

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ALTINLI HİDROTERMAL ALTERASYONLARIN
GELİŞTİRİLMİŞ LANDSAT TEMATİK
HARİTALAYICILARI VE ASTER
GÖRÜNTÜLERİYLE TAYİNİ

RAMAZAN SARI

Haziran, 2007
İZMİR

**ALTINLI HİDROTERMAL ALTERASYONLARIN
GELİŞTİRİLMİŞ LANDSAT TEMATİK
HARİTALAYICILARI VE ASTER
GÖRÜNTÜLERİYLE TAYİNİ**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ekonomik Jeoloji Anabilim Dalı**

Ramazan SARI

**Haziran, 2007
İZMİR**

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

RAMAZAN SARI, tarafından **Prof. Dr. HÜSEYİN YILMAZ** yönetiminde hazırlanan “**ALTINLI HİDROTERMAL ALTERASYONLARIN GELİŞTİRİLMİŞ LANDSAT TEMATİK HARİTALAYICILARI VE ASTER GÖRÜNTÜLERİYLE TAYİNİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Hüseyin YILMAZ

Yönetici

Öğr. Gör. Dr. A. Hüsnü ERONAT

Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Tolga OYMAN

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Cahit HELVACI

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Öncelikle, tez çalışmaları sırasında bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren danışman hocam Prof. Dr. Hüseyin YILMAZ'a,

Uzaktan algılama sistemleri konusunda verdiği önemli bilgiler ve program uygulamalarında yardımcı olan Sayın Michael KING'e,

ASTER ve LANDSAT uydu görüntülerinin elde edilmesi ve kullanılması esnasında gerekli yardım ve anlayışı gösteren Ariana Resources Plc. Genel Müdürü Sayın Ahmet Kerim ŞENER'e

Ve tezimin yazımı esnasında bana sağladıkları sonsuz manevi destekten dolayı Aileme,

Őükranlarımı sunarım.

Ramazan SARI

ALTINLI HİDROTERMAL ALTERASYONLARIN GELİŞTİRİLMİŞ LANDSAT TEMATİK HARİTALAYICILARI VE ASTER GÖRÜNTÜLERİYLE TAYİNİ

ÖZ

Ülkemizde son yıllarda madencilik sektöründe son teknolojilerin kullanılmasıyla büyük ilerlemeler kazanılmıştır. Türk ve yabancı ortaklı birçok işletme bu sektör içerisinde yoğun paralar harcayarak araştırmalarda bulunmaktadır. Uzaktan algılama yöntemleri, madencilik sektörü içerisinde maden arama faaliyetlerinin daha az para ve emek harcanmasını sağlayarak hedefe ulaşılması amacıyla kullanılmaktadır.

Uzaktan algılama yöntemleri kapsamı içerisinde LANDSAT Tematik Haritalayıcıları, LANDSAT Zenginleştirilmiş Tematik Haritalayıcıları ve ASTER görüntüleri bulunmaktadır. LANDSAT görüntüleri ile belirli alanlarda kil ve demiroksitli alterasyon zonları genel hatlarıyla belirlenirken, ASTER görüntüleri ile alterasyonlu alanlar içerisindeki mineral dağılımları kolaylıkla saptanabilmektedir.

Bu çalışma ile epitermal sistemlere sahip altınli hidrotermal alterasyon alanlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Ergama, Sapdağ ve Kirazlı sahaları yüksek sülfidasyonlu alanların araştırılmasında, Ovacık ve Küçükdere sahaları düşük sülfidasyonlu alanların araştırılmasında, Ivrindi sahası ise yüksek sülfidasyonlu sistemlere bağlı gelişen süperjen ortamların araştırılması amacıyla seçilmiş bilinen maden yataklarıdır. LANDSAT TM ve ETM görüntüleriyle bant oranlamaları, renkli kompozitler ve temel bileşenler analizi -Crosta- metotları kullanılarak alterasyonlu alanlar ağaçlık bitki örtülerinin seyrek olduğu sahalar içerisinde belirlenmiştir. Belirlenen tüm alterasyonlu zonlar ASTER görüntülerindeki bant oranlama, spektral indis ve sınıflandırma yöntemleri kullanılarak mineral dağılımlarına göre ayrılmıştır. Bilinen maden yatakları üzerinde uygulanan uzaktan algılama yöntemlerine saptanan hidrotermal alterasyon zonları günümüzde henüz

belirlenmemiş alanlar üzerinde de benzer yöntemlerle kullanılabilir ve henüz keşfedilmemiş cevherli sahalar daha az para ve emek harcanarak belirlenebilir.

Anahtar sözcükler: LANDSAT, ASTER, altın, hidrotermal alterasyon, epitermal

**DETERMINATION OF EPITHERMAL ALTERATION ASSOCIATED
WITH GOLD DEPOSITS IN WESTERN TURKEY, USING LANDSAT
ENHANCED THEMATIC MAPPER AND ASTER IMAGERY**

ABSTRACT

Exploration for metallic minerals in Turkey has been increasing for few years by using the latest technologies. Turkish or foreign jointed firms stil continue to exploration and spend on higher costs on mineral searching. Remote sensing method is used to decrease costs and works that is aimed to highlight potential mine deposits.

Remote sensing methods comprise LANDSAT TM, ETM+ and ASTER scenes. Alteration zones including iron oxides and clay anomalies are easily identified by LANDSAT scenes and mineral scattering in the alteration halo is also defined by ASTER scenes.

The project aimed to assess the suitability of ASTER and TM/ETM+ data for location of potential of gold deposits, associated with high-grade epithermal alteration in Western Turkey. High-sulphidation type deposits of Ergama, Şapdağ and Kirazlı, low-sulphidation type deposits of Ovacık and Küçükdere and finally high-sulphidation related supergene deposit of Ivrindi fields are used to test remote-sensing methodology. Clay and iron-oxide dominated gold-bearing epithermal alteration areas in test areas were highlighted with LANDSAT TM/ETM+ scenes by using colour composites, band rationing, principal component analyses and Crosta technique. Determined alteration zones by LANDSAT scenes were discriminated according to mineral scattering with ASTER scenes by using bant rationing, spectral indices and classification methods. Succesfully applied remote sensing methods of known mine deposits show that undefined potential gold deposits in Turkey could be searched by using same metholody so that metholody will help to decrease higher cost amounts and increase efficient in exploration sector.

As zones of alteration have been identified, and the minerals are consistent with high-grade alteration, it poses the question of whether precise characterisation is necessary considering ground data, which will characterise the mineral assemblage will inevitably be acquired.

Keywords: LANDSAT, ASTER, gold, hydrothermal alteration, epithermal

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ.....	iv
ABSTRACT.....	vi
BÖLÜM BİR – GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışma Alanı.....	2
1.2 Amaç.....	2
1.3 Yöntemler.....	3
1.4 Epitermal Alterasyonlar.....	9
1.5 Genel Jeoloji.....	11
1.5.1 Kretase Yay Magmatizması ve Erken Kıtasal Çarpışma.....	12
1.5.2 Oligosen – Miyosen SerboMakedonyan-Rodos Pb-Zn veCu-Au Kuşağı.....	12
1.5.3 Oligosen-Neojen Yatakları.....	13
1.6 Kuram.....	16
BÖLÜM İKİ – TEMEL PRENSİPLER.....	18
2.1 Renk Kompozisyonu.....	19
2.2 Bant Oranlanması.....	20

2.3 Temel Bileşenler Analizi ve Crosta Tekniği.....	24
2.4 En Küçük Kareler Yöntemi Methodu.....	27
BÖLÜM ÜÇ – UYGULAMALAR.....	34
3.1 Veri Girişi.....	34
3.2 Ön İşlemler.....	37
3.3 Uygulama Kalibrasyonu.....	39
3.3.1 Problem.....	43
3.3.2 Çözüm.....	44
3.4 İnceleme Alanları Uygulamaları.....	51
3.4.1 Ovacık Çalışma Sahası.....	53
3.4.1.1 Jeoloji.....	54
3.4.1.2 Alterasyon ve Mineralizasyon.....	55
3.4.1.3 Uydu Görüntüleri.....	57
3.4.1.4 Arazi Doğrulaması.....	66
3.4.2 Gökçeyazı / Ergama Çalışma Sahası.....	70
3.4.2.1 Jeoloji.....	70
3.4.2.2 Alterasyon ve Mineralizasyon.....	70
3.4.2.3 Uydu Görüntüleri.....	71
3.4.2.4 Arazi Doğrulaması.....	81
3.4.3 Ivrindi / Kınık Çalışma Sahası.....	85
3.4.3.1 Jeoloji.....	85
3.4.3.2 Alterasyon ve Mineralizasyon.....	86
3.4.3.3 Uydu Görüntüleri.....	86
3.4.3.4 Arazi Doğrulaması.....	94

3.4.4 Sapdağ – Eğmir Çalışma Sahası.....	97
3.4.4.1 Jeoloji.....	97
3.4.4.2 Alterasyon ve Mineralizasyon.....	97
3.4.4.3 Uydu Görüntüleri.....	98
3.4.4.4 Arazi Doğrulaması.....	107
3.4.5 Küçükdere Çalışma Sahası.....	110
3.4.5.1 Jeoloji.....	110
3.4.5.2 Alterasyon ve Mineralizasyon.....	111
3.4.5.3 Uydu Görüntüleri.....	112
3.4.6 Kirazlı Çalışma Sahası.....	117
3.4.6.1 Jeoloji.....	117
3.4.6.2 Alterasyon ve Mineralizasyon.....	118
3.4.6.3 Uydu Görüntüleri.....	118
3.5 ASTER Uygulamaları.....	122
3.5.1 Alterasyon Mineral Haritaları.....	126
BÖLÜM DÖRT – TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	146
4.1 Giriş.....	146
4.2 Alterasyon Haritalamasında Kullanılan Yöntemler.....	146
4.3 Sonuçlar.....	151
KAYNAKLAR.....	153

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

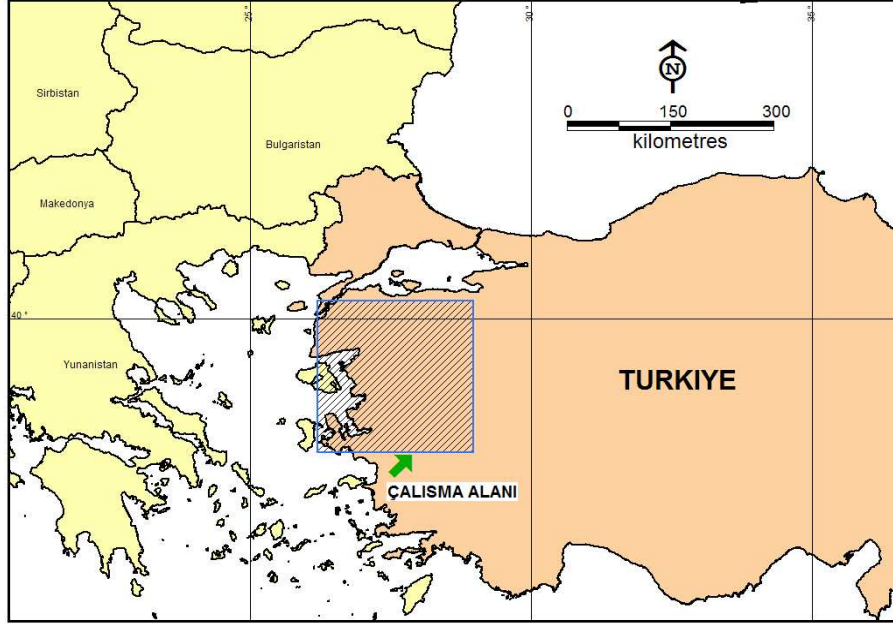
Ülkemiz metalik maden yatakları açısından oldukça uygun bir jeolojik alt yapıya sahiptir. Bu nedenle birçok arama ve işletme safhalarında bulunan yerli ve yabancı şirketler için cazip konumdadır. Yeni oluşturulan madencilik yasası ile birlikte birçok kolaylıklar getirilmiştir. Böylelikle işlemlerin uygulanabilirliği şirketler açısından bir rahatlık sağlamıştır.

Metalik madenlerden altın zuhur ve yatakları Batı Anadolu bölgesinde daha yoğun iken baz metal yatakları Doğu Karadeniz metal kuşağında bulunur. Bununla birlikte henüz keşfedilmemiş birçok baz ve kıymetli metal yatakları bulunduğu düşünülmektedir. Gün geçtikçe sayıları hızla artan ve son teknolojileri kullanan yerli veya yabancı şirketlerin ülkemizde yoğun aramalar yapmaları bu varsayımı doğrulamaktadır. Bu çalışma da ülkemizde oluşmuş iki ana maden yatağı sistemi üzerinde odaklanılmıştır. Bunlar, Düşük Sülfidasyon epitermal sistemleri ve Yüksek Sülfidasyon epitermal sistemleridir.

Bu çalışmada, birçok küçük ve orta boy şirketlerin öncelikle üzerinde durması gerekli “Uzaktan Algılama Yöntemleri” anlatılmaktadır. Çalışmalar sırasında çok fazla zaman ve bütçe kaybına yol açan alterasyonlu alanların arazide saptanması bu yöntemlerin kullanılmasıyla ekonomik açıdan önemli faydalar sağlar. Böylelikle arama öncesi ve sonrası ile arama evresinde harcanan paranın disiplinli bir bütünlük içerisinde değerlendirilmesi sağlanabilir. Ülkemiz için bulunan her bir maden yatağı gerek ekonomik açıdan gerekse gelişmişlik açısından büyük bir öneme sahiptir.

1.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanı Batı Anadolu'nun kuzey Ege kanadını kapsamaktadır. İzmir, Balıkesir, Çanakkale ve Bursa başlıca temel şehirler olup, her bir bölge farklı bir topografya ve iklim koşulları altında yer alır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Taralı dikdörtgenle belirtilmiş çalışma alanı

1.2 Amaç

Bu çalışma ile Batı Anadolu'daki altınli hidrotermal alterasyon alanlarının saptanabileceği bir yöntem oluşturulması amaçlanılmıştır. LANDSAT TM / ETM+ ve ASTER görüntülerinin kullanılmasıyla bu alanların saptanması hedeflenmektedir. Bunun için cevherli yatakları kapsayan yüksek potansiyelli alanları işaret eden alterasyon alanları, öncelikle LANDSAT görüntüleriyle izole edilir. Daha sonra bu alanlar üzerinde ASTER görüntüleri incelenerek alanın mineralojik özellikleri tanımlanır. Tanımlanan spektral niteliklerin kullanılmasıyla alterasyon mineral türlerinin belirlenebileceği bir yöntem oluşturulur. Böylece eldeki mineral zonlarından oluşan bir alterasyon haritası elde edilir. Saptanan alterasyon ve mineralizasyon verileri ile arazi gözlem ve mineralojik bilgiler karşılaştırılır ve

uzaktan algılama yöntemiyle hidrotermal sistemlerin tayininde ne ölçüde başarılı olunabileceği belirlenir.

1.3 Yöntemler

Uzaktan algılama; yeryüzünden belirli uzaklıklara, atmosfer ya da uzaya yerleştirilen platformlara monte edilmiş ölçüm aletleriyle (algılayıcılar) yeryüzünün doğal ve yapay objeleri konusunda bilgi alma ve değerlendirme tekniği olarak açıklanabilir. Doğal öğelerin türlerinin belirlenmesi ve dağılımlarının haritalanmasında en çabuk, ucuz ve başarılı teknik uzaktan algılama yöntemidir. Cisimler doku ve konum özelliklerine göre güneş ışınlarını değişik dalga boylarında yansıtırlar ya da absorbe ederler. Bu yolla elde edilen verilerin bilgisayar ortamında değerlendirilmesi ile istenilen alan içerisindeki doğal öğelerin yerleri haritalanabilmektedir.

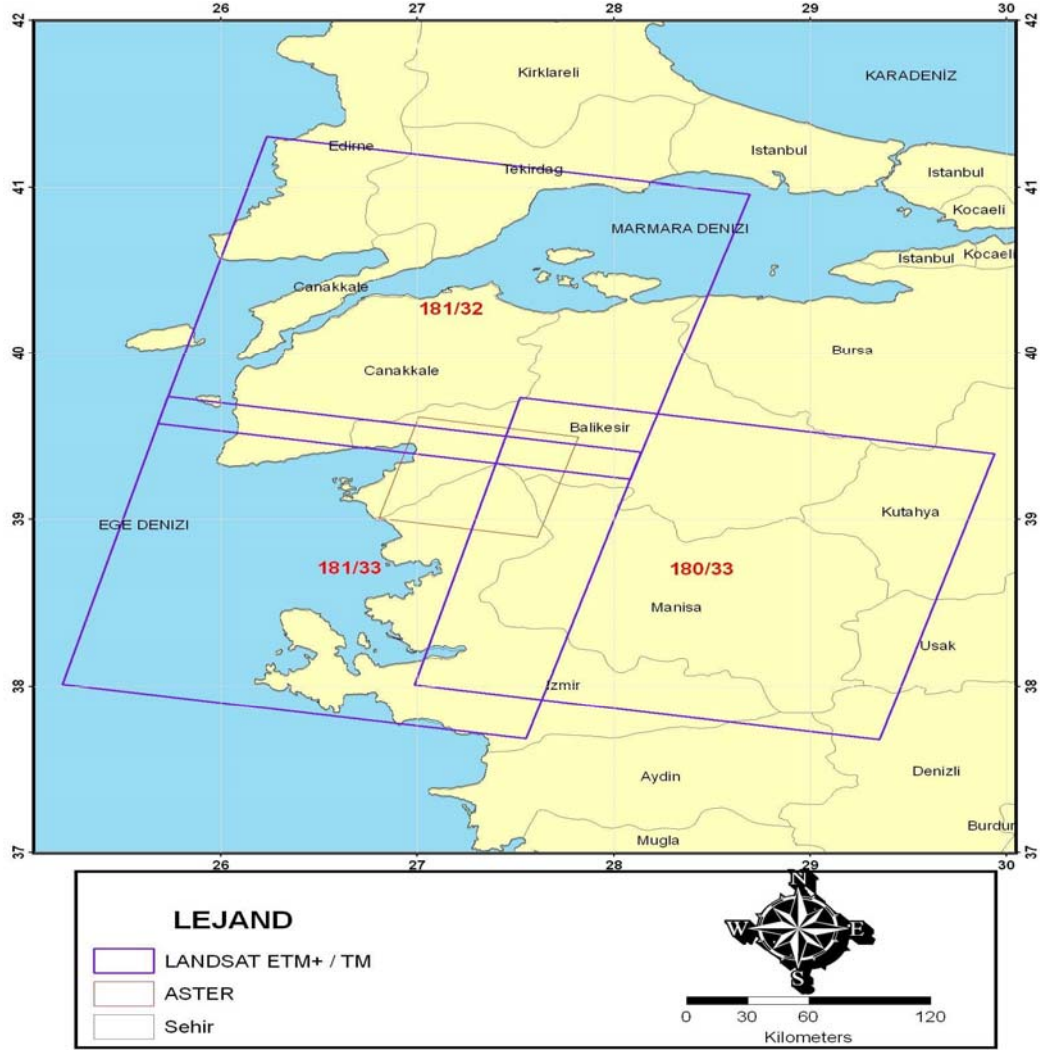
Araziye gitmeden arazi analizi, jeolojik birimlerin haritalanması, sel baskınlarının haritalanması, okyanus özellikleri, petrol sızıntılarının tespiti, kayaç tabakalarının uydular sayesinde görüntülenmesi gibi jeolojik uygulamalar uzaktan algılama ile incelenir ve yorumlanır. Diri fayların belirlenmesinde son zamanlarda kullanılan ve çok büyük kolaylıklar sağlayan bir yöntemdir. Uzaya yerleştirilen çeşitli uydulardan alınan görüntü ve diğer verilerin kullanılmasıyla faylardaki bazı özellikler çok duyarlı bir şekilde takip edilir. Bu yolla, diri fay gidiş yönü, faydaki kayma miktarı, hareket yönü veya anormal değişiklikler duyarlı bir şekilde saptanır.

Toprak etüt ve haritalamada toprak terimi, özel bilimsel bir terimdir. En önemli kaynak olarak bilinen ve tarımın en temel yapı taşı olan toprakların uydu görüntülerinde görünme özellikleri ya da güneş ışınlarını yansıtma veya absorbe edebilme yetenekleri, toprakların mineral içeriklerine, rengine, bünyelerine, ana özelliklerin çeşidine, organik madde içeriğine ve arazi eğimine bağlı olarak farklılık gösterir. Bu özellikleri de uydu görüntüleri kullanılarak benzersiz toprakların birbirlerinden ayırt edilebilmelerini, yani haritalanmalarını sağlar. Toprak oluşum işlevlerinin etki ve katkı derecelerine bağlı olarak, özellikleri yönünden farklılıklar

gösteren topraklar, yine bu özelliklerine bağlı olarak fotoğraflar ve görüntüler üzerinde çok farklı ve karmaşık yansıma verir. Topraklar sahip oldukları bu özelliklerin fotoğraflar ve görüntüler üzerinde yorumlanmasıyla ayırt edilebilirler. Aynı zamanda, bireysel toprak özelliklerinin yanı sıra asıl arazi şekillerinin alt birimleri olan yöresel engebe, eğim, ağaçlama, bitki örtüsü, renk ve ton özellikleri topraklardan gelen yansıma ile ilgili olarak görüntü yorumlamalarını oldukça etkiler. Ancak, topraklar üzerinde bitki örtüsü yoksa uydu görüntüleri bazı yansıma özellikleri gösterir. Her ne kadar topraklarda, bitkiler kadar seçicilik özelliği yok ise de yukarıda sözü edilen bireysel toprak özellikleri ve çeşitli foto elementlerinin, majör arazi formları ile birlikte yorumlamaları sonucunda bazı bilgilerin üretilmesi de olasıdır. Toprakların tayfsal özelliği, toprak rengi, toprak dokusu, toprak yapısı, toprağın kimyasal bileşimi, organik madde ve su içeriği gibi karmaşık özelliklere bağlıdır.

Uzaktan algılama yöntemleri içerisinde LANDSAT TM / ETM+ ve ASTER görüntüleri pasif algılayıcılardır. Bu konum içerisindeki aygıtlar güneşten yansıyan enerjiyi kullanılırlar. Yalnızca güneşin açısının uygun olduğu koşullarda etkindir ve atmosferik koşullardan kolay etkilenirler.

Bu çalışmalarda kullanılan görüntüler Ariana Resources PLC (Galata Madencilik San. ve Tic. Ltd) tarafından sağlanmış olup LANDSAT 5 Tematik Haritalayıcıları (TM), LANDSAT 7 Geliştirilmiş Tematik Haritalayıcıları (ETM+) görüntülerini içermektedir. Her iki görüntüde aynı alanları kapsamaktadır. Bu görüntüler Path 181 / row 32, path 181 / row 33 ve path 180 / row 33'tür. Bununla birlikte Balıkesir-Edremit bölgesini kapsayan bir ASTER görüntüsü de kullanılmıştır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2 Çalışma alanını kapsayan LANDSAT ve ASTER görüntülerinin genel konumları

LANDSAT 5 Tematik Haritalayıcıları (TM) 11 Mayıs 1987 günü ve LANDSAT 7 Geliştirilmiş Tematik Haritalayıcıları (ETM+) ise 10 Haziran 2001 günü elde edilmiş görüntüleri kapsamaktadır. ASTER görüntüsü ise Ocak 2006 yılında elde edilmiştir. LANDSAT 7'in taşıdığı Geliştirilmiş Tematik Haritalayıcı (ETM+), LANDSAT 4 ve LANDSAT 5'in taşıdığı tematik haritalayıcılarla hemen hemen benzerdir. Tematik Haritalayıcılar (TM) termal bantda (6. bant) 60 metrelik alansal çözünürlüğüne sahiptir. Tematik Haritalayıcıların (TM) çözünürlük ve tayfsal aralıkları aşağıda gösterilmiştir (Tablo 1.1). Her bir bant farklı alanlarda kullanım alanlarına göre ayrılabilir. Her bir bandın (rengin) özellikle jeoloji bilimindeki kullanım alanları belirtilmiştir (Tablo 1.2).

Kısa dalga kızılötesi spektrumunu (SWIR) kapsayan Tematik Haritalayıcı (TM) bant 7, bu çalışmada önemli bir rol üstlenmektedir. Bununla birlikte bu bant oldukça geniştir ve SWIR içerisindeki alterasyon mineralleriyle birliktelik sunan spektral özelliklerin saptanması oldukça güçtür. Bu nedenle alterasyon minerallerinin ayırt edilmesi bazen mümkün olmayabilir.

Tablo 1.1 LANDSAT Tematik Haritalayıcıların (TM) tayfsal aralıkları ve çözünürlükleri (San ve Sümer, 2003)

Bant	Spektral Aralık (μm)			Çözünürlük (m)
1	0,450 – 0,515	Mavi	GÖRÜNÜR	30
2	0,525 – 0,605	Yeşil		30
3	0,630 – 0,690	Kırmızı		30
4	0,750 – 0,900	Yakın Kızılötesi	YANSIYAN	30
5	1,55 – 1,75	Kısa Dalga Kızılötesi	YAKIN KIZILÖTESİ	30
6	10,4 – 12,5	Termal Kızılötesi	TERMAL IR	60
7	1,09 – 2,35	Kısa Dalga Kızılötesi	YANSIYAN ORTA IR	30

Tablo 1.2 LANDSAT Tematik Haritalayıcıların (TM) bandları ve her bir bandın kullanım alanları (San ve Sümer, 2003)

Bant	Kullanımı
1 (Mavi)	Bitki ve toprak arasındaki farklılıkları, ormanlık alanlarının haritalanması
2 (Yeşil)	Canlı bitkilerinin yeşil bölümleri
3 (Kırmızı)	Farklı bitki türlerinin tespiti, litoloji ve toprak arasındaki sınırın saptanmasında
4 (Yakın IR)	Bitkilerin miktarını saptamada, litolojilerin tanımlanmasında toprak / litoloji ve kara / su arasındaki kontrastlığı gösterir
5 (Kısa Dalga IR)	Kurak alanlar, su miktarı, kar ve buz arasındaki farkın bulunmasında
6 (Termal IR)	Sıcaklık miktarı, bitkiler, termal kirliliğin ve jeotermal alanların belirlenmesinde
7 (Kısa Dalga IR)	Litoloji ve toprak arasındaki sınırın belirlenmesinde, toprak ve bitkilerdeki su miktarının saptanmasında

ASTER yüksek çözünürlüğe sahip, gözle görülebilen görüntüden termal kızılötesi görüntüsüne kadar toplam 14 bandı kapsamaktadır (Tablo 1.3). ASTER 6'sı SWIR dar bandlarını ve 5'i Termal Kızılötesi bantları kapsar ve yüksek spektral çözünürlüğe sahiptir. Görünür Yakın Kızılötesi (VNIR) 3 adet tayfsal kanal sahiptir ve her birinin alansal çözünürlüğü 15m'dir. Bu özelliği Geliştirilmiş LANDSAT Tematik Haritalayıcıların 30m.'lik VNIR çözünürlüğü ile karşılaştırıldığında oldukça iyi bir gelişmedir. ASTER ayrıca Bant 3'de aynı alansal ve tayfsal çözünürlüklü arka tarafa doğru bakan bir teleskopa sahiptir. Bu özelliği ile sayısal yükseklik modeli (Digital Elevation Model) oluşturmak için yaklaşık 15-30 metrelik doğrulukta kullanılır ve sabit yer kontrol noktalarının sayısına bağlı olarak değişir.

Tablo 1.3 ASTER bandlarının tayfsal aralıkları ve çözünürlükleri (San ve Sümer, 2003)

Bant	Spektral Aralık (μm)			Çözünürlük (m)
1	0,52 – 0,60	Mavi	GÖRÜNÜR (VNIR)	15
2	0,63 – 0,69	Yeşil		15
3N	0,78 – 0,86	Kırmızı		15
3B	0,78 – 0,85	Pankromatik		15
4	1,60 – 1,70	Kısa Dalga IR	YANSIYAN YAKIN KIZILOTESİ (SWIR)	30
5	2,145 – 2,185	Kısa Dalga IR		30
6	2,185 – 2,225	Kısa Dalga IR		30
7	2,235 – 2,285	Kısa Dalga IR		30
8	2,295 – 2,365	Kısa Dalga IR		30
9	2,360 – 2,430	Kısa Dalga IR		30
10	8,125 – 8,475	Termal Kızılötesi	TIR	90
11	8,475 – 8,825	Termal Kızılötesi	TIR	90
12	8,925 – 9,275	Termal Kızılötesi	TIR	90
13	10,25 – 10,95	Termal Kızılötesi	TIR	90
14	10,95 – 11,65	Termal Kızılötesi	TIR	90

Tayfsal bantların konumları, özellikle SWIR'da bilinen minerallerin ilksel absorpsiyon özelliklerine göre saptanmıştır. Bu nedenle ASTER'in tayfsal çözünürlüğü alterasyon mineralleri arasında iyi bir ayırım yapılmasına olanak sağlar (Tablo 1.4).

Bununla birlikte ETM+'ın bazı önemli avantajları vardır. ETM+'ın görüntüleri alansal olarak genişir (185km x 185km). ASTER görüntülerinin alanları ise 60km x 60km'dir. Geniş SWIR bandı algılayıcının, kayaçlarla ve minerallerle ilişkili birçok absorpsiyon özelliklerinin elde edilmesine izin vermektedir.

Tablo 1.4 Jeolojik amaçlı kullanılan ASTER ve LANDSAT'ın alansal ve tayfsal çözünürlüklerinin karşılaştırılması (San ve Sümer, 2003)

Uydu	Sensor	Spektral Çöz.	Alansal Çöz. (m)	Radyometrik Çöz. (bit)	Serit Genişlik (km)	Görüntü Alma (gün)
LANDSAT	PAN	PAN	15	8	185	16
	ETM+	VNIR(4)	30			
	ETM+	SWIR(2)	30			
	ETM+	TIR(1)	60			
TERRA	ASTER	VNIR(3)	15-17	8	60	16
		SWIR(6)	30	8		
		TIR(5)	90	12		

Görüntü analizleri ile birlikte kullanılacak olan ve Galata Madencilik San. ve Tic. Ltd tarafından 1/25.000 ölçekli olarak elde edilen 11 adet topografya haritası bu çalışma kapsamında kullanılmıştır. İncelenmesi yapılacak altı araştırma sahasının özellikleri Tablo 1.5'de sunulmuştur.

Ülkemizde yer alan birçok cevherleşme ve yatak tiplerini karakterize eden alterasyon minerallerinin bilinmesi ile uzaktan algılama yöntemlerinin işlevleri daha da kolaylaşmaktadır (Tablo 1.6).

Tablo 1.5 Araştırma alanlarının genel özellikleri (DS: Düşük Sülfidasyon, YS: Yüksek Sülfidasyon epitermal yatakları)

Bölge	Şehir	Köy	Easting	Northing	Şirket	Pafta	Sistem
Ovacık	Izmir	Ovacık	506237	4325341	Koza	J18D4	DS
Ergama	Balikesir	Gokceyazi	553000	4384000	Newmont?	I19D4-I19D3- I19D1	YS
Kucukdere	Balikesir	Kucukdere	512000	4377600	Koza	I18D3-I18D4	DS
Ivrindi	Balikesir	Kinik	546400	4380700	Ariana	I19D4	YS
Kirazli	Canakkale	Kirazli	475600	4430400	Teck C.	I17A2-H17D3	YS
Sapdag	Balikesir	Egmir	0523500	4381000	Newmont	I18C4 – I18D3	YS

Tablo 1.6 Batı Anadolu bölgesinde rastlanılması muhtemel alterasyon mineralleri ve yatak tipleri (San ve Sümer, 2003)

Yataklanma Tipi	Alterasyon Mineralleri
Baz Metal	Klorit, İllit, mika, siderit, kalsit
Epitermal Altın Yatakları	Alünit, dikit, profillit, illit, muskovit, jarosit, hematit
Porfiri Bakır Yatakları	Jarosit, alünit, dikit, epidot, klorit, muskovit, illit, hematit
Skarn Tipi Yataklar	Granat, epidot, vollastonit

1.4 Epitermal Alterasyonlar

Epitermal altın yatakları, yüzeye yakın ortamlarda paleosıcak su kaynaklarına bağlı sistemler tarafından oluşturulmuş genellikle düşük tenör ve büyük rezervli altın yataklarıdır. Yüzeyden 100 – 1000 m. arasında değişen derinlikte paleosıcak su yüzeyi altında oluşurlar.

Epitermal terimi esas olarak yüzeye yakın hidrotermal bir ortamı belirtir. Bu ortamda oluşan epitermal sistemler özellikle karasal kalk-alkalen volkanizmaya eşlik ederler ve genellikle bu volkanizma ürünüyle ve bunlarla birlikte yer alan sedimanter kayaçlar içerisinde de (Carlin tipi) oluşabilirler. Volkanik kayaçlara bağlı olarak gelişen epitermal sistemler en yaygın grubu oluşturur.

Oluşum sıcaklığı 150-300 C° (White ve Hedenquist, 1990) arasında değişen epitermal altın yataklarının oluşumuna etki eden jeolojik faktörleri genel anlamda şu maddeler halinde sıralayabiliriz:

- Yatağın yer aldığı formasyonun özellikleri (kimyası, geçirgenliği)
- Tektonik yapı (fay, çatlak)
- Isı kaynağı
- Meteorik su
- Akışkan kompozisyonu, etkileşim süresi, sıvı-kayaç oranı
- Basınç

Sıcak su kaynaklarında aktif ve etkin olan akışkanlar, yüzeye yaklaşırken kaynarlar. Cevherin oluşumu ve depolanması, yukarı doğru hareket halinde olan sıvı ve gazın çıktığı kanalların geçici olarak tıkanmasına sebep olur. Bunun sonucu olarak kanallarda (kırık hatlarında) ısı ve basınç yükselmesi meydana gelir ve tıkanan kısımlar parçalanır. Bunun sonucunda stokvork ve breşleşmeler meydana gelir. Ayrıca, sinter kısmında breşleşme oluşur ve cevherin kompozisyonunda ve dokusunda silis ornatımına yol açar.

Cevherli damarların veya düzensiz şekilli cevher kütlelerinin çevresindeki yan kayaçlar genellikle alterasyona uğramışlardır. Yan kayaç alterasyonları yan kayaçlara giren cevher taşıyıcı eriyikler ile yan kayaçların reaksiyonu sonucu oluşurlar.

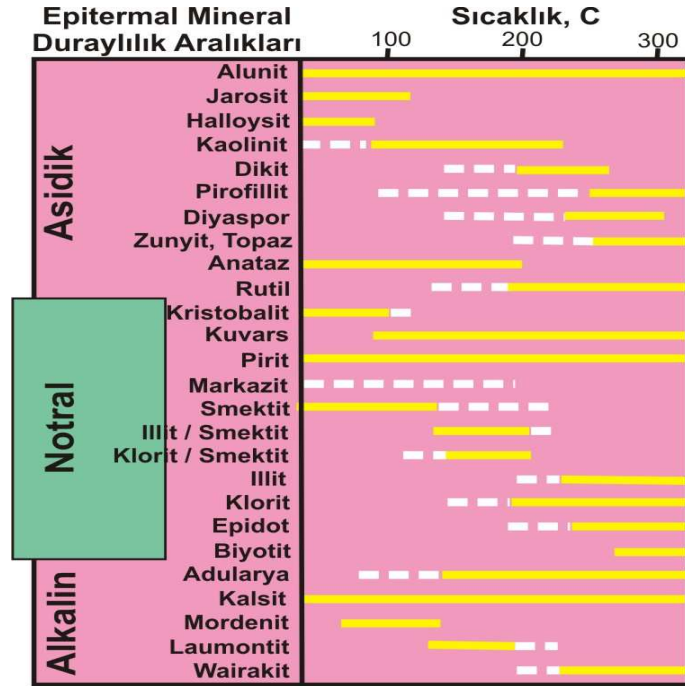
Henley ve Ellis (1983) ve Hedenquist ve Browne (1989)'da epitermal sistemlerdeki hidrotermal alterasyon oluşum faktörlerini aşağıdaki nedenlere göre açıklamışlardır:

- 1.Yaklaşık nötr olan kloritçe zengin akışkanların etkileşimine göre,
- 2.CO₂'ce zengin akışkanların etkileşimine göre
- 3.Asit sülfatlı akışkanların etkileşimine göre

Derinde kloritçe zengin ve yüzeye yakın CO₂'ce zengin jeotermal akışkanların orta ve asit bileşimli yan kayaçları etkilemesi ile meydana gelen alterasyon toplulukları albit ± adülyara ± wairakite ± serizit ve epidottur. Biotitler klorit ± sfen ± epidota dönüşür. Piroksen ve amfiboller serizit ± klorit ± sfen ± kuvars ± ve piritte dönüşebilir. Kırık ve damarları dolduran mineraller kuvars, kalsit, adülyara,

zeolitler (laumontit, wairakit), klorit, epidot ve sülfitlerden pirit ve pirotin'dir (Hedenquist ve Browne, 1989).

180 C°'nin altındaki sıcaklığa sahip alanlarda ana mineral fazları asit sülfatlı jeotermal akışkanlara bağlı olarak kaolinit, alünit, kristobalit, jips, opal ve doğal kükürt, kuvars ve sülfitleri oluşturur. Profillit, diaspor ve andalüzit 250 C°'den fazla olan sıcaklıklarda durağandır. Bu sıcaklık andalüzitte olduğu gibi bazen 350 C°'den daha büyük olabilir. Barit, anhidrit ve hidrolize olmuş demir oksitler de daha düşük sıcaklık derecelerinde mevcut olabilir (Şekil 1.3).



Şekil 1.3 Sıcaklıklara bağlı olarak değişen epitermal sistem minerallerinin duraylılık sınırları (Hedenquist, 1996)

1.5 Genel Jeoloji

ABCD metallojenik ve jeodinamik bölgesi, Batı Avrupa'dan İran boyunca Himalaya, Çin ve Malezya'ya kadar uzanan Alpin-Himalaya orojenik kuşağının bir parçasını kapsamaktadır. Bu orojenik kuşak Afrika, Arabistan ve Hindistan levhalarının ve bunların Eurasia kıtasıyla Kretase ile günümüze kadar gelişen zaman periyodu içindeki çarpışma olaylarına bağlı olarak oluşmuştur.

Alpin-Himalaya Orojenik Kuşağı içerisinde, geniş kalk-alkali magmatizması sadece mevcut segmentlerle (faylar) birlikte gelişirken, diğer segmentler geniş çaplı bölgesel metamorfizmalara sebep olmuştur (Heinrich ve Neubauer, 2002). Orojenik kuşağın segmentli jeodinamik karakteri süreksiz cevher yataklarının yayılımı ile karakterize edilmektedir (Jankovic, 1997).

Jankovic (1997), Alpin-Himalaya Kuşağının Batı Akdeniz, Alpler ve Anadolu'yu da içine alan 10.000 km²'lik alanı Tetis-Avrupa Metallojenik Kuşağı (TEMB) olarak ilk kez sınıflamıştır. Heinrich ve Neubauer (2002), ABCD kuşağını ise farklı devir ve özelliklerine sahip olan 3 ayrı kısımda incelemiştir.

1.5.1 Kretase Yay Magmatizması ve Erken Kıtasal Çarpışma

Geç Kretase dönemindeki kalk-alkali yay magmatizması ABCD bölgesi içerisindeki önemli ekonomik değeri olan porfiri Cu ve yüksek-sülfidasyonlu epitermal yataklarını oluşturmuştur. Intrüzif ve ekstrüzif magmatizma en az 30 milyon yıl ile 90 – 60 milyon yıl arasındaki yaşlara sahiptir. Magmatizma tipik olarak yitme olaylarına bağlı jeokimyasal işaretler sunar ve kalk-alkalenden – yüksek K'lu kalk-alkalen kayalara kadar değişen kompozisyonlara sahiptir (Heinrich ve Neubauer, 2002).

1.5.2 Oligosen – Miyosen SerboMakedonyan-Rodos Pb-Zn ve Cu-Au Kuşağı

Serbo-Makedonya ve Rodos metallojenik kuşağı da kalk-alkali magmatizmaya bağlı cevherleşmelere sahiptir. Fakat bu kuşak kıta-kıta çarpışmasının yanında az miktarda direk yitme kökenli olduğuna dair kanıtlar sunar (Harkovska ve diğ., 1998). Jankovic (1997) ise Serbo-Makedonya-Merkezi Anadolu bölgesinin bu kuşağın (ABCD) son orojenik aktivitesiyle oluştuğunu savunmaktadır. Bu kuşakta iki tip yatak görülür:

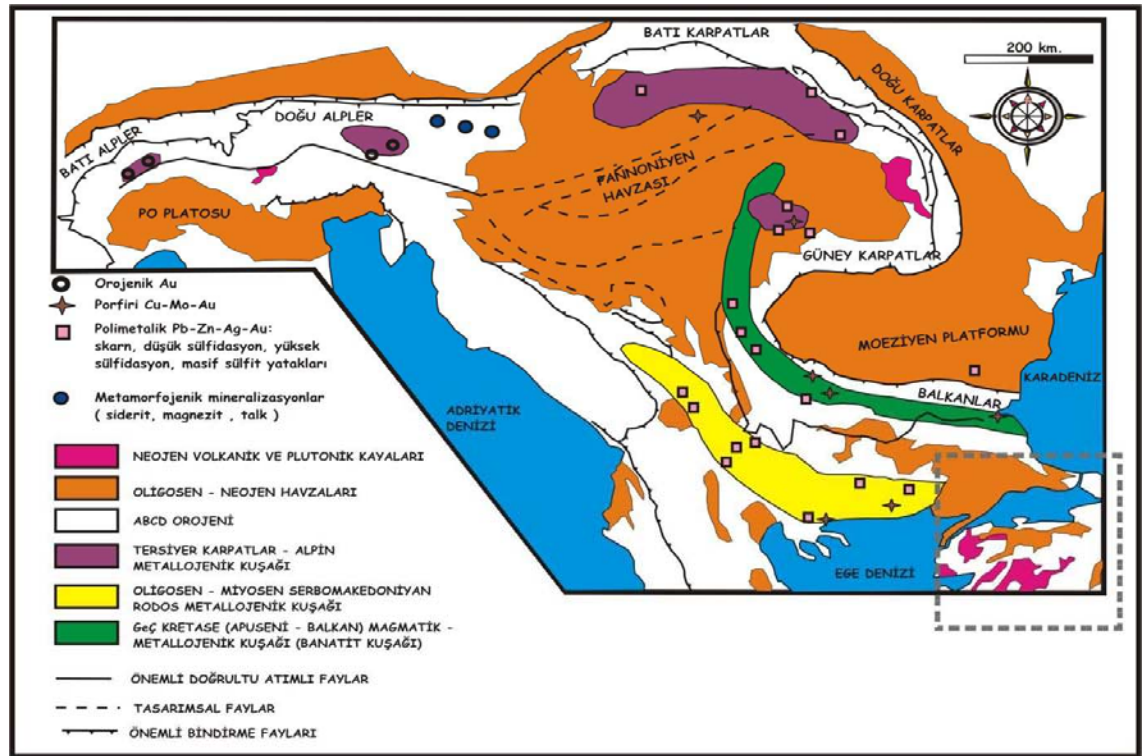
- 1- Porfiri Cu-Mo-Au ve epitermal Au yatakları
- 2- Epi-Mezotermal Pb-Zn (Ag-Au) damarları ve Geç Eosen – Oligosen yaşlı karbonat yerleşimli yataklar (Şekil 1.4)

1.5.3 Oligosen – Neojen Yatakları

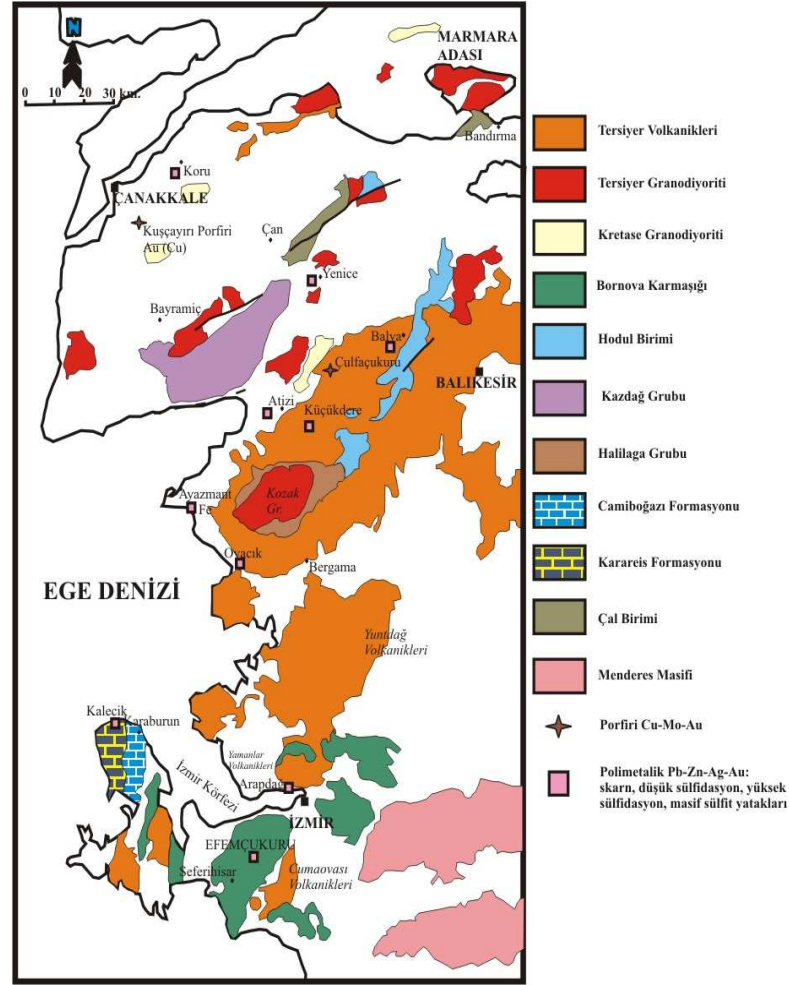
Vardar – İzmir – Ankara Okyanusunun kapanmasını takip eden süreçte ve Afro-Arabistan ve Eurasia levhalarının çarpışması sonucu Batı Anadolu'dan Orta Anadolu'ya kadar kalk-alkali magmatizma hakim olmuştur. Bu kuşak içerisinde görülen yataklanmalar:

- 1- Düşük Sülfidasyonlu (Au-Te, Au-Ag) (Şekil 1.5)
- 2- Küçük-orta boyutlu porfiri Cu (Au) veya Au yatakları
- 3- Mezotermal altın yatakları

Batı Anadolu'daki hidrotermal sistemlerin genel olarak oluşumu yukarıda belirtilen safhaları kapsamaktadır.



Şekil 1.4 ABCD kuşağının farklı devirlerini gösterir jeolojik harita (Heinrich ve Neubauer (2002)'den değiştirilerek)



Şekil 1.5 Batı Anadolu’da gözlenen jeolojik birimler ve bazı cevher oluşum alanları (Oyman ve diğ., 2003’den değiştirilerek)

Batı Anadolu’da dört temel birim tanımlanmaktadır, bunlar kuzeyden güneye şöyle sıralanabilir (Şengör ve diğ., 1985; Şengör, 1987; Yılmaz, 1997): i) Sakarya kıtası, ii) İzmir – Ankara kenet zonu, iii) Menderes Masifi, iv) Likya napları.

Sakarya kıtası, güneyde İzmir-Ankara ve kuzeyde İç-Pontid kenet kuşakları arasında yer almaktadır. Kıtanın temeli metamorfik ve metamorfik olmayan Paleozoik birimlerden oluşmaktadır ve bu temel Mesozoyik ve Senozoyik birimlerle örtülürler (Yılmaz, 1997). Sakarya kıtası içinde Biga yarımadası ile Bilecik arasında Liyas öncesi Permian ve Triyas yaşındaki birimlerden oluşan Karakaya kompleksi (Okay ve diğ., 1991) temelin önemli kısmını oluşturur (Yılmaz, 1997). Bu temel birimler Jurasik ve Alt Kretase yaşlı değişik fasiyesteki kireçtaşları ile örtülmektedir.

Üst Kretase birimleri daha çok şist çökellerinden oluşmaktadır ve kıtasal çökellerle Paleosen'e kadar devam etmektedir. Eosen birimleri sığ deniz ve türbiditik çökeller ve birlikte aynı zamanlı volkanik birimlerden oluşmaktadır (Yılmaz, 1997). Geç Eosen – Erken Miyosen döneminde Sakarya güneyinde yer alan Tetis okyanusunun kapanması bunu takip eden kıta-kıta çarpışması sonucunda Oligosen çökeli karasal birimlerle temsil edilmektedir. Alt Miyosen birimleri ise gölsel çökellerle ve yine aynı zamanlı yaygın volkanik kayalardan oluşmaktadır.

İzmir – Ankara kenet kuşağı, Sakarya kıtası ile Menderes masifi ve Toros sistemi arasında yer almaktadır. Genel olarak ofiyolitik melanj ve peridotitlerden oluşur. Melanj ve Sakarya kıtası ve Menderes Masifi birimleri arasında tektonik bir dokanak bulunmaktadır ve bindirme dokanığının yer yer daha sonraki tektonizmadan etkilendiği belirtilmiştir (Yılmaz, 1997; Erdoğan ve Güngör, 1992). Melanj, aşırı deformasyon geçirmiş volkanik sedimanter birimlerden oluşmaktadır. Bu birimler genelde spilitik bazik lavlar şeyl, ve kumtaşları içermektedirler. Yine melanjın içinde radyolaryalı çörtler, pelajik kireçtaşları, manganlı çörtler, neritik kireçtaşları, mermer blokları ve serpantinler yer almaktadır. Melanjın yaşının en az Üst Kretase olduğu içindeki kırmızı renkli kireçtaşı bloklarından anlaşılmaktadır (Yılmaz, 1997).

Menderes Masifi, İzmir-Ankara kenet kuşağı ile Likya Napları arasında yer alır. Masifin ana kısmını yüksek derecede amfibolit fasiyesinde gnays ve şistler oluşturur (Şengör ve diğ., 1984). Okay (1989) masifin genel stratigrafik diziliminin Prekambriyen gnayslarla başladığını ve yukarıya doğru alt Paleozoik mika-şistler, Permo-Karbonifer metakuvarsit, siyah fillit ve koyu rekrystalize kireçtaşları ile devam ettiğini belirtmiştir. Bunların üzerinde Mesozoyik kalın tabakalı, rekrystalize neritik kireçtaşları yer alır. Paleosen ve Alt Eosen rekrystalize pelajik kireçtaşları ve şist ile temsil edilmişlerdir. Menderes Masifi'nin esas metamorfik fazın en Geç Kretase ile Erken Miyosen arasında meydana geldiği sanılmaktadır (Yılmaz, 1997). Okay, (1989) ise Likya Napları Menderes Masifi şisti üzerinde tektonik dokanak ile oturduğunu ve Likya Naplarının yerleşim yaşının Orta Eosen olduğunu belirtmiştir. Eosen yaşlı Barrowiyen tipi bölgesel metamorfizma Menderes Masifini etkilemiştir

ve bu metamorfizmanın masifin kompresyonel rejim etkisinde Likya Naplarını altında kalması sonucunda meydana geldiği tahmin edilmektedir.

Likya Napları, kıta-kıta çarpışması ve Batı Toros ve Menderes bloğundaki imbrikasyon sonucu meydana gelmiştir. Bu dönemde Menderes Masifi Likya Napları tarafından gömülerek metamorfizmaya uğramıştır. Likya Napları Menderes Masifi ile Bey Dağları otoktonu arasında yer alır ve geniş bir alanı kapsamaktadır. Oligosen-Halvetian yaşlı sintektonik konglomeralardan, peridotit naplarından, Karbonifer-Eosen yaşlı karbonatlı kayalardan ve Eosen şistten oluşmaktadır. Naplarla ilgili hareketlerin Orta Miyosen'e kadar devam ettiği gözlenmiştir (Hayward, 1984).

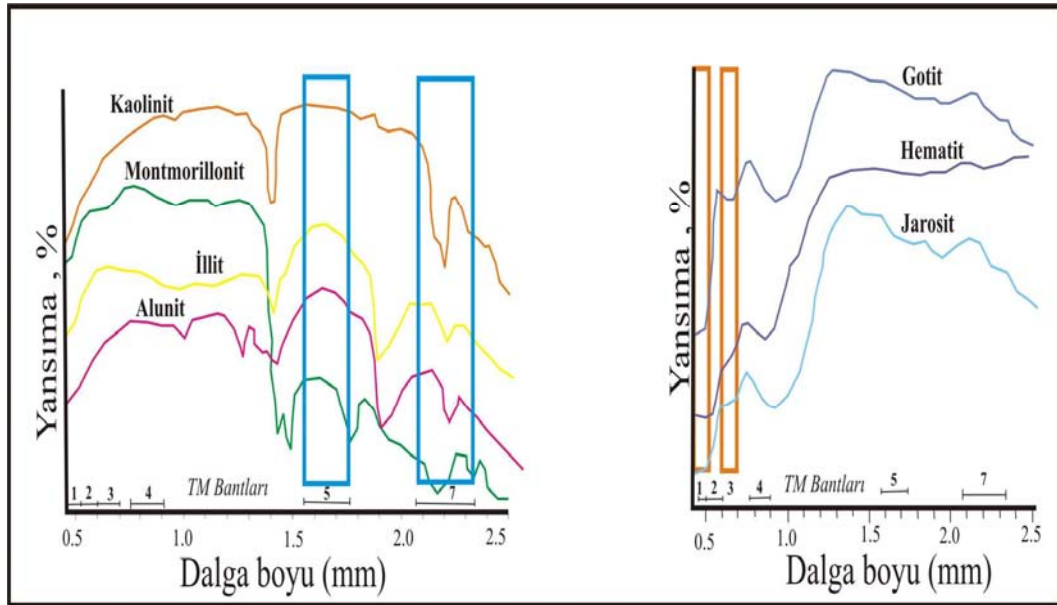
Batı Anadolu'da Menderes Masifinin yükselmesi ve aşınması Geç Oligosen – Erken Miyosen döneminde gerçekleşmiştir (Şengör ve diğ., 1984). Bu dönemi takiben Erken Miyosen'de fluviyal ve gölsel çökellerle birlikte özellikle Edremit – İzmir arasında yaygın bir volkanizma yer almıştır. Kaya, (1981) bu dönemde gelişen havzaların genel doğrultusunun KKD – GGB olduğunu ve bir horst - graben şeklinde geliştiğini belirtmiştir. Miyosen birimleri içindeki en önemli hatlar KKD – GGB doğrultusunu gösterirler. Yılmaz, (1997) bölgede Alt Miyosen'de volkanizma ve göl ortamının var olduğu ve faylanmaların daha çok Üst Miyosen'de başladığını belirtmiştir ve Pliyosen başından itibaren de bugün Batı Anadolu'ya hakim D – B grabenlerin meydana geldiği ve bu yapıların bütün önceki sistemleri kestiğini ileri sürmüştür. Ancak her iki farklı sistemin güncel tektonik çatı içinde aktif olduğu sanılmaktadır.

1.6 Kuram

Epitermal yataklar genellikle yan kayaç içerisindeki hidrotermal alterasyonlarla birlikte oluşur. Bununla birlikte her yatakta yoğun bir alterasyonun olması veya çok yoğun bir alterasyonlu alanın bir yatak içermesi de beklenemez (Sabins, 1999). Genel olarak cevher yatağının bulunduğu alanların yüksek derecede bir alterasyon sistemi ile ilişkisi olduğu kabul edilmektedir.

Alterasyon tayininde bazıları deneysel bazıları da kanıtlanmış sonuçlara dayanan bir kaç yöntem kullanılmaktadır. Alterasyon minerallerinin tayini üstüne yoğunlaşmalarla alterasyon zonları belirlenir. Alterasyon minerallerinin SWIR'da (2.0 – 2.4 μm), birçok benzersiz absorpsiyon özellikleri vardır (Hunt, 1977) (Şekil 1.6). Bu ayırtılabilir absorpsiyon özellikleri öncelikle minerallerde yer alan OH, Mg-OH ve Al-OH iyonlarının da bulunduğu bağların genişliği ve yapısına bağlı olarak oluşmaktadır. Bu özelliklerin saptanabilmesi için spektral çözünürlüğe ve bu mineralleri ve özelliklerini ayırt edebilecek bir yöntem gereksinim vardır. Madencilik sektörünün uzun zamandan bu yana uğraş verdiği alanların başında bu yöntemler gelmektedir.

Kil mineralleri arasında demir oksitler (hematit –limonit) çoğunlukla yer almaktadır. Bu nedenle alterasyonlu yüzey üzerindeki ayrışma ürünü olarak gelişir ve limonitik alterasyon olarak adlandırılır. Demir oksitler, mavi renkli absorpsiyon özelliğine ve spektrumun kırmızı alanı içindeki yansıma rengine sahiptir (Şekil 1.6). Kil alterasyonu mineralleri ile birliktelik gösteren demir oksitçe zengin alanların tayini oldukça önemlidir. Çünkü bu alanların tayini ile yüksek cevher içerikli yatakların saptanması kolaylaşmaktadır (Ruiz-Armenta ve Prol-Ledesma, 1998).



Şekil 1.6 Alunit ve kil minerallerinin deneysel yansıma tayfları (solda), oksidasyon minerallerinin deneysel yansıma tayfları, ETM bant pozisyonları konumlarıyla birlikte (sağda)

BÖLÜM İKİ

TEMEL PRENSİPLER

Epitermal alterasyonların tayini için kullanılan uzaktan algılama yöntemleri ile ilgili gerek akademik ve gerekse endüstriyel alanlarda birçok yayın ve çalışma bulunmaktadır. Bununla birlikte, çalışmalar içerisinde Batı Anadolu'yu kapsayan çok az yayın vardır (San ve diğ., 2004; Şener ve diğ., 2004; King, 2003). Bu nedenle bu çalışma ETM+ / TM ve ASTER teknikleri ve uygulamalarına göre elde edilecek sonuçlar bakımından önemli bir referans olacaktır.

Kırmızı, yeşil ve mavi (KYM) kanallar içerisindeki görüntü bantlarının gösterimi en basit zenginleştirme yöntemidir. McMoore ve Liu (1990), İspanya'da yaptıkları çalışmada KYM içerisindeki 7/5/1 bantlarının sarımsı yeşil tonlarında alterasyon bölgelerini işaret ettiğini ve 7/5/3 bantlarının demir oksitli toprakları ise kırmızımsı kahverengi tonlarda net olarak gösterdiğini saptamıştır. Temel bant renk bileşimleri başlangıç için iyi bir uygulama olmalarına karşın McMoore ve Liu (1990) killi ve silisli alterasyon minerallerini birbirlerinden ayırt edememiştir. Sabins (1999), Amerika'da Goldfields maden bölgesindeki alterasyonlu alanların tayininde hem demir oksit hem de kil oranlarını başarılı bir şekilde kullanmıştır. Chica-Olmo ve diğ., (2002), Ruiz-Armenta ve Prol-Ledesma (1998), Spatz (1997) ve Rowan ve Mars (2003) ilksel alterasyon tayininde bant oranlamalarını kullanmışlardır.

Günümüzde uzaktan algılama yöntemlerinde alterasyon alanlarının tayini için 4 temel prensip kullanılmaktadır: i) Renk bileşimi (color composite), ii) Bant oranlanması (band rationing), iii) Temel bileşenler analizi (PCA) - Crosta yöntemi ve iv) Çoklu lineer regresyon (Least square fitting method).

Bu çalışma kapsamında yukarıdaki uygulamalar temel olarak anlatılacak ve renk kompozisyonu, bant oranlaması ve temel bileşenler analizleri uygulamaları ile çalışma alanları incelenecektir.

2.1 Renk Kompozisyonu

Bu tekniğin arkasındaki ilke, insan gözüyle görülmesini sağlamak amacıyla görülebilir dalga boyu içerisindeki multispektral bilgilerin birleştirilmesidir. Doğadaki her bir nesnenin farklı dalga boyuna sahip bir yansıma değeri vardır. İnsan gözünün görebileceği renkler, görülebilir dalga boyu alanı içerisindeki kırmızı, yeşil ve mavi renklerdeki yansımanın birleşimi sonucu gerçekleşir.

Teknik olarak beyaz renk, üç ilksel rengin birleşiminden; kırmızı (0,6 – 0,7 μm), yeşil (0,6 – 0,5 μm), ve mavi (0,5 – 0,4 μm) oluşmaktadır. Bu nedenle LANDSAT TM bantlarındaki KYM kompozisyonunun bant 3, bant 2 ve bant 1 grubu Doğal Renk Kompozisyonunu (Natural Color Composite), yani insan gözüyle görülebileceği şekli gösterir. Tüm diğer bantların oluşturduğu KYM'de Yapay Renk Kompozisyonu (False Colour Composite) olarak tanımlanır (Vincent, 1997). Renk kompozisyonu görüntülerinin genel avantajı, hem demir oksit minerallerinin hem de hidrotermal kil minerallerinin yayılım düzenini birleştirmektir. Fakat yoğunluk belirten görüntülerdeki kadar kesin bir renk düzeni göstermezler (Sabins, 1999).

LANDSAT bant 4 VNIR (çok yakın kızıl ötesi) ışık yansımaları göstermesi için, bant 7 kil alterasyon zonlarını ayırt etmek için ve bant 6 ise silikat kayaçlarını ayırt etmek için seçilir. Bant 476'nın KYM serisinde, bant 4 yapısal öğeleri, bant 7 hidrotermal alterasyon zonlarını ve bant 6 da erken veya geç volkanik faz sıcaklık farklılıklarını gösterir. Önceki çalışmalarla bant 7'nin hidroksil absorpsiyon bandı olduğu ve bant 5'in genel yansımasının yüksek bir bant olduğu saptanmıştır. KYM'de birleştirilen bant 754, alterasyonlu alanlar hakkında en fazla bilgi sunan görüntü olarak kabul edilmektedir. Yastık lavlar magenta renginde, dayklar portakal renginde iken gabro ayırt edici yeşil tonlara sahiptir. Faylar ve hidrotermal alterasyonlu alanlar ve sokulumlar kırmızı olarak görülür (Rothery, 1987).

741, 541, 531 TM bantlarının KYM renkli bileşimleri, optimum bant seçme kriterinin indisine göre seçilirler. Ayrıca kil minerali ayırtlanması için TM 742 ve

TM 475’de seçilebilir. Görülebilir mavi dalga boyu atmosferik yayılımdan çok etkilendiği için TM bant 1 / TM bant 2’ye bölünür. Bant 5 ve bant 7 kil minerallerinin ayırtlanması için kullanılır. Bant 1 ve bant 3’de demir oksit mineralleri ayırtlanması için kullanılır. Radyometrik görüntü zenginleştirilmesi, lineer kontrast verilmesi, histogram eşitlenmesi ve dekorelasyon verilmesi gibi farklı metotlarla test edilen KYM renkli kompozitlerin sayısal analizi içerisinde önemli bir yer tutmaktadır (Chica-Olmo ve diğ., 2002).

KYM bant 742, yapısal elemanların tanınmasını kolaylaştırırken, sedimanter ve volkanik kayalar gibi yüzeysel birimlerinde ayırtlanmasında olanak sağlar (Abdelhamid ve Rabba, 1994). TM 472 renkli kompozisyonunda demir oksitler sarımsı-yeşil renkte görülürken, arka görüntü de pembe renge sahiptir. TM 473 renkli kompozisyonunda ise yine demir oksitler sarımsı-yeşil renkli iken arka görüntüde turuncumsu-kırmızı renk sunarlar (Jingyuan ve Xucman, 1991). KYM 453 renkli kompozisyonu toprak ve bitki örtüsü arasındaki sınırı belirlemede kullanılır (Quinn, 2001). Literatürdeki renkli bileşimlerin KYM renk gösterimlerine karşılık gelen değerleri aşağıdaki tabloda özetlenmiştir (Tablo 2.1)

2.2 Bant Oranlanması

Alterasyon zonlarının tayini için kullanılan uzaktan algılama yöntemi bant farklılaşmaları ve oranlarını temel almaktadır. Bant oranlanması bir spektral bandın diğer bir banda bölümü ile gerçekleşen çoklu tayf görüntüsü işleme yöntemidir (Yetkin, 2003). Bu bölüm bir bantta ölçülen spektral yansıma oranının diğer bantta ölçülen spektral yansıma oranıdır. Bazen aynı özelliklere sahip bir yüzeyin topografyasının eğim ve bakı, gölgelik veya mevsimlik değişikliklerinden dolayı güneş ışınlarının açısı ve yoğunluğunu etkileyerek farklı parlaklık değerleri alır. Bu koşullar yüzey malzemesinin doğru bir şekilde ayırt edilmesini engeller. Bu değişiklikler görüntüyü inceleyen kimsenin farklı yorumlarda bulunmasını ve hatalı sonuçlar elde etmesine yol açar. Bu durumlarda oran görüntüleri uygulanarak, görüntünün çevresel koşullardan etkilenmesi en aza indirilir (Lillesand ve Kiefer, 2000).

Tablo 2.1 Literatürde bilinen renkli bileşenlerinin genel özeti (Yetkin, 2003'den değiştirilerek)

TM Bantları (KYM)	Kırmızı	Yeşil	Mavi	Ekstra	Referans
4:7:6	Yapısal çizgisellik ayırımı	Hidrotermal alterasyon	Sıcaklık kontrastı		Rothery, 1987
7:5:4	Hidrotermal alterasyon / sokulum	Gabro	Bitki örtüsü		
7:4:2	Kil mineralleri daha parlak renktedir	Bitki örtüsü		Radyometrik düzeltme önemlidir	Chica-Olmo ve diğ., 2002; Quinn, 2001
4:7:5	Bitki örtüsü	Kil mineralleri parlak renktedir	Kil mineralleri parlak renktedir	Radyometrik düzeltme önemlidir	
4:5:3		Bitki örtüsü	Dere ve su alanları	Toprak ve bitki alanları tespitinde önemlidir.	Quinn, 2001
7:5:3	Volkan kaldera alanları	Bitki örtüsü	Kar, su alanları		
4:7:2	Arka plan pembedir	FeO tonu sarımsı yeşil			Jingyuan & Xucman, 1991
4:7:3	Arka plan turuncu-kırmızıdır	FeO tonu sarımsı yeşil			

En az iki spektral bant birbirine oranlanarak, oran görüntüler elde edilir. Spektral bant oranlamasının en çok kullanıldığı alanlardan biri bitki örtüsünün elde edilmesidir. Bu amaçla; Normalize Fark Bitki İndeksi (NDVI); IR; kızılötesi bant, K; Kırmızı bant olmak üzere:

$$NDVI = \frac{IR-K}{IR+K} \text{ ve Bitki İndeksi (BI) } BI = \frac{IR-K}{IR+K}$$

oranı gibi teknikler geliştirilmiştir.

Gösterim sırasında kırmızı, yeşil ve mavi kanallar olarak, LANDSAT Bant 5 / Bant 7, Bant3 / Bant 2, Bant 4 / Bant 5'e denk gelen 1,65 / 2,2 μ m, 0,66 / 0,56 μ m ve

0,83 / 1,65 μm bant oranları seçilir. Demir oksitçe zengin alanlar, ultraviyole ışını içindeki ferrik iyon yük transferi nedeniyle yeşil, kilce zengin alanlar ise 2,2 μm yakın bandında sulu mineral absorpsiyonunun bulunması nedeniyle kırmızı renkte görülürler. Sarımsı ve turuncu kısımlar ise hem kil hem de demir oksit minerallerinin bulunabileceği kısımları göstermektedir (Abrams ve diğ., 1983).

Bitki örtüsü ve OH, H₂O, CO₃, SO₄ moleküllerini içeren demir oksit minerallerinin spektral davranışlarını yansıtan birkaç grup oranlamaları seçilmiştir. LANDSAT TM 4/3 bant oranlanması VNIR bandındaki orta ölçekli yapıların yoğun yansımaları nedeniyle açık tonlarda gözükürken, yoğun klorofil absorpsiyonu nedeniyle görülebilir LANDSAT TM üçüncü bandındaki yansımalarda ani bir düşüş gözlenir (Kaufmann, 1988).

İkili bant oranlama kombinasyonlarının yanında, 3 adet 2'li bant oranlanarak renkli karışımlar da elde edilebilir. Burada her bir ikili bant oranına sırasıyla KYM renkli karışım atanarak 3'lü renkli bant oranlanması elde edilir. Bant oranlamaları kombinasyon sayılarının çok fazla olması nedeniyle, uygun bant oranlaması seçiminin yapılmasını güçleştirmektedir. 7/4, 4/3 ve 5/7 bant oranları ile oluşturulan renk kompozisyonu KYM olarak sunulabilir. Sonuçta demir mineralleri içeren alanlar kırmızı renkte, bitki örtüsüne sahip alanlar yeşil renkte ve OH, H₂O, SO₄ ve CO içeren kil mineral alanları ise mavi renkte görülür (Kaufmann, 1988).

Demir oksit ve kil minerallerinin tayflarına bakıldığı zaman, demir oksitlerin TM3'de yüksek, TM1'de düşük, kil minerallerinin ise TM5'de yüksek ve TM7'de düşük yansımaya sahip olduğu görülmektedir. LANDSAT TM Bant 7'deki absorpsiyonun sebebi O-H bağlarının varlığından kaynaklanmaktadır. Demir oksit ve kil minerallerinin bu spektral özellikleri, TM3/TM1 bant oranının demir oksit anomalilerini ve TM5/TM7 bant oranının kil anomalilerini vereceğini açıkça göstermektedir (Sabins, 1999). 5/7 bant oranlamasının bitki örtüsüne sahip alanlarda duyarlı olduğu gözlemlenmiştir. Bitki örtüsünü uzaklaştırmak (maskelemek) için LANDSAT TM 4/3 bant oranı 5/7 bant oranından çıkarılır ve her iki bant oranı sonuçları iyileştirmek amacıyla ölçülür. Amos ve Greenbaum, (1989) yaptıkları çalışmada bu teknikte alterasyonlu alanları tespit etmişlerdir (Tablo 2.2).

Tablo 2.2 LANDSAT TM'deki indeksler ve oluşum işlemleri (San ve Sumer, 2003)

İndeksler	İşlemler
Bitki İndeksi	B4-B3
Normalize Fark Bitki İndeksi	$B4-B3 / B4+B3$
Demir Oksit	B3/B1
Kil Mineralleri	B5/B7
Demirli Mineraller	B5/B4
Mineral Kompozisyonu	B5/B7, B5/B4, B3/B1
Hidrotermal Kompozisyon	B5/B7, B3/B1, B4/B3

Kaolinit, illit ve bağımsız demir (killi alterasyon) magmatik sokulum dokanağına doğru bir artış sunarken, klorit ve smektitlerde (propilitik alterasyon) de bir azalma görülür. Toprak örneklerinin laboratuvar yansıma spektraları kaolinit-illit ve bağımsız demirdeki artışın 3/4, 4/7 ve 5/7 bantlarındaki artışa, klorit ve smektitin ise 2/3, 2/5 ve 2/7 bantlarındaki düşüőe denk geldiğini göstermektedir. Bununla birlikte klorit içrikli mineraller maskelenerek sadece sonuç haritasında arjilik alterasyonu işaret eden mineraller gösterilebilmektedir. Aynı şekilde bitki örtüsü ve demirce zengin topraklarda da maskeleyme işlemi uygulanabilir (Goosens ve Kroonenberg, 1994). Literatürde yer alan bant oranlanması yoluyla elde edilen renkli bileşimler sunulmuştur (Tablo 2.3).

Bant oranlanması sonrası en önemli konu eşik değeri tespitidir. Eşik değer belirlemek için, her iki histogramda da anomali topluluğu ile temel topluluğu birbirinden ayıran kopma noktası gözlenmemektedir. Anomali olarak kabul edilecek piksel sayısal değerlerinin sınırının ne olması gerektiğini bulmak için jeokimyasal eşik değer belirleme yöntemleri (Govett et al., 1975; Sinclair, 1991), uydu görüntülerinde de kullanılabilecek olan jeokimyasal esik değer belirleme yöntemleri (Cheng, 1999) veya görüntülerde esik değer belirleme yöntemleri (Sahoo et al., 1988) gibi ileri istatistiksel yöntemler denenebilir (Kargı ve Sarı, 2006).

Tablo 2.3 Bant oranlanması kompozitlerinin özeti (Yetkin ve diğ., 2003'den değiştirilerek)

TM Bantları (KYM)	Kırmızı	Yeşil	Mavi	Ekstra	Referans
5/3: 3/2: 4/5	Kilce zengin alanlar	Demiroksitçe zengin alanlar		Sarımsı-turuncu alanlar kil+demir oksitçe zengin	Abrams ve diğ., 1983
7/4: 4/3: 5/7	Demir iyonları içeren mineraller	Bitki örtüsü	OH/H ₂ O/SO ₄ veya CO içeren mineraller		Kaufmann, 1988
5/7: 5/4: 3/1	Kil minerali	Demir minerali	Ferik oksitler		Chica-Olmo, 2002
4/3: 2/5 : 5/4	Bitki Örtüsü	Kum Tepeler	Karbonat örtü		Mohammad ve diğ., 2001
3/7: 5/7: 5/4	Ayrılmış kireçtaşı	Taze kireçtaşı	Sabka Alanlar		
3/1: 5/7: 4/5				Yoğun altere kısımlar, koyu mavi renkli veya menekşe mavisi renkli	Abdelhamid & Rabba, 1994

2.3 Temel Bileşenler Analizi (Principal Component Analysis) ve Crosta Tekniği

Multispektral verideki farklı bantlar arasındaki yüksek deneştirme, multispektral görüntü verilerinin analizinde sıkça karşılaşılan bir problemdir. Yani, çeşitli dalga boyuna sahip bantlardan sayısal verilerle oluşturulan görüntüler çoğu zaman aynıymış gibi görünür ve benzer bilgileri sunar. Ana bileşen dönüşümü, multispektral verideki bu gereğinden fazla verileri azaltmak için oluşturulmuş bir tekniktir. Örneğin LANDSAT MSS bant 4 ve bant 5 (YK) aynı yüzey örtülerinin yansıma değerlerini verdikleri için, görsel olarak birbirlerine benzerler. Çok bantlı görüntüler istatistik analiz tekniklerine tabi tutularak, bu verilerin gereğinden fazla olanlarını azaltır ve aralarındaki deneştirmeyi düşürür. Temel Bileşenler Dönüşümü (PCA) olarak adlandırılan bu işlem ile üzerinde çalışılan bant sayılarında azalma olur ve orijinal banttaki bilgilerin çoğu sıkıştırılarak daha az bant ile çalışılma olanağı sağlanır. Küçülen varyanslı ardışık olarak çıkarılan lineer kombinezonlar (ana

bileşenler) tekniği, değişkenlerin ilişkisiz lineer kombinezonlarını seçen çok değişkenli istatistiksel bir yöntemdir (Singh ve Harrison, 1985). Bileşenler analizi yapılırken, alansal çözünürlüğü az olduğundan altıncı bant dışarıda bırakılır ve geriye kalan altı bandın (1,2,3,4,5 ve 7 TM bantları) sayısal değerleri üzerinden dönüşüm gerçekleştirilir (Kargı ve Sarı, 2006). Ancak bu çalışmada gözle fark edilemeyecek kadar küçük alanlardaki anomalilerinde ön plana çıkarılması istendiğinden, anomali görüntüsü oluştururken aynı zamanda en olası anomali noktalarını belirleme ve işaretleme yoluna da gidilir.

Temel bileşenler dönüşümü iki aşamalı bir süreci kapsar. İlk aşamada temel bileşenler algoritmasında girdi olarak n adet görüntü histogramı kullanılır. Bu algoritma, maksimum kalan değişkenlerin yönü boyunca çevrilen n boyutlu alan içerisindeki ortogonal vektörlerin oluşturduğu n temel bileşenini hesaplar. Sonuç olarak n temel bileşeni üzerindeki n adet spektral bandın projeksiyon katsayısı aşağıdaki denklem yardımıyla bulunur (Yetkin, 2003).

$$P_k = \sum_{i=1}^n a_{i,k} DN(i) \quad (\text{Yetkin, 2003})$$

P_k : Belirtilen piksel için k . temel bileşen değeri, $DN(i)$: Belirtilen piksel için i . spektral bandın sayısal değeri, $a_{i,k}$: Temel bileşen algoritması tarafından hesaplanan projeksiyon katsayısıdır.

İkinci aşama, temel bileşen alanındaki görüntünün dönüşümünü kapsamaktadır. Denklem kullanılarak her bir piksel için n temel bileşen değeri hesaplanır. Hesaplanan temel bileşenler diğer tüm bantlardan verileri içerir. Birinci temel bileşen en yüksek varyansa sahiptir ve aydınlık eğimleri, gölgelik alanlara göre önemli bir hale getirir. Genellikle homojen bir görüntü sunan n 'inci temel bileşen görüntüsünün de spektral açıdan benzersiz olan birkaç açık ve koyu piksel tarafından düzeni bozulabilir.

$N > 3$ olduğu zaman, istenilen temel bileşenlerinin üçünü kullanarak bir renkli kompozit oluşturmak mümkündür. Varyansın birçoğu ilk üç temel bileşen tarafından

temsil edildiği zaman bunlar alan birimleri arasındaki sınırları incelemek amacıyla renkli kompozitler olarak kullanılırlar (Vincent, 1997).

Bu dönüşüm ya verilerin görsel olarak yorumlanmasından önce bir zenginleştirme operasyonu olarak uygulanır ya da verilerin otomatik olarak sınıflandırılmasından önce yapılan bir ön işlem olarak uygulanır (Carr, 1998). Bu dönüşümde orijinal veriler içinde maksimum varyansa sahip doğrultular boyunca bileşen eksenleri adı verilen eksenler oluşur. Pikseller yeni koordinat eksenine yerleştiklerinde 1. ana bileşen eksenine 2. ana bileşen eksenine göre daha büyük varyansa sahiptir. Bu nedenle 1. ana bileşen eksenini veri grubunun uzun eksenini (ana eksen) belirtir ve daha fazla bilgiyi içerir. İkinci ana bileşen elipsin ana eksenini dik (ortogonal) kesen eksenidir ve birinci bileşende tanımlanmamış verilerin büyük bir kısmını tanımlar (Kaya, 2000). Diğer bantlardaki bilgiler böylece ilk iki veya ilk üç bantta toplanır ve diğer bantlarda daha az bilgi kaldığından kullanılmaz.

Crosta yöntemi olarak tanımlanan (Loughlin, 1991), dört seçmeli bant üzerinde gerçekleştirilen ana bileşenler analizi (feature orientated principal component selection) özellikle demir oksit ve kil minerallerinin haritalaması için önerilmiş bir yöntemdir (Crosta ve Moore, 1989). Diğerlerinin anlaşılır biçimde bir temel bileşen görüntülerinin içerisinde haritalandığı alanı genişleten ve bazı materyallerin haritalanmadığı temel bileşen analizi için kullanılan spektral bant girdi sayısını azaltan yöntemdir. Bu yöntem hedef materyallerin spektral özellikleri ile ilgili detaylı bir bilgiye ve atmosferik/radyometrik düzeltmeye gerek duyulmadan yapılabilmektedir. İşlenmemiş ve gerilmemiş veri üzerindeki temel bileşen analizinin her koşulda etkin olduğu düşünülmektedir. Alterasyon zonlarının tanımlanması için TBA'dan elde edilen görüntülerin güvenilirlikleri oldukça yüksektir (Yetkin, 2003).

Magnitüt ve eigenvektör yüklerinin türleri her bir temel bileşenin haritalandığı istatistiksel değişimden sorumlu toprak, kayaç ve bitki örtüsünün spektral özellikleri hakkında bilgi vermektedir ve bu Crosta yönteminin temelini oluşturmaktadır.

Demir oksit haritalaması için LANDSAT TM2, TM6 ve TM7 bantları göz ardı edilerek diğer dört bant (TM1,3,4,5) üzerinde ana bileşenler analizi gerçekleştirilir

(Tablo 2.4). PC1 genel görüntü parlaklığını, PC2 bitki görüntüsünü ve PC3 görünür ışık-kızıl ötesi ışık arasındaki farkı vurgulamaktadır. Demir oksit mineralleri ise PC4 (F) görüntüsünde koyu piksellerle haritalanır (Kargı ve Sarı, 2006). Kil mineralleri için Crosta yönteminin uygulanması da demir oksitlerde olduğu gibi yine dört bant üzerinde ana bileşenler analizini gerçekleştirmekten ibarettir. Ancak demir oksitler için TM3 karakteristik olduğu için bu bant hesaba katılırken, kil mineralleri için TM7 karakteristik olduğundan TM3 yerine TM7'nin dikkate alınması gerekir. Dolayısıyla ana bileşenler analizinin TM 1,4,5,7 bantlar üzerinde gerçekleştirilmesi gerekir (Tablo 2.4). Benzer şekilde PC1 genel görüntü parlaklığını, PC2 görünür ışık-kızıl ötesi ışık arasındaki kontrast ve PC3 çok net olmamakla birlikte bitki görüntüsünü vurgulamaktadır. Kil mineralleri ise PC4 (H) görüntüsüne koyu piksellerle haritalanır. H görüntüsü içinde TM4 bandı bitki örtüsü üzerinde negatif bir katkı yapar bu nedenle bitki örtüsü alanına önem verilmez ve bölünmez (Tangestani ve Moore, (2002)). Elde edilen F ve H görüntüleri toplanıp yeniden 256 gri tona ölçeklendirilerek H+F görüntüsü elde edilebilir ve H, H+F, F görüntülerinin KYM kanallarına atanmasıyla renkli kompozit görüntü oluşturulabilir (Loughlin, 1991). Loughlin (1991) Crosta tekniğini Nevada-USA'deki Roberts dağlık bölgesindeki alterasyon haritalaması yapabilmek amacıyla kullanmıştır. Teknik kil mineralleri ve demir oksit minerallerinin tespiti amacıyla denenmiştir ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Alterasyon alanı içerisindeki beyaz pikseller hem demir sıvamalarını hemde kil alterasyonlu alanları işaret etmektedir. Açık kırmızımsı-turuncu renkli alanlar ise kil alterasyonunun demir sıvamalarına baskın olduğu alanları gösterirken, açık yeşil - mavimsiden maviye değişen alanlarda ise demir sıvamalarının kil alterasyona baskın olduğu alanları belirttiğini saptamıştır.

2.4 En Küçük Kareler Yöntemi Metodu (Çoklu Lineer Regresyon Metodu)

Bir örneğin y_i ve x_i değişkenlerinin incelenen veri içerisinde bulunduğunu kabul edelim ve y_i 'nin değeri bilinmiyor olsun. Bilinen x_i 'e uyum sağlayan yerdeki yazılmış y_i ile tahmini y_i değerini en küçük kareler yöntemi ile hesaplayabiliriz.

$$y'_i = a_0 + a_1x_i + r_i$$

a_0 ve a_1 terimleri küçük kareler katsayılarıdır. Bu katsayılar x ve y örnek değerlerinden hesaplanır. Eşitlik birden fazla tahmini değere sahip olduğunda daha karmaşık bir hale gelmektedir. 6 adet tahmini bant olarak bant sayısı olduğu zaman, katsayı değeri 7 olacaktır. Böylece 6. dereceden polinomal bir fonksiyon bu eşitliği temsil edecektir (Mather, 1989).

Tablo 2.4 TBA dönüşümlerinde kullanılan LANDSAT bantları (Şener ve diğ., 2004)

Demir Oksit TBA Bantları		Kil Mineralleri TBA Bantları	
Bant	Açıklama	Bant	Açıklama
1	Düşük demir yansımaları	1	Düşük bitki yansımaları
3	Yüksek demir yansımaları, bitki absorpsiyonu	4	Yüksek bitki yansımaları, düşük kil yansımaları
4	Yüksek bitki yansımaları, düşük demir yansımaları	5	Kil mineralleri yansımaları
5	Demir oksit farklılıkları	7	Kil mineralleri absorpsiyonu

Bu teknik bantların lineer tanımlamalarının değişkenleri gibi davranan bir girdi verisi olarak kullanıldığını varsaymaktadır ve eşitliğin y değeri de, diğer bir deyişle tahmini bant değeri bize hesaplanan sonucu (çıkış değerini) verecektir. Bu tahmini bant lineer eşitliğe göre olması gereken bantı gösterir. Kil minerallerini haritalamak için kullanılan bantlar içerisindeki bitki örtüsünün sebep olduğu bu yansımalar bu teknik ile uzaklaştırılabilir. Diğer bant içerisindeki yansımaların kullanılması ile hesaplanabilen değerle tahmini bant içerisindeki bitki örtüsü haritalanabilir. Çoklu regresyon analizinin sonucu olarak elde edilen katsayı ve sabit değerleri aşağıda sunulmuştur (Tablo 2.5). Bu formül şu şekilde özetlenebilir.

$$\text{Tahmini Bant} = a1B1 + a2B2 + a3B3 + a4B4 + a5B5 + \text{sabit}$$

$B1...n$: bağımsız veya tahmini değişkenler; $A1...n$: $B1...n$ için en küçük kareler katsayılarını ifade etmektedir.

Tablo 2.5 Altıncı dereceden bir polinomal eşitliğin katsayı ve sabitleri

Görüntü	Sabit	Bant1	Bant2	Bant3	Bant4	Bant5	Bant7
Bant1	36,944		1,546	-0,096	-0,049	-0,080	0,154
Bant2	-1,051	0,224		0,395	0,038	-0,006	-0,025
Bant3	-14,668	-0,058	1,658		-0,044	0,028	0,105
Bant4	27,965	-0,265	1,409	-0,391		0,799	-0,961
Bant5	12,778	-0,296	-0,155	0,168	0,548		1,451
Bant7	-5,789	0,205	-0,232	0,228	-0,235	0,518	

Artık (residual) bant3, artık bant 7 ve artık bant 1'i kullanarak hematit / kil / götit haritası oluşturulabilir. Bu bantlar için artıkların hesaplandığı zaman görünür bantların ve kızılötesi bantların kullanılması önemlidir. Böylece LANDSAT TM bant 1, 2 ve 3 'ün bantlarını artıklarının yerine kullanılması ve bant 4, 5 ve 7'nin lineer eşitlik için artıklarının yerine kullanılması daha uygun olacaktır. Artık bant 3, artık bant 7 ve artık bant 1'in sırasıyla KYM gösterimi aşağıdaki şekilde açıklanabilir (Tablo 2.6).

Tablo 2.6 Artık bantların KYM şeklinde gösterimi ve uygun mineral kompozisyonları (Yetkin, 2003'den değiştirilerek)

Renk	Mineral 1	Mineral 2	Mineral 3
Beyaz	Götit	Hematit	Kil
Turuncu	Hematit	Kil	
Mavi-Yeşil	Götit	Kil	
Mor	Hematit	Götit	
Kırmızı	Hematit		
Yeşil	Kil		
Mavi	Götit		

Minumun Gürültü Fraksiyonu (Minimum Noise Fraction), azalan sinyal kalitesiyle bir grup temel bileşenleri oluştururlar (Green ve diğ., 1988). Ferrier ve diğ., (2002) Midilli adasındaki yaptığı çalışmada MGF'yi kullanmıştır. 5. MGF görüntüsünün arazi jeologu tarafından bölgede tespit ettiği alterasyonlu yüzlekleri gösterdiğini saptamışlardır.

Spektral ayırtlama (spectral-unmixing) metodu (Adams ve diğ., 1986), spektral bileşenlerin üzerindeki çizgiselliğe bağlı ölçülen spektrumu belirtmektedir. Spektral ayırtlama, bitiş üyesi bileşenlerinin miktarı ile ham bitiş üyesi yansımalarının çarpımı ile elde edilir (Pekesin, 2005).

$$R_{\text{mixture}} = \sum f_i \times R_{\text{min}} + \varepsilon \quad (0 \leq f_i \leq 1)$$

R_{mixture} : model mineral karışım yansımaları, f_i : mineral oranı, R_{min} : mineral laboratuvar yansımaları, ε : olağan hata

Spektral ayırtlama, karmaşık piksellerin oluşturduğu sorunların üstesinden gelmesi amacıyla geliştirilmiştir. Karmaşık pikseller, piksellerin genellikle heterojen yayılması nedeniyle oluşurlar. Pikseller genellikle farklı çevre örtülerinin birçok fonksiyonlarını içermektedir. ETM+ kullanımında görüntü 30m x 30m. pikseller içinde kalan her şeyi sunacaktır. Spektral ayırtlama birçok türetilen / tahmin edilen son üyelerdeki bu fonksiyonlara yaklaşımı sağlamak amacıyla yapılır. Son üyeler, spektral kataloglardan veya görüntüden yaklaşım sağlanarak tespit edilir. Laboratuvar türleri ile arazide ölçülen örnekler arasında bazı değişiklikler bulunur. Bu değişiklikler atmosfer ile olan etkileşimden, örneğin kimyasal kompozisyonundan, tane boyutu ve dokusundan, nem içeriğinden dolayı gerçekleşir (King, 2003).

ASTER'in geliştirilmiş spektral çözünürlüğü daha eski görüntü işleme tekniklerine daha az ihtiyaç duyulmasını sağlamıştır. ASTER verisi mineral tayinleri ve yüzey görüntüleri ile doğrudan alterasyonlu alanları saptayabilmektedir. Mineral araştırmalarında bu verilerin yararı çok büyüktür ve en son teknolojilerle bu veriler daha da geliştirilmektedir.

Crosta ve diğ., (2003), Patagonia-Arjantin'de epitermal altın sahaları üzerinde haritalama amacıyla temel bileşenler analizini (PCA) ASTER görüntüsünün SWIR (kısa dalga kızılötesi ışını) bantları üzerinde yapmıştır. ASTER SWIR bantları ile LANDSAT TM 5 ve 7 nolu bantlar incelendiğinde benzer kil ve demir oksit birliktelikleri gösterdiği saptanmıştır.

Crosta ve diğ., (2003), spektrumun ASTER VNIR (çok yakın kızıl ötesi ışını) ve SWIR kısımları içerisindeki anahtar alterasyon minerallerinin karakteristik spektral özelliklerinin pozisyonuna göre alt kümeleri oluşturmuştur (Tablo 2.7)

Tablo 2.7 Temel bileşenler analizi içerisindeki mineral yoğunluk haritasının oluşturulması için kullanılan ASTER bantları (VNIR + SWIR) (Crosta ve diğ., (2003))

	Alterasyon Mineralleri			
	Alünit	Illit	Kaolinit + Smektit	Kaolinit
ASTER Bantları	1	1	1	1
	3	3	4	4
	5	5	6	6
	7	6	9	7

Kaolinit ASTER Bant 4 ve 7 içerisinde yüksek yansıma değerleri sunarken, 1 ve 6. bantlarda ise kuvvetli absorpsiyon sunmaktadır. Bu bantların PCA eigenvektör istatistik değerlerinde, Bant 4'ün PC4 yüksek ve negatif değere ve Bant 6'nın PC4 yüksek ve pozitif değerlere sahip olduğu görülmektedir. Bu da kaolinitin PC4'de koyu DN ile görülebileceğini işaret etmektedir. Crosta ve diğ., (2003) araziden aldıkları PIMA örneklerini ASTER kaolinit-illit ve alünit değerleri ile karşılaştırmıştır ve büyük oranda doğruluk sağlamışlardır.

Ninomiya (2003) litolojik ve mineralojik haritalama yapmak amacıyla bant oranlarını kullanmıştır. ASTER ile bant oranlamaları kullanmak ETM+'ye göre daha uygun bir yöntemdir. Çünkü daha küçük bantlar inceleme alanının absorpsiyon / yansıma özelliklerini net olarak hedeflemekte yardımcı olur. Ninomiya (2003)'ün, mineralojik haritalama yapmak için kullandığı genel mineral indisleri belirtilmiştir (Tablo 2.8).

Tablo 2.8 Mineralojik haritalama için kullanılan ASTER bant indisleri (Ninomiya, 2003)

Hedef Mineral	Bant Oranı
OH içerikli alterasyon mineral indis	(Bant 7 / Bant 6) x (Bant 4 / Bant 6)
Kaolinit indis	(Bant 4 / Bant 5) x ((Bant 8 / Bant 6)
Alünit indis	(Bant 7 / Bant 5) x (Bant 7 / Bant 8)
Kalsit indis	(Bant 6 / Bant 8) x (Bant 9 / Bant 8)

Ninomiya (2003), genel litoloji tayini/haritalaması amacıyla bazı litolojik indisleri de belirtmiştir (Tablo 2.9). Bununla beraber toplam silika içerikli litolojilerde bazı problemler yaşanmıştır. Yazar, değişken SiO₂ oranının karbonatların etkilerini ayırtlamak için kullanılabileceğini önermektedir.

Tablo 2.9 Genel litolojik haritalama için kullanılan ASTER bant indisleri (Ninomiya, 2003)

Litolojik İçeriği	Bant Oranı
Kuars (QI)	(Bant 11 / Bant 10) x (Bant 11 / Bant 12)
Karbonatlar (CI)	Bant 13 / Bant 14
Toplam SiO ₂ içeriği (SI)	Bant 12 / Bant 13
Değişken SiO ₂ içeriği	$SI_i = SI / CI_i$ (i, karbonatların etkilerinin ayrılma derecesi olarak kabul edilir ve i=3 alınması önerilir)

Ninomiya (2003), bantların ASTER görüntüsünün ortalama değerlerine göre ayarlandığında olumlu sonuçlar verdiğini saptamıştır. Bu standardizasyon Liu (1991) tarafından geliştirilen ve belirlenmiş ortalama veya değer aralığındaki bandın gerilmesini ve sıkılaşmasını sağlayan Dengelenmiş Kontrast Zenginleştirme Tekniği (Balanced Contrast Enhancement Technique) ile yapılabilmektedir. Ninomiya (2003) tarafından bulunan bu sonuçlar iyi yüzeylemiş kayaçlarda ve seyrek bitki örtüsü olan alanlarda uygulanabilmektedir.

Litoloji haritalaması amacıyla kullanılan ASTER epitermal alterasyonları saptamak için çok yararlıdır. Litoloji bir epitermal sistemin bir bölgede gerçekleşebilmesi için uygun koşulların olabileceğini işaret eder. Kestler (1994), de belirttiği gibi bir hidrotermal sistem için sıcak su çıkışları ve bunu sağlayacak bir magmatik aktivitenin (sıcak su kaynağına) varlığına ihtiyaç duyulmaktadır. Bununla birlikte alterasyon sistemleri bu magmatik/vulkanik kayaçların içinde veya çevresinde oluşmaktadır. Görüntüden elde edilen litoloji haritaları ile potansiyel alterasyon alanının bize bu tür çevrelere yakın veya içinde olup olmadığını gösterilecektir.

Rowan ve Mars (2003), Kaliforniya-Mount Pass bölgesinde yaptıkları litolojik haritalama için ASTER'ı kullanarak ayrıntılı bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışma

ile kireçtaşı, dolomit, Al-muskovit ve Fe-muskovitler başarılı bir şekilde ayırt edilebilmiştir. Klorit, hornblend, epidot ve biyotit gibi Mg-O-H mineralleri ve Al-O-H mineralleri bile yansıyan veride tayin edilebilmiştir. Alınan görüntüde kuvarsit, kumtaşı ve silisli kayalar ayırt etme olanağı da sağlanmıştır. Bununla birlikte küçük yüzleğe sahip olan magmatik kayalar 90m. piksel çözünürlük içerisinde net olarak ayırt edilmiştir.

ASTER için önceden örneklenen spektral çözünürlükler yüksek eğimler sunan ana mineraller ve litolojilerin birkaç benzersiz absorpsiyon özelliklerini tanımlamakta başarılıdır. Crowley ve diğ., (1989), tarafından geliştirilen Göreceli Absorpsiyon Bant Derinliği (Relative Band Depth) metodu, doğruluk oranını yükseltmek amacıyla kullanılmaktadır. Görüntüler net olarak absorpsiyon yoğunluklarını gösterir ve detaylı spektral analizlerden daha az zaman harcanmasını sağlar. RBD genel olarak şu formül ile bulunabilmektedir (Crowley ve diğ., 1989) :

$$RBD = (Bant 1 + Bant 2) / Bant 3$$

Rowan ve Mars (2003), kireçtaşlarının oluşumuna benzer CaCO₃ absorpsiyonu sunan piksellerle elde ettikleri litolojik haritaların RBD metodu ile uyumlu olarak çalıştığını belirtmektedir.

Bu çalışmalar daha önceki denenmiş bilgilerin bir özeti olup, epitermal alterasyon zonlarının tespitiyle ilişkili birçok yöntem ve algılayıcılar kullanılarak bulunmuştur.

BÖLÜM ÜÇ

UYGULAMALAR

3.1 Veri Girişi

Analizler boyunca LANDSAT 5 TM, LANDSAT 7 ETM+ ve ASTER uydularının tematik haritalayıcı görüntülerinden yararlanılmıştır. Bazı yerler için ASTER görüntüleri var olmadığından sadece LANDSAT TM görüntüleri üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Tematik haritalayıcı bantlarından 1, 2, 3, 4, 5 ve 7 birçok işlemde sıkça kullanılırken, termal bant olan, 6. bant sadece renkli kompozitlerde kullanılmıştır. Çalışmalar esnasında coğrafik / bölgesel projeksiyon sistemi olarak European 1950 (ED50) kullanılmıştır. Bölgesel çalışmalar da ise datum olarak UTM 35N seçilmiştir.

Burada bazı araştırma sahaları, alterasyon ve jeoloji haritaları üzerinde uygulamalarla incelenecektir. Araziden alınan örneklerle sayısal olarak yapılacak mineral haritaları karşılaştırılarak uzaktan algılama sistemlerinin doğruluk oranı saptanacaktır. Bunun dışında bazı alanlarda da (örnek alınmamış) sadece alterasyon / jeoloji bakımından irdelenerek potansiyel maden yatakları açısından olabilirliği ve yer doğrulamaları (ground truthing) yapılmasının faydaları tartışılacaktır.

Mineraller için laboratuvar spektrum verileri USGS spektral kütüphanesinden elde edilmiştir. LANDSAT TM'den ayrı olarak daha önceden seçilmiş mineraller için laboratuvar spektrum verileri USGS spektrum kütüphanesinden kolaylıkla elde edilebilir (<http://speclab.cr.usgs.gov/spectra-lib.html>). Bu minerallerin spektral yansımaları laboratuvar koşullarında analiz edilmiştir. Örneklerin nereden alındıkları, homojen oluşu, fiziksel ve kimyasal özellikleri, kompozisyonları XRD, EM ve XRF sonuçlarıyla birlikte yansıma verilerine eklenmiştir (Clark ve diğ., 2003).

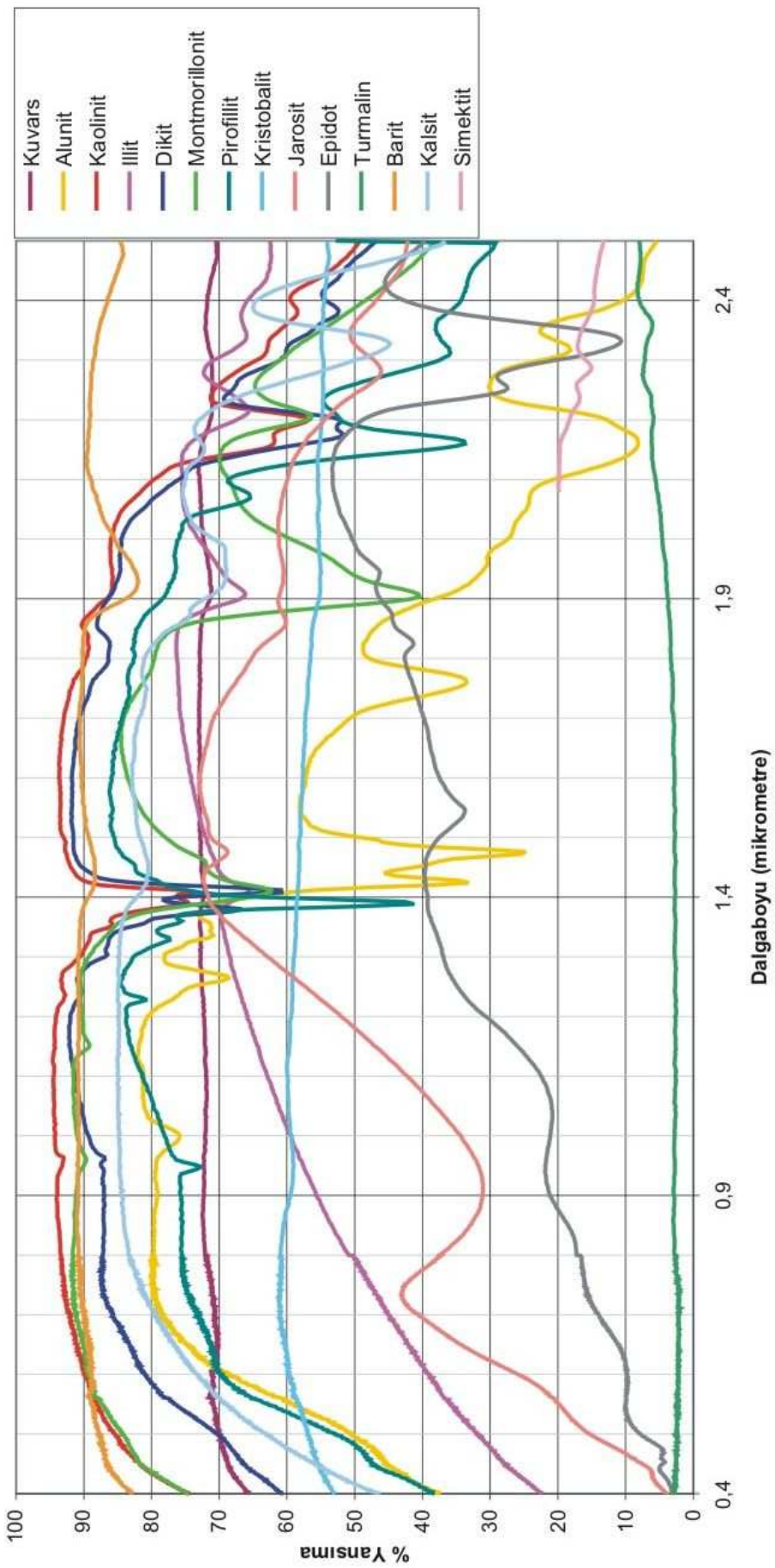
USGS veri bankasında farklı içeriklere sahip ve farklı lokasyonlarda toplanmış birçok örnek yer almaktadır. Bu çeşitlilik, örnekte farklı kimyasal çeşitliliğe, farklı spektral eğrilerin ve farklı yansıma yoğunlukların ortaya çıkmasına neden olur. Bununla birlikte tüm örneklerin benzer minerallere uygun olması sağlar böylece benzersiz örneklerin çoğunluğu tipik bir spektral gidiş gösterir.

USGS kütüphanesinde, sayısal tematik haritalayıcı spektral arşiv koduna sahip alanda gerek TM gerekse ASTER ile ilgili tüm spektral verilere ulaşmak mümkündür. Clark ve diğ., (2003) tarafından yoğun bir çalışma sonucu oluşturulan bu veri arşivi altı bölümden oluşur. Birinci kısım mineralleri, ikinci bölüm toprak-kayaç ve karışımları, üçüncü bölüm örtü materyalleri, dördüncü bölüm akışkanları, beşinci bölüm insan eliyle üretilen kimyasal maddeleri ve altıncı bölüm de bitki örtüsünü kapsamaktadır. Bu çalışma içerisinde 1, 2 ve 6 nolu veri arşivleri kullanılacaktır.

Çalışılacak alanlar birinci bölümde koordinatları ile birlikte verilmiştir (Tablo 1.5). Bu alanların bir bölümü günümüzde işletilen veya işletme safhasına yakın cevher yataklarını oluştururken bir bölümü de potansiyel maden yataklarını kapsamaktadır. Bu çalışma genel olarak iki farklı türde oluşan epitermal sistemler (düşük sülfidasyon ve yüksek sülfidasyon) üstünde yoğunlaşmıştır. Epitermal sistemlerin genel alterasyon minerallerini oluşturan kuvars, alünit, kaolinit, illit, montmorillonit, smektit, pirofillit, dikit, kristobalit, epidot, kalsit, jarosit, turmalin ve baritin laboratuvar spektral yansımaları gösterilmiştir (Şekil 3.1).

Uygulamalar bölümünde kullanılan temel yazılımlar ARCGIS 9.2, Mapinfo 8.0, ER Mapper v7.0 ve Microsoft Excel'dir. Arazi aşamasında kullanılan gps yaklaşık 3-5 metrelik hassasiyete sahiptir.

Yüksek / Düşük Sülfidasyon Mineralleri Laboratuvar Spektrel Yansımaları



Şekil 3.1 Düşük ve yüksek sülfidasyona ait minerallerin laboratuvar spektrel yansımalarına ait çizelge (ham veriler USGS'ten alınmıştır)

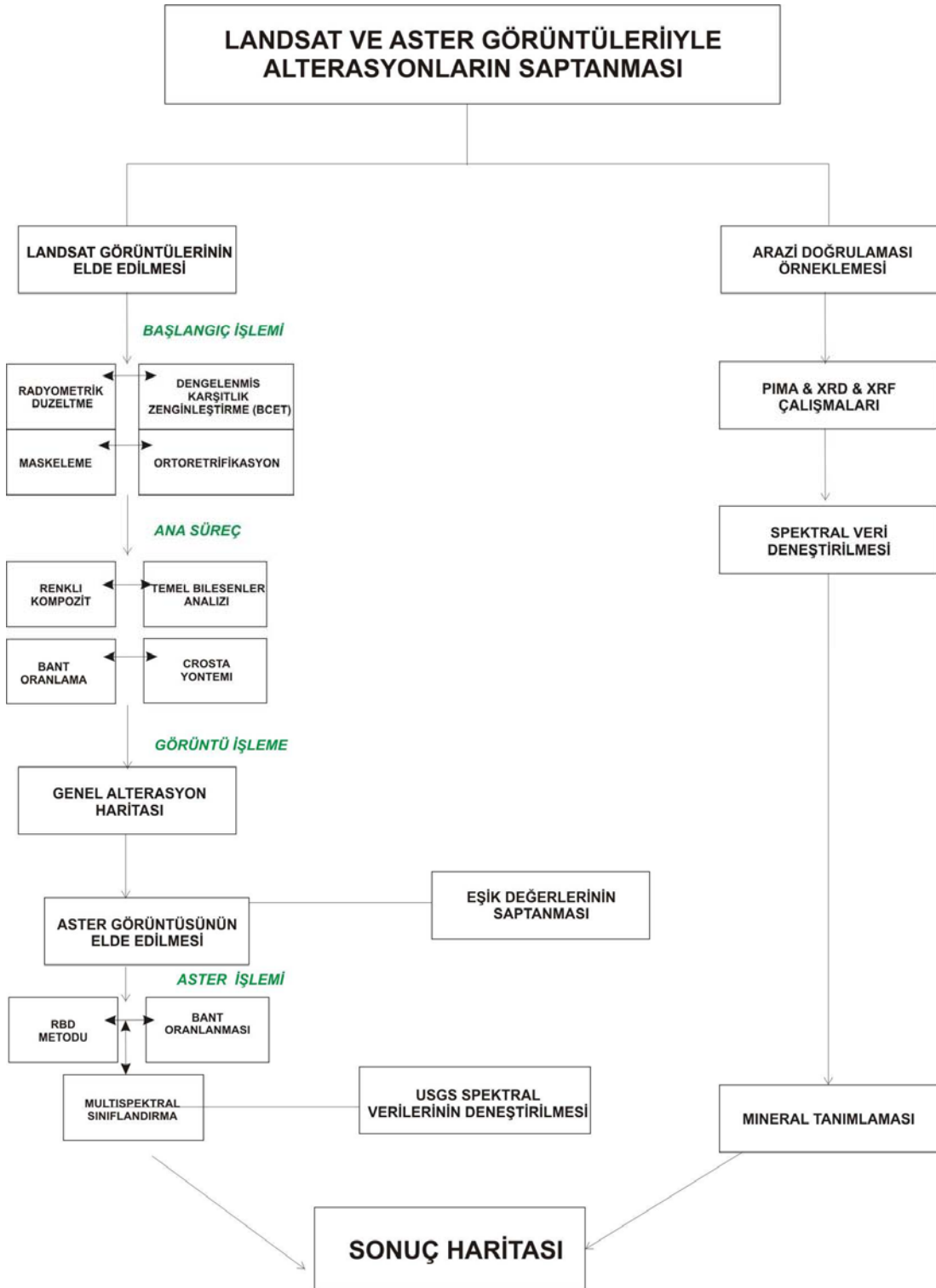
3.2 Ön İşlemler

Görüntü üzerindeki atmosferik veya donanımlara bağlı olarak oluşabilecek hataları örtmek amacıyla radyometrik ve geometrik düzeltmeler yapılır. Spektrumun 0,4 – 2,4 μm alanının içindeki multispektral bantlar, değişken değerlere sahip sinyal etkileşimlerine maruz kalmaktadır. Bu atmosferik etkiye atmosferik etki (haze) denir ve çok duyarlı bantlar ile daha az duyarlı bantların korelasyonu sağlanarak uzaklaştırılabilir (Mather, 1989; Jensen, 1996)

TM bant 1, 2 ve 3 bant 7 ile korele edilerek atmosferik etki değerleri belirlenir. Bant 1’de korelasyon sonucu elde edilen değerler (atmosferik etki değeri) TM bant 1den çıkartılır. Böylelikle atmosferik koşullardan oluşan radyometrik hata önlenmiş olur. TM bant 2 ve bant 3 içinde aynı uygulamalar yapılarak düzeltmeler sağlanır (Yetkin, 2003). Uyduların fiziksel ve geometrik durumlarıyla ilgili sistematik ve sistematik olmayan çarpıklıkların uzaklaştırılması amacıyla geometrik düzeltmeler uygulanır. Birçok uzaktan algılama verisi sistematik hataları düzeltilmiş olarak kullanılmasına rağmen sistematik olmayan hatalar hala görüntülerde mevcut bulunmaktadır (Jensen, 1996).

Çalışma kapsamında öncelikli araştırmalar LANDSAT TM ve LANDSAT ETM+ görüntüleri üzerinde uygulama alanlarının tespiti ve metodu denemek amacıyla yapılacaktır. Tüm görüntüler üzerinde su maskeleyme işlemi ve dengelenmiş karşıtlık zenginleştirme tekniği (BCET) uygulanarak istenmeyen sinyaller ve bant içindeki düzensizlikler giderilecektir.

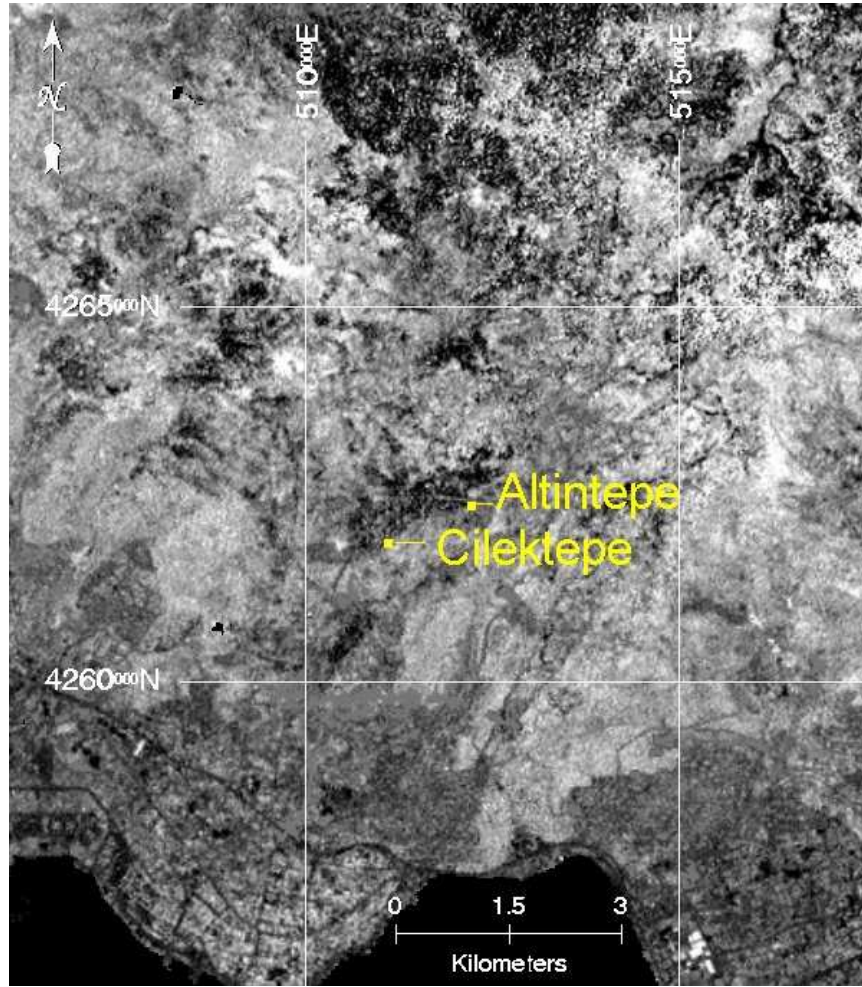
Çalışma prensibi genel akım şeması çerçevesinde uygulanacaktır (Şekil 3.2). Çalışma esnasında her bir analiz sonucu bir önceki ile karşılaştırılacaktır. Renkli kompozitler, bant oranlaması, temel bileşenler analizi ve Crosta yöntemleri uygulanacaktır. Uygulamalar sonucunda elde edilen görüntü potansiyel alterasyon alanını oluşturacaktır. Bölgeden alınan spektral nitelikleri belli olan sonuçlarla bu alterasyon haritaları karşılaştırılacak ve uygulamanın verimliliği tartışılacaktır.



Şekil 3.2 Çalışma prensibini gösteren akım şeması

3.3 Uygulama Kalibrasyonu

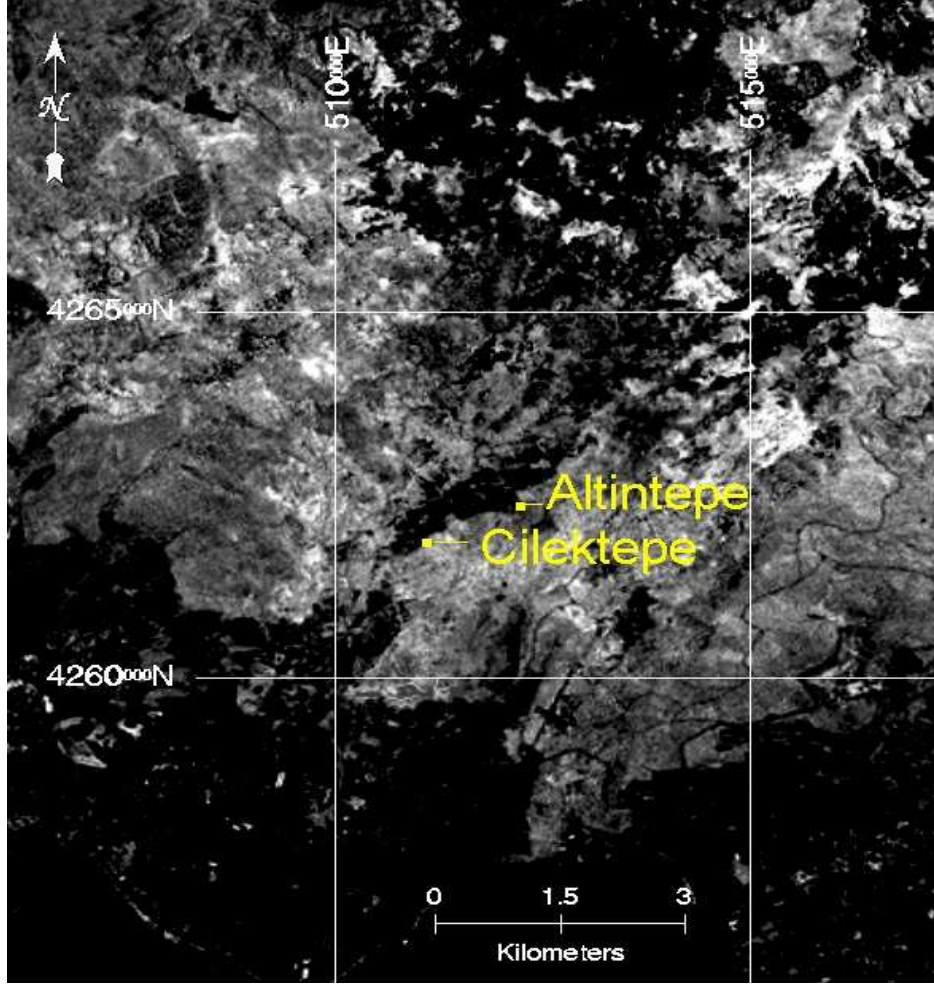
Başlangıç incelemeleri standart kil ve demir oksit oran görüntüleri kullanılarak yapılacaktır. Yapılacak çalışmalarda İzmir kuzeyinde yer alan Altintepe / Çilektepe bölgesini kapsayan görüntüler kullanılacaktır. Demir oksit oranının tespit edebilmesi için ETM+ bant 3 ile bant 2 oranı kullanılır (Şekil 3.3)



Şekil 3.3 Kuzey İzmir alanı, BCET demiroksit görüntüsü, ETM + 3/2
(King, 2003'den değiştirilerek)

Görüntü, birçok yeryüzü alanını göstermektedir ve alterasyonlu alanları göstermesi açısından başarılı değildir. Bununla birlikte birçok toprak örtüsü ve kayaç yüzeylerinde mevcut olan demir oksitin bir alterasyon belirteci olarak kullanması yanıltıcı olabilir.

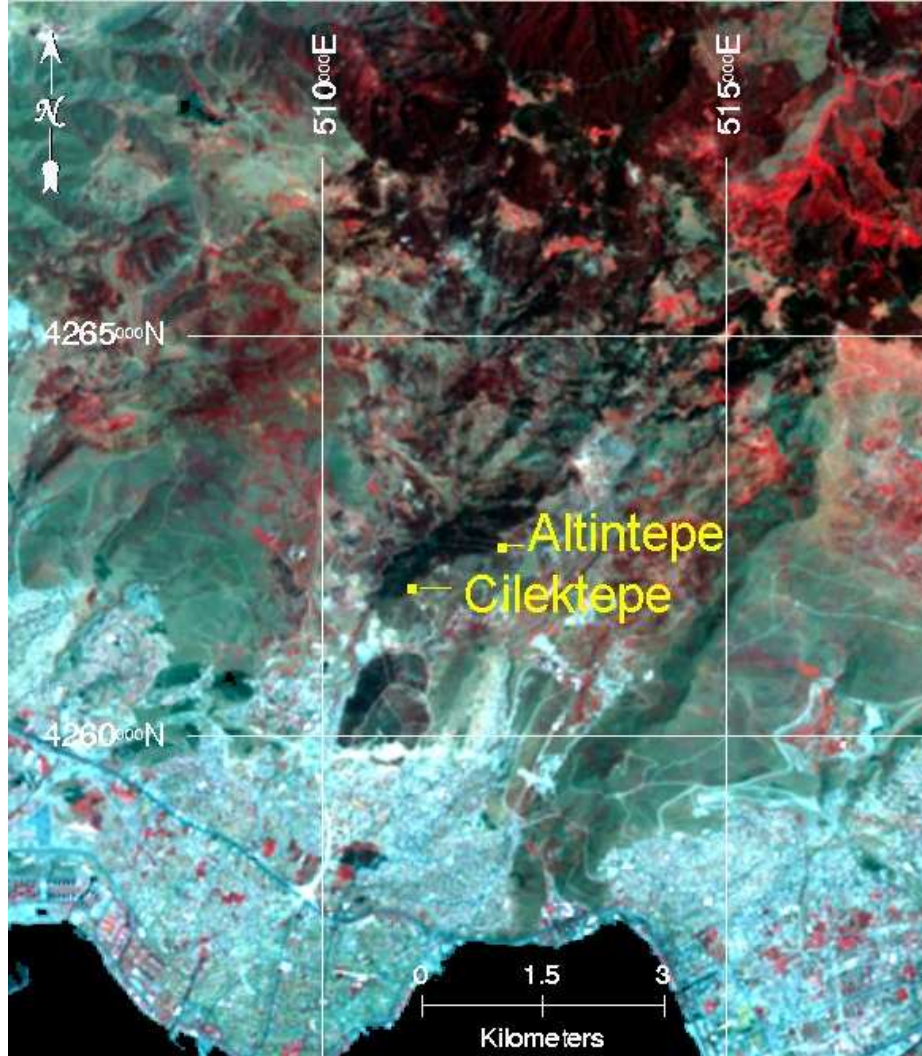
ETM+ bant 5 ve bant 7 kil oranı, aynı bölge için düzenlenmiştir (Şekil 3.4). Görüntüye yüksek piksel değerlerini -açık renkli alanlar- belirginleştirmek için karşıtlık gerilmesi uygulanmıştır.



Şekil 3.4 Kuzey İzmir alanı, BCET kil oranı, ETM+ Bant 5/7, kontrast gerilmesi uygulanmıştır (King, 2003'den değiştirilerek)

Altintepe / Çilektepe alanı belirgin alterasyonun bulunduğu bir altın cevher yatağıdır. Sonuçta görüntü içerisindeki belirgin açık tonlardaki alanların bulunduğu kısımlarda kil oluşumları görülebilmektedir. Fakat açık renkteki yerlerin sayılı oldukları ve bu alanların araştırılan alanlardan farklı bir yerde oldukları görüntüden anlaşılmaktadır. Bu nedenle yüksek karşıtlık sunan bu alanlar doğruluk açısından araştırılmalıdır. Şekil 3.4'de en yüksek renk açıklığına sahip alan olarak 4265000 grid çizgisinin üst tarafları görülmektedir. Mantıksal olarak uygulanabilir ilk yöntem

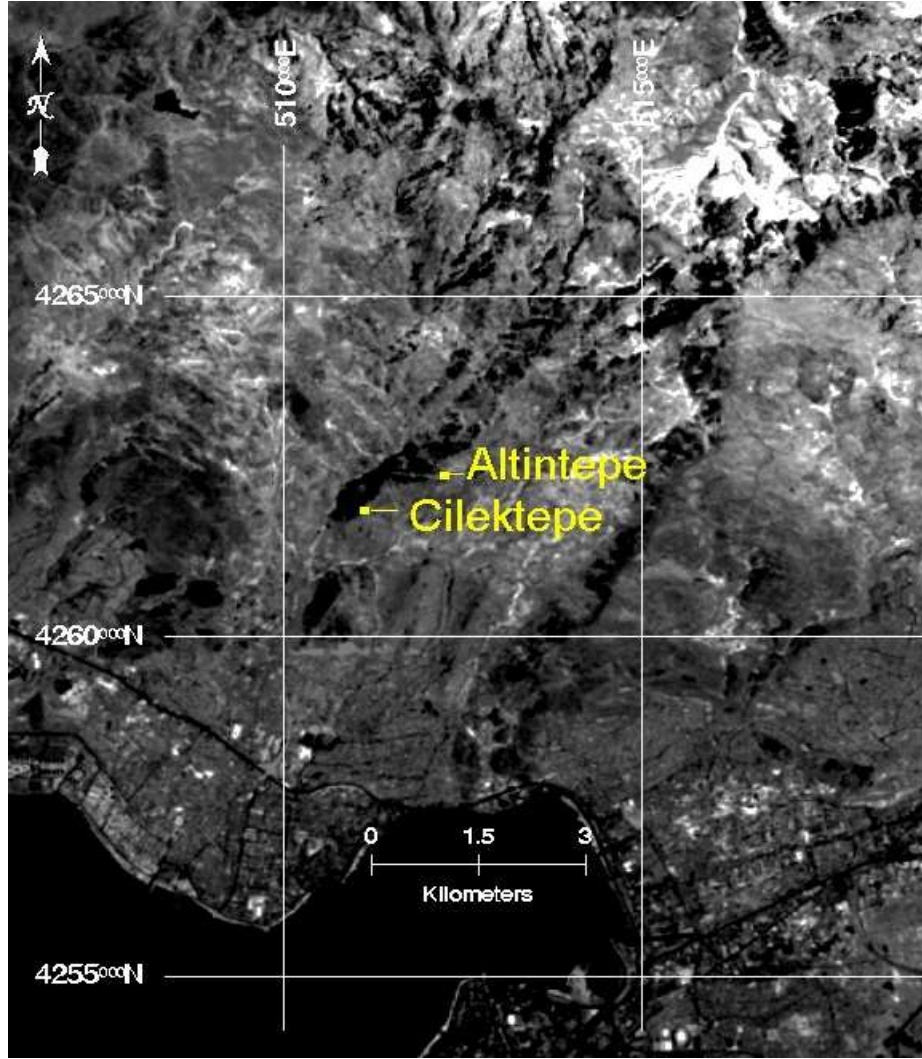
bölgenin bitki örtüsüyle çevrelenmiş olabileceğinin araştırılmasıdır. Bitki örtüsü standart ETM+ 432 KYM yapay renkli kompozitlerinde görülebilir (Şekil 3.5). Bu bant kombinasyonu kırmızı (ETM+3) ve yakın kızılötesi (ETM+4) arasında bitki içerisindeki yansıma farklılığından oluşmaktadır.



Şekil 3.5 İzmir kuzey alanı, ETM+'nin BCET yapay renkli kompoziti, 432 KYM bandı (King, 2003'den değiştirilerek)

Bitki örtüsünün bulunduğu kısımlar görüntüde kırmızı renkli olarak görülmektedir. Kil alterasyonu gösteren alanlar (Şekil 3.4) bu görüntü üzerinde tekrar incelenmiş ve bu alanların bazı kısımlarında da -açık beyaz renkli alanlarda- kil konsantrasyonunun varlığını doğrulanmıştır. Doğrudan kil oran görüntüsüyle karşılaştırılan bu görüntü için Normalize Fark Bitki İndeksi (NDVI; $B4-B3 / B4+B3$)

kullanılmıştır. Bu işlem sonucundaki görüntüde açık renkli piksellerin bir kısmının da bir çok çeşitlilikteki güçlü / sağlıklı bitki alanlarını gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 3.6).



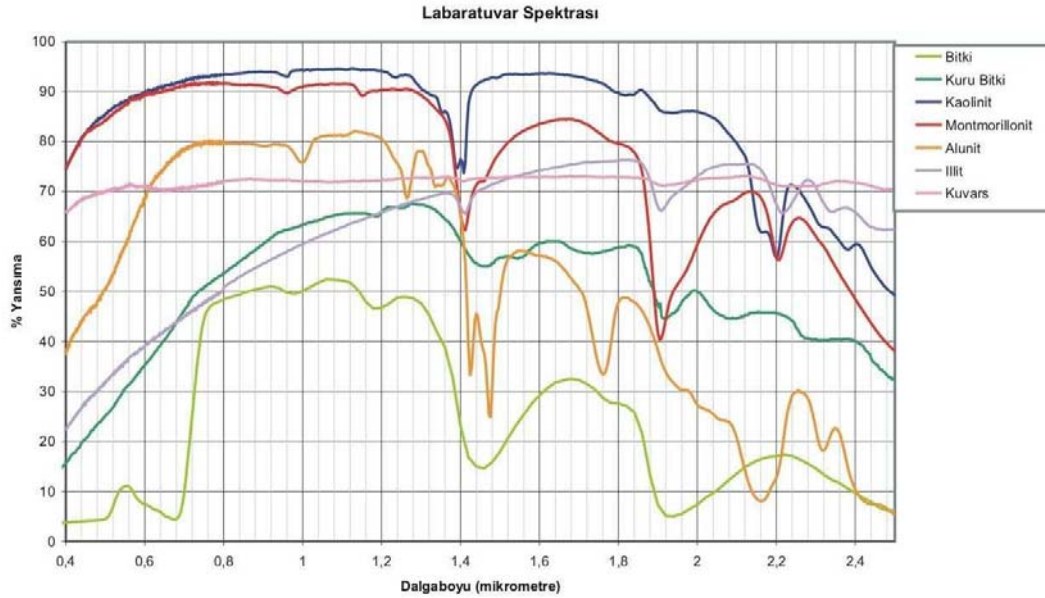
Şekil 3.6 İzmir kuzey alanı, ETM+'nin BCET NDVI, ETM+ Bant 4, Bant 3, kontrast gerilmesi uygulanmıştır (King, 2003'den değiştirilerek)

Kil görüntüsü ile karşılaştırıldığında (Şekil 3.4) görüntü içerisindeki açık renkli alanlar arasında da güçlü bir korelasyonun bulunduğu belli olmaktadır. Kil görüntüsü tayinleri esnasında ancak bitki örtüsünün maskelenmesi ile daha doğru tespitler yapılabilir.

3.3.1 Problem

Başlangıç işleme metotlarında kullanılan demir oksit ve kil görüntüleri alterasyonlu alanların tayininde başarılı olamamıştır. Demir oksitlerin birçok alanda yoğun olarak gözükmesi, bitki örtüsü ve kil konsantrasyonu olarak gözükten alanlar arasındaki (Şekil 3.4 ve 3.6) benzerliklerde bazı sorunlar saptanmıştır.

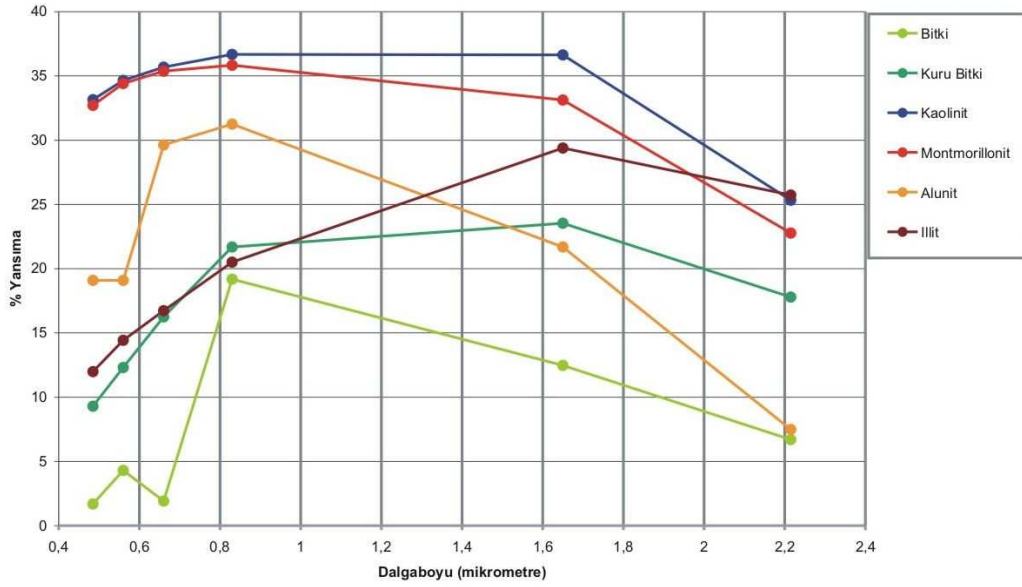
Bu problemi oluşturan benzerliklerin kökeninde, özellikle ASTER SWIR bandındaki kil ve bitki örtüsünün spektral yansımaları yer almaktadır. Şekil 3.7’de bitki örtüsü (kurumuş ve sağlıklı) ve ana alterasyon minerallerinin genelleştirilmiş yansıma grafiği yer almaktadır. Bu grafiklerin özellikleri ETM+ ve TM tarafından incelenen alanların içerisinde elde edilmiştir. Bu alandaki bantların birbirleri ile arasındaki yansımaları ayırtetmek güçtür. Ancak kuvars mineralleri diğerlerinden kolaylıkla ayırt edilebilmektedir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Bitki örtüsü ve ana alterasyon minerallerinin spektral yansıma eğrileri (ETM+ 5, 6) (USGS ASTER spektral kütüphanesinden değiştirilerek)

Her bir ETM+ bandının merkez noktasına denk gelen mineral yansımalarının alt örnekleme ile bir grafik elde edilmiştir (Şekil 3.8). ETM+ spektral çözünürlüğünün 5. ve 7. bantları kullanılarak yapılan standart kil oranıyla bitki ve alterasyon

mineralleri arasında ayırım sağlayamamaktadır (Şekil 3.8). Alterasyon mineralleri ve bitki arasındaki farklı yoğunluğa rağmen, 5. ve 7. bantlar arasındaki yaklaşık dağılım ve eğim açıları çok benzerdir. Sonuçta kil oranı ile bitki örtüsü benzerlik gösterdiğinden kil yansımısını da maskeleymektedir. Bu durumda LANDSAT 5/7 kil görüntüsünde (Şekil 3.4) görülen mevcut alterasyon alanındaki yansımının yeterince parlak olmamasını da açıklamaktadır.



Şekil 3.8 Bitki ve ana alterasyon minerallerinin spektral yansımaları, ETM+ çözünürlüğüne göre alt örneklemesi uygulanmıştır (USGS-ASTER spektral kütüphanesinden değiştirilerek)

3.3.2 Çözüm

Bitki yansımaları içindeki değişimler boyunca mineral yataklarıyla ilişkili alterasyon haritaları üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda toprak içindeki metallerin de bitki örtüsünü etkileyebileceği saptanmıştır. Sabins (1999) bitki örtüsüne zengin alanlarda yapılacak olan uzaktan algılama yöntemlerinin oluşturulmasında bitkilerin spektral yansımaları ile bulunduğu toprağın metal içeriği arasındaki ilişkinin temel alınabileceğini varsaymaktadır. Labovitz ve diğ., (1983) bazı durumlar dışında, yeşil ve kırmızı banttaki bitki yansımalarının metal yığılmasına bağlı olarak arttığını belirtmiştir. Bu değişimler oldukça yavaş olup ASTER veya ETM+'de ayırtılabilmesi güçtür ve ancak yansımalarındaki artış ile

belli olmaktadır. Bununla birlikte araştırma ve deneyler, bitkiden gelen yansımaları tutacak veya geri yansıtmak yöntemlere ihtiyaç duymaktadır.

Başlangıç çözüm yolu olarak, kil görüntüsünden NDVI görüntüsünü çıkartmak gerekir. Buna rağmen bu yöntemde kesin bir sonuç vermemektedir. Görüntü içerisinde test alanı dışındaki diğer önemi olmayan alanlarda anomaliler görülmektedir. Bunun sebeplerinden biri de alterasyon minerallerinin NDVI görüntüsü üzerindeki kuru bitkilere olan benzerliğidir. Mevsimsel olarak incelenecek görüntülerle de ayırtlama işlemleri yapılabilir.

Smith ve diğ., (1985) tarafından oluşturulan spektral ayrılma (spectral-unmixing) yöntemi uygun bir işlem olabilir çünkü bu yöntem Batı Anadolu'da uygulanarak yaklaşımlar elde edebilmek amacıyla Ferrier ve diğ., (2002) tarafından Lesvos'da denenmiştir. Carranza ve Hale (2002) spektral ayrılmanın bitki örtüsü içeren alanlarda uygulanmasının belirsiz sonuçlar vereceğini belirtmiştir. Carranza ve Hale (2002) alterasyon haritalaması sırasında bitki örtüsünün yol açtığı problemleri önlemek amacıyla kullanılabilir bir çalışma oluşturmuşlardır. Çalışmacılar, düşük korelasyona ait bantları kullanmışlardır. Tablo 3.1'de benzer değer aralığı ve ortalamaya sahip bantların olduğunu kanıtlamak amacıyla kullanılan BCET dönüşümü ve su maskeleyesi yapılmış LANDSAT görüntülerindeki korelasyon matrisi görülmektedir. Tablo 3.1'de 4. ve 7. bantların düşük korelasyon değerlerine sahip olduğu görülmektedir ve bant 4 ile bant 7 oranının spektral yansıması bitki alanına göre killi (alterasyonlu) alanlarda daha düşük olmalıdır (Şekil 3.8).

Tablo 3.1 Su maskeleyesi ve BCET dönüşümlü LANDSAT ETM+ Row 181/033 görüntüsünün korelasyon matrisi

	ETM+ 1	ETM+ 2	ETM+ 3	ETM+ 4	ETM+ 5	ETM+ 7
ETM+ 1	1	0,981	0,951	0,409	0,813	0,886
ETM+ 2	0,981	1	0,978	0,5	0,849	0,905
ETM+ 3	0,951	0,978	1	0,489	0,895	0,931
ETM+ 4	0,409	0,5	0,489	1	0,578	0,45
ETM+ 5	0,813	0,849	0,895	0,578	1	0,955
ETM+ 7	0,886	0,905	0,931	0,45	0,955	1

Bunun yanında bant 4 ve bant 7 oranları kullanılarak elde edilen sonuçların, kil görüntüsünden NDVI'nin çıkartılmasıyla elde edilen görüntülerle benzer olduğu sonucuna varılmıştır.

Temel bileşenler analizi birçok banttan spektral niteliklerin yansıtıldığı bir metodu oluşturur. Crosta ve Moore (1989) tarafından oluşturulan ve Louglin (1991) tarafından Crosta tekniği olarak geliştirilen bu yöntem ile daha başarılı sonuçlar elde edilmektedir. Yöntem hedef alterasyon minerallerindeki teorik spektral yansımaların tahmini için eigenvektör yüklemeleri üzerindeki denemelere dayanmaktadır.

Crosta yönteminin en çok kullanılan versiyonu 4 bantla yapılanıdır, fakat LANDSAT ETM+ / TM'nin 6 yansıtıcı bandı ile de bu teknik uygulanabilmektedir. Girdi olarak seçilen ETM+ bantları hedef yüzey üzerindeki spektral yansımaları elde edebilecek nitelikte olmalıdır. Bu nedenle demir oksit – kil mineralleri ve bitki arasındaki farklılığı ayırt edebilmek için ETM+ bant 4 ve bant 3 kullanılır. Bant 4 içerisindeki bitki yüksek yansıma sunarken, demir oksit – kil mineralleri ise yüksek absorpsiyon sunarlar. Bant 3'de ise demir oksit – kil mineralleri yüksek yansıma gösterirken, bitki örtüsü absorpsiyona sahiptir. ETM+ bant 5 ve 7'de benzer olarak bant 5 deki yüksek kil mineralleri yansıması ve bant 7deki kil absorpsiyonu nedeniyle kullanılmaktadır. ETM+ bant 1 ve 2 hem kil hem de demir oksit için benzer sonuçlar vermektedir. Bu nedenle genel olarak bant 1 seçilir. Sonuç olarak bant 1,4, 5 ve 7 kil tayini için ve bant 1, 3, 4 ve 5 ise demir oksit tayinlerinde Crosta yöntemi için seçilir. Bu bantlar daha sonra standart TBA dönüşümü için girdi olarak kullanılır (Carranza ve Hale (2002)). Eigenvektör yüklemelerinin incelenmesi sonucunda her bir bant başarılı bir şekilde temel bileşenlerine dönüştürülür (Tablo 3.2 ve Tablo 3.3). Tablo 3.2'deki demir oksit zonu için PC1 albedo ve topoğrafik bilgileri yansıtırken, PC2 bant 4 deki yüksek ve pozitif yüklemeleri, yani bitki örtüsünü yansıtır. PC3de yakın kızılötesi (VNIR) ve kısa dalga kızılötesi (SWIR) arasındaki karşıtlıkları yansıtır. Demir oksit (Şekil 1.6) bant 3'deki yüksek yansıma ve bant 1'deki düşük yansıma ile karakterize edilmektedir. PC4'de bant 1 ve 3 için zıt işaret değerleri olduğu görülmektedir. Bant 3'deki pozitif işaretli alan, demir oksitin açık piksellerle görülebileceği alanları işaret etmektedir.

Tablo 3.2 Su maskeleyesi ve BCET dönüşümü yapılmış, demir oksit görüntüsü için hazırlanan eigenvektör yüklemeleri, TBA

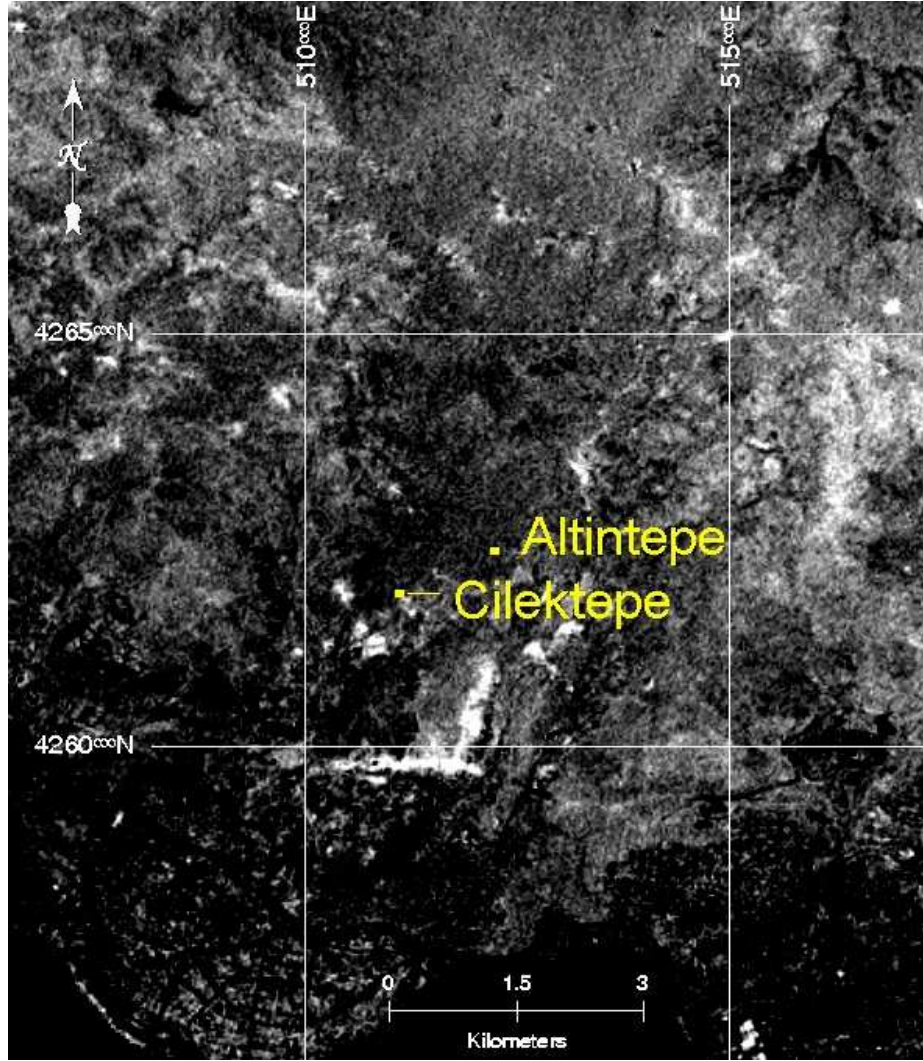
	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4
ETM+ 1	0,314	-0,427	0,180	-0,829
ETM+ 3	0,627	-0,499	0,242	0,547
ETM+ 4	0,152	0,544	0,824	-0,044
ETM+ 5	0,696	0,523	-0,479	-0,11

Kil alterasyonu zonu için PC1, PC2 ve PC3 demir oksitte olduğu gibi aynı bilgileri sunmaktadır. PC4'de zıt işaretler ve yüksek yüklemelerin varlığı nedeniyle kil mineralleri tayin edilir. Bant 5deki yüklemelerin negatif olması kil alterasyonun koyu piksellerle gösterileceğini belirtir. Bu pikselleri açık hale getirmek için görüntü negatifleştirilir. Bunu kolayca yapmak için görüntü -1 ile çarpılır (Tablo 3.3).

Tablo 3.3 Su maskeleyesi ve BCET dönüşümü yapılmış, kil mineralleri görüntüsü için hazırlanan eigenvektör yüklemeleri, TBA

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4
ETM+ 1	0,300	0,320	-0,787	-0,433
ETM+ 4	0,146	-0,843	-0,438	0,275
ETM+ 5	0,706	-0,264	0,434	-0,494
ETM+ 7	0,625	0,342	-0,009	0,702

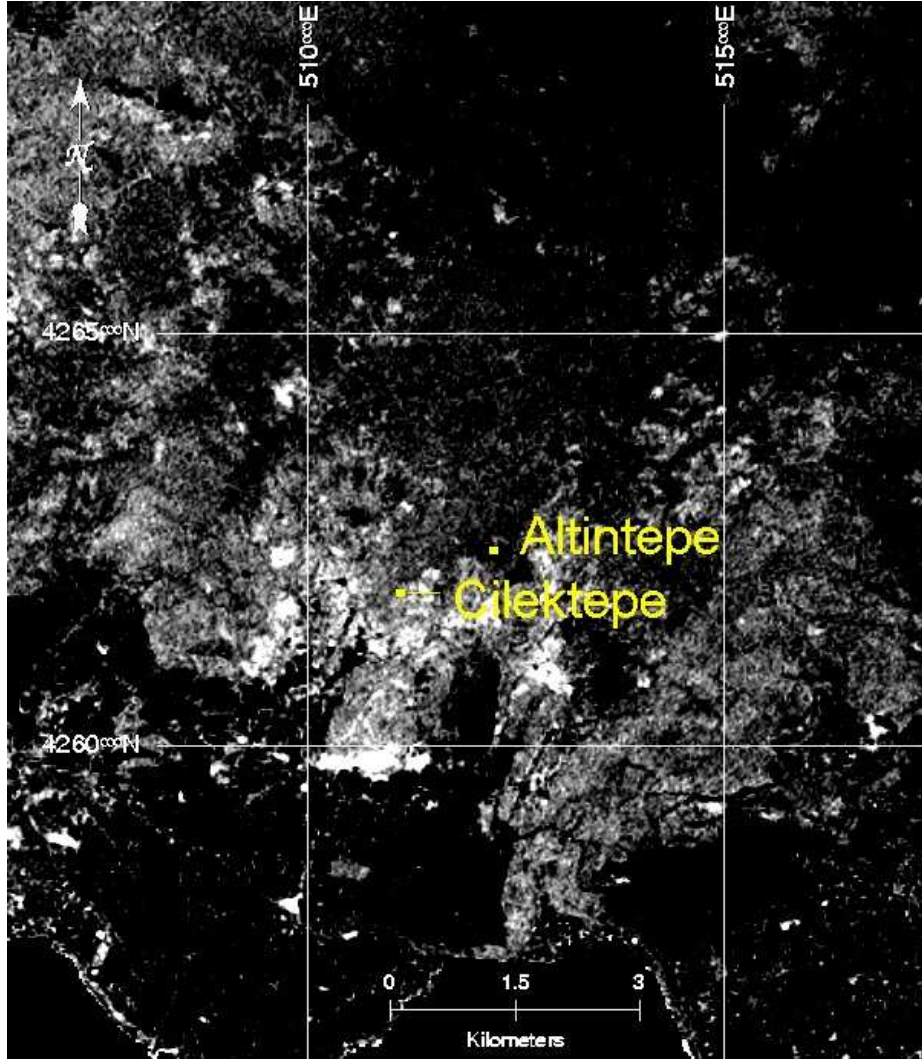
İstatistiki olarak elde edilen verilerin inceleme alanı görüntüsü üzerinde uygulanması sonucu demir oksit (F) sonuç haritası elde edilmiştir (Şekil 3.9). Görüntüye yüksek yansımalar sunması amacıyla karşıtlık gerilmesi uygulanmıştır. Görüntü demir oksit görüntüsünden (Şekil 3.1) oldukça farklıdır. Daha küçük ve farklı alanlar belirginleşmektedir. Bununla birlikte görüntünün kuzeydoğu kanadında ve kısmen kuzeybatı kanadında geniş anomali alanları mevcuttur. Daha önce de belirtildiği üzere bu alanlar demir oksitçe zengin toprak veya kayaç türlerini kapsamaktadır. İnceleme alanlarından Çilektepe demir oksit anomalilerine yakın bir noktada iken Altıntepe'de herhangi bir anomali gözükmemektedir. Bu sonuçta bölgedeki yüzleklerin az veya demir oksitçe fakir bir alanda olabileceğini göstermektedir.



Şekil 3.9 PC4 bileşen analizinin 1, 3, 4 ve 5 bantlarının yer aldığı kuzey İzmir alanı, demir oksit anomalilerinin (F) belirginleşmesi için karşıtlık gerilmesi uygulanmıştır (King, 2003'den değiştirilerek)

İstatistikî olarak elde edilen kil mineralleri (H) verilerinin inceleme alanı üzerinde uygulanmasıyla sonuç haritası elde edilmiştir (Şekil 3.10). Görüntü (-1) ile çarpılarak negatifleştirilmiştir. Görüntü üzerinde yoğun karşıtlık gerilmesi uygulanmıştır böylece güçlü anomaliler belirginleştirilmiştir. Kil mineralleri zenginleştirilmesi için kullanılan bu yöntem ile açık piksellere sahip alanlar belirginleştirilmiştir. Çilektepe ve civarında gözlenen yoğun kil alterasyonu böylece net bir şekilde belirlenebilmektedir. Bunun yanı sıra Altintepe alanında demir oksit görüntüsünde de olduğu gibi tahmin edilen yüksek yansıma değeri elde edilmemiştir. Muhtemel sebeplerinden biri bölgedeki yüzlek miktarının az olması veya alterasyon alanının

küçük ölçekte bulunuyor olmasıdır. Bununla birlikte 30 metrelik uzaysal çözünürlüğe sahip LANDSAT görüntüsünün küçük alterasyon yüzleklerini göstermekte başarısız olduğuda düşünülebilir.



Şekil 3.10 PC4 bileşen analizinin 1, 4, 5 ve 7. bantlarının yer aldığı kuzey İzmir alanı, kil anomalilerinin (H) belirginleşmesi için yoğun karşıtlık gerilmesi uygulanmıştır (King, 2003'den değiştirilerek)

Potansiyel alterasyon alanları, hem kil hem de demir oksit alterasyonlarının birlikte olduğu alanlarda yer almaktadır. Böylece F + H görüntüleri birleştirilerek (iki Crosta görüntüsü birleştirilerek) kil + demir oksit görüntüsü elde edilir. Bu görüntüdeki açık renkli alanlar (sarımsı-beyaz) potansiyel alterasyon alanlarını içerebilirler. Bununla birlikte orta derecedeki açık renkli alanların alterasyonlu

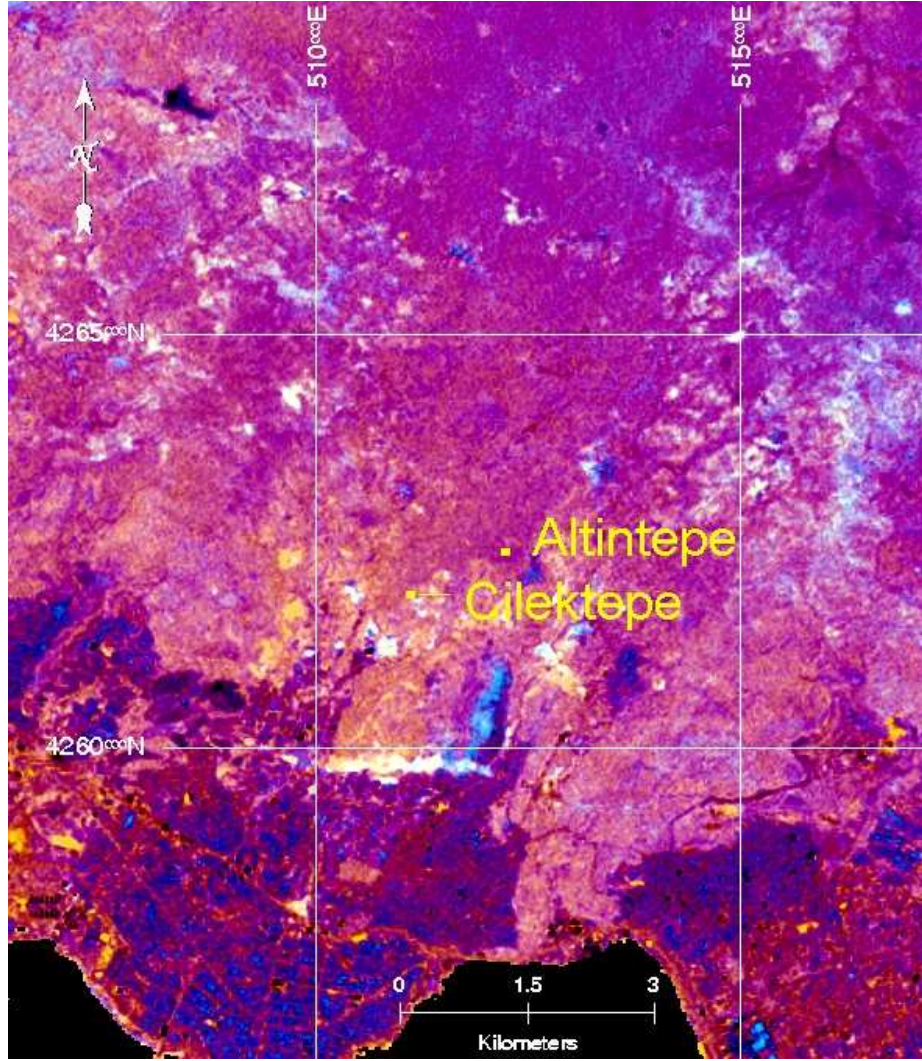
alanları belirttiğini söylemek oldukça güçtür ve yanı sıra alterasyonlu alanların tümünde de demir oksitin varlığı mutlak bulunmak zorunda değildir.

Alterasyon türü ve yoğunluğunun anlaşılabilmesi için renkli kompozit görüntüleri oluşturulur. En iyi sonuçlar kil görüntüsünün kırmızı, kil ve demir oksit görüntüsünün yeşil ve demir oksit görüntüsünün mavi olarak gösterilmesiyle elde edilmektedir. Loughlin ve diğ., (1991) üç bant renkli kompoziti olarak kil ve demir görüntüsü gösteren bu metodları kullanmıştır. Çalışma alanının renkli kompozit (H, H+F, F) görüntüsü Şekil 3.11’de görülmektedir.

Teori olarak Crosta görüntüsü içerisindeki beyaz alanlar alterasyon olarak en uygun alanları işaret ederken, kırmızı ile turuncunun baskın olduğu alanlar kilce yoğun alanları ve mavi kısımlar ise demiroksitçe yoğun alanları göstermektedir. Bununla birlikte bu durum her bir lokasyondaki karşıtlık gerilmesine bağlıdır. Karşıtlık gerilmesi yanıtıcı alanları gösterebilecek düşük yansıma değerlerini ve gereksiz sinyalleri maskeleyerek amacıyla kullanılmaktadır. Renkli kompozit görüntüsünde (Şekil 3.11) belirgin açık turuncu ve beyaz görünümlü alanların test bölgelerine yakın olduğu gözlenmiştir. Çilektepe alanı çevresinde turuncu / beyaz renkli anomaliler yer almaktadır. Altıntepe civarında ise herhangi bir anomali belirtisi görülmemektedir.

Bu bölge için belirlenen alterasyonlu alan için bir sonraki aşama yer doğrulaması (ground truthing) yapılmasıdır. Böylelikle bölgenin genel alterasyon uzanımı belli olacaktır. Altıntepe civarında da yapılacak gözlemlerle de Crosta görüntülerinde bu civarda görülmeyen anomalilerin sebebi de araştırılabilir. Bu çalışma kapsamı içerisinde bölge ile herhangi bir yer doğrulaması çalışması yapılmamıştır.

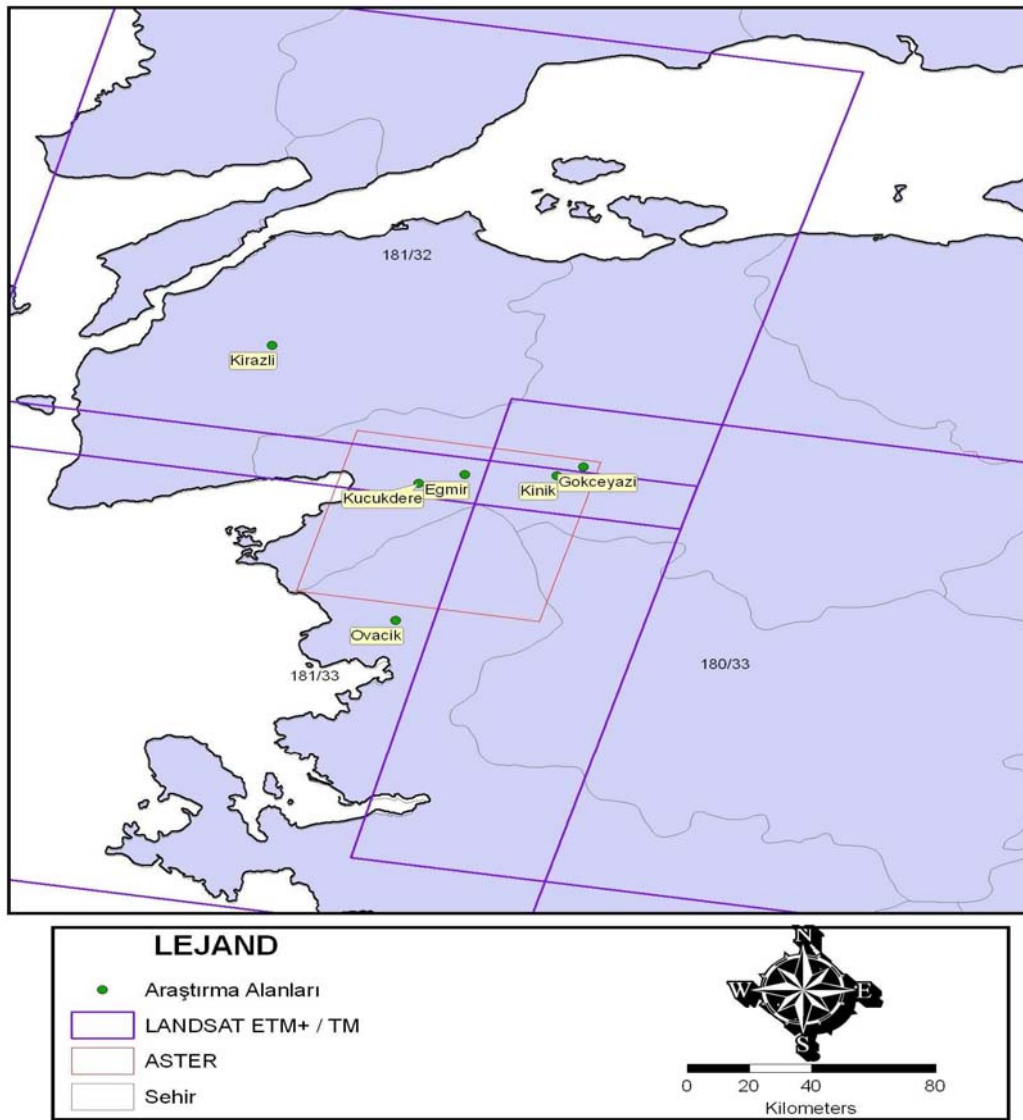
Çilektepe / Altıntepe cevher yatağı üzerinde yapılan örnek gösterim sonucunda temel prensipler kısmında teorik olarak anlatılan uygulamalar denenmiş ve en uygun yöntemin bulunması sağlanmıştır. Çalışma kapsamı içerisinde yer alan inceleme alanları içinde benzer yöntemler kullanılarak cevher içerikli alterasyon alanları tespit edilecektir (Şekil 3.12; Tablo 1.5).



Şekil 3.11 Kuzey İzmir Crosta görüntüsünün renkli kompozit görünüşü. Kırmızı-1,4,5 ve 7 PC4 negatif görüntü, mavi – 1,3,4 ve 5 PC4 görüntüsü ve yeşil – önceki iki girdinin birbirine eklenmesi ile oluşturulmuştur. Yüksek değerlerin görülmesi için karşıtlık gerilmesi uygulanmıştır

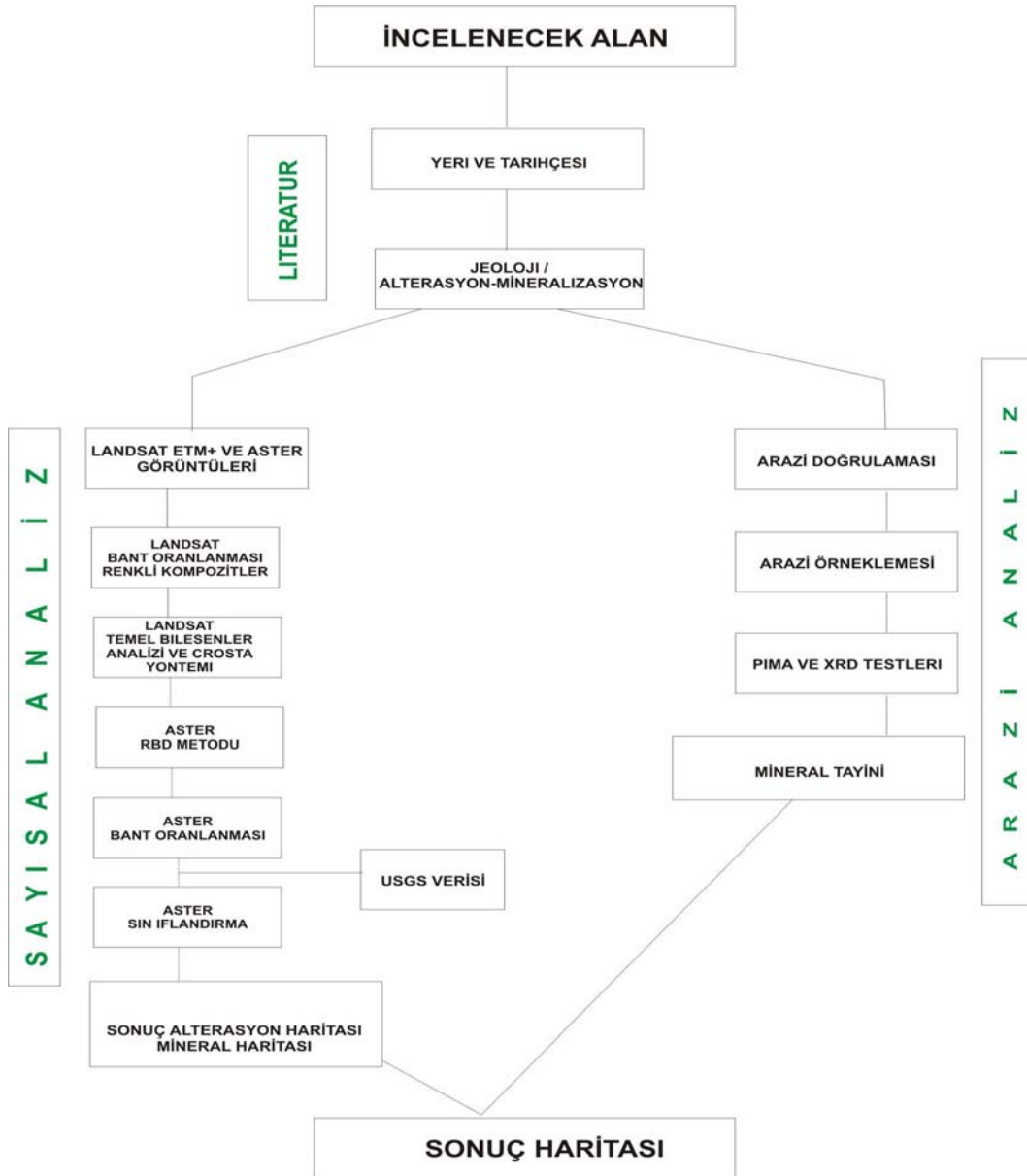
3.4 İnceleme Alanları Uygulamaları

İnceleme alanının uzaktan algılama işlemlerinin uygulama sırası ve arazi doğrulama ve örneklenmesi için hazırlanmış akım şeması aşağıda gösterilmiştir (Şekil 3.13). İnceleme alanının konumu, tarihçesi, jeoloji, alterasyon ve mineralizasyon ilişkileri genel literatür özeti olarak öncelikle sunulacaktır.



Şekil 3.12 Çalışma alanı kapsamı içerisinde yer alan inceleme alanları ve LANDSAT / ASTER analiz alanlarının genel görüntüsü

Daha sonra inceleme alanının sayısallaştırılmış verileri üzerine önce LANDSAT görüntü analizleri ve sonrada ASTER görüntülerini kapsayan uzaktan algılama yöntemleri uygulanacaktır. Elde edilen sonuç veri haritası ile araziden alınan örneklerin PIMA ve XRD tayinleri karşılaştırılacak ve genel sonuç haritası elde edilecektir. Bu çalışmalar sonucunda kullanılan yöntemlerin seçilmiş alanlar üzerindeki başarısı tartışılacaktır.



Şekil 3.13 İnceleme alanlarının uygulanması sırasında izlenilecek genel akım şeması

3.4.1 Ovacık Çalışma Sahası

Ovacık altın madeni, İzmir'in 110 kilometre kuzeyinde ve Bergama'nın 10 kilometre batısında yer almaktadır. İzmir-Çanakkale otoyolu inceleme alanı içerisinde geçmektedir.

Ovacık Batı Anadolu'da bilinen epitermal yataklar içerisindeki ilk işletmeye açılan altın yatağıdır. Ejima (1987), Dikili – Ovacık jeotermal alanı boyunca yer alan

hidrotermal alanların mineralojik çalışmalarını yapmıştır. 1988 yılından sonra Eurogold şirketi tarafından bölgede yapılan BLEG örneklemeleriyle birlikte Ovacık altın yatağının ilk anomalileri saptanmıştır.

Cevher yatağı Ovacık alanı içerisindeki damarların detaylı araştırmaları sonucu bulunmuştur. Daha sonra yapılan sondaj çalışmalarıyla cevherin konumu ve yatağın şekli belirlenmiştir. Günümüze kadar 234 adet karotlu ve RC sondajları yapılmıştır. 2001 yılsonu itibariyle belirlenmiş mineral kaynağı (mineral resources) 4,17 Mt @ 7,6 g/t Au (1,02 Moz) olarak saptanmıştır. Mümkün ve muhtemel (Proved and Probable) rezervler de aynı dönem içerisinde 1,24 Mt @ 13,1 g/t Au (0,52 Moz) olarak saptanmıştır (Yılmaz, 2002, 2006).

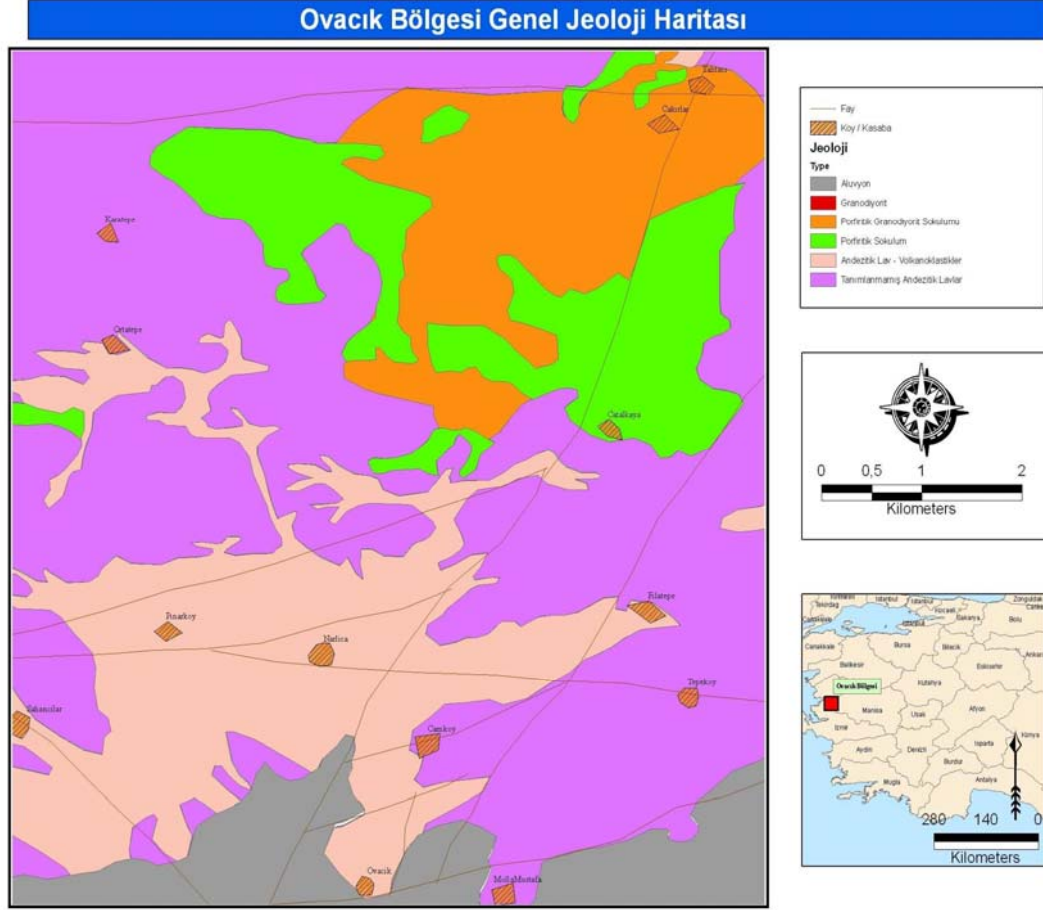
3.4.1.1 Jeoloji

Çalışma alanı içerisinde genellikle porfiritik biyotit-andezitik volkanikler yer almaktadır. Volkanikler üç taraftan iri bloklara sahip ve derin bir örtü oluşturan genel alüvyon örtüyle çevrelenmiştir. Daha kuzeyde ise Kozak plütonunu oluşturan granodiyorit sokulumları bulunmaktadır (Şekil 3.14).

Biyotit andezitler orta taneli ve feldspar, biyotit, ve hornblend fenokristalleri içeren porfiritik bir dokuya sahiptir. Kısmen lav akma yapıları sunarken, kısmende akma breş yapıları sunan iri bloklar gözlenmektedir. Volkanik breşler volkanosedimanter malzemenin oluşturduğu ince taneli bir matrikse sahiptir. Ejima (1987), çalışma alanı içerisindeki volkanik kayalarda 4 farklı fasiyes ayırtlanmıştır; i) pumis akması, ii) gri renkli, hornblend-biyotit andezitik yığın döküntüsü, iii) hematitik andezit yığın döküntüsü, iv) ince taneli tuf ve klorit taneleri içeren hyaloklastik breşler ve breş bacaları.

Fay ve çatlaklar boyunca andezitler içerisinde sokulumlar halinde daha genç döneme ait dolerit daykları yer almaktadır. Bu dayklar 3 cm ile 12 metre arasında değişiklik sunan genişliğe sahiptir. Dayklar altın içeriği bakımından kısırdır ve bazı

kısımlarda yerleşimleri esnasında kuvars parçalarını bünyelerine alarak breşik bir görünüm kazanmışlardır.



Şekil 3.14 Ovacık bölgesi genel jeoloji haritası (Yılmaz, 2002’den değiştirilerek)

3.4.1.2 Alterasyon ve Mineralizasyon

Hidrotermal alterasyon damarlarının yakınında ortaç ve yoğun olarak gelişirken, damardan uzaklaştıkça ani bir şekilde azalma sunmaktadır. Cevherli zon boyunca en yaygın alterasyonu silisleşmeler oluşturur. Silisleşme damarların yoğun olarak yükselen kısmında yer almaktadır. Bununla birlikte silisleşmeler levha (sheeted) ve stokvork kuvars damarları şeklinde de yayılım sunar. Silis zonu arjilik alterasyonla sarılmaktadır. Bu zarf içerisinde yersel orijinal kayaç dokusu gözlenebilmektedir. En dış zonda ise propilitik alterasyon yer alır. Kuvars damarına yakın kil zonu içerisinde genel mineral toplulukları olarak kuvars, adularya, serizit, illit, smektit ve karışık tabakalı illit / smektit, kaolinit ve halloysit bulunur. Arjilik zon içerisinde smektit,

illit, kaolinit ve az miktarda illit / smektit karışık-tabakalı mineraller yer alır. İllit ince kesitlerde mikroskop görüntüsü yardımıyla tanınmıştır (La Source, 1996).

Ovacık bölgesinde yeralan alterasyon mineralleri ile Ovacığın kuzeyindeki Narlıca sahasındaki alterasyon mineralleri benzerlik göstermektedir. Bununla birlikte Ovacık bölgesinin bir kilometre kuzey batısında yeralan Sağancı bölgesinde alterasyon mineralleri opalden kalsedonik kuvarsa, kaolinit ve az miktarda karışık tabakalı smektit / illit topluluğundan oluşur. Klorit ve dolomit minerallerini de Narlıca ve Karadut bölgesi civarlarında rastlanılır (Üşenmez, 2006).

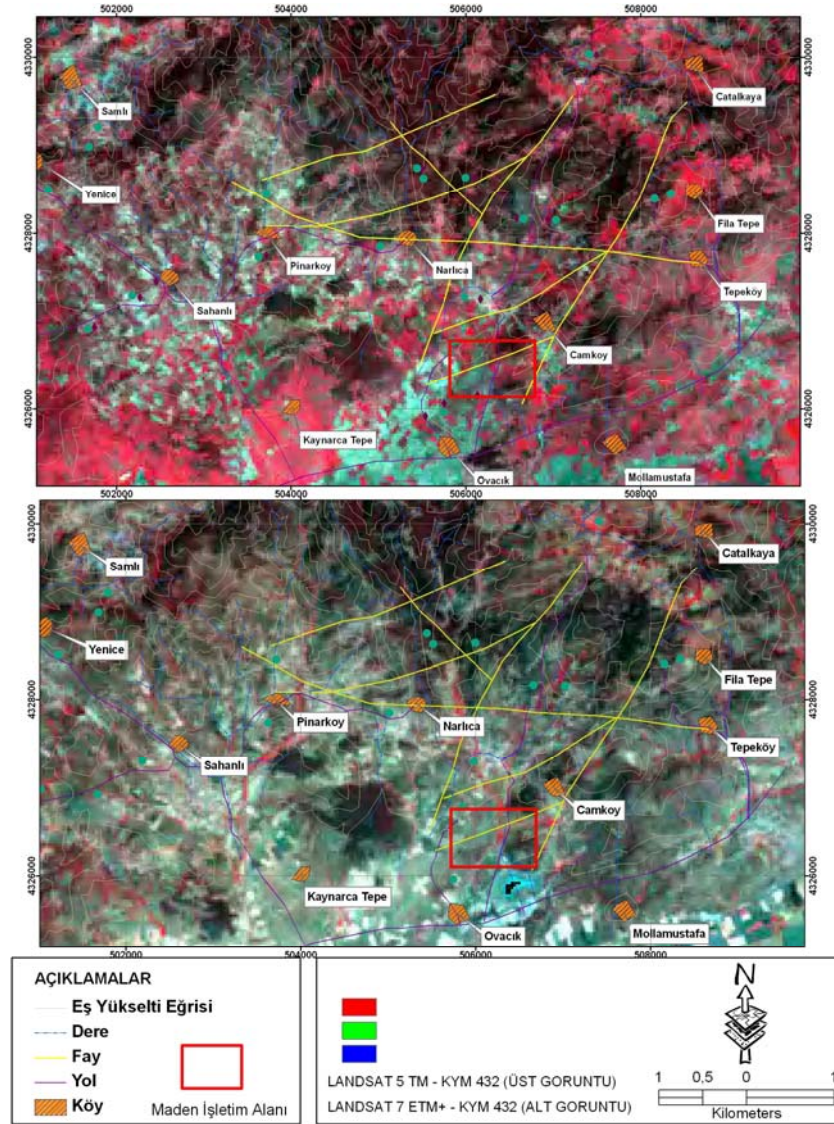
Adularya düşük sülfidasyonlu sistemlerde karakteristik bir mineral olarak bilinir. Adularya andezit hamurunun potasyum metasomatizmasıyla veya plajiyoklasların Na ve Ca kationlarının K ile yer değiştirmesiyle oluşur. Plajiyoklas fenokristalleri kuvars ve kille birlikte ikincil albit veya adularya tarafından ornatılmıştır. Kuvars damarları içerisinde ince taneli kuvars-adularya tabakaları göreceli olarak daha büyük olan eş boyutlu adularya ve kuvars kristalleri üzerinde gelişmiştir. Yüksek kristallenme indisli illit / serizit ve adularyanın varlığına bağlı olarak Ovacık altın mineralizasyonu yaklaşık 200 C° civarındaki sıcaklıkta oluşmuştur (Henley ve Ellis, 1983; Reyes, 1990). Narlıca, Karadut ve M damarının uzanımında elde edilen illit minerali sonuçlarına göre oluşum sıcaklığı 220 C°'den yüksek olabilir (Üşenmez, 2006).

Kuvars damarlarının genel dokularını kolloform (böbreğimsi), kabuksu, kafes yapıları (karbonat ornatmaları), masiv kalsedonik, boşluklu ve birçok fazdan oluşmuş breş yapıları oluşturmaktadır (Yılmaz, 2002). Üşenmez (2006), Ovacık bölgesindeki kuvars damarlarının üstte belirtilen dokular dışında kokard ve tarak dokularına, Narlıca bölgesindeki damarların şekerimsi kuvars, iri eş boyutlu kristal kuvars ve tarak yapılarını da sahip olduklarını belirtmiştir.

3.4.1.3 Uydu Görüntüleri

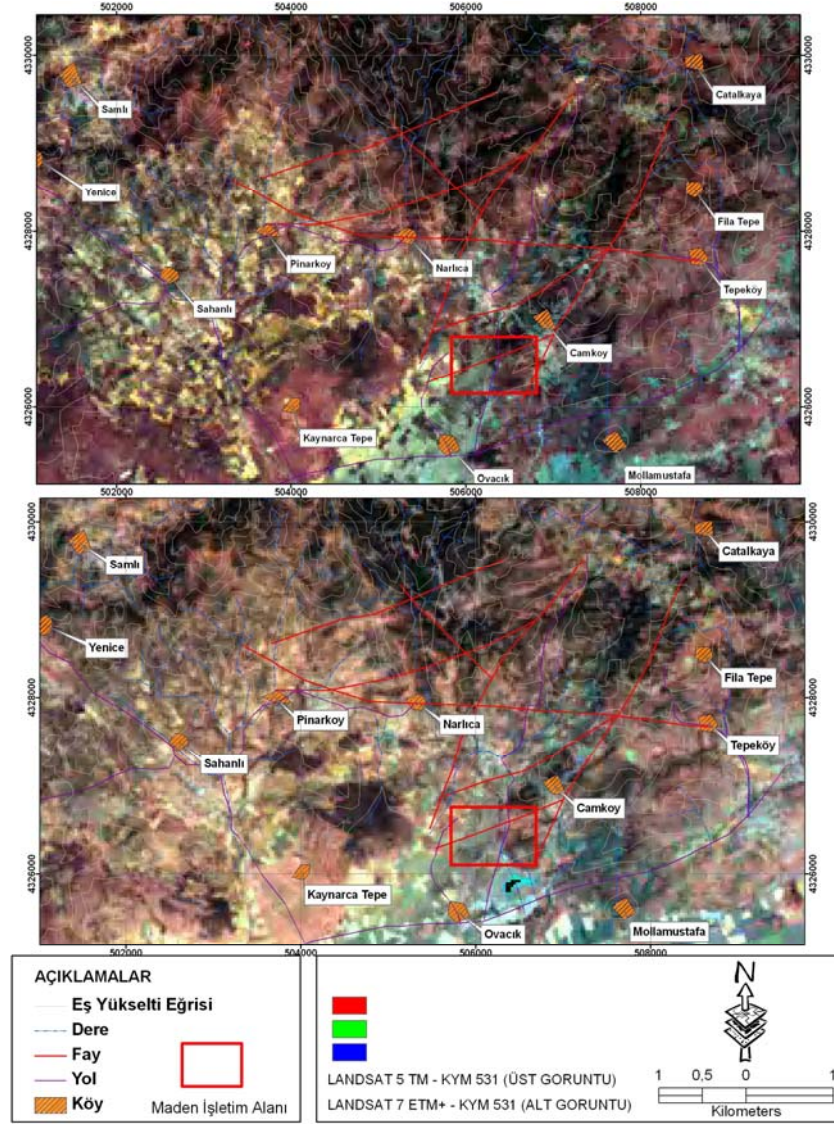
Ovacık bölgesi uzaktan algılama yönteminin uygulanması açısından çok önemli bir değere sahiptir. Günümüzde işletilmekte olan bu maden güncel LANDSAT ETM+ (L7-181-033) verileri ve maden açılması öncesindeki LANDSAT TM (L5-181-033) verileriyle sunularak uzaktan algılama yöntemlerinin alterasyonlu alanların tayinindeki etkisi anlaşılacaktır. Böylelikle henüz araştırılmamış bir ekonomik yatak değeri olabilecek alanlarda ne tür alterasyonlarında olabileceği görülecektir. L5-181-033 görüntüsüne ait istatistiksel çalışmalar uygulama kalibrasyonu bölümünde sunulmuştur.

Ovacık bölgesi içerisindeki alterasyonlu alanların tayini için ilk yaklaşımlar renkli kompozitler kullanılarak yapılmıştır. Ovacık altın yatağı, Narlıca ve çevresinde ilk olarak bitki örtüsünün tayini yapılmıştır; bu nedenle KYM 432 yapay görüntüleri incelenmiştir (Şekil 3.15). Kırmızı piksellerle görülen alanlar LANDSAT TM görüntüsünde bitki örtülü alanlarını işaret eder. Bununla birlikte daha yeni olan LANDSAT ETM + görüntüsünde bu alanlarda daha seyrek bir bitki örtüsünün yer aldığı gözlenmektedir. LANDSAT TM görüntüsünde çok nadir açık pikseli alanlardaki kil içeren alanlar seçilebilir. Bu noktalar Narlıca köyü güneydoğusu ile Sağanlı köyü güneybatısında yer alır. Günümüzde işletilmekte olan yatak çevresinde bitki örtüsü nedeniyle net olarak bir alterasyon anomalisi gözlenmemiştir. LANDSAT ETM+ renkli bileşen görüntüsünde daha belirgin kil alterasyonu alanları seçilebilmektedir. Özellikle işletilmekte olan maden alanı boyunca, muhtemelen işletilen alan civarındaki artıkların biriktildiği alanda kil anomalileri elde edilmiştir. Bunun dışında üst görüntüde belirlenen nadir anomaliler alttaki görüntüde daha belirginleşmektedir. Sağanlı civarındaki anomaliler de aynı şekilde de yoğunlaşmıştır.



Şekil 3.15 Ovacık – Narlıca ve çevresinin KYM 432, renkli bileşen görüntüleri

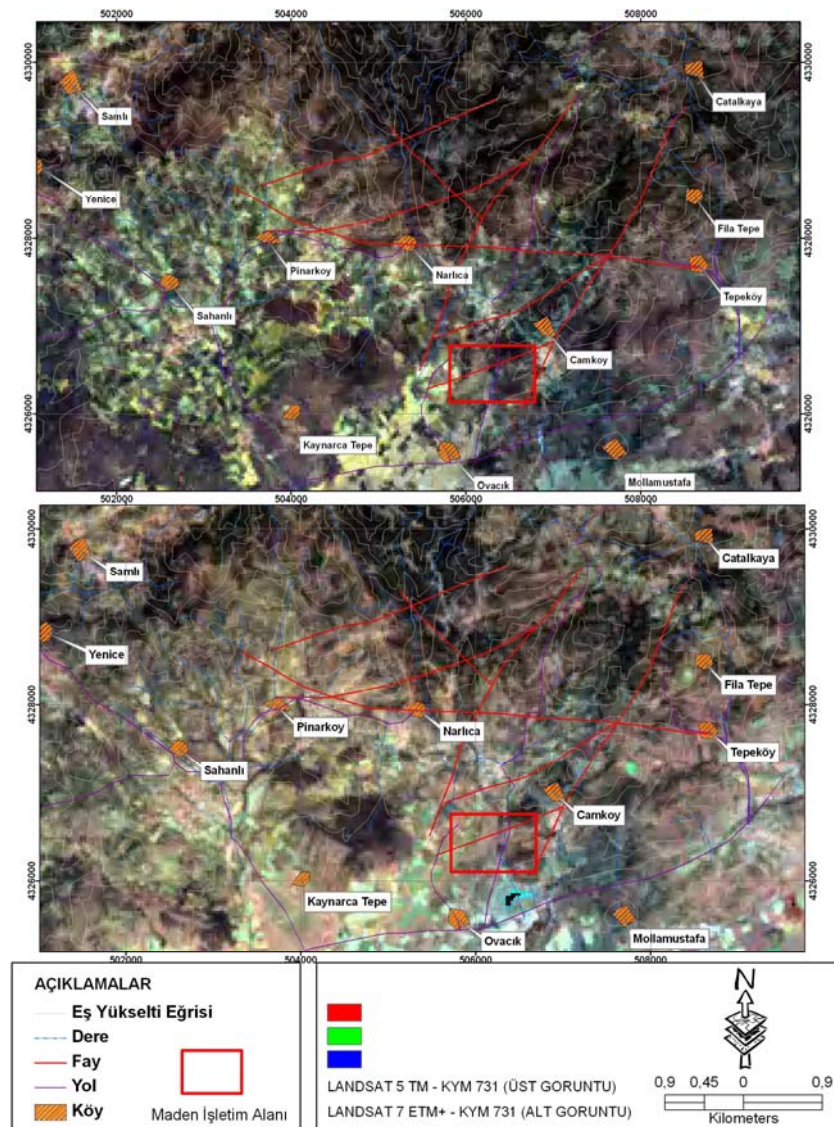
LANDSAT TM / ETM+ KYM 531 renkli bileşen görüntülerde demir oksitli alanlar kolaylıkla anlaşılabilir çünkü demir oksit bant 3’de yüksek yansımaya değerleri sunarken, bant 1’de daha düşük yansımaya değerlerine sahiptir (Şekil 3.16). Görüntüde yeşilimsi-mavi alanlar demiroksitçe zengin alanları gösterirken, koyu kırmızı-kahverengimsi renkli alanlarda bitki örtüsünü işaret etmektedir. Açık piksel alanlarda yine kil alterasyonuna sahip alanları belirtmektedir.



Şekil 3.16 Ovacık – Narlıca ve çevresinin KYM 531, renkli bileşen görüntüleri

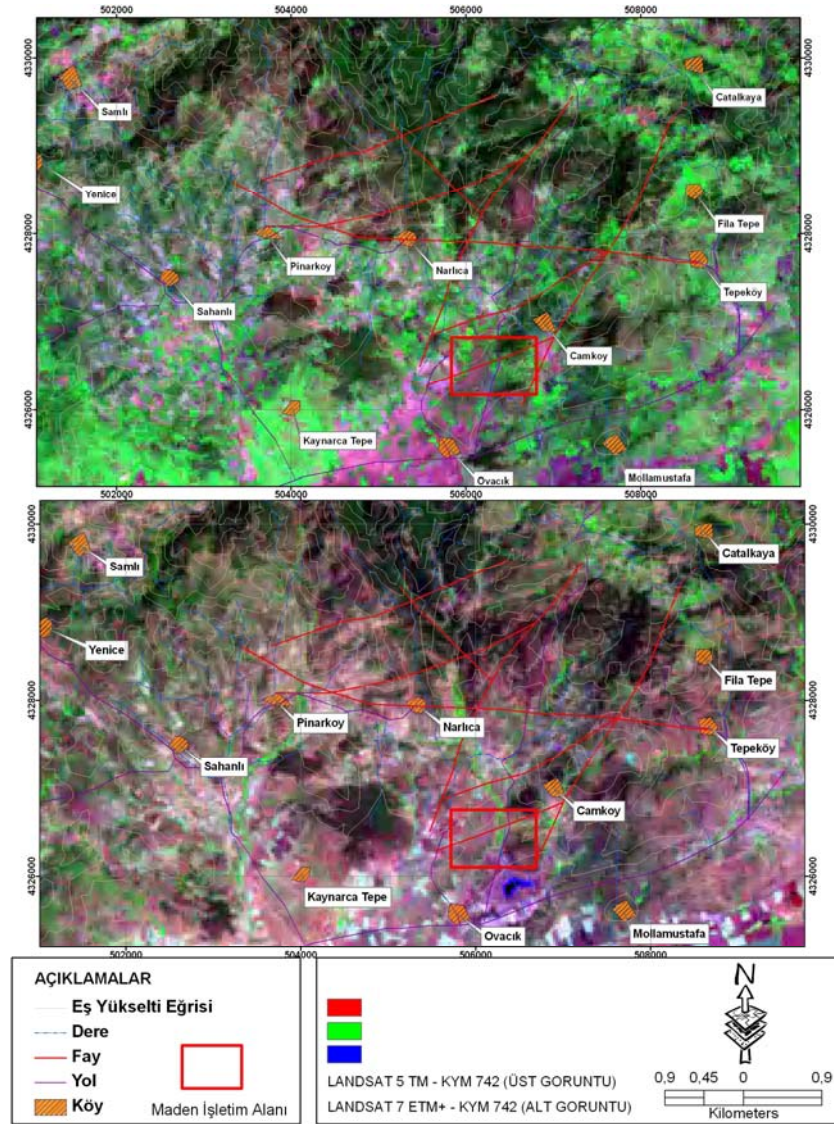
LANDSAT TM görüntüsünde KYM 432’de bitki örtüsüne sahip alanlar KYM 531 görüntüsünde kırmızımsı-kahverenginde görülmektedir. KYM 432’de gözlenen nadir kil alanları LANDSAT TM 531 yapay renkli görüntüsünde biraz daha belirginleşmektedir. Özellikle Narlıca güneyi, Pınarköy çevresi ve Sağancı köyü güney kanadında bazı kil anomalileri açık piksellerle belirginleşmektedir. LANDSAT ETM+ görüntüsünde ise üst görüntüde saptanan alanlarda biraz daha daralma mevcuttur. Narlıca güneyinde birer ve Sağancı köyü batısında birer kil anomalisi elde edilmiştir. Kil alterasyonu dışında mavi-yeşil (cyan) renkli alanlarda demir oksit anomalileri mevcuttur. Ama daha önceden de belirtildiği gibi demiroksit anomalilerini alterasyon belirteci olarak doğrudan kullanmak yanlış olacaktır.

LANDSAT ETM+ görüntüsünde Narlıca ile Çamköy arasında demir oksit yoğunlaşmaları mevcuttur. KYM531 yapay renkli görüntüsüne benzer olarak KYM 731 yapay renkli görüntüsünde de yeşilimsi-mavi renkli alanlarda demir oksit anomalileri görülür (Şekil 3.17). Bant 7'de kil absorpsiyonu olması nedeniyle KYM 531'de gözlenen parlak alanlar bu görüntüde yerini koyu pikseli alanlara bırakmıştır. Bu nedenle kil anomali alanlarını saptamak güçtür. LANDSAT ETM+ görüntüsünde kil anomalisi alanları sadece Sağanlı ve Narlıca arasındaki bölgede bulunmaktadır. İşletme alanı içerisindeki yığınların oluşturduğu anomalilerde göze çarpmaktadır.



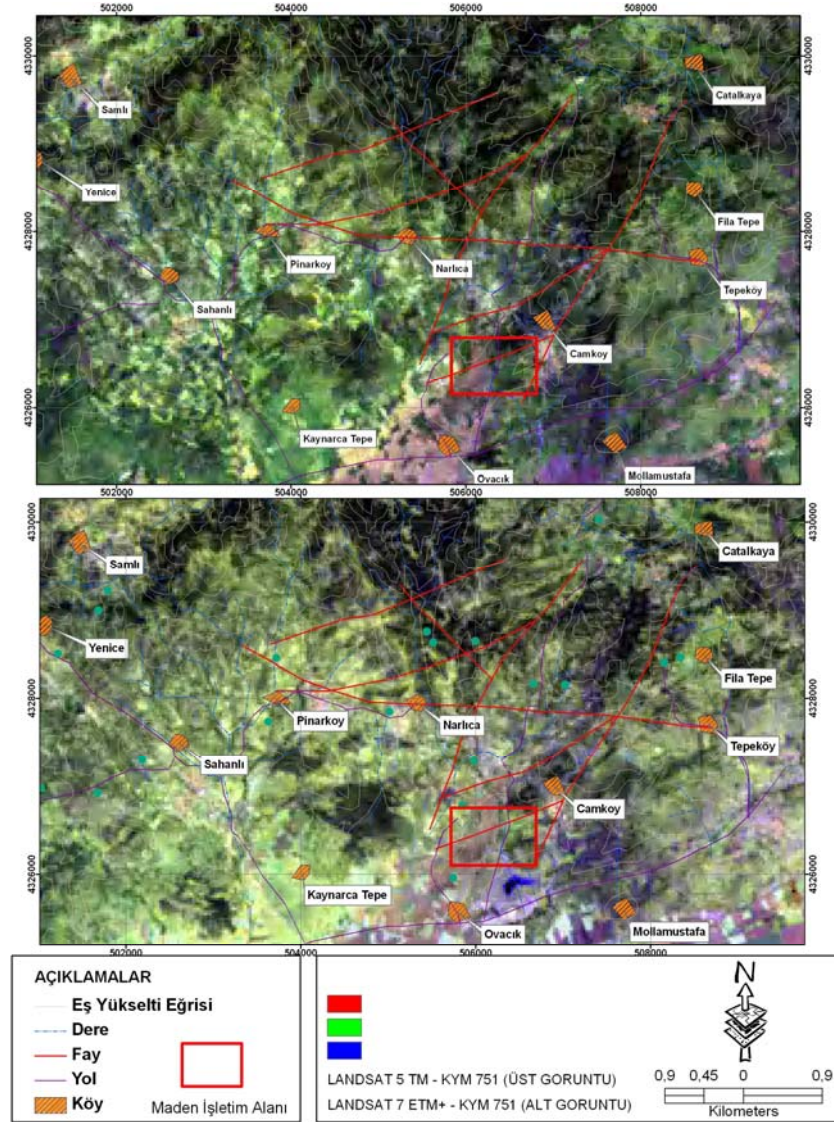
Şekil 3.17 Ovacık – Narlıca ve çevresinin KYM 731, renkli bileşen görüntüleri

LANDSAT renkli kompozit bantları 742 sırasıyla kırmızı, yeşil ve mavi kanalları gösterecek biçimde oluşturulmuştur (Şekil 3.18). Bu görüntüde kırmızı alanlar kil absorpsiyon alanlarını, yeşil renkte görülenler bitki örtüsünü belirtmektedir. Sarımsı yeşil alanlar kil alterasyonundan çok demir oksitçe zengin alanları işaret etmektedir. Beyaz alanlarda (açık pikseli) hem kil hemde demiroksitçe zengin alanları işaret etmektedir. KYM bant 742, yapısal elemanların tanınmasını kolaylaştırırken, sedimanter ve volkanik kayalar gibi yüzeysel birimlerinde ayırtılmasında olanak sağlar. Sağancı – Narlıca arasındaki lokal kil alterasyonu ve demir oksit anomali alanları görülebilmektedir.



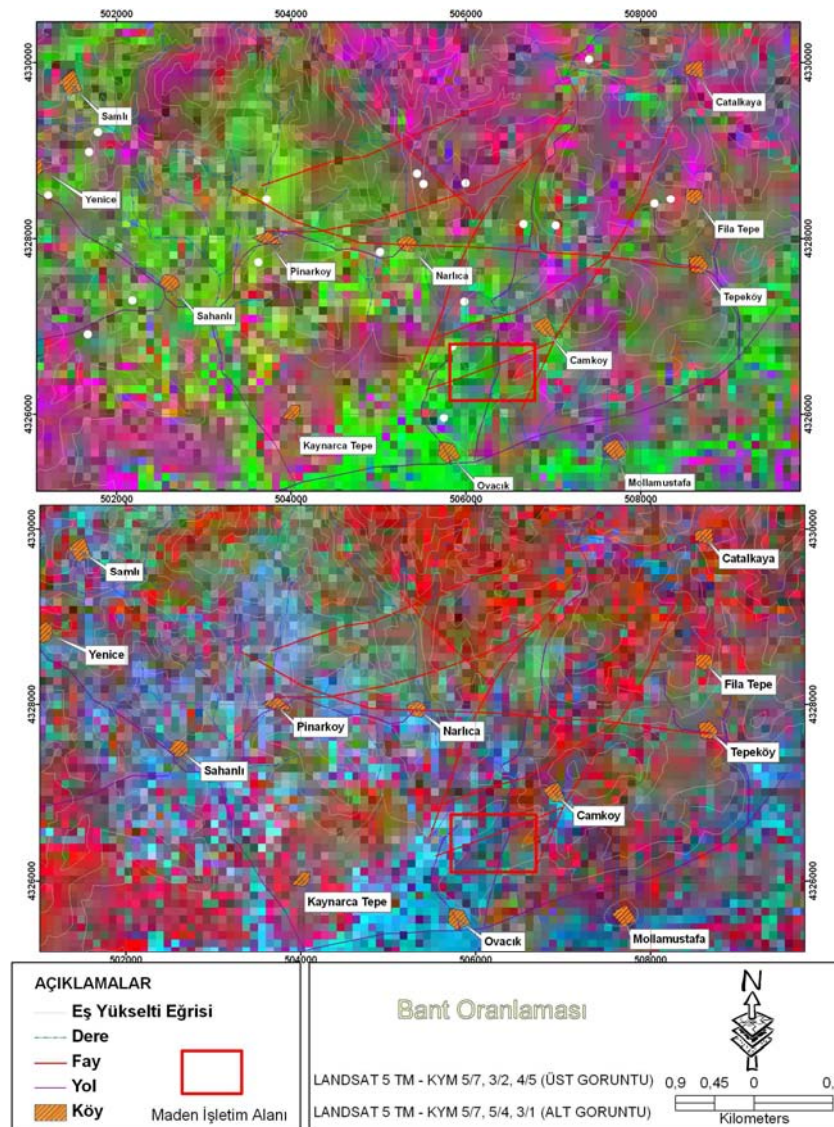
Şekil 3.18 Ovacık – Narlıca ve çevresinin KYM 742, renkli bileşen görüntüleri

Son olarak Ovacık bölgesinin KYM 751 yapay renkli görüntüsü (Şekil 3.19) oluşturulmuştur. Bu görüntüde kırmızı alanlar kil absorpsiyon alanlarını, mavi-yeşil alanlar killerin demir okside baskın olan anomalilerini ve beyaz renkli alanlarda hem demir oksit hem de kil alterasyonu sunan alanları belirtir. Her iki görüntü içerisinde de Sağancı ve Yenice güney batısında dar bir alanda kil ve demir oksit anomalileri görülür. Ovacık işletme alanı da LANDSAT ETM+ görüntüsünde açık alanlarla görülebilmektedir. Her iki görüntü içerisinde, işletilmekte olan madeni içine alan KD uzanımlı fay koridoru belirgin olarak görülebilmektedir. Görüntülerdeki renk farkı bu bölgedeki koridoru belirgin olarak gösterir.



Şekil 3.19 Ovacık – Narlıca ve çevresinin KYM 751, renkli bileşen görüntüleri

Oranlaması yapılacak bantların türlerine karar verilmesi için minerallerin spektral özellikleri kullanılır. Karşıtlık gerilmesi (contrast stretching) uygulanan sonuç görüntülerinde 256 gri renk seviyesini gösterebilmektedir (Yetkin, 2003). LANDSAT 5/7 bant oranlaması bant 5 deki yüksek yansımaya ve bant 7 deki düşük yansımaya nedeniyle kil mineralleri için uygulanır. 3/2 bant oranı demiroksitler için yüksek iken 4/5 bant oranı ise düşük yansımalar sunar ve kil minerallerine benzer özellikler sunar. Bu oranlamalar KYM kanallarına uygulandığında bir kompozit görüntü elde edilir (Şekil 3.20).



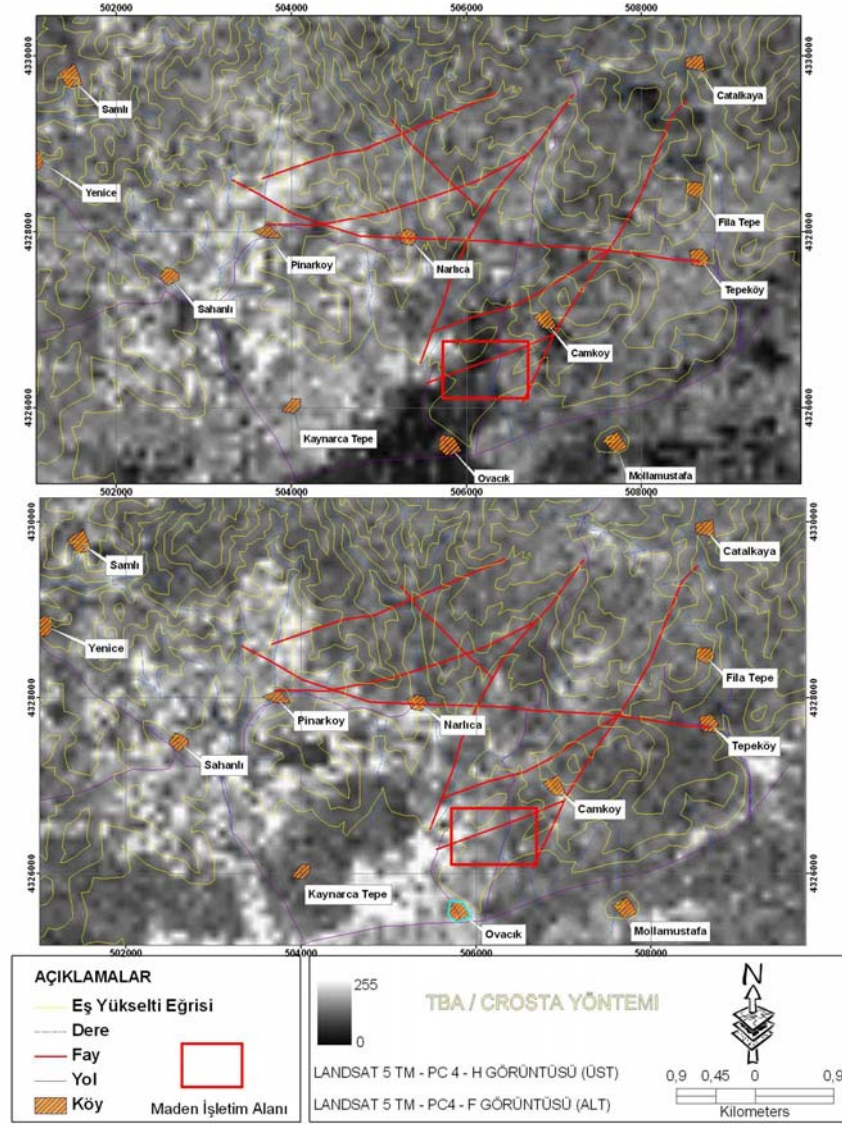
Şekil 3.20 Ovacak – Narlıca ve çevresinin KYM 5/7, 3/2 ve 4/5 bant oranlaması ile (üstte), KYM 5/7, 5/4 ve 3/1 bant oranlaması ile (altta) elde edilen kompozit görüntüler

Temel olarak kırmızı pikseller kilce zengin alanları, yeşil pikseller demir oksiti ve mavi pikseller ise hem kil hemde demir oksitçe zengin alanları belirtmektedir. Koyuluk derecesine göre demir oksit yoğunluğu da belli olmaktadır. Sarı renkli pikseller ise hidrotermal alterasyonlu kil ve demir oksitçe zengin alanları belirtir. Kaynarca tepe kuzeyi ile Sağancı köyü güneyindeki alanlar ile Pınarköy civarında hafif işaretler gözlenirken Ovacık civarında da ilk belirgin anomaliler bant oranlanması ile belli olmaktadır. LANDSAT 5/7, 5/4 ve 3/1 bant oranlarının KYM renkli kompozit görüntüsünde magenta pikseller hem kil hemde demir oksitli alanları gösterir. Mavi-yeşil (cyan) pikseller ise demir oksit içeren alanları işaret eder. Beyaz pikseller ise hem kil hemde demir oksitler içeren alanları işaret etmektedir. Magenta renklerin beyaz renkli pikselleri çevrelediği alanlarda bir alterasyon zonlanması olduğu varsayılabilir. Kırmızı-turuncu renkli pikseller ise kilce zengin alanları işaret etmektedir. KYM 5/7, 3/2, 4/5 bant oranlaması ile belirlenen alanlar bu görüntüde de belli olmaktadır.

Bant oranlaması ve renkli kompozitlerden elde edilen görüntüler bazı alanları her ne kadar işaret etse de alterasyonlu alanların tayininde temel bileşenler analizinin uygulanması daha pozitif sonuçlar sağlayacaktır. Temel prensipler kısmında da anlatıldığı üzere temel bileşenler analizi ve Crosta tekniği ile elde edilen hidroksil (H), demir oksit (F) ve hidroksil + demir oksit (H+F) görüntüleri ile alterasyonlu alanların tayini yapılacaktır. Temel bileşenler analizi ve Crosta tekniği yalnızca LANDSAT TM görüntüsü üzerinde uygulanmıştır.

H görüntüsü olarak hidroksillerin (TM 1, 4, 5 ve 7) PC4 analizi seçilmiştir çünkü PC3 deki yansıma değeri hem TM5 hemde TM7’de pozitiftir (Tablo 3.3). Hidroksil mineralleri (kil grubu) TM5 bandında yüksek ve TM7 bandında düşük değerler sunmaktadır. Yansıma farklılıklarının büyük olduğu yerdeki temel bileşen değerleri tespit edilir. Bant 5 ve bant 7 özmatiks değerlerinin teorik olarak aralarındaki spektral farklılığı sunması için işaretlerinin zıt olması gerekmektedir. PC3’de herikiside pozitiftir. PC3’deki açık pikseller hem bant 5 hem de bant 7 ye bağlı olarak oluşur. PC4’de bant 5 negatif ve bant 7 pozitif özmatiks değerine sahiptir. Bunun yanında PC4 içerisindeki koyu pikseller hidroksil minerallerini işaret eder. Bu

görüntü negatif hale getirilerek açık pikseller hidroksil minerallerini göstermesi sağlanır (Şekil 3.21).



Şekil 3.21 Ovacık – Narlıca ve çevresinin TBA crosta tekniği ile PC4 analizinin H görüntüsü (üstte), TBA Crosta tekniği ile PC4 analizinin F görüntüsü (altta) elde edilen gerilme uygulanmış görüntüler

F görüntü olarak demir oksitlerin (TM 1, 3, 4, 5) PC4 analizi seçilmiştir. Çünkü TM1 ve TM3’deki PC3 yansıma değeri pozitifdir. TM3 bandında demir oksitler yüksek yansıma değeri sunarken TM1 bandında ise düşük yansıma değeri sunarlar. Yansıma farklılıklarının büyük olduğu yerdeki temel bileşen değerleri tespit edilir (Tablo 3.2). PC3’de TM 1 ve TM 3 pozitif değerler gösterirken, PC4’de TM 1 ve

TM 3 birbirlerine zıt değerler göstermektedir. PC4'deki açık pikseller demiroksitleri göstermektedir (Şekil 3.21). Bant oranlaması, renkli kompozitler ve crosta görüntülerinin sonucunda Sağancı – Pınarköy ve Kaynarca tepe üçgenindeki alanda kil alterasyonu gözlenirken, aynı bölgeler arasında da demir oksitli alanların varlığı dikkati çekmektedir. Ovacık maden alanında kısmi açık piksellere sahip kil alterasyonu ve yoğun demir oksit anomalileri de görülmektedir.

H + F görüntüleri birleştirilerek sonuçta 256 gri renk seviyelerine tekrar ölçeklendirilir. Ters çevrilmiş (negatif) H + F görüntüleri hem kil hem de demir oksit minerallerinin açık piksellerle sunulduğu yerdeki alanları göstermektedir (Şekil 3.22). H + F görüntüsünü seçmek için diğer bir yöntem H ve F görüntülerine seçici olarak temel bileşen analizini uygulamak gerekir. H, H+F ve F renkli kompozit görüntüsünde hem kil hemde demir oksit içeren alanlar beyaz-sarımsı renkte açık piksellerle görülmektedir. Görüntü üzerinde açıklık sağlanması amacıyla gerilme uygulaması yapılmıştır. Genel görüntü üzerinde Sağancı ve Pınarköy civarında kil ve demir oksit anomalileri yoğunluk göstermektedir. Bununla birlikte maden ocağı çevresinde de benzer kil anomalilerine rastlanmıştır.

Elde edilen sonuç haritasından sonra Ovacık bölgesinden alınan kil örneklerinin değerlendirilmesi yapılarak uzaktan algılama yöntemlerinin başarı oranı anlaşılacaktır.

3.4.1.4 Arazi Doğrulaması

Ovacık – Yenice alanı 15 km²'lik bir alan içerisinde yaygın bir dağılım sunan kuvars damar ağlarına sahiptir. Ovacık – Yenice arasında yer alan kuvars damarları genellikle düşük sülfidasyon epitermal sisteminde oluşmuş mineralizasyonlardır. Ovacık bölgesindeki kuvars damarlarında kolloform – krustiform ve kafes yapılarının yanı sıra adularya minerallerinin varlığı cevherleşmenin akışkan kaynamasına bağlı olarak gerçekleştiğini göstermektedir (White ve Hedenquist, 1990). Ovacık epitermal sistemi öncelikle koyu silis matrikse sahip küçük taneli sülfid mineralizasyonuna (pirit) sahip ilksel breşleri oluşturan hidrolik parçalanma ile

başlamıştır. Sistem daha sonraki safhalarda boşluklu ve hematit matrikse sahip tektonik etmenlerle oluşmuş breşleri içermektedir. Bununla birlikte superjen oksidasyon ilksel hidrotermal breşleri kısmen etkilemiştir (La Source, 1996).

Kuvars damarlarının dış kesimlerine doğru arjilik alterasyon yaygınlaşırken, en dış kanada doğru kısmen propilitik alterasyona geçişler görülmektedir. Düşük sülfidasyon epitermal sistemlerinde oluşan alterasyonlar genelde dar alanlarda yayılım sunmaktadır. Bu nedenle alterasyon haritasında görülen yerel kil ve demir oksit anomalileri buradaki alterasyon dağılımını da doğrulamaktadır.

Ovacık çevresinden alınan kil örneklerinde montmorillonit, kaolinit ve adularya baskın mineralleri oluşturmaktadır. Doğu kesimde ise Fila tepe civarında kırmızı renkli jasperleşmiş damarlardan alınan örneklerde ise kaolinit ve adularyaya rastlanılmıştır. Narlıca köyü kuzeyinde baskın olarak kaolinit ve montmorillonit mineralleri yerelirken, nadir olarak klorit minerallerine de rastlanılmıştır. Narlıca civarında ayrıca pirit mineralizasyonları da mevcuttur. Pınarköy ve Sağancı arasında da baskın olarak kaolinit ve montmorillonit mineralleri mevcuttur (Şekil 3.22). Yenice kuzeyinde ise kaolinit ve klorit genel kil minerallerini oluşturmaktadır. Bu minerallerden bazılarının genel kil mineral içeriği Tablo 3.4’de gösterilmiştir.

Arazi çalışması esnasında alınan kil örnekleri analizi ile saptanan mineraller iki sınıfa ayrılmaktadır. Bunlar arjilik olan ve olmayan minerallerdir. Her bir mineral ise kendi arasında bulunduğu yoğunluğa göre 4 farklı sınıfa ayrılmaktadır. Yoğun olarak bulunan mineraller iyi karakterize olmuş mineral grubunda bulunurken, tam tespit edilmeyen tahmini mineraller ise zayıf karakterli mineraller grubuna dahil edilmiştir. Her grup kendisini temsil eden bir renk tonu ile simgelenmiştir. Alınan her bir örnek, örnek numarasının yanı sıra kısa tanımlayıcı özelliği ile birlikte verilmiştir. Böylece alınan örnekten saptanacak mineral türleri kısmen belli olmaktadır (Tablo 3.4).

Tablo 3.4 Ovacık – Yenice arasındaki alandan alınan kil örneklerinin analizi sonucu elde edilen mineraller (La Source, 1996)

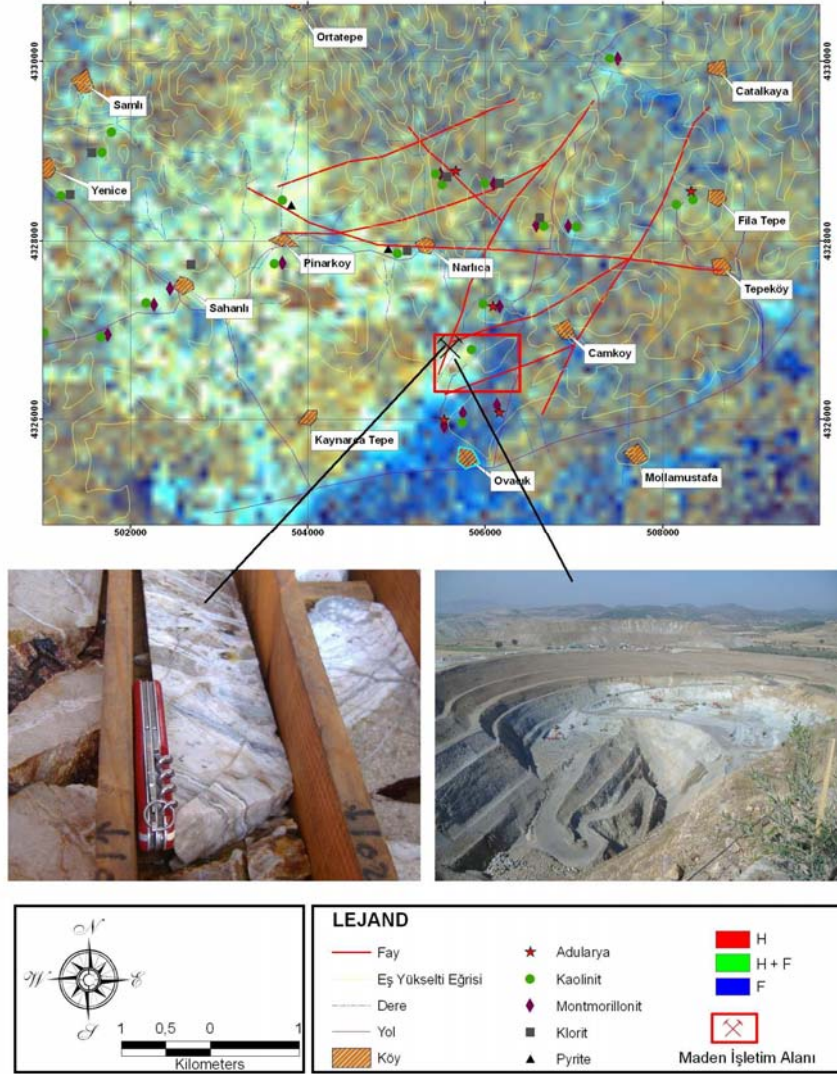
Örnek Numarası	Arjilik Olmayan Mineraller											Kil Mineralleri														
	Qtz / Crs	Pl / Cpx	Tur	Cal	Or / Mc / Sa	Bt / Am	Dol	Kut	Heu / Nat	Alu / Jar	Na- Alu	Hal	Kln / Mhal	Kln	Dic	Prl	Tos	III / Mic	Chl	III - SmR3	II - SmR2	III - SmR1	III - SmR0	Vr- Chl	III- Chl	Pa
WAP158 Arjilik Andezit	Qtz	Pl											Kln / Mhal	Kln		Prl	Tos	III	Chl						III- Chl	
WAP161 Kırmızı Andezit	Crs	Cpx				Bt												III	Chl					Vr- Chl		
WAP172 Silisik Andezit	Qtz	Pl			Or / Mc							Kln / Mhal			Prl			III	Chl							
WAP175 Arjilik Andezit	Qtz				Or / Mc						Hal		Kln	Dic?				III								
WAP176 Arjilik Andezit	Qtz	Pl			Or / Mc								Kln		Prl	Tos	III	III	Chl				~70			
WAP180 Damar Dolgusu	Qtz			Cal	Or / Sa										Prl											
WAP182 Ayrılmış Andezit	Qtz				Or / Mc				Nat		Hal		Kln					III					~60			
WAP196 Arjilik Andezit	Qtz												Kln				Tos		Chl							
WAP207 İltirik Damar	Qtz				Or / Mc								Kln					III		85-90						< 40

İyi karakterize olmuş mineral



Zayıf karakterize olmuş mineral

Alu: Alunit, Na-Alu: Natroalunit, Am: Amfibolit, Bt: Biyotit, Cal: Kalsit, Chl: Klorit, Crs: Kristobalit, Dic: Dikit, Dol: Dolomit, Hal: Halloysit, Mhal: Metahalloysit, Heu: Heulandit, Ill: İllit, III-Sm R3 - R0: İllit ve smektit tabakalarıyla beraber gözlenen ara katmanlı killler, III / Chl: İllit ve klorit tabakalarıyla beraber gözlenen ara katmanlı killler, Jar: Jarosit, Kln: Kaolinit, Kut: Kumhorit, Mc: Mikroklin, Mic: Mika, Nat: Natrolit, Or: Ortoklaz, Prl: Palygorskkit, Ptl: Pirofillit, Qtz: Kuvars, Sa: Samidin, Tos: Tosudite, Tur: Turmalin, Vrm: Vermikülit, Vrm/Chl: Vermikülit ve klorit tabakalarıyla beraber gözlenen ara katmanlı killler



Şekil 3.22 Ovacık – Narlıca ve çevresinin TBA crosta tekniği ile PC4 analizinin H, H+F ve F renkli kompozit görüntüsü, açıklığın belirgin olması için gerilme uygulanmıştır

LANDSAT TM Crosta renkli kompozit görüntüsünde de görüldüğü üzere birçok örnek noktası olarak alınan alanlarda beyaz-sarımsı renklerde anomali alanları bulunmaktadır. Düşük sülfidasyon sistemleri düzensiz alterasyon dağılımı nedeniyle parçalı killeşmeler şeklinde gözlenmektedir. Bununla birlikte bitki örtüsü içeren alanlarda herhangi bir anomali görülememektedir. Ovacık civarının daha maden işletmesi açılmadan önceki görüntüsünde bölgedeki alterasyonunu doğrular ve bölgeyi incelenmesi gerekli bir alan haline getirir. Bununla birlikte uydu görüntüleri ile elde

edilen cizgisel yapılar da cevherleşme açısından bölgenin tektonik uygunluğa sahip olduğunu doğrulamaktadır.

3.4.2 Gökçeyazı / Ergama Çalışma Sahası

Ergama çalışma alanı İzmir'in 180 kilometre kuzey doğusunda ve Balıkesir'in 25 kilometre batısında yer alır. İnceleme alanı yaklaşık 9 km²'lik bir alanı kapsar (Şekil 3.12). Balıkesir-İvrindi-Edremit otoyolu inceleme alanı içerisinde geçmektedir. 1990 yılı dönemlerinde Eurogold şirketi tarafından bölgede yapılan BLEG örneklemeleriyle birlikte Ergama köyünün 2 km batısında ilk anomaliler elde edilmiştir.

3.4.2.1 Jeoloji

Çalışma alanının temelini Permian yaşlı kireçtaşı, kırıntılı kayalar ve kalk-sistler oluşturur. Miyosen yaşlı andezitik ve bazaltik volkanik kayalar temel kayaları üzerler. Volkaniklerin yanı sıra bölgede trakiandezitik porfiri sokulumları da yer alır.

Miyosen yaşlı porfiritik amfibol-biyotit andezitik kayalardan oluşan volkanikler çoğunlukla dom akmaları ve kısmen breşleşme sunar. Bazı kısımlarda volkanosedimanter kayalara da rastlanılmaktadır. Miyosen yaşlı volkanikler ile Permian yaşlı karbonatlar arasındaki dokanağın türünün saptanması oldukça güçtür. Bölge içerisinde saptanmamış olan dokanak ilişkisi İvrindi ve çevresinde yapısal olarak gözlenmektedir. KD – GB doğrultulu fay koridoru bölgeyi kontrol eden genel tektonik yapıyı oluşturmaktadır. Miyosen yaşlı volkanikler daha genç olan demir oksitçe sıvanmış yamaç molozları ile örtülmektedir.

3.4.2.2 Alterasyon ve Mineralizasyon

Ergama bölgesi genel olarak yüksek sülfidasyon epitermal sistem koşullarında oluşmuştur. Yüksek sülfidasyon sistemleri açılma ve transtansiyonel oluşumlarda,

genellikle volkano-plutonik kıta kenarları, okyanus yayı ve yay arkası kesimlerde gözlenir. Plutonlar üzerinde stratovolkano ve diğer volkanik aktivitelerin oluşturduğu yarı derinlik magmatik sokulum zonlarında gelişir. Damarlar, masif sülfat ornatım mercekleri, stokvork ve breşler şeklinde gözlenir. Genellikle düzensiz çökelim şekilleri ana kayalık gözenekliliği ve cevheri kontrol eden yapının geometrisi tarafından denetlenir. Asit çözündürmenin son ürünü olarak boşluklu kuvars oluşur. Druzik (bol miktarda çok küçük kuvars kristalleriyle kaplı) boşluklar, bantlı damarlar, hidrotermal breşler, ince taneli kuvars içeren masif yan kayalık ornatımları gözlenebilir. İleri arjilik alterasyon karakteristiktir ve geniş alanlarda gözlenebilir. Kuvars ince taneli ornatımlar halinde gözlenir ve asitle yıkanmış kayalarda kalıntı silis olarak boşluklu silikalar halinde bulunur. Ayrışmış kayalar yoğun limonit (jarosit-götit-hematit) içerir, genellikle toprağımsı kaolen ve kuvarsa sahiptir. İri taneli hipojen ve ince taneli superjen alunit damarları görülebilmektedir.

Çalışma alanı içerisinde yer alan alterasyon dağılımı 4 ana grupta toplanabilir. Birinci grubu, çalışma alanının büyük bir kısmını kapsayan yoğun arjilik alterasyon oluşturur. Arjilik alterasyon dışında kısmi olarak ana fay ve kırık sistemleri boyunca oluşan silis şapkaları (ii), Kiraz köyünün kuzeybatısında yer alan alünit şapkası (iii) ve çalışma alanının kuzey kanadında yer alan hidrotermal breşlerde (iv) diğer alterasyon gruplarını oluştururlar (La Source, 1996).

Silis yıkanması, sulfidasyon, arjilleşme, ileri arjilik alterasyon, silisleşme ve hematitleşme genel alterasyon türlerini oluştururken, iri kristalin kuvars, şekerimsi kuvars ve boşluklu yapıların yanı sıra nadiren tarak ve karbonat ornatım – kafes yapıları genel doku ve mineralizasyonları oluşturmaktadır (La Source, 1996).

3.4.2.3 Uydu Görüntüleri

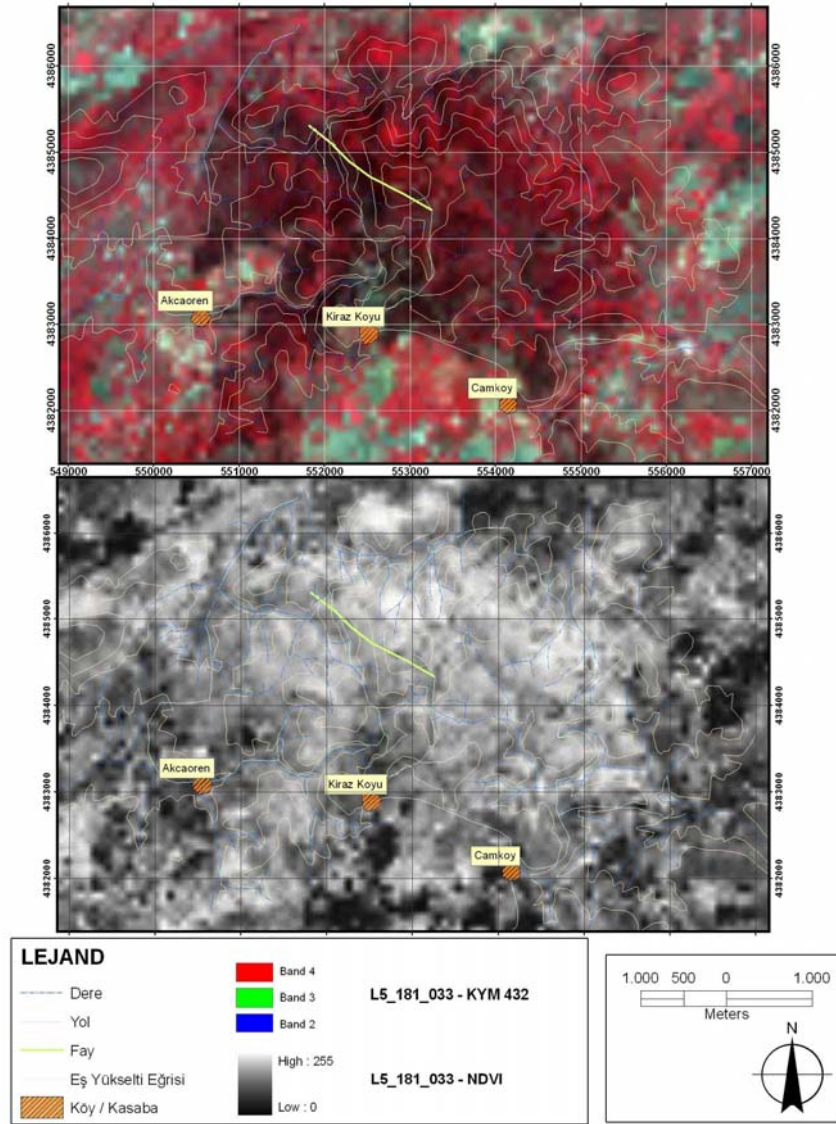
Ergama bölgesi için sadece LANDSAT TM (L5-180-033) görüntüleri üzerinde çalışılacaktır. L5-180-033 görüntüsüne ait istatistiksel çalışmalar bu bölüm kapsamında belirtilmiştir. Öncelikle görüntüden en iyi şekilde faydanılması amacıyla görüntü üzerinde atmosferik etkinin kaldırılması sağlanmıştır (Tablo 3.5).

Tablo 3.5 LANDSAT TM (L5-180-033) bantlarından uzaklaştırılan atmosferik etki değerleri

TM Bant No	Uzaklaştırılan Atmosferik Etki Pikseli
Bant 1	65
Bant 2	28
Bant 3	16
Bant 4	Eksiltme uygulanmamıştır
Bant 5	Eksiltme uygulanmamıştır
Bant 7	Eksiltme uygulanmamıştır

Ergama bölgesi içerisindeki alterasyonlu alanların tayini için ilk yaklaşımlar renkli kompozitler kullanılarak yapılmıştır. Ergama sahası boyunca ilk olarak bitki örtüsünün tayinini yapmak gerekir; bu nedenle KYM 432 yapay görüntüleri incelenmelidir (Şekil 3.23). Kırmızı piksellerle görülen alanlar LANDSAT 5 TM görüntüsünde bitki örtüsü alanlarını işaret etmektedir. Parlak kırmızı ile görülen alanlar genellikle daha sağlıklı ve güçlü bitki örtüsünü belirtmektedir. Görüntüye Normalize Fark Bitki İndisi (NDVI) uygulandığında KYM 432’de gözlenen alanlar gri ölçekte açık pikseller halinde belirginleşmektedir. Daha parlak renkler daha sağlıklı / güçlü bitki örtüsünü göstermektedir. Elde edilen veriler ışığında çalışma alanının yoğun bir bitki örtüsüne sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle yapılacak olan kil alterasyon tayinlerinin sonuçları hakkında kesin yargılara varmak oldukça güçtür.

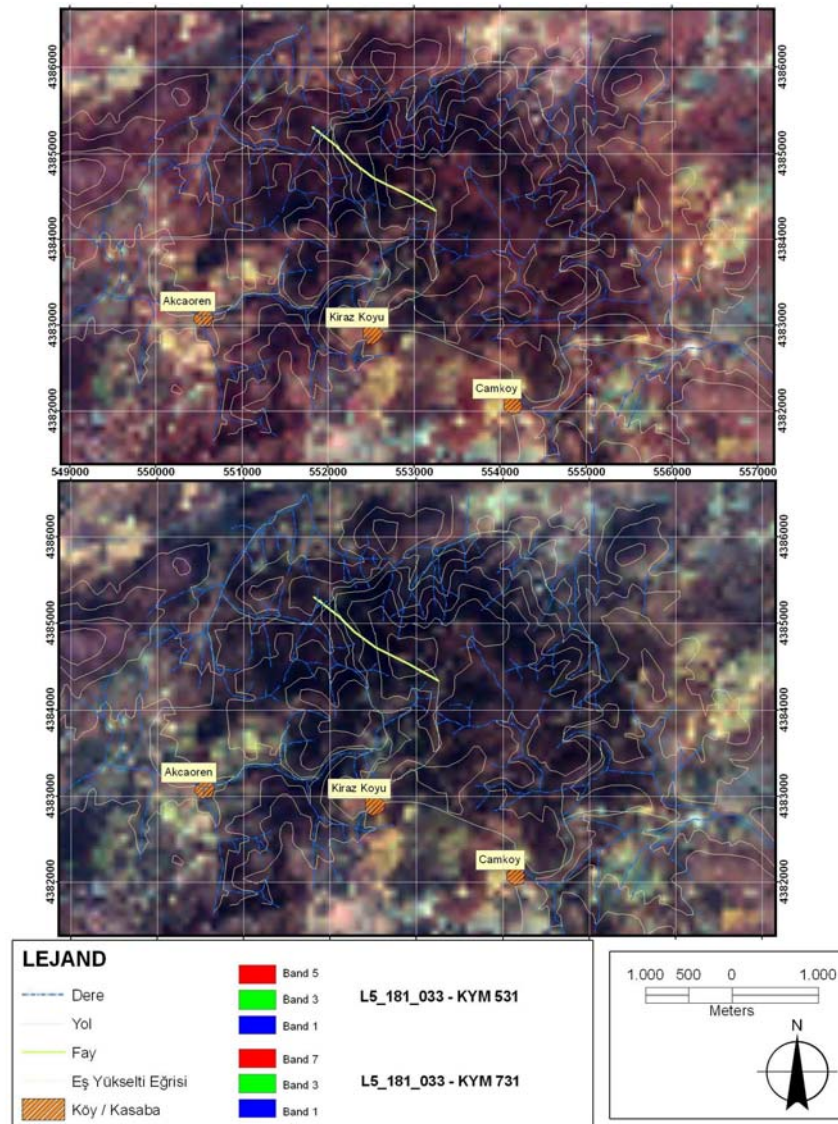
LANDSAT 5 TM görüntüsünde bitki örtüsünün olmadığı çok nadir açık pikseli alanlardaki kil içeren alanlar seçilebilmektedir. Bu noktalar Akçaköy köyü batı-kuzeybatı kesimleri ile Çamköy köyünün doğu, güneydoğu ve güney kesimlerinde ve çalışma alanının en uç kuzey kesimlerinde ağaç örtüsünün ender olduğu kısımlarda yer almaktadır. Kiraz köyü kuzey kesimlerinde ise KYM 432 görüntüsünde grimsi renkte bazı pikseller seçilebilmektedir, bu anomaliler muhtemel kil alterasyonunu işaret ediyor olabilir.



Şekil 3.23 Ergama çalışma sahasına ait LANDSAT TM KYM 432 yapay renkli görüntüsü ve NDVI gri ölçekli görüntüsü

LANDSAT KYM 531 yapay renkli kompozit görüntülerde demir oksitçe baskın kil alterasyonuna sahip alanlar kolaylıkla anlaşılabilir çünkü demir oksit bant 3’de yüksek yansıma değerleri sunarken, bant 1’de daha düşük yansıma değerlerine sahiptir (Şekil 3.24). Görüntüde yeşilimsi-mavi (cyan) renkli alanlar demir oksitçe zengin (\pm kil) alanları gösterirken, koyu kırmızı-kahverengimsi renkli alanlarda bitki örtüsünü işaret etmektedir. Açık pikseli (sarımsı–beyaz) alanlarda yine kil alterasyonuna sahip alanları belirtmektedir. Çamköy güneyi ve kuzeybatı kesimi, Kiraz köyü güneyi, Akçaören köyü civarı ve en uç kuzey kanatta belirgin kil

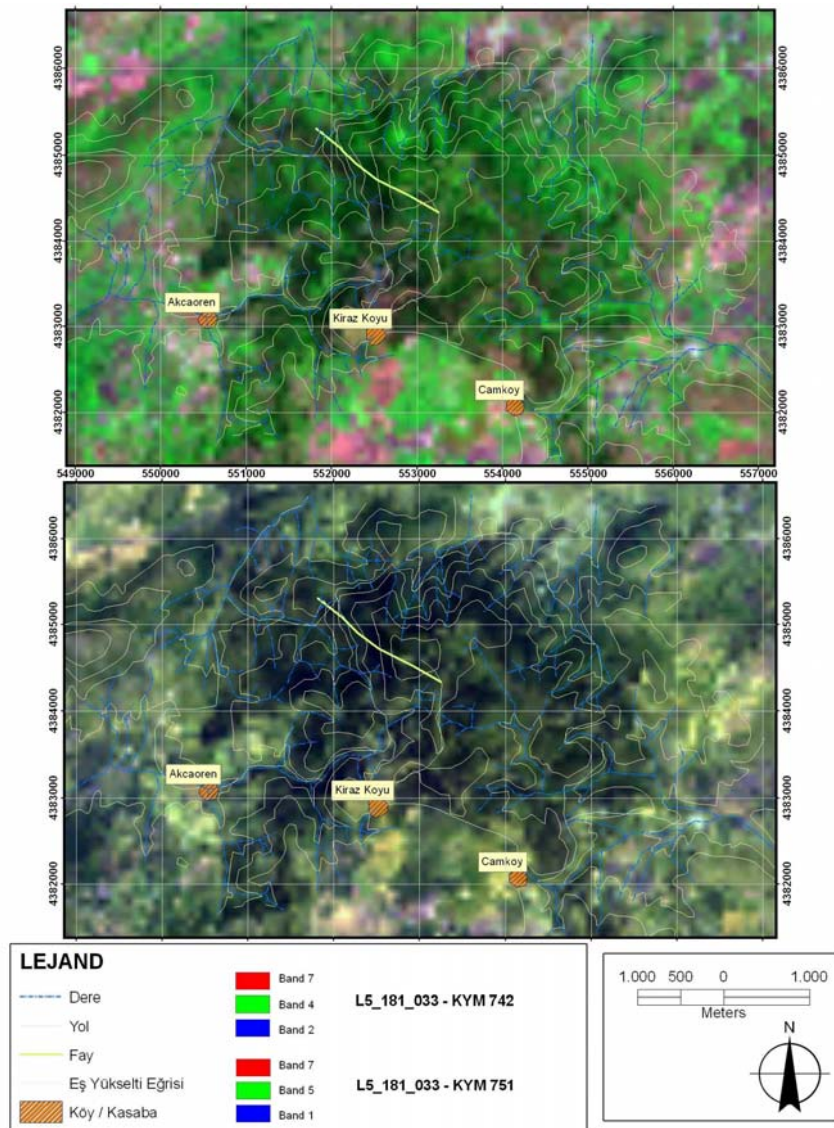
alterasyonu anomalileri mevcuttur. Merkezi kesimde ise yoğun bitki örtüsünün varlığı belli olmaktadır ve herhangi bir kil anomalisi gözlenmemiştir.



Şekil 3.24 Ergama çalışma sahasına ait LANDSAT TM KYM 531 yapay renkli görüntüsü ve LANDSAT TM KYM 731 yapay renkli görüntüsü

LANDSAT KYM 731 görüntüsünde, KYM 531 görüntüsüne benzer olarak aynı kil alterasyonu anomalilerini sunar. Diğer görüntülerden farklı olarak Kiraz köyü kuzeyinde ve merkezdeki fay zonu boyunca çok zayıf anomaliler belirginleşmektedir. KYM 531 ve KYM 731 görüntüleri özellikle litoloji tayinlerinde önemli rol tuttuğu için alterasyonlu alanların tespitinde önemli veriler de sunmaktadır.

Yapay renkli kompozit bantları 742 sırasıyla kırmızı, yeşil ve mavi kanalları gösterecek biçimde oluşturulmuştur (Şekil 3.25). Bu görüntüde yeşil renkte görülenler bitki örtüsünü belirtmektedir. Sarımsı yeşil alanlar kil alterasyonundan çok demir oksitçe zengin alanları işaret etmektedir. Beyaz alanlarda (açık pikseli) hem kil hemde demir oksitçe zengin alanları işaret etmektedir. Çamköy köyü kuzey doğusu ve güney batısında beyaz – grimsi renkte kil anomalileri bulunmaktadır. Akçaören batısı ve kuzeyinde de nadir kil anomalileri mevcutken, Kiraz köyü kuzeyinde grimsi-beyaz renkli alanlarda da kil alterasyonu anomalileri gözlenmiştir.

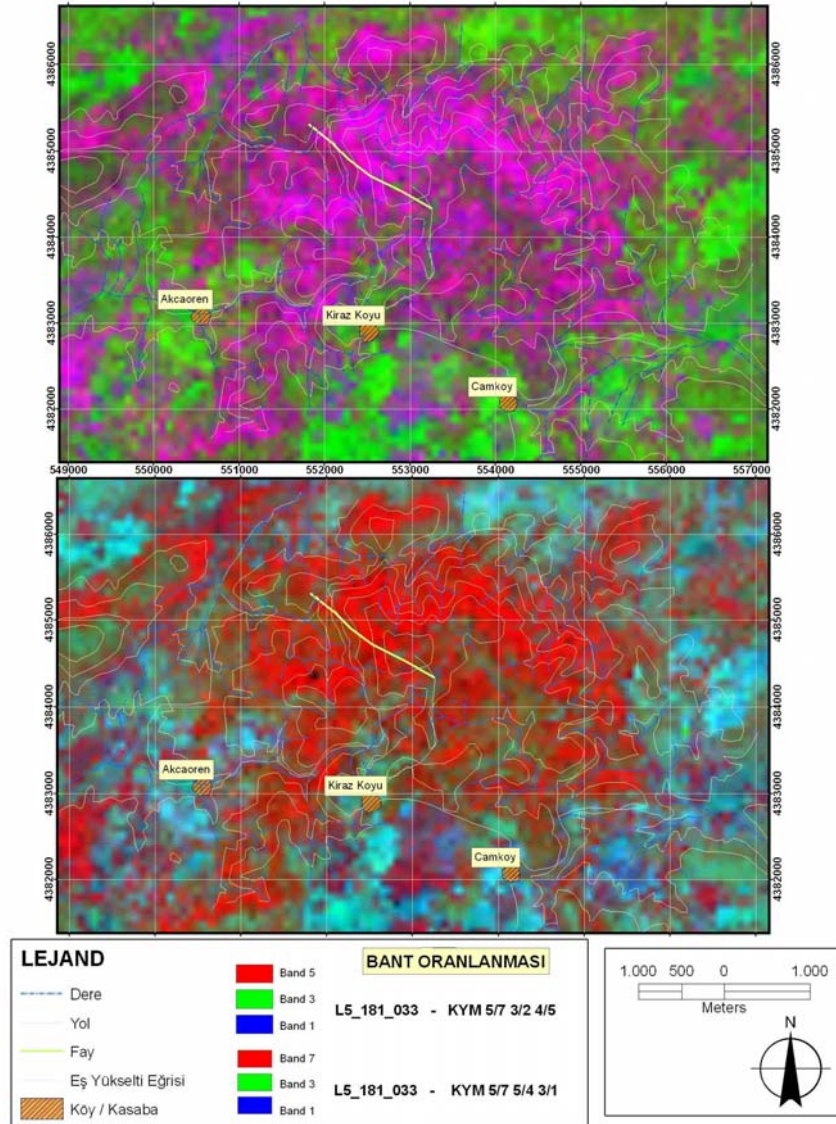


Şekil 3.25 Ergama çalışma sahasına ait LANDSAT TM KYM 742 yapay renkli görüntüsü ve LANDSAT TM KYM 751 yapay renkli görüntüsü

Son olarak Ergama bölgesinin KYM 751 yapay renkli görüntüsü (Şekil 3.25) düzenlenmiştir. Bu görüntüde kırmızı alanlar kil absorpsiyon alanlarını, mavi-yeşil alanlar killerin demir oksite baskın olduğu anomali alanlarını ve beyaz renkli alanlarda hem demir oksit hem de kil alterasyonu sunan alanları belirtmektedir. KYM 751 görüntüsünde diğer görüntülerdeki benzer alanlarda belirgin kil alterasyonları gözlenmiştir.

LANDSAT TM 5/7 bant oranlaması bant 5 deki yüksek yansıma ve bant 7 deki düşük yansıma nedeniyle kil mineralleri için uygulanır. 3/2 bant oranı demir oksitler için yüksek iken 4/5 bant oranı ise düşük yansımalar sunar ve kil minerallerine benzer özellikler sunar. Bu oranlamaları KYM kanallarına uygulandığında bir kompozit görüntü elde edilir (Şekil 3.26). Temel olarak kırmızı pikseller kilce zengin alanları, yeşil pikseller demir oksiti ve mavi pikseller ise hem kil hemde demir oksitçe zengin alanları belirtmektedir. Koyuluk derecesine göre demir oksit yoğunluğu da belli olmaktadır. Sarı renge sahip pikseller ise hidrotermal alterasyonlu kil ve demir oksitçe zengin alanları belirtir. Akçaören, Kirazlı ve Çamköy civarında hafif soluk mavi rengin varlığı ile bölgedeki kil alterasyonu görülebilmektedir. Bununla birlikte merkez kesimdeki yoğun bitki örtüsü nedeniyle herhangi bir anomali görülememektedir. LANDSAT TM 5/7, 5/4 ve 3/1 bant oranlarının KYM renkli kompozit görüntüsünde magenta pikseller hem kil hemde demir oksitli alanları belirtir (Şekil 3.26). Mavi-yeşil (cyan) pikseller ise demir oksit içeren alanları işaret eder. Beyaz pikseller ise hem kil hemde demir oksitler içeren alanları işaret etmektedir. Magenta renklerin beyaz renkli pikselleri çevrelediği alanlarda bir alterasyon zonlanması olduğu varsayılabilir. Kırmızı-turuncu renkli pikseller ise kilce zengin alanları işaret etmektedir. Diğer bir bant oranlaması yöntemi olan KYM 5/7, 3/2, 4/5 bant oranlaması önceki görüntüde elde edilen anomali alanlarını doğrulamaktadır. Özellikle çalışma alanının en kuzey kesimlerine doğru hafif beyaz renkli piksellerin varlığı da dikkati çekmektedir.

Genel olarak bölge yoğun bitki örtüsüyle kaplı olduğu için yapay renkli kompozitlerin ve bant oranlamalarının kil alterasyonunu tayin etmesini oldukça güçleştirmektedir. Örtünün az ve ya olmadığı alanlarda başarılı sonuçlar vermiştir.



Şekil 3.26 Ergama çalışma sahasına ait LANDSAT TM KYM 5/7, 3/2, 4/5 yapay renkli görüntüsü ve LANDSAT TM KYM 5/7, 5/4, 3/1 yapay renkli görüntüsü

Yapay renk kompozit görüntüleri ve bant oranlanması sonrası Ergama çalışma alanını kapsayan LANDSAT görüntüleri için temel bileşenler analizi yapılarak kil ve demir oksitli alanlardan daha iyi anomaliler elde edilmesi amaçlanmaktadır. Temel bileşen analizi öncesi LANDSAT TM 180-033 görüntüsünün korelasyon matrisi değerleri hesaplanmıştır (Tablo 3.6). Tabloda 4. ve 7. bantların düşük korelasyon değerlerine sahip olduğu görülmektedir ve bant 4 ile bant 7 oranının spektral yansıması bitki alanına göre killi (alterasyonlu) alanlarda daha düşük olmalıdır (Şekil 3.8).

Tablo 3.6 Su maskeleyesi yapılmış LANDSAT TM 180/033 görüntüsünün korelasyon matrisi

	TM 1	TM 2	TM 3	TM 4	TM 5	TM 7
TM 1	1,00	0,97	0,94	0,42	0,79	0,83
TM 2	0,97	1,00	0,98	0,49	0,84	0,87
TM 3	0,94	0,98	1,00	0,41	0,88	0,92
TM 4	0,42	0,49	0,41	1,00	0,50	0,36
TM 5	0,79	0,84	0,88	0,50	1,00	0,97
TM 7	0,83	0,87	0,92	0,36	0,97	1,00

Ergama alanı içerisindeki demir oksit anomalilerinin temel bileşenler analiz ile incelenmesi amacıyla TM 1, 3, 4 ve 5. bantlar kullanılmıştır. 4 özmatris kovaryans analizleri (PC1 – PC4) istatistiksel çalışmalarla elde edilmiştir (Tablo 3.7). PC1 albedo ve topoğrafik bilgileri yansıtırken, PC2 4. banttaki yüksek ve pozitif yüklemeleri, yani bitki örtüsünü yansıtır. PC3 de yakın kızılötesi (VNIR) ve kısa dalga kızılötesi (SWIR) arasındaki karşıtlıkları yansıtır. Demir oksit (Şekil 1.6) bant 3'deki yüksek yansıma ve bant 1'deki düşük yansıma ile karakterize edilmektedir. PC4'de bant 1 ve 3 için zıt işaret değerleri olduğu görülmektedir. Bant 3'deki pozitif işaretli alan, demir oksitin açık piksellerle görülebileceği alanları işaret etmektedir. Analiz sonucunda PC4'de görülen Bant 1 ve Bant 3 deki işaret farklılığından yola çıkılarak anomali görüntüleri elde edilecektir.

Tablo 3.7 Su maskeleyesi yapılmış, LANDSAT TM 180/33 demir oksit görüntüsü için hazırlanan özmatris yüklemeleri, TBA

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4
ETM+ 1	0,33	-0,16	-0,65	-0,67
ETM+ 3	0,43	-0,23	-0,48	0,73
ETM+ 4	0,21	0,96	-0,19	0,06
ETM+ 5	0,82	-0,06	0,56	-0,13

Kil alterasyonu görüntüleri için hazırlanan özmatris kovaryasyon değerleri de PC1, PC2 ve PC3 demir oksitte olduğu gibi aynı bilgileri sunmaktadır. PC4'de zıt işaretler ve yüksek yüklemelerin varlığı nedeniyle kil mineralleri tayin edilir (Tablo 3.8).

Tablo 3.8 Su maskeleyesi yapılmış, LANDSAT TM 180/33 kil görüntüsü için hazırlanan özmatriks yüklemeleri, TBA

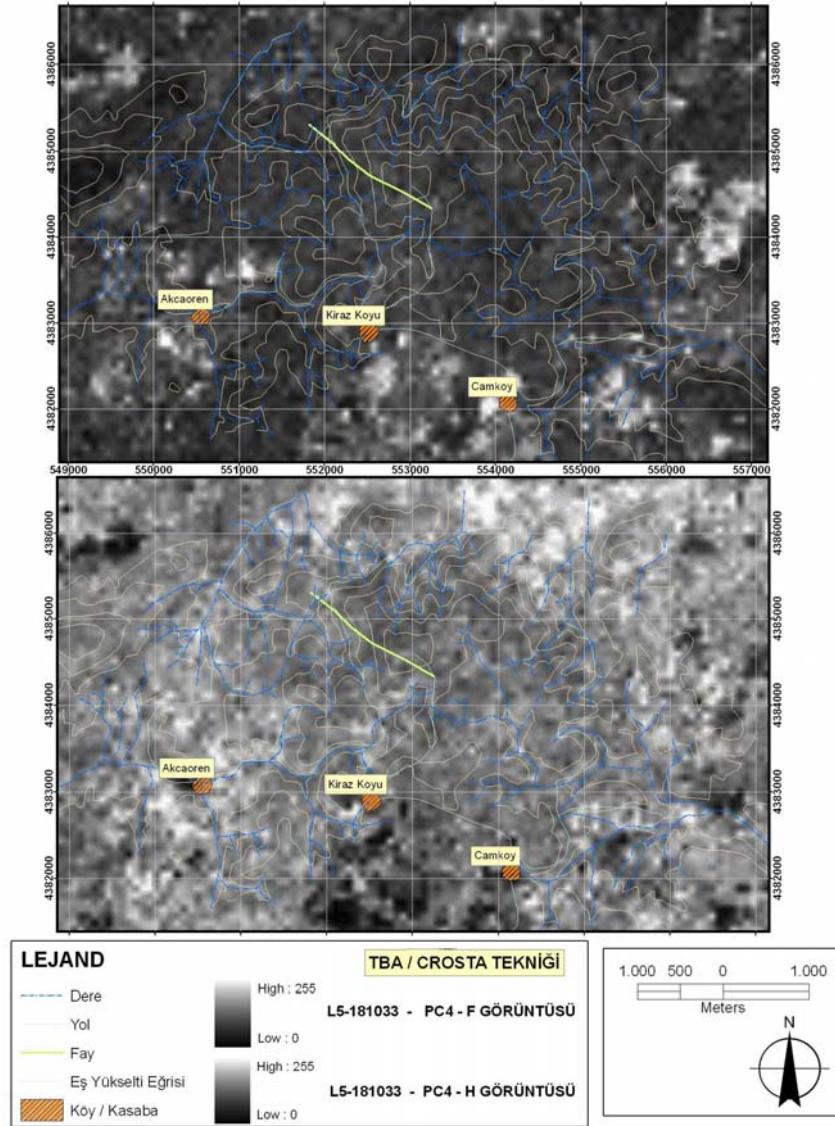
	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4
ETM+ 1	0,30	0,03	0,92	-0,23
ETM+ 4	0,19	-0,96	0,02	0,21
ETM+ 5	0,78	0,04	-0,38	-0,49
ETM+ 7	0,51	0,28	0,03	0,81

Bant 5 deki yüklemelerin negatif olması kil alterasyonunun koyu piksellerle gösterileceğini belirtir. Bu pikselleri açık hale getirmek için görüntü negatifleştirilir. Bunu kolayca yapmak için temel bileşen analiz formülü -1 ile çarpılır.

$$SIGMA(I1..I4 / I? * PC_COV(I1..I4 / , R1, I?, 4)) * -1$$

H görüntüsü olarak hidroksillerin (TM 1, 4, 5 ve 7) PC4 analizi seçilmiştir çünkü PC3 deki yansıma değeri hem TM5 hemde TM7’de pozitiftir (Tablo 3.8). Hidroksil mineralleri (kil grubu) TM5 bandında yüksek ve TM7 bandında düşük değerler sunmaktadır. Yansıma farklılıklarının büyük olduğu yerdeki temel bileşen değerleri belirlenir. LANDSAT TM bant 5 ve bant 7 öz matris değerlerinin teorik olarak aralarındaki spektral farklılığı sunması için işaretlerinin zıt olması gerekmektedir. PC3’de herikiside pozitiftir. PC3’deki açık pikseller hem bant 5 hem de bant 7 ye bağlı olarak oluşur. PC4’de bant 5 negatif ve bant 7 pozitif özmatriks değerine sahiptir. Bunun yanında PC4 içerisindeki koyu pikseller hidroksil minerallerini işaret eder (Şekil 3.27).

Üst görüntüde yer alan demir oksit haritasında (F) Çamköy güneyinde, Akçaören ve çevresinde, Kiraz köyü güneyinde ve çalışma alanının en uç doğu kesimlerinde ve kuzeybatı kesimlerinde demir oksit anomalileri belirginleşmektedir. Bazı anomaliler gri tonlarda ağırlık gösterirken özellikle Akçaören köyü civarında ve çalışma alanının en uç doğu kesiminde açık tonlarda yoğun demir oksit anomalileri görülmektedir. Bitki örtüsünün hakim olduğu merkez alanda ise herhangi bir demir oksit anomalisi gözlenmemektedir.



Şekil 3.27 Ergama çalışma sahasının TBA crosta tekniği ile PC4 analizinin F görüntüsü (üstte), TBA Crosta tekniği ile PC4 analizinin H görüntüsü (altta) elde edilen gerilme uygulanmış görüntüler

Alt görüntüde yer alan kil haritasında (H) ise önemli anomaliler elde edilmiştir. Akçaören, Kiraz köyü ve Çamköy civarında daha önceden de belirlenen alanlar bu teknikle daha belirgin hale gelmiştir. Bunun dışında merkezdeki bitki örtüsü ile sarılmış alan çevresinde de killeşmelerin bulunduğu ve örtüyü bir zarf gibi sardığıda görülmektedir. Bununla birlikte görüntü dikkatle incelendiğinde bitki örtüsü içerisindeki alanlarda -özellikle dere yarmaları boyunca- gri tonlarda tam net olmayan anomaliler mevcuttur. Bu görüntülerde merkez alandaki potansiyel kil alterasyonlarının varlığını işaret eder.

F ve H görüntülerinden elde edilen anomaliler KYM kanallarda, F, H+F ve H görüntüsü şeklinde yapay renkli kompozitler olarak incelendiğinde çalışma alanının genel kil ve demir oksitli alanları tespit edilir (Şekil 3.28). Görüntü üzerinde açıklık sağlanması amacıyla gerilme uygulaması yapılmıştır.

Elde edilen sonuç haritasından sonra Ergama bölgesinden alınan kil örneklerinin değerlendirilmesi yapılarak uzaktan algılama yöntemlerinin başarı oranı anlaşılacaktır.

3.4.2.4 Arazi Doğrulaması

Çalışma alanının büyük bir bölümünde gözlenen arjilik alterasyon fasiyesi, bronz renkli biyotitler içeren beyaz – krem renkli ayrılmış andezitler ile silis içeriği yüksek beyaz renkli andezitleri kapsar. Beyaz renkli silis içeriği yüksek andezitler arjilleşmiş feldisparların uzaklaşması sonucu kayacın boşluklu bir doku kazanması ile oluşmuştur. Bu dönüşüm arjilik alterasyondan ileri arjilik alterasyona doğru bir zonlanmayı göstermektedir.

Ergama çalışma alanı içerisindeki silis alterasyonu ise iki grupta incelenebilir. Birinci grup 5-10 metre genişlikte zayıf yapısal merccekler şeklinde ve topoğrafyada şapka benzeri konumlarda bulunmaktadır ve ana faylara bağlı gelişen açılma boşluklarını doldurmuşlardır. İkinci grup, çalışma alanının kuzey kanadındaki B-D ve BKB – DGD doğrultulu faylar boyunca silisli uzanımlar şeklinde görülmektedir. İlksel magmatik dokunun nadir olarak korunduğu andezitlerdeki masif silis metasomatizması şeklinde görülür.

Kiraz köyünün kuzeybatısında yeralan alunit – silis şapkası iki farklı fasiyes özelliğine sahiptir. Yıkılmış, kalıntı kuvars ve alünit içerikli, boşluklu (vuggy) kayaç grubu ilk fasiyes türünü oluştururken, kuvars ve alünit içerikli tabakalanmış ince taneli kayaç grubu ise ikinci grubu oluşturmaktadır. Silis ve alünit zonu yaklaşık 600 metre uzunluğa sahiptir. Yıkılmış zon içerisinde yeşil renkli yeni oluşmuş minerallerle birlikte yaygın pirit mineralizasyonunda yer almaktadır.

Çalışma alanının kuzey kesiminde yer alan hidrotermal breşler birçok fazın etkilemesi sonucunda oluşmuştur. Breşler yaygın silisleşme sonrası belirgin hidrolik parçalanmanın ardından gerçekleşen kimyasal ayrışma safhalarına bağlı olarak oluşmuştur. Farklı fasiyeslere sahip breşler renk farklarına göre ayırt edilebilirler. Demir ve mangan minerallerinin oranları breşlerdeki renklerin temel sebeplerini oluşturur.

Alan doğrulama esnasında özellikle Kiraz köyü kuzeyi ile Ergama köyüne kadar olan kısımda sık ağaçların ve küçük bitkilerin sahayı kapladığı gözlenmiştir. Bu alan içerisinde alterasyonlu alanlar ancak yol yarmaları üzerinde gözlenebilmektedir. Bu nedenle uydu görüntülerinde alterasyonlu alanların saptanamamış olması olağandır. Arazi doğrulama esnasında çalışma alanı içerisinde alınan 6 adet örneğin yapılan incelemeler sonucunda içerdikleri mineraller Tablo 3.9'da görülmektedir.

Çamköy, Kiraz köyü ve Akçaören köyleri boyunca yüksek sülfidasyonlu epitermal sistemin orta zonu olan arjilik alterasyon alanları belirlenmiştir. Dıştaki bu arjilik zarf LANDSAT TM görüntülerinde belirgin olarak görülmektedir. Kil alterasyonu yanı sıra bölge içerisinde demir oksitler (çoğunlukla hematitik) ağsı şekilli dağılım gösterirler. Daha kuzeye doğru gidildikçe alünit ve silisin artmaya başladığı ve sistemde daha iç zonlara geçiş yapıldığı görülür. Çalışma alanının en kuzey kesiminde ise yoğun hidrotermal breşlerle birlikte alünit, jarosit ve dikitin varlığı da görülmektedir. Alünit ve dikitin varlığı, yüksek sülfidasyonlu sistemlerde cevherli merkezi zonun içerisinde veya yakınında bulunduğunu belirtir. Bu bölgedeki yoğun bitki örtüsü nedeniyle bu çevrede yer alan kil alterasyonu görülememektedir. Yüksek sülfidasyon sistemine sahip Ergama bölgesi KB kesimlerine doğru propilitik alterasyona doğru geçişler gösterir. Başlıca klorit ve pirit mineralizasyonlarının varlıkları bu geçişi işaret eder (Şekil 3.28).

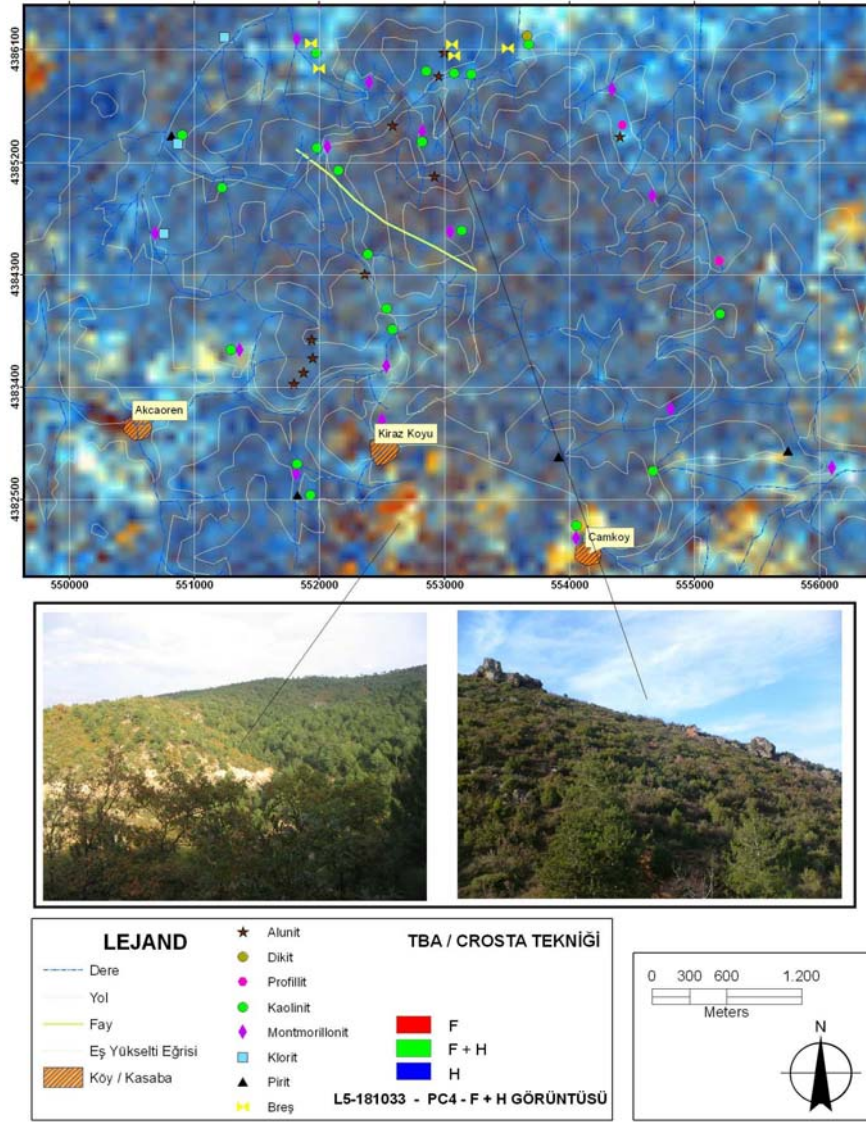
Tablo 3.9 Ergama – Kiraz köyü arasındaki alandan alınan kil örneklerinin analizi sonucu elde edilen mineraller (La Source, 1996)

Örnek Numarası	Arjilik Olmayan Mineraller										Kil Mineraller																
	Qtz / Crs	Pi	Tur	Cal	Or /Mc /Sa	Bt / Am	Dol	Kut	Heu / Nat	Alu / Jar	Na- Alu	Hal	Kln / Mhal	Kln	Dic	Prl	Tos	III / Mic	Chl	III - SmR3	III - SmR2	III - SmR1	III - SmR0	Vr- Chl	III- Chl	Pa	
WAP372 Arjilik Andezit	Qtz												Kln			Prl		III									
WAP385 Arjilik Andezit	Qtz				Or / Mc								Kln					III									
WAP386 Arjilik Andezit	Qtz												Kln			Prl											
WAP418 Arjilik Andezit	Qtz				Or / Mc					Jar			Kln / Mhal					III					< 40				
WAP420 Arjilik Andezit	Qtz									Alu						Prl		III									
WAP422 Arjilik Sediman	Qtz									Alu						Prl		III									

İyi karakterize olmuş mineral

Zayıf karakterize olmuş mineral

Alu: Alunit, Na-Alu: Natroalunit, Am: Amfibolit, Bt: Biyotit, Cal: Kalsit, Chl: Klorit, Crs: Kristobalit, Dic: Dikit, Dol: Dolomit, Hal: Halloysit, Mhal: Metahalloysit, Heu: Heulandit, III: İllit, III-Sm R3 - R0: İllit ve smektit tabakalarıyla beraber gözlenen ara katmanlı killer, III / Chl: İllit ve klorit tabakalarıyla beraber gözlenen ara katmanlı killer, Jar: Jarosit, Kln: Kaolinit, Kut: Kutnohorit, Mc: Mikroklin, Mic: Mika, Nat: Natrolit, Or: Ortoklaz, Pa: Palygorskit, Prl: Pirofillit, Qtz: Kuvars, Sa: Sanidin, Tos: Tosudite, Tur: Turmalin, Vrm: Vermikulit, Vrm/Chl: Vermikulit ve klorit tabakalarıyla beraber gözlenen ara katmanlı killer



Şekil 3.28 Ergama bölgesinin TBA crosta tekniği ile PC4 analizinin F, F+H ve H renkli kompozit görüntüsü, açıklığın belirgin olması için gerilme uygulanmıştır

Alınan örnekler Ergama çalışma alanının potansiyel bir maden yatağı olabileceğini göstermektedir fakat alanın yoğun bitki örtüsü tarafından sarılmış olmasından dolayı LANDSAT TM görüntülerinde çok seyrek alanlarda anomaliler elde edilmiştir. Bu nedenle potansiyel bir yatak olabilecek bu alan eğer BLEG dere sedimanları tarafından daha önceden anomaliler saptanmamış olsaydı, uydu görüntüleri yardımıyla saptanması oldukça güç olacaktı. Bu tür alanlarda genellikle LANDSAT görüntülerinin yerine doğrudan mineral indislerine dayanan ASTER görüntülerinin kullanılması çok daha yararlı olacaktır. Ergama ile ilgili ayrıntılı çalışmalar ASTER bölümünde anlatılmıştır.

3.4.3 İvrindi / Kınık Çalışma Sahası

İvrindi – Kınık çalışma alanı İzmir'in 160 kilometre kuzeydoğusunda ve Balıkesir'in ise 45 kilometre batısında yer almaktadır (Şekil 3.12). Çalışma alanının kuzeyinde Balya ve Gönen, batısında Havran, Burhaniye ve Edremit, doğusunda Balıkesir merkez ve güneyinde Savaştepe ve Soma ilçeleri bulunur. İnceleme alanı bir önceki Ergama bölgesinin yaklaşık 10 kilometre güneybatısında yer almaktadır. Çalışma alanı ilk kez Galata Madencilik tarafından uzaktan algılama çalışmaları ve arazi gözlemleri sonucunda saptanmıştır.

3.4.3.1 Jeoloji

Çalışma alanı içerisinde iki farklı temel litoloji yer alır. Bunlar Permo-Triyas yaşlı rekristalize kireçtaşları ve Erken Miyosen yaşlı andezitik volkanikler ve tüflerdir (Şekil 3.29). Erken Miyosen yaşlı volkanik kayalar çalışma alanının batı ve kuzey kanadında geniş yer kaplar. Andezitler sarımsı-krem renkli ayrışma yüzeyi rengi ve bordomsu-gri taze yüzey rengine sahiptir. Plajiyoklas ve biyotitçe zengin bu kayalar içerisinde yer yer hornblend mineralleri de gözlenir. Genellikle lav akmaları şeklinde oluşan bu kayalar, yer yer parçalanarak otobreşik bir yapı kazanmışlardır. Çalışma alanının kuzeydoğu kesimlerine doğru porfiritik andezit vardır. Çalışma alanının daha güney ve kuzey doğu kısımlarına doğru silisli tuf ve volkanoklastik kayalar gözlemlenir. Tüfler beyazımsı-krem renkli taze yüzey rengine sahiptir ve kalsedonik türde silisleşmeler sunar.

Çalışma alanının batı ve kuzeybatı kesiminde ise normal fay ile sınırlandırılmış Permo-Triyas yaşlı rekristalize kireçtaşları yer almaktadır. Grimsi ayrışma yüzeyi renkli, koyu gri-mavimsi taze yüzey rengine sahip kireçtaşları yoğun çatlak ve boşluklu yapılara sahip olmasına rağmen genelde masiv bir görünüme sahiptir.

Çalışma alanı epitermal Au-Ag ve Sb mineralizasyonunu kapsayan yoğun faylanmalara sahip KD doğrultulu bir koridor içerisinde yer alır (Şener ve diğ., 2004). Bölge içerisinde ufak ölçekli çek-ayır havzalarına rastlamak mümkündür. Bu

zonun güney kesiminde Ovacık altın madenini oluşturan Kozak Granodiyoriti bulunur.

3.4.3.2 Alterasyon ve Mineralizasyon

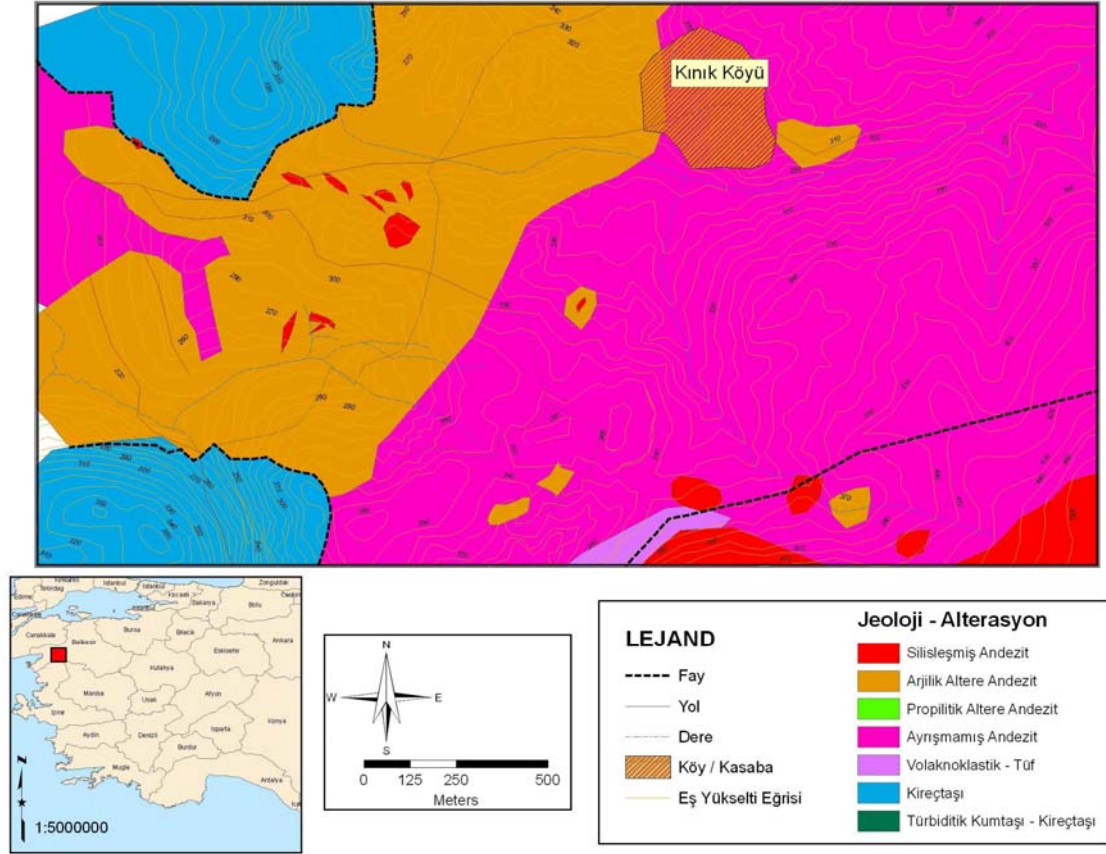
Çalışma alanının kuzeybatı sınırındaki bölgede özellikle kireçtaşı ile andezitlerin yapısal dokanağı boyunca alterasyonlu zonlar yer almaktadır. Bu civardaki alterasyon genellikle yüksek sülfidasyonu işaret eden yoğun oksitli ana ve ikincil ayrışma ürünü killeri kapsar (Şekil 3.29). Alterasyon boyunca daha kuzeydoğuya doğru doğru andezitik kayalar içerisinde boşluklu kuvars dokusuna sahip, stibnit-servantit-senarmontit ve civa mineralizasyonu içeren silisleşmeler vardır. Yersel oksitli breşik kısımlarda görülmektedir. Alanın kuzeybatı kesimindeki fay zonunun hemen batı kanadında ise daha önceden işletilmiş bir antımuhan ocağı yer alır. Antımuhan cevherleşmesi, saçınım halinde andezit porfiri kayalarının içerisinde bulunur.

3.4.3.3 Uydu Görüntüleri

İvrindi – Kınık bölgesi için sadece LANDSAT TM (L5-180-033) görüntüleri üzerinde çalışılacaktır. L5-180-033 görüntüsüne ait istatistiksel çalışmalar Ergama bölümü içerisinde belirtilmiştir. Atmosferik etkiler görüntüden uzaklaştırılarak görüntü analizlerine başlanır (Tablo 3.5).

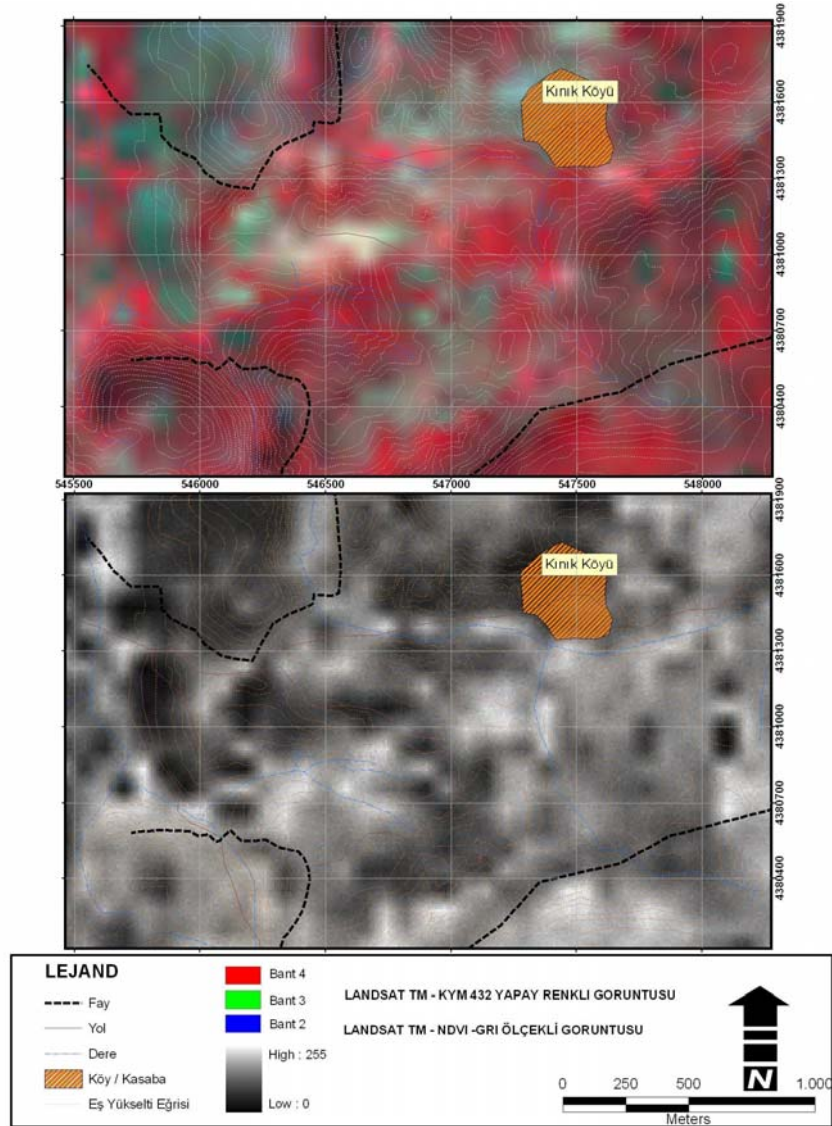
Çalışma alanı içerisindeki alterasyonlu alanların tayini için ilk yaklaşımlar renkli kompozitler kullanılarak yapılmıştır. Kınık sahası boyunca ilk olarak bitki örtüsünün tayinini yapmak gerekir; bu nedenle KYM 432 yapay görüntüleri incelenmiştir (Şekil 3.30). Kırmızı piksellerle görülen alanlar LANDSAT TM görüntüsünde bitki örtüsü alanlarını işaret eder. Parlak kırmızı ile görülen alanlar genellikle daha sağlıklı ve güçlü bitki örtüsünü gösterir. Görüntüye normalize fark bitki indisi (NDVI) uygulandığında KYM 432’de gözlenen alanlar açık pikseller gri ölçekte de belirginleştirir. Daha parlak renkler daha sağlıklı / güçlü bitki örtülerini gösterir. Elde edilen veriler ışığında Kınık köyünün güney kısımları yoğun bir bitki örtüsü içerir.

Batı kısımlar biraz daha bitki örtüsü bakımından seyrekler. Özellikle dereler boyunca ağaçlıkların bulunduğu anlaşılmaktadır.



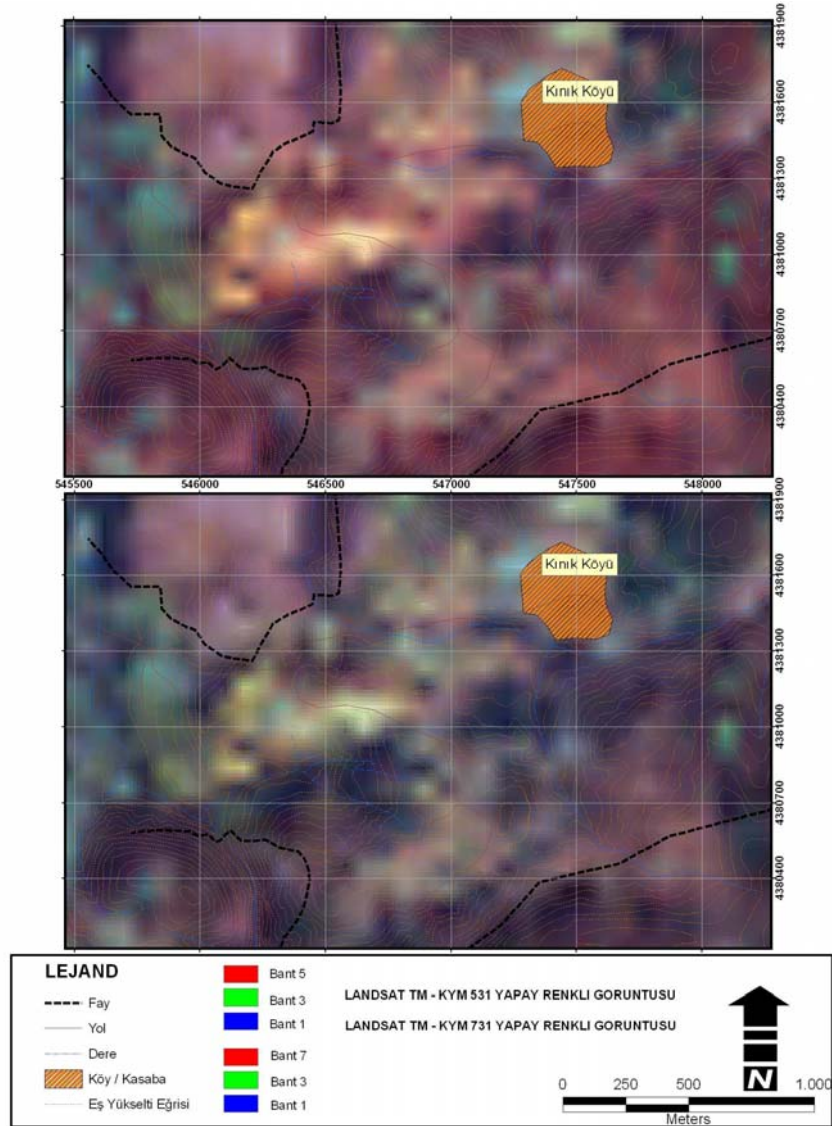
Şekil 3.29 İvrindi – Kınık çalışma alanının genel jeoloji ve alterasyon haritası (Sarı, 2005)

LANDSAT TM KYM 531 yapay renkli kompozit görüntülerde demir oksitçe baskın kil alterasyonuna sahip alanlar kolaylıkla anlaşılabilir çünkü demir oksit bant 3’de yüksek yansıma değerleri sunarken, bant 1’de daha düşük yansıma değerlerine sahiptir (Şekil 3.31). Görüntüde yeşilimsi-mavi (cyan) renkli alanlar demir oksitçe zengin (\pm kil) alanlarını gösterirken, koyu kırmızı-kahverengimsi renkli alanlar bitki örtüsünü işaret eder. Açık pikselliler (sarımsı-beyaz) alanlarda yine kil alterasyonuna sahip alanları belirtir. Kınık köyü güney batısında iki fay zonu arasında kalan kısımda sarımsı-beyaz renkte anomaliler görülmektedir. Çalışma alanının güney kısmındaki bitki örtüsü nedeniyle herhangi bir anomali görülemez.



Şekil 3.30 İvrindi – Kınık çalışma sahasına ait LANDSAT TM KYM 432 yapay renkli görüntüsü ve NDVI gri ölçekli görüntüsü

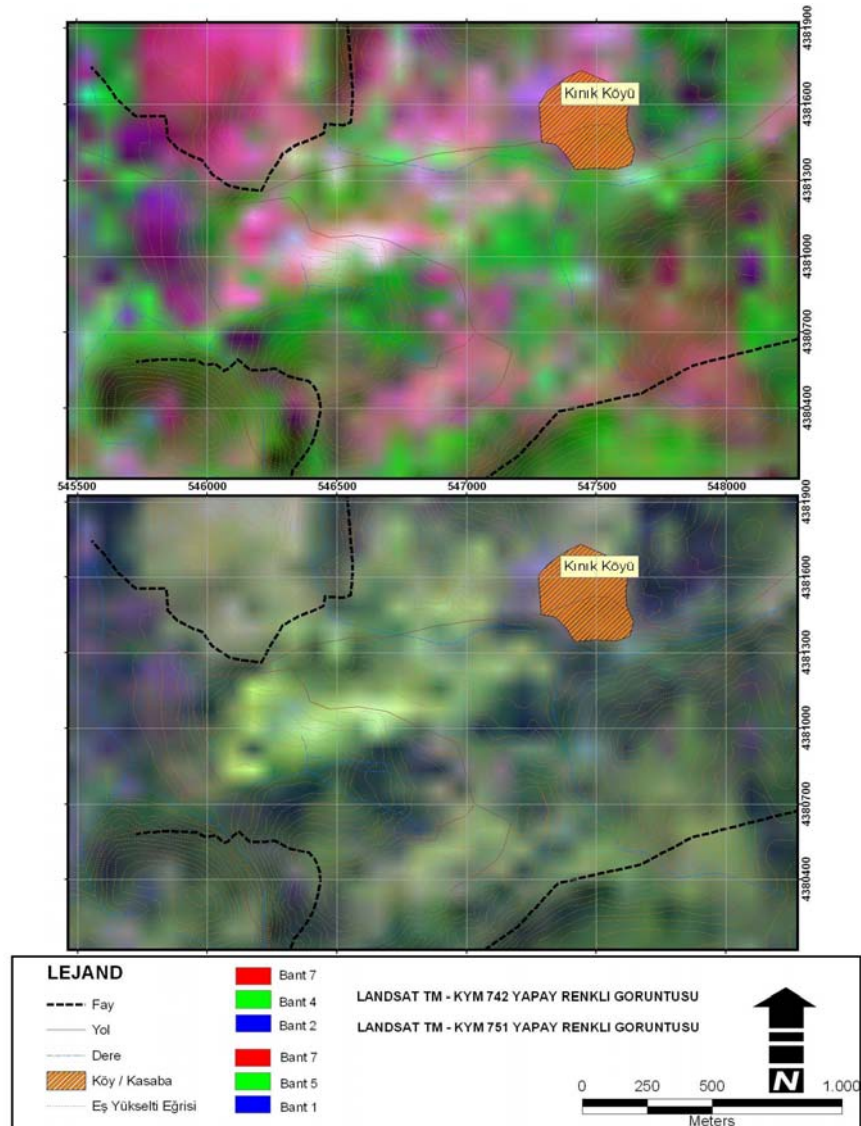
LANDSAT TM KYM 731 görüntüsünde KYM 531 görüntüsüne benzer olarak aynı kil alterasyonu anomalilerini daha zayıf olarak sunmaktadır. KYM 531 ve KYM 731 görüntüleri özellikle litoloji tayinlerinde kullanıldığı için alterasyon tayininde önemli veriler sunmaktadır.



Şekil 3.31 İvrindi – Kınık çalışma sahasına ait LANDSAT TM KYM 731 yapay renkli görüntüsü ve LANDSAT TM KYM 531 yapay renkli görüntüsü

LANDSAT TM KYM 742 görüntüsünde yeşil renkte görülenler bitki örtüsünü belirtir (Şekil 3.32). Sarımsı yeşil alanlar kil alterasyonundan çok demir oksitçe zengin alanları işaret eder. Beyaz alanlarda (açık pikseli) hem kil hemde demir oksitçe zengin alanları işaret etmektedir. Kınık köyü güneyinin yoğun yeşil renkte olması bitki örtüsünün varlığını işaret eder. Bununla birlikte Kınık köyü güneybatısında sarımsı beyaz tonlarında hem kil hem de demir oksitçe zengin bir alanın varlığı da göze çarpar.

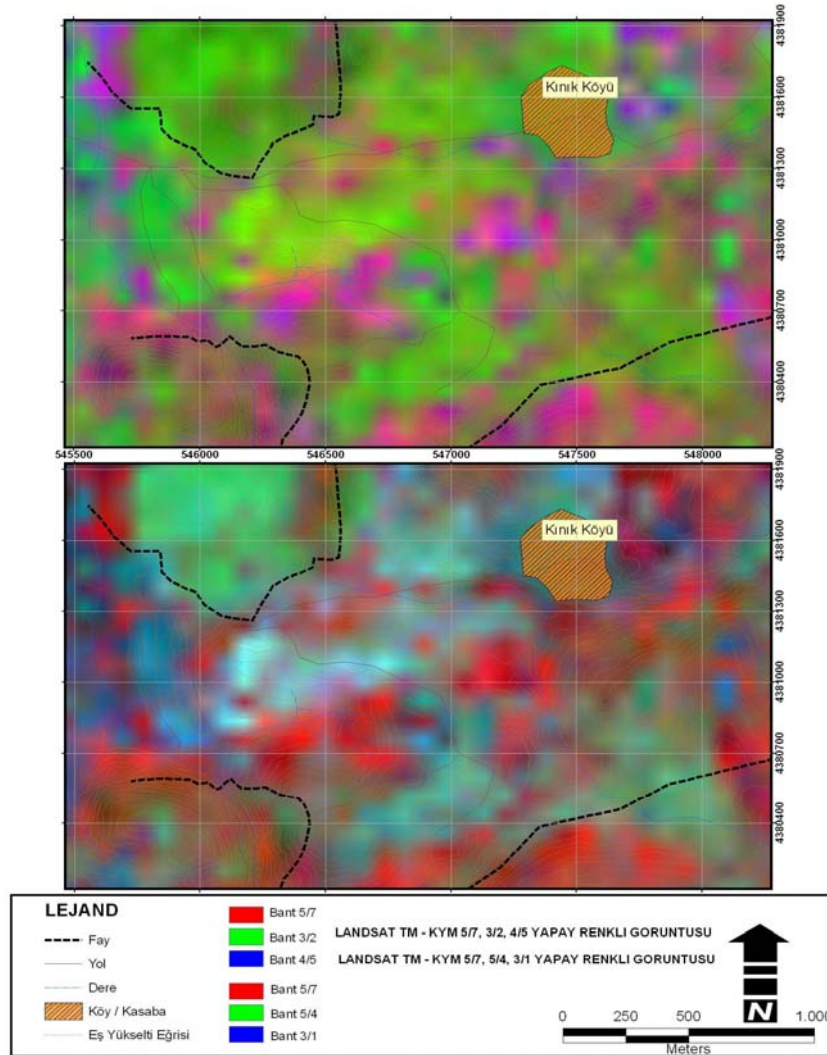
İvrindi - Kınık bölgesinin KYM 751 yapay renkli görüntüsü şekil 3.32’de sunulmuştur. Bu görüntüde kırmızı alanlar kil absorpsiyon alanlarını, mavi-yeşil alanlar killerin demir oksite baskın olan anomalilerini ve beyaz renkli alanlarda hem demiroksit hem de kil alterasyonu sunan alanları belirtir. KYM 751 görüntüsünde de Kınık köyü güneybatısında açık tonlarda gözlenen kil ve demir oksit alanlarını belirginleştirir.



Şekil 3.32 İvrindi – Kınık çalışma sahasına ait LANDSAT TM KYM 742 yapay renkli görüntüsü (üst) ve LANDSAT TM KYM 751 yapay renkli görüntüsü (alt)

Uygulanan renkli kompozit görüntüler sonucunda Kınık köyü güneybatısında gözlenen ve iki fay zonu arasında kalan alanda potansiyel hidrotermal sisteme ait

muhtemel bir alterasyon alanı saptanmıştır. Yapay kompozit görüntülerin yanı sıra uygulanacak olan bant oranlamaları ise çalışma sahası için daha faydalı bilgiler sunacaktır (Şekil 3.33). 5/7 bant oranlaması bant 5 deki yüksek yansıma ve bant 7 deki düşük yansıma nedeniyle kil mineralleri tayinlerinde kullanılır. 3/2 bant oranı demir oksitler için yüksek iken 4/5 bant oranı ise düşük yansımalar sunar ve kil minerallerine benzer özellikler gösterir. Bu oranlamaları KYM kanallarına uyguladığımızda elde edilen sonuç görüntüsünde kırmızı pikseller kilce zengin alanları, yeşil pikseller demir oksiti ve mavi pikseller ise hem kil hem de demir oksitçe zengin alanları belirtmektedir. Sarı renkli pikseller muhtemel hidrotermal alterasyonlu kil ve demir oksitçe zengin alanları işaret eder.



Şekil 3.33 İvrindi – Kınık çalışma sahasına ait 5/7, 3/2, 4/5 bant oranlamaları (üst) ve 5/7, 5/4 ve 3/1 bant oranlamalarını gösterir yapay renkli görüntüleri (alt)

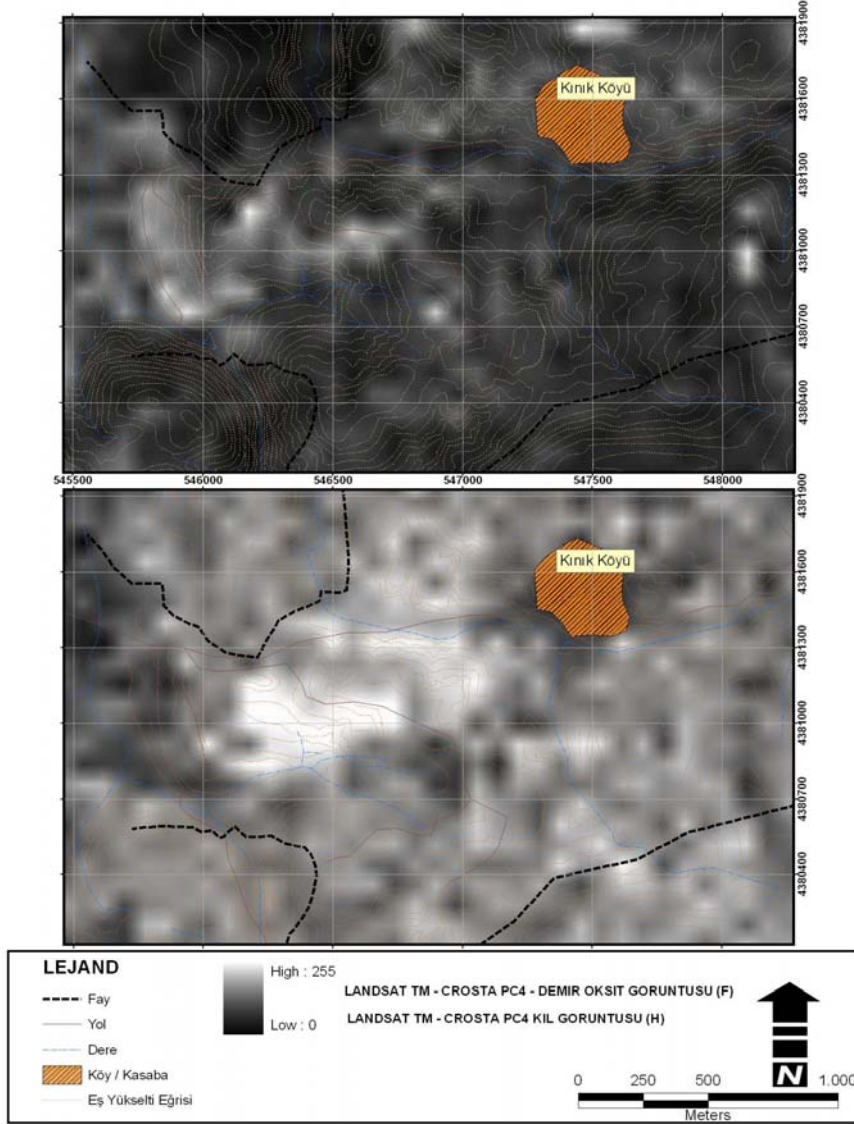
5/7, 3/2 ve 4/5 bant oranlaması ile elde edilen görüntüde potansiyel alterasyon alanı sarımsı yeşil tonlarda görülür. Böylece olası alterasyon alanının genelde demir oksitçe baskın olduğu anlaşılmaktadır. Koyu magenta tonlarında ise bitki örtüsünün varlığı kolaylıkla gözlenebilir. Fay zonları boyunca demir oksit yayılımı da açık bir biçimde görülmektedir.

5/7, 5/4 ve 3/1 bant oranlarının KYM renkli kompozit görüntüsünde magenta renkli pikseller hem kil hem de demir oksitli alanları gösterir (Şekil 3.33). Mavi-yeşil (cyan) pikseller ise demir oksit içeren alanları işaret eder. Beyaz pikseller ise hem kil hem de demir oksitler içeren alanları işaret etmektedir. Kırmızı-turuncu renkli pikseller ise kilce zengin alanların belirtisidir. Potansiyel alterasyon anomali alanında demir oksitçe baskın ve yersel beyaz renklerde görülen kil alterasyonunun varlığı da 5/7, 5/4 ve 3/1 bant oranlamaları sonucunda görülebilmektedir.

Yapay renk kompozit görüntüleri ve bant oranlanması sonrası İvrindi - Kınık çalışma alanını kapsayan LANDSAT görüntüleri için temel bileşenler analizi yapılarak kil ve demir oksitli alanlardan daha iyi anomalilerin elde edilebileceği düşünülmüştür. Temel bileşenler analizi LANDSAT TM 180-033 görüntüsünün korelasyon matrisi değerleri daha önceden hesaplanmıştır (Tablo 3.6). Tabloda 4. ve 7. bantların düşük korelasyon değerlerine sahip olduğu görülmektedir ve bant 4 ile bant 7 oranının spektral yansıması bitki alanına göre killi (alterasyonlu) alanlarda daha düşük olmalıdır (Şekil 3.8). Çalışma alanındaki demir oksit anomalilerinin temel bileşenler analiz ile incelenmesi amacıyla TM 1, 3, 4 ve 5. bantlar kullanılmıştır. 4 özmatris kovaryans analizleri (PC1 – PC4) istatistiksel çalışmalarla elde edilmiştir (Tablo 3.7). Bant 1 ve Bant 3'deki PC4 değerlerinin birbirlerine zıt işaretlerde olması sonucunda anomali görüntüleri elde edilecektir (Şekil 3.34).

Kil alterasyonu görüntüleri için hazırlanan özmatris kovaryasyon değerleri de PC1, PC2 ve PC3 demir oksitte olduğu gibi aynı bilgileri sunmaktadır. PC4'de zıt işaretler ve yüksek yüklemelerin varlığı nedeniyle kil mineralleri tayin edilir (Tablo 3.8). Bant 5deki yüklemelerin negatif olması kil alterasyonunun koyu piksellerle

gösterileceğini belirtir. Bu pikselleri açık hale getirmek için görüntü negatifleştirilir (Şekil 3.34).



Şekil 3.34 İvrindi – Kırık çalışma sahasının TBA crosta tekniği ile PC4 analizinin F görüntüsü (üstte), TBA Crosta tekniği ile PC4 analizinin H görüntüsü (altta) elde edilen gerilme uygulanmış görüntüler

Bant oranlamaları sonucunda tespit edilen demir oksitçe baskın alanlar Crosta tekniği ile elde edilen kil alterasyonu bakımından baskın görüntülerden biraz daha farklıdır. Kırık köyü güneybatısında gözlenen yoğun kil alterasyonu (alttaki görüntü) fay zonları boyunca da gözlenebilmektedir. Bununla birlikte ender parlaklık sunan demir oksit anomalileride fay sınırları boyunca mevcuttur. Demir oksit ve kil

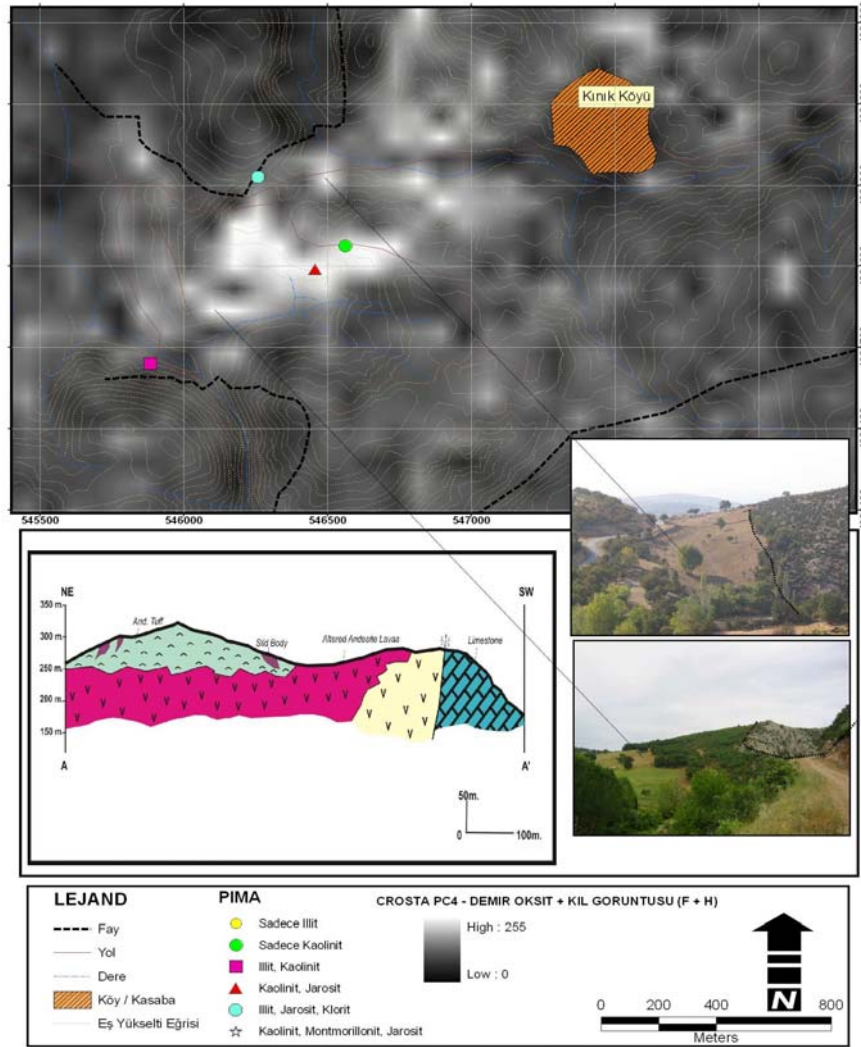
alterasyonuna sahip alanların birçok noktada beraber bulunması da hidrotermal sistemlerde aranan bir özellik olup bu alan potansiyel bir cevherleşme alanı açısından uygun görülmektedir.

F ve H görüntülerinden elde edilen anomaliler KYM kanallarda, F, H+F ve H görüntüsü şeklinde yapay renkli kompozitler olarak incelendiğinde çalışma alanının genel kil ve demir oksitli alanları tespit edilecektir (Şekil 3.35). Görüntü üzerinde açıklık sağlanması amacıyla gerilme uygulaması yapılmıştır. Elde edilen sonuç haritasından sonra Kınık bölgesinden alınan kil örneklerinin değerlendirilmesi yapılarak uzaktan algılama yöntemlerinin başarısı belirlenmiştir.

3.4.3.4 Arazi Doğrulaması

Çalışma alanında kireçtaşı ile andezitlerin yapısal dokanağı boyunca alterasyon zonları geniş yer tutar. Bu civardaki alterasyon genellikle yüksek sülfidasyonu işaret eden yoğun oksitli ana ve ikincil ayrışma ürünü killerini kapsar. Bu alterasyon zonu içerisinde herhangi bir silisleşme gözlenmezken hematitli damarcıklar boyunca yüksek oranda altın mineralizasyonunun varlığı belirtilmiştir (http://www.arianaresources.com/v2/ariana_web.html). Alterasyon boyunca daha kuzeydoğuya doğru ilerledikçe andezitik kayalar içerisinde boşluklu kalsedonik kuvars dokusuna sahip, stibnit-servantit ve senarmontit ve civa mineralizasyonu içeren silisli yapılara rastlanılmıştır. Yer yer oksitli breşik kısımları da mevcuttur. Bu zonlar boyunca cevherleşmenin mevcut olduğu belirtilmektedir (http://www.arianaresources.com/v2/ariana_web.html). Çalışma alanı içerisinde yeralan alterasyon ortamı incelendiğinde genel olarak yüksek sülfidasyon türünde bir sistemin varlığı düşünülebilir. Genel doku ve mineral parajenize bakıldığında bölgede yeralan hidrotermal sistemin üst seviyelerde bulunduğu varsayılabilir. Bununla birlikte superjen zon içerisindeki (jarositli zonlar boyunca) Fe-oksitlerin toplayıcı özelliğine bağlı olarak yüzeyde gelişen cevherleşmenin derinlerdeki sürekliliği önemlidir. Çalışma alanının batı kanadında ise andezitik porfiri kayalar içerisinde saçınımlı halde bulunan eskiden işletilmiş bir antimuan ocağı bulunur.

Çalışma alanından alınan kil örneklerinden yapılan PIMA sonuçları da bölgede oluşan alterasyon minerallerinin Ergama çalışma alanı içerisindekiyle benzer olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla Ergama yüksek sülfidasyon sistemi benzer olarak İvrindi civarında da oluşmuştur. İllit ve kaolinit genel kil minerallerini oluştururken, fay zonları boyunca jarosit ve kloritin (?) de varlığı dikkati çekmektedir (Tablo 3.10). Fakat çalışma alanında Ergama'da gözlenen alünit ve profillit kil minerallerine rastlanılmamıştır. Bölgedeki alterasyon türü analizler sonucunda arjilik alterasyon olarak saptanmıştır. Bölgedeki hidrotermal sistemin oluşum sıcaklığı elde edilen kil minerallerinin ışığında 200 – 220C° arasında olduğu düşünülebilir.



Şekil 3.35 İvrindi bölgesinin TBA crosta tekniği ile PC4 analizinin F, F+H ve H renkli kompozit görüntüsü, açıklığın belirgin olması için gerilme uygulanmıştır

Tablo 3.10 İvrindi – Kimik köyü arasındaki alandan alınan kil örneklerinin analizi sonucu elde edilen mineralleri gösterir çizelge (Sarı, 2006)

Örnek Numarası	Arjilik Olmayan Mineraller											Kil Mineraller																
	Qtz / Crs	Pl / Cpx	Tur	Cal	Or / Mc / Sa	Bt / Am	Dol	Kut	Heu / Nat	Alu / Jar	Na- Alu	Hal	Mhal	Kln / Mhal	Kln	Dic	Prl	Tos	III / Mic	Chl	III - SmR3	III - SmR2	III - SmR1	II - SmR0	Vr- Chl	III- Chl	Pa	
IVRP01										Jar											III						Chl	
IVRP04														Kln														
IVRP05														Kln														
IVRP06									Jar					Kln														

İyi karakterize olmuş mineral



Zayıf karakterize olmuş mineral

Alu: Alunit, Na-Alu: Natroalunit, Am: Amfibolit, Bt: Biyotit, Cal: Kalsit, Chl: Klorit, Crs: Kristobalit, Dic: Dikit, Dol: Dolomit, Hal: Halloysit, Mhal: Metahalloysit, Heu: Heulandit, Ill: İllit, Ill-Sm R3 - R0: İllit ve smektit tabakalarıyla beraber gözlenen ara katmanlı killler, III / Chl: İllit ve klorit tabakalarıyla beraber gözlenen ara katmanlı killler, Jar: Jarosit, Kln: Kaolinit, Kut: Kutnohorit, Mc: Mikroklin, Mic: Mika, Nat: Natrolit, Or: Ortoklaz, Pa: Palygorskit, Prl: Pirofillit, Qtz: Kuvars, Sa: Saniidin, Tos: Tosudite, Tur: Turmalin, Vrm: Vermikulit, Vrm/Chl: Vermikulit ve klorit tabakalarıyla beraber gözlenen ara katmanlı killler

Arazi çalışmalarında demir oksit ve kil anomalilerinin görüldüğü temel bileşen analizi Crosta PC4 görüntüsünde merkezde yer alan geniş anomali zonunun bir kısmında tarlaların varlığı gözlenmiştir. Bu nedenle bu tarlalar üzerinde gözlenen kil ve demir oksit alterasyonları da yanıltıcı sonuçlar verebilir. Bununla birlikte güney kanattaki alanda yoğun bitki örtüsü olduğu için bir kısım alterasyonlu alanlarda ancak yol yarmaları yardımıyla görülebilmektedir. Bu alanlarda uzaktan algılama yöntemleri ile sonuç elde edilememiştir. Ancak diğer alanlarda elde edilen sonuçlar oldukça başarılıdır.

3.4.4 Şapdağ – Eğmir Çalışma Sahası

Şapdağ - Eğmir çalışma alanı İzmir'in 170 kilometre kuzey doğusunda ve Balıkesir'in 70 kilometre batısında yer alır. İnceleme alanı yaklaşık 13 km²'lik bir alanı kapsar (Şekil 3.12). İnceleme alanından Balıkesir-Edremit otoyolu geçmektedir. 1990 yılı dönemlerinde Eurogold şirketi tarafından bölgede yapılan BLEG örneklemeleleriyle birlikte Havran bölgesi boyunca bulunan yoğun alterasyon zonundan ilk anomaliler elde edilmiştir.

3.4.4.1 Jeoloji

Şapdağ çalışma alanı içerisinde Miyosen yaşlı porfiritik amfibol – biyotit andezitik kayalar genel litolojiyi oluşturur. Çalışma alanının doğu kesimlerinde ise andezitik kayalar ignimbritik volkanik kayalar tarafından örtülür. Bu ignimbritik birim içinde hidrotermal alterasyon izleri taşıyan ana kayaç bloklarında yer almaktadır. Batı kesimlerde ise ikincil hematit yatağından oluşan bir demir madeni bulunur (La Source, 1996).

3.4.4.2 Alterasyon ve Mineralizasyon

Şapdağ çalışma alanında yoğun olarak arjillik alterasyon yayılımı vardır. Arjillik alterasyonlu zonlar içerisinde boyutları bir metreden birkaç metreye kadar değişebilen silis şapkaları mevcuttur. Silis şapkaları genellikle silisleşmiş andezitten

oluşmuştur ve yersel breşik zonları kapsar. Silisleşmiş kayalar içinde hidrolik breşler dağılmış halde veya silisli andeziti kesen breş daykları içerisinde bulunur. Eğmir bölgesindeki silisli yapıların üst kısımlarında hidrotermal alterasyonla ilişkili silisli parçalar içeren hematitik matriksli breşler yer alır (La Source, 1996).

3.4.4.3 Uydu Görüntüleri

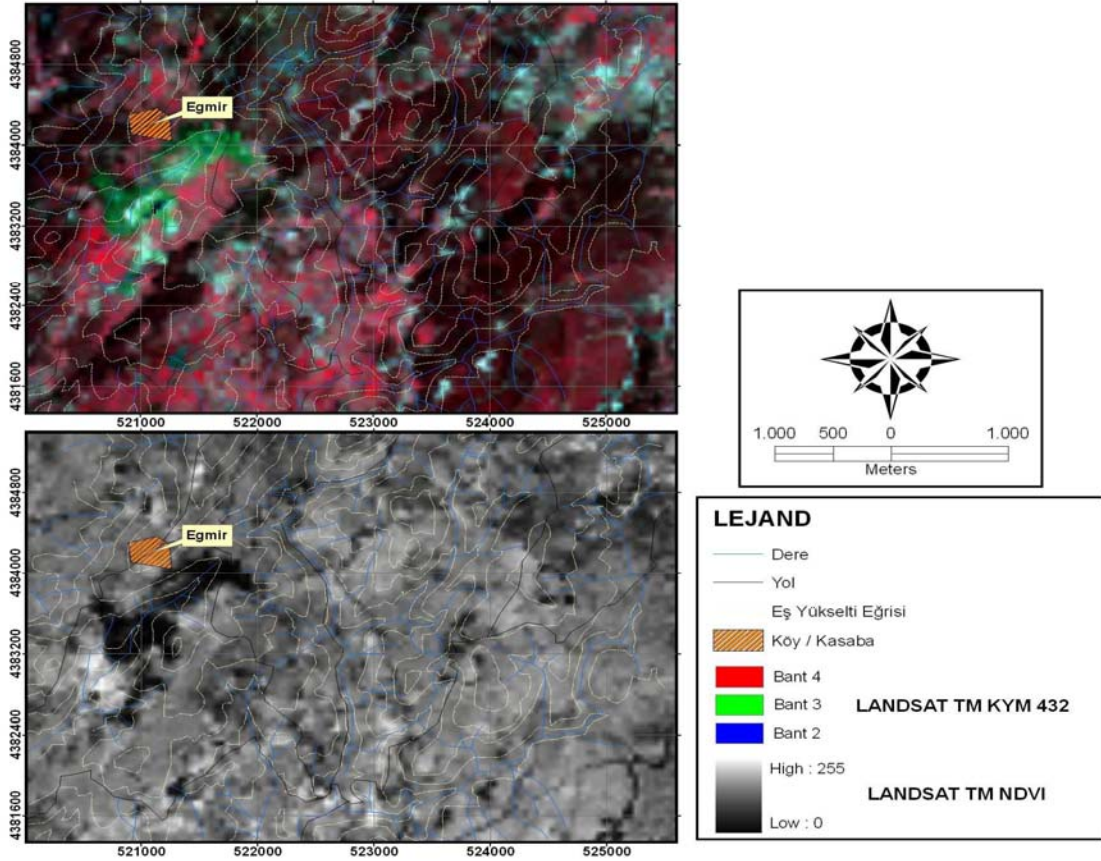
Şapdağ bölgesi için sadece LANDSAT TM (L5-181-032) görüntüleri üzerinde çalışılacaktır. L5-181-032 görüntüsüne ait istatistiki çalışmalar bu bölüm kapsamında belirtilecektir. Görüntünün istatistiki hesaplanmalarından sonra görüntü üzerinde atmosferik etkinin kaldırılması sağlanmıştır (Tablo 3.11).

Tablo 3.11 TM bantlarından uzaklaştırılan atmosferik etki değerleri

TM Bant No	Uzaklaştırılan Atmosferik Etki Pikseli
Bant 1	64
Bant 2	42
Bant 3	15
Bant 4	3
Bant 5	Eksiltme uygulanmamıştır
Bant 7	Eksiltme uygulanmamıştır

Şapdağ bölgesindeki alterasyonlu alanların tayini için ilk yaklaşımlar renkli bileşimler kullanılarak yapılmıştır. Çalışma alanı üzerinde ilk olarak bitki örtüsünün tayinini yapmak gerekir; bu nedenle LANDSAT TM KYM 432 yapay görüntüleri incelenmiştir (Şekil 3.36). Kırmızı piksellerle görülen alanlar LANDSAT TM görüntüsünde bitki örtüsü alanlarını gösterir. Parlak kırmızı ile görülen alanlar genellikle daha sağlıklı ve güçlü bitki örtüsünü belirtir. Görüntüye Normalize Fark Bitki İndisi (NDVI) uygulandığında KYM 432’de gözlenen açık pikseli alanlar gri ölçekte de belirginleşir. Daha parlak renkler daha sağlıklı / güçlü bitki örtülerini gösterir. Elde edilen veriler ışığında çalışma alanının yoğun bir bitki örtüsüne sahip olduğu anlaşılmaktadır. Güneybatıdaki bitki örtüsünün kuzeydoğudakilere göre daha genç ve sağlıklı oldukları söylenebilir. NDVI görüntüsünde de güneybatıdaki parlak beyaz alanların kuzeydoğudakilere oranla yoğun olması da bu düşüncüyü

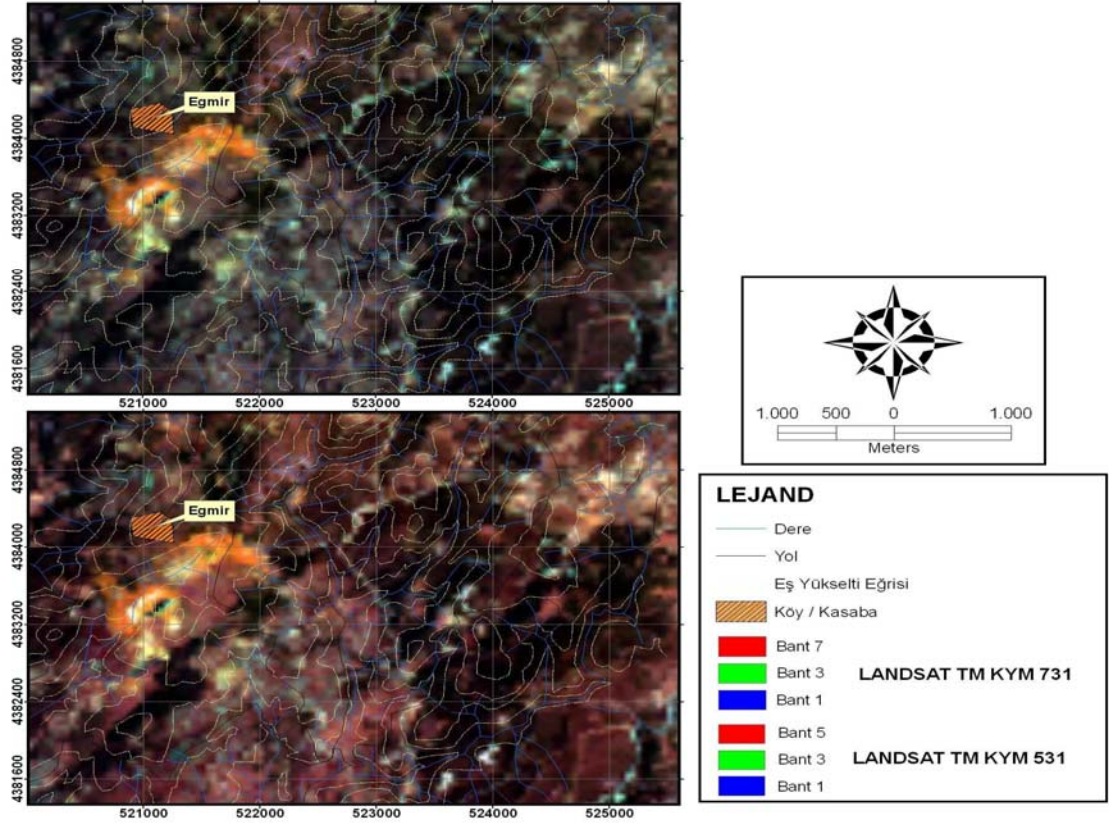
doğrular. Yapılacak olan kil alterasyon alanlarının saptanması bitki örtüsünün yoğun olması nedeniyle oldukça güçtür. Eğmir'in hemen güney kanadındaki bitki örtüsünce fakir bir alanda ise beyaz tonlarda kil benzeri anomaliler görülür. NDVI görüntüsünde bu alan siyah piksellerle absorbe edilmiştir.



Şekil 3.36 Sapdag – Eğmir çalışma sahasına ait LANDSAT TM KYM 432 yapay renkli görüntüsü ve NDVI gri ölçekli görüntüsü

LANDSAT TM KYM 531 yapay renkli kompozit görüntülerde demir oksitçe baskın kil alterasyonuna sahip alanlar kolaylıkla anlaşılabilir çünkü demir oksit bant 3’de yüksek yansımaya değerleri sunarken, bant 1’de daha düşük yansımaya değerlerine sahiptir. Görüntüde yeşilimsi-mavi (cyan) renkli alanlar demir oksitçe zengin (\pm kil) alanları gösterirken, koyu kırmızı-kahverengimsi renkli alanlarda bitki örtüsünü işaret eder (Şekil 3.37). Açık piksellik (sarımsı-beyaz) alanlarda yine kil alterasyonuna sahip alanları belirtir. Eğmir’in güney kanadındaki kısımda açık turuncudan beyaza değişen renk tonları gözlenir. Bu alan için muhtemel kil alterasyonunun varlığı düşünülebilir. Bununla birlikte Eğmir demir yatağını da bu

anomaliler işaret ediyor olabilir. Dere yatakları boyunca bitki örtüsünün seyrek olduğu alanlarda beyaz-sarımsı tonlarda alterasyon izlerine rastlanmıştır. Çalışma alanının en kuzeydoğu ucunda da bir kil alterasyon alanı mevcuttur. Görüntülerden elde edilen veriler ışığında bölgedeki demir oksit in azlığı da dikkati çekmektedir. Bitki örtüsü önceki görüntülerde de görüldüğü gibi kırmızımsı – kahverengi tonlarda çalışma alanının genelinde görülür.



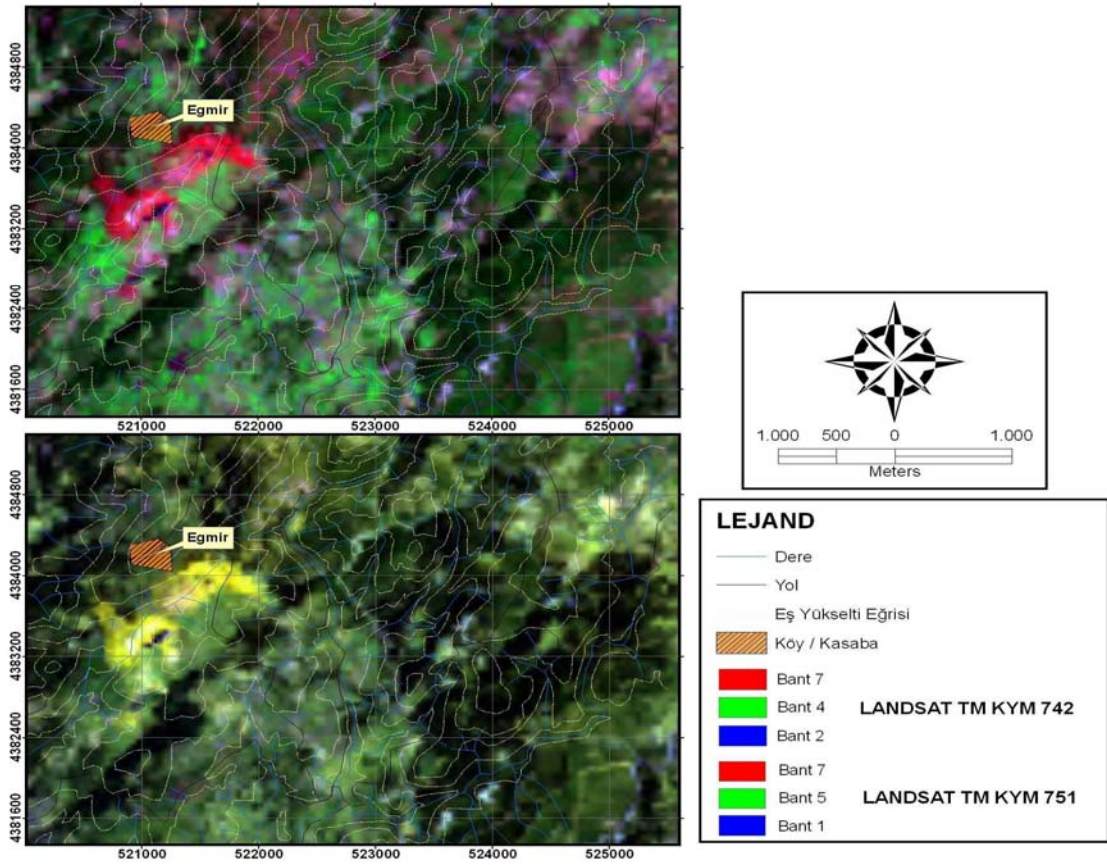
Şekil 3.37 Sapdag – Eğmir çalışma sahasına ait LANDSAT TM KYM 731 ve 531 yapay renkli görüntüleri

LANDSAT TM KYM 731 görüntüsünde benzer olarak KYM 531 görüntüsü ile benzer nitelikte anomaliler sunar. Bant 7deki kil absorpsiyonu nedeniyle demir oksitlerin biraz daha baskın olduğu gözlenmiştir. Özellikle Eğmir güneyindeki alan ile kuzeydoğudaki bölgede belirgin oksit izleri görülmektedir. KYM 531 ve KYM 731 görüntüleri özellikle litoloji tayinlerinde önemli rol tuttuğu için kil ve demir oksit tayinlerinde de önemli veriler sunarlar.

LANDSAT yapay renkli kompozit bantları, 742 sırasıyla kırmızı, yeşil ve mavi kanalları gösterecek biçimde oluşturulmuştur (Şekil 3.38). Bu görüntüde yeşil renkte görülenler bitki örtüsünü belirtir. Sarımsı yeşil alanlar kil alterasyonundan çok demir oksitçe zengin alanları işaret eder. Beyaz alanlarda (açık pikseli) hem kil hemde demir oksitçe zengin alanları belirtir. Kırmızı renkteki alanlarda ise kil absorpsiyonları görülür. Eğmir güneyinde yoğun kırmızı tonlarında pikseller mevcuttur. Bu alanın tam olarak kil absorpsiyonu ile ilişkili olabileceği şüphelidir. Yeşil tonlardaki bitki örtüsü önceki görüntülerle benzer olarak yaygın bir şekilde çalışma alanını kapsamaktadır. Magenta tonlarındaki alanlar da ise muhtemel kil ve demir oksit alterasyonu alanlarını işaret etmektedir. KYM 751 yapay renkli görüntüsünde de kırmızı alanlar kil absorpsiyon alanlarını, cyan renkli alanlarda killerin demiroksite baskın olan anomalilerini ve sarımsı beyaz renkli alanlarda hem demir oksit hem de kil alterasyonu sunan alanları belirtir. KYM 751 görüntüsünde diğer görüntülerdeki benzer alanlarda belirgin kil alterasyonları gözlenebilmektedir. Eğmir güneyinde yoğun tonlarda sarımsı – beyaz renkler muhtemel demiroksit – kil alterasyonunu işaret eder. Benzer olarak yeşilin farklı tonlarında ise bitki örtüsü görülür.

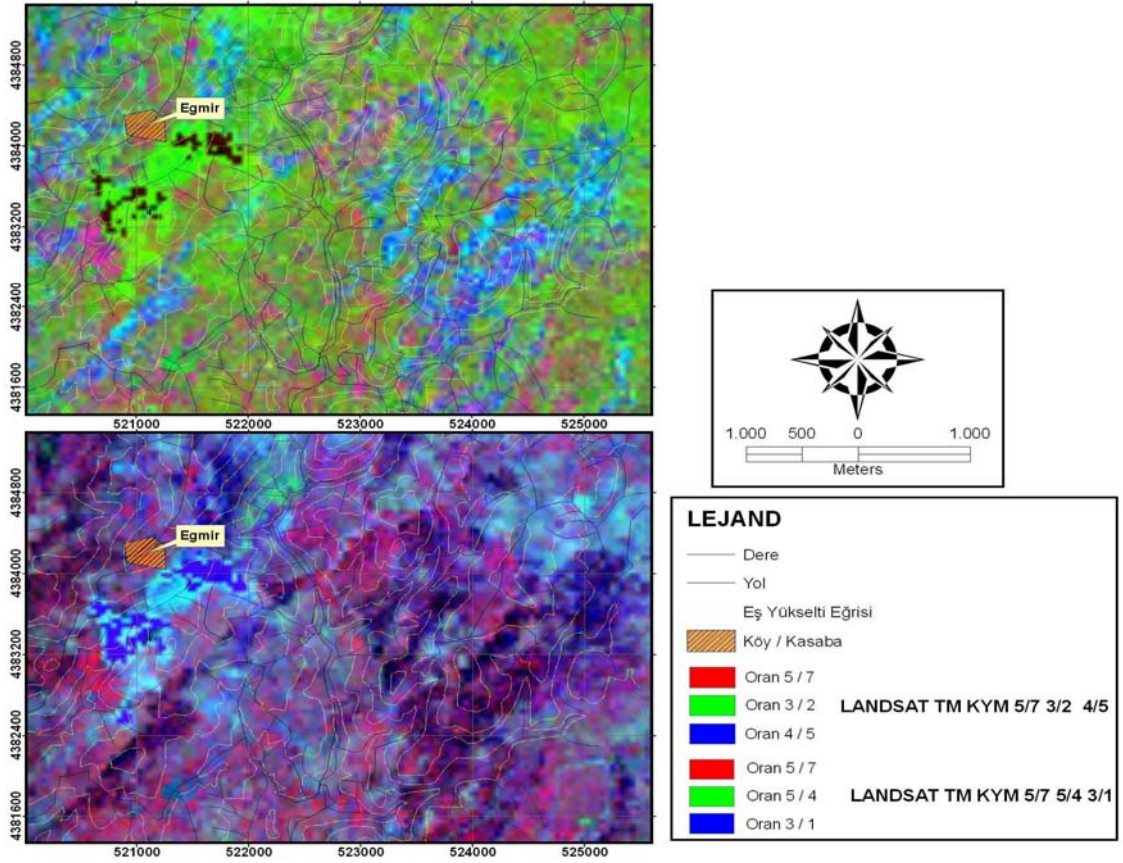
Yapay renkli görüntülerin incelemesi sonrası uygulanan bant oranlamaları ile elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. 5/7 bant oranlaması bant 5 deki yüksek yansıma ve bant 7 deki düşük yansıma nedeniyle kil mineralleri için uygulanır. 3/2 bant oranı demir oksitler için yüksek iken 4/5 bant oranı ise düşük yansımalar sunarken kil minerallerine benzer özellikler gösterir. Bu oranlamaları KYM kanallarına uygulandığında bir renkli kompozit görüntü elde edilebilir (Şekil 3.39).

Temel olarak kırmızı pikseller kilce zengin alanları, yeşil pikseller demir oksiti ve mavi pikseller ise hem kil hemde demir oksitçe zengin alanları belirtir. Koyuluk derecesine göre demir oksit yoğunluğu da belli olmaktadır. Sarı renge sahip pikseller ise hidrotermal alterasyonlu kil ve demir oksitçe zengin alanları belirtir.



Şekil 3.38 Şapdag – Eğmir çalışma sahasına ait LANDSAT TM KYM 742 ve 751 yapay renkli görüntüsü

Elde edilen bant oranlanması sonuçları, yapay görüntülerde görülen soru işaretlerini de kaldıracak niteliktedir çünkü Eğmir güneyinde yoğun kırmızı ve sarımsı tonlarda görülen alan, bant oranlaması ile siyah olarak elde edilmiştir. Bu alanların bu tonlarda görülmesinin sebebi olarak bulut faktörü düşünülebilir. Bununla birlikte Eğmir'in güney kesimi bulunan demir madeni boyunca yoğun demir oksit varlığında bu görüntü ile kesinleşmektedir. Demir oksitler killere oranla baskın olarak bu alanda mevcuttur. Daha doğuya gidildikçe özellikle dereler boyunca kil alterasyonları da belirlenmiştir. Doğu kesimde ise cyan tonlarında geniş bir alanda ferik oksit anomalileri vardır (Şekil 3.39).



Şekil 3.39 Şapdağ - Eğmir çalışma sahasına ait LANDSAT TM KYM 5/7, 3/2, 4/5 yapay renkli görüntüsü ve LANDSAT TM KYM 5/7, 5/4, 3/1 yapay renkli görüntüsü

5/7, 5/4 ve 3/1 bant oranlarının KYM renkli kompozit görüntüsünde magenta pikseller hem kil hemde demir oksitli alanları gösterir (Şekil 3.39). Mavi-yeşil (cyan) pikseller ise demir oksit içeren alanları işaret eder. Beyaz pikseller ise hem kil hemde demir oksitler içeren alanları işaret eder. Kırmızı-turuncu renkli pikseller ise kilce zengin alanları belirtir. KYM 5/7, 3/2, 4/5 bant oranlaması ile belirlenen alanlar bu görüntüde de belli olmaktadır. Bulut faktörü olarak nitelendirdiğimiz kısım bu görüntüde yoğun mavinin tonlarında görülmektedir. Eğmir güneyi cyan tonlarına hakimdir ve yoğun demiroksit anomalilerini işaret eder. Kırmızının tonlarındaki alanlar ise bitki örtüsünün seyrek olduğu kısımlarda kil anomalilerini sunar. Özellikle doğu taraflarda bazı kil anomalileri görülebilmektedir. Bu alanlara dikkatlice bakıldığında beyazın tonları da görülen kil anomalileri de gözlenebilmektedir. Kırmızının tonlarında görülen alanlarda bitki örtüsünün varlığı nedeniyle NDVI görüntüsü ile karşılaştırılarak incelenmesi daha uygun görülmektedir.

Yapay renk kompozit görüntüleri ve bant oranlanması sonrası Sapdağ çalışma alanını kapsayan LANDSAT görüntüleri için temel bileşenler analizi yapılarak kil ve demir oksitli alanlardan daha belirgin anomaliler elde edilmesi amaçlanmıştır. Temel bileşenler analizi öncesi LANDSAT TM 181-032 görüntüsünün korelasyon matrisi değerleri hesaplanmalıdır (Tablo 3.12). Tabloda 4. ve 7. bantların düşük korelasyon değerlerine sahip olduğu görülür. Bant 4 ile bant 7 oranının spektral yansıması bitki alanına göre killi (alterasyonlu) alanlarda daha düşük olmalıdır (Şekil 8). Kil anomalilerini belirten bant 5 ve bant 7 ile demiroksitleri anomalilerini belirten bant 1 ile bant 3 arasındaki yüksek spektral yansılarda dikkat edilemelidir.

Tablo 3.12 Su maskeleyesi yapılmış LANDSAT TM 181/032 görüntüsünün korelasyon matrisi

	TM 1	TM 2	TM 3	TM 4	TM 5	TM 7
TM 1	1,00	0,95	0,93	0,08	0,83	0,86
TM 2	0,95	1,00	0,96	0,15	0,88	0,89
TM 3	0,93	0,96	1,00	-0,05	0,88	0,94
TM 4	0,08	0,15	-0,05	1,00	0,19	-0,04
TM 5	0,83	0,88	0,88	0,19	1,00	0,95
TM 7	0,86	0,89	0,94	-0,04	0,95	1,00

Çalışma alanı içerisindeki demir oksit anomalilerinin temel bileşenler analiz ile incelenmesi amacıyla TM 1, 3, 4 ve 5. bantlar kullanılmıştır. 4 özmatris kovaryans analizleri (PC1 – PC4) istatistiksel çalışmalarla elde edilmiştir (Tablo 3.13). Demir oksit (Şekil 1.6) bant 3'deki yüksek yansıma ve bant 1'deki düşük yansıma ile karakterize edilir. PC4'de bant 1 (-0,662) ve bant 3 (0,733)'ün zıt işaret değerleri olduğu görülmüştür. Bant 3'deki pozitif işaretli alan, demir oksitin açık piksellerle görülebileceği alanları işaret eder. Analiz sonucunda PC4'de görülen Bant 1 ve Bant 3 deki işaret farklılığından yola çıkılarak anomali görüntüleri elde edilmiştir.

Çalışma alanındaki kil anomalilerinin temel bileşenler analizi ile incelenmesi amacıyla TM 1, 4, 5 ve 7. bantlar kullanılmıştır. Kil alterasyonu görüntüleri için hazırlanan özmatris kovaryasyon değerleri de PC1, PC2 demir oksitte olduğu gibi aynı bilgileri sunar. PC3 ve PC4'deki zıt işaretler ve yüksek yüklemelerin varlığı nedeniyle kil mineralleri tayin edilebilir (Tablo 3.14).

Tablo 3.13 Su maskeleyesi yapılmış, LANDSAT TM 181/32 demir oksit görüntüsü için hazırlanan özmatiks yüklemeleri, TBA

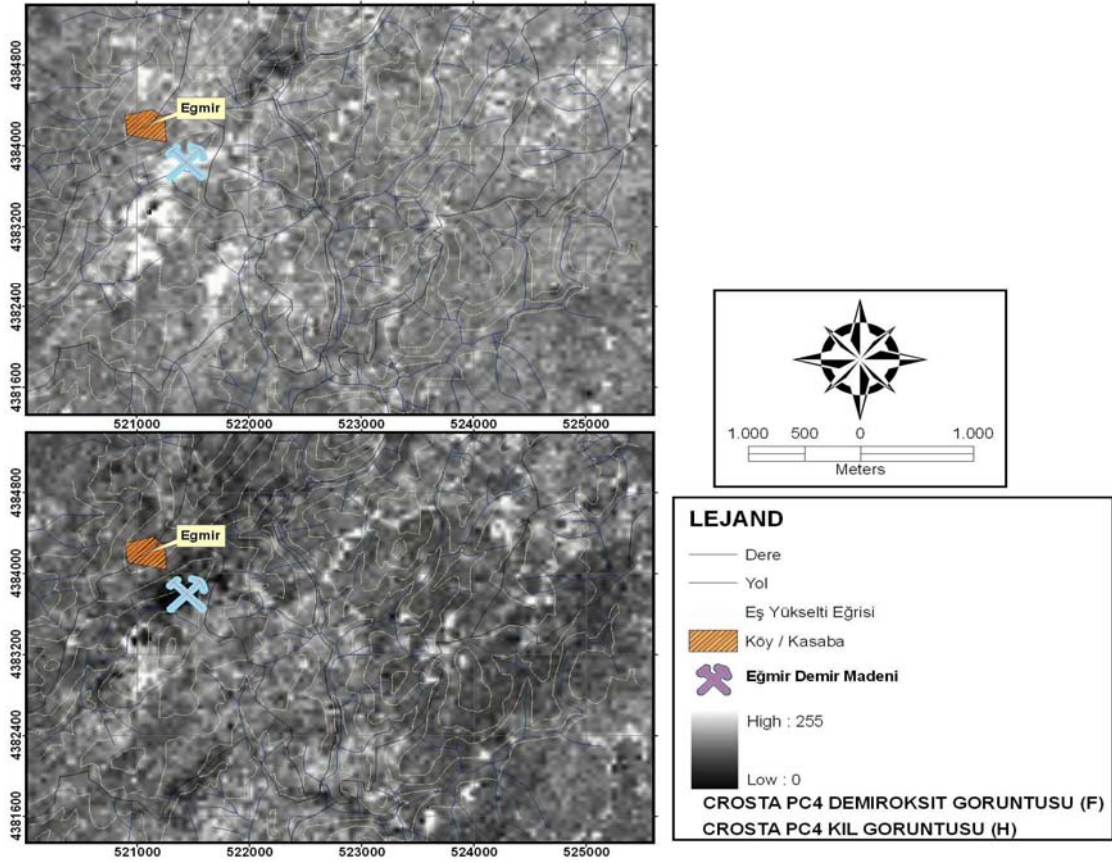
	PC1	PC2	PC3	PC4
Bant 1	0,33	0,08	-0,67	-0,66
Bant 3	0,43	0,20	-0,49	0,73
Bant 4	0,15	-0,98	-0,13	0,09
Bant 5	0,83	0,04	0,54	-0,13

Tablo 3.14 Su maskeleyesi yapılmış, LANDSAT TM 181/32 kil görüntüsü için hazırlanan özmatiks yüklemeleri, TBA

	PC1	PC2	PC3	PC4
Bant 1	0,31	0,05	0,91	-0,27
Bant 4	0,11	-0,98	0,06	0,16
Bant 5	0,78	-0,01	-0,4	-0,47
Bant 7	0,53	0,2	0,06	0,82

Analiz sonucunda elde edilen PC3 deki yansıma değeri de kullanılabilir çünkü TM5’de negatif değere sahipken TM7’de pozitifdir (Tablo 3.14). Hidroksil mineralleri (kil grubu) TM5 bandında yüksek ve TM7 bandında düşük değerler sunar. Yansıma farklılıklarının büyük olduğu yerdeki temel bileşen değerleri tespit edilir bu nedenle PC4’ün kullanılması daha uygun olacaktır. Bant 5 ve Bant 7 özmatiks değerlerinin teorik olarak aralarındaki spektral farklılığı sunması için işaretlerinin zıt olması gerekir. Bunun yanında PC4 içerisindeki koyu pikseller hidroksil minerallerini işaret eder. Koyu pikseller negatifleştirilerek açık renkli piksellerin kil anomalilerini göstermesi sağlanır.

F ve H görüntüleri Crosta tekniği uygulanarak elde edilen gri ölçekte tasarlanmış görüntülerden oluşmaktadır (Şekil 3.40). Üst görüntüde yer alan demir oksit haritasında (F), Eğmir’in güneyinde yer alan demir madeni KD doğrultusuna sahip olarak belli olmaktadır. Bunun dışında Eğmir’in kuzeyinde de bazı alanlarda demir oksit anomalileri de görülebilmektedir. Doğu kısımda da kısmi alanlarda demir oksitli anomaliler de vardır. Özellikle kuzeydoğu alanlarda demiroksit anomalileri yoğunlaşma gösterir. Demir oksit anomalileri Eğmir demir madeni alanını başarı ile gösterir.



Şekil 3.40 Şapdağ-Eğmir çalışma sahasının TBA crosta tekniği ile PC4 analizinin F görüntüsü (üstte), TBA Crosta tekniği ile PC4 analizinin H görüntüsü (altta) elde edilen gerilme uygulanmış görüntüler

Alt görüntüde yer alan kil haritasında (H) ise önemli anomaliler elde edilmiştir. Özellikle Eğmir güneyinde yaklaşık K-G doğrultulu bir hat boyunca kil alterasyon anomalisi ve daha kuzey doğu kesimlerde de benzer kil alterasyon alanları saptanmıştır. Bitki örtüsünün seyrek olduğu merkezi alanlarda da kil alterasyon anomalileri küçük alanlar şeklinde görülmüştür. Genel olarak bakıldığında çalışma alanı içerisindeki kil alterasyonu KD doğrultusuna sahiptir. Eğmir demir madeni çevresinde herhangi bir kil anomalisinin de bulunmaması ilgi çekicidir. Çalışma alanının doğu kısımlarındaki demiroksit ve kil alterasyonuna sahip alanların birçok noktada beraber bulunması da hidrotermal sistemlerde aranan bir özellik olup bu alan potansiyel bir cevherleşme alanı açısından uygun bir alan olarak düşünülebilir.

F ve H görüntülerinden elde edilen anomaliler, F+H şeklinde gri renkli kompozitler olarak incelendiğinde çalışma alanının genel kil ve demiroksitli alanları

tespit edilecektir (Şekil 3.41). Görüntü üzerinde açıklık sağlanması amacıyla gerilme uygulaması yapılmıştır. Elde edilen sonuç haritasından sonra Şapdağ bölgesinden alınan kil örneklerinin değerlendirilmesi yapılarak uzaktan algılama yöntemlerinin başarı oranı belirlenir.

3.4.4.4 Arazi Doğrulaması

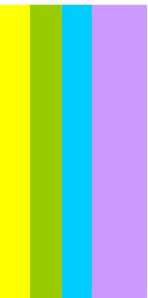
Şapdağ epitermal sistemi yüksek sülfidasyon alterasyon özellikleri gösterir. Arazi çalışmaları, PIMA analizleri ve önceki çalışmacıların yaptığı makroskobik çalışmalar sonucunda (La Source, 1996) çalışma alanı içerisinde, i) alüminin lokal olarak varlığı (nadiren), ii) yoğun olarak gözlenen ve KKD ve GGB doğrultulara sahip metazomatik silis şapkalarının varlığı ve, iii) kısmi alterasyon zonları belirlenmiştir. Petrografik çalışmalarla saptanan alümin minerali ile hidrotermal alterasyonun asidik kökene sahip olduğu anlaşılmıştır. Çalışma alanı içerisindeki yoğun silis alterasyonu ise iki farklı şekilde gözlemlenmektedir. Birinci grup hidrolik breşler veya dayklarla kesilen silisli koridoru oluştururken, diğer grup ise nadiren breşlerle kesilmiş sülfite kısırlı andezitin masif silisleşmiş halini kapsayan silis şapkalarıdır. Şapdağ çalışma alanı yapılan gözlemler sonucunda olası bir hidrotermal sistemin üst seviyelerinde yer aldığını gösterir (La Source, 1996).

Arazi gözlemleri sırasında 3 adet kil örneği alınmıştır. Sonuçlarda elde edilen jarositin varlığı ise superjen ortam içerisindeki asit yıkanmasına bağlı olarak gelişmiştir. Ayrıca arazide gözlenen bazı kaolinit ve smektitin aynı benzer superjen kökenli oldukları da saptanmıştır. İkincil demir cevherleşmesine bağlı olarak gelişen demir yatağı demir elementinin hareket ederek taşınmasını kolaylaştıracak nemli ve yağışlı ortamların eski dönemlerde varlığına işaret eder. Ortamdaki oksit minerallerinin ilksel kaynağı olarak ayrılmış bir pirit cevherleşmesi veya aşınmış bir hidrotermal alterasyon içerisindeki saçınımlı halde bulunan piritin ayrışması ile oluşabileceği varsayılmaktadır (La Source, 1996).

Tablo 3.15 Sapdağ – Eğmir köyü arasındaki alandan alınan kil örneklerinin analizi sonucu elde edilen mineralleri gösterir çizelge (La Source, 1996)

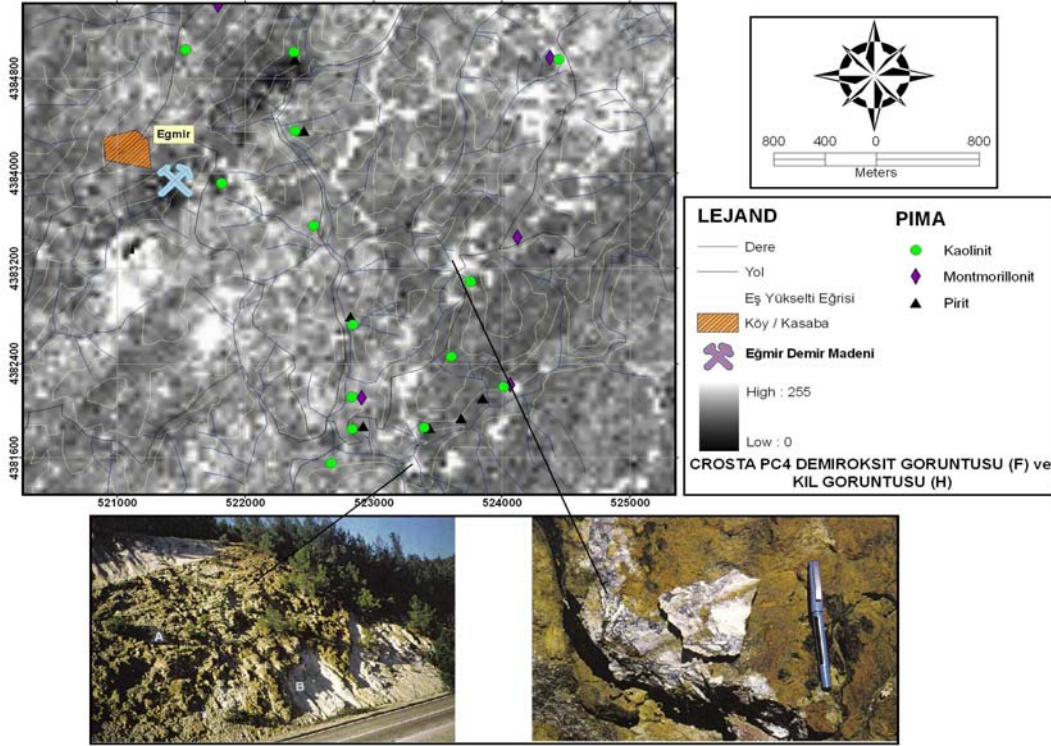
Örnek Numarası	Arjilik Olmayan Mineraller											Kil Mineraller												
	Qtz / Crs	Pi	Tur / Cpx	Cal	Or / Mc	Bt / Am	Dol / Hem	Kut	Heu / Nat	Alu / Jar	Na- Alu	Hal	Mhal	Kln / Kln	Dic	Prl	Tos	Mic	III / Chl	III - SmR3	III - SmR2	III - SmR1	III - SmR0	Vr- Chl
WAP450 Arjilik Andezit	Qtz	Pi			Or / Mc									Kln				Illite	Chl					
WAP456 Arjilik Andezit	Qtz													Kln										
WAP459 Silisleşmiş Andezit	Qtz									Na- Alu				Kln		Prl							Sm	

İyi karakterize olmuş mineral



Zayıf karakterize olmuş mineral

Alu: Alunit, Na-Alu: Natroalunit, Pl: Plajiyoklas Am: Amfibolit, Bt: Biyotit, Cal: Kalisit, Chl: Klorit, Crs: Kristobalit, Dic: Dikit, Dol: Dolomit, Hal: Halloysit, Mhal: Metahalloysit, Heu: Heulandit, Ill: Illit, Ill-Sm R3 - R0: Illit ve smektit tabakalarıyla beraber gözlenen ara katmanlı killler, III / Chl: Illit ve klorit tabakalarıyla beraber gözlenen ara katmanlı killler, Jar: Jarosit, Kln: Kaolinit, Kut: Kutnohorit, Mc: Mikroklın, Mic: Mika, Nat: Natrolit, Or: Ortoklaz, Pa: Palygorskit, Prl: Pirofillit, Qtz: Kuvars, Sa: Samidin, Tos: Tosudite, Tur: Turmalin, Vrm: Vermikulit, Vrm/Chl: Vermikulit ve klorit tabakalarıyla beraber gözlenen ara katmanlı killler



Şekil 3.41 Şapdağ-Eğmir çalışma sahasının TBA crosta tekniği ile elde edilen PC4 H + F görüntüsü

Hidroksil ve demir oksitin birleştirildiği H + F görüntüsünde ise çalışma alanının demir oksit ve kil alterasyonunca yoğun olduğu anlaşılır. Eğmir güneyinde, çalışma alanının merkezinde ve kuzeydoğu kanadında kil ve demir oksit anomalileri elde edilmiştir. Batı ve merkez kısımlarda genel kil mineralini kaolinit oluştururken, güney kesimlere doğru pirit mineralizasyonunda artış görülmektedir. Montmorillonitte kaolinitle birlikte güney ve doğu kesimlerde bulunur. En kuzeydoğu uç kısımda H+F görüntüsündeki kil ve demiroksit alterasyonu boyunca montmorillonit ve kaolinit mineralleri saptanmıştır. Çalışma alanının yoğun bitki örtüsü olması nedeniyle örneklemeler H+F haritasında gözlenen anomali alanlarına (özellikle dere kenarları boyunca) yakın alanlardan alınmıştır.

Yoğun bitki örtüsüne rağmen çalışma alanı içerisindeki alterasyonlu alanlar temel bileşenler analizi ve Crosta tekniği yöntemi ile kolaylıkla saptanabilmiştir.

3.4.5 Küçükdere Çalışma Sahası

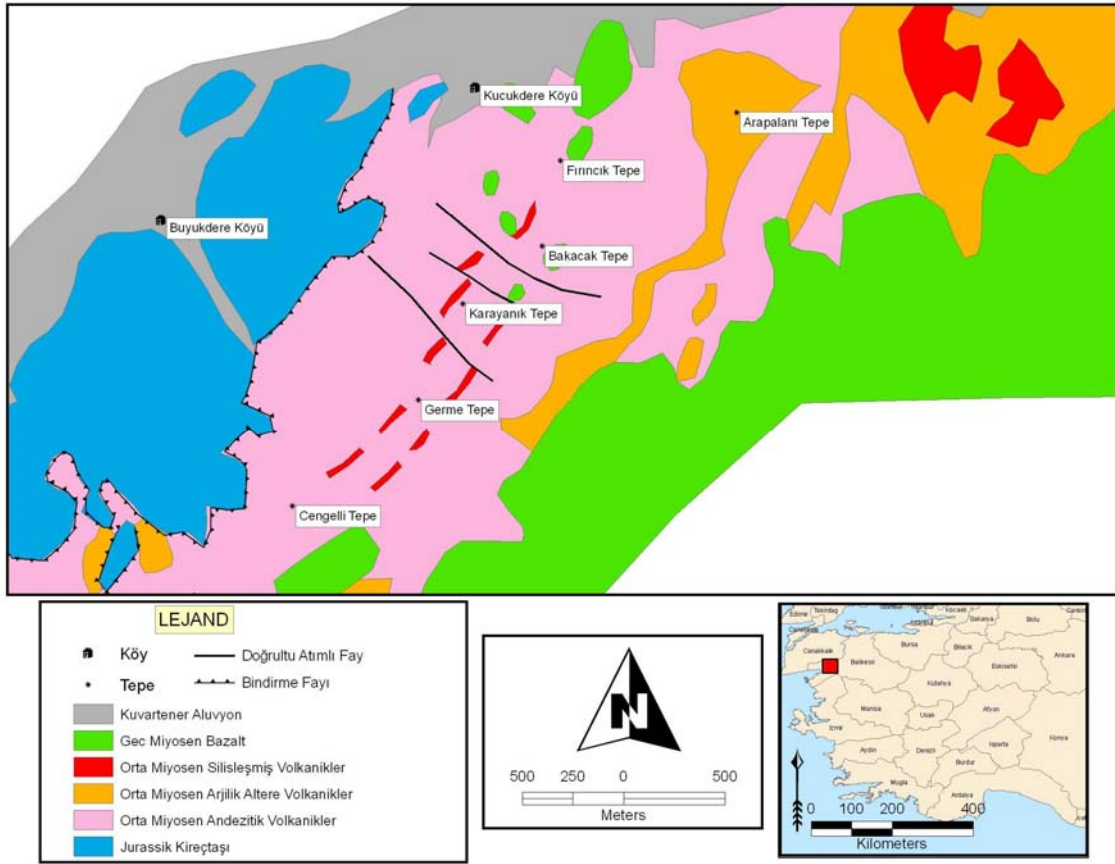
Küçükdere çalışma alanı İzmir'in 140 kilometre güneyinde, Balıkesir ilinin 80 kilometre batısında, Edremit ilçesinin 15 kilometre güneydoğusunda yer alır. Çalışma alanı Küçükdere köyünün 4 kilometre güneybatısındaki Karayanık ve Germe tepe alanları arasında bulunmaktadır. Küçükdere sahası 1990 yıllarında Tüprağ Madenciliğin kayaç numuneleri alımı sırasında keşfedilmiştir. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda ortalama 5,5 g/t tenörlü, 1,1 milyon ton rezervli yaklaşık 6 ton altın tespit edilmiştir (Çolakoğlu, 2000). Küçükdere saha çalışması sadece uydu görüntüleri ve önceki çalışmalardan elde edilen jeoloji, alterasyon haritalarının sayısallaştırılmış modellerini kapsar. Çalışma alanının yakın zamanda işletmeye açılacak olması nedeniyle kullanılan LANDSAT TM görüntülerinin başarı oranları anlaşılır.

3.4.5.1 Jeoloji

Küçükdere çalışma alanı genel olarak karmaşık litolojilerin görüldüğü jeolojiye sahiptir (Şekil 3.42). Küçükdere sahasının batı kesiminde KD doğrultuya sahip Jurasik yaşlı kireçtaşları bulunur. Kireçtaşları, Miyosen yaşlı volkanik kayaçlarla bindirmeli tektonik sınırlara sahiptir. Çalışma alanının genelini kapsayan Miyosen yaşlı andezitik / dasitik volkanik kayaçlar içerisinde cevher damarını kapsayan ana kayacı oluşturur. Kayaç bozunmaya uğradığından genel görünüm itibarıyla açık kahverengimsi sarı renkli ve porfiritik dokuludur.

Çalışma alanının doğu kesimini kapsayan, Pliyosen yaşlı bazaltlar ise en genç volkanikleri oluşturur. Açık gri taze yüzey rengine sahip bazaltlar genelde bir ayrışma sunmazlar. Plajiyoklas, ojit, biyotit ve volkanik kayaç ksenolitleri temel bazalt bileşenlerini oluşturur.

En kuzey kesimde yeralan güncel alüvyonlar bölgede yer alan daha yaşlı birimlerin aşınmalarına bağlı olarak taşınarak gelen malzemeleri içerir.



Şekil 3.42 Küçükdere çalışma sahasının genel jeoloji ve alterasyon haritası (Çolakoğlu, 2000'den değiştirilerek)

3.4.5.2 Alterasyon ve Mineralizasyon

Küçükdere çalışma sahası genel itibariyle düşük sülfidasyonlu bir epitermal sisteme ev sahipliği yapmaktadır. Düşük sülfidasyonlu sistemlerin tipik özelliklerini yansıtan iki baskın alterasyon türü olarak arjilik alterasyon ve propilitik alterasyon çalışma sahası içerisinde yer alır. Andezitik yan kayaçta yer alan damar çevresinde yoğun arjilik alterasyon zonu bulunurken damardan uzaklaştıkça geniş yayımlı propilitik türde alterasyonlar görülür. Arjilik alterasyonlu alanlar sarımsı kirli beyaz renklere sahiptir. Feldispat kristalleri ise yer yer yoğun bir şekilde bozunmuştur. Playikolas, piroksen ve biyotitler kısmen bozunmaya uğramıştır.

Propilitik alterasyon arjilik alterasyona göre daha az oranda bozunmuş mineralleri kapsar. Biyotit ve feldispat mineralleri çoğunlukla tanınabilmektedir. Bazı alanlarda kloritle birlikte karbonatın da bulunduğu görülmüştür.

Yankayacın ilksel dokuları yoğun silis getirimleri ile değişmiştir. Matriks kriptokristalin kuvars tanecikleri tarafından ornatılmıştır. Çolakoğlu (2000), Küçükdere sahasında yaptığı çalışmalarında XRD çalışması amacıyla 10 adet bozunmaya uğramış kayaç numunesi almıştır. Elde edilen sonuçlar ışığında propilitik alterasyonun hakim olduğu bölgelerde kloritin, arjilik alterasyonun hakim olduğu kısımlarda ise kaolinit ve illitin daha baskın olduğu belirlenmiştir. Smektit farklı numunelerde farklı dağılımlar gösterirken propilitik alterasyonlarda ise vermikülitin de bulunduğu saptanmıştır.

Cevherli mineralizasyon, çalışma sahası içerisinde andezit birimi içerisindeki silisli damarların içerisinde yer alır. Damarlar yaklaşık 45 KD doğrultusuna sahiptir ve eğimleri değişkenlik sunar. Damarlar yapı doku, mineralojik özellikleri ve bileşenleri göz önüne alındığında; i) andezit parçalı breşik damar, ii) breşik damar, iii) bantlı damar ve iv) karbonat damarı olarak dört bölüme ayrılmaktadır. Genel olarak cevher oranlarının arttığı doku türü kolloform/ krustiform dokulara sahip damarlardır. Damarın asıl cevher içeren birimi olarak ayırtılan bu birimin ana gang mineralleri kuvars ve manganlı kalsittir.

Çalışma alanı içerisindeki silisli yapıların genel dokuları boşluk dolguları (vuggy), kolloform-krustiform, tarak ve kokard şeklinde bulunmaktadır. Kuvars kristalleri boyutları şekerimsiden boşluk dolguları boyunca da iri taneye kadar çıkmaktadır. Genel stokvork şeklindeki ağsı yayılımlarda yoğun olarak bulunur. Andezit parçalı breşik damar tipi içerisindeki andezitik yankayaç parçalarının kuvars ve mangan içerikli kuvars kristalleri tarafından çevrelenmesi ile oluşmuştur.

3.4.5.3 Uydu Görüntüleri

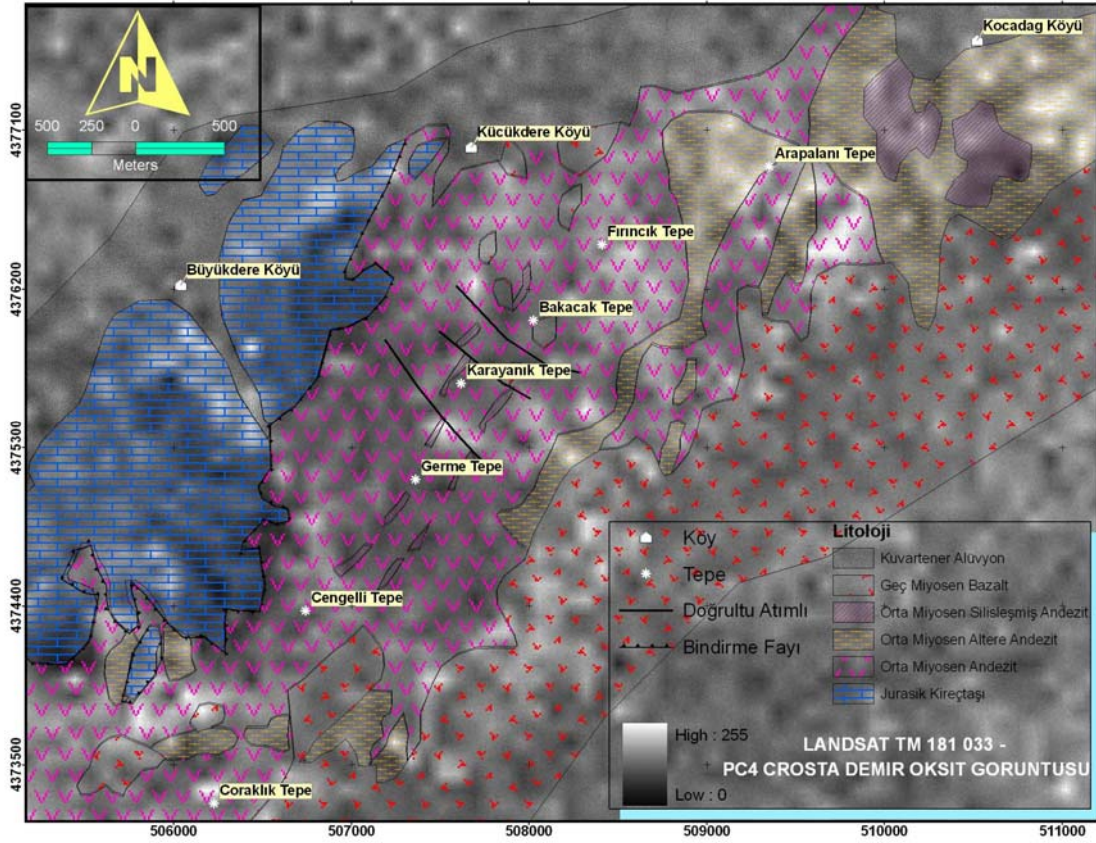
Küçükdere bölgesi için sadece LANDSAT TM (L5-181-033) görüntüleri üzerinde çalışılmıştır. L5-181-033 görüntüsüne ait istatistiki çalışmalara Ovacık ve örnek çalışma kapsamında belirtilmiştir. Görüntüler üzerindeki atmosferik etki kaldırılmış ve su maskeleymesi yapılmıştır. Daha önceki çalışma sahalarında olduğu gibi uygulanan yapay renkli kompozitler ve bant oranlamaları bu alan için kullanılmadan

doğrudan temel bileşen analizi ve Crosta teknikleri kil ve demir oksit içeren alterasyonlu alanlar belirlenir.

Çalışma alanı içerisindeki demiroksit anomalilerinin temel bileşenler analiz ile incelenmesi amacıyla TM 1, 3, 4 ve 5. bantlar kullanılmıştır. 4 özmatiks kovaryans analizleri (PC1 – PC4) istatistiksel çalışmalarla elde edilmiştir. Demir oksit (Şekil 1.6) bant 3'deki yüksek yansıma ve bant 1'deki düşük yansıma ile karakterize edilmektedir. PC4'de bant 1 (-0,829) ve bant 3 (0,547)'ün zıt işaret değerleri olduğu görülmüştür. Bant 3'deki pozitif işaretli alan, demir oksitin açık piksellerle görülebileceği alanları işaret eder. Analiz sonucunda PC4'de görülen bant 1 ve bant 3 deki işaret farklılığından yola çıkılarak anomali görüntüleri elde edilir (Tablo 3.2).

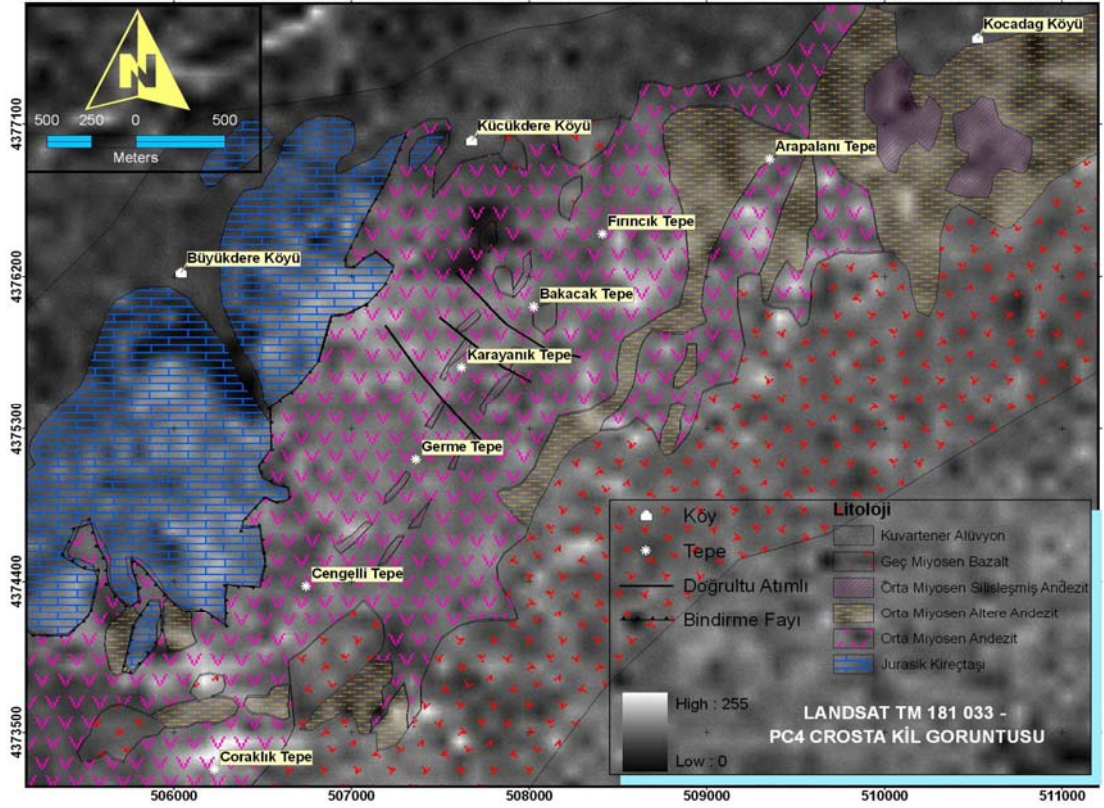
Çalışma alanı içerisindeki kil anomalilerinin temel bileşenler analizi ile incelenmesi amacıyla TM 1, 4 ,5 ve 7. bantlar kullanılmıştır. Kil alterasyonu görüntüleri için hazırlanan özmatiks kovaryasyon değerleri de PC1, PC2 demir oksitte olduğu gibi aynı bilgileri sunar. PC3 ve PC4'deki zıt işaretler ve yüksek yüklemelerin varlığı nedeniyle kil mineralleri tayin edilir (Tablo 3.3).

Küçükdere çalışma sahası içerisinde Kocadağ köyü ile Çoraklı tepe arasında yaklaşık KD doğrultuya sahip bir demir oksit anomali zonu saptanmıştır (Şekil 3.43). Bu anomali zonu Çolakoğlu (2000)'inde yapmış olduğu jeoloji – alterasyon haritası da ile örtüşmektedir. Özellikle Kocadağ köyü ve Arapalanı tepe boyunca yoğun demiroksit anomalileri görülmektedir. Damarlar boyunca da özellikle fay zonları boyunca demiroksit anomalileri belirlenmiştir.



Şekil 3.43 Küçükdere çalışma sahasının jeoloji-alterasyon haritası ile birlikte PC4 Crosta tekniği ile elde edilmiş demir oksit (F) görüntüsü (beyaz tonlarda görülen alanlar anomali alanlarını belirtmektedir)

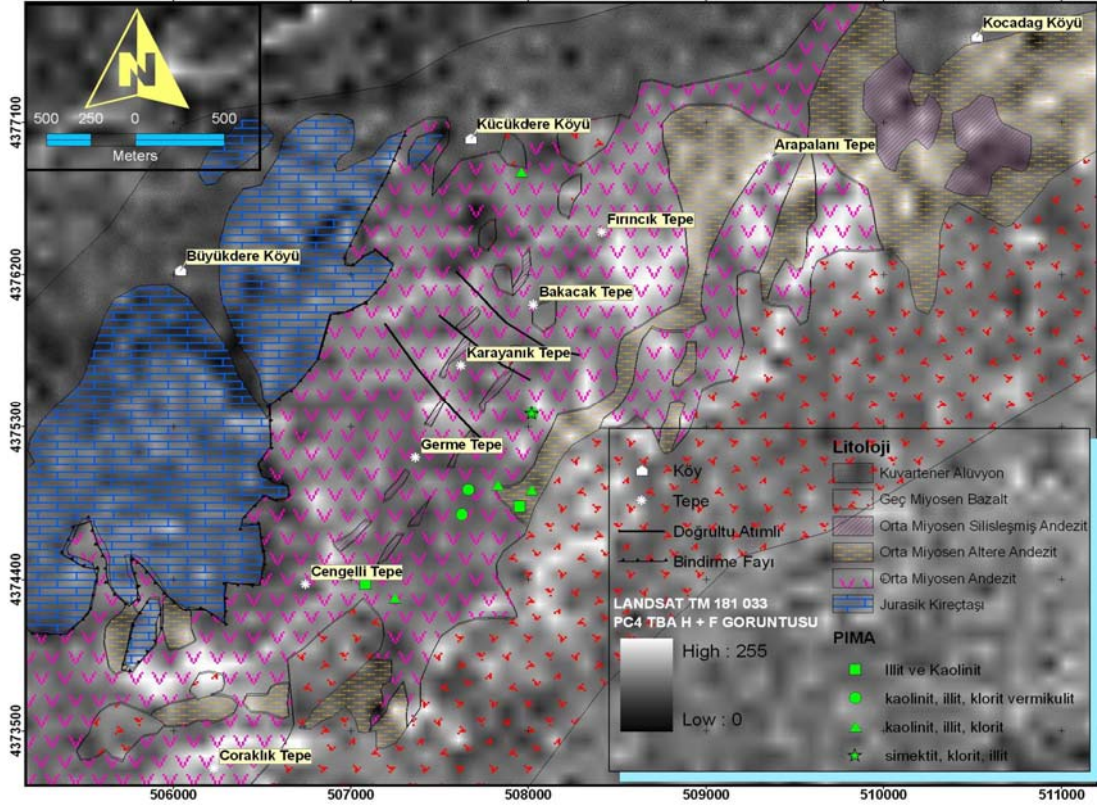
Küçükdere sahası içerisinde bulunan kil alterasyonu ise demir oksitte olduğu gibi tam olarak bir devamlılık sunmasa da Arapalanı tepe ile Bakacak tepe arasında geniş bir yayılıma sahiptir (Şekil 3.44). Özellikle damarlar boyunca hafif kil alterasyonları da görülebilmektedir. Çoraklık tepe ve kuzey kesimlerinde de kil alterasyonları görülür. Bazalt birimi boyunca da bazı ayrışma veya kil alterasyonu izlerine rastlanmıştır. Özellikle anomalilerin andezitlerle bazaltlar arasında bulduklarına da dikkat etmek gerekir. Kocadağ güneyinde gözlenen silisli yapılar boyunca da bazı kil anomalilerinin varlığı gözlenmiştir. Çolakoğlu (2000)'in de yapmış olduğu KD doğrultulu alterasyon alanı boyunca net bir anomali görüntüsü görülememiştir. Bunun sebeplerinden biri bölgenin ağaçlık bir alanda bulunuyor olması ve düşük sülfidasyonlu sistemlerde alterasyonların geniş ve düzenli olarak dağılım göstermemesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 3.44 Küçükdere çalışma sahasının jeoloji-alterasyon haritası ile birlikte PC4 Crosta tekniği ile elde edilmiş kil alterasyonu (H) görüntüsü (beyaz tonlarda görülen alanlar anomali alanlarını belirtmektedir)

H ve F görüntülerinden elde edilen anomaliler, H + F şeklinde gri renkli kompozitler olarak incelendiğinde çalışma alanının genel kil ve demir oksitli alanları belirlenir (Şekil 3.45). Görüntü üzerinde açıklık sağlanması amacıyla gerilme uygulaması yapılmıştır. Elde edilen sonuç alterasyon haritasında Kocadağ köyü ile Çoraklık tepe arasında belirgin KD yönelimli bir alterasyon anomalisinin varlığı görülür. Bu alterasyon Arapalanı tepe, Fırıncık tepe ve Çoraklık tepe kuzeyinde yoğun olarak gözlenmektedir. Çengelli tepe ile Karayanık tepe arasındaki kuvars damarları boyunca daha grimsi piksellerle kil ve demir oksit alterasyonlarının varlığı da görülür. Bu alanlarda ağaç örtüsünün olması nedeniyle seyrek alanlar boyunca anomaliler gözlenebilmiştir. Çolakoğlu (2000)'in yapmış olduğu harita ile benzer alterasyon alanları tespit edilmiştir. Çolakoğlu (2000)'in yaptığı çalışma esnasında aldığı arazi ve sondaj kil örneklerinde genellikle damarlar çevresinde arjilik alterasyonu işaret eden kaolinit–illit–klorit mineralleri mevcutken, daha dış zonlara

doğru ise smektit, klorit ve vermukulitinde bulunduğu propilitik zona doğru geçişler gözlenmektedir. Bazı kısmı alanlarda da tekrar arjilik zonların bulunduğu da saptanmıştır. Bazalt ile andezitler arasındaki dokanak boyunca da kil ve demir oksit anomalilerinin varlığı da gözlenmiştir.



şekil 3.45 Küçükdere çalışma sahasının jeoloji-alterasyon haritası ile birlikte PC4 Crosta tekniği ile elde edilmiş kil alterasyonu ve demiroksit (H + F) görüntüsü (beyaz tonlarda görülen alanlar anomali alanlarını belirtmektedir)

Maden alanının keşfedilmesinden önceki yapılan görüntüleme dayanılarak araştırılan inceleme alanı çevresinde gözlenen kil ve demir oksit alterasyon alanları başarılı bir şekilde saptanmıştır. Bölgedeki epitermal sistemin karakteristik özelliklerinden olan yaygın gelişmeyen alterasyon dağılımı nedeniyle homojen bir anomali elde edilmemesine karşın özellikle damarlar yakınında ve çevresinde elde edilen anomaliler bölgeyi araştırma yapmak için cazip kılmaktadır. Bununla birlikte maden araştırmalarında Küçükdere, Ovacık ve benzeri epitermal sistemlerde gelişen cevherleşmelerin de benzeri görüntülerde (eğer bitki örtüsünce seyrek ise) elde edilebileceği ve potansiyel alanlar olarak seçilmesi gerektiği kabul edilmektedir.

3.4.6 Kirazlı Çalışma Sahası

Kirazlı çalışma alanı İzmir'in 200 kilometre güneyinde, Çanakkale ilinin 30 kilometre güneydoğusunda yer alır. Kirazlı sahası ilk olarak TUPRAG madencilik şirketi tarafından 1990 yılları sonrasında kayaç numuneleri alımı esnasında keşfedilmiştir. Daha sonra Teck Cominco madencilik şirketi tarafından incelenen alan günümüzde Fronteer Development Group tarafından araştırılmaktadır. Kirazlı sahasında elde edilen son veriler ışığında toplam rezerv 7,8 ton (0,25 Moz @ 29 g/t) olarak hesaplanmıştır ([http:// www.fronteergroup.com](http://www.fronteergroup.com)). Kirazlı saha çalışması sadece uydu görüntüleri ve önceki çalışmalardan elde edilen jeoloji ve alterasyon haritalarının sayısallaştırılmış modellerini kapsamaktadır. Çalışma alanların yakın zamanda işletmeye açılacak olmaları nedeniyle kullanılan LANDSAT TM görüntülerinin anomali alanlarının saptanmasında başarı oranları anlaşılır.

3.4.6.1 Jeoloji

Kirazlı sahasının doğu kısmında bulunan ve bölgenin temel kayaçlarını içeren Paleozoyik yaşlı Permien öncesi yaşlı Kazdağ grubu içerisinde gnays, şist ve mermerler genel litolojiyi oluşturur. Metamorfiklerin yanı sıra çalışma alanının tamamında Orta – Üst Oligosen yaşlı andezit, dasit ve riyodasit türde lav, tüf ve aglomeralardan oluşan karasal volkanizma ürünleri bulunur (Ercan, 1995). Kalk-alkali kökenlerin yanı sıra bölge içerisinde yersel olarak Üst Oligosen yaşlı bazaltik ve trakiandezitik türde küçük yüzleklerde bulunmaktadır. Orta-Üst Oligosen yaşlı andezitik volkanik kayaçlar çalışma alanı içerisinde yoğun bir alterasyona sahiptir ve beyaz, sarı, kırmızı, kahve, yeşil ve mavi renklerde çok farklı konumlarda bulunurlar. Alterasyonla beraber bölgede yoğun silisleşmede vardır. Ayrışmamış volkanikler koyu renklerde olup plajiyoklaz, biyotit ve koyu renkli piroksen fenokristallerine sahiptir. Üst Oligosen yaşlı bazaltik ve trakiandezitik volkanikler genellikle KB – GD yönde kırık hatları boyunca andezitik ve dasitik karakterli volkanikleri keser. Trakiandezitik volkanikler camsı mikrokristalin dokuda plajiyoklaz, ojit, biyotit, hornblend, olivin minerallerini içerir.

3.4.6.2 Alterasyon ve Mineralizasyon

Kirazlı çalışma alanı geniş bir alanda yayılım gösteren alterasyon zonlanmasına sahip yüksek sülfidasyon türünde bir epitermal sistemi kapsar. Çalışma sahası içerisinde alterasyonun merkezinde yer alan yaklaşık KB doğrultulu ve küçük yüzlekler şeklinde gözlenen yoğun silisli yapılar mevcuttur. Kahverengimsi ve grimsi renklerde ve yoğun pirit içeriklidir. Genelde bu silisli yapılar topoğrafya üzerinde şapka veya çıkıntılar (ledge) şeklinde görülürler. Yoğun silisli yapıları zarf gibi saran ve geniş bir yayılıma sahip orta şiddetle silisleşmiş volkanikler de geniş yer tutar. Bu alterasyon zonu içerisinde yaklaşık K-G doğrultulu yaklaşık 800 metre uzunluğunda cevher anomalisi saptanmıştır (<http://www.fronteergroup.com>).

Merkezdeki geniş bir alanda bulunan silisli zondan dışarıya doğru gidildikçe arjilik alterasyon zonunun bölgenin büyük bir kısmını kapladığı gözlenir. Arjilik alterasyon zonunun içerisinde silis oranı yüksek bölümlerde bulunur. Bu bölümler hem arjilik hem silisik bölümler olarak farklı ayırtlanmıştır. Arjilik zon içerisinde yoğun olarak demir oksit stokvorkleri mevcuttur. Kaolinit genel kil mineralini oluştururken, alünit ve profillite de (?) kısmen rastlanılmıştır. Propilitik zon arjilik zonun en dış kısımlarında ve çok küçük yüzlekler şeklinde bulunur.

Yüksek sülfidasyonlu sistemlerin karakteristik özelliklerinden olan geniş alterasyon zonlanmaları Kirazlı yüksek sülfidasyon sisteminde de belirgin olarak gözlenmiştir.

3.4.6.3 Uydu Görüntüleri

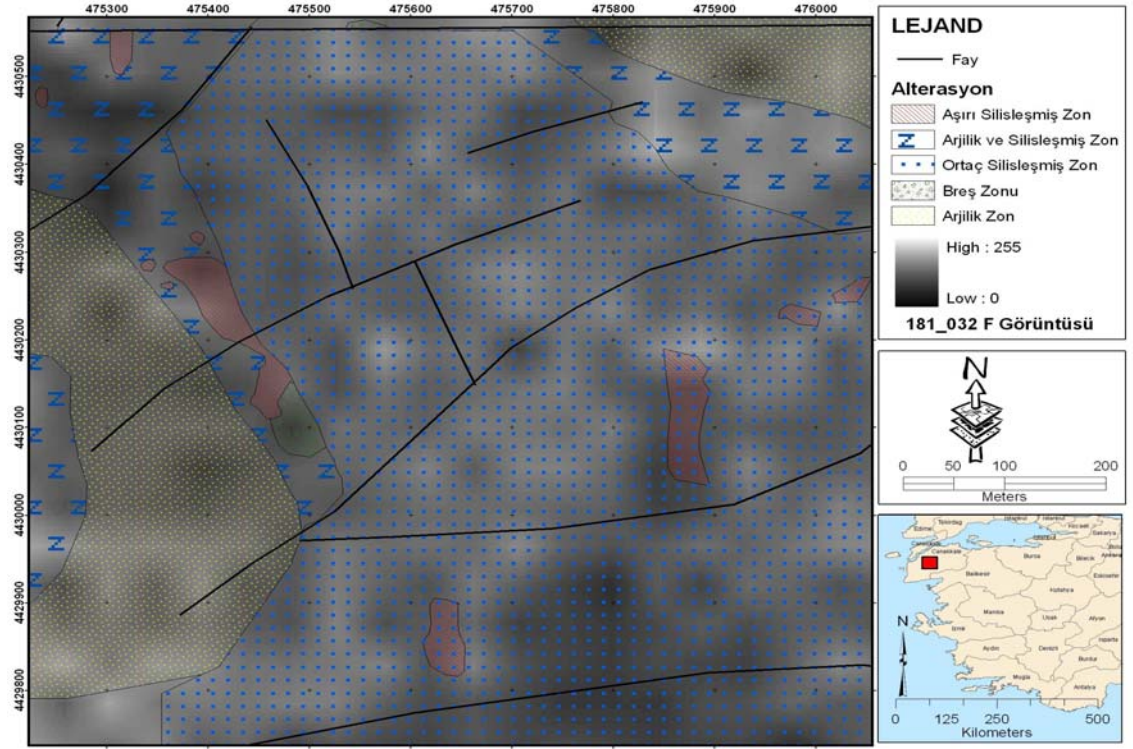
Kirazlı bölgesi için sadece LANDSAT TM (L5-181-032) görüntüleri üzerinde çalışılmıştır. L5-181-032 görüntüsüne ait istatistiksel çalışmalar Şapdağ çalışma alanı kapsamında belirtilmiştir. Görüntüler üzerindeki atmosferik etki kaldırılmış ve su maskelemesi yapılmıştır. Daha önceki çalışma sahalarında olduğu gibi uygulanan yapay renkli kompozitler ve bant oranlamaları bu alan için kullanılmadan doğrudan

temel bileşen analizi ve Crosta teknikleri ile kil ve demir oksit içeren alterasyonlu alanlar belirlenir.

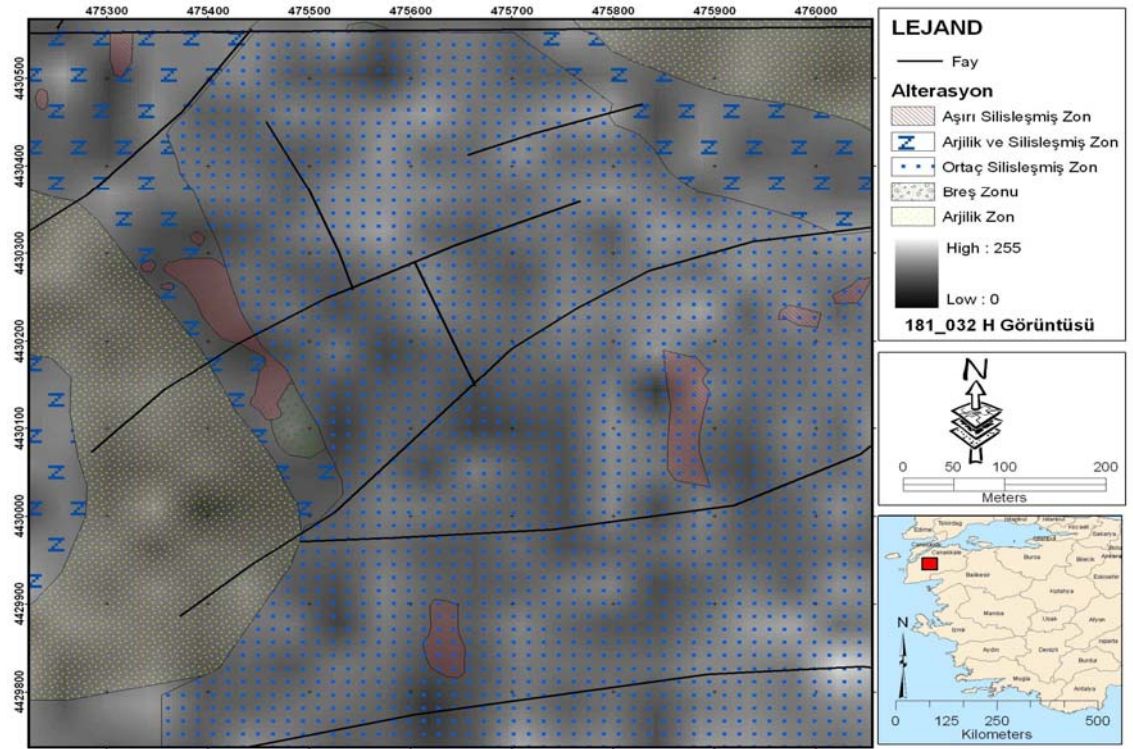
Çalışma alanı içerisindeki demiroksit anomalilerinin temel bileşenler analiz ile incelenmesi amacıyla TM 1, 3, 4 ve 5. bantlar kullanılmıştır. 4 özmatris kovaryans analizleri (PC1 – PC4) istatistiksel çalışmalarla elde edilmiştir. Demir oksit (Şekil 1.6) bant 3'deki yüksek yansıma ve bant 1'deki düşük yansıma ile karakterize edilir. PC4'de bant 1 (-0,662) ve bant 3 (0,733)'ün zıt işaret değerleri olduğu görülmüştür. Bant 3'deki pozitif işaretli alan, demir oksitin açık piksellerle görülebileceği alanları işaret eder. Analiz sonucunda PC4'de görülen bant 1 ve bant 3 deki işaret farklılığından yola çıkılarak anomali görüntüleri elde edilir (Tablo 3.13).

Çalışma alanı içerisindeki kil anomalilerinin temel bileşenler analizi ile incelenmesi amacıyla TM 1, 4, 5 ve 7. bantlar kullanılmıştır. Kil alterasyonu görüntüleri için hazırlanan özmatris kovaryasyon değerleri de PC1, PC2 demir oksitte olduğu gibi aynı bilgileri sunar. PC3 ve PC4'deki bant 5 (-0,470) ve bant 7'deki (0,820) zıt işaretler ve yüksek yüklemelerin varlığı nedeniyle kil mineralleri tayin edilir (Tablo 3.14).

Kirazlı çalışma sahası içerisinde demiroksit anomalileri genelde ortaç karakterde ve çalışma alanı içerisinde dağılmış olarak gözlenir (Şekil 3.46). Yoğun silisleşmiş kısımlarda ve arjilik/silisik zonlar boyunca daha belirgin anomaliler sunmaktadır. Görüntünün elde edildiği dönemlerdeki bölgede mevcut olan bitki örtüsünün varlığında anomalilerin net olarak anlaşılmasını önlemiştir. Demiroksite nazaran kil alterasyonu görüntüsünde daha net anomaliler vermektedir (Şekil 3.47). Yukarıdaki kısımlarda da belirtilmiş olan yüksek sülfidasyonlu sistemlerdeki geniş alterasyon dağılımları bu görüntüde netlik kazanmıştır. Çalışma alanının büyük bir kısmını kapsayan ortaç silisleşmiş zon içerisinde yaklaşık KB uzanımlı bir kil alterasyonu anomalisi vardır. Bunun dışında arjilik zonlar içerisinde de önemli kil anomalileri de belirlenmiştir.



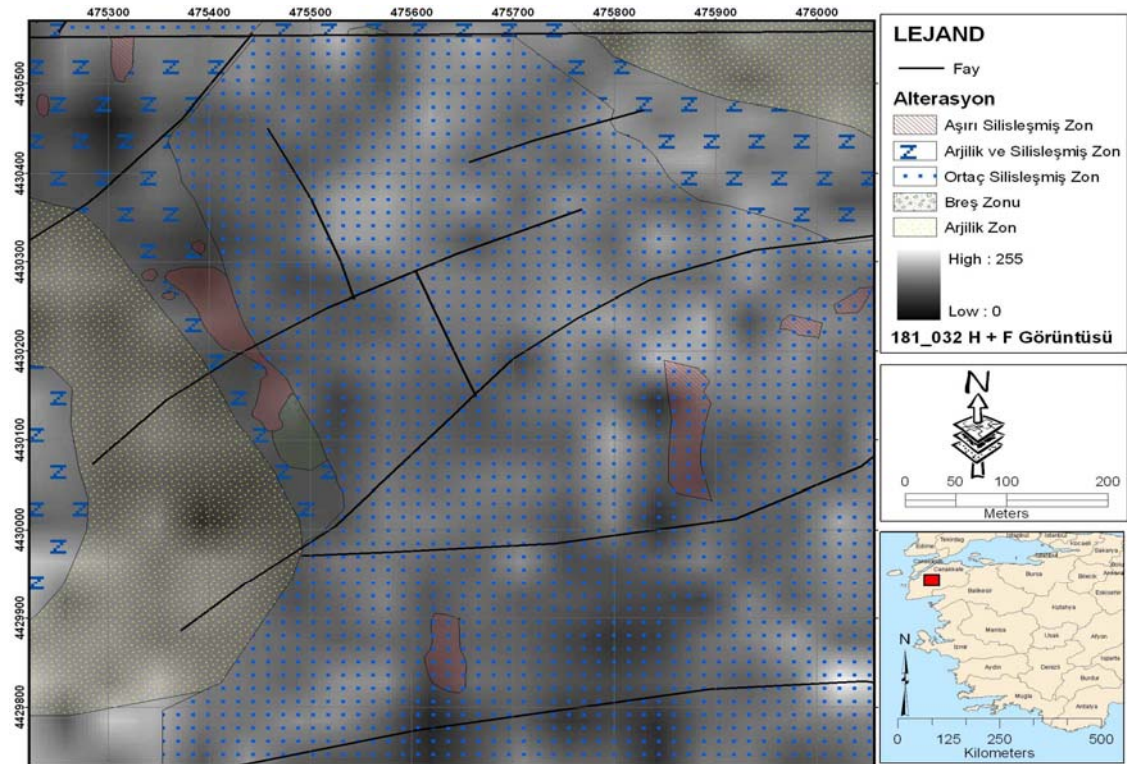
Şekil 3.46 Kirazlı bölgesi alterasyon haritası ile birlikte Crosta tekniği ile elde edilmiş demir oksit (F) görüntüsü



Şekil 3.47 Kirazlı bölgesi alterasyon haritası ile birlikte Crosta tekniği ile elde edilmiş kil (H) görüntüsü

H ve F görüntülerinden elde edilen anomaliler, H + F şeklinde gri renkli kompozitler olarak incelendiğinde çalışma alanının genel kil ve demir oksitli alanları tespit edilir (Şekil 3.48). Görüntü üzerinde açıklık sağlanması amacıyla gerilme uygulaması yapılmıştır. Elde edilen sonuç alterasyon haritasında kil alterasyonu ile benzerlik gösteren bir doğrultuda ve ortaç silisleşmiş kayaçlar içerisinde kil ve demiroksit anomalileri belirlenmiştir. Kirazlı sahasının güneybatı kanadında da arjilik alterasyonlu zon içerisinde de benzer küçük ölçekli anomaliler de mevcuttur.

Kullanılan görüntüler Kirazlı çalışma sahasının keşfinden önceki zamanlara ait LANDSAT görüntüleri olduğu için bölgenin su andaki bitki örtüsü ile geçmişteki örtü arasında farklar olabilir. Bu nedenle bölgede rastlanan gri tonların baskın alterasyon anomalilerinin bitki örtüsü nedeniyle tam olarak belirlenmediği alanları belirttiği kabul edilmektedir. Fakat bölgedeki önemli cevher zonunu kapsayan ortaç silisleşmiş zon içerisinde de KB yönelimli alterasyon zonunun tespiti ile LANDSAT görüntülerinin kısmen başarılı olduğunu söylenebilir.



Şekil 3.48 Kirazlı bölgesi alterasyon haritası ile birlikte Crosta tekniği ile elde edilmiş kil ve demir oksit (H+F) görüntüsü

3.5 ASTER Uygulamaları

Maden arama çalışmalarında ümit verici alanların seçiminde ASTER uygulamaları, doğruluk ve çalışmaların hızlı şekilde yapılmasını sağlayarak arama maliyetlerinin düşürülmesinde önemli oranda katkılar sağlar. Bu bölümün amacı LANDSAT 5 ve LANDSAT 7 görüntülerden elde edilen alterasyon alanlarındaki mineral tespitinin ASTER ile belirlenmesini sağlamaktadır. ASTER SWIR (kısa dalga kızıl ötesi) verisi 1,60 – 2,43 μm aralığındaki 6 bandı kapsar. Bu dalga boyu aralığı özellikle alterasyon minerallerinin tayininde başarılı bir şekilde kullanılır (Hunt, 1977) (Şekil 1.6, Tablo 2.7, Tablo 2.8 ve Tablo 2.9).

ASTER çalışmaları Ergama, Eğmir ve Küçükdere bölgeleri içerisinde yer alan alterasyon zonlarındaki mineral tayinlerinin yapılması amacıyla kullanılmıştır. Böylelikle LANDSAT görüntülerinde ve arazi gözlemlerinde saptanan alterasyonlu alanların da mineral tayinleri yapılmıştır. Yapılan mineral tayinleri LANDSAT görüntülerinde de kullanılan kil örnek sonuçları ile karşılaştırılarak ASTER'in kullanımındaki başarı oranı ölçülür.

Çalışma kapsamında kullanılan ASTER görüntüsü bulut faktöründen etkilenmemiştir. Bununla birlikte kullanılan LANDSAT TM görüntülerinin tarihleri ile kullanılan ASTER görüntüsü tarihi arasında bir zaman farkı vardır. Bu zaman farkı boyunca çalışma alanları içerisinde yeralan bitki örtülerinde değişim olması da olağandır. ASTER görüntü analizlerinde LANDSAT görüntülerinde olduğu gibi ED50 UTM35N projeksiyon sistemi kullanılmıştır. ASTER görüntüsü üzerinde öncelikle ER Mapper programı ile gerekli istatistikî hesaplamalar yapılmıştır ve daha sonra görüntüdeki kaliteyi arttırmak için atmosferik etki çıkartılmıştır (Tablo 3.16). Bunun için basit koyu nesne çıkarımı (dark pixel subtraction) işlemi uygulanır (Chavez, 1989). Atmosferik etkinin çıkartılmasının yanı sıra görüntüler üzerinde su maskeleymesi de uygulanmıştır.

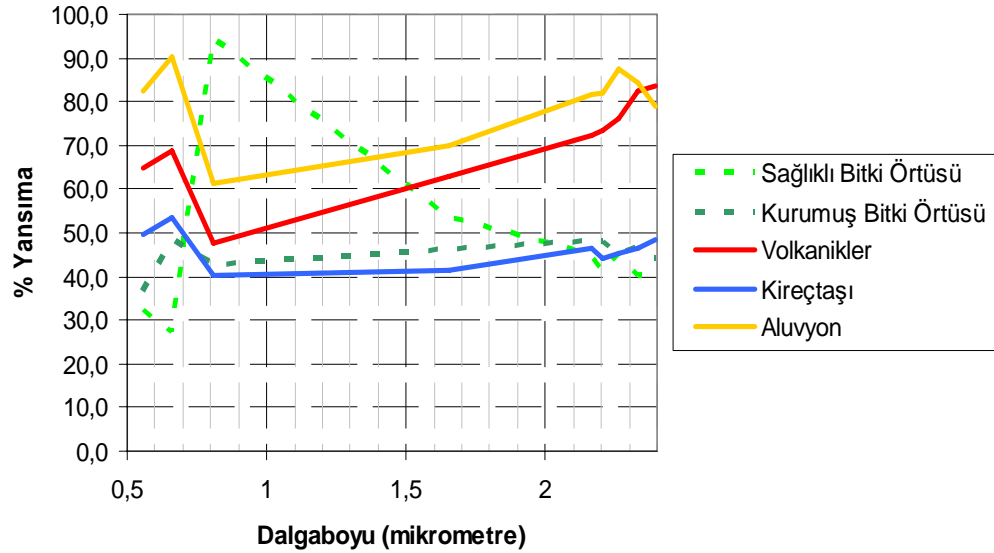
ASTER görüntülerinin alterasyonlu alanlara uygulanabilmesi için ASTER görüntülerinde elde edilen potansiyel alterasyon zonu spektral profilleri ile o bölgeye

ait spektral profillerin bilinmesi gerekir. ASTER VNIR ve SWIR bantlarının ana yüzey elemanlarındaki ortalama spektral görüntüleri belirlenmiştir (Şekil 3.49). Spektral görüntülerin elde edilebilmesi için ASTER bantlarının merkez noktaları ve buna karşılık gelen mineral bantları kullanılmıştır (Tablo 3.17).

Tablo 3.16 ASTER görüntüsündeki bantlardan uzaklaştırılan atmosferik etki değerleri

Bant No	Bant Türü	Uzaklaştırılan Atmosferik Etki Pikseli	ASTER Bantı Minimum Değerleri
Bant 1	VNIR	21	45
Bant 2	VNIR	41	25
Bant 3	VNIR	1	14
Bant 4	SWIR	5	8
Bant 5	SWIR	11	7
Bant 6	SWIR	16	6,875
Bant7	SWIR	11	7
Bant8	SWIR	19	6,125
Bant9	SWIR	2	7,25

Yüzey Elemanları



Şekil 3.49 ASTER görüntüsü içerisindeki yüzey elemanlarından elde edilen VNIR ve SWIR ortalama spektral görünüşleri, her bir bandın merkez noktaları kullanılarak elde edilmiştir

Ergama ve Şapdağ yüksek sülfidasyonlu sistemleri için alünit, profillit, dikit, kaolinit, illit, smektit ve barit gibi minerallerin araştırılması yapılırken Küçükdere çalışma sahası içindeki düşük sülfidasyonlu sistem için adularya, kaolinit, illit, smektit, klorit, jarosit gibi mineral tayinleri yapılmıştır.

Tablo 3.17 VNIR ve SWIR bantlarının ve alterasyon minerallerinin merkez noktalarındaki dalga boylarını gösterir çizelge

ASTER Bant	Alt Örnek Aralığı	Kuvars	Alunit	Kaolinit	Illit	Dikit	Smektit	Pirofillit	Jarosit	Epidot	Barit
Bant1	0,56	71,0	60,7	88,4	36,8	77,5	87,7	65,3	20,6	9,9	89,0
Bant2	0,66	70,3	75,6	91,0	42,7	83,9	90,2	71,6	35,7	11,6	89,4
Bant3	0,812	72,2	79,8	93,5	51,6	87,1	91,6	75,6	36,1	17,3	90,8
Bant4	1,652	72,8	55,3	93,4	75,0	91,2	84,5	85,4	72,0	38,9	90,6
Bant5	2,164	72,4	8,2	61,8	74,0	55,1	68,3	33,8	57,3	52,2	89,4
Bant6	2,204	71,2	13,7	57,3	66,8	53,3	56,4	52,4	54,1	48,2	89,1
Bant7	2,26	71,0	29,9	69,9	70,7	67,4	64,7	49,9	47,7	27,9	89,0
Bant8	2,332	71,7	20,1	62,7	66,3	59,0	57,5	37,2	50,4	10,6	88,0
Bant9	2,396	71,8	11,0	59,2	66,1	53,8	49,0	34,5	47,1	41,7	86,5

Yüksek sülfidasyonlu sistemlerin en karakteristik minerallerinden olan alünit ve profillit ASTER bant 5’de absorbsiyon özellikleri sunarken, 4, 6 ve 7. bantlarda yüksek yansıma değerlerine sahiptir. Bununla birlikte profillitte ASTER bant 8 de absorbsiyon özellikleri gösterir. Kaolinit, dikit ve montmorillonit bant 6 da absorbsiyon özellikleri gösterirken 4, 5 ve 7. bantlarda ise yüksek yansıma özellikleri sunar. Illit ASTER bant 6 ve bant 8 arasındaki eğim farkından kolaylıkla tanınır. Palomera, (2004) Arjantin’de yaptığı çalışmalarda hidrotermal kökenli kaolinit, illit ve montmorillonit için 4/6 bant oranlamasının en ideal belirteç olduğunu belirtmiştir. Bu minerallerin bant 6 daki yüksek absorbsiyon ve bant 4 deki düşük absorbsiyon oranlarını kullanan yazar arjilik alterasyonlu alanların tespitinde başarı sağlamıştır. Adularya (ortoklaz) bant 3, 4, 5 ve 7 de yüksek yansıma değerlerine sahiptir. Bu nedenle adularya tayinleri yapmak çok güçtür. Kalsit ise bant 8 de temel absorbsiyon özelliği sunmaktadır. Kalsitin yanı sıra rodokrozitte aynı özellikler göstermektedir. Kalsit ASTER bant 5 ve 9 da ise yüksek yansıma göstermektedir. Eğer kuvars yüzlekleri yeterince büyük olursa bantlar kuvars mineralizasyonu tayininde de başarılı olabilir (King, 2003). Fakat düşük sülfidasyonlu sistemlerde (Ovacık ve Küçükdere vb.) kuvars damarları genellikle 20 metreyi geçmediği için kullanılan 30

metrelik çözünürlüğe sahip SWIR ve 90 metrelik çözünürlüğe sahip TIR bantlarında görülemeyecektir.

Alterasyon minerallerinin tayini için iki farklı görüntü işleme tekniği kullanılmaktadır. Bu teknikler bant oranlanması ve spektral indis teknikleri olarak adlandırılmaktadır (Yamaguchi ve Naito, 2003). Mineral tayinleri için ASTER görüntülerinde kullanılan başarılı yöntemlerden birisi bant oranlamasıdır. İkinci bölüm içerisinde Ninomiya (2003)'ün uyguladığı bazı oranlamalar ve mineral tayinleri sunulmuştur (Tablo 2.8 ve Tablo 2.9). Her bir oran absorpsiyon ve yansıma özelliklerini kullanır, böylece birbirleriyle çarpıldıklarında bir minerale özgü olan yansıma özelliklerini oluştururlar. Daha önceki çalışmacıların kullandıkları birçok oranlamalar her alterasyon bölgesindeki mineralleri belirtecektir diye bir durum söz konusu değildir. 20 metrelik bir alan içerisindeki alterasyonların aynı homojenlikte olmaması yüzünden içerdikleri kil mineralleri de benzer yansıma özellikleri göstermez. King (2003), Palomera (2004)'in yaptığı çalışmada absorpsiyon / yansıma oranlarının bazı alanlarda olumlu sonuçlar verdiğini fakat bir mineral için daima aynı sonuçlar vermeyeceğini de belirtmiştir.

Spektral indis metodu, beş ASTER SWIR bandının kullanılmasıyla yüzeysel mineralojik haritalarının saptanması için yapılan bir çeşit ortogonal dönüşümden oluşur (Yamaguchi ve Naito, 2003). Spektral indisler metodu beş temel indisi kapsamaktadır; parlaklık, alünit, kaolinit, kalsit ve diğer indisler. Spektral indis metodunda sadece SWIR bantları kullanılır. Alünit ve kaolinit mineralleri için tüm SWIR kanalları kendisi için belirlenmiş katsayı değeri ile çarpılır, daha sonra tüm hesaplanan SWIR kanalları bu mineral indislerinin bulunması için toplanır.

Bu iki yöntemin dışında Crowley ve diğ.,(1989)'un bulduğu Göreceli absorpsiyon Bant Derinliği (Relative absorption Band Depth – RBD) metoduyla başarılı sonuçlarda elde edilmektedir. Bu methoda ait genel formül ikinci bölümde sunulmuştur. Bu metotta temel olarak iki yansıma özelliği gösteren bantlar (numerator) toplanarak absorpsiyon özelliği gösteren banda (denominator) oranlanır. Bu method iki bandın oranlanmasına göre daha etkili ve kullanışlıdır. Tablo 3.18'de

kullanılan oranlar daha önceden LANDSAT görüntülerinde elde edilen alterasyonlu alanlarda kullanılabilir.

Tablo 3.18 İncelenmesi yapılacak olan mineraller için kullanılacak bant oranlamaları

Tanımlanan Mineral	Sistem Türü	Kullanılan Bant Oran	Referans
Alünit – Pirofillit	Yüksek Sülfidasyon	(6+7) / 5; (4+6) / 5	King, 2003
Kaolinit – Montmorillonit	Yüksek – Düşük Sülfidasyon	(4+7) / 6	King, 2003
İllit	Düşük– Yüksek Sülfidasyon	(5+7) / 6	King, 2003
Adularya – Ortoklaz	Düşük Sülfidasyon	(3/4) + (5/7)	
Kalsit - Klorit - Epidot	Yüksek – Düşük Sülfidasyon	(9+7) / 8	King, 2003
Dolomit	Düşük Sülfidasyon	(6+8) / 7	Rowan, 1998
Demiroksit	Yüksek – Düşük Sülfidasyon	2/1 veya 4/3	
Silisli Kayaçlar	Yüksek – Düşük Sülfidasyon	14/12	Rowan, 1998
Silika	Yüksek – Düşük Sülfidasyon	(11x11)/10/12	

3.5.1 Alterasyon Mineral Haritaları

Çalışma alanlarını kapsayan alterasyon mineral haritalamaları iki safhada incelenmiştir. Birinci safhada temel bant oranlamaları ile alünit, kaolinit, kalsit ve demir oksit dağılımları elde edilmiştir. Bu dağılımlar Göreceli Absorbsiyon Bant Derinliği metodu (RBD) ile denenmiştir. Son safhada ise spektral indisler yöntemi ile alterasyon ve litoloji tayinleri yapılarak çalışma alanının genel yapısı oluşturulmuştur.

Yüksek sülfidasyon karakteristik minerali olan alünit ASTER 4/5 bant oranlaması ile tespit edilirken, kaolinit ve montmorillonit ASTER 4/6 bant oranlaması ile bulunur. Kalsit minerali ise ASTER 4/7 bant oranlaması sonucu elde edilir. Demir oksitler ise ASTER 2/1 veya 4/3 bant oranlamaları ile tespit edilir (Rouskov ve diğ., 2005). Bant oranlaması algoritmaları uygulandıktan sonra elde edilen görüntü üzerinde eşik değerleri hesaplanır. Eşik değerleri genel olarak ortalama ile iki (2) standart sapmanın toplamı ile hesaplanır (Rouskov ve diğ, 2005; San ve diğ., 2004). Çalışma alanlarını içeren ASTER görüntüsü üzerinde uygulanan bant oranlaması

sonucunda elde edilen yeni görüntüye ait istatistikî hesaplamalar ve eşik değerleri Tablo 3.19’da sunulmuştur.

Tablo 3.19 4/5, 4/6 ve 4/7 bant oranlamaları ile elde edilen ASTER görüntüsünün istatistikî değerleri ve eşik değeri

	Alünit	Kaolinit	Kalsit
Boş Hücreler	12761636	12798353	12819137
Dolu Hücreler	15323989	15287272	15266488
Alan (Hektar)	344789,75	343963,62	343495,98
Alan (Dönüm)	851994,1	849952,68	848797,12
Minimum	1	1	1
Maksimum	2	2	2
Ortalama	1,01	1,04	1,04
Medyan	1	1	1
Standart Sapma	0,09	0,2	0,11
Eşik Değeri	1,19	1,44	1,26

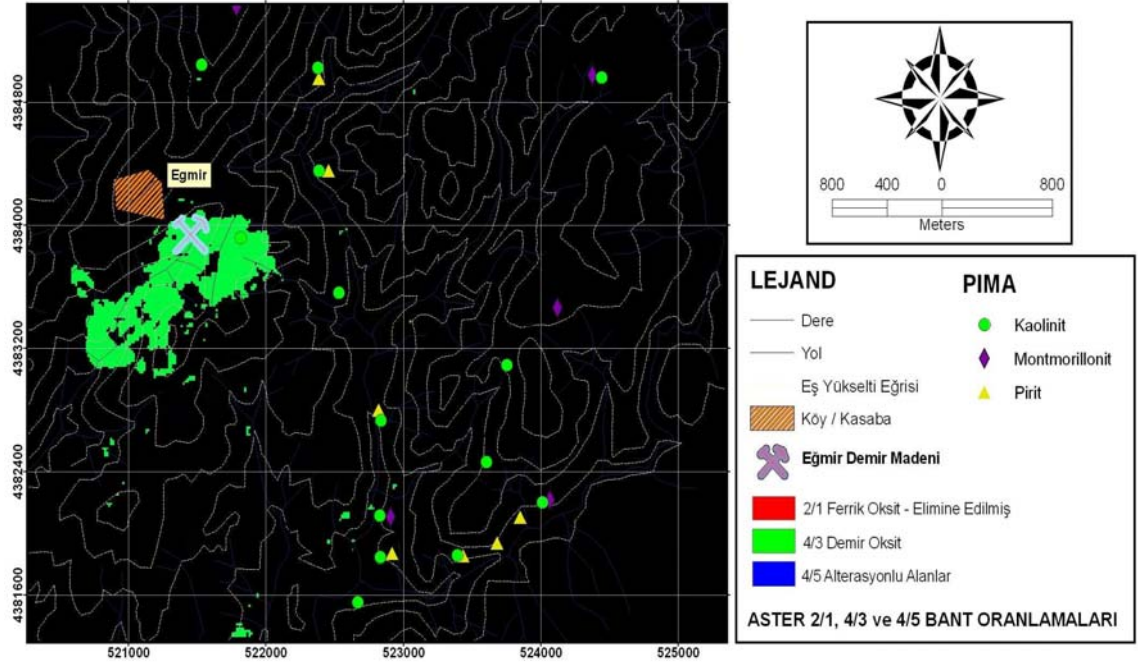
Alünit, kaolinit ve kalsit için hesaplanan eşik değerleri (sırasıyla 1.19, 1.44 ve 1.26) üzerindeki değerler alınarak algoritmalar oluşturulur ve KYM kanalları üzerinde uygulanır. Alünit, kaolinit ve kalsit algoritmaları sonucunda sarımsı yeşil renkteki alanlar boyunca kaolinit, mavi renkte görülen alanlarda kalsit, sarımsı kırmızı tonlarda alünit ve cyan tonlarında ise montmorillonit mineralleri görülebilmektedir.

Benzer olarak aynı uygulamalar 2/1, 4/3 ve 4/5 bant oranlamaları üzerinde demiroksitli alanların tespiti amacıyla denenmiştir. Demir oksit görüntülerinin tespiti için yukarıdaki istatistikî hesaplamalar aynı şekilde yapılır ve eşik değeri bulunur (Tablo 3.20). Demir iyonu (Fe^{+3}), demiroksit ve alterasyon için hesaplanan eşik değerleri (sırasıyla 1, 1.5 ve 1.1) üzerindeki değerler alınarak algoritmalar oluşturulur ve KYM kanalları üzerinde uygulanır. İyon olarak bulunan demir (Fe^{+3}) genel olarak çok yaygın olduğu için elimine edilmiştir. Demir oksit yeşil renklere gözlenirken, alterasyonlu alanlar ise mavi tonlarda görülür.

Tablo 3.20 2/1, 4/3 ve 4/5 bant oranlamaları ile elde edilen ASTER görüntüsünün istatistikî değerleri ve eşik değeri

	Ferrik Demir	Ferrik Oksit	Alterasyon
Boş Hücreler	16700657,0	16140555,0	15729095,0
Dolu Hücreler	14352427,0	14912529,0	15323989,0
Alan (Hektar)	322929,6	335531,9	344789,8
Alan (Dönüm)	797976,5	829117,5	851994,1
Minimum	1,0	1,0	1,0
Maksimum	2,0	40,0	2,0
Ortalama	1,0	1,0	1,0
Medyan	1,0	1,0	1,0
Standart Sapma	0,0	0,2	0,1
Eşik Değeri	1,0	1,5	1,1

Bant oranlaması sonucunda çalışma sahaları içinde yapılan uygulamalarda alünit, kaolinit ve kalsitin yanı sıra alterasyona ait herhangi bir anomaliye rastlanılmamıştır. Fakat demiroksitli alanlarda özellikle Şapdağ çalışma alanı içerisindeki Eğmir demir madeni ise net bir şekilde görülebilmektedir (Şekil 3.50).



Şekil 3.50 Şapdağ çalışma alanı içerisindeki Eğmir madeni, ASTER 2/1, 4/3 ve 4/5 görüntüsünde yeşil renklerde demir oksit anomalisi ile belirlenmiştir

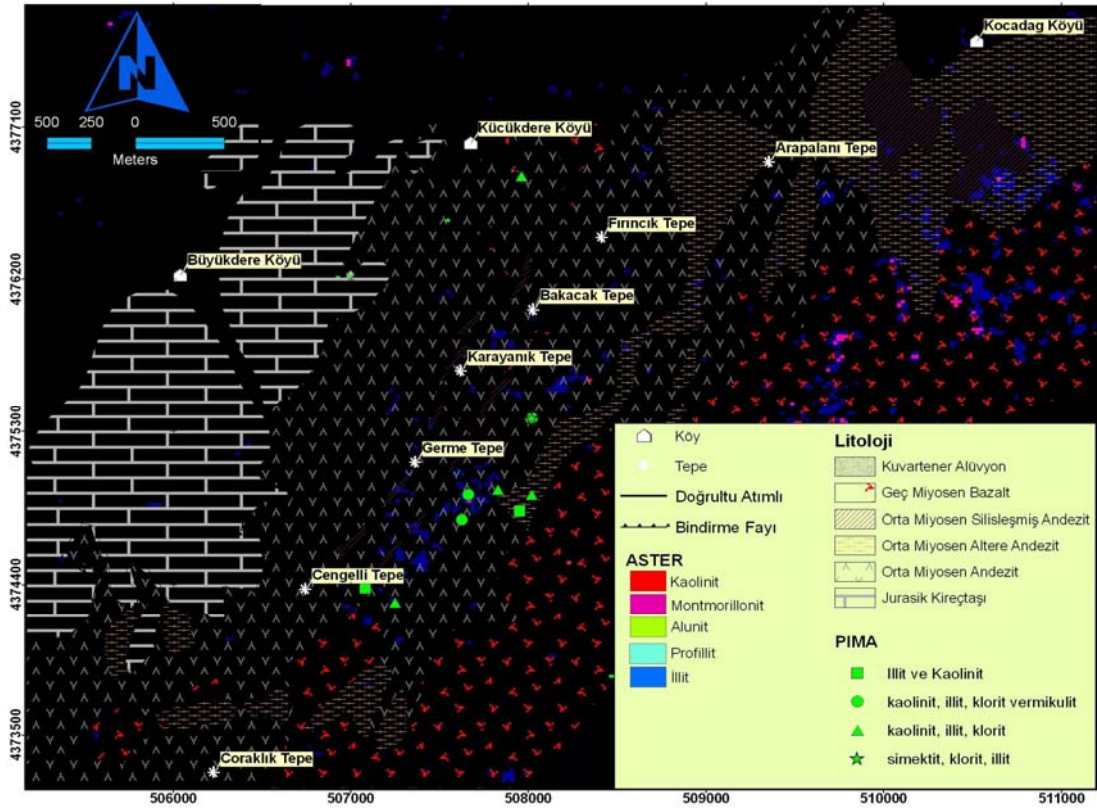
Küçükdere çalışma alanı içerisinde ise demir oksitli kısımlar Küçükdere köyü ve Büyükdere köyü arasındaki kireçtaşı bindirme zonu boyunca görülmüştür.

Bant oranlamasının çalışma alanları içerisindeki LANDSAT görüntüleri ile saptanan alterasyonlu alanları göstermemesi nedeniyle bu yöntemin pek uygulanır olduğu söylenemez. King, (2003)'de bazı uygulamalarda başarılı olduğu belirtilen (Rouskov ve diğ., 2005) bant oranlaması yönteminin Batı Anadolu'daki alterasyonlu alanların belirlenmesi için uygulanamayacağını belirtmiştir. Crowley ve diğ., (1989)'un belirttiği Göreceli Absorbsiyon Bant Derinliği (RBD) ile çalışma alanları içerisinde bant oranlaması ile saptanamayan alanlar incelenmiştir. Bu teknik için her bir mineral kendisine ait bir formül ile tespit edilir (Tablo 3.18).

KYM kanallarına uygulanan kaolinit, alunit ve illit formül algoritmaları Küçükdere çalışma sahası içerisinde uygulanmıştır. Kaolinit, alunit ve illit için belirli bantlar (Tablo 3.18) birbirleriyle oranlanmıştır. Elde edilen yeni görüntünün istatistiksel hesaplamaları yapılmıştır. Kaolinit, alunit ve illit için eşik değerleri ortalama değerlerine iki standart sapmanın eklenmesi sonucunda bulunur (Tablo 3.21). Eşik değerleriyle birlikte uygulanan işlemler sonucunda çalışma sahası içerisinde illit başta olmak üzere kaolinit, smektit (montmorillonit) anomalileri elde edilir (Şekil 3.51).

Tablo 3.21 Kaolinit, alunit ve illit RBD bant oranlamaları ile elde edilen ASTER görüntüsünün istatistikî değerleri ve eşik değeri

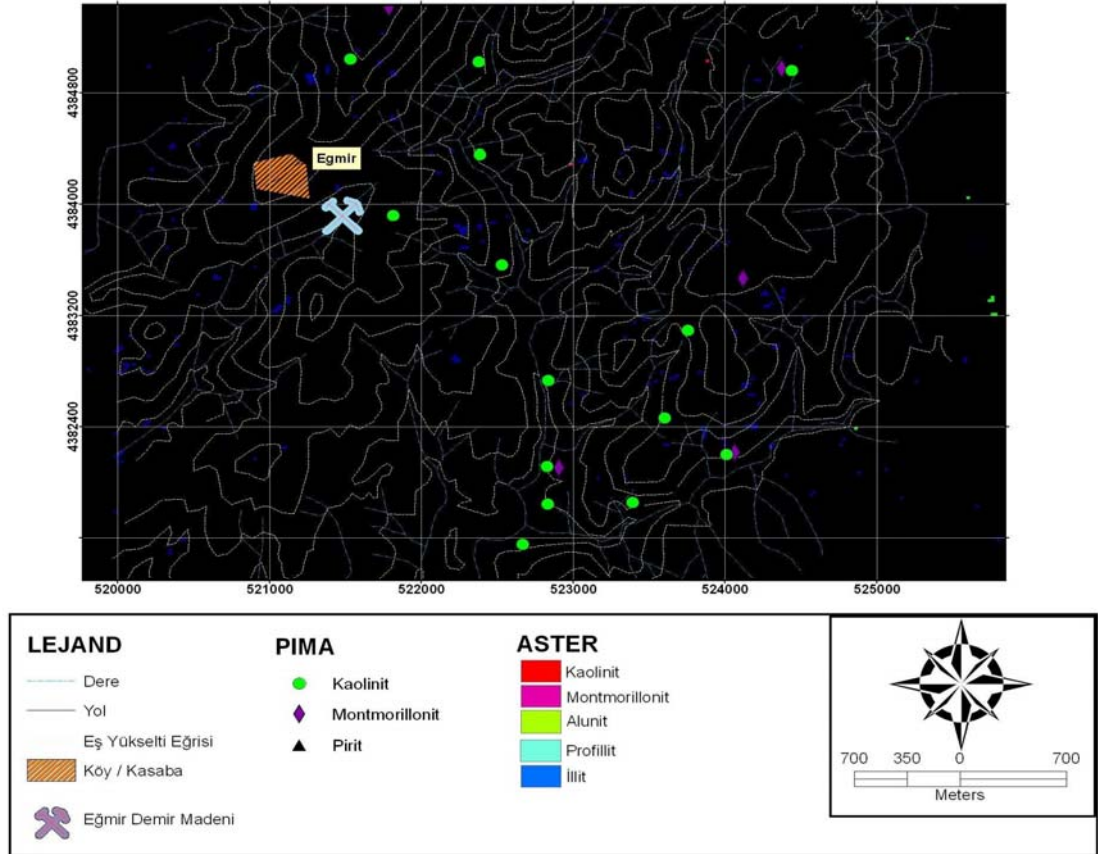
	Kaolinit	Alunit	İllit
Boş Hücreler	7259362	7259362	7259362
Dolu Hücreler	8540793	8540793	8540793
Alan (Hektar)	341.631.720	341.631.720	341.631.720
Alan (Dönüm)	844.190.428	844.190.428	844.190.428
Minimum	1,282	1,049	1,532
Maksimum	3,394	3,195	3,405
Ortalama	2,227	1,900	2,110
Medyan	2,181	1,929	2,095
Standart Sapma	0,193	0,111	0,112
Eşik Değeri	2,61	2,12	2,33



Şekil 3.51 Küçükdere çalışma sahası içerisinde RBD metodu kullanılarak KYM kanallarında oluşturulan ASTER kaolinit-alunit-illit görüntüsü

Küçükdere çalışma sahası içerisinde damarlar çevresinde yaklaşık KD doğrultulu illit anomalileri saptanmıştır. İllitin yanı sıra kırmızı tonlarında kaolinit ve pembe tonlarında montmorillonit mineralleri belirlenmiştir. Karayanık ve Bakacak tepe arasında kaolinit anomalileri yoğunlaşmaktadır. Araziden alınmış kil örnekleri ile ASTER görüntüleri büyük ölçüde benzerlik sunar. Çalışma alanı içerisinde herhangi bir alunit anomalisi (yeşil renkte) veya profillit anomalisine (cyan) rastlanılmamıştır. Kuzey doğu kanadındaki bazalt ile volkanikler arasında da kaolinitçe baskın (kaolinit – illit – montmorillonit) anomaliler de mevcuttur.

Aynı görüntü Şapdağ çalışma alanı üzerinde uygulandığında da Küçükdere çalışma alanında olduğu gibi illitin baskın kil minerali olduğu gözlenir. Nadiren kaolinit ve montmorillonit mevcuttur. Bununla birlikte hiçbir alunit anomalisi elde edilmemiştir (Şekil 3.52).



Şekil 3.52 Şapdağ çalışma sahası içerisinde RBD metodu kullanılarak KYM kanallarında oluşturulan kaolinit-alunit-illit görüntüsü

Çalışma alanından alınan kil örneklerinden -bir örnek dışında; Tablo 3.15- genellikle illit sonuçları elde edilmemiş olmasına rağmen ASTER görüntülerinde elde edilen mineral yansımalarında illit anomalileri saptanmıştır. Saptanan illit anomalileri montmorillonitleri de kapsıyor olabilir çünkü illit ile montmorillonit mineralleri birbirlerine benzer yansıma ve absorpsiyon özellikleri gösterir. Çalışma alanından alınan kil örneklerindeki montmorillonit sonuçları da bu yargıyı doğrular. ASTER görüntülerinde gözlenen kil anomalileri, demiroksit anomalileri ile birleştirildiğinde Şapdağ bölgesi potansiyel bir inceleme alanı haline gelmektedir.

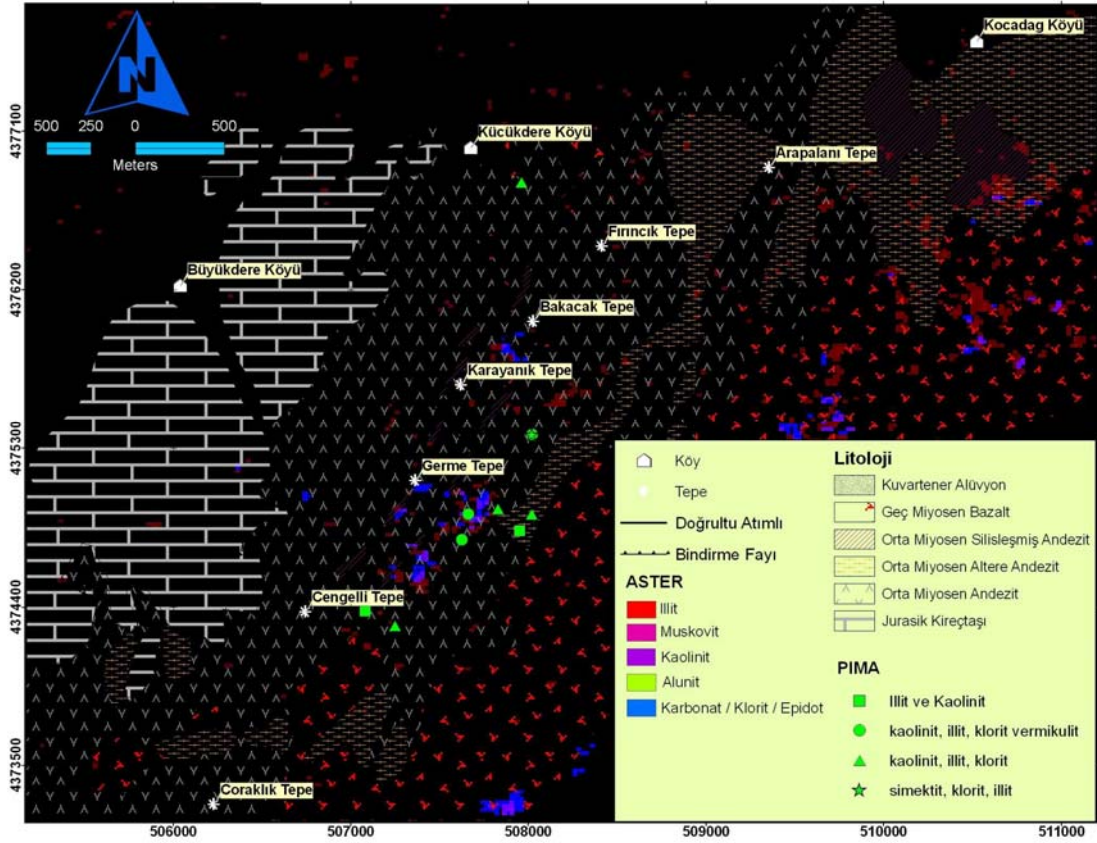
Kaolinit, alunit ve illit mineralleri yanı sıra, RBD yöntemi ile illit/muskovit, alunit/kaolinit ve karbonat görüntüleri de elde edilebilir (Tablo 3.20). Aynı bölgeler için KYM kanallarına bu mineraller yansıtılarak ASTER görüntüleri elde edilir. Hesaplanan istatistiksel değerler üzerinde ortalamaya iki standart sapma değeri

eklenerek eşik değerleri hesaplanır (Tablo 3.22). Her bir hesaplanmış eşik değerleri ASTER görüntüsünde minerallere uygulanarak mineral haritası elde edilir.

Tablo 3.22 Illit/muskovit, alunit/kaolinit ve karbonat RBD bant oranlamaları ile elde edilen ASTER görüntüsünün istatistikî değerleri ve eşik değeri

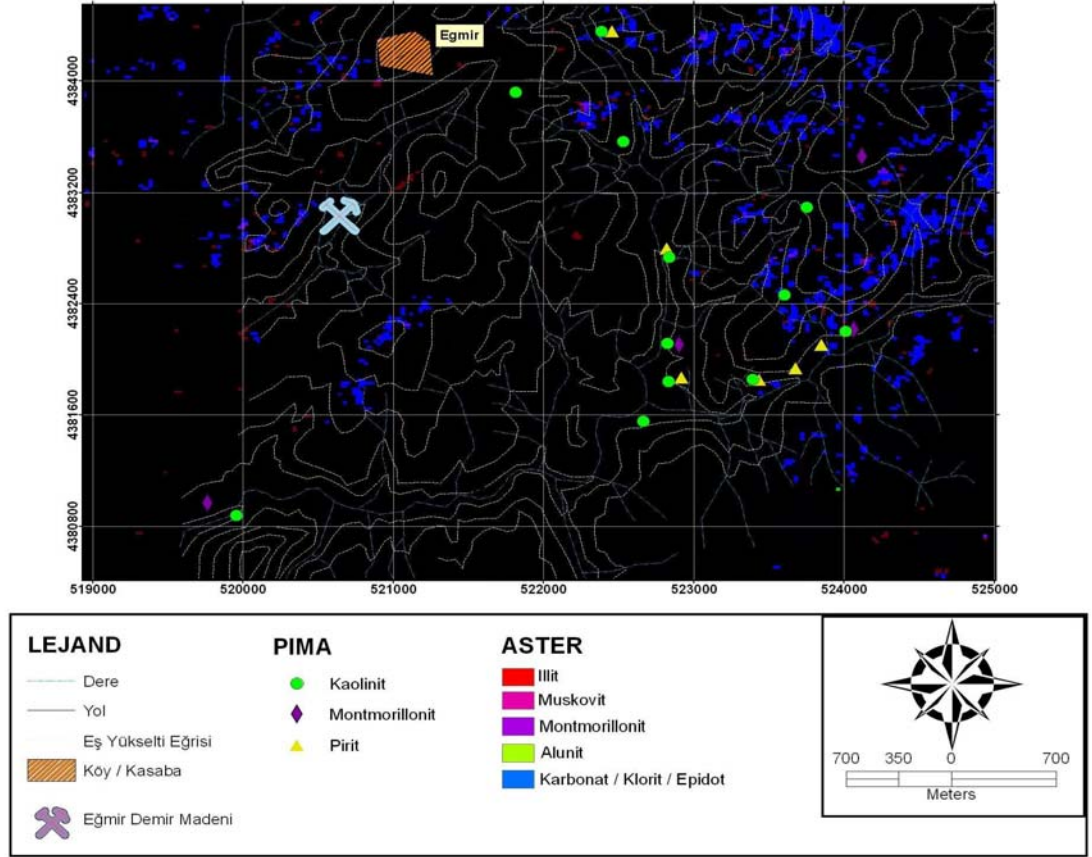
	Illit/Muskovit	Alunit/Kaolinit	Karbonat
Boş Hücreler	7259362	7206273	7218283
Dolu Hücreler	8540793	8593882	8581872
Alan (Hektar)	341631,72	343755,28	343274,88
Alan (Dönüm)	844190,43	849437,86	848250,77
Minimum	1,53	1,16	1,41
Maksimum	3,41	2,96	3,96
Ortalama	2,11	2,05	2,36
Medyan	2,10	2,03	2,31
Standart Sapma	0,11	0,16	0,24
Eşik Değeri	2,33	2,37	2,84

Küçükdere çalışma sahası içerisindeki damarlar çevresinde yaklaşık KD doğrultulu kırmızımsı kahverengi tonlarda illit anomalileri saptanmıştır (Şekil 3.53). İllit mineralinin yanı sıra magenta tonlarında kaolinit (?) ve mavi renklere ise karbonat anomalileri elde edilmiştir. Alunit ile ilgili herhangi bir ize rastlanılmamıştır. Şüpheli durumda bulunan kaolinit anomalileri üzerinde spektral incelemeler yapılmıştır. Bu pikseller üzerinden alınan değerler USGS kaolinit örnekleri ile karşılaştırılmış ve Tablo 3.17'dekine benzer değerler elde edilmiştir. Yoğun karbonat bulunmasının sebebi olarak (9+7) / 8 bant oranlamalarının karbonat minerallerinin yanı sıra klorit ve epidot minerallerini de gösteriyor olmasından kaynaklanır. Küçükdere çevresinden alınan kil örneklerinde (Çolakoğlu, 2000) kaolinit ve illitin yanı sıra yoğun oranda kloritin varlığı da saptanmıştır. Güney kesimlerde yoğunlaşan mavi tonlarındaki bu anomaliler kloritin baskın olduğu (propilitik) alterasyon alanlarını işaret eder. Daha kuzey kesimlere doğru ilerledikçe Karayanık ve Bakacak tepe boyunca daha yoğun olarak illit ve kaolinit minerallerinin varlığı dikkati çekmektedir. Böylelikle daha kuzeylere doğru gidildikçe, çalışma sahası içerisindeki hidrotermal sistemin üst seviyelerde bulunduğu düşünülebilir.



Şekil 3.53 Küçükdere çalışma sahası içerisinde RBD metodu kullanılarak KYM kanallarında oluşturulan illit/muskovit, alünit/kaolinit ve karbonat görüntüsü

Aynı görüntü Şapdağ çalışma alanı üzerinde uygulandığında da Küçükdere çalışma alanında olduğu gibi illit ve karbonat grubunun baskın kil mineralleri olduğu gözlenir (Şekil 3.54). Yoğun mavi tonların sebebi, çalışma alanını oluşturan volkanik kayaların yoğun amfibol ve ayrışma ürünü olan kloritçe zengin olmasıdır. Özellikle anomaliler çalışma alanının kuzey ve kuzeydoğu kesimlerinde yoğunlaşma sunar. İllit grubu anomalileri özellikle montmorillonitçe baskındır (bir önceki RBD metodu ile birlikte düşünüldüğünde) ve magenta tonlarında görülmektedir. Şapdağ çalışma alanı içerisinde de herhangi bir alünit anomalisine rastlanılmamıştır. Eğmir demir madeni güneybatısında da kısmi illit grubu mineral anomalileri mevcuttur. Eğmir demir madeni çevresinde herhangi bir kil anomalisi elde edilememiştir. ASTER görüntüsünden alınan iki anomali değerleri USGS spektra yansıma tablosu üzerine düşürülerek elde edilen anomali değerlerinin hangi minerallerden oluştuğu anlaşılır (Şekil 3.55).

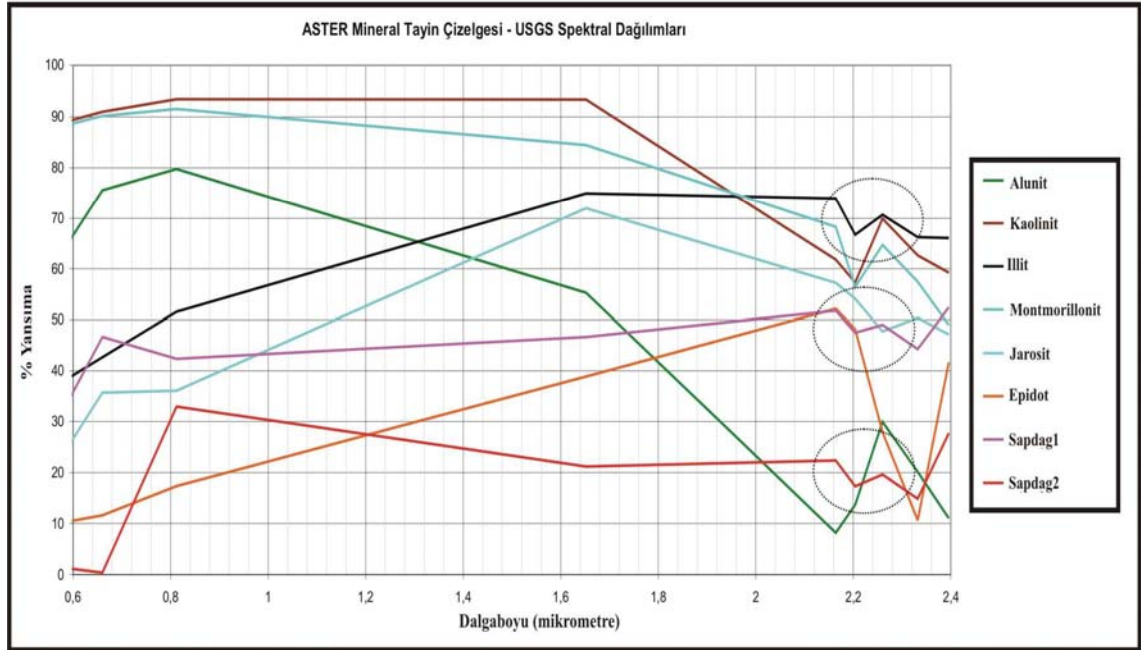


Şekil 3.54 Şapdağ çalışma sahası içerisinde RBD metodu kullanılarak KYM kanallarında oluşturulan illit/muskovit, alünit/kaolinit ve karbonat görüntüsü

ASTER görüntüleri üzerinde anomali alanları olarak belirlenen noktalarda her bir bant için hücre değerleri (X) saptanır. Her hücre değerinden ASTER bant minimum değerleri (Y) çıkartılarak, 255'e bölünür. Yüzde yansımaya değerinin bulunması için 100 ile çarpılır.

$$\% \text{ Yansımaya} = [(X - Y) \times 255] / 100$$

Kırmızımsı kahverengi tonlarında görülen alanlardan alınan hücre değerleri (Şapdağ-1) ile USGS illit spektral dağılımı ile benzerlik gösterir. Böylece bu alanlarda illit mineralinin varlığı doğrulanmaktadır. Magenta tonlarında gözlenen ve kaolinit veya montmorillonit olduğu varsayılan alanlardan da alınan değerler sonucunda (Şapdağ-2) bu tonlarda gözlenen anomalilerin daha baskın olarak montmorillonitle benzerlik gösterdiği anlaşılmıştır. Araziden alınan örneklerdeki montmorillonitin varlığı da ASTER analizlerini doğrular.



Şekil 3.55 Şapdağ çalışma alanı içerisinde alınan hücre değerleri ile oluşturulan mineral yansıtma değerlerinin USGS yansıtma değerleri ile karşılaştırılması, yuvarlak içine alınmış alanlarda illit ile Sapdağ-1 örneği ve montmorillonit ile Şapdağ-2 örneklerinin benzer eğimler gösterdikleri belirtilmektedir

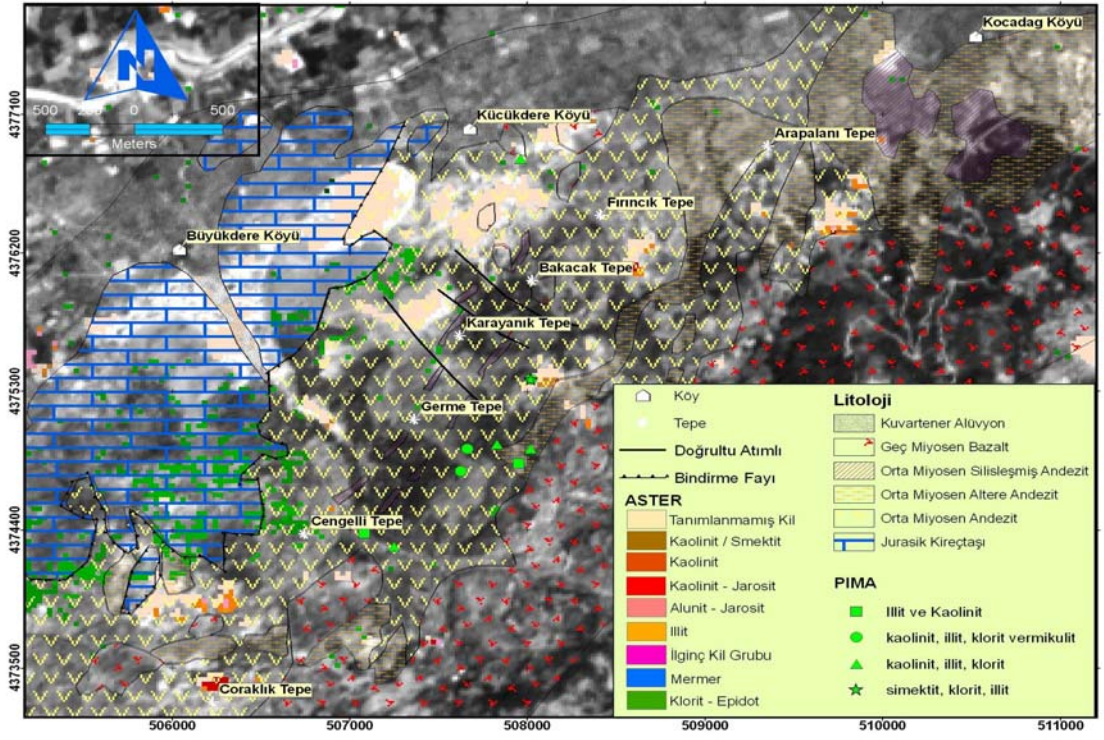
Spektral yansımalarındaki illit veya montmorillonit ile anomali örneklerinin tam olarak birbirlerine benzememesi birçok nedenden dolayı oluşur. Kil mineralinin kimyasal içeriği, iklim koşulları ve jeolojik oluşum ortamı nedeniyle farklılıkların olması olağandır.

Bant oranlanması ve RBD metodunun yanı sıra ASTER görüntülerini oluşturan alterasyon mineralleri mavi rengin düşük olasılıkta ve kırmızı rengin ise yüksek olasılığa sahip olduğu bir sıcaklık ölçeğinde de sunulabilir. KYM kanallarının dışında sınıflandırma (classification) kullanılarak oluşturulan ASTER görüntülerinde önemli alterasyon minerallerini bir bütün olarak gösterebilir. Bu görüntülerin daha sonra eşik değerleri hesaplanır ve alterasyon haritası ile birleştirilerek zayıf kil alterasyonu, serizitik, arjilik, propilitik ve karbonat / mermer alanları saptanır. ASTER görüntülerinin oluşturulması sırasında silika ve demiroksit ile bütünlük sunan alterasyon anomalileri, anomalilerin yapısal ve litolojik oluşumu ve jeomorfolojik koşulları içeren piksel yansımaları temel alınmıştır (Goossens, 2005).

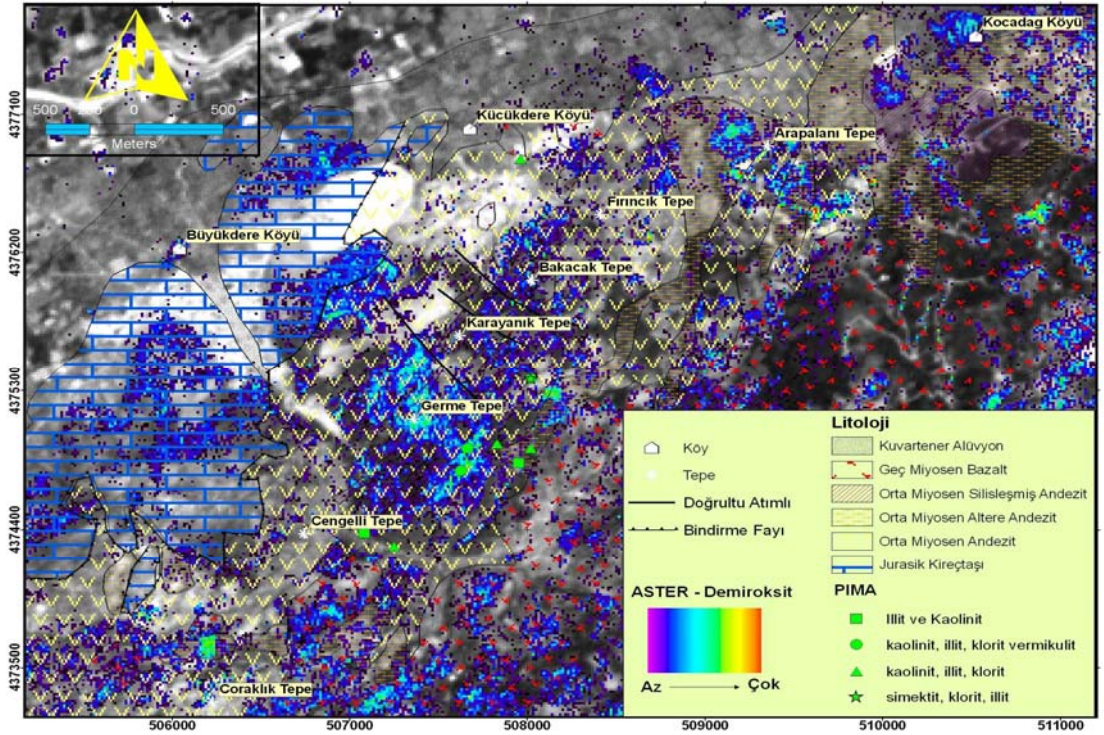
Alterasyon mineralleri yanı sıra demir oksit ve silika/kuvars içeriklerine sahip ASTER görüntüleri de elde edilmiştir. Tüm görüntüler Küçükdere, Şapdağ ve Ergama çalışma alanlarını kapsamaktadır.

Küçükdere çalışma alanı içerisinde uygulanan ASTER analizleri sonucunda RBD metoduyla elde edilen verilere benzer mineral anomalileri elde edilmiştir (Şekil 3.56). Karayanık tepe ile Fırincık tepe arasında kaolinit / smektit ve kaolinit / jarosit minerallerinin yanı sıra illit mineraline de rastlanmıştır. Arapalanı tepe güneyinde de benzer anomaliler vardır. Damarlar çevresinde herhangi bir anomali elde edilememiştir. Çoraklık tepe ve kuzey kesimlerinde kaolinit / jarosit yoğunlukta illit ve kaolinit anomalileri mevcuttur. Tüm kil mineralleri incelendiğinde bölgede genel olarak arjilik alterasyonun baskın olduğu anlaşılır. Kireçtaşı dokanağına yakın kısımlarda epidot / klorit (propilitik alterasyonca zengin) anomalileri mevcutken açık pembe – kremi tonlarda tanımlanamamış kil anomalileri elde edilmiştir. Bu alanlarda genellikle demir oksitçe zengin ayrışma ürünleri bulunduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte çalışma alanının kuzeybatı kesiminde yer alan mermer alanlarının ASTER görüntüsünde tayin edilmemiş olması da dikkat çekicidir.

ASTER görüntülerinde çalışma alanını kapsayan demir oksit anomalileri de saptanmıştır (Şekil 3.57). Genel olarak çalışma alanı içerisinde demir oksit oranı düşüktür. Bakacak tepe ile Fırincık tepe arasında orta derecede demir oksit anomalileri mevcutken, Arapalanı tepe güneyinde ise küçük bir alanda yüksek anomaliler mevcuttur. Demiroksit görüntüleri, tek olarak incelendiğinde cevherli alanların saptanmasında pek başarılı olamaz, alterasyon haritaları ile birleştirilerek anomali alanları belirlenmelidir.

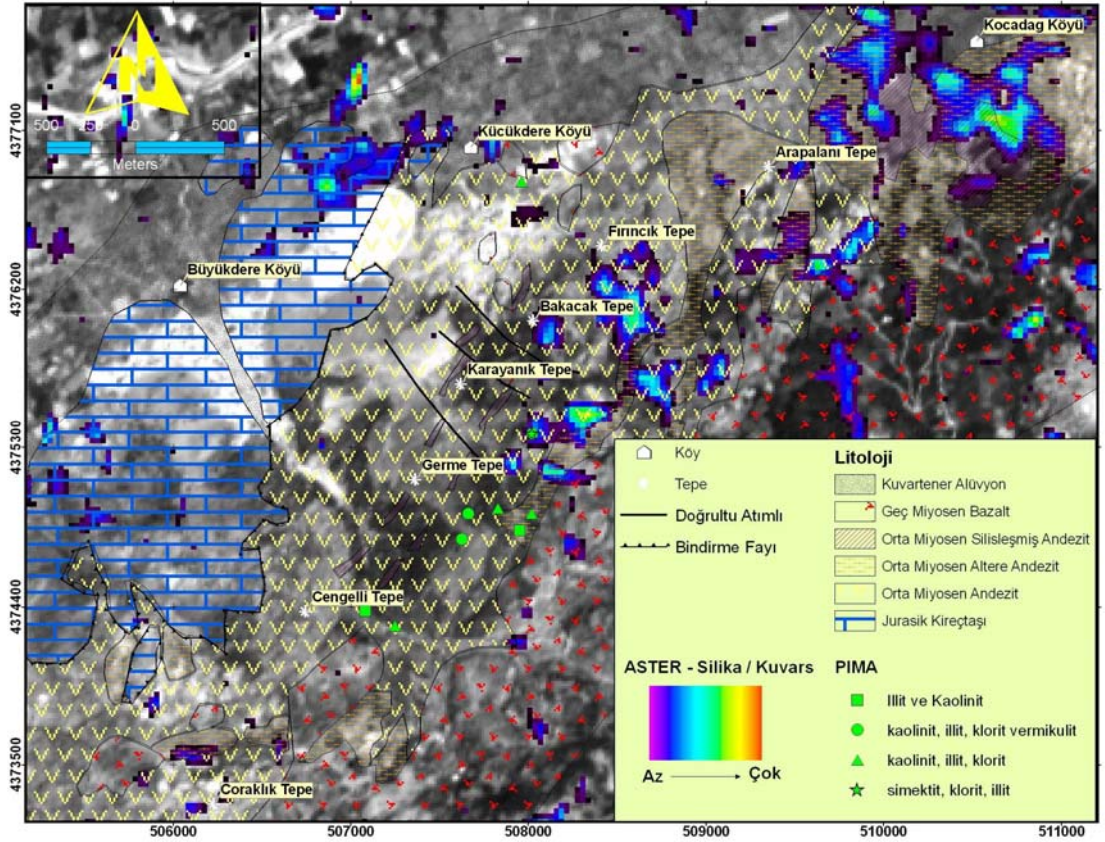


Şekil 3.56 Küçükdere çalışma sahası içerisinde sınıflandırma yöntemi ile belirlenen ASTER kil alterasyon yayılımı



Şekil 3.57 Küçükdere çalışma sahası içerisinde sınıflandırma yöntemi ile belirlenen ASTER demiroksit yayılımı

Alterasyon ve demir oksit anomalilerinin yanı sıra düşük ve yüksek sülfidasyonlu epitermal sistemlerin karakteristik cevher içerikli yapıları olan kuvars damarları veya silisli zonlar silika / kuvars ASTER görüntüleri ile saptanabilmektedir (Şekil 3.58). Elde edilen silika / kuvars ASTER görüntülerinde Germe tepe ile Fırıncık tepe arasında yoğun silis anomalileri saptanmıştır. Bu anomalilerin kuvars damarlarına yakın alanları işaret ettiği de dikkati çekmektedir. Böylelikle elde edilen görüntülerin kayaç türlerine bağlı olarak saptandığı anlaşılmıştır. Çalışma alanının KD kesiminde silisli yapılar boyunca benzer yoğun anomaliler elde edilmiştir. Bu bölümdeki anomalilerin geniş alanlarda yayılım gösterdiği de gözlenmektedir. Bazaltik kayaçların bulunduğu alanlarda bile bazı silis anomalileri saptanmıştır. Buradaki anomalilerin hidrotermal kökenli olmadıkları sadece kayacın mineralojik özelliklerinden kaynaklandığı kabul edilmektedir. Kuzey kesimde alüvyon içerisinde yeralan silika anomalileri ise yanlış anomali (false anomaly) alanlarını işaret etmektedir.

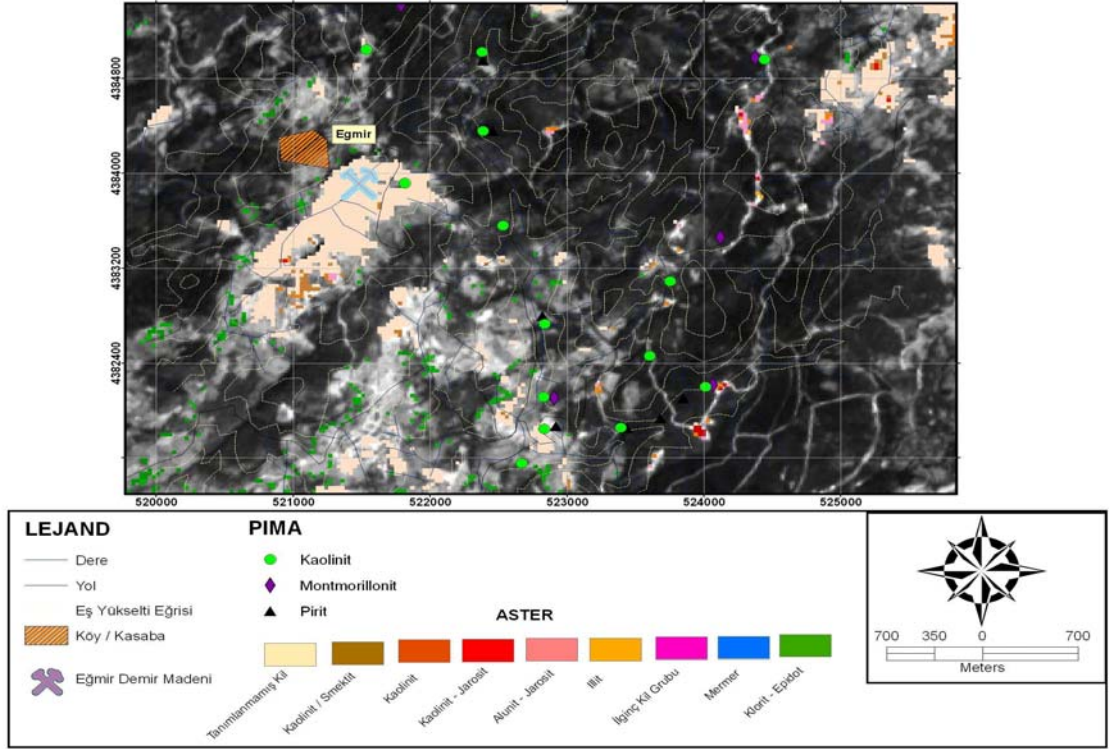


Şekil 3.58 Küçükdere çalışma sahası içerisinde sınıflandırma yöntemi ile belirlenen ASTER silika / kuvars yayılımı

Küçükdere çalışma alanı içerisinde yer alan düşük sülfidasyonlu epitermal sistem kapsamındaki alterasyonlu alanlar ve kuvars damarları sınıflandırma yöntemine dayalı ASTER görüntüleri ile rahatlıkla ve yaklaşık olarak tespit edilmiştir. Düşük sülfidasyonlu alanlardaki dar kapsamlı alterasyonlu alanların arazi gözlemleriyle saptanması kolay değildir. Böylelikle ASTER görüntüleriyle elde edilen anomaliler ile bu tür epitermal sistemler kolaylıkla saptanabilir.

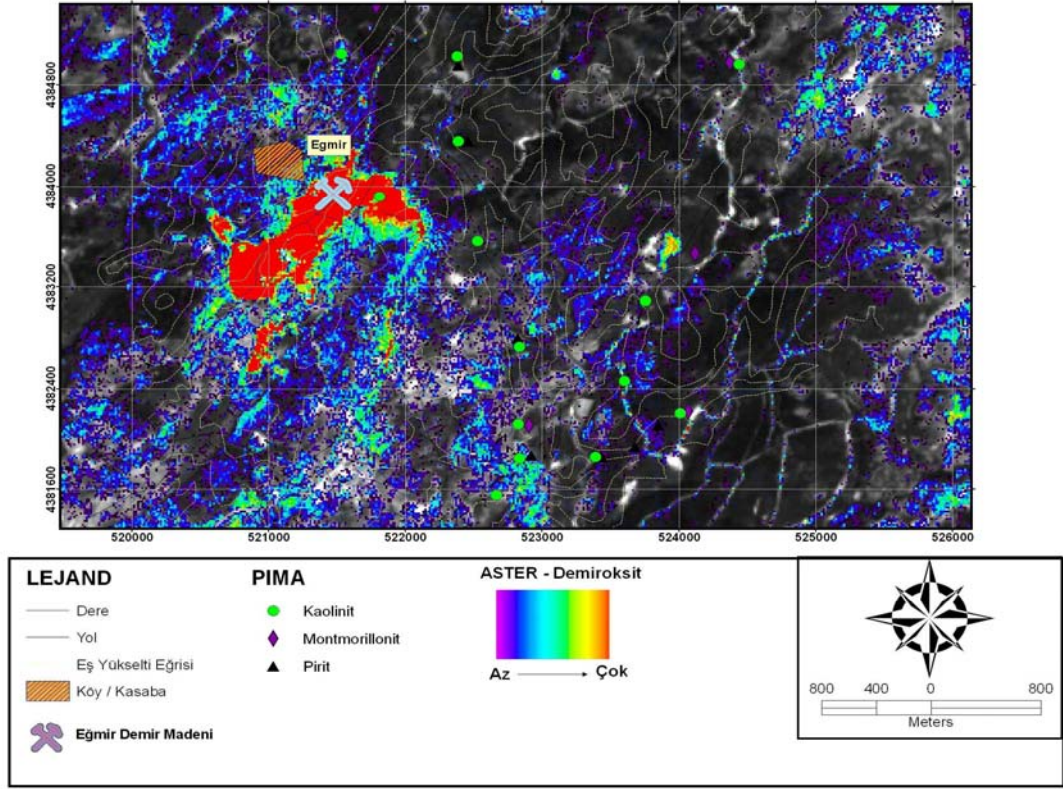
Şapdağ çalışma alanı içerisinde sınıflandırma yöntemi (supervised) ile elde edilen ASTER kil analiz görüntüleri oluşturulmuştur (Şekil 3.59). Eğmir güneyi boyunca kaolinit / smektit, kaolinit / jarosit, alünit/jarosit (?) ve illit anomalileri elde edilmiştir. Bununla birlikte pembemsi-krem renginde tanımlanmamış kil anomalileri mevcuttur. Bu alanlar genellikle demiroksitçe zengin ayrışma ürünü kayaçlarını kapsamaktadır, özellikle bu alanların Eğmir demir madeni içerisinde bulunuyor olması da bu düşünceyi doğrulamaktadır. Şapdağ çalışma alanının güney doğu kesiminde sadece yol yarmaları boyunca saptanan kil anomalileri içerisinde genellikle arjilik alterasyonu belirten kaolinit / smektit ve illit mineralleri yer almaktadır. Kuzeydoğu kesimler boyunca illit ve kaolinitin yanı sıra pembe renklerde alünit ve jarosit anomalileri de saptanmıştır. Alunitin bulunduğu kısımlar Şapdağ çalışma alanı içerisindeki ileri arjilik alterasyonlu alanları işaret etmektedir.

İleri arjilik alterasyon zonunu saran pembemsi-krem renkli demiroksitçe zengin ayrışmış kısımlar da mevcuttur. Çalışma sahası boyunca güneybatı ve batı kısımlar boyunca koyu yeşil renklerde klorit ve epidot anomalileri de elde edilmiştir. RBD metodu ile aynı alan içerisinde saptanan volkanik kökenli klorit-amfibol anomalileri ile bu anomaliler benzerlik sunmaktadır. Araziden alınan PIMA örneklemeleri ile ASTER kil analiz sonuçları birbirlerini doğrulamaktadır.



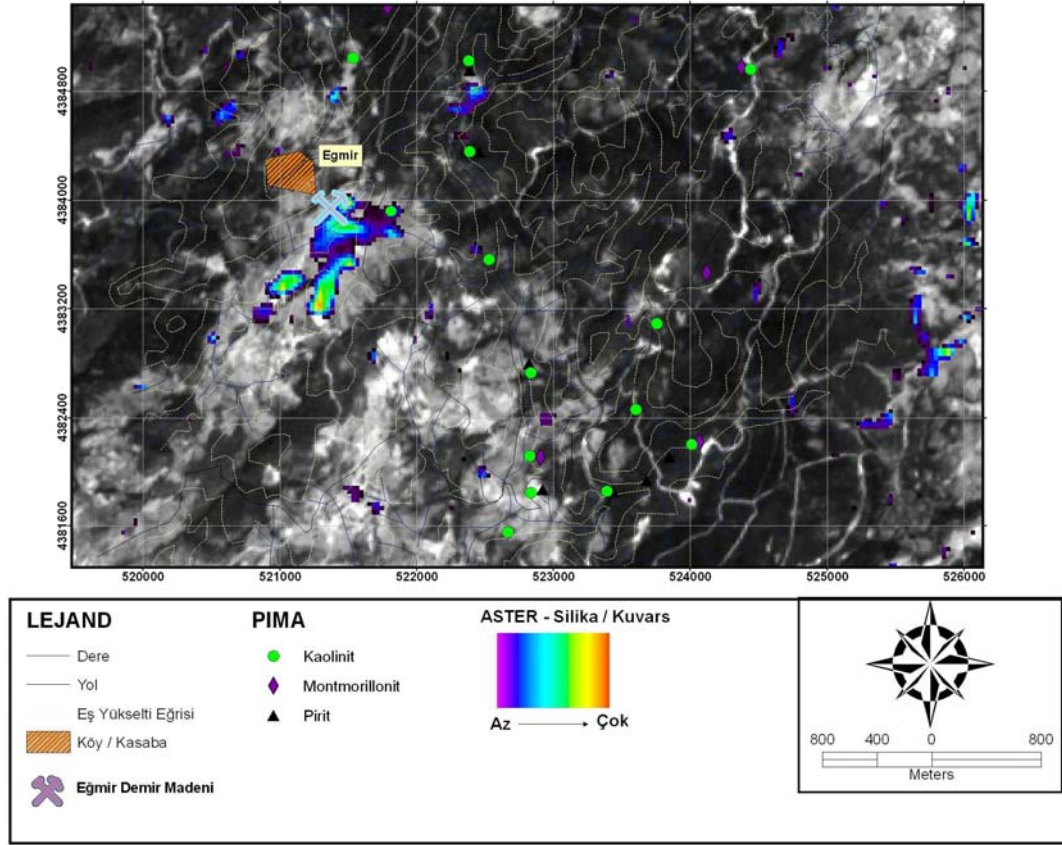
Şekil 3.59 Şapdağ çalışma sahası içerisinde sınıflandırma yöntemi ile belirlenen ASTER kil alterasyon yayılımı

ASTER görüntülerinde çalışma alanını kapsayan demir oksit anomalileri de saptanmıştır (Şekil 3.60). Çalışma alanı genel olarak B-GB ile KD-GD kısımlarında demir oksit anomalilerine sahiptir. ASTER kil görüntülerinde pembemsi-krem tonlarında gözlenen alanlar demir oksit görüntülerde yoğun kırmızı tonlarında görülmektedir. Eğmir madeni çevresinde KD doğrultuya sahip bir demir oksit anomalisi mevcuttur. Eğmir demir madeni ASTER görüntüleriyle kolaylıkla saptanabilmektedir. Bu durum ASTER kullanımının Batı Anadolu'daki birçok demir yatağının saptanmasında faydalı olacağını gösterir.



Şekil 3.60 Şapdağ çalışma sahası içerisinde sınıflandırma yöntemi ile belirlenen ASTER demir oksit yayılımı

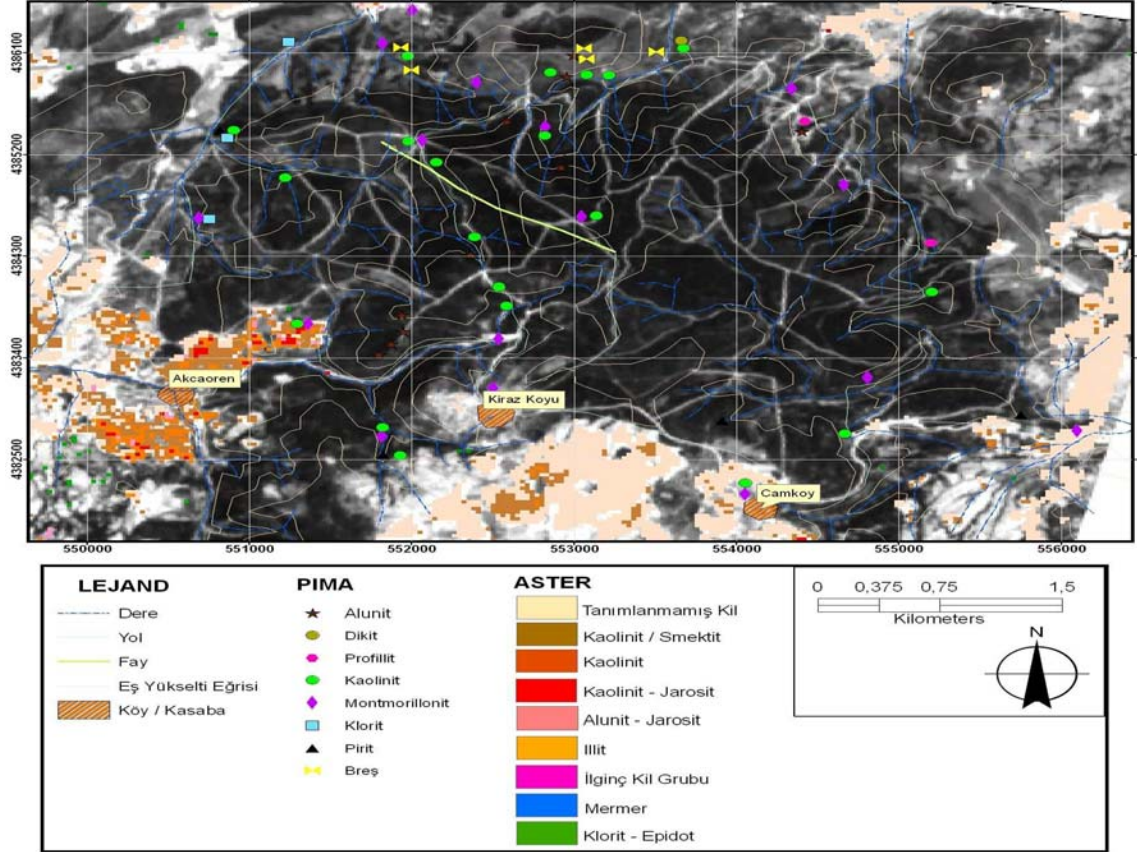
Alterasyon ve demir oksit anomalilerinin yanı sıra düşük ve yüksek sülfidasyonlu epitermal sistemlerin karakteristik cevher içerikli yapıları olan kuvars damarları veya silisli zonlar silika / kuvars ASTER görüntüleri ile saptanabilmektedir (Şekil 3.61). Şapdağ çalışma alanının içerisinde genel silika içeriği düşüktür. Sadece Egmir madeninin güney kesimlerinde küçük ölçekli kuzeydoğu doğrultulu bir anomali elde edilmiştir. Bununla birlikte çalışma sahasının doğu sınırı boyunca küçük ölçekli anomaliler elde edilmiştir. Çalışma alanının genel olarak bitki örtüsü ile sarılmış olması nedeniyle silika / kuvars anomalileri bazı alanlarda anomaliler sunmaktadır.



Şekil 3.61 Şapdağ çalışma sahası içerisinde sınıflandırma yöntemi ile belirlenen ASTER silika / kuvars yayılımı

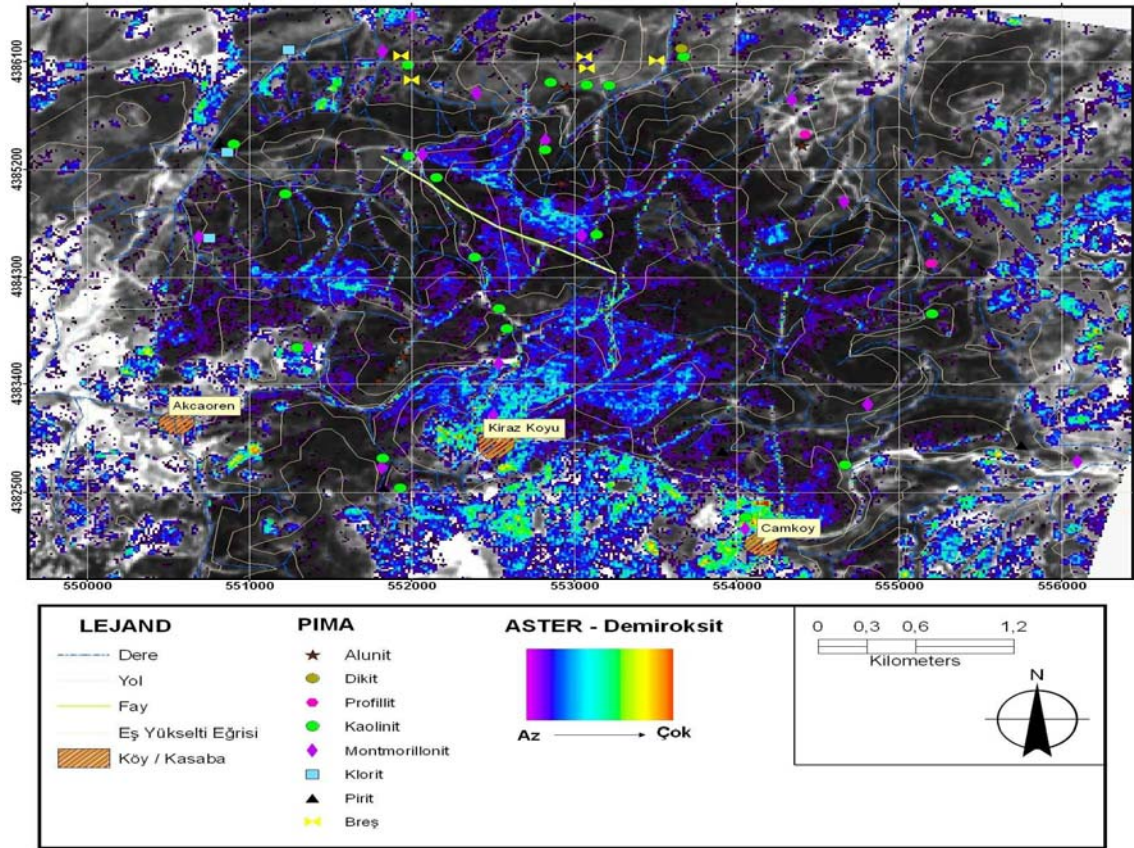
Son olarak Ergama çalışma sahası içerisinde ASTER kil, demiroksit ve silika / kuvars görüntüleri incelenmiştir. Ergama çalışma sahasında en önemli anomaliler Akçaören köyü ve civarında görülür (Şekil 3.62). Baskın olarak kaolinit / smektit ana kil minerallerini oluştururken, kaolinit / jarosit ve kaolinit / illit mineralleri de bu alan içerisinde bulunmaktadır. Pembe tonlarında ve diğer killerden farklı olan bir kil minerali de arjilik alterasyon içerisinde saçınımlar halinde bulunmaktadır. Bu anomaliler için genel olarak diğer killer adı verilmiştir. Demir oksitli ayrışma ürünlerini belirten pembemsi-krem renkli anomaliler Akçaören köyünün batı-kuzeybatısı boyunca yayılım gösterir. Kiraz köyü güneyinde ise yoğun olarak pembemsi-krem renkli ayrışma ürünü kayaçlar yer alır. Kaolinit ve smektiti kapsayan arjilik alterasyon mineralleri baskın kil minerallerini oluşturur. Benzer olarak Kiraz köyü'nün güneydoğusundaki Çamköy civarında ve doğusunda da benzer anomaliler elde edilmiştir.

Ergama sahasının merkezindeki yoğun bitki örtüsü nedeniyle herhangi bir kil anomalisi saptanmamıştır. Bitki örtüsünün seyrekleştiği kuzey kesimlerde ise yeşil renkte klorit / epidot ve kaolinit anomalileri elde edilmiştir. Genel olarak ayrışma ürünü kayaçların oluşturduğu pembemsi-krem renkler mevcuttur.



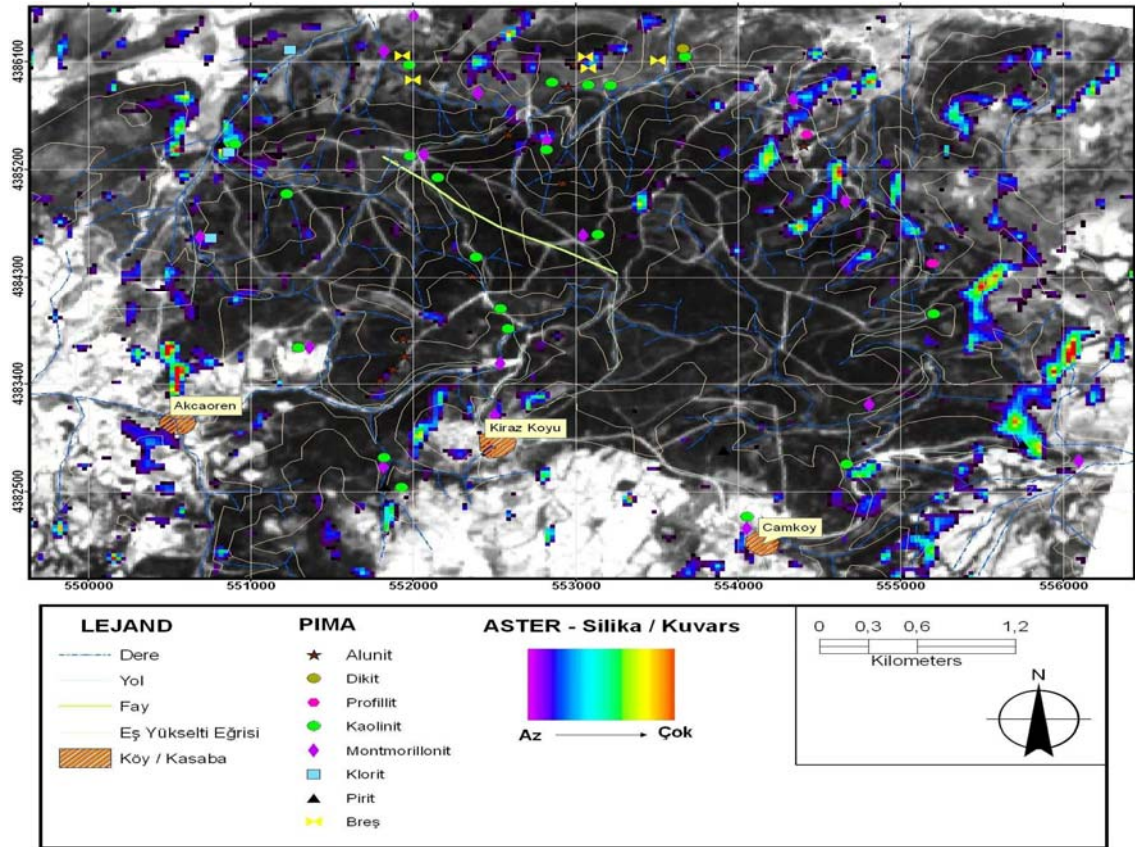
Şekil 3.62 Ergama çalışma sahası içerisinde sınıflandırma yöntemi ile belirlenen ASTER kil alterasyon yayılımı

ASTER görüntülerinde çalışma alanını kapsayan demir oksit anomalileri de saptanmıştır (Şekil 3.63). Genel olarak çalışma alanı demir oksit bakımından çok zengindir. Özellikle bitki örtüsüne seyrek alanlarda, güney kesimde ve doğu kesimlere doğru önemli demir oksit anomalileri mevcuttur. Çalışma sahasının merkezi boyunca fay zonunda demir oksit anomalileri belirginleşmektedir. Çamköy civarında da kırmızı tonlarda demir oksitlerin en bol bulunduğu alanlar belirtilmektedir. Kil anomalilerinde saptanan pembemsi-krem renklerdeki alanlarla demir oksitli alanların birlikte bulunduğu dikkati çekmektedir.



Şekil 3.63 Ergama çalışma sahası içerisinde sınıflandırma yöntemi ile belirlenen ASTER demir oksit yayılımı

Ergama çalışma sahası içerisinde incelenen ASTER silika / kuvars görüntülerinde bitki örtüsü nedeniyle az oranda silika / kuvars anomalileri elde edilmiştir (Şekil 3.64). Akçaören köyü kuzey kesimlerinde kırmızı tonlarda küçük bir alanda saptanan silika / kuvars anomalileri yanı sıra çalışma sahasının doğu kesimlerinde KB uzanımına sahip anomaliler de vardır. Bitki örtüsünün seyrek olduğu alanlarda elde edilen silika anomalileri merkezde bitki örtüsü ile çevrelenmiş olan alanların büyük olasılıkla bulunabileceğini de işaret eder. Saptanan kuvars anomalileri boyunca, PIMA örneklerinde saptanan profilit, alunit ve dikit gibi yüksek sülfidasyon sisteminin merkezini belirten minerallerin varlığı da ASTER görüntülerinin oldukça başarılı olduğunu gösterir. Çalışma alanının batı kesimleri boyunca küçük ölçekli anomalilerde saptanmıştır. Bu alanlarda kaolinit ve klorit mineralleri PIMA analiz sonuçlarında elde edilmiştir. Propilitik alterasyonun batı kısımlar boyunca yoğunlaştığı fakat bu alanlar içerisinde küçük ölçekli silisli yapıların bulunduğu da arazi çalışmaları sırasında gözlemlenmiştir.



Şekil 3.64 Ergama çalışma sahası içerisinde sınıflandırma yöntemi ile belirlenen ASTER silika / kuvars yayılımı

BÖLÜM DÖRT

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

4.1 Giriş

Batı Anadolu'da altın ve diğer kıymetli cevherleri kapsayan maden yataklarının araştırılması günümüzde LANDSAT ve ASTER görüntü tayinleri ile yapılmaktadır. LANDSAT görüntüleri ile çalışma alanı içerisindeki alterasyonlu alanların genel yayılımı belirlenirken, ASTER görüntüleri ile alterasyonlu alanların genel mineral bileşenleri tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında bilinen sahalar üzerinde uygulanan LANDSAT TM ve ETM+ görüntüleri ile alterasyonlu alanların belirlenebilmesi için üç farklı metot kullanılmıştır. Renkli bileşenler, bant oranlamaları, temel bileşenler analizi ve Crosta yöntemi ile alterasyonlu alanların genel yayılımları belirlenmiştir.

4.2 Alterasyon Haritalamasında Kullanılan Yöntemler

Genel olarak LANDSAT ve ASTER görüntülerinde kullanılan yöntemler farklı çalışma alanlarında farklı araştırmacılar tarafından uygulanmış ve başarılı sonuçlar elde etmişlerdir. Fakat bu tez kapsamında yer alan çalışma alanları üzerinde uygulanan tekniklerinin bir kısmı olumlu sonuçlar sağlamıştır.

Renkli bileşen görüntüleri genel alterasyon haritalamaları ve jeolojik unsurların tayininde hızlı ve doğru bir yöntemdir. Renkli bileşenler LANDSAT TM/ETM+ 432, 531, 731, 742 ve 751 bantlarının KYM kanallara uygulanması neticesinde elde edilmiştir. Ovacık çalışma sahası içerisinde renkli bileşenler LANDSAT TM (LANDSAT 5) ve LANDSAT ETM+ (LANDSAT 7) görüntüleri kullanılarak oluşturulmuş ve birbirleri ile kıyaslanmıştır. Böylelikle çalışma sahasında maden işletmesinin açılmadan önceki alterasyon dağılımı ile maden işletmesi sonrasındaki alterasyon dağılımları gözlemlenebilmiştir.

Ovacık çalışma sahasında, maden işletmesi öncesinde genel olarak bitki örtüsü bakımından zengin olan alanlarda alterasyon dağılımı belirgin olarak gözlenememiştir. Fakat LANDSAT ETM+ görüntülerinde maden yatağı ve çevresinde anomali alanları belirlenmiştir. Alterasyonun yanı sıra bölgeye ait yapısal unsurlarda net olarak saptanmıştır.

Ergama çalışma sahası da aynı renkli bileşenler kullanılarak LANDSAT TM görüntüleri üzerinde araştırılmıştır. Çalışma sahası merkez kesiminde geniş bir yayılım sunan bitki örtüsü nedeniyle belirgin bir alterasyon dağılımı elde edilememiştir. Fakat güney ve doğu kesimler boyunca seyrekleşen bitki örtüsü ile alterasyonlu alanlar kolaylıkla saptanmıştır.

İvrindi / Kınık çalışma sahası içerisinde de alterasyonlu alanlar renkli kompozit görüntülerde kolaylıkla belirlenebilmiştir. Fakat bu alterasyonlu alanlar içerisinde yer alan bazı tarımsal alanların bulunması nedeniyle bazı yalancı anomalilerin bulunduğu da görülmüştür. Bununla birlikte anomalilerin yakın bir kaynaktan taşınarak geldiği arazi çalışması sırasında gözlenmiştir.

Şapdağ çalışma sahası da Ergama sahasında olduğu gibi bitki örtüsü bakımından zengin bir alanda bulunduğu için alterasyon dağılımları renkli kompozit görüntülerinde net olarak elde edilememiştir. Ancak Eğmir demir madeni güney kesimlerinde ve dereler boyunca bitki örtüsünün seyrekleştiği veya taşınma sonucu yerleşmiş birkaç alterasyon anomalileri belirlenmiştir.

Bant oranlamaları da renkli kompozit görüntüler gibi mevcut alterasyon zonlarının genelinde başarılı sonuçlar vermiştir. LANDSAT TM bant oranlamaları 5/7, 3/2, 4/5 ve 5/7, 5/4, 3/1 bantlarının KYM kanallarına uygulanması ile oluşturulmuştur. Ovacık çalışma sahası içerisinde bant oranlanması ile belirlenen alterasyon alanları renkli kompozitlere göre daha başarılıdır. 5/7 bant oranlamalarının doğrudan kil anomalilerini yansıtması nedeniyle kırmızı ve tonlarında kil alterasyon alanları belirginleşmektedir. Fakat bitki örtüsü bakımından zengin bir alanda herhangi bir anomali elde edilmesi de beklenemez.

Ergama çalışma sahası içerisinde merkez kesimde bulunan yoğun bitki örtüsü nedeniyle bant oranlanması yöntemi de başarılı olamamıştır. Fakat bazı lokasyonlarda bitki örtüsünün seyrekleştiği alanlarda küçük anomaliler elde edilmiştir. İvrindi çalışma sahası içerisinde renkli kompozitler tarafından saptanan alanlar bant oranlanması ile daha belirgin olarak görülmüştür. Fakat tarımsal alanların oluşturduğu yanlış anomaliler elimine edilememiştir. Şapdağ çalışma alanı içerisinde demir madeni boyunca yoğun demir oksidin varlığı da belirlenmiştir. Demir oksitler killere oranla baskın olarak bu alanda mevcuttur. Daha doğuya gidildikçe özellikle dereler boyunca kil alterasyonlarının da varlığı görülebilmektedir.

Temel bileşenler analiz tekniği ile uygulanan Crosta yöntemi bilinen ve seyrek bitki örtüsüne sahip alterasyonlu alanlar üzerinde başarı ile uygulanmıştır. LANDSAT TM ve ETM+ görüntülerinde uygulanan metotlarla kil ve demir oksit mineralleri belirlenmiştir. Bazı alanlarda açık renkli pikseller dereler boyunca ve tarımsal alanlarda gözlenmiştir. Bunun nedeni olarak ayrılmış kil ve demir oksitli malzemenin taşınarak bu alanlarda birikmiş olmasından kaynaklanmaktadır. Bu alanların alterasyonlu alanları kapsamamasına rağmen, alterasyon materyallerine yakın bir kaynaktan oluştuğunu işaret etmektedir.

Crosta veya uygulanan diğer yöntemlerle elde edilen verilerde alterasyonlu alanların doğrulukları her zaman kesin olmayabilir. PC4 Crosta tekniği ile elde edilen H+F görüntüleri sayısallaştırılmış yükseklik modeli (DEM) olarak incelendiğinde çok daha üstün faydalar sağlayacaktır. Topoğrafik açıdan oluşum alanları görülebilen alterasyon alanlarının yerli veya taşınmış anomalilerden oluşup oluşamayacağı kolaylıkla belirlenecektir. Bununla birlikte ASTER kil minerali görüntülerinde taşınmış malzemelerin tanınması LANDSAT görüntülerine göre daha kolaylıkla belirlenir. ASTER görüntülerinde belirli bir kil mineral zonlanması göstermeyen (arjilik-propilitik geçişleri gibi) killerin taşınmış olabileceği kabul edilmektedir. Bu nedenle çalışma sahalarında yapılacak jeoloji haritaları alterasyon ile yan-kayaç arasındaki ilişkiyi göstermesi açısından önemlidir.

Ovacık ve çevresinde elde edilen H + F görüntülerinde Sağanlı, Pınarköy ve Narlıca çevresinde önemli kil alterasyon anomalileri elde edilmiştir. Ovacık bölgesinde alterasyonların belirlenmesi için H + F Crosta yönteminin kullanılması renkli kompozit ve bant oranlamalarından daha üstündür. Ergama bölgesi kapsadığı yoğun bitki örtüsü nedeniyle alterasyon alanlarının tayininde başarı elde edilememiştir fakat daha güney kesimlerde özellikle Akçaören ve Kiraz köyü boyunca ve en uç kuzey kesimlere doğru belirgin alterasyonlu alanlar saptanmıştır. Bu alanların belirlenmesi Ergama ve çevresini potansiyel bir araştırma alanı haline getirmektedir. Benzer olarak İvrindi bölgesi de H + F görüntüleriyle alterasyonlu alanlar net olarak belirginleşmektedir. Şapdağ sahasında ise renkli kompozitler ve bant oranlamaları ile nadiren tespit edilen anomaliler Crosta tekniği ile oldukça belirginleşmektedir. Çalışma alanının bir potansiyel maden yatağı içerebilecek demir oksit ve kil alterasyonuna sahip olduğu görüntülerde netleşmektedir.

Küçükdere ve Kirazlı çalışma sahaları da benzer olarak Crosta tekniği ile incelenmiştir. Küçükdere çalışma sahası içerisindeki KD uzanımlı kil ve demir oksit içeren anomaliler belirgin olarak saptanmıştır. Yapısal bir denetim altında oluştuğunu gösteren anomaliler çalışma alanını birinci dereceden bir maden yatağı haline getirmektedir. Kirazlı bölgesi için uygulanan H + F metodunda, yüksek sülfidasyonlu sistemlerin geniş alterasyonlu alanlardaki yayılım göstermesi beklenmektedir, fakat çalışma alanı içerisindeki bitki örtüsü bu durumu engellemiştir. Bazı alanlarda küçük ölçekli anomaliler elde edilebilmiştir. Bununla birlikte çalışma alanının genel silis içeriği yüksek olması nedeniyle kil ve demir oksit alterasyonunun dağılımı kısıtlı alanlarda görülebilmektedir.

Düşük sülfidasyonlu ortamlarda alterasyon zonlanması genellikle dar alanlarda oluştuğu için LANDSAT ve ASTER görüntülerinde 30 metrenin altındaki alanlarda gelişen alterasyonlar kolaylıkla belirlenemez. Bu durumlarda potansiyel bir cevher yatağı da gözden kaçırılmış olur. Yüksek sülfidasyonlu ortamlarda alterasyonlar geniş bir alanda yayılım sundukları için genel olarak bu tür alanların belirlenmesi daha kolaydır.

Bu çalışma ile yüksek derecedeki alterasyonlu alanlar ve bu alterasyonlu alanlar içerisinde yer alan ekonomik altın değerlerine sahip yatakların saptanması amaçlanmıştır. Crosta görüntüleri ile güçlü kil alterasyonuna sahip alanlar tespit edilebilmektedir fakat herhangi bir arazi verisi kullanılmadan herhangi bir mineralojik tayin yapılamaz. Bu nedenle ASTER görüntüleri kullanarak çalışma alanındaki kil gruplarının alterasyon ve mineralizasyon özellikleri anlaşılır. ASTER verisindeki spektral yansımaların incelenmesi ve USGS spektral laboratuvarlarından alınan alterasyon mineral örnekleri çalışma sahası içerisindeki kaolinit, illit, alünit ve kalsit gibi temel minerallerin tayinlerinin yapılmasına olanak sağlar.

ASTER görüntülerinin spektral çözünürlüğü alterasyon minerallerinin tayininde oldukça başarılıdır. Bununla birlikte, SWIR ve TIR bantları uzaysal çözünürlükleri karışık pikseller oluşturmaktadır. Bu karmaşık pikseller alterasyon minerallerinin birkaç metre içerisindeki ani değişimlerinden kaynaklanır ve bu durum farklı minerallerin ortalama spektral özelliklerini kaydeden algılayıcılar tarafından kaydedilir. Örneğin montmorillonit ve dikit, kaolinit ile benzer niteliklere sahiptir ve bu mineraller alterasyon zonu içerisinde birbirine yakın alanlarda oluşur.

Spektral ayırtılma yöntemi eğer bitiş üyeleri biliniyorsa karışık piksellerden kaynaklanan sorunları önlemek amacıyla kullanılır. Bununla birlikte işlemlerin doğruluğu girilen bitiş üyelerine bağlıdır. Eğer arazi gözlemleri bu minerallerin tayinini gerektiriyorsa bu yöntemlerinde kullanılması doğru ve güvenilir sonuçlar vermeyebilir.

ASTER sınıflandırma metodu ile istenilen alanlar üzerinde çok geniş bir mineral dağılımları elde edilebilmiştir. Böylelikle incelenen alanlar üzerinde cevherli mineralizasyonu oluşturabilecek yatakların konumları, alterasyon zonlanmaları ve litolojilerde kolaylıkla belirlenmiştir. Temel indisler oluşturularak bulunan karbonat anomalileri sınıflandırma yöntemleri kullanılarak klorit ve mermer olarak iki grupta daha ayrıntılı bir şekilde saptanabilir. Cevherli yatakların en dış zonunu oluşturan propilitik alterasyonlu alanlarda bu ayırtılmanın yapılması çok faydalıdır.

4.3 Sonuçlar

Çalışma kapsamında kullanılan yöntem, bazı inceleme alanları içerisindeki bitki örtüsünün varlığı nedeniyle tam olarak uygulanamamıştır. Mevsimsel olarak yapılacak görüntü analizleriyle bitki örtüsünün etkisinin azaltılması gerekmektedir. Bununla birlikte bazı sahalarda içerisindeki alterasyon dağılımlarının homojen olmaması ve küçük yayılım alanlarında gelişmiş olması da uygulanan yöntemlerden tam olarak verim elde edilmesini kısıtlamıştır.

Bant oranlamaları ve renkli bileşen görüntülerin de temel bileşen analizleri öncesi çalışma sahalarda içerisindeki alterasyonlu alanların genel hatlarının belirlenmesinde çok başarılıdır. Alterasyonlu alanların dışında yapısal ögeler, litoloji ve bitki örtüsünün kapsayan alanlar bu yöntemlerle belirlenmiştir. Temel bileşen analizi ile oluşturulan Crosta yöntemi ile birçok kil ve demir oksit içeren alanlar tespit edilebilmiştir. Düşük sülfidasyonlu alanlarda bile bu yöntemin başarılı sonuçlar vermesi madencilik araştırmalarında uygulanabilir olduğunu göstermektedir.

ASTER görüntüleri, belirlenmiş alterasyon zonları içerisindeki temel minerallerin (kaolinit, illit, alunit vs) tayin edilmesinde başarılı bir şekilde kullanılmıştır. Her bir mineral veya mineral grubu için benzersiz yansıma ve absorpsiyon özellikleri sunan bant oranlamaları ile alterasyonlu alanlar içerisindeki mineral tayinleri yapılmıştır. Tekli bant oranlamaları ile yapılan uygulamalar çalışma sahalarda içerisindeki kil alterasyon minerallerini net olarak belirtmezken, demir oksitli alanlarda başarı ile uygulanmıştır. Göreceli absorpsiyon bant derinliği (RBD) metodu ile kaolinit, illit, alunit ve kalsit temel mineralleri çalışma sahalarda içerisinde daha etkin olarak uygulanabilmiştir. Sınıflandırma yöntemi kullanarak tüm kil, demir oksit mineralleri ve silise zengin alanlarda ASTER görüntüleriyle saptanmıştır.

Alterasyon minerallerinin (kaolinit ve montmorillonit gibi) yansıma değerleri arasındaki benzerlikten dolayı potansiyel alterasyon ve mineral haritalamaları sırasında elde edilen genel sonuç haritası her zaman net sonuçlar vermez. Fakat alışma sahalarda içerisinde yapılan genel mineral gruplamaları ile bölgedeki genel

epitermal sistemin yapısı anlaşılabilir. Çalışma alanı içerisinde belirlenen her bir alterasyon alanı yüksek derecedeki arjilik alterasyon alanlarını işaret etmektedir ve bu alanlar potansiyel bir altın yatağı olarak araştırılmalıdır.

LANDSAT veya ASTER görüntüleri yardımıyla elde edilen alterasyon ve mineral haritaları sonucunda bulunan potansiyel sahalar yüksek derecedeki bir alterasyona sahip olmasına karşın altın ve diğer kıymetli metaller bakımından zengin olmayabilir. Bu durumun anlaşılması için arazi çalışmaları ve jeokimyasal örnekleme ve analizler gerekmektedir. Uzaktan algılama yöntemlerinin en önemli faydası araştırmaya değer potansiyel alanların tespitini sağlamaktır. Böylelikle daha önceden keşfedilmemiş potansiyel bir maden yatağı fazla emek ve para harcamadan kolaylıkla saptanacaktır.

KAYNAKLAR

- Abdelhamid G. & Rabba I., (1994). An investigation of mineralized zones revealed during geological mapping, Jabal Hamra Faddan-Wadi Araba, Jordan, using Landsat TM data. *Int. J. Remote Sensing*, vol. 15, No. 7, 1495 – 1506.
- Abrams, M. (1983). Remote sensing for porphyry copper deposits in Southern Arizona. *Economic Geology* vol. 78, pp. 591-604.
- Abrams, M. (2000). The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER): data products for the high resolution imager on NASA's Terra platform. *International Journal of Remote Sensing*, 21, 847-859.
- Adams, J.B., Smith, M.O., & Johnson, P.E. (1986). Spectral Mixture Modelling: A New Analysis of Rock and Soil Types at the Viking Lander Site. *Journal of Geophysical Research*, v.91, pp.8098-8112.
- Adams, J. B., SMITH, M. O., & Gillespie, A. R., (1993). Imaging spectroscopy: interpretation based on spectral mixture analysis. *Remote Geochemical Analysis: Elemental and Mineralogical Composition*. Cambridge University Press, New York, 145-166.
- Akça, M. D. ve Doğan, S., (2002). Sayısal görüntülerde ana bileşenler dönüşümü. *Harita Dergisi*, Sayı 128, s.1-15.
- Alparslan Y., (2006). *ASTER 3A01 uydu görüntüsü kullanılarak Edremit-Ayvalık-Çandarlı arasında kalan bölgenin alterasyon minerallerinin haritalanması*. Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Müh. Bitirme Tezi, 44s., İzmir
- Amos, B. J., & Greenbaum, D., (1989). Alteration detection using TM imagery: The effects of the supergene weathering in an arid climate. *Int. J. Remote Sensing*, vol.20, No.3, 515- 527.

- ASTER-Advanced Space-borne Thermal Emission and Reflection Radiometer, (n.d.). Retrieved on 03 August 2005, Jet Propulsion Laboratory, from <http://asterweb.jpl.nasa.gov>
- Carr, J.R., (1998). *A Visual basic Programme For Principal Components Transformatin For Digital Image*. Pergamon, 24 (3), 209-218.
- Carranza, E. J. M., & Hale, M., (2002). Mineral imaging with Landsat Thematic Mapper data for hydrothermal alteration mapping in heavily vegetated terrain. *International Journal of Remote Sensing*, 23, 4827-4852.
- Chavez, P. S., (1989). Radiometric calibration of Landsat Thematic Mapper multispectral images. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 55, 1285-1294.
- Cheng, Q., (1999). Spatial and scaling modeling for geochemical anomaly seperation. *Journal of Geochemical Exploration* 65, 175 – 194.
- Chica-Olmo, M., Abarca, F., & Rigol, J. P., (2002). Development of a decision support system based on remote sensing and GIS techniques for gold-rich identification in SE Spain. *International Journal of Remote Sensing*, 23 , 4801-4814.
- Clark, R. N., Swayze, G. A., Wise, R., Livo, K., E., Hoefen, T. M., Kokaly, R. F., et al. (2003). *USGS digital spectral library splib05a*. US Geological Survey, Open-File Report 03-395, Denver, USA.
- Crosta, A. P., & McMoore, J., (1989). Enhancement of Landsat Thematic Mapper imagery for residual soil mapping in SW Minas Geris State, Brazil: a prospecting case history in Greenstone Belt terrain. *Proceedings of the Seventh Thematic Conference on Remote Sensing for Exploration Geology*, Calgary, Alberta, Canada, 2-6 October, 1173-1187.

- Crosta, A. P., Filho, S. C. R., Azevedo, F., Brodie, C., (2003). Targeting key alteration minerals in epithermal deposits in Patagonia, Argentina, using ASTER imagery and principal component analysis. *Int. Journal of Remote Sensing*, Vol.24, No.21, 4233 – 4240.
- Crowley, J. K., Brickey, D. W., & Rowan, L. C., (1989) Airborne imaging spectrometer data of the Ruby Mountains, Montana: mineral discrimination using relative absorption band depth images. *Remote Sensing of Environment*, 29, 121-134.
- Çolakoğlu, A. R., (2000). Küçükdere (Havran – Balıkesir) epitermal altın damarının özellikleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni* Cilt 43, Sayı,2 s. 99-110.
- Ejima, Y., (1987). The pre-feasibility study on the Dikili-Bergama geothermal development. *Project Final Report*, 228p.
- Ercan, T., (1995). *Biga yarımadası ile Gökçeada, Bozcaada ve Tavşan adalarındaki (KB Anadolu) Tersiyer volkanizmasının özellikleri*. Maden Tetkik Arama ve Genel Müdürlüğü Rapor No: 9785, <http://iis.mta.gov.tr>
- Erdoğan, B., ve Güngör, T., (1992). Menderes Masifi'nin kuzey kanadının stratigrafisi ve tektonik evrimi. *Türkiye 9. Petrol Kongresi ve Sergisi, Bildiri özleri*, s. 184-185, Ankara.
- Ferrier, G., (1999). Application of imaging spectrometer data in identifying environmental pollution caused by mining at Rodaquilar, Spain. *Remote Sensing of Environment*, 68, 125-137.
- Ferrier, G., White, K., Griffiths, G., Branyt, R., & Stefouli, M., (2002). The mapping of hydrothermal alteration zones on the island of Lesbos, Greece using an integrated remote sensing data set, *International Journal of Remote Sensing*, 23, 341-356.

- Goosens, M. A., & Kroonenberg, S. B., (1994). Spectral discrimination of contact metamorphic zones and its potential for mineral exploration, province of Salamanca, Spain. *Remote Sensing of the Environment*, 47, 331- 344.
- Goosens, M. A., (2005). ASTER analysis Kızıltepe gold project, Sındırgı – Balıkesir province Turkey. *Geosense special report*, 7p. (Unpublished).
- Govett, G.J.S., Goodfellow, W.D., Chapman, A., & Chork, C.Y. (1975). Exploration geochemistry distribution of elements and recognition of anomalies. *Mathematical. Geology* 7, 415–446.
- Green, A. A., Bermann, M., Switzer, P., & Craig, M. D., (1988). A transformation for ordering multispectral data in terms of image quality with implications for noise removal. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 26, 65-74.
- Harkovska, A., Marchev, P., Pecskay, Z., 1998. Paleogene Magmatism in the Central Rhodope Area, Bulgaria- a review and new data; *Acta Vulcanology* 10, pp. 199-216
- Harsanyi, J. C. & Chang, C. I., (1994). Hyperspectral image classification and dimensionality reduction: an orthogonal subspace projection approach. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 26, 65-74.
- Hayward, A. B., (1984). Miocene clastic sedimentation related to the emplacement of Lycian nappes and the Antalya complex, SW Turkey. *In The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean* (eds J. E. Dixon and A. H. F. Robertson), pp. 287-300. Geological Society, London, Special Publication no. 17.
- Hedenquist J.W., & Browne P.R.L, (1989). The evolution of the Waiotapu geothermal system, New Zealand, based on the chemical and isotopic composition of its fluids, mineral and rocks. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 53, p. 2235-2257.

- Hedenquist, J. W., (1996). Epithermal Gold Deposits: Styles, Characteristics and Exploration, *Society of Resource Gology*, Tokyo, Japan.
- Heinrich, C. A., & Neubauer, F., (2002). Cu-Au-Pb-Zn-Ag Metallogeny of the Alpine-Balkan-Carpathian-Dinaride Geodynamic Province; *Mineralium Deposita* 37, pp. 533-540
- Henley, R. W., & Ellis, A., J., (1983). Geothermal systems ancient and modern: a geochemical review: *Earth Science Review*, 19: 1-50.
- Hunt, G. R., (1977). Spectra signatures of particulate minerals in the visible and near infrared. *Geophysics*, 42, 501-513.
- Ivrindi Project, (n.d.). Retrieved, 10 April 2005, from http://www.arianaresources.com/v2/ariana_web.html
- Jankovic, S., 1997. Metallogeny and Plate Tectonics in the NE Mediterranean. In: Jankovic, S., (ed.), *Major Alpine Ore Deposits and Metallogenic Units in the Northeastern Mediterranean and Concepts of Plate Tectonics*; Faculty of Mineralogy and Geology 93, p.373-404
- Jensen, R. J. (1996). *Introductory Digital Image Processing A Remote Sensing Perspective. 2nd edition*, Upper Saddle River, Prentice Hall, New Jersey.
- Jingyuan Y.,& Xucman W., 1991. The Application of Remote Sensing Techniques for Gold Prospecting in the North Fujian Province. *Proceedings of 8th Thematic Conference on Geologic Remote Sensing*, Denver, Colorado, USA, April 29 – May 2, 1991.
- Kargı, H. ve Sarı, N. (2006). LANDSAT TM görüntülerinde alterasyon zonlarının belirlenmesi – bir maden arama çalışması. 4. *Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, 13-16 Eylül 2006, Fatih Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.*

- Kaufmann, H., (1988). Mineral exploration along the Auaba-Levant structure by use of TM-data: Concepts, Processing and Results. *Int. J. Remote Sensing*, vol.9, No. 10 and 11, 1639 – 1658.
- Kaya, O., (1981). Miocene reference section for the coastal parts of west Anatolia. *Newsletter Stratigr.*, 10, p.164-191.
- Kaya, Ş., (2000). *Uydu görüntüleri ve sayısal arazi modeli kullanılarak kuzey anadolu fayı Gelibolu-Işıklar dağı kesiminin jeomorfolojik-jeolojik özelliklerinin incelenmesi*. Doktora Tezi, İTÜ, İstanbul.
- Kestler, S. E., (1994) *Mineral resources, economics and the environment*. Macmillian College Publishing Company Inc, New York. 391 pages.
- King, M. R., (2003). *Determination of epithermal alteration associated with gold deposits in Western Turkey using LANDSAT ETM+ and ASTER*. M. Sc. Thesis, University College London, Department of Geography, 76p. London, England (Unpublished).
- Kirazlı Project, (n.d.). Retrieved, 10 April 2005, from <http://www.fronteergroup.com/projects-tur.htm>
- Kontis, E., Kelepertsis, A. E., & Skounakis, S., (1994). Geochemisrty and alteration facies associated with epithermal precious metal mineralization in an active geothermal system, northern Lesbos, Greece. *Mineralium Deposita*, 29, 430-433.
- Kruse, F. A., Lefkoff, A. B., Boardman, J. B., Heidebreicht, K. B., Shapiro, A. T., Barloon, P. J., & Goetz, A. F. H., (1993). The spectral image processing system (SIPS)-interactive visualization and analysis of imaging spectrometer data. *Remote Sensing of Environment*, 44, 145-163.

- Labovitz, M. L., Masuoka, E.J., Bell, R., Segrist, A. W., & Nelson, R. F., (1983). The application of remote sensing to geobotanical exploration for metal sulfides – results from the 1980 field season at Mineral, Virginia. *Economic Geology*, 78, 750-760.
- La Source Division Exploration, (1996). *Western Anatolian hydrothermal alteration study*. La Source / Project Generation 10.028, BRGM N2291, Special Report (Unpublished).
- Lillesand, M. T., & Kiefer, W. R., (2000). *Remote sensing and image interpretation*. ISBN 0-471-25515-7 John Wiley and Sons, Inc., New York, USA.
- Liu, J.G., & Moore, J. McM., (1996). Direct decorrelation stretch technique for RGB colour composition. *International Journal of Remote Sensing*, 17, 1005-1018.
- Liu, J.G., (1991). Balance Enhancement Technique and its application colour composition. *International Journal of Remote Sensing*, 2, 2133-2151.
- Loughlin, W. P., (1991). Principal component analysis for alteration mapping. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 57, 1163-1169.
- Loughlin, W. P., (1990). Geological exploration in the western United States by use of airbourne scanner imagery. *IMM Conference: Remote Sensing, an Operational Technology for the Mining and Petroleum Industries*. London, 29-31, Oct, 223-241.
- Mather, M. P. (1989). *Computer Processing of Remotely Sensed Images: An Introduction*. John Wiley and Sons, Great Britain.
- McMoore, J. & Liu, J.G. (1990). Image processing of epithermal gold deposit alteration zones in southeast Spain. *Proceedings Conference, Remote Sensing: An*

operational technology for the mining and petroleum industries, Institution of Mining and Metallurgy, London, October 29-31 1990, 49-58.

Mohammad, M.R., El-Sobky, H., Sedeik, K., El Raey, M., (2001). Application of band ratios identified by HHRR for recognition of surface units using TM data in SIWA depression, Western Desert, Egypt. *22nd Asian Conference on Remote Sensing*, 5-9 November 2001, Singapore.

Ninomiya, Y., (2003). Advanced remote lithologic mapping in ophiolite zone with ASTER multispectral thermal infrared data. *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 21-25 July, Centre de Congrès, Pierre Baudis, Toulouse, France.

Ninomiya, Y., (2003). A stabilized vegetation index and several mineralogic indices defined for ASTER VNIR and SWIR data. *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 21-25 July, Centre de Congrès, Pierre Baudis, Toulouse, France.

Okay, A.I, (1989). Tectonic units and sutures in the Pontides, northern Turkey: ed. A.M.C. Şengör, *Tectonic Evolution of the Tethyan Region*, Kluwer Academic Publ., 109-116.

Okay, A. I., Siyako, M., Birkan, K., (1991). Geology and evolution of the Biga Peninsula, Northwest Turkey, *Bulletin of the Technical University, İstanbul*, 44, p. 155 – 219.

Oyman, T., Minareci F., ve Pişkin, Ö., (2003). Efemçukuru B-rich Epithermal Gold Deposit (İzmir, Turkey); *Ore Geology Reviews* 23, p. 35-53

Quinn, W. J., (2001). Band combinations. Retrieved 10 May 2007 from <http://web.pdx.edu/%7Eemch/ip1/bandcombinations.html>

- Palomera, R. P. A., (2004). *Application of remote sensing and geographic information systems for mineral predictive mapping, Deseado Massif, Southern Argentina*. M. Sc. Thesis, International Institute for geo-information science and earth observation, Enschede, The Netherlands, 81p.
- Pekesin, B. F., (2005). *Mineral mapping in Oymaağaç (Beypazarı-Ankara) granitoid by remote sensing techniques*. M. Sc. Thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, 134p.
- Reyes, A.G., (1990). Petrology of Philippine geothermal systems and the application of alteration mineralogy to their assessment. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 43, 279-309.
- Rowan, L. C., (1998). Analysis of simulated Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflectance (ASTER) radiometer data of the Iron Hill, Colorado, study area for mapping lithologies. *Journal of Geophysical Research*, 103, (D24): 291- 320.
- Rowan, L. C., & Mars, J. C., (2003). Lithological mapping in the Mountain Pass, California area using Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) data. *Remote Sensing of Environment*, 84, 350-366.
- Rothery, D. A., (1987) Improved discrimination of rock units using Landsat Thematic Mapper imagery of the Oman ophiolite. *Journal of the Geological Society*, London, vol. 144, 587-597.
- Ruiz-Armenta, J. R., & Prol-Ledesma, R. M., (1998). Techniques for enhancing the spectral response of hydrothermal minerals in Thematic Mapper images of central Mexico. *International Journal of Remote Sensing*, 19, 1981-2000.
- Rouskov, K., Popov, K., Stoykov, S., Yamaguchi, Y., (2005). Some applications of the remote sensing in geology by using of ASTER images. *Scientific Conference*

“Space, Ecology, Safety” with international participation, 10-13 June 2005, Varna Bulgaria.

Sabins, F. F., (1999). Remote sensing for mineral exploration. *Ore Geology Reviews*, 14, 157-183.

Sahoo, P.K., Soltani, S., Wong, A.K.C., & Chen, Y.C. (1988). A survey of thresholding techniques. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing* 41, 233–260.

San, B. T., & Sümer, E. Ü., (2003). *Uzaktan Algılama ve Yerbilimlerinde uygulamaları*. MTA Genel Müdürlüğü, Uzaktan Algılama Merkezi, 06520, Ankara, Türkiye

San, B. T., Sümer, E. O., & Gurcay, B., (2004). Comparasion of band rationing and spectral indices methods for detecting alunite and kaolinite minerals using ASTER data in Biga region, TURKEY. *General Directorate of Mineral Research and Exploration, Remote Sensing Center – 06520, Ankara, TURKEY*

Sarı, R., (2005). Ivrindi – Kınık project exploration report. *Galata Madencilik Special Exploration Report*, Ankara, Turkey, 13p. (Unpublished).

Sarı, R., (2006). Balıkesir-Ivrindi advanced interim project report. *Galata Madencilik Special Exploration Report*, Ankara, Turkey, 61p. (Unpublished).

Settle, J. J., & Drake, N. A., (1993). Linear mixing and the estimation of ground cover proportions. *International Journal of Remote Sensing*, 14, 1159-1177.

Sinclair, A. J., (1991). A fundamental approach to threshold estimation in exploration geochemistry; probability plots revisited. *Journal of Geochemical exploration*, 41, 1-22.

- Singh, A., & Harrison, A., (1985). Standardized principal components. *International Journal of Remote Sensing*, 6, 883-896.
- Smith, M. O., Johnston, P. E., & Adams, J. B., (1985). Quantitative determination of mineral types and abundances from reflectance spectra using principle component analysis. *Journal of Geophysical Research*, 90, 797-804.
- Spatz, D. M., (1997). Remote sensing characteristics of the sediment and volcanic hosted precious metal systems: imagery selection for exploration and development. *International Journal of Remote Sensing*, 18 , 1413-1438.
- Spectral Library, (n.d.). Retrieved 25 July 2005, Jet Propulsion Laboratory, from <http://speclib.jpl.nasa.gov>
- Şener, A. K., Grainger, M., Sarı, R., & King, M. (2004). Ariana Resources operations report. *Ariana Resources PLC Raporu*, 267 s. (Özel rapor)
- Şengör, A. M. C., & Yılmaz, Y., (1981). Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, p. 181 – 241.
- Şengör, A. M. C., Satır, M., Akkök, R., (1984). Timing of tectonic events in the Menderes masif, Western Turkey: Implications for tectonic evolution and evidence for Pan-African basement in Turkey. *Tectonics*, 3, 693-707.
- Şengör, A. M. C., Görür, N., & Şaroğlu, F., (1985). Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study, in strike-slip faulting and basin formation. *Edited by Biddke, K. T., & Christie-Blick, N., Society of Econ. Paleont. Min. Sp. Publ.* 227-264.
- Şengör, A. M. C. (1987). Cross faults and differential stretching of hanging walls in regions of low-angle normal-faulting: examples from Western Turkey, *in:*

Coward M. P., Dewey, J. F., & Hancock P. L., eds. *Continental extensional tectonics, Geological Society Special Publication*, 28, p. 575 – 589.

Tangestani, M.H.& Moore F., (2002). Porphyry copper alteration mapping at the Meiduk area, Iran. *International Journal of Remote Sensing* 23, 22, 4815-4825.

Vincent, R. K., (1997). *Fundamentals of geological and environmental remote sensing*. Practice Hall, New Jersey, 366p.

Üşenmez, O., (2006). *Genesis of Narlıca gold mineralisation*. M. Sc. Thesis, Dokuz Eylül University, Izmir, Turkey, 93p.

White, N.C., & Hedenquist, J.W., (1990). Epithermal environments and styles of mineralization: variation and their causes, and guide lines for exploration. *Journal of Geochemical Exploration* 36, 445-474.

Yamaguchi, Y., & Naito, C., (2003). Spectral indices for lithologic discrimination and mapping by using the ASTER SWIR bands. *Int. J. Remote Sensing*, vol.24, 4311 – 4323.

Yetkin, E., (2003). *Alteration mapping by remote sensing application to Hasandağ – Melendiz volcanic complex*. M. Sc. Thesis, Middle East Technical Univeristy, Ankara, Turkey, 97p.

Yılmaz, H., (2002). Ovacik gold deposit: An example of Quartz-Adularia-type gold mineralization in Turkey. *Economic Geology*, 97, 1829-1839.

Yılmaz, H., (2003). Ovacik gold deposit: An example of quartz-adularia-type gold mineralization in Turkey. *Society for Geology Applied to Mineral Deposits, 7th Biennial SGA Meeting*, Athens, Greece.

- Yılmaz, H., (2006). Low-sulfidation type Au–Ag mineralization at Bergama, Izmir, Turkey. *Ore. Geol. Rev.*, doi:10.1016/j.oregeorev.2006.10.007
- Yılmaz, Y., (1989). The origin of young volcanic rocks of western Turkey. *Şengör, A.M.C. (Ed.), Tectonic Evolution of the Tethyan Region*. Kluwer Academic Publishing, The Hague, 159-189.
- Yılmaz, Y. (1997). Geology of the Western Anatolia. In “*Active tectonics of NW Anatolia – The Marmara poly-project, eds Schindler & Pfister*”. VDF, ETH Zurich, 31-54.
- Yale, P., Plunkett, R., & Cambell, V., (2003). *Lonely Planet Turkey 8th edition*. Lonely Planet Publications Ltd, Victoria. 664 pages.