D-4364993K	1750m	Ofiyolit
HS-2	10:26	10:26	356992D-4365491K	1767m	Ofiyolit
HS-3	10:56	10:55	356517D-4361403K	1919m	Kçt.
HS-4	11:07	11:14	356681D-4361854K	1891m	Ofiyolit
HS-5	11:15	11:19 (356711D-4362113K	1877m	Kırmızı renkli birimler
HS-6	11:25	11:27	357419D-4363424K	1799m	Ofiyolit
HS-7	11:31	11:35	357382D-4363414K	1793m	Ofiyolit
HS-8	11:35	11:40	357352D-4363457K	1796m	Kçt.
HS-9	11:46	11:53	358227D-4364269K	1766m	Ofiyolit
HS-10	11:56	12:00	358709D-4365148K	1728m	Ofiyolit
HS-11	12:38	14:04	360491D-4366389K	1754m	Ofiyolit
HS-12	13:45	15:31	361844D-4367235K	1775m	Kçt.
HS-13	14:09	15:47	360516D-4367228K	1818m	Kızılkaya 'dan alınan ölçüm
HS-14	14:15	15:51	360483D-4367319K	1816m	Kçt.
HS-15	15:00	16:24	355946D-4366584K	1647m	BazAlt
HS-16	15:26	16:41	354720D-4365409K	1582m	Çakıltası-Kumtaşı
HS-17	15:36	16:49	354082D-4363644K	1700m	Ofiyolit
HS-18	15:59	17:17	354675D-4356737K	1672m	Kçt.
HS-19	17:21	17:58	361349D-4354844K	1542m	Çakıltası
HS-20	18:02	18:21	365653D-4359261K	1771m	Kçt.

Ek 3: İnceleme alanından toplanan kaya spektralleri.

