



**İnsansız Hava Aracı (İHA) Kullanılarak Çan (Çanakkale)  
İlçesinde Bulunan Asit Maden Göllerinin Alansal Değişime  
Bağlı Parametrik Özelliklerinin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)  
Ortamında İncelenmesi**

**Proje No: 112Y241**

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Ali YÜCEL  
Araş. Gör. Dr. Deniz ŞANLIYÜKSEL YÜCEL  
Yrd. Doç. Dr. Ramazan Cüneyt ERENOĞLU

KASIM 2013  
ÇANAKKALE



## ÖNSÖZ

Bu çalışma, Geomatik ve Jeoloji Mühendisliği farklı disiplinlerinin bir araya gelerek, Çanakkale ili Çan ilçesinde bulunan asit maden göllerinin insansız hava aracı (İHA) kullanılarak periyodik olarak alansal değişimlerinin ve hidrojeokimyasal özelliklerinin coğrafi bilgi sistemi (CBS) ortamında incelenmesi amacıyla hazırlanmıştır. Madencilik faaliyetlerinin yoğun olduğu Çanakkale ilinde, İHA kullanılarak yapılan ilk çalışma olmasından dolayı projeyi tamamlamaktan mutluluk duymaktayız.

Çalışma kapsamında sahanın jeoloji haritası oluşturulmuş, asit maden göllerinin hidrojeokimyasal özellikleri belirlenmiştir. İHA kullanılarak 2 asit maden gölünde 6 farklı ayda periyodik olarak çekimler yapılmış, göllerin alansal değişimlerinin atmosferik etkilerden ne kadar kısa sürede etkilendiği ortaya konmuştur. Çalışmamızın bölgede bundan sonra yapılacak olan bilimsel araştırmalara ışık tutmasını temenni ederiz.

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 112Y241 no'lu proje kapsamında desteklenmiştir. Proje ekibi olarak verilen desteklerden ötürü TÜBİTAK'a ve çalışanlarına sonsuz teşekkürlerimizi sunarız. Projenin değerli hakemlerine görüş ve önerileri için şükranlarımızı sunarız. Ayrıca projenin İHA çalışmalarındaki yardımlarından dolayı Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Çan Meslek Yüksek Okulu Mekatronik Bölümü Öğr. Gör. Recep Yavuz TURAN'a teşekkür ederiz.



## İÇİNDEKİLER

Önsöz.....	i
İçindekiler.....	ii
Tablo Listesi.....	iv
Şekiller Listesi.....	v
Özet.....	viii
Abstract.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Asit Maden Drenajı.....	2
1.2 Çalışma Alanının Konumu.....	3
1.2.1 Asit Maden Gölü-1 (AMG-1).....	6
1.2.2 Asit Maden Gölü-2 (AMG-2).....	6
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	8
2.1 İnsansız Hava Araçları (İHA) ile Uzaktan Algılama.....	8
2.2 Asit Maden Drenajı ve Gölleri.....	11
3. GEREÇ ve YÖNTEM.....	14
3.1 Literatür Derlemesi.....	14
3.2 Arazi Çalışmaları.....	14
3.2.1 Jeodezik Çalışmalar.....	14
3.2.2 İHA Çalışmaları.....	16
3.2.2.1 Asit Maden Gölü-2 İHA Çalışmaları.....	20
3.2.2.2 Asit Maden Gölü-1 İHA Çalışmaları.....	22
3.2.3 Jeolojik ve Hidrojeokimyasal Çalışmalar.....	23
3.3 Laboratuvar Çalışmaları.....	25
3.3.1 ICP-MS.....	25
3.3.2 SO <sub>4</sub> Tayini.....	25
3.3.3 İnce Kesit.....	26
3.4. Büro Çalışmaları.....	26
4. BULGULAR.....	28
4.1 Jeoloji.....	28
4.1.1 Bölgesel Jeoloji.....	28
4.1.2 Çalışma Alanının Jeolojisi.....	31
4.1.2.1 Çan Volkanitleri (Tv).....	31
4.1.2.1.1 Çan Volkanitlerinin Petrografik Özellikleri.....	33



4.1.2.2 Çan Formasyonu (Ts).....	36
4.1.3 Yapısal Jeoloji.....	39
4.1.3.1 Uyumsuzluklar.....	40
4.1.3.2 Faylar.....	40
4.1.3.3 Kıvrımlar.....	42
4.1.3.4 Tabaka Doğrultu ve Eğimleri.....	42
4.1.3.5 Eklem ve Çatlaklar.....	44
4.1.3.6 Heyelanlar.....	44
4.2 Hidrojeokimya.....	45
4.2.1 Asit Maden Göllerinin Fizikokimyasal Özellikleri.....	45
4.2.2 Majör İyonlar.....	48
4.2.3 Elementler.....	51
4.3 Verilerin CBS Ortamına Aktarılması ve Veri Tabanı Oluşturulması.....	55
4.3.1 Asit Maden Gölü-1.....	55
4.3.1 Asit Maden Gölü-2.....	59
4.4 Tematik ve Üç Boyutlu Haritaların Hazırlanması.....	62
5. SONUÇ ve TARTIŞMA.....	66
6. KAYNAKLAR.....	68



## TABLolar

Tablo 1. Yer kontrol noktalarının koordinatları.....	16
Tablo 2. Bazı fizikokimyasal parametrelere ait limit değerler.....	46
Tablo 3. Asit maden göllerinin fizikokimyasal analiz sonuçları.....	47
Tablo 4. Standartlara göre içme sularında bulunabilecek majör iyon konsantrasyonları limit değerleri (mg/l).....	49
Tablo 5. Asit maden göllerinin Nisan-2013 dönemine ait major iyon analiz sonuçları (mg/l).....	50
Tablo 6. Asit maden göllerinin Eylül-2013 dönemine ait major iyon analiz sonuçları (mg/l).....	50
Tablo 7. Standartlara göre bazı elementlerin limit değerleri ( $\mu\text{g/l}$ ).....	53
Tablo 8. Asit maden göllerinin Nisan-2013 dönemine ait element analiz sonuçları...	53
Tablo 9. Asit maden göllerinin Eylül-2013 dönemine ait element analiz sonuçları.....	54
Tablo 10. Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite değerleri (SKKY, 2004)...	55
Tablo 11. Asit Maden Gölü-1'in alanları.....	59
Tablo 12. Asit Maden Gölü-2'nin alanları.....	62

## ŞEKİLLER

Şekil 1. AMD oluşumunun şematik gösterilimi (BCAMDTF, 1989; Karadeniz, 2008).....	3
Şekil 2. Çalışma alanının konumu.....	4
Şekil 3. Çalışma alanında yer alan asit maden gölleri ve bu çalışma kapsamında seçilen göller (Worldview görüntüsü, 2011).....	5
Şekil 4. Katran dereye kontrolsüzce boşaltılan asit maden gölü (Foto çekim tarihi: 23.02.2013).....	5
Şekil 5. 1 no'lu asit maden gölünün görünümü (Foto çekim tarihi: 20.04.2013).....	6
Şekil 6. 2 no'lu asit maden gölü oluşmadan önce Yiğitler madencilik tarafından ocağın işletilmesi sırasındaki görünümü (Foto çekim tarihi: 12.09.2008).....	7
Şekil 7a. 2 no'lu asit maden gölünün görünümü (Foto çekim tarihi: 13.10.2012) b. aşırı yağışlardan sonraki görünümü (Foto çekim tarihi: 23.02.2013).....	7
Şekil 8. İHA verisi toplamak için gerekli olan iş akış çizelgesi (Hruska vd., 2005)...	9
Şekil 9. Yer kontrol noktası.....	14
Şekil 10. 1 no'lu asit maden gölü yer kontrol noktaları.....	15
Şekil 11. 2 no'lu asit maden gölü yer kontrol noktaları.....	16
Şekil 12. İHA görüntü alma çalışması (Mart 2013).....	17
Şekil 13. İHA görüntü alımında yaşanan aksaklık (Mart 2013).....	18
Şekil 14. İHA görüntü alma çalışması (Mayıs 2013).....	18
Şekil 15. İHA görüntü alma çalışması (Mayıs 2013).....	19
Şekil 16. İHA görüntü alımında yaşanan aksaklık (Mayıs 2013).....	19
Şekil 17. İHA görüntü alımında meydana gelen hasar (Mayıs 2013).....	20
Şekil 18. İHA görüntü alma çalışması (Haziran 2013).....	21
Şekil 19. İHA görüntü alma çalışması (Haziran 2013).....	21
Şekil 20. İHA görüntü alma çalışması (Haziran 2013).....	22

Şekil 21. 1 no'lu asit maden gölü çevresi (Haziran 2013).....	22
Şekil 22. İHA görüntü alma çalışması (Haziran 2013).....	23
Şekil 23. İHA görüntü alma çalışması (Haziran 2013).....	23
Şekil 24. Farklı derinlikten örnek alımı .....	24
Şekil 25. AMG-1'de fizikokimyasal parametre ölçümü ve örnek alımı.....	25
Şekil 26. HachLange DR 2800 UV marka cihaz ile SO <sub>4</sub> tayini.....	26
Şekil 27. Biga Yarımadası'nın genelleştirilmiş jeoloji haritası ve çalışma alanının konumu (Okay ve Satır, 2000).....	29
Şekil 28. Çalışma alanının 1/25.000 ölçekli genel jeoloji haritası.....	31
Şekil 29. Keçiağılı köyü girişinde andezitik lavlarının görünümü (Koordinat: 489389-4422688, bakış yönü: KB'dan GD'ya).....	32
Şekil 30. Açık krem kahve renkli tüflerde görülen demir oksitli harelî yapı.....	33
Şekil 31. Andezit örneklerinin mikroskop altında genel görünümü (Çift nikol (a), Tek nikol (b), bio: biotit, pr: piroksen, amf: amfibol).....	34
Şekil 32. Trakiandezit örneklerinin mikroskopik görünümü (Çift nikol (a), Tek nikol (b), plg: plajioklas, pr: piroksen, fel: feldspat).....	34
Şekil 33. Bazalt örneklerinin mikroskopik görünümü (Çift nikol (a), Tek nikol (b), plg: plajioklas, pr: piroksen).....	35
Şekil 34. Tüf örneklerinin mikroskopik görünümü (Çift nikol, kuv: kuvars, fel: feldspat).....	35
Şekil 35. Silika örneğinin mikroskopik görünümü (Çift nikol, kuv: kuvars).....	36
Şekil 36. Çan formasyonunun stratigrafik dizilimi (Gürdal ve Bozcu, 2011).....	37
Şekil 37. Açık kömür işletmesinde Çan formasyonuna ait sedimanter birimler.....	38
Şekil 38. Kömür işletmesi şevinde Çan formasyonuna ait ölçülü stratigrafik kesit (Bozcu vd., 2008).....	39
Şekil 39. Biga Yarımadası'ndaki aktif faylar (Şaroğlu vd., 1992).....	41

Şekil 40. Çan formasyonunda gelişen normal faylar (Koordinat: 487840-4423620, bakış yönü: KD'dan GB'ya).....	41
Şekil 41. Çan formasyonunda gelişen devrik antiklinal (Koordinat: 487353-4423983, bakış yönü: KB'dan GD'ya).....	42
Şekil 42. Çan formasyonunun yataya yakın tabakalı konumlarının görünümü (Koordinat: 488036-4423838, bakış yönü: GD'dan KB'ya).....	43
Şekil 43. Çan formasyonunun faylanma ile eğim kazanmış linyit içeren tabakalarının görünümü (Koordinat: 487455-4423990, bakış yönü: GD'dan KB'ya)	43
Şekil 44. Keçiağılı köyü girişinde andezitik lavlarının akma yönü (Koordinat: 489389-4422688, bakış yönü: GD'dan KB'ya).....	44
Şekil 45. Kömür ocakları çevresinde gözlenen heyelanlar.....	45
Şekil 46. Zamana bağlı pH değişimi.....	47
Şekil 47. iWitnes yazılımında görüntü referanslama.....	56
Şekil 48. iWitnes yazılımında görüntü referanslama.....	56
Şekil 49. ENVI yazılımında görüntü referanslama.....	57
Şekil 50. Görüntüler üzerinde rektifikasyon ve projeksiyon ayarlama işlemi.....	57
Şekil 51. AMG-1 sınır haritaları a. Haziran b. Temmuz c. Ağustos d. Eylül e. Ekim f. Kasım.....	58
Şekil 52. iWitnes yazılımında görüntü referanslama.....	59
Şekil 53. ENVI yazılımında görüntü referanslama.....	60
Şekil 54. Görüntüler üzerinde rektifikasyon ve projeksiyon ayarlama işlemi.....	60
Şekil 55. AMG-2 sınır haritaları a. Haziran b. Temmuz c. Ağustos d. Eylül e. Ekim f. Kasım .....	61
Şekil 56. Çalışma alanı ve çevresinin üç boyutlu sayısal arazi modeli.....	62
Şekil 57. İHA ve uydu görüntüsünün birleşimi.....	63
Şekil 58. AMG-1'in aylar bazında alansal değişim haritası.....	64



Şekil 59. AMG-2'nin aylar bazında alansal değişim haritası.....	64
Şekil 60. Göllerin ortalama pH, Eh ve EC değeri haritaları.....	65
Şekil 61. Göllerin ortalama Al, Fe ve Mn değeri haritaları.....	65



## ÖZET

Çanakkale ilinin linyit kömürü rezervi yüksek olan Çan ilçesinde son 30 yılda birçok küçük ölçekli işletmeler faaliyet göstermiştir. Bu işletmelerden bazıları faaliyetlerini zaman içerisinde sonlandırmış, bazıları ise faaliyetlerini sürdürmektedir. Maden işletmeleri, faaliyetlerinin sona ermesinden sonra genellikle herhangi bir rehabilitasyon çalışması gerçekleştirilmeden işletme sahalarını terk etmektedir. Yüksek sülfür içerikli linyit kömürünün çıkartılması sırasında doğal yapısı ve topografyası bozulan bu alanlarda büyük çukurlar oluşmaktadır. Bu çukurluklara yüzeysel drenajın boşalması sonucu suni göller meydana gelmiştir. Oluşan göl suları zaman içerisinde pirit oksidasyonuna bağlı olarak asidik özellikler kazanmış ve asit maden göllerine dönüşmüştür.

Bu çalışmada kapsamında asit maden gölleri çevresinin jeoloji haritası hazırlanmıştır. Göllerin hidrojeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yerinde 9 ay boyunca düzenli olarak fizikokimyasal ölçümler ve 2 ayrı dönemde su örnekleme yapılmıştır. Göllerde oluşan su kalitesi, bu göllerin çeşitli amaçlarla boşaltılmaları ve akış aşığlarındaki içme-kullanma ve sulama suyu temini yapılan diğer su kaynaklarını etkileme olasılıkları göz önüne alınarak hem içme suyu standartları hem de SKKY (2004) ile karşılaştırılmıştır. Buna göre, çalışma alanındaki asidik göllerin çok ciddi kirlilik içeren ve hiçbir surette içme suyu olarak kullanımı mümkün olmayan sular olduğu görülmüştür. Göller, düşük pH seviyeleri, yüksek konsantrasyonda çözülmüş metal içerikleri ile hidrolojik olarak etkileşimde olduğu yüzey ve yeraltı sularının kalitesini düşürmektedir.

Asit maden göllerin atmosferik koşulların etkisi ile alansal değişimi insansız hava aracı (İHA) kullanılarak 6 ay boyunca düzenli olarak yapılan çekimlerle saptanmıştır. İHA olarak DJIF550 marka heksakopter kullanılmıştır. İHA, kontrol kartı, pervane ve kumanda ayarları Mission Planner ile kalibre edilmiştir. Çekimler yaklaşık 50-100 metre yükseklik aralığında, GoPro hero 3 marka 12 megapiksel çözünürlüklü dijital fotoğraf makinesi ile yapılmıştır. iWitness yazılımı ile görüntüler ilişkilendirilerek referanslandırılmıştır. Arazide jeodezik gps ile ölçülen yer kontrol noktalarının koordinatları kullanılarak Global Mapper yazılımında İHA fotoğrafları koordinatlandırılmış ve projeksiyon ayarları yapılmıştır. Bu görüntüler ENVI yazılımında mozaiklenerek birleştirilmiş ve böylelikle coğrafi referanslanmış veriler elde edilmiştir. Periyodik olarak elde edilen görüntüler sayısallaştırma, alan hesabı ve görselleştirme işlemlerinin yapılması için ArcGIS yazılımına aktarılmıştır. Alanları 0,3 km<sup>2</sup>'den küçük olan asit maden göllerin, bir aylık zaman zarfında alansal miktar ve şekil değişiminin süreklilik gösterdiği



tespit edilmiştir. Yaz aylarında artan buharlaşma sonucu göllerde belirgin alansal azalma, yağışlar sonrası ise belirgin artış olduğu saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Asit maden gölü, insansız hava aracı (İHA), coğrafi bilgi sistemi (CBS), coğrafi görselleştirme, madencilik.



## ABSTRACT

In the past three decades a few small scale enterprises have been operating in Çan province of Çanakkale which is rich in lignite reserves. Some of the enterprises have terminated operating in time; however some of them still carry out their operations. These enterprises generally abandon working areas without carrying out rehabilitation after terminating their operations. The huge pits have occurred on these fields whose nature and topography are spoiled during lignite mining high in sulfide. As a result of discharge of surface drainage the artificial lakes have occurred. Drainage water has gained acidic characteristic in time and they turn into acid mine lakes because of pyrite oxidation.

In this study, the geology map of study area is prepared. Physicochemical measurements have been carried out regularly for 9 months and water sampling has been performed in two terms in order to determine hydrogeochemical characteristics of acid mine lakes. The quality of water in drainages is compared with drinking water standards and Water Pollution Control Regulation (2004) by taking into account discharge of the drainages for various purposes and the possibility of affecting other water sources in their downstream providing drink-use and irrigation. In accordance with the comparison, it is observed that the acid mine lakes are seriously polluted and it is impossible to be accepted as drinking water. The lakes reduce the quality of surface and subsurface water interacting with the drainages hydrologically by means of their low pH values and high concentration dissolved metal contents.

The areal change of acid mine lakes by means of atmospheric conditions has been determined by monitoring regularly for 6 months by Unnamed Aerial Vehicle (UAV). DJIF550 branded hexacopter is used as UAV. The settings of control card, fan and remote control of UAV have been calibrated by Mission Planner. Capturing has been carried out at 50-100 meters height and by 12 megapixel GoPro hero 3 digital camera. The images have been linked and referenced each other by iWitness software. UAV images have been coordinated by Global Mapper software with the coordinates of ground control points in the field measured by geodetic gps and projection settings have been completed. These images have been combined to mosaicing method by ENVI software and the geographical referenced data have been obtained. The images obtained periodically have been transferred to ArcGIS software for digitizing, areal calculation and visualization processes. Areal change and shape of acid mine lakes whose area are smaller than 0,3 km<sup>2</sup> are determined. It is determined that as a result of



evaporation during summer months there is areal decrease in acid mine lakes and areal increase after precipitations in spring months.

**Keywords:** Acid mine lake, unmanned aerial vehicle (UAV), geographic information system (GIS), geographic visualization, mining.



## 1. GİRİŞ

Günümüzde coğrafi bilgi sistemlerine (CBS) dayalı uygulamalar ile kısa sürede coğrafi mekansal değişimleri görselleştirmek ve analiz etmek mümkündür. Gelişmekte olan ülkelerde şehirselleşme ve kırsal gelişme, şehirlerdeki hızlı nüfus artışları, kırsal toprak kullanımlarındaki değişimler, ormanlık alanlardaki tahribatlar, madencilik alanlarının araştırılması ve gelişmelerinin çevresel açıdan etkileri gibi çalışmalar uzaktan algılama uygulamaları ile hızlı ve geniş alanları kapsayacak şekilde yapılmaktadır. Uzaktan algılama ile ilgili yöntemlerin kullanılması ile coğrafi mekansal değişiklikler büyük alanlarda, hızlı ve hassas olarak belirlenebilmektedir.

Bütün madencilik faaliyetleri, akiferler dahil yüzey ve yeraltı katmanlarına etki eder. Yüzey madenciliği; hektarlar veya kilometre kareleri kapsayan alanlarda açık ocak madenciliğini kapsar. Bu faaliyetler, geniş açık ocaklar ve pasa yığınları ile proje alanının tamamen etkilenmesini gerektirir, ancak çoğu zaman madencilik faaliyeti esnasında veya sonrasında pasanın ocaklara geri doldurulması mümkün olmaktadır. Açık ocak madenciliğinde çevresel konular şunlardır: trafik, patlatma, istihraç ve sevkiyat kaynaklı toz; dizel araçları ve patlama kaynaklı emisyon, gürültü ve titreşim; kontamine maden sularının tahliyesi, akiferlerin olumsuz etkilenmesi; toprak ve bitki örtüsünün kaldırılması; ve görsel etkiler. Çevreye verilecek zararlar yapım ve işletme aşamasında koruyucu önlemlerle kontrol altına alınmalı ve doğaya yeniden kazandırma uygulamalarıyla maden zenginliklerinden yararlanmanın en uygun yolları aranmalıdır. Doğaya yeniden kazandırma işlemleri araziye eski durumuna getirebilir, hatta arazinin işlevini sağlık ve verimlilik yönünden iyileştirebilir.

Yeryüzünün fiziksel yapısı hakkındaki pek çok bilgi uzaktan algılama teknolojisi ve görüntü işleme teknikleri ile elde edilebilmektedir. Dijital hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri, uzaktan algılama teknolojisinin ürünleri ve görüntü işleme tekniklerinin temel veri kaynaklarıdır. Son yıllarda uzaktan algılama verileri arasında insansız hava aracı (İHA) verileri de katılmıştır. Uzaktan algılama verileri görüntü tabanlıdır ve raster veriler olarak adlandırılmaktadır. Raster veriler birçok disiplin tarafından altlık olarak kullanılmakta ve bu konudaki kullanıcı ihtiyaçları her geçen gün artmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, uydu görüntüleri özellikle gelişmekte olan ülkeler için çok önemli veri kaynaklarıdır. Çünkü günümüzde modern ve gelişime açık uygulamalar teknoloji ile paralel olarak ilerlemektedir. Periyodik zaman aralıkları ile elde edilmiş yüksek çözünürlüklü uzaktan algılama verileri ile şehir, orman, tarım ve maden alanlarındaki değişimin tespit edilmesinde etkin olarak kullanılmaktadır. Yersel ölçümlere dayalı çalışmaların aksine uzaktan algılama verileri ile çalışmak zaman ve maliyet açısından



da avantaj sağlamak ve periyodik veri akışı hızlı ve geniş alanlarda yapılabilir. Böylelikle zamansal değişimlerin analizinin yapılması hızlı ve olanaklı olmaktadır.

Uzaktan algılama yöntemlerinin gelişmesi jeolojik ve madencilik çalışmalarına bir ivme kazandırmıştır. Karadan ulaşılması zor alanlardaki maden yataklarına ait bilgiler uydu görüntülerindeki yansıma ve renk farklılıklarından ayırt edilebilmektedir. Günümüzde, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin çözünürlükleri 1 metrenin altına inmiştir. İHA verileri ile görüntü çözünürlüğü çok daha yüksek seviyelere çıkmış durumdadır. Bir maden sahasında ön araştırma yaparken kullanılan verilerin çeşitliliği ve miktarı, CBS kullanımı için ideal bir ortam oluşturmaktadır. Maden sahasına ait jeoloji, tektonik, toprak sınıfı haritaları, topoğrafik haritalar gibi sayısal nitelikte olan veriler ile sondaj, yarma raporları, jeolojik formasyonlara ait raporlar gibi öznitelik verilerinin en verimli ve sistematik biçimde değerlendirilmesi gerekir ki cevherleşmelerin doğru bir modellenmesi yapılabilir (Aydal, 2012). İşte CBS, bu aşamada klasik yöntemlerle kıyaslandığında eşsiz çözümler üretmektedir; çünkü grafik veriler sözel veriler ile ilişkilendirilmekte ve bu işlem sonucunda oluşan CBS, her türlü verinin sorgulanmasında, analizinde, modellenmesinde ve sunumunda tam bir bilgisayar otomasyonu sağlamaktadır. Coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama teknikleri büyük ve küçük ölçekli madencilik faaliyetlerinde maden arama, işletme ve rehabilitasyon çalışmalarının her aşamasında kullanılabilir.

### 1.1 Asit Maden Drenajı

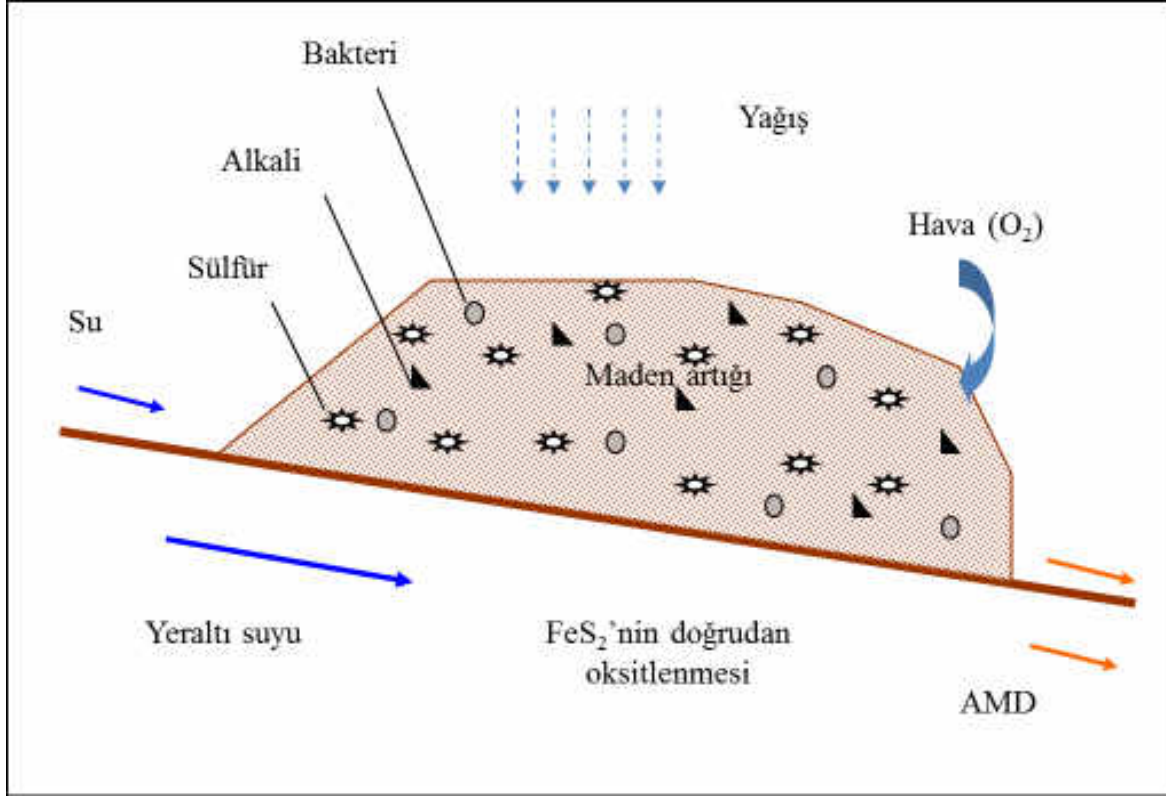
Asit maden drenajı (AMD), yaygın olarak bulunan demir sülfür minerallerinin (pirit, pirotin vb.) atmosferik oksidasyonu (su, oksijen ve karbondioksit vb.), katalizör görevindeki bakterilerin (*Acidithiobacillus ferrooxidans*, *Acidophilic bacterium* vb.) varlığı ve sonradan diğer metallerin (Fe, Zn vb.) sürece katılımıyla gelişen tepkimeler sonucunda oluşmaktadır (Mills 1995; EPA 1994a, b; Akçil ve Koldaş 2006; Özçelik 2007). Karadeniz (2008), bir maden alanında pirit, pirotin ve markazit gibi demir minerallerinin nemli ortamda oksitlenmeye maruz kalmasıyla gelişen tepkimeler sonucu sulu ortama proton ( $H^+$  iyonu) vermesi ve çözeltinin asidik niteliğe dönüşmesi olayını AMD olarak tanımlamıştır.

Asit maden gölleri (AMG), AMD ve doğal yüzey ve yeraltı sularının açık maden işletmesinin neden olduğu bir depresyona birikmesi sonucu oluşurlar (Geller vd., 1998; Gündüz vd., 2007).

AMD'nın, üç temel bileşeninden biri olan demir sülfürlerin doğada en yaygın rastlanan minerali pirittir. Pirit, magmatik, volkanik, sedimanter kayalarda ve kontak metamorfik ve



hidrotermal yataklarda bulunan bir mineraldir (Karadeniz, 2008). Maden alanında (açık ya da kapalı ocaklar, cevher stok sahaları vb.) yer alan kayaç yığınları veya pasalar AMD'nin oluşumuna neden olabilmektedir. Bu kaynaklardan doğan sızıntılar ile asidik drenaj gelişebilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. AMD oluşumunun şematik gösterilimi (BCAMDTF, 1989; Karadeniz, 2008)

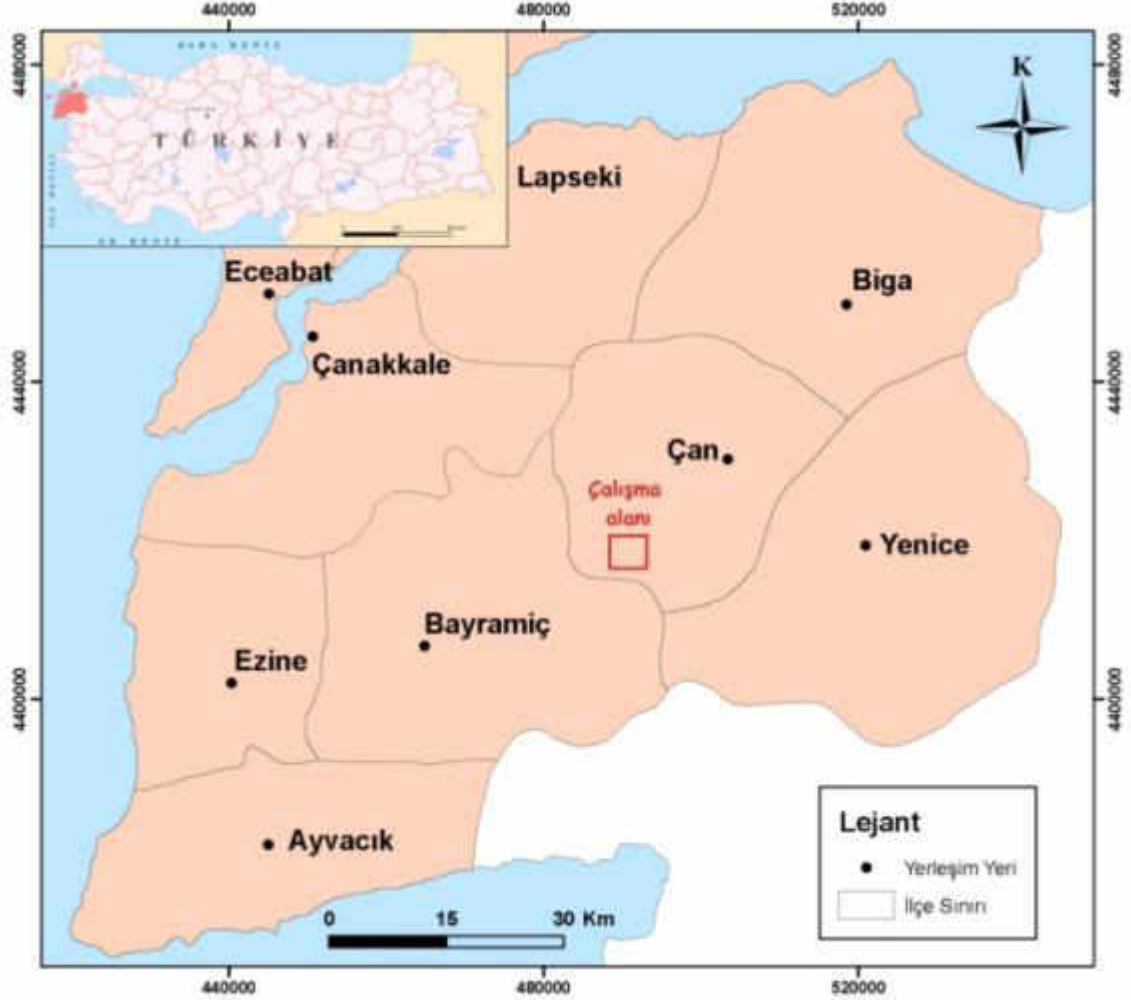
AMD'nin oluşması için aşağıdaki 3 şartın bir arada oluşması gerekmektedir (Environment Australia, 1997; EPA, 2003);

1. Kayanın kükürt içeriğinin % 0,3'den büyük olması,
2. Kükürt içeren kayanın, hava ve nem ile temas etmesi,
3. Kayanın oluşan asidi dengeleme (nötrleştirme) kapasitesinin olmamasıdır.

## 1.2 Çalışma Alanının Konumu

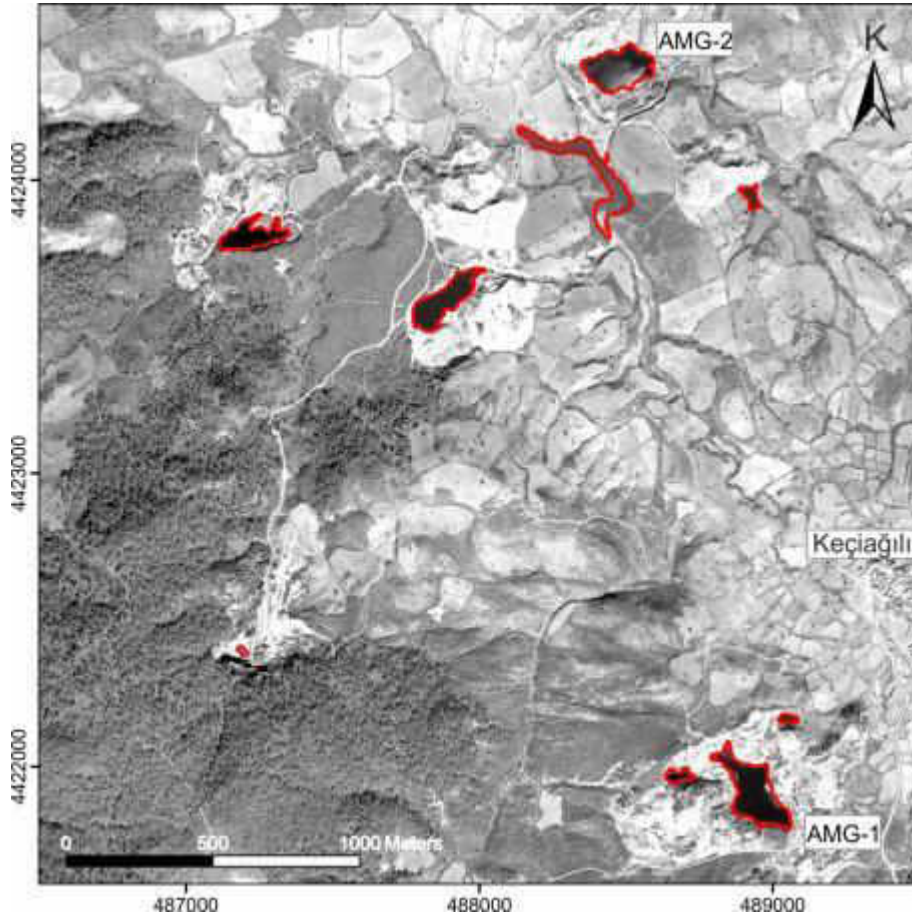
Çalışma alanı, Türkiye'nin kuzeybatısında yer alan Biga Yarımadası'ndaki en büyük yükselti olan Kazdağı'nın (1774 m) kuzey kesiminde, 1/25.000 ölçekli topografik haritalardan Ayvalık i17 b1 paftası sınırları içerisinde yer almaktadır. Çan-Bayramiç karayolu güzergahında, Çan ilçesine bağlı Keçiağılı ve Hacıkasım köyleri arasında kalan yaklaşık 16 km<sup>2</sup>'lik bir alandan

oluşmaktadır. Çalışma alanının yer bulduru haritası Şekil 2'de sunulmuştur. Çalışma alanının konumu, Biga Yarımadası'nda asidik drenaj oluşumunun ve asit maden göllerinin en iyi gözlemlendiği sahadır.



Şekil 2. Çalışma alanının konumu

Çalışma alanında 9 adet asit maden gölü bulunmaktadır (Şekil 3). Bu göllerden birinde Şubat-2013'teki arazi çalışmaları sırasında kömür madencilik faaliyetlerinin devam edilmesi amacıyla kontrolsüzce Katran dereye boşaltıldığı saptanmıştır (Şekil 4). Bu çalışma kapsamında İHA çekimleri en uygun şekilde yapılacak 2 göl seçilmiş ve AMG-1 ve AMG-2 olarak isimlendirilmiştir.



Şekil 3. Çalışma alanında yer alan asit maden gölleri ve bu çalışma kapsamında seçilen göller (Worldview görüntüsü, 2011)



Şekil 4. Katran dereye kontrolsüzce boşaltılan asit maden gölü (Foto çekim tarihi: 23.02.2013)



### 1.2.1 Asit Maden Gölü-1 (AMG-1)

Keçiağılı köyünün yaklaşık 1 km güneybatısında bulunmaktadır. 1985 ve 1989 yılları arasında 3 farklı özel firma tarafından (Eczacıbaşı, Güler ve Isı madencilik) işletilen kömür sahası, işletilebilecek kömür rezervinin bitmesi sonucunda 24 yıl önce terk edilmiştir (Köy halkı ile sözlü görüşme) (Şekil 5). Okumuşoğlu (2009), yüksek lisans çalışması kapsamında Hayır tepenin güneybatısında yer alan bu gölü Hayırtepe asit maden gölü olarak isimlendirmiştir. Okumuşoğlu (2009), asit maden gölünde 2008 yılı Eylül ayında yaptığı limnolojik çalışmalar neticesinde gölün maksimum derinliğini 14,15 m, ortalama derinliğini 7,11 m, alanını 23810 m<sup>2</sup>, hacmini ise 169224 m<sup>3</sup> olarak saptamıştır.



Şekil 5. 1 no'lu asit maden gölünün görünümü (Foto çekim tarihi: 20.04.2013)

### 1.2.2 Asit Maden Gölü-2 (AMG-2)

Hacıkasım köyünün 2 km güneydoğusunda bulunmaktadır. Yiğitler madencilik adında özel bir kömür işletmesinin ruhsatlı sahasında yer alan kömür ocağı Çan formasyonuna ait heterojen litoloji dolayısıyla heyelanların oluşması ile 2009 yılında terk edilmiştir (Şekil 6). Ocağın terk edilmesinden sonra asit maden gölü oluşmuştur (Şekil 7 a ve b).



Şekil 6. 2 no'lu asit maden gölü oluşmadan önce Yiğitler madencilik tarafından ocağın işletilmesi sırasındaki görünümü (Foto çekim tarihi: 12.09.2008)



Şekil 7a. 2 no'lu asit maden gölünün görünümü (Foto çekim tarihi: 13.10.2012) b. aşırı yağışlardan sonraki görünümü (Foto çekim tarihi: 23.02.2013)



## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

### 2.1 İnsansız Hava Araçları (İHA) İle Uzaktan Algılama

Uzaktan algılama verileri (uydu görüntüleri, İHA görüntüleri) ile elde edilen görüntüler yeni veri veritabanları oluşturmak için ve mevcut veritabanlarını güncellemek için gerekli olan coğrafi verilerin elde edilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Uzaktan algılama verileri zaman içinde yeryüzündeki fiziksel değişiklikleri belirlemek için kullanılan temel coğrafi veri kaynaklarından. Yeryüzünde zaman içinde meydana gelen değişikliklerin hassas bir şekilde belirlenmesi ve farklılıkların tespit edilmesi değişiklik tespiti (change detection) olarak adlandırılır. Mikroişlemciler ve iletişim teknolojisindeki gelişmeler sonucu otomatik görüntü alma ve görüntü işleme ve alanındaki gelişmeleri hızlandırmış geçici ve dinamik olayların yarı otomatik izlemesine olanak sağlamıştır (Herwitz vd., 2003; Stryker ve Jones, 2009, Davies vd., 2006;. Ip vd., 2006). İHA verileri zamana bağlı değişiklik tespiti için son derece uygun coğrafi verilerdir (Hruska vd., 2005). İHA görüntülerinin çözünürlükleri uydu görüntülerinden daha yüksektir. Ancak görüntülerin mozaiklenmesi, yer kontrol noktası tesisi, coğrafi referanslama ve projeksiyon belirleme gibi görüntü ayarlama (rektifikasyon) adımlarını içermektedir. Bu işlemler görüntüyü elde eden kişi tarafından yapılmaktadır.

Uzaktan algılama kaynaklardan veri sağlaması uzaktan algılama sisteminin tüm bileşenlerinin göz önüne alınmasını gerektirir (Coulter vd., 2011; Joyce vd., 2009):

1. Coğrafi durumu belirlemek, ölçmek ve karakterize etmek için yeterli amaca uygun bir sensör ve sensörü taşıma kapasitesine sahip bir platform,
2. Coğrafi veriyi referanslamak için gerekli olan radyometrik ve geometrik bozulma düzeltilmesi,
3. Coğrafi varlığı ölçmek veya belirlemek için işlemek veya enterpole etmek,
4. Veri veya bilgileri kullanacak kişilere veya sisteme kısa sürede iletiminin sağlanması.

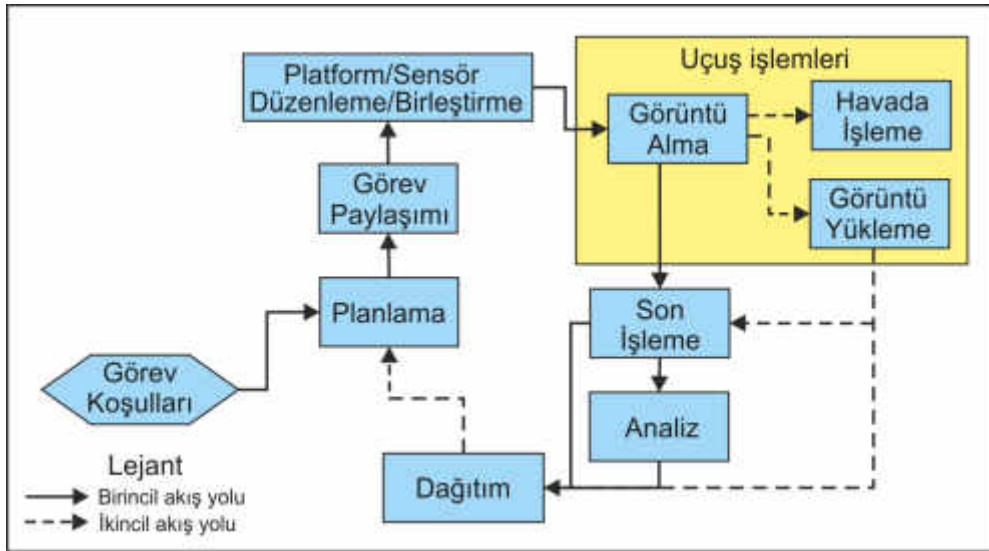
Bir uzaktan algılama çalışmasında uygun sensör ve platformların belirlenmesi önemli bir sorun olsa da, sensörlerden elde edilen uzaktan algılama verilerinin uygun bir şekilde ve zamanında işlenerek hedef veri tabanlarına ve kullanıcılara ulaşması asıl amaçtır.

Sınırlardaki değişikliklerin izlenmesi ve tespiti için bir uzaktan algılama platformu ve algılayıcı (İHA için uzaktan kumandalı uçak, helikopter, multikopter vb. bir platform ve yüksek çözünürlüklü kamera) ile belirli aralıklar (haftalık, aylık, 3 aylık, 6 aylık, yıllık vb.) ile görüntüleri toplayarak yapılabilir. Uzaktan algılama ile değişiklik tespiti için 5 temel adım vardır:



1. Özel teknikler kullanarak coğrafi/mekansal bilgilerin çok zamanlı görüntülerinin toplaması,
2. Coğrafi/mekansal bilgilerin eşit zaman aralıklı toplanması,
3. Mekansal bilgi içeren görüntü kullanılması,
4. Uygulama alanındaki yeni oluşumların ve değişimlerin izlenmesi,
5. Uygulama alanına ait toplanan bilgilerin coğrafi referanslama ile koordinatlandırılması.

İHA ile veri toplama işlemleri; İHA iş planlaması, sensör seçimi, İHA sensör entegrasyonu, görüntü toplama, görüntü işleme ve analiz aşamalarını içerir. Şekil 8'de Hruska vd., (2005) tarafından öngörülen yüksek çözünürlüklü İHA verisi toplamak için gerekli olan iş akış çizelgesi verilmiştir.



Şekil 8. İHA verisi toplamak için gerekli olan iş akış çizelgesi (Hruska vd., 2005)

İHA ve uzaktan algılama ile yapılan çalışmalar incelendiğinde bu konularda yapılmış bazı çalışmalar aşağıda kısaca özetlenmiştir:

Avcı, S. ve Döker, M.F., 2005, "Ömerli Havzası-İstanbul'da Mekansal Değişimin Uzaktan Algılama Metotları ile Belirlenmesi", Uzaktan algılama yöntemleri ile tespit edilen sınırlar ve yoğunluk alanları, bu çalışmanın diğer boyutunu oluşturan araştırma sahasının beşeri ve ekonomik coğrafya özelliklerinin değerlendirilmesi ve haritalara işlenmesiyle yeniden bir analize tabi tutulmuştur.



Baodong, M.A., vd., 2008, "Remote Sensing Detection For Subsidence-Resulted Water Body and Solid-Waste Dump in Coal Mine: Yanzhou Being A Case", başlıklı çalışmada Çin'in Yanzhou bölgesindeki kömür madenlerindeki su birikintilerinin ve katı atık çöplüklerinin uzaktan algılama ile tespit edilmesi incelenmiştir.

Coulter, L.L., Lippitt, C., Stow, D.D. ve McCreight, R.W., 2011, "Near Real-Time Change Detection For Border Monitoring", çalışmasında Amerika Birleşik Devletleri sınır güvenliği için eşzamanlı olarak sınırlarda İHA ile görüntü alarak değişimleri incelemiştir.

Eker, O. ve Şeker, D.Z., 2006, "Hava Fotoğraflarından Çizgisel Detayların Yarı Otomatik Olarak Belirlenmesi", Bu çalışmada; dijital hava fotoğraflarından çizgisel ve alansal detayların sınırlarının ve merkez hatlarının yarı otomatik olarak belirlenmesini sağlayan bir yöntem ve bu yöntemin uygulamaya konmasına yönelik bir yazılım geliştirilmiştir.

Hruska, R., C., Lancaster, G., D., Harbour, J., L. ve Cherry, S., J., 2005, "Small UAV-Acquired, High-Resolution, Georeferenced Still Imagery", Çalışmasında İHA ile veri toplama, değerlendirme, görüntü analizi, görüntüden değişimlerin tespiti ile ilgili bilgiler vermiştir.

Israel, M., 2011, "A UAV-Based Roe Deer Fawn Detection System", Çalışmasında İHA ile kırsal alanda geyiklerin izlenmesi ve yavrularının takip edilmesi amaçlı araştırma yapmıştır.

Kahraman, S.Ö. ve Kahraman, İ., 2008, "Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Gelibolu Yarımadası Tarihi Milli Parkı'nda Arazi Kullanım Analizi", Bu çalışmada Gelibolu Yarımadası Tarihi Milli Parkı'nda arazi kullanım şekilleri ortaya çıkarılarak, bu alanda çeşitli ekonomik faaliyet alanlarının dağılımı ve milli park sınırları içinde kalan halkın milli park arazisinden yararlanma şekli Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak incelenmiştir.

Kargı, H. ve Sarı, N., 2006, "Landsat TM Görüntülerinde Alterasyon Zonlarının Belirlenmesi - Bir Maden Arama Çalışması" Bu çalışmada, Landsat 5 TM uydu görüntüleri işlenerek Denizli bölgesinde 5000 km<sup>2</sup> lik bir alanda demir oksit ve kil anomalileri aranmıştır.

Kavzoğlu, T. ve Çetin, M., 2005, "Gebze Bölgesindeki Sanayileşmenin Zamansal Gelişiminin Ve Çevresel Etkilerinin Uydu Görüntüleri İle İncelenmesi", Bu çalışmada 1987 ve 2002 yıllarına ait Landsat TM ve Terra ASTER uydu görüntüleri kullanılarak 1980'li yıllarda başlayan ve günümüzde yoğun bir şekilde devam eden sanayileşme ve buna bağlı olarak şehirleşmenin Gebze ve çevresindeki arazi kullanımına etkisi analiz edilmiştir.



Lu, H., Li, Y. ve Tang M., 2010, "Study on the Method of Rapid Land Information Inspection Based on UAV Images", Çalışmasında İHA ile kırsal alanlarda arazi bilgilerinin belirli zaman aralıklarında görüntülerinin alımı ile değişiklik tespiti yapılmıştır.

Özcan, A.U. ve Akpınar, N., 2009, "Hasanoğlan taş ocaklarında Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Çevresel Risk Alanlarının Belirlenmesi", Bu çalışma ile Hasanoğlan Taş Ocakları'nı da kapsayan çalışma alanının faaliyet öncesi doğal ve kültürel yapısı incelenmiş, çevre üzerine etkisi modeller ve Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla belirlenmeye amaçlanmıştır.

Selçuk, M., vd., 2007, "Dağcılık Faaliyetlerine Yönelik Coğrafi Bilgi Sistemi Oluşturulması ve Tematik Harita Üretimi", başlıklı çalışmalarında, Aladağlar örneğinde dağcılık faaliyetlerine yönelik oluşturulmuş olan bir coğrafi bilgi sistemi tanıtılmakta ve bu sistem aracılığıyla gerçekleştirilen bazı mekansal analizler, görselleştirme örnekleri ve üretilen çeşitli tematik haritalar sunulmuştur.

Susam, T., vd., 2006, "CBS ile Yeşilirmak Nehir Yatağı Tokat Merkez Bölümünde Deprem Riskinin İrdelenmesi", Tokat ilinin bir kısmının üzerinde kurulu olduğu Yeşilirmak Nehir Yatağı'nın eski ve yeni kullanım durumu CBS ve Uzaktan Algılama olanakları kullanılarak karşılaştırılmış ve deprem açısından değerlendirilmiştir.

Yücel, M.A. vd., 2013, "Çan (Çanakkale) ilçesindeki kömür madenciliği faaliyetlerinin alansal bazda değişiminin uydu görüntüleri ile belirlenmesi ve coğrafi bilgi sistemi (CBS) ortamında görselleştirilmesi" isimli bildirilerinde Çanakkale ili Çan ilçesinde faaliyet gösteren küçük-orta ölçekli linyit işletmelerinden kaynaklanan asit maden göllerinin 1980 yılından günümüze kadar olan alansal değişimleri Landsat ve Quickbird uydu görüntüleri ile belirlenmişlerdir.

## **2.2 Asit Maden Drenajı ve Gölleri**

Tarihsel geçmişi birkaç bin yıl öncesine dayanan sülfürlü metalik madenlerin, bu zaman zarfında AMD kaynağı olarak da faaliyetini sürdürdüğü bilinmektedir. Örneğin, İspanya'nın Cadiz körfezine dökülen su sistemlerindeki düşük pH (tipik olarak 2-2,5) ve yüksek metal içeriği (Cu, Fe, Pb, Zn, Ti, Ba, Cr, V ve Co) ile kendini gösteren kirliliğin, Huelva provensindeki Rio Tinto karmaşığında (İberya Pirit Kuşağı) bulunan ve geçmişi MÖ 3000-2500 yıllarına (Bakır ve Bronz çağları) dek uzanan masif sülfür yataklarındaki madencilikten ileri geldiği öne sürülmektedir (Davis vd., 2000; Leblanc vd., 2000).



AMD'nin çevresel etkileri, ilk kez, Roma İmparatorluğu döneminde gözlemlenmiştir. Ancak çok sınırlı bir alan dışında, sorunun boyutu muhtemelen önemsiz addedilmiştir (Canty ve Everett, 1999). Madencilik aktiviteleri neticesinde oluşan AMD konusuna, Georgius Agricola'nın, De Re Metallica (1556) adlı eserinde değinilmiş (BCAMDTF, 1989), yanı sıra, on altıncı yüzyıl madenciliği gravürler ile detaylı olarak betimlenmiş ve akarsu tahribatı anlatılmıştır (Güneş ve Tokgöz Güneş, 2011). Öte yandan, ABD'de, kayda geçmiş ilk tespit 1698'de Gabriel Thomas tarafından yapılmış olup, kendisinin, kömür yıkama ve madenciliğine bağlı AMD kirliliğini gözlemleyip sulardaki olumsuz etkilerini rapor ettiği ifade edilmektedir (Paine 1987; Canty ve Everett, 1999). Hodge (1937), yazdığı raporda, kömür madeninden nehre sızan AMD'nin kırmızı renginin, içerdiği demir sülfat ve demir oksitlere bağlı olduğunu ve drenajın korozyon özelliği nedeniyle, su hatlarında ve barajlarda yıkıcı çevresel etkileri olabileceğini belirtmiştir.

AMD'nin su kirliliği ve içerdiği metal, askıda katı, çözünmüş katı gibi parametrelerin bitkiler, hayvanlar ve insanlar üzerindeki etkileri 1930'lu yılların başından beri çalışılmaktadır (Redfield, 1934; Burrows, 1977; Gough vd., 1979). Kömürün içerdiği yüksek sülfür oranının AMD oluşturduğunu ve canlı yaşamı üzerinde olumsuz etkilere sebep olduğunu belirtmiştir (Hyman ve Watzlaf, 1997). Pentreath (1994), yüksek asiditeye sahip, AMD'nin büyük oranda bakır, çinko, manganez, demir, arsenik ve kurşun gibi çözünmüş ağır metalleri içermesi nedeniyle canlı organizmalar için toksik olduğunu belirtmiştir. Hallberg ve Johnson (2005), sudaki yüksek demir, alüminyum ve manganez konsantrasyonlarının hidrolizinin AMD'nin asiditesinin artmasına neden olduğunu belirtmiştir. Lee ve Chon (2006), Kore'de bulunan Daduk madenine ait atıklarından kaynaklanan ve Daduk deresine boşalan AMD'nin etkilerini araştırmış ve dere çökellerinden aldığı örneklerde yüksek konsantrasyonlarda demir, mangan, alüminyum, sülfat, çinko ve arsenik değerleri saptamıştır.

Öne çıkan birkaç sebeple, AMD diğer sorunlardan farklı değerlendirilmekte ve genel manada, madencilik sektörünün karşı karşıya kaldığı en önemli su kirliliği sorunu olarak kabul edilmektedir. Çünkü değişik tür madenlerde görülebilmekte (yaygınlık), uzak mesafelere kolayca taşınabilmekte (hareketlilik) ve etkinliğini yüzlerce, hatta binlerce yıl boyunca devam ettirebilmektedir (süreklilik). Madenciliğin geniş çaplı yapıldığı ülkelerdeki araştırmalar, bu önermenin doğruluğunu ortaya koymaktadır. Kanada Quebec'de kapatılmış 107 maden işletmesinden 21'inin asidik drenaj dolayısıyla tehlikeli atık alanı sınıfına dahil edildiği (Hossain vd., 1993), Avustralya'da kömür, altın ve baz metal madenlerinden oluşan 60 kadar işletmeye ait malzemenin testlerden geçirildiği ve % 40'ının asit üretecek potansiyelde olduğu (Environment Australia, 1997) öne sürülmüştür. ABD'de, yaklaşık



200.000 kadar AMD üreten saha bulunduğu (Hochella vd., 1999; Weber vd., 2005), dere ve nehirlerin yaklaşık 20000 km'sinin AMD'den etkilendiği (Skousen, 1996) belirtilmiştir.

Pietsch (1979), Almanya'daki Lusatian bölgesinde, farklı büyüklüklerde ve pH değeri 4'ün altında olan 100'den fazla AMG'nin olduğunu ve çevresel risk taşıdığını belirtmiştir. Friese vd. (1998), Lusatian bölgesindeki 13 AMG'de yüksek konsantrasyondaki metal içeriklerinin, suyun derinliğine bağlı olarak farklı davranış sergilediğini belirtmiş, demir konsantrasyonunun derinlikle arttığını ve çözülmüş oksijenin ise derinlikle azaldığını saptamıştır. Aynı şekilde, Kwong ve Lawrence (1998), Kanada'da bulunan Yukon yöresinde yer alan AMG'de demir, sülfat ve krom konsantrasyonlarının derinlikle birlikte arttığını, çinko, alüminyum ve kobaltın ise derinlikle birlikte azaldığını belirtmiştir. Karakaş vd. (2003), Lusatian bölgesindeki ML111 no'lu AMG'nin fizikokimyasal parametrelerinin mevsimsel olarak değiştiğini ifade etmiştir.



### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

"İnsansız Hava Aracı (İHA) Kullanılarak Çan (Çanakkale) İlçesinde Bulunan Asit Maden Göllerinin Alansal Değişimlerinin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Ortamında İncelenmesi ve Parametrik Özelliklerinin Belirlenmesi" konulu hızlı destek projesinin hazırlanması amacıyla yapılan bu çalışma; literatür derlemesi, arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları şeklinde, dört ayrı aşamada hazırlanmıştır.

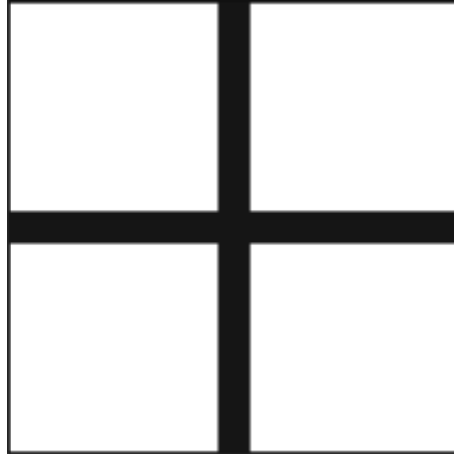
#### 3.1 Literatür Derlemesi

Literatür derlemesi, çalışma alanı ile ilgili ulusal ve uluslararası alanda yapılmış mevcut jeolojik, jeokimyasal, hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal çalışmaların yanı sıra, dünyadaki İHA ve AMD problemleri sahalarına ait çalışmaları kapsamaktadır. Önceki çalışmaların ışığında projenin ana çatısı oluşturulmuştur.

#### 3.2 Arazi Çalışmaları

##### 3.2.1 Jeodezik Çalışmalar

Asit maden göllerinin bulunduğu alanda göl sınırlarına yakın bölgelerde dörder adet yer kontrol noktası tespit edilerek bu noktalara koordinat ölçümü yapılmıştır. Yer kontrol noktası işareti olarak 1 metre x 1 metre büyüklüğünde beyaz zemili kağıt işaretler kullanılmıştır (Şekil 9).

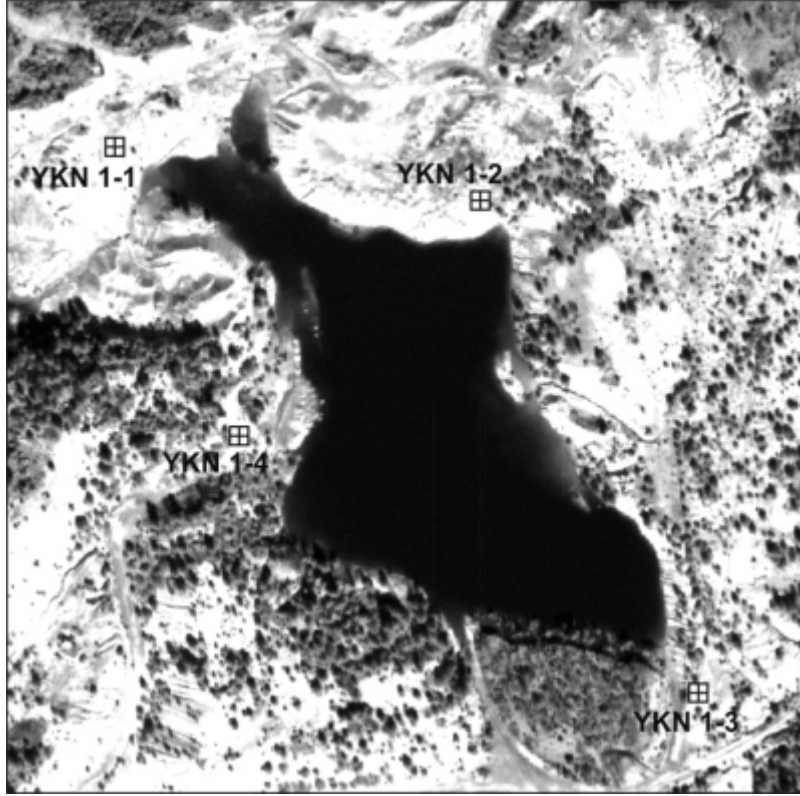


Şekil 9. Yer kontrol noktası

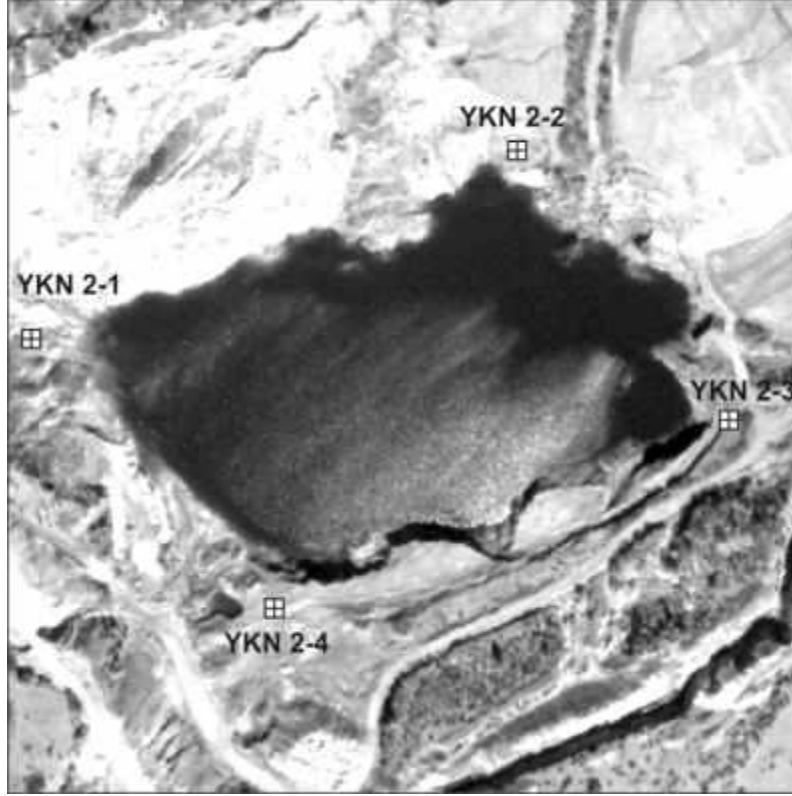
Yer kontrol noktalarının koordinatları Geomatik Mühendisliği bölümünde bulunan Satlab marka jeodezik GPS ile koordinat taşınmıştır. Proje başvuru aşamasında Geomatik Mühendisliği Bölümünde jeodezik ölçme aleti bulunmadığı için Ziraat Fakültesi'nde bulunan total station kullanılması planlanmış ancak jeodezik GPS hassasiyeti daha yüksek olması ve arazide mevcut kadastral poligonların uygulama alanına uzak olması nedeniyle proje



önerisinden sonra Geomatik Mühendisliği bölümüne alınan jeodezik GPS'in kullanılması daha uygun bulunmuştur. Yer kontrol noktalarının konumları 1 no'lu asit maden gölü için Şekil 10'daki uydu görüntüsünde, 2 no'lu asit maden gölü için Şekil 11'deki uydu görüntüsünde verilmiştir. Yer kontrol noktalarının koordinatları ise Tablo 1'de verilmiştir. Koordinatlar UTM projeksiyonu WGS 84 datumundadır.



Şekil 10. 1 no'lu asit maden gölü yer kontrol noktaları



Şekil 11. 2 no'lu asit maden gölü yer kontrol noktaları

Tablo 1. Yer kontrol noktalarının koordinatları

NN	Y (m)	X (m)
YKN 1-1	476775,29	4422049,16
YKN 1-2	488964,75	4422021,04
YKN 1-3	489080,39	4421761,13
YKN 1-4	488840,52	4421898,53
YKN 2-1	488329,24	4424393,32
YKN 2-2	488522,65	4424469,87
YKN 2-3	488608,55	4424361,70
YKN 2-4	488425,97	4424286,60

### 3.2.2 İHA Çalışmaları

Proje kapsamında İHA çalışmaları projede kullanılacak Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'ne ait İHA'nın arıza yapması nedeni ile başlanamamıştır. Bu



durum TÜBİTAK'tan izin alınarak yazılım kaleminden fasıl aktarımı ile çözülmüştür. Özel bir şirketten düşük bütçe ile alınan DJI F550 marka hexacopter ve GoPro hero 3 marka 12 megapiksel çözünürlüklü kamera ile çekimler yapılmıştır. İHA cihazı en düşük fiyat veren şirketten alınmış, fakat temini yurt dışından olduğu için zaman kaybına neden olmuştur. Mart 2013 periyodu arazi çalışmalarında her iki gölde de İHA görüntü alımı amaçlanmış ancak cihazda ortaya çıkan kumanda ve kalibrasyon sorunu nedeniyle görüntü alınamamıştır (Şekil 12 ve Şekil 13). Servise gönderilen cihazda anakart problemi nedeniyle uçuş problemi yaşandığı belirtilmiş ve garanti kapsamında kartı değiştirilerek Mayıs 2013'de proje ekibine gönderilmiştir. Mayıs ayı İHA amaçlı arazi çalışmalarına çıkıldığında cihazın stabil uçamama ve uçuş güzergahında ani sapma hareketleri nedeniyle görüntü alınamamıştır (Şekil 14, Şekil 15 ve Şekil 16). Cihaz düşmüş ve kol ve pervanelerinde hasar meydana gelmiştir (Şekil 17).



Şekil 12. İHA görüntü alma çalışması



Şekil 13. İHA görüntü alımında yaşanan aksaklık



Şekil 14. İHA görüntü alma çalışması



Şekil 15. İHA görüntü alma çalışması



Şekil 16. İHA görüntü alımında yaşanan aksaklık



Şekil 17. İHA görüntü alımında meydana gelen hasar

### 3.2.2.1 Asit Maden Gölü-2 İHA Çalışmaları

İHA'nın kontrol kartı, pervane ve kumanda ayarları Mission Planner yazılımı ile kalibre edilmiştir. Alansal olarak AMG-1'e nazaran küçük ve çevresinin açık olması nedeni ile öncelikle 2 no'lu gölde görüntü alımı yapılmıştır. Haziran ayında yapılan arazi çalışmaları Şekil 18, Şekil19 ve Şekil 20'de verilmiştir. Uçuşlarda yerden yaklaşık 70 m yükseklikte 12 megapiksel çözünürlükteki GoPro kamera ile görüntü alınmıştır. Bu göl göl için; arazinin eğimli olması nedeni ile yüksek noktalara çıkılarak ölçüme başlanmıştır. Bu noktalarda cihaz sabit yüksekliğe getirilmiş ve bu sabit yükseklikte alçak noktaların olduğu yöne doğru 2-4 güzergahta uçuş yapılarak çekilen fotoğraflar ile alan kapanması sağlanmıştır. İHA görüntüleri Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim ve Kasım ayları olmak üzere 6 farklı periyotta alınmıştır.



Şekil 18. İHA görüntü alma çalışması



Şekil 19. İHA görüntü alma çalışması



Şekil 20. İHA görüntü alma çalışması

### 3.2.2.2 Asit Maden Gölü-1 İHA Çalışmaları

1 no'lu asit maden gölü ağaçlık, sınırları çok girintili ve inişli çıkışlı topografyaya sahip olduğu için İHA uçuş güzergahında düşme tehlikesi içermektedir (Şekil 21). Bu nedenle cihaz göl etrafında belirlenen noktalarda yukarıya kaldırıp indirilerek görüntü alınmıştır (Şekil 22 ve Şekil 23). Çekimlerde 100 metre yüksekliğin üzerine çıkmıştır. İHA görüntüleri Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim ve Kasım ayları olmak üzere 6 farklı periyotta alınmıştır.



Şekil 21. 1 no'lu asit maden gölü çevresi



Şekil 22. İHA görüntü alma çalışması



Şekil 23. İHA görüntü alma çalışması

### 3.2.3 Jeolojik ve Hidrojeokimyasal Çalışmalar

Jeolojik arazi çalışmaları Şubat, Mart, Nisan 2013 ayları arasında yapılmış olup, sahaya ait 16 km<sup>2</sup>'lik alanın 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmıştır. Brunton pusulası kullanılarak alandaki kaya birimlerinden doğrultu ve eğim ölçümleri alınmış ve harita üzerine aktarılmıştır.



Birimlerin en iyi gözlemlendiği yerlerden fotoğraflar çekilmiş, enine jeolojik kesitler alınmak suretiyle birimlerin genel yapısı ortaya konmuştur.

Hidrojeokimyasal arazi çalışmaları Şubat-Ekim 2013 ayları arasında 9 defa, asit maden göllerinde sıcaklık (T, °C), pH, elektriksel iletkenlik (EC,  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), redoks potansiyeli (Eh, mV) ve tuzluluk (%) gibi fizikokimyasal parametre ölçümleri yapılmış, ölçümlerde WTW 340i marka çok parametrelili ölçüm cihazı kullanılmıştır. Kullanılan proplar her ölçüm öncesi ve ölçüm sonrasında saf su ile yıkanarak temizlenmiş, her arazi çalışmasından önce buffer solüsyonları (çözeltiler) ile günlük kalibrasyonları yapıldıktan sonra çalıştırılmıştır.

Asit maden göllerinden su örnekleme, bu çalışmanın önemli bir kısmını teşkil etmektedir. Ortaya çıkabilecek laboratuvar ölçüm hataları ile laboratuvardaki analiz ve test yöntemlerinden doğabilecek hataların en aza indirilmesi için örnek sayısı ve örnekleme doğru yapılmasına dikkat edilmiştir. Farklı derinlikten örnek alımı için Ejelkamp marka örnek alım kabı kullanılmıştır (Şekil 24). Suların örnekleme sırasında, sızdırmaz kapaklı 50 ve 500 ml hacimli polietilen örnekleme şişeleri kullanılmış olup, örnek kapları doldurulmadan önce örnekleme yapılacak sularla üç kez çalkalanmıştır. ICP-MS analizi için alınan su örnekleri, Milipore marka 0,45  $\mu\text{m}$  gözenekli filtrelerle, 50 ml'lik kaplara filtrelenmiştir (Şekil 25). Tüm örnekler polietilen şişelere hava kalmayacak şekilde doldurulmuş ve örnekler arazi tipi buzdolabında +4 °C'da saklanmıştır.



Şekil 24. Farklı derinlikten örnek alımı



Şekil 25. AMG-1'de fizikokimyasal parametre ölçümü ve örnek alımı

Arazi çalışmaları sırasında örnekleme yapılan noktaların koordinatları Garmin 62s marka el tipi GPS ile belirlenerek 1/25.000 ölçekli topografik haritaya işlenmiştir.

### 3.3 Laboratuvar Çalışmaları

#### 3.3.1 ICP-MS

Asit maden göllerinden, Nisan ve Eylül 2013 aylarında 2 ayrı dönemde su kimyası örnekleme yapılmıştır. Nisan 2013 döneminde her gölden 5 olmak üzere toplam 10 adet su örneği göl yüzeyinden alınmıştır. Eylül 2013 örnekleme döneminde ise her gölden 10 örnek olmak üzere toplam 20 örnek alınmıştır. Örneklerin 5 tanesi göl yüzeyinden, 5 tanesi ise yaklaşık 1-2 metre derinlikten alınmıştır. Tüm örnekler uygun koşullarda saklanarak korunmuş ve Kanada'ya gönderilmiştir. Toplam 30 su örneğinin ICP-ES/ICP-MS cihazı ile analizi ACME Laboratuvarları'nda yapılmıştır.

#### 3.3.2 SO<sub>4</sub> Tayini

Sülfat (SO<sub>4</sub>) ölçümleri ile Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Hidrojeoloji laboratuvarlarında yapılmıştır. 10 ml'lik su numunesine SulfaVer 4 tozu eklenmiş, örnek 20-30 sn çalkalanmış ve her bir örnek için 5 dakika beklenilmiştir. Her örnek için bir tane de 10 ml'lik hiç bir kimyasal eklenmeden kör deney hazırlanmıştır. Toplam 30 örnekte yapılan sülfat ölçümlerinde HachLange DR 2800 UV marka cihaz kullanılmıştır (Şekil 26).



Şekil 26. HachLange DR 2800 UV marka cihaz ile  $SO_4$  tayini

### 3.3.3 İnce Kesit

Çalışma sahasında toplanan 10 adet kayaç örneğinin ince kesitleri Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü İnce Kesit Laboratuvarı'nda yapılmıştır. İnce kesitlerin mineralojik bileşimlerinin ve dokusal yapılarının incelenmesi polarizan mikroskopta gerçekleştirilmiştir. İnce kesit çalışmalarının ardından, seçilen ince kesitlerden dijital fotoğraf makinesi ile önemli doku ve mineral resimleri çekilmiştir.

### 3.4. Büro Çalışmaları

Büro çalışmaları kapsamında İHA ile elde edilen arazi görüntüleri değerlendirilerek görüntüler üzerinden haritalar oluşturulmuş ve göl alanları hesaplanmıştır. iWitness yazılımı ile görüntülere referanslama yapılmış ve ENVI yazılımında mozaiklenerek birleştirilmiştir. Arazide ölçülen yer kontrol noktalarının koordinatları Global Mapper yazılımında görüntülere aktarılarak İHA fotoğrafları rekrifikasyon işlemi ile koordinatlandırılmış ve projeksiyon ayarları yapılarak geotif formatında görüntüler elde edilmiştir. Periyodik olarak elde edilen görüntüler ArcGIS yazılımında sayısallaştırma, alan hesabı ve görselleştirme işlemlerine tabi tutulmuştur.



Önceki çalışmalar, arazi çalışmaları ve laboratuvar çalışmaları sırasında elde edilen tüm veriler ışığında oluşturulan harita, kimyasal analiz sonuçları ve diyagramlar büro çalışmalarında birlikte değerlendirilerek proje raporu hazırlanmıştır.



## 4. BULGULAR

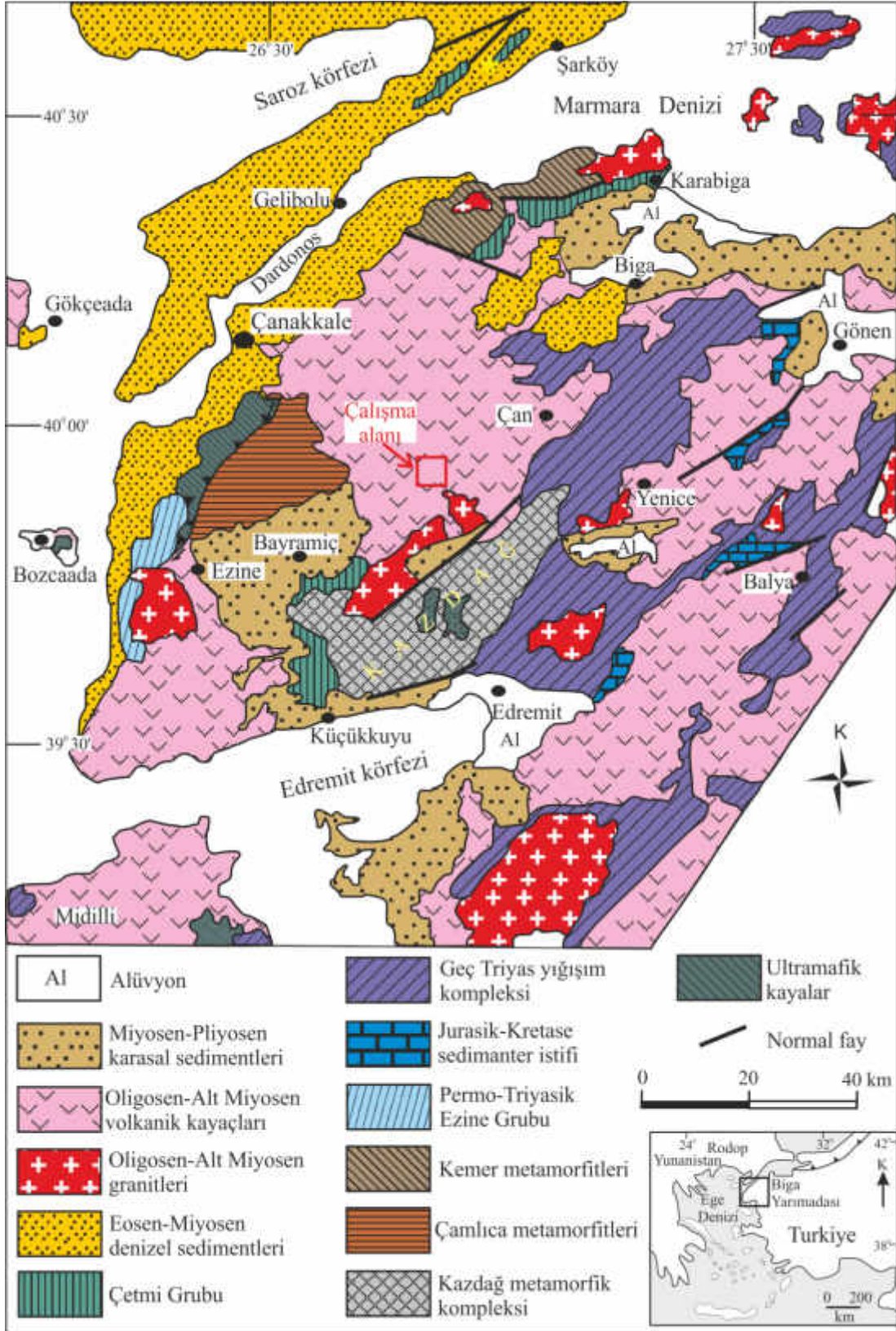
### 4.1 Jeoloji

#### 4.1.1 Bölgesel Jeoloji

Biga Yarımadası'nın temelini Kazdağ grubu metamorfileri ile bu metamorfiter üzerinde tektonik ilişkili Karakaya kompleksi birimleri ve Triyas sonrası yaşlı çökeller oluşturur (Okay vd., 1990) (Şekil 27). Bingöl (1968; 1969) tarafından, metadünit, metaharzburjit, metagabro, piroksenit, amfibol, gnays, şist, mermer ve bunların epimetamorfik karşılıklarından oluşan birimler Kazdağ grubu olarak tanımlanmıştır. Kazdağ grubu metamorfileri güneyde Edremit körfezi ile kuzeyde Yenice-Bayramiç arasında uzanan Kazdağ'ın merkezi kesimlerinde yüzeyleyen yüksek derecede metamorfik kayalar ile temsil edilir (Duru vd., 2012).

Kazdağ grubu metamorfik kayaları üzerine tektonik dokanaklı olarak Karakaya formasyonu kaya birimleri gelir. Bu birimler, başlıca spilitik bazalt, diyabaz, gabro, çamurtaşları, çört ve radyolaritlerle girikli feldspatlı kumtaşı, kuvarsit, konglomera ve silttaşı araldanmasından oluşur (Bingöl vd., 1973). Aynı birim, Okay vd. (1990) tarafından, Karakaya kompleksi olarak tanımlanmış, değişik havza koşulları ve tektonik ortamlar dikkate alınarak dört tektonostratigrafik birime ayrılmıştır. Bunlar Nilüfer birimi, Hodul birimi, Orhanlar grovakı ve Çal birimidir. Duru vd. (2012) tarafından, Karakaya kompleksi içerisinde formasyon mertebesinde ayrılacak farklı türde litolojilerin yer aldığı belirtilmiştir.

Kazdağ grubu ve Karakaya kompleksi üzerinde yüzeleyen Üst Kretase yaşlı karmaşık, Okay vd. (1990) tarafından, Çetmi ofiyolitik melanjı olarak adlandırılmıştır. Çetmi ofiyolitik melanjı, ofiyolitik kayalardan daha çok, farklı köklerdeki kayaların tektonik dilim veya olistostrom şeklinde karışık halde bir arada bulunduğu bir topluluktur (Duru vd., 2012). Birim başlıca spilit, grovak, kireçtaşı, pelajik şeyller, radyolarit ve serpantinit bloklarından oluşmaktadır (Okay, 1990).



Şekil 27. Biga Yarımadası'nın geliştirilmiş jeoloji haritası ve çalışma alanının konumu (Okay ve Satır, 2000)



Biga Yarımadası'nda, Mesozoyik yaşlı birimler üzerine Paleosen yaşlı birimler gelir. Bu birimler, Biga ilçesinin hemen batısında pelajik kireçtaşı, kalsitürbidit, moloz akıntısı, grovak, bazalt ve çok sayıda iri kireçtaşı bloklarından oluşmaktadır (Yıkılmaz vd., 2002). Bu birimler üzerine uyumsuzlukla Eosen yaşlı birimler gelmektedir. Eosen yaşlı birimler tabanda çakıltaşı ile başlar, sonra kumtaşı, silttaşı, tuf ve aglomeralar ile devam eder; detritik kireçtaşları ve resifal kireçtaşları ile son bulur (Ergül vd., 1984).

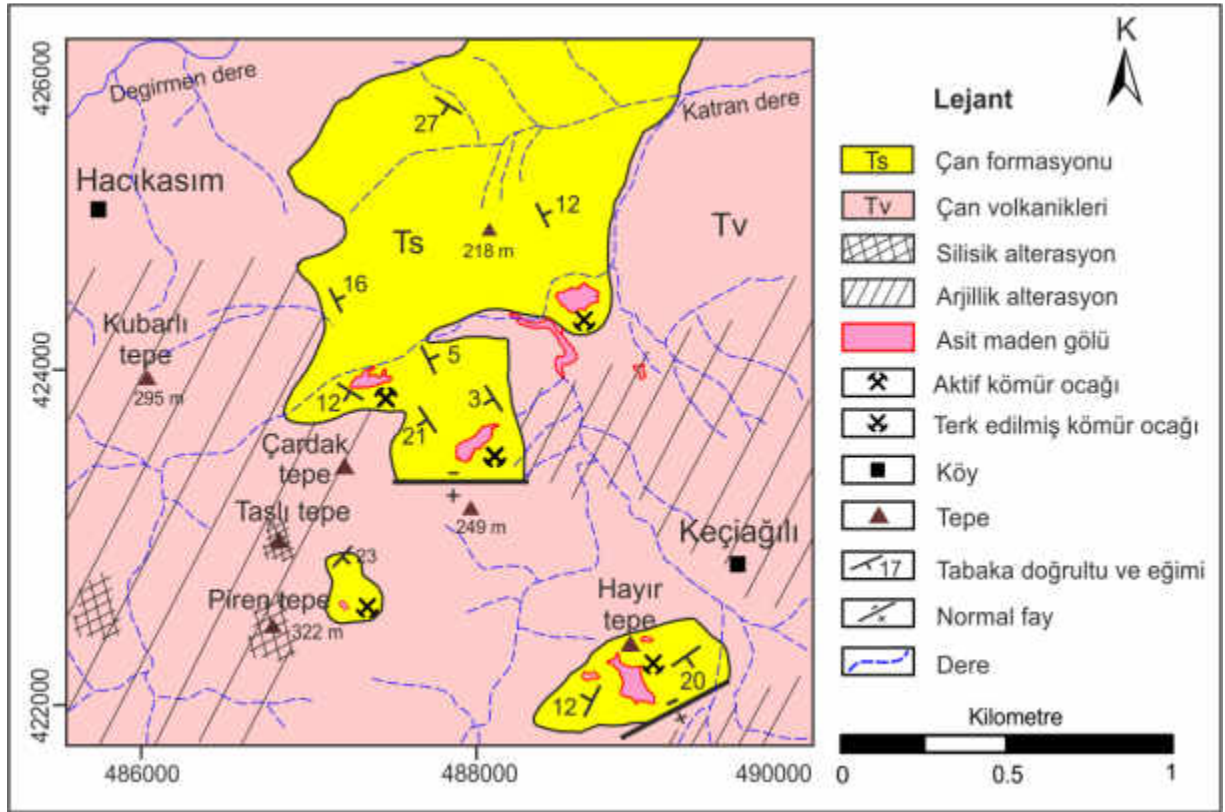
Biga Yarımadası'nda Alt Eosen'den itibaren etkin olmaya başlayan Tersiyer volkanizması çeşitli evrelerde Üst Miyosen sonlarına kadar sürmüştür (Ercan vd., 1995). Alt Oligosen'den itibaren bölge tamamen kara haline gelmiş ve oluşan havzalarda kömürlü düzeyler içeren karasal Neojen çökelleri gelişmiştir. Akarsu ve göl ortamlarında gelişen çökeller genellikle; çakıltaşı, kumtaşı, kiltası ve kireçtaşlarından oluşmaktadır. Bölgede etkin olan volkanizmayla girik istifler şeklinde gözlenir. Çan ve civarında işletilebilir büyüklükte kömür yatakları gelişmiştir. Bölgedeki karasal sedimanter istif Oligosen-Miyosen yaş aralığında çökelmiştir (Hazarfen, 1976).

Bölgedeki kalkalkalen magmatizmasına bağlı olarak genellikle granodiyorit bileşimli siğ sokulumlar Biga Yarımadası'nın tüm birimlerine intrüzif olarak sokulum yapmıştır ve bu kayaların K-Ar, Rb-Sr ya da U-Pb yaşları 53 ile 21 My arasında değişmektedir (Bingöl vd., 1973; Fytikas vd., 1976; Birkle ve Satır, 1995; Delaloye ve Bingöl, 2000; Okay ve Satır, 2000; Beccalotto ve Steiner, 2005; Beccalotto vd., 2007; Altunkaynak ve Genç, 2008; Karacık vd., 2008; Şengün, 2011). Bunlar arasında yaşı izotopik olarak; Kapıdağ granitoyidi 42-36 My (Delaloye ve Bingöl, 2000), Eybek 23-31 My (Bingöl vd., 1982), Nevruz-Çakıroba 24 My (Anıl vd., 1989), Karabiga  $36,1 \pm 0,8$  (Delaloye ve Bingöl, 2000), Kestanbol 28 My (Fytikas vd., 1976) granodiyoritleri Geç Oligosen-Erken Miyosen yaşlarını vermektedir.

Geç Miyosen'de volkanizma etkinliğini kaybetmiştir. Biga Yarımadası'nda genç fay zonları boyunca yükselmiş ve Taştepe bazaltı olarak adlanmış olan Pliyo-Kuvaterner yaşlı genç lavlar da bulunmaktadır. Bölgede Pliyo-Kuvaterner'de çakıltaşı, kumtaşı ve şeyllerden oluşan flüviyal çökeller ile gölsel karbonatlar oluşmuşlardır (Ercan, 1996). Siyako vd. (1989) tarafından, Bayramiç formasyonu olarak adlandırılan bu birimler kendinden yaşlı kayalar üzerine uyumsuz olarak yerleştiği belirtilmiştir. Biga Yarımadası Kuzey Anadolu fayının güney kollarının etkisiyle günümüzdeki morfolojisini kazanmıştır.

#### 4.1.2 Çalışma Alanının Jeolojisi

Çalışma alanında yüzeyleyen kayalar; saha gözlemleri, mineralojik ve petrografik incelemeler ve önceki araştırmaların bulguları da dikkate alınarak iki farklı litostratigrafi birimine ayrılmıştır (Şekil 28). Bunlar Çan volkanitleri ve Çan formasyonudur. Çalışma alanının temelini kendisinden yaşlı birimleri keserek yüzeye ulaşmış olan Oligosen yaşlı Çan volkanitleri (Ercan vd., 1995) oluşturur. İçerisinde linyit bulunduran kırıntılı ve gösel çökellerden oluşan Erken-Orta Miyosen yaşlı Çan formasyonu (Hezarfen, 1976) Çan volkanitleri üzerine uyumsuzlukla gelir.



Şekil 28. Çalışma alanının 1/25.000 ölçekli genel jeoloji haritası

##### 4.1.2.1 Çan Volkanitleri (Tv)

Çan volkanitleri ilk kez Ercan vd. (1995) tarafından tanımlanmıştır. Bu volkanitler literatürde Krushensky (1976) tarafından tanımlanan Hallaçlar formasyonu ve Dönmez vd. (2005) tarafından tanımlanan Hallaçlar volkanitlerinin eş değeridir. Bu volkanitlerin bir çok mostrası aşırı alterasyona uğramış olup arazide beyaz, sarı, kahverengi ve kırmızı renkleri ile dikkat çekmektedir (Genç vd., 2012). Ercan vd. (1995), birimin Gökçeada'daki yüzleklerinden aldıkları numunelerde K/Ar yöntemiyle yapılan radyometrik yaş tayini sonucu  $30,4 \pm 0,7$  ve  $34,3 \pm 1,2$  My yaş saptamışlardır. Krushensky (1976) tarafından yapılan radyometrik yaşlandırmada 23,6 milyon yıl, Genç vd. (2012) ise andezit bileşimli kayaç örneğinden K/Ar



yöntemi ile yaptıkları yaşlandırmada  $26,5 \pm 1,1$  milyon yıllık yaş tespit etmişlerdir. Batı Anadolu'daki zengin cevher yataklarının yer aldığı bu volkanizma Geç Oligosen'de etkin olmaya başlamış, Erken Miyosen'e kadar etkinliğini sürdürmüştür (Genç vd., 2012).

Çan volkanitleri çalışma alanının büyük bir bölümünü kaplamaktadır. Volkanik birimler dokanak ilişkileri ve litolojik farklılıkları göz önüne alınarak ayrışma ürünleri ile birlikte 5 litostratigrafi birimine ayrılmıştır. Bu birimler; andezit, andezitik tuf, trakiandezitik, dasitik bileşimli lav, andezit, dasitik bileşimli aglomera, bunların alterasyon ürünleridir. Volkanitler, çoğunlukla hidrotermal alterasyona uğramış, bunun sonucunda kayalar kloritleşmiş, killeşmiş ve silisleşmiştir. Birim, jeoloji haritasında Tv simgesi ile gösterilmiştir.

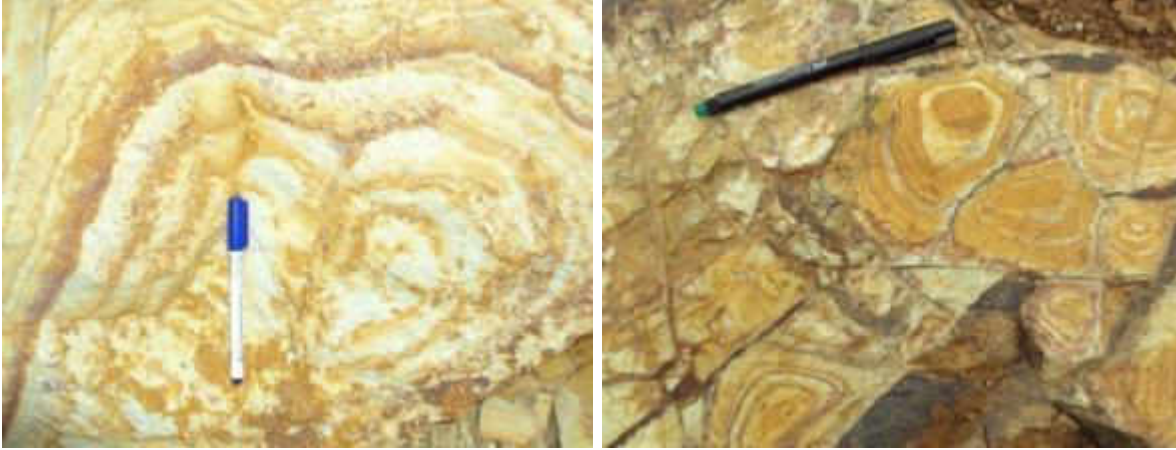
Ayrılmamış volkanitler; gri, yeşilimsi, bordomsu kahverenginde olup, çoğunlukla masif, düzenli eklem ve çatlaklara sahip akma düzlemleri gösteren yaygın olarak andezit, ender olarak da trakiandezit, dasit ve bazalt bileşimindedir. Keçiağılı köyü çevresi ve kuzeyinde yaygın olarak yüzeylemektedir. Masif, yer yer bol miktarda düzenli eklem ve çatlaklara sahip akma düzlemleri göstermektedir (Şekil 29). Alterasyona uğramış andezitik bileşimli volkanik kayalarda demiroksitleşme ile birlikte killeşme ve silisleşme yaygın olarak gözlenmektedir. Birçok alanda alterasyonun ve mekanik parçalanmanın etkisi nedeniyle lavlar ile aglomera ve hatta tüflerin sınırını belirlemek zordur. Bitki örtüsünün yoğunluğu da bu zorluğu arttırmaktadır.



Şekil 29. Keçiağılı köyü girişinde andezitik lavlarının görünümü (Koordinat: 489389-4422688, bakış yönü: KB'dan GD'ya)



Aglomeralar; morumsu, bordo renklerde olup andezitik bileşimli kaya parçalarından oluşmuştur. Aglomeralar içerisindeki çakıl boyutları 5-10 cm'den 1 m'ye kadar değişen kaya parçaları vardır. Birçok alanda tüfler ile aglomeralar ardışıklı ya da iç içe gözlenmeleri nedeniyle ayrılmaları zordur. Tüfler; yer yer riyoitik bileşimli olup, açık sarımsı, krem renkleriyle ayırt edilmektedir. Alterasyon sonucunda, kayaçta hematitleşmiş ve limonitleşmiş harelî bir yapı oluşmuştur. Farklı desenlerde olan bu kayaçlar, yörede dekoratif amaçlı ve kaplama taşı olarak kullanılmaktadırlar (Şekil 30).



Şekil 30. Açık krem kahve renkli tüflerde görülen demir oksitli harelî yapı

Çalışma alanında hidrotermal ya da atmosferik suların etkisiyle yoğun bir kaolenleşme görülmüştür. Ayrıca linyitli zonun yakınında yer alan bölgelerde hümik asitin de etkisiyle kaolenleşme görülmektedir.

Volkanizmanın son ürünü olarak veya volkanizmadan sonraki jeotermal eriyiklerle gelen  $\text{SiO}_2$  ile bölgede yaygın bir silisleşme gerçekleşmiştir. Bazı alanlarda tüfler ile birlikte ve tüflerin silisifiye olması şeklinde, bazı alanlarda da kriptokristalin kuvars elemanlarından oluşmuş çatlak ve damar dolguları şeklinde görülmektedir (Bozcu vd., 2008). Yüzeysel ayrışmaya karşı dayanımlı olmaları nedeniyle bu silisce zengin kesimler, bazı alanlarda belli doğrultularda uzanan sırtlar ya da tepelikler şeklinde yüzeylenmektedirler.

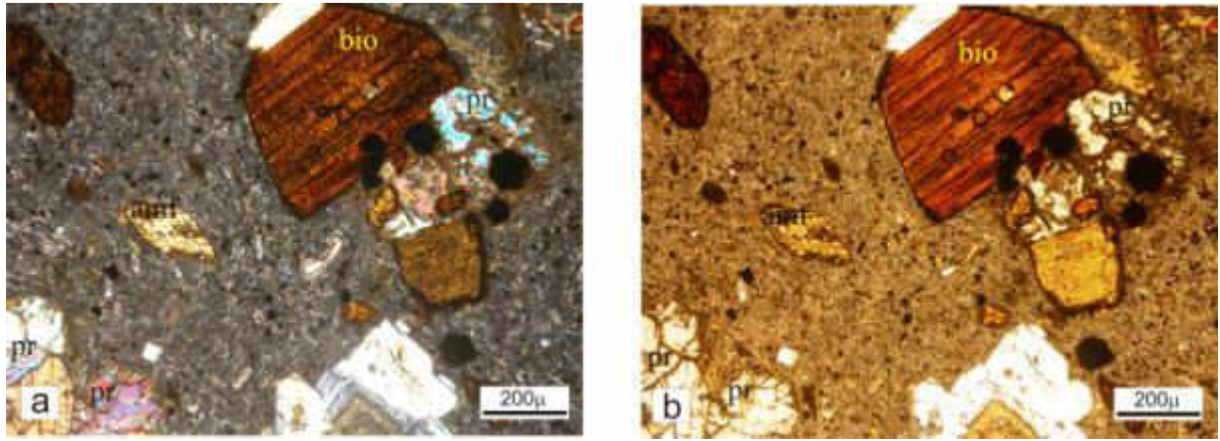
#### 4.1.2.1.1 Çan Volkanitlerinin Petrografik Özellikleri

##### **Andezit**

Çalışma alanında geniş yayılım sunan andezitlerin genel mineral bileşimleri amfibol+ piroksen+ feldspat+ plajyoklas+ biotit+ kuvarsdan oluşmaktadır (Şekil 31). Amfiboller çift nikolde özşekilli, tek nikolde ise belirgin röliyefi ve çift yönlü dilinimi ile ayırt edilmektedir. Kayaç içerisinde büyük oranda bulunan piroksenler ise çift nikolde mavimsi sarımsı girişim



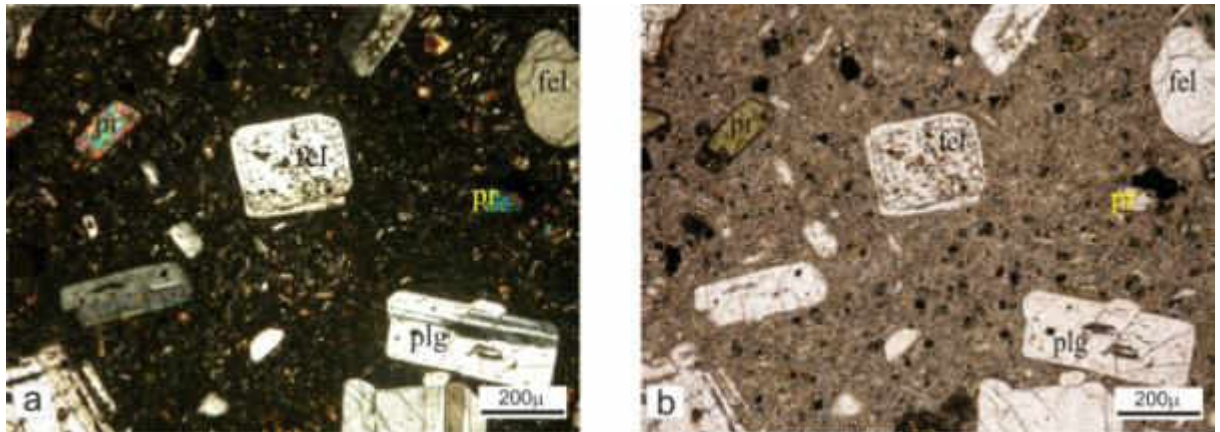
renklerine sahip ve tek nikelde belirgin röliyefi ile tanınmaktadır. Fenokristalleri oluşturan feldspatlar çift nikelde grimsi sarı renkli genellikle özşekilli olarak gözlenmektedir. Feldspatlar kenarlarından itibaren killere dönüşmüştür. Bir diğer fenokristal olan plajioklaslar ise çift nikelde polisentetik ikizlenme ile ayırt edilmektedir. Biyotitler tek nikelde tek yönde dilinimi ve kahverengi pleokroizması ile kolaylıkla tanınmaktadır. Andezitler genel olarak porfirik dokuludur. Ayrıca farklı büyüklükteki plajioklas ile piroksen minerallerinin kümelenmesiyle oluşan glomeroporfirik doku gözlenmektedir.



Şekil 31. Andezit örneklerinin mikroskop altında genel görünümü (Çift nikol (a), Tek nikol (b), bio: biyotit, pr: piroksen, amf: amfibol)

### **Trakiandezit**

Trakiandezitlerin genel mineral bileşimi amfibol+ biyotit+ feldspat+ piroksen+ plajioklasdan oluşmaktadır (Şekil 32). Amfiboller özşekilli, belirgin röliyefe ve çift yönlü dilinime sahiptir. Plajioklaslar çift nikelde grimsi sarı renkte ve polisentetik ikizlenme göstermektedir. Feldspatlar ise özşekilli ve zonlanma gösterir. Trakiandezitlerde genel olarak porfirik doku gözlenmektedir. Matriks plajioklas mikrolitlerinden oluşmaktadır.



Şekil 32. Trakiandezit örneklerinin mikroskopik görünümü (Çift nikol (a), Tek nikol (b), plg: plajioklas, pr: piroksen, fel: feldspat)



### **Bazalt**

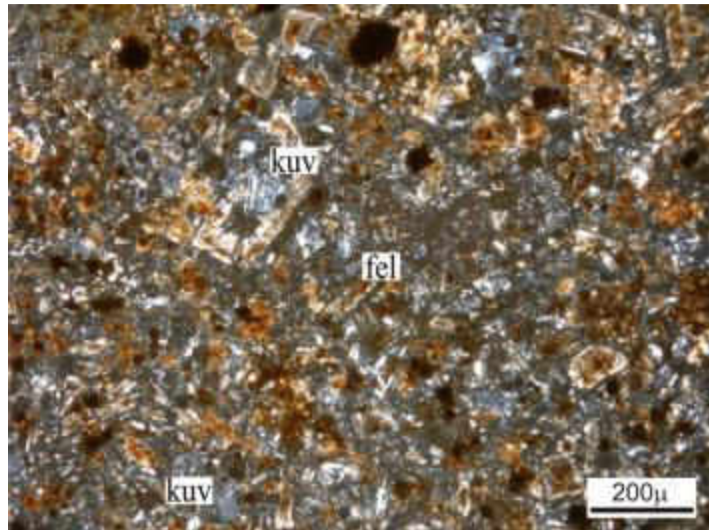
Bazaltların genel mineral bileşimi piroksen+ plajiolkastan oluşmaktadır (Şekil 33). Mineralojik olarak büyük bölümü oluşturan piroksenler mavimsi pembemsi renklere olup belirgin roliyefi ile ayırt edilmektedir. Plajiolkastar polisentetik ikizlenme göstermekte ve bazı bölgelerde iç içe geçmiş plajiolkast kristalleri şeklinde gözlenmektedir. Bazaltlarda genel olarak mikrolitik doku vardır.



Şekil 33. Bazalt örneklerinin mikroskopik görünümü (Çift nikol (a), Tek nikol (b), plg: plajiolkast, pr: piroksen)

### **Tüf**

Tüflerin genel mineral bileşimleri feldspat+ plajiolkast ve daha az oranda kuvarstan oluşmaktadır (Şekil 34). Feldspatların çoğunluğu killeşmiştir. Tüflerde genel olarak camsı doku gözlenmektedir.

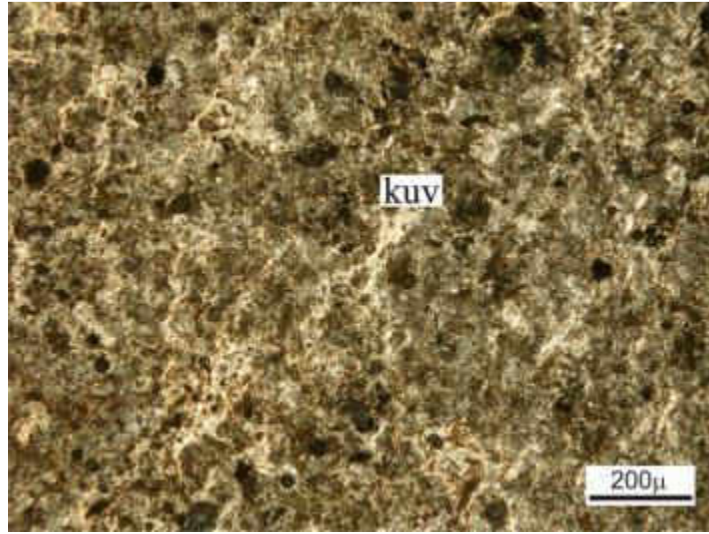


Şekil 34. Tüf örneklerinin mikroskopik görünümü (Çift nikol, kuv: kuvar, fel: feldspat)



## **Silika**




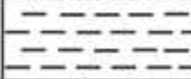
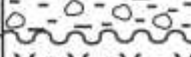

Büyük oranda kuvars minerallerinden oluşan silikada ayrıca plajiolklas+ epidot+ opak mineraller de bulunmaktadır. Kuvarların tane boyutları genellikle mikrokristalin boyutta olup, çift nikolde beyaz ve gri renklerde gözlenmektedir (Şekil 35). Plajiolklas mineralleri polisentetik ikizlenme göstermekte olup, bu minerallerin de büyük çoğunluğu killeşmiştir. Matriks küçük kuvars kristallerinden oluşmaktadır. Epidot minerali küçük kristaller şeklinde, çift nikolde sarı, pembe girişim renklerine sahip ve tek nikolde yüksek roliyeflidir.



Şekil 35. Silika örneğinin mikroskopik görünümü (Çift nikol, kuv: kuvars)

### **4.1.2.2 Çan Formasyonu (Ts)**

Biga Yarımadası'nın iç kesimlerinde, Çan yöresinde yüzeyleyen ve kumtaşı, çamurtaşı, bütümlü şeyl, tuf, volkanoklastik kayalar ve kömürden oluşan kayaç topluluğu ilk kez Hezarfen (1976) tarafından Çan formasyonu olarak tanımlanmıştır. Gürdal ve Bozcu (2011), Çan formasyonun yüzeylediği alanlarda başlıca konglomera, kumtaşı, kiltası, linyit, organik maddeli kiltası, aglomera, tuf, tüfit gibi heterojen litolojilerden oluştuğunu belirtmiştir (Şekil 36). Çan formasyonu, Erken-Orta Miyosen'deki volkanizma ile eş zamanlı olarak, faylarla sınırlanmış birbirinden izole ufak gösel havza çökellerini temsil eder (Siyako vd., 1989). Tip kesit yeri Çan ilçesinin kuzeybatısında yer alan Çan kömür işletmesidir (İlgar vd., 2012). Bu formasyona ait 250 m kalınlık ölçülmüştür (Siyako vd., 1989). Bozcu vd. (2008), Çan havzasında hazırladıkları ölçülü kesitlerle Çan formasyonunun kalınlığının 60 ile 270 m arasında değiştiğini belirtmiştir. Çan-Etili linyit havzasında genel olarak flüvyatil ve gösel kırıntılılar ile volkano-klastiklerden oluşan birim içerisinde yer alan kömür damarı ortalama 17 m kalınlık sunmakta olup, yöreden yöreye 0-38 m arasında değişen kalınlıklar gösterir (Bozcu vd., 2008).

Yaş	Formasyon	Kalınlık (m)	Litoloji	Açıklama
Erken-Orta Miyosen	Çan	60.00		Kiltaş, tuf Kumlu siltaşı, kiltaş
		25.00-30.00		İnce tabakalı, laminalı siltaşı ve organik kiltaş
		17.00		Linyit
		8.00		Koyu gri organik şeyl
		2.00		Konglomera
		Çan Volkanitleri		

Şekil 36. Çan formasyonunun stratigrafik dizilimi (Gürdal ve Bozcu, 2011)

Keçiğılı köyü güneybatısında yüzlek veren Çan formasyonu, çalışma alanında geniş yayılım sunan Çan volkanitlerinin üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Keçiğılı ile Hacıkasım köyleri arasındaki açık kömür işletmeleri, birimin çalışma alanında iyi mostra verdiği alanlardır (Şekil 37).



Şekil 37. Açık kömür işletmesinde Çan formasyonuna ait sedimanter birimler

Bozcu vd. (2008), çalışma alanında yer alan açık kömür işletmelerinden birindeki şevi ölçülü stratigrafik kesit ile tanımlamışlardır. Çan formasyonu altta ayrıışmış volkanitler ve aglomera birimi üzerine ince bir kil düzeyi ile başlamaktadır. Kil düzeyi üzerinde kalınlığı yanal yönde kısa mesafelerde değişkenlik gösteren, ortalama kalınlığı 4-6 m arasında değişen iki linyit düzeyi bulunur. Linyit düzeyi üzerinde ise yeşilimsi gri kil, killi silttaşı ve kumtaşı araldanması şeklinde devam eden ve üste doğru jips mineralli, yapraklı kiltası, marn, sarımsı beyaz renkli tüfitlere geçen bir istiflenme sunmaktadır (Şekil 38) (Bozcu vd., 2008).





aşmalı geometri sunan, doğrultu atımlı faylar ve bunlarla ilişkili çek-ayır havzaları ve/veya sıkıştıran büklüm alanları ile karakterize edilmektedir.

Çalışma alanında gelişen yapısal unsurlar; uyumsuzluklar, faylar, kıvrımlar, tabaka doğrultu ve eğimleri, eklem çatlak sistemleri ve heyelanları içermektedir.

#### **4.1.3.1 Uyumsuzluklar**

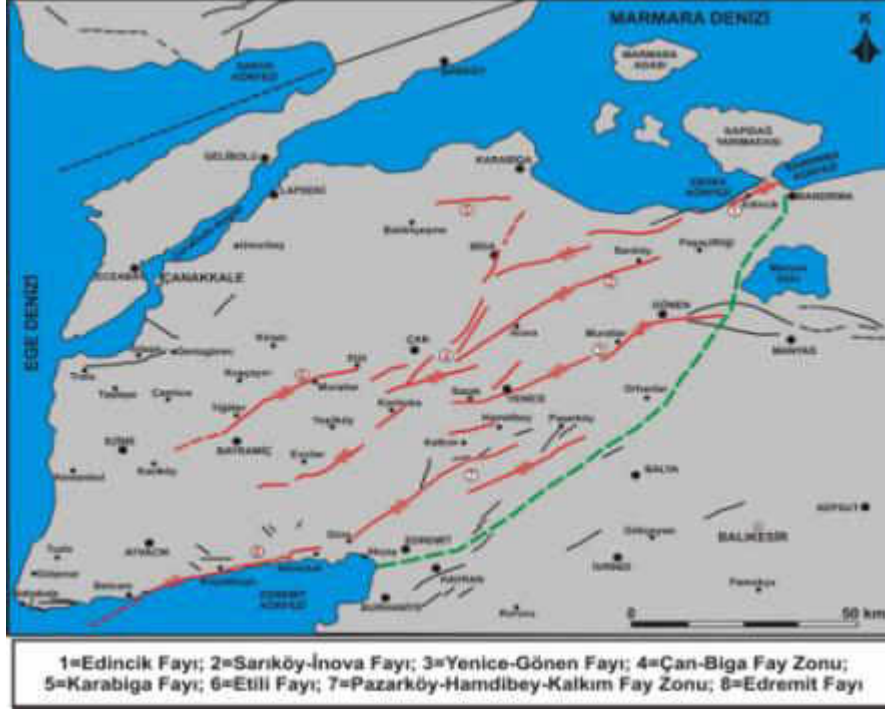
Andezitik, dasitik ve trakiandezitik lavlardan oluşan Geç Oligosen-Erken Miyosen yaşlı Çan volkanitleri, kendinden yaşlı birimleri keserek yerleşmiştir. Çan volkanitlerinin üzerine Alt-Orta Miyosen yaşlı kırıntılı sedimanlardan oluşan Çan formasyonu açısal uyumsuzlukla yerleşmiştir.

#### **4.1.3.2 Faylar**

Biga Yarımadası'ndaki faylar önceki çalışmalara ait jeolojik haritalar, Landsat ve Aster görüntüleri ve arazi gözlemleri ışığında 3 ana gruba ayrılmaktadır, bunlar; KD, D ve KB gidişli faylardır (Yiğit, 2012). Kuzey Anadolu fayının batı kolu, pull-apart havzaları oluşturarak, Oligo-Miyosen dönemindeki sedimantasyon ve volkanik aktiviteyi kontrol etmiştir (Yiğit, 2012).

Bozcu vd. (2008), Çan-Etili linyit havzasında köken ve gelişim zamanlarına göre iki grup fay belirlemiştir. Bunlar; sinsedimanter büyüme fayları ve post sedimanter tektonik kökenli faylardır. Bu faylar, genel olarak KD-GB, D-B ve KB-GD doğrultularında uzanım gösterirler.

Etili ile Bayramiç'in kuzeybatısı arasında uzanan ve Şaroğlu vd. (1992) tarafından hazırlanan Türkiye diri fay haritasında, yaklaşık 50 km uzunluğunda bir aktif fay olarak haritalanan Etili fayı, bir vadi konumdadır (Şekil 39). Biga Yarımadası'nda en bilinen faylardan biri olan Etili fayı, Kuzey Anadolu fayının kollarından biri olan KD-GB gidişli sağ yönlü yanal atımlı bir faydır (Grieve, 2009). Bozcu vd. (2008), Üst Miyosen-Pliyosen döneminde gelişen Etili fayının, yaklaşık KD-GB doğrultulu, fay düzlemi sağ oblik atım bileşeni de gösteren yanal atımlı bir fay olduğunu belirtmiştir. Etili fayı 06.03.1737 tarihinde bir deprem üretmiş olup, bu deprem sonucunda Etili'de 49 km uzunluğunda yüzey kırığı olduğu rapor edilmiştir (Ambraseys ve Jackson, 2000). Çalışma alanında Etili fayının yüzey kırık izine rastlanılmamıştır.



Şekil 39. Biga Yarımadası'ndaki aktif faylar (Şaroğlu vd., 1992)

Terk edilmiş kömür ocaklarında, Çan formasyonunda gelişen normal faylar tespit edilmiştir (Şekil 40).



Şekil 40. Çan formasyonunda gelişen normal faylar (Koordinat: 487840-4423620, bakış yönü: KD'dan GB'ya)



#### 4.1.3.3 Kıvrımlar

Çan formasyonunun hem çökelimi sırasında gelişen tektonik olaylar hem de çökeliminden sonra gelişen tektonik olaylar birimi etkilemiştir. Fay düzlemlerine yakın kesimlerde tabakalarda eğimlenmeler ve kıvrımlanmalar gelişmiştir. Terk edilmiş kömür ocaklarında küçük ölçekli antiklinal ve senklinal varlığı saptanmıştır (Şekil 41).



Şekil 41. Çan formasyonunda gelişen devrik antiklinal (Koordinat: 487353-4423983, bakış yönü: KB'dan GD'ya)

#### 4.1.3.4 Tabaka Doğrultu ve Eğimleri

Çan formasyonu tektonik etkilerden oldukça etkilenmiş olup, çok kısa mesafelerde eğim ve doğrultularında önemli değişiklikler görülmektedir. Çalışma alanında, Çan formasyonuna ait tabakalar 5 ile 43 derece arasında değişen eğimlere sahiptir. Hacıkasım köyü güneydoğusundaki linyit işletmesinde birimin konumu yataya yakın iken (Şekil 42), bu işletmenin yaklaşık 300 m kuzeybatısındaki başka bir işletmede tabakaların konumu 33 derece GD'ya eğimlidir (Şekil 43).



Şekil 42. Çan formasyonunun yataya yakın tabakalı konumlarının görünümü (Koordinat: 488036-4423838, bakış yönü: GD'dan KB'ya)



Şekil 43. Çan formasyonunun faylanma ile eğim kazanmış linyit içeren tabakalarının görünümü (Koordinat: 487455-4423990, bakış yönü: GD'dan KB'ya)



#### 4.1.3.5 Eklem ve Çatlaklar

Volkanik kayalar içinde, volkanizmanın soğuması sırasında gelişen düzgün eklem ve çatlaklara rastlanılmaktadır. Bu eklem ve çatlaklar, volkanik kayalar için akma düzlemlerini oluşturmaktadır (Şekil 44).



Şekil 44. Keçiağılı köyü girişinde andezitik lavlarının akma yönü (Koordinat: 489389-4422688, bakış yönü: GD'dan KB'ya)

#### 4.1.3.6 Heyelanlar

Keçiağılı ile Hacıkasım köyleri arasında işletilen kömür ocaklarında, Çan formasyonunun heterojen litolojisi, yüzey sularının etkisi ile killi seviyelerin şişmesi ve basamak şev açısının düzgün olmayışı faktörlerinin bir araya gelmesi ile hafriyat sırasında yersel heyelanlar oluşmuştur (Şekil 45). Heyelanlar, Çan formasyonunun içerisindeki fayların zayıflık zonlarını kayma düzlemleri olarak kullanmıştır. Uygun yöntemler kullanılmadan, bilinçsizce yapılan açık ocak işletmeciliği sonucunda oluşan heyelanlar, firmalara büyük sıkıntılar yaşatmış ve firmalar ocaklarını terk etmek zorunda kalmıştır.



Şekil 45. Kömür ocakları çevresinde gözlenen heyelanlar

## 4.2 Hidrojeokimya

### 4.2.1 Asit Maden Göllerinin Fizikokimyasal Özellikleri

Çalışma alanında bulunan asit maden göllerinde fizikokimyasal parametre (pH, redoks potansiyeli, sıcaklık, elektriksel iletkenlik ve tuzluluk) ölçümleri yapılmıştır. Bu kavramlar aşağıda açıklanmıştır.

**pH**, herhangi bir çözelti içindeki  $[H^+]$  aktivitesinin eksi logaritması olarak tanımlanır. pH, sudaki hidrojen iyonu derişiminin ölçüsü olup, sudaki asit ve bazlar arasındaki dengeyi göstermektedir (Savaşçın vd., 2005). Eğer  $H^+$  derişimi  $OH^-$  derişiminden fazla ise çözelti asidik; yani pH değeri 7 den düşük, Eğer  $OH^-$  derişimi  $H^+$  derişiminden fazla ise bazik; yani pH değeri 7 den büyüktür.  $OH^-$  ve  $H^+$  iyonlarından eşit miktarlarda mevcutsa, pH 7 değerine sahip olmak üzere nötrdür. Asitler ve bazlar arasındaki ilk tanım 1884 yılında, İsveçli kimyacı Svante Arrhenius tarafından, doktora tezindeki elektrolit ayrışma teorisinde "suda çözüldüğünde  $H^+$  iyonu açığa çıkaran maddeler asit, suda çözüldüğünde  $OH^-$  iyonu açığa çıkaran maddeler bazdır" şeklinde tanımlanmıştır (<http://www.uwec.edu/chemistry/>).

**Redoks potansiyeli (Eh)**, 1 mol oksidandan H'e elektron transferi sırasında kazanılan enerji olarak tanımlanır. Birimi volt'tur. Okside olmuş veya indirgenmiş şekilde bulunan herhangi bir maddenin, standart şartlarda hidrojene göre elektron çekimini ölçen bir elektrokimyasal ölçümdür (Şahinci, 1986). Ölçülen elektrovolt ortamda indirgenme varsa (-), yükseltgenme varsa (+) değer olarak alınır (Şahinci, 1991). Freeze ve Cherry (2003), sudaki metal taşınımı incelenirken pH ile Eh değerlerinin birlikte değerlendirilmesi gerektiğini belirtmiştir.

**Sıcaklık (T)**, coğrafi konum, yükselti, mevsim, akarsu debisi, derinlik gibi parametrelere bağlı olarak değişim gösterir. Sıcaklığın pH üzerinde etkisi vardır, doğal suların 30 °C'daki pH değeri 6,9 iken 0 °C'da ölçülen pH değeri 7,5'dir (Doğdu, 2004).

**Elektriksel iletkenlik (EC)**, suların elektrik akımını iletebilme özelliğinin sayısal olarak ifadesi olup, sulardaki çözünmüş toplam iyon miktarı ile elektriksel iletkenlik arasında genellikle



doğrusal bir ilişki vardır (Şahinci, 1991). Birimi micromho/cm veya nümerik olarak aynı olan mikrosiemens/cm şeklinde ifade edilir ve sıcaklık standart olarak laboratuvar ölçümlerinde 25 °C olarak alınır. Elektriksel iletkenlik sudaki çözünmüş iyon miktarı ve sıcaklık ile doğru orantılı olarak her 1 °C derecede % 1,9 mertebesinde değişmektedir (Hem, 1985).

**Tuzluluk (Sal)**, farklı tuzların (sodyum klorür, magnezyum, kalsiyum sülfat ve bikarbonat vb.) değerlerinin tanımlanmasında kullanılmaktadır. Birimi ‰ olarak ifade edilir, deniz suyunun ortalama tuzluluk oranı ‰ 35'dir (Janisch, 1994; Can vd., 2002). Su içinde bulunan tuz miktarı elektrik iletme kabiliyeti ile doğrudan ilişkili olup, tuzluluk elektriksel iletkenlik ile orantılı olarak artmaktadır.

Tablo 2'de bazı fizikokimyasal parametrelere ait limit değerler sunulmuştur. Tuzluluk ve redoks potansiyeli hakkında literatürde limit değere rastlanılmamıştır.

Tablo 2. Bazı fizikokimyasal parametrelere ait limit değerler

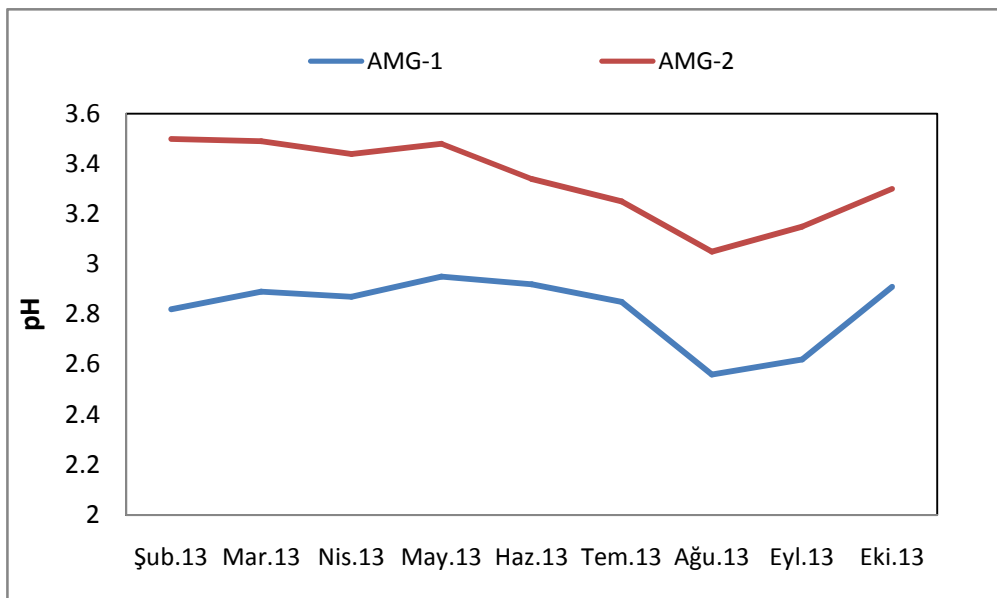
Fizikokimyasal parametre	TS266, 2005		WHO, 2006	İTASHY, 2005	EPA, 2003
	İçme ve kullanma suları	Kaynak suları			
pH	6,5	9,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5
EC (µS/cm)	650-2500	650	-	-	-
Sıcaklık (°C)	25	-	-	25	-

Çalışma alanında fizikokimyasal parametre ölçümleri Şubat 2013 ile Ekim 2013 ayları arasında, her ay düzenli olarak yapılmıştır (Tablo 3). Yapılan ölçümlere göre, 2 gölde ortalama pH değeri 3,06'dir. Maksimum pH değeri Mart ayında yağışlı dönemde, AMG-2'de ölçülen 3,49'dur. Minimum pH değeri ise Ağustos ayında AMG-1'de ölçülen 2,56'dır. Mills (1999), atmosferik oksidasyon koşullarında özellikle çok yağışlı mevsimler tepkimelerin taşınma kontrollü olduğu belirtmiştir. Yapılan düzenli ölçümler, yağışlar ile artan su debisinin asit maden drenajının seyrelmesini sağlayarak, yaz aylarına nazaran pH değerinin daha yüksek olduğu saptanmıştır (Şekil 46). AMG-1 ve AMG-2 arasında zamana bağlı pH değişimi birbiri ile uyumludur.



Tablo 3. Asit maden göllerinin fizikokimyasal analiz sonuçları

Dönem	Adı	pH	Eh (mV)	T (°C)	EC (µS/cm)	Sal (‰)
Şubat-2013	AMG-1	2,82	226	11,9	3120	1,5
	AMG-2	3,5	201	11,6	2410	0,9
Mart-2013	AMG-1	2,89	228	15,1	3110	1,5
	AMG-2	3,49	196	15,4	2390	1
Nissan-2013	AMG-1	2,87	233	21,1	3140	1,5
	AMG-2	3,44	199	21,5	2450	1,1
Mayıs-2013	AMG-1	2,95	235	19,7	4040	2
	AMG-2	3,48	195	20,1	2790	1,4
Haziran-13	AMG-1	2,92	233	23,4	4120	2,1
	AMG-2	3,34	215	22,9	3110	1,5
Temmuz-13	AMG-1	2,85	226	26,9	4380	2,3
	AMG-2	3,25	214	27,2	3280	1,6
Ağustos-2013	AMG-1	2,56	236	26,5	5040	2,7
	AMG-2	3,05	207	27,9	3590	1,8
Eylül-2013	AMG-1	2,62	238	25,2	4710	2,5
	AMG-2	3,15	223	25,4	3310	1,6
Ekim-2013	AMG-1	2,91	224	18,7	4620	2,4
	AMG-2	3,3	200	17,8	2890	1,4
Minimum		2,56	195	11,6	2390	0,9
Maksimum		3,5	238	27,9	5040	2,7
Ortalama		3,06	213	14,85	3005	1,45



Şekil 46. Zamana bağlı pH değişimi



Atmosferik koşullardan kolaylıkla etkilenen asit maden göllerinin sıcaklık değerleri 11,6-27,9 °C arasında değişmektedir. Sracek vd. (2004), yüzey sularının sıcaklık değerleri coğrafi konum, yükseklik, mevsim, su kütlesinin derinliği ve hatta gün içerisinde ölçüm yapılan saatten bile etkilendiğini belirtmiştir. Eh değerleri, düşük pH ve yüksek demir konsantrasyonuna sahip sularda anlamlı sonuçlar vermektedir (Nordstrom vd., 1979; Sracek vd., 1994). Asit maden göllerinin ortalama Eh değerleri 195-238 mV arasında ölçülmüştür. Eh değerleri, asit maden göllerinde yüksek olan demir konsantrasyonun baskın olan  $Fe^{2+}/Fe^{3+}$  redoks çiftinin varyasyonlarından etkilenmektedir. Asit maden göllerinde ölçülen yüksek EC değerleri, göllerin yüksek iyon konsantrasyonu varlığının işaretidir. Göllerin ortalama EC değerleri 3005  $\mu S/cm$ 'dir. Asit maden göllerindeki minimum Şubat ayında EC değeri AMG-2'de ölçülen 2390  $\mu S/cm$ , maksimum EC değeri ise Ağustos ayında AMG-1'de ölçülen 5040  $\mu S/cm$ 'dir. AMG'lerin tuzluluk değerleri ortalama olarak ‰ 0,9-2,7 arasında ölçülmüştür. Tuzluluk değerleri, elektriksel iletkenlik değerleri ile uyumlu değişim göstermektedir.

#### 4.2.2 Majör İyonlar

Doğal suların toplam iyon içeriğinin % 90'dan daha yüksek oranı oluşturan sodyum, kalsiyum, magnezyum, potasyum, klorür ve sülfat iyonları majör iyonlar olarak adlandırılmaktadır. Bu elementlerin sudaki miktarı ve önem sıraları her su noktasında farklılık gösterir.

**Sodyum ( $Na^+$ )**, alkali metaller (Na, Li, K, Rb, Cs) arasında yer kabuğunda en fazla bulunanı olup, bulunma oranı % 2,5 (Şahinci, 1986). Magmatik kayalar, kil mineralleri, feldspatlar, feldspatoidler, evaporitler (NaCl gibi) sodyum içeren başlıca kayalar ve minerallerdir (Goldschmidt, 1958; Kaçaroğlu 1991).

**Potasyum ( $K^+$ )**, yer kabuğunda sodyum ile neredeyse eşit miktarlarda (% 2,5) bulunmaktadır. Magmatik kayalarda sodyum, sedimanter kayalarda ise potasyum egemendir (Şahinci, 1986). Feldspatlarda (ortoklas, mikroklin), mikalarda, feldspatoyidlerde ve kil minerallerinde bulunur (Rankama ve Sahama, 1964). Doğada oldukça yaygın bulunmasına karşın doğal sularda genellikle birkaç mg/l düzeyinde bulunur (Kaçaroğlu, 1991).

**Kalsiyum ( $Ca^{2+}$ )**, ağırlık yüzdesine göre, yer kabuğunda oksijen, silisyum, alüminyum ve demirden sonra beşinci (% 3,5) olarak bulunur (Şahinci, 1986). Magmatik kaya minerallerinin başlıca elementlerinden biri  $Ca$ 'dur. Özellikle silikat zincirlerinde, piroksen, amfibol, feldspat ve plajjoklaslarda bulunur (Şahinci, 1991).

**Magnezyum ( $Mg^{2+}$ )**, yer kabuğunda sekizinci (% 2) sırada bulunmaktadır (Şahinci, 1986). Magnezyum, kalsiyumdan sonra yeraltı sularında en fazla rastlanan katyondur. Doğal



sularda magnezyumun kaynağı dolomitlerdir. Ayrıca magnezyum; olivin, piroksen (diyopsit), amfibol ve mikalardan da kaynaklanabilir (Altinkale, 2001).

**Klorür (Cl<sup>-</sup>)**, halojen grubunun (Cl, F, Br, I) bir elementi olup, yer kabuğunda on altıncı (% 0,045), tatlı sularda ise altıncı sırada yer alır (Şahinci, 1991). Doğada geniş bir yayılım sunar ve sodyum klorür, potasyum klorür ve kalsiyum klorür şeklinde bulunur. Klorür deniz suyundan, evaporitlerden, yağmur ve kar suyundan ya da atmosferden gelebilir. Ayrıca sodalit, biyotit, hornblend gibi magmatik kökenli minerallerde ve şeyllerde klorür iyonu bulunur (Feth, 1981; Hem, 1985). Çok yüksek değerler ise evaporitlerle ilişkilidir (Feth, 1981).

**Sülfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)**, sularda bikarbonat ve klorürden sonra en yaygın bulunan anyondur (Yalçın ve Gürü, 2002). Kükürt elementi, indirgenmiş halde metal sülfürleri olarak magmatik ve sedimanter kayalarda yaygın olarak bulunmaktadır. Kükürtlü mineraller su ile temas ederek bozdukları zaman oksitlenerek SO<sub>4</sub> iyonları oluşur ve bu iyonlar suya geçmektedir. Doğal sulardaki sülfatın başlıca kaynakları sedimanter kayalar (özellikle jips, anhidrit, şeyl), magmatik kayalar, piritin oksidasyonu ve organik maddelerdir (Şahinci, 1986; Kaçaroğlu, 1991; Tarcan, 2004).

Tablo 4'de majör iyonların limit değerleri sunulmuştur. Bu sınır değerler içilebilecek nitelikteki her türdeki suyu kapsamaktadır. K, Ca, Mg iyonları ile ilgili literatürde herhangi bir limit değeri belirtilmemiştir.

Tablo 4. Standartlara göre içme sularında bulunabilecek majör iyon konsantrasyonları limit değerleri (mg/l)

Majör iyon	Bulunabilecek en yüksek değer			
	TSE, 2005	EPA, 2004	İTASHY, 2005	WHO, 2006
Na	200	-	200	200
Cl	250	250	250	250
SO <sub>4</sub>	250	250	250	250



Tablo 5. Asit maden göllerinin Nisan-2013 dönemine ait major iyon analiz sonuçları (mg/l)

Göl Adı	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO <sub>4</sub>	Su tipi	İyon dizilimi
AMG-1	255,8	127	54	2	75,2	3000	Ca-SO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub> > Ca> Mg> Na> Cl> K
	250,6	119,2	52	1,9	71,5	2950		
	245,9	129,1	55,1	2,1	73	2890		
	259,1	121	49,9	2	69	3010		
	247,3	118,3	50,6	1,8	70,4	2960		
AMG-2	294,2	92	156	11	95,41	1900	Ca-SO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub> > Ca> Na> Mg> Cl> K
	285,4	95	144	10	92	1930		
	279,6	89,5	162	12,2	90,5	1880		
	290,6	97,6	154,3	11,6	86,7	1910		
	285	93,4	160,7	12,1	90,9	1890		

Tablo 6. Asit maden göllerinin Eylül-2013 dönemine ait major iyon analiz sonuçları (mg/l)

Göl Adı	Ölçüm noktası	Derinlik (m)	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO <sub>4</sub>	Su tipi
AMG-1	1_1	0	418,2	214	92	3	75,2	4060	Ca-SO <sub>4</sub>
	1_2	1-2	405,3	212,3	91,6	2,5	71,9	3955	
	2_1	0	402,6	208,3	89,5	2,9	74	4000	
	2_2	1-2	398,6	205,9	90,5	2,7	70,6	3860	
	3_1	0	410,8	212	85,6	2,9	71,2	4110	
	3_2	1-2	405,4	200,6	82,6	2,5	71,9	4010	
	4_1	0	400,9	205,6	90,5	3	69	3985	
	4_2	1-2	384,7	204,4	89,4	3	70,5	3650	
	5_1	0	425,7	201,5	93,7	3,2	76,3	3990	
	5_2	1-2	420	198,2	90,1	3	75,1	3875	
AMG-2	1_1	0	361,3	113	197	15	104,7	2250	Ca-SO <sub>4</sub>
	1_2	1-2	365,7	114,9	185,6	12,8	100,6	2090	
	2_1	0	358,7	110,5	186	14	101	2200	
	2_2	1-2	340,6	100,7	178,9	11,6	99,8	2150	
	3_1	0	365,9	109,4	191,5	15	99,6	2165	
	3_2	1-2	335,8	99,6	190,2	14,7	95,4	2095	
	4_1	0	371	105,6	185,2	13,5	109	2090	
	4_2	1-2	354,2	107,9	184	13	110,6	1985	
	5_1	0	359,4	119	190,8	16	105,4	2170	
	5_2	1-2	350,8	100,1	188,3	16	101,8	2010	

Asit maden göllerinde yapılan su kimyası analiz sonuçlarına göre baskın olan anyon SO<sub>4</sub>, baskın olan katyon ise Ca'dur (Tablo 5 ve Tablo 6). Farklı yüzey lokasyonlarından alınan örneklerde anlamlı bir değişiklik saptanmamıştır. Nisan ve Eylül ayları arasında mevsimsel olarak major iyon konsantrasyonlarında artış saptanmıştır.



Eylül-2013 döneminde farklı derinliklerden alınan örneklerde Ca ve SO<sub>4</sub> konsantrasyonlarının artan derinlikle birlikte azaldığı, Mg, Cl, K ve Na değerlerinde derinlik artışı ile çok büyük bir değişim gözlenmediği saptanmıştır. AMG-1'in majör iyon dizilimi; SO<sub>4</sub>> Ca> Mg> Na> Cl> K, AMG-2'nin ise SO<sub>4</sub>> Ca> Na> Mg> Cl> K şeklindedir. Maksimum Ca konsantrasyonu Eylül-2013 döneminde AMG-1'de ölçülmüş olup, 425,7 mg/l'dir. Maksimum sülfat konsantrasyonu ise AMG-2'de 4110 mg/l olarak ölçülmüştür. Yılmaz (2003), Biga Yarımadası'nda sülfat tipi baskın suların asit sülfat hidrotermal alterasyonu sonucu oluşan piritlerden kaynaklandığını ifade etmiştir.

#### 4.2.3 Elementler

Asit maden göllerinde analiz sonuçlarına göre en yüksek konsantrasyonda olan As, Al, Fe, Mn, Ni, S ve Zn elementleri seçilerek, değerlendirilmiştir.

**Alüminyum (Al)**, yer kabuğunda 3. bol bulunan element (% 8,6 oranında) olup, pH'ı 5-9 arasındaki sularda Al değeri 1 mg/l'den az iken, asidik sularda bu değer 100 mg/l'ye erişebilmektedir (Şahinci, 1986). Alüminyum birçok kayaç grubunun yapısında bulunan alüminosilikatların bünyesindeki ana elementlerden biridir, gibsitin çözünür hale geldiği pH< 5 olan ortamlarda Al konsantrasyonları yüksek olur (Akçay, 2002). WHO (1997), AMD'ndan etkilenen sulardaki Al miktarının 90 mg/l üzerinde olduğunu belirtmiştir. pH aralığı 5,5-6 olan saf suda Al minimum çözünürlükte olur, pH değeri düştükçe toplam çözünmüş Al konsantrasyonu artar (ISO, 1994). Sudaki Al kimyası oldukça karışıktır, birçok kimyasal parametre ve çözeltinin pH'ı, sulu çözeltideki Al'un hangi türünün var olacağını belirler (WHO, 1998).

**Arsenik (As)**, kalkofil bir elementtir, kayaç oluşturan minerallerde As<sup>3+</sup> ve As<sup>5+</sup> şeklinde bulunur. EPA (2003), arseniğin doğal kaynakları arasında kaplıcalar, volkanik kayalar, çöküntü kayaları, başkalaşım kayaları, deniz suyu yer aldığını belirtmiştir. Doğal sularda arsenik oluşumu akiferin jeolojik, hidrojeolojik ve jeokimyasal özelliklerine bağlıdır. Doğadaki arseniğin en önemli kaynağı sülfür mineralleridir. Arsenik içeren en önemli mineraller arasında; orpiment, realgar, arsenopirit, loellingite, nikelin, enarjit yer almaktadır (Matschullat, 2000; Bissen ve Frimmel, 2003). Cevher kuşaklarında rastlanan en önemli arsenik minerali; arsenikli pirittir (Nordstrom, 2003). Düşük pH'lı indirgen ortamlarda sülfürün bulunması ile bileşikler duraylılıklarını kaybeder ve değişik As sülfürler şeklinde çökeler. Sülfürlü minerallerin (özellikle pirit) yoğun olduğu ve oksitlendiği bölgelerde içme sularında yüksek arsenik konsantrasyonlarına erişebilir (Akçay, 2002).

**Demir (Fe)**, yer kabuğunda Al'dan sonra ikinci bol bulunan metal olup, Fe<sup>2+</sup> ve Fe<sup>3+</sup> değerliklerine sahiptir. Demirin jeokimyasal özellikleri sıkı bir şekilde oksijen, kükürt ve karbona bağlıdır (Şahinci, 1986). Demir, redoks aktif bir element olması nedeniyle ortamın



jeokimyası hakkında önemli bilgiler sağlar (Balcı vd., 2009). Demir özellikle piroksen, amfibol, magnetit, pirit, biyotit, ve granat gibi demirli minerallerin bozunması ile orta çıkmaktadır (Şahinci, 1991). Yüzey ve yeraltı sularında bulunan demir; kayalardan, topraktan, organik atıklardan, kömür küllerinden, kömür yatakları drenaj sularından kaynaklanır (Kaçaroğlu, 1991). Demirin yeraltı suyunda bulunuş şekli, akiferin oksijen dengesine bağlıdır. Bu denge esas olarak; akiferin jeolojik yapısı ve karakteristikleri, mevsimsel çevrim, toprak ve temel kayaç tipi, demir bakterilerinin cinsleri ve akiferdeki yeraltı suyu akımı gibi faktörlerle ilişkilidir. Yeraltı suyunun demir içeriğini etkileyen diğer önemli faktörler oksidasyon-redüksiyon koşulları ve pH'tır (Hatva, 1989).

**Nikel (Ni)**, yer kabuğunda ortalama bolluğu 75 ppm olup, ultrabazik ve bazik kaya mineralidir, asidik kayalarda çok azdır (Şahinci, 1986). Ni, ferromagnezyen volkanik kayaç minerallerinde Fe ile yer değiştirebilir ve Fe-oksitler ve özellikle Mn-oksitler ile birlikte çökebilir. (Hem, 1985). Nikel magmatik kayalarda bulunan birçok mineralin yapısında bulunmaktadır. Olivin nikel içeren başlıca mineraldir. Magmatik kayaçların bozunmasıyla oluşan sedimanter kayaçlar ve toprak bir miktar nikel içerir (Goldschmidt, 1958; Rankama ve Sahama, 1964). Sulardaki nikel; kayalardan, topraktan ve fosil yakıtların kullanımından kaynaklanır. Nikel için jeokimyasal eşik, sülfid ve pH'tır. Asidik ortamlarda göçü hızlı olan nikel, alkali ve hidrojen sülfürün varlığında çökler.

**Mangan (Mn)**, yer kabuğunda 950 mg/l (% 0,09) olup, karasal bolluğu nedeniyle majör ve minör elementler arasında olan bir elementtir (Şahinci, 1991). Mangan genel olarak metamorfik ve magmatik kayalarda olivin, piroksen ve amfibol minerallerinde bulunur. Minerallerde  $Mn^{2+}$   $Mn^{3+}$  ya da  $Mn^{4+}$  olarak bulunabilir. Mn hidrolojik döngüye birçok normal ayrışma sürecinde  $Mn^{2+}$  olarak katılır ve  $Fe^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  ve  $Ca^{2+}$  iyonlarının yerine geçebilir. (Hitchon vd., 1999). Manganın akiferde bulunuşu esas olarak oksijen dengesine bağlıdır (Kaçaroğlu, 1991). Bu dengede akiferin jeolojik yapısı ve karakteristikleri, toprak yapısı, mangan bakterileri yeraltı suyu akım modeli, oksidasyon-redüksiyon koşulları ve pH gibi faktörlerle ilişkilidir (Hatva, 1989; Kaçaroğlu 1991).

**Çinko (Zn)**, magmatik kayalarda ortalama 70 ppm olup, daha çok ultrabazik ve bazik kayalarda bulunur (Şahinci, 1991). Volkanik ve magmatik kayalarda başlıca silikatlar, oksitler ve sfaleritin yapısında bulunur. Çinko, kil minerallerinin, Fe-oksitin ve organik maddenin yüzeyinde tutulur ve derin deniz killlerinde ve şeyllerde daha boldur (Hitchon vd., 1999). En yaygın Zn minerali sfalerittir. Çinko mineralleri sedimanter kayalarda ve toprakta (özellikle topraktaki humus tabakasında) oldukça yaygındır (Goldschmidt, 1958; Rankama ve Sahama, 1964). Sülfidlerin yıkanması sonucu ortaya çıkan asit maden suları yüzey sularındaki çinko konsantrasyonu yüksektir (Şahinci, 1986).



**Kükürt (S)**, yer kabuğunda % 0,06-0,09 oranında bulunmaktadır (Özgüner, 2005). Yüksek kimyasal etkinliği, bazı koşullarda çökebilene, tekrar kolayca suda çözünen kükürt bileşikleri doğal suların kimyasında önemli bir yer tutmaktadır (Şahinci, 1991). Yer kabuğunda kükürdün bulunuş şekli çözünmüş sülfat, çözünmüş sülfid, hidrojen sülfid, sülfat ve sülfid mineralleri şeklindedir. Tortul kayaçlar (çamur, şeyl), magmatik kayaçlardan altı kat fazla kükürt içerirler (Şahinci, 1986). Yüzey sularındaki çözünmüş kükürt kaynakları denizel aerosol, yağış, topraktaki ve evaporitlerdeki sülfatın çözünmesi, jeolojik devirlerdeki eski kayaçların yeraltı suyu tarafından çözünmesi, sülfid mineralleri ile organik kükürdün oksidasyonudur.

Standartlara göre bazı elementlerin limit değerleri Tablo 7'de sunulmuştur. Literatürde sülfür elementi için herhangi bir limit değer belirtilmemiştir.

Tablo 7. Standartlara göre bazı elementlerin limit değerleri ( $\mu\text{g/l}$ )

Element	Bulunabilecek en yüksek değer			
	TSE, 2005	EPA, 2004	İTASHY, 2005	WHO, 2006
Al	200	200	200	200
As	10	10	10	10
Fe	200	300	200	200
Mn	50	50	50	400
Ni	20	-	20	20
S	-	-	-	-
Zn	5000	5000	5000	5000

Tablo 8. Asit maden göllerinin Nisan-2013 dönemine ait element analiz sonuçları

Göl Adı	Al	As	Fe	Mn	Ni	Zn	S
	$\mu\text{g/l}$						mg/l
AMG-1	160764	3,5	47625,6	42097	509	2175	873
	155387	3,8	48935	41587	479	2046	798
	164732	3,1	50697	40635	486	2116	852
	161564	3,9	49631,5	41974	510	2087	837
	159463	3	46954,3	42127	527	2133	795
AMG-2	11521	2,4	8569	22305	403	880	574
	12187	2,5	8152	22179	395	795	556
	11964	2,4	8467	21972	381	857	547
	11298	2	8246	22794	364	861	598
	12043	2,2	8618	21914	356	809	551



Tablo 9. Asit maden göllerinin Eylül-2013 dönemine ait element analiz sonuçları

Göl Adı	Derinlik (m)	Ölçüm noktası	Al	As	Fe	Mn	Ni	Zn	S
			µg/l						
AMG-1	0	1_1	262155	4,5	98923	73783	866	3543	1237
	1-2	1_2	251986	3,5	95647	70195	861	3189	1096
	0	2_1	261844	4	97637	77645	752	3487	1120
	1-2	2_2	248367	3	94762	73145	740	3225	1057
	0	3_1	260379	3,5	95497	71697	961	3369	1285
	1-2	3_2	259713	2,9	95102	70541	847	3108	1124
	0	4_1	258637	4,6	99247	70982	1069	3401	1580
	1-2	4_2	247349	3,3	94268	69120	1012	3298	1345
	0	5_1	263879	3,8	96378	72894	892	3599	1354
	1-2	5_2	254124	3,1	92734	70591	860	3345	1136
AMG-2	0	1_1	16156	3	11678	29469	498	659	685
	1-2	1_2	15297	2	10769	27169	491	627	559
	0	2_1	17564	2,9	12176	28621	476	665	621
	1-2	2_2	15962	2,5	11753	26571	462	605	594
	0	3_1	16264	2,1	11578	29125	483	679	601
	1-2	3_2	14961	2	10147	25764	475	612	517
	0	4_1	16478	2,7	12035	28396	467	705	657
	1-2	4_2	15963	2,2	11279	27149	459	623	609
	0	5_1	17025	2,4	12645	29560	431	594	595
	1-2	5_2	16843	2,1	10985	28145	443	554	585

Asit maden göllerinin içerdiği element sonuçları Tablo 8 ve Tablo 9'da sunulmuştur. AMG-1'in element konsantrasyonu AMG-2'ye göre daha yüksektir. Eylül-2013 döneminde artan derinlikle birlikte Al, As, Fe, Mn, Zn ve SO<sub>4</sub> konsantrasyonları azalmıştır. Ni konsantrasyonunda ise anlamlı bir değişiklik saptanmamıştır.

Asit maden göllerinin yüksek Al konsantrasyonu, çalışma alanında yüzlek veren volkanik kayaların alterasyonu sonucu oluşan Al'ca zengin kaolen, illit gibi kil minerallerini çözerek bünyesine almasıyla meydana gelmektedir. Göllerdeki yüksek Fe içeriğinin nedeni altere zonlarda ve kömür seviyelerinin içerisinde bol olarak bulunan pirit minerallerinin oksidasyonudur.

Renk değişimi asit maden gölleri için ayırt edici bir özellik olmuştur. AMG-2 mavi, AMG-1 ise kıyı kesimlerde sarı-turuncu ve derinlere doğru kırmızı-kahve tonları arasında değişen renge sahiptir. Asit maden drenajının rengi, jeokimyasal oluşum ortamındaki çözülmüş metal iyonlarına bağlı olarak oluşan mineral çökeli ile değişmektedir. Karadeniz (2011), asidik



drenajın oluşum reaksiyonları sırasında bir kısım Fe<sup>3+</sup>'ün hidrolize uğrayarak oluşan demir hidroksitin sarı, kırmızı, turuncu ve kahverengi renkler vererek çökelmesini ifade etmiştir.

Asit maden gölleri, Orman ve Su İşleri Bakanlığı'nın kıta içi su kaynaklarının kalite değerlerinin sınıflandırıldığı Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne (SKKY, 2004) göre değerlendirilmiştir. (Tablo 10). Göller, bu sınıflamaya göre; pH, SO<sub>4</sub>, Al, Fe, Mn, Ni ve Zn değerleri sınıf IV yani çok kirlenmiş sudur. Bu sonuç ile göllerin herhangi bir amaçla kullanımı uygun görülmemekte olup, ancak ciddi iyileştirmelerden sonra kullanımı mümkün olabilir.

Tablo 10. Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite değerleri (SKKY, 2004)

Su Kalite Sınıfları (SKKY, 2004)						
	I	II	III	IV	AMG-1	AMG-2
a) Fiziksel ve inorganik kimyasal parametreler (mg/l)					AMG-1	AMG-2
pH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,0-9,0	< 6,0->9,0	IV	IV
Cl	25	200	400	> 400	II	II
Na	125	125	250	> 250	I	III
SO <sub>4</sub>	200	200	400	> 400	IV	IV
b) İnorganik parametreler (mg/l)						
Al	300	300	1000	> 1000	IV	IV
As	20	50	100	> 100	I	I
Fe	300	1000	5000	> 5000	IV	IV
Mn	100	500	3000	> 3000	IV	IV
Ni	20	50	200	> 200	IV	IV
Zn	200	500	2000	> 2000	IV	III

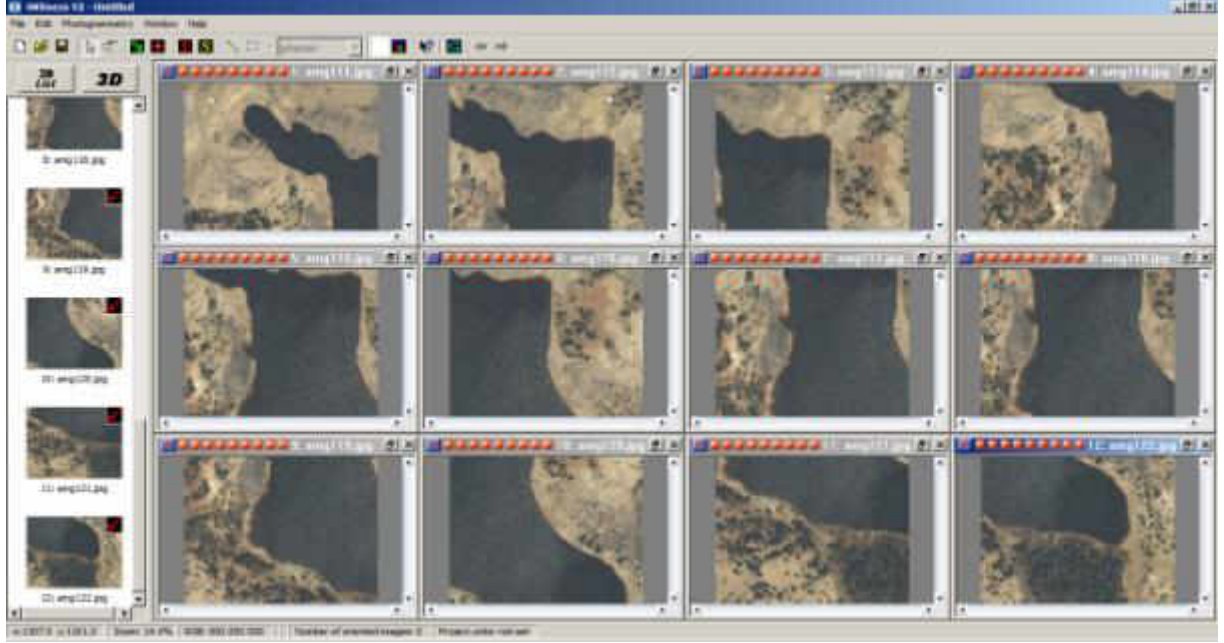
#### 4.3 Verilerin CBS Ortamına Aktarılması ve Veri Tabanı Oluşturulması

##### 4.3.1 Asit Maden Gölü-1

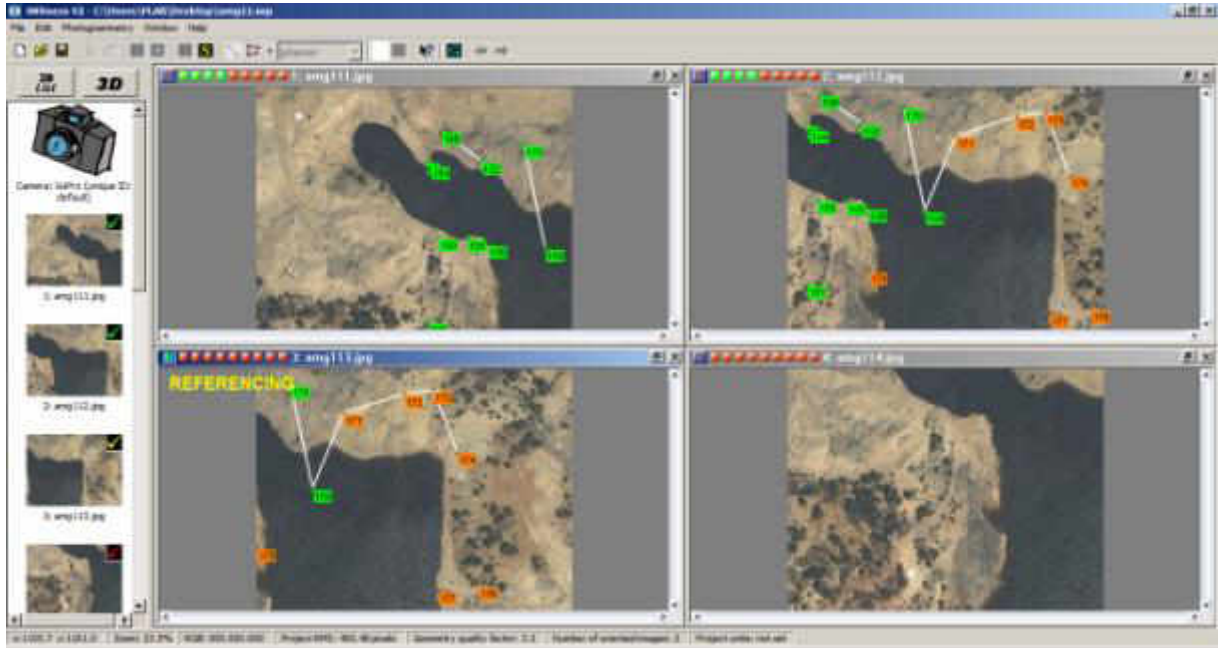
İHA ile elde edilen 1 no'lu asit maden gölüne ait görüntüler öncelikle iWitness yazılımına aktarılarak referanslama yapılarak birbirleri ile ilişkilendirilmiştir. 1 no'lu gölün topğrafya olarak engebeli ve ağaçlık olması ve şekil olarak girintili çıkıntılı olması nedeni göl etrafında belirli noktalarda İHA kaldırılıp indirilerek güzergah boyunca uçuş yapılmadan görüntü alındığı için referanslamada 10-16 fotoğraf kullanılmıştır (Şekil 47 ve Şekil 48). Daha sonra ENVI yazılımına aktarılan fotoğraflar mozaiklenerek birleştirilmiştir (Şekil 49). Koordinatlandırma ve projeksiyon ayarları için Global Mapper yazılımında rektifikasyon işlemi yapılmıştır. Tüm



görüntüler UTM Projeksiyonu Zone 35 (Dilim orta meridyeni 27 Doğu) WGS84 datumunda koordinatlandırılmıştır (Şekil 50).



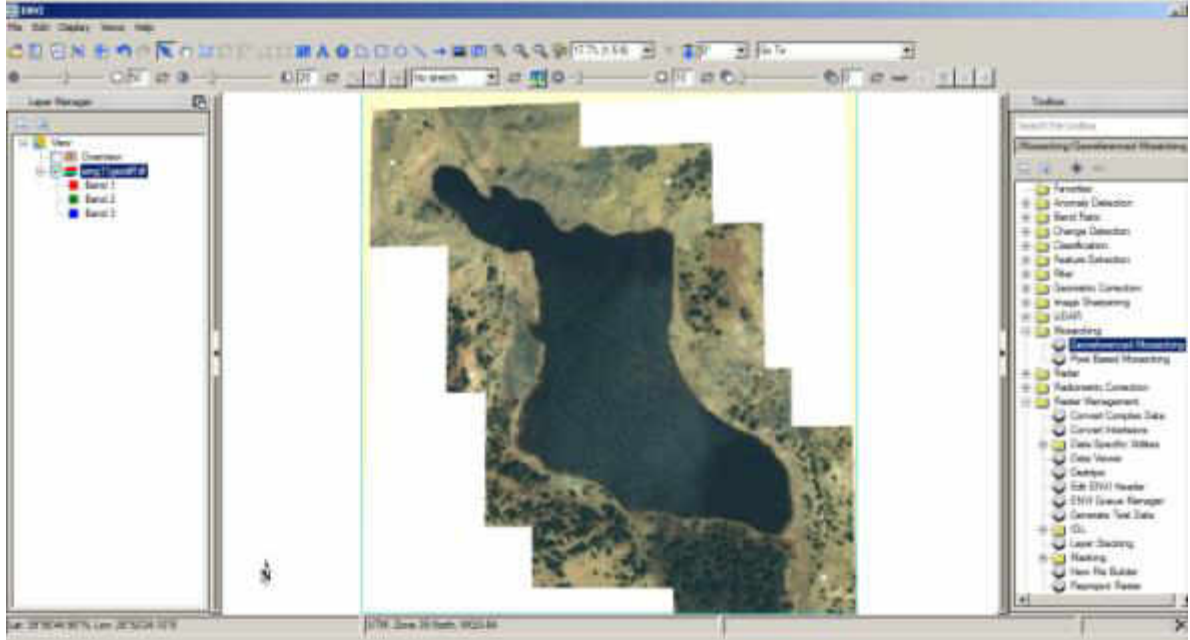
Şekil 47. iWitness yazılımında görüntü referanslama



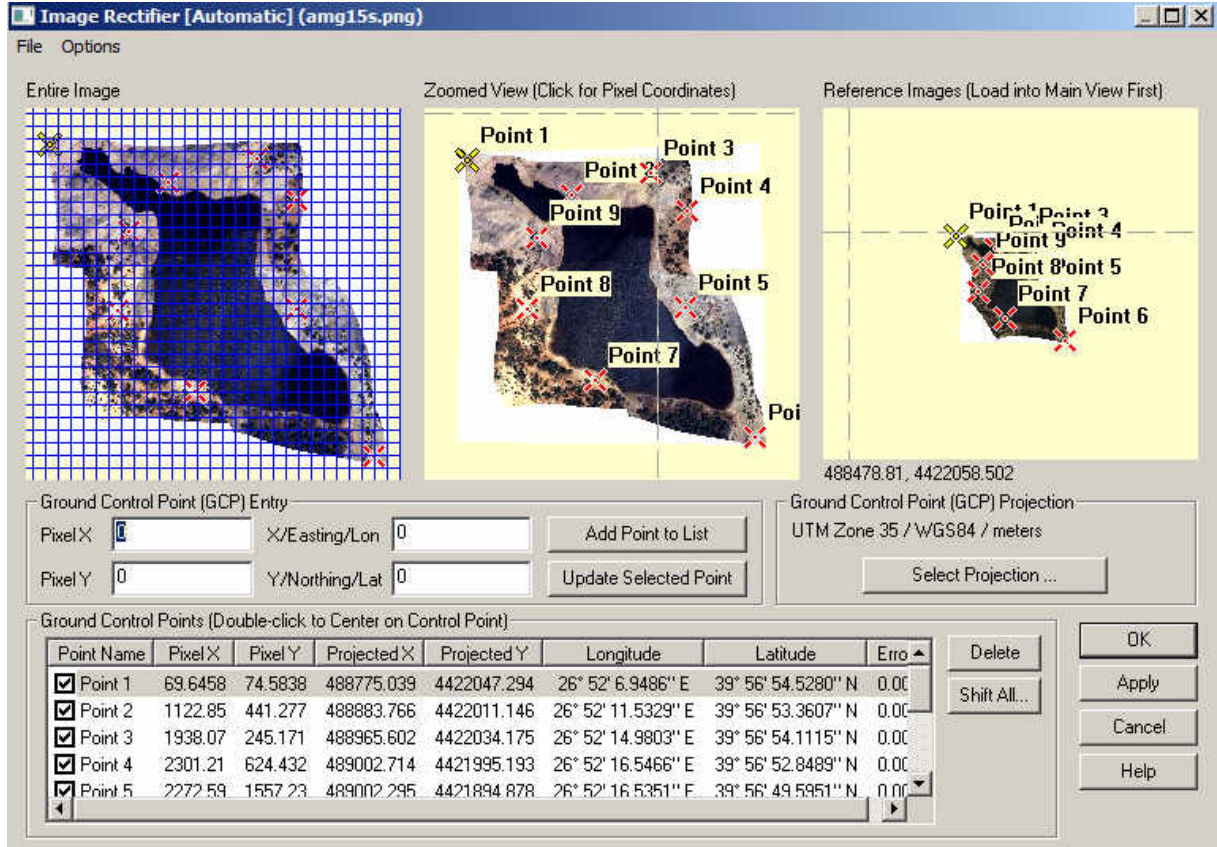
Şekil 48. iWitness yazılımında görüntü referanslama

Koordinatlandırılan görüntüler sayısallaştırma, alan hesabı ve görselleştirme işlemlerinin yapılması için ArcGIS'e aktarılmıştır. 1 no'lu asit maden gölünün Haziran, Temmuz, Ağustos,

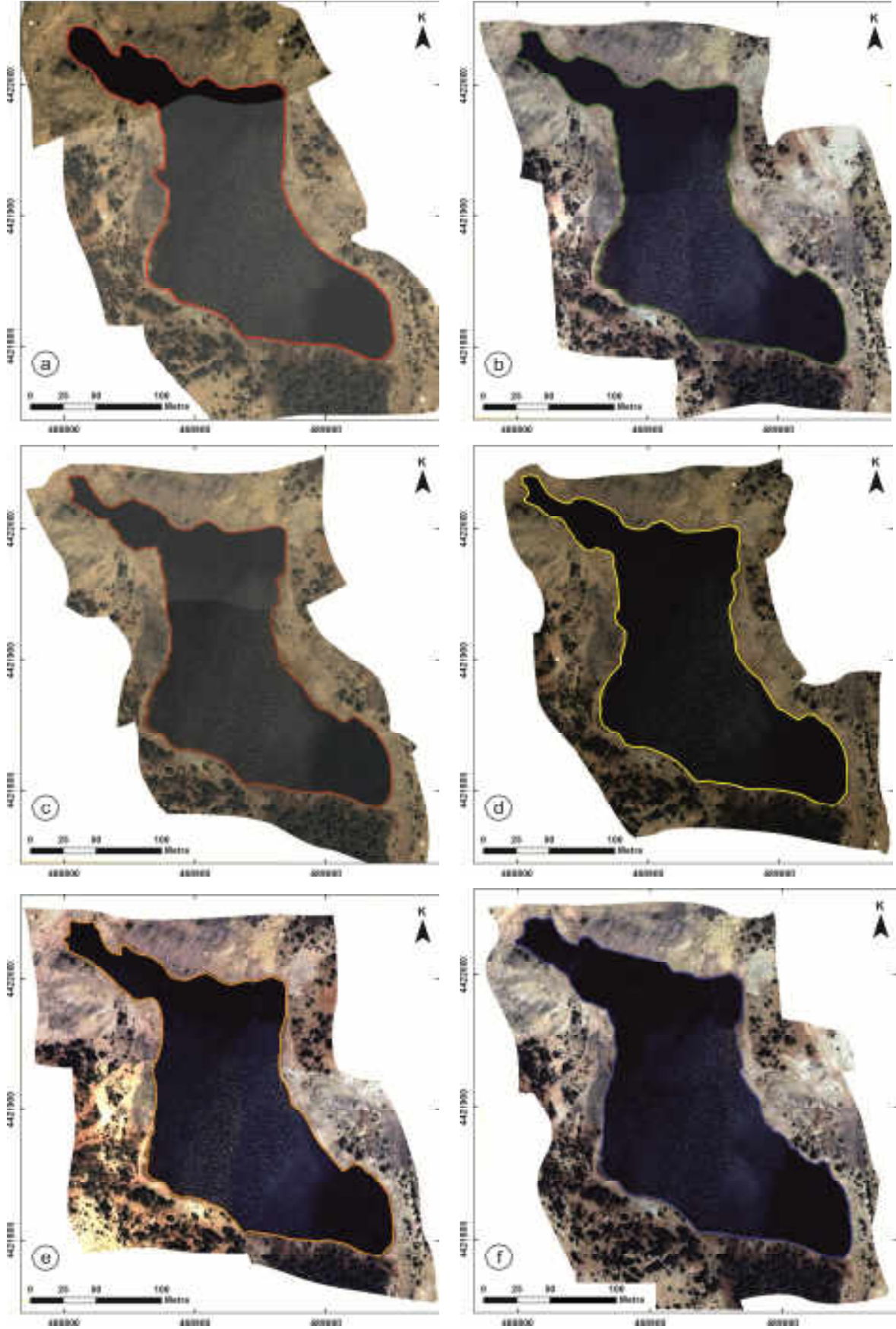
Eylül, Ekim, Kasım 2013 dönemi sınırları Şekil 51'de sunulmuştur. Dönemler bazında gölün alan bilgileri Tablo 11'de verilmiştir.



Şekil 49. ENVI yazılımında görüntü referanslama



Şekil 50. Görüntüler üzerinde rektifikasyon ve projeksiyon ayarlama işlemi



Şekil 51. AMG-1 sınır haritaları a. Haziran b. Temmuz c. Ağustos d. Eylül e. Ekim f. Kasım

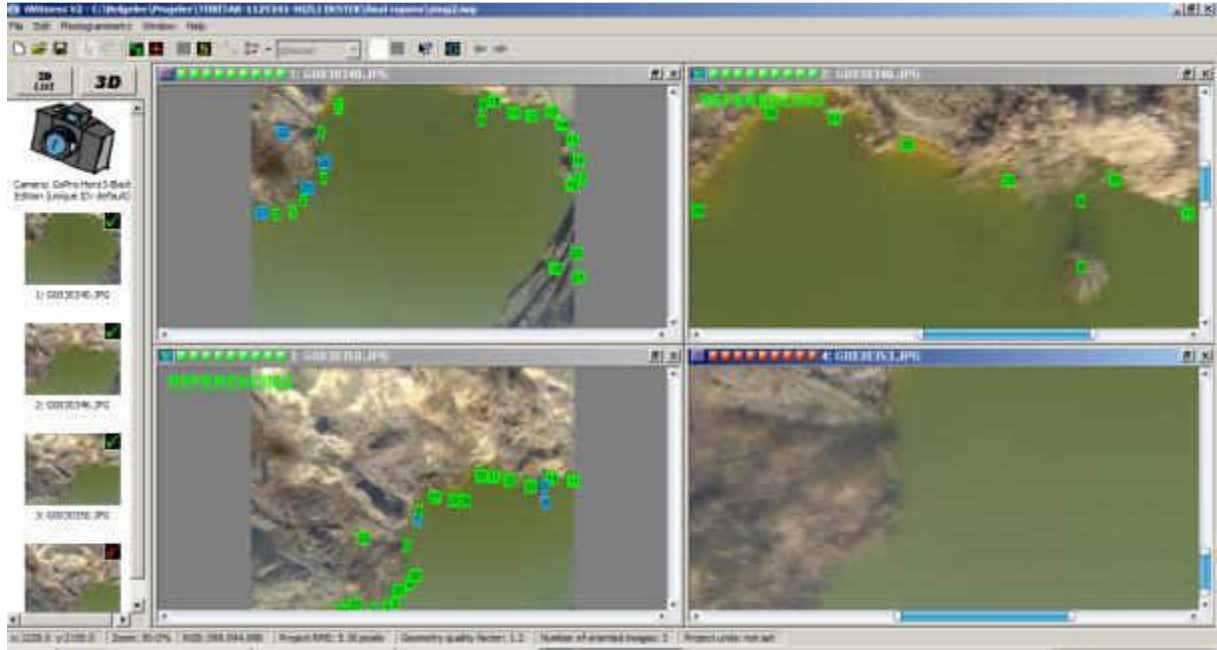


Tablo 11. Asit Maden Gölü-1'in alanları

AMG-1	Haziran 2013	Temmuz 213	Ağustos 2013	Eylül 2013	Ekim 2013	Kasım 2013
ALAN (m <sup>2</sup> )	25577	24434	23801	24267	25358	27260

#### 4.3.1 Asit Maden Gölü-2

2 no'lu asit maden gölü üzerinde güzergah boyunca ölçüm yapıldığı için fazla sayıda fotoğraf elde edilmiştir. Bu göle ait görüntüler iWitness yazılımına aktarılarak referanslama yapılarak birbirleri ile ilişkilendirilmiştir. 2 no'lu asit maden gölünün fotoğrafları güzergah boyunca 40 metreden uçuş yapıldığı için yüksek çözünürlüklüdür. Bu nedenle referanslama işlemi 1 no'lu asit maden gölüne nazaran daha kolay olmuştur (Şekil 52). ENVI yazılımına aktarılan fotoğraflar mozaiklenerek birleştirilmiştir (Şekil 53). Koordinatlandırma ve projeksiyon ayarları için Global Mapper yazılımında rektifikasyon işlemi yapılmıştır. Tüm görüntüler UTM Projeksiyonu Zone 35 (Dilim orta meridyeni 27 Doğu) WGS84 Datumunda koordinatlandırılmıştır (Şekil 54).

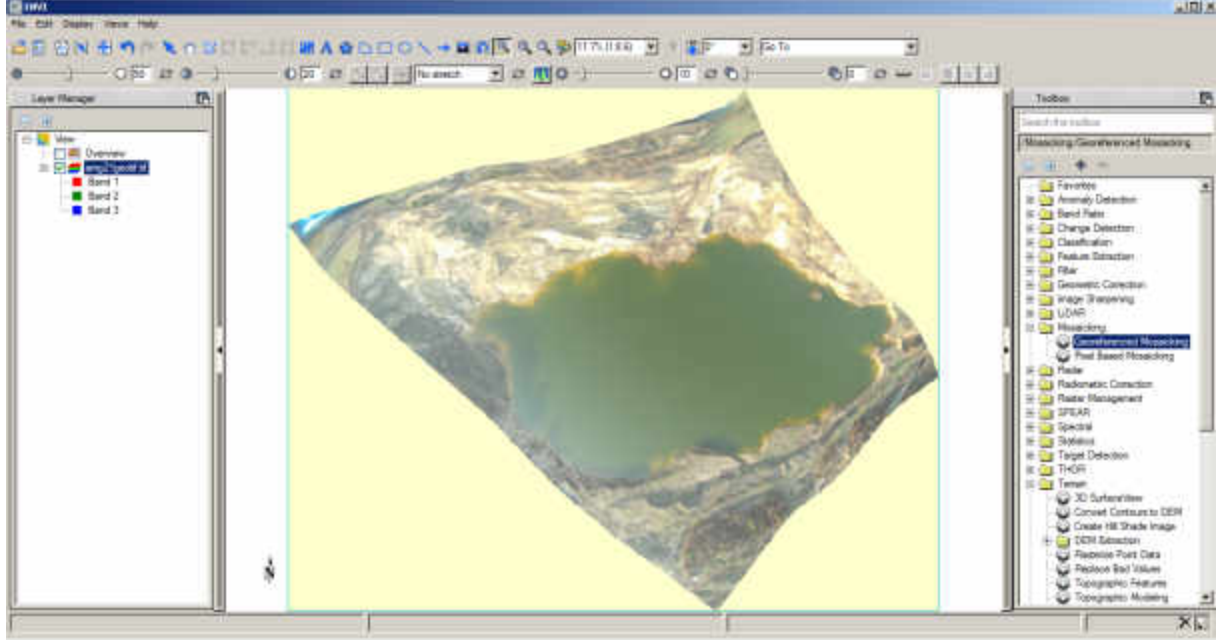


Şekil 52. iWitness yazılımında görüntü referanslama

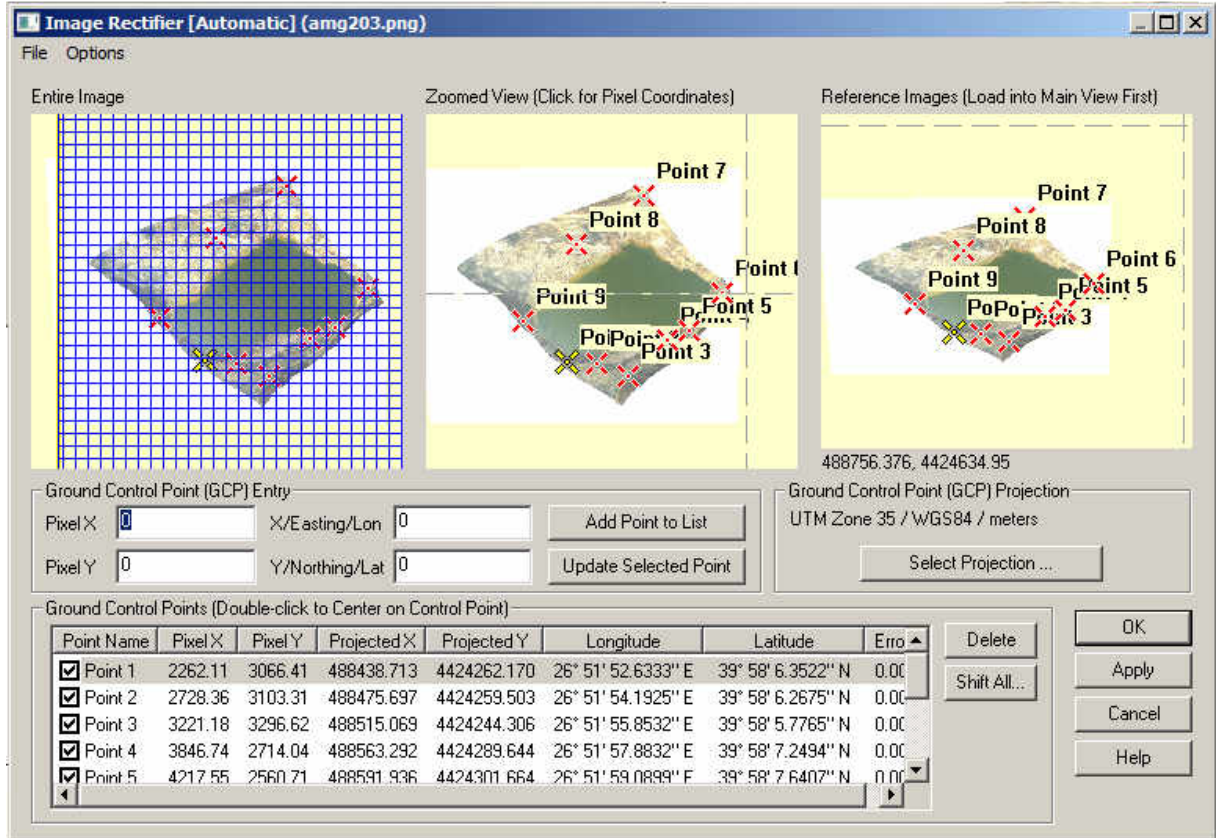
Koordinatlandırılan görüntüler sayısallaştırma, alan hesabı ve görselleştirme işlemlerinin yapılması için ArcGIS'e aktarılmıştır. 2 no'lu asit maden gölünün Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım 2013 dönemi sınırları Şekil 55'deki haritalarda sunulmuştur. Haziran ayı görüntü alımında rüzgar çıkması nedeniyle görüntü alımı yarım kalmış ve rüzgarsız bir



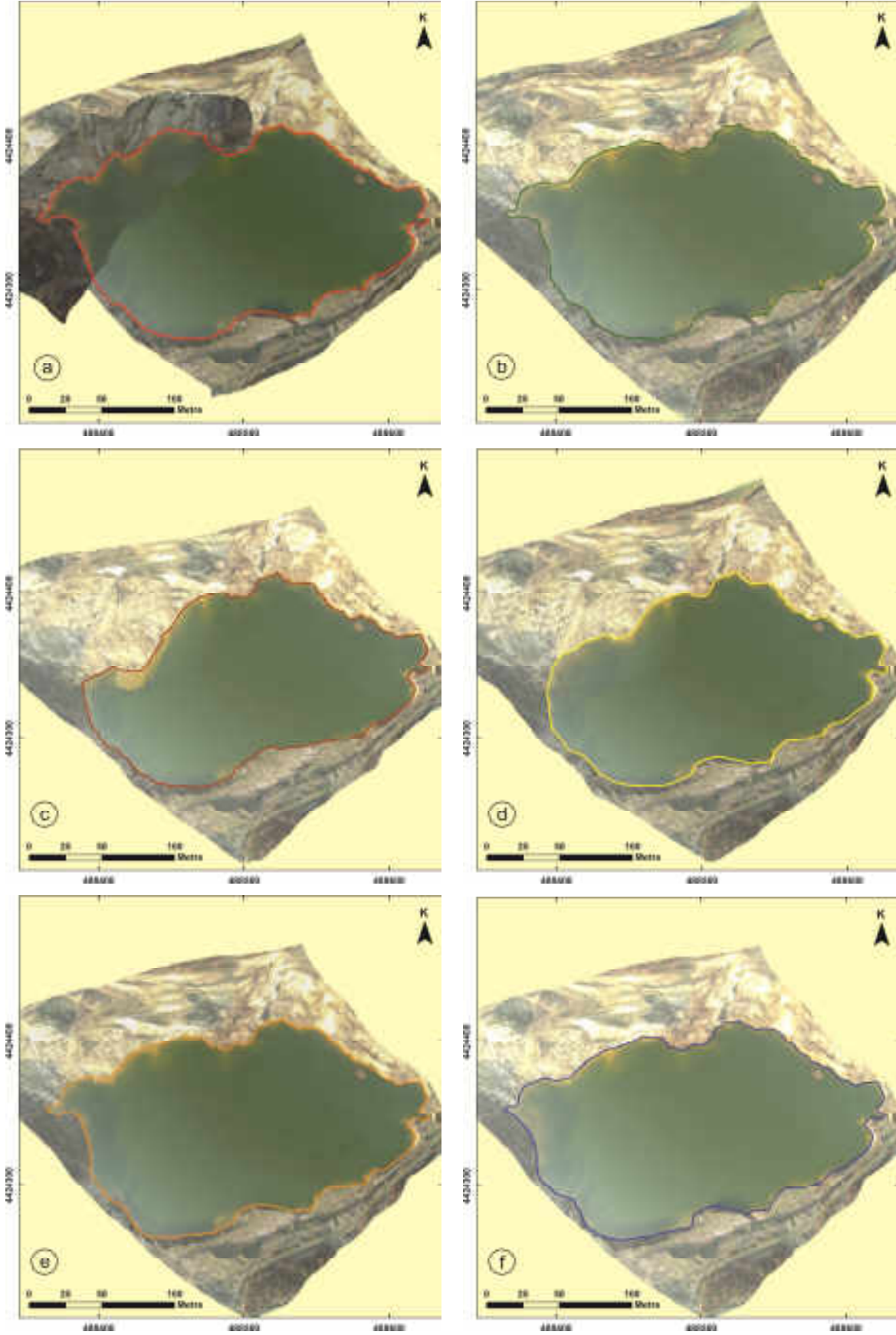
havada tamamlanabilmiştir. Dönemler bazında değişen gölün alan bilgileri Tablo 12'de verilmiştir. Asit maden göllerine ait tüm parametrik bilgiler ArcGIS yazılımında öznetelik veri tablolarına işlenerek coğrafi veri tabanı oluşturulmuştur.



Şekil 53. ENVI yazılımında görüntü referanslama



Şekil 54. Görüntü üzerinde rektifikasyon ve projeksiyon ayarlama işlemi



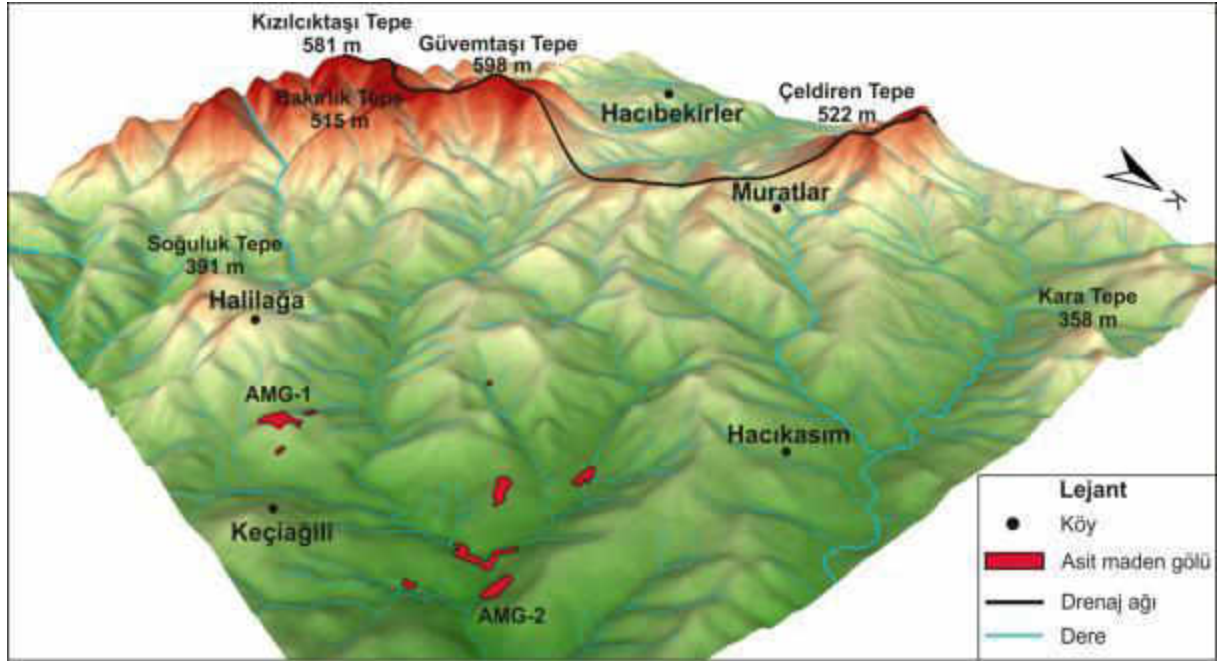
Şekil 55. AMG-2 sınır haritaları a. Haziran b. Temmuz c. Ağustos d. Eylül e. Ekim f. Kasım

Tablo 12. Asit Maden Gölü-2'nin alanları

AMG 2	Haziran 2013	Temmuz 213	Ağustos 2013	Eylül 2013	Ekim 2013	Kasım 2013
Alan (m <sup>2</sup> )	25457	24419	21035	21910	24775	25252

#### 4.4 Tematik ve Üç Boyutlu Haritaların Hazırlanması

Geomatik mühendisliği gölümünde mevcut bölgeye ait vektör formattaki yükseklik verileri kullanılarak bölgenin üç boyutlu topoğrafik modeli oluşturulmuştur. Proje kapsamında incelenen asit maden gölleri ve bölgede bulunan diğer asit maden gölleri hazırlanan üç boyutlu sayısal arazi modeli ile birleştirilerek görselleştirilmiştir (Şekil 56). Her iki gölün Kasım 2013 görüntüsü 2008 yılına ait uydu görüntüsü ile karşılaştırılarak oluşturulan göl sınırlarını içeren harita Şekil 57'de sunulmuştur.

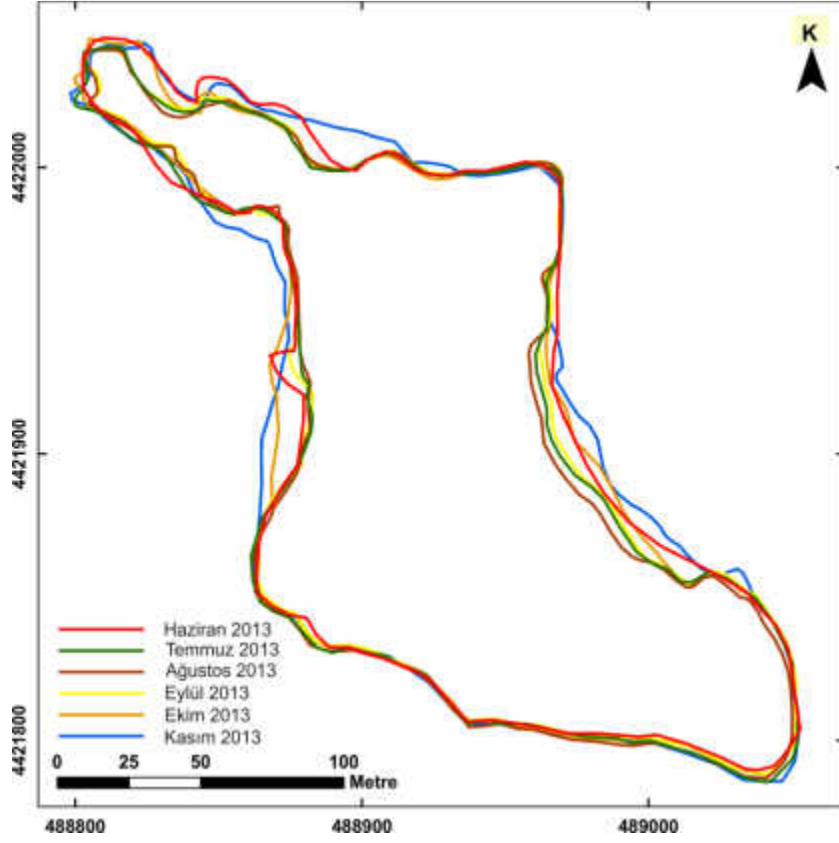


Şekil 56. Çalışma alanı ve çevresinin üç boyutlu sayısal arazi modeli

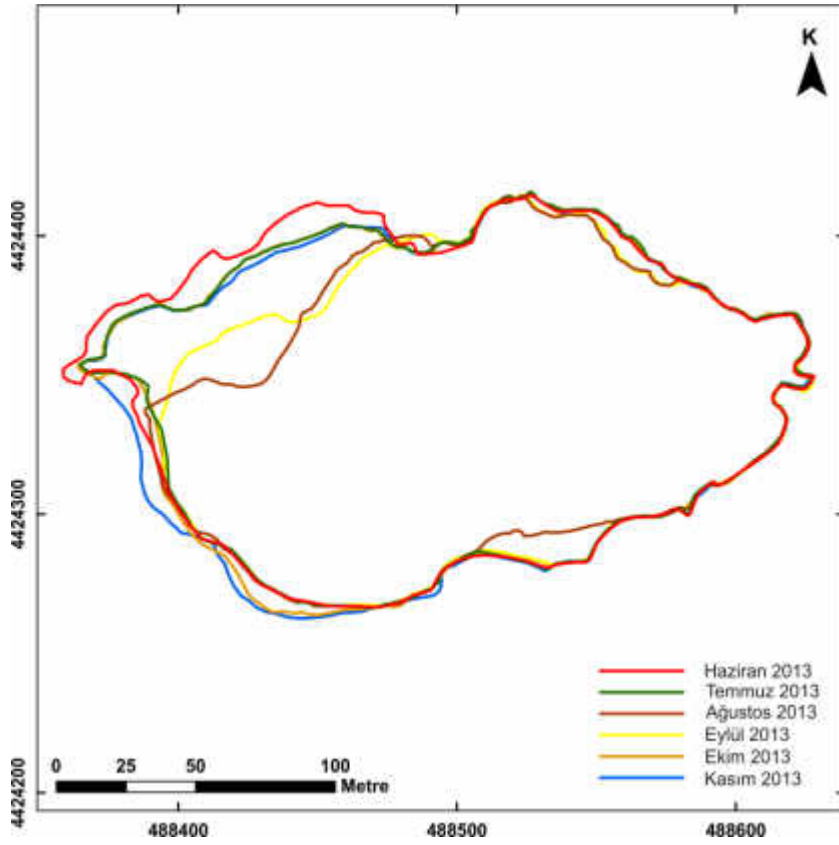


Şekil 57. İHA ve uydu görüntüsünün birleşimi

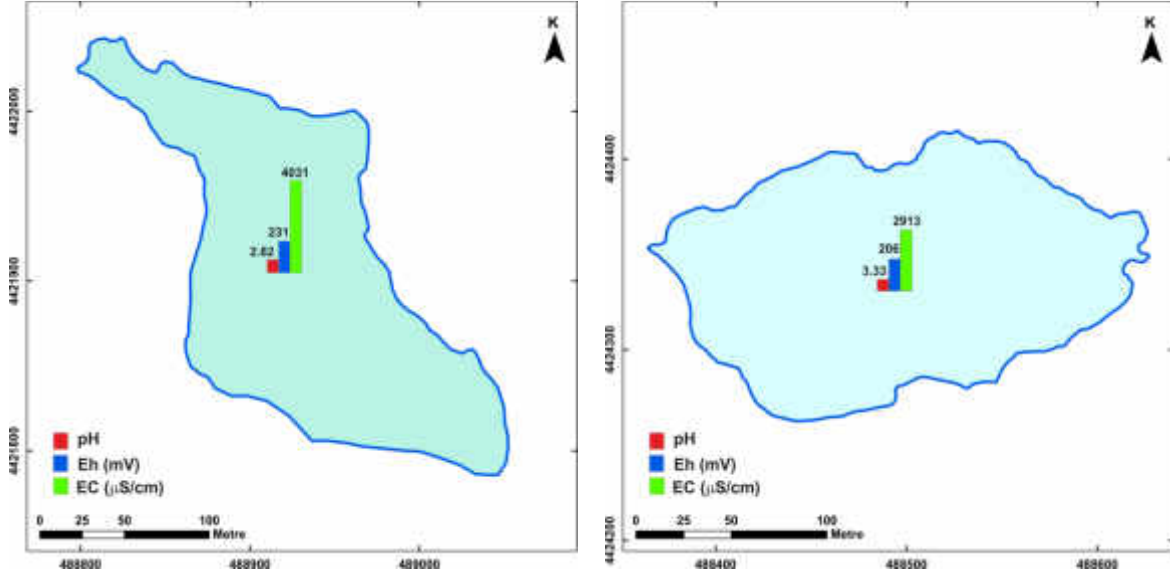
Proje kapsamında incelenen göllerin aylık sınır değişimleri Şekil 58 ve Şekil 59'daki haritalarda özetlenmiştir. Ayrıca göllere ait coğrafi veri tabanına girilen fizikokimyasal parametrelerden ortalama pH, Eh ve EC değerleri ile Al, Fe ve Mn değerlerine ait tematik haritalar üretilmiştir (Şekil 60 ve Şekil 61).



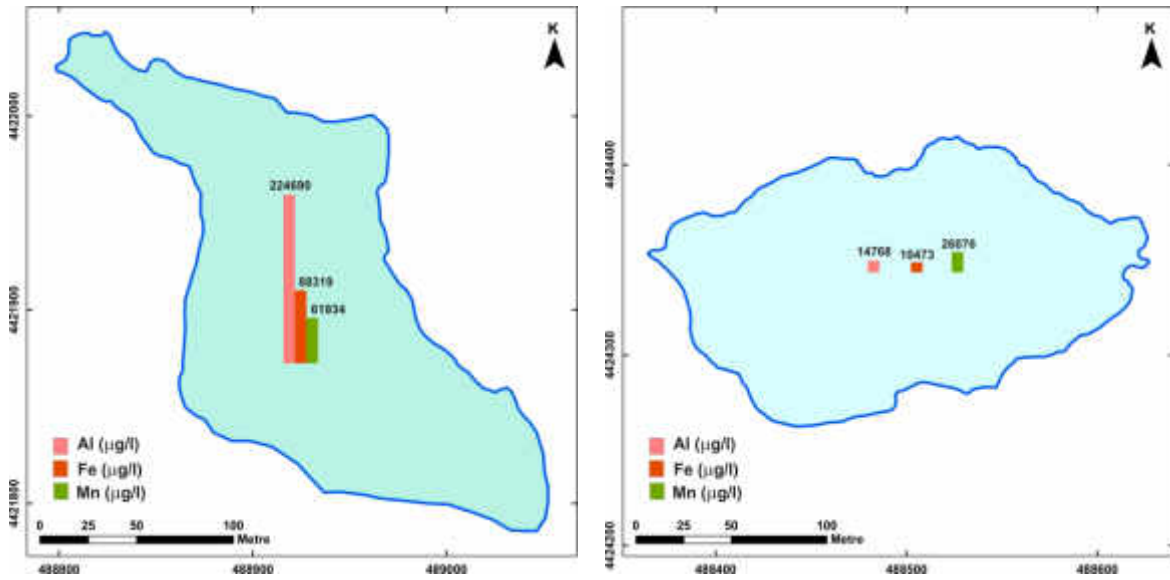
Şekil 58. AMG-1'in aylar bazında alansal değişim haritası



Şekil 59. AMG-2'nin aylar bazında alansal değişim haritası



Şekil 60. Göllerin ortalama pH, Eh ve EC değeri haritaları



Şekil 61. Göllerin ortalama Al, Fe ve Mn değeri haritaları



## 5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Asit maden göllerinin geniş alan kaplamaması nedeniyle mevsimsel olarak yağış vb. faktörler sonucunda ve çevrelerinin heyelana müsait olması nedenleri ile alansal olarak kısa sürede değişimler gelişmektedir. Göllerin alan tespitinde uydu görüntülerinin çözünürlükleri düşük kalmaktadır. Göllerin olduğu sahanın jeolojik yapısı ve çevresinde geniş alana yayılmış pasalar neticesinde gevşek zeminli olması, heyelan tehlikesi, göl suyunun düşük pH ve yüksek konsantrasyonda metal içermesi nedeni ile yersel ölçmeler tehlikeli ve uzun süreli olmaktadır. İnsansız hava araçlarının asit maden göllerinin izlenmesinde kullanılması istenen sıklıkta, yüksek çözünürlüklü ve hızlı görüntü elde edilmesi açısından çok önemlidir. Ancak insansız hava araçlarının havadan ölçüm yapıyor olması ölçümler sırasında cihazın kontrolden çıkarak kaybolması ve düşmesi gibi riskleri içermektedir. Bu nedenle cihaz kullanımı açısından tecrübe kazanmak ve daha sonra görüntü alımı için uzun süreli arazi çalışmaları gerekmektedir. Uçuşun stabil ve sabit yükseklikte olması için motor ve kontrol kartı ayarlarının çok iyi yapılması, cihaz üzerinde bulunan pillerin ve anakarta bağlı olan tüm kartların ağırlık merkezine gelecek veya dengeleyecek şekilde dengeli yerleştirilmesi gerekmektedir.

Proje kapsamında asit maden göllerinin alansal miktar ve şekil değişiminin süreklilik arz ettiği görülmüştür. 1 aylık kısa süreli zaman zarfında bile yüzeysel şekil değişikliklerini meydana gelmektedir. Yaz aylarında göllerde belirgin alansal azalma, yağışlar sonrası ise belirgin artış olduğu saptanmıştır. Göllerin yüzey şekillerine bakıldığında; 1 no'lu asit maden gölünde buharlaşma sonucu yüzeysel şekil değişikliği gözlenmiş, 2 no'lu asit maden gölünde ise buharlaşmanın yanı sıra kuzey, batı ve doğu kısmında yoğun heyelana bağlı alansal değişimler saptanmıştır.

Proje kapsamında hidrojeokimyasal özellikleri incelenen asit maden gölleri pirit cevherleşmesine bağlı  $H_2S$ 'in  $SO_4$ 'a yükseltgenmesiyle, yüksek miktardaki  $SO_4$  ve  $H_2SO_4$  oluşumuna bağlı olarak artan yüksek EC ve düşük pH değerleri ile karakterize olan sulardır. Göllerde oluşan su kalitesi, bu göllerin çeşitli amaçlarla boşaltılmaları ve akış aşağılarındaki içme-kullanma ve sulama suyu temini yapılan diğer su kaynaklarını etkileme olasılıkları göz önüne alınarak hem içme suyu standartları hem de SKKY (2004) ile karşılaştırılmıştır. Buna göre, çalışma alanındaki asidik göllerin çok ciddi kirlilik içeren ve hiçbir surette içme suyu olarak kullanımı mümkün olmayan sular olduğu görülmüştür. Bu göllerin boşaltılmaları durumunda öncelikle Etili köyü, daha sonra da Çan ilçe merkezinin su kaynaklarını etkilemesi



olasılık dahilindedir. Bölgede içme suyunu sağlayan kaynaklar asit maden göllerinin mansap kesiminde yer almaktadır.

Proje kapsamında hazırlanan "İnsansız hava aracı (İHA) kullanılarak Çan (Çanakkale) ilçesinde bulunan asit maden göllerinin alansal değişiminin coğrafi bilgi sistemi (CBS) ortamında incelenmesi" başlıklı bildiri Nisan ayında Ankara'da 67'cisi düzenlenecek olan Türkiye Jeoloji Kurultayı'nda sunulacaktır.

Projenin bitmesine karşın, projenin devamı olacak nitelikte Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilimdalı'nda yürütücülüğü tarafımdan yapılacak olan yüksek lisans tezi ile İHA çekimleri ve göllerin monitör edilmesine devam edilecektir.



## 6. KAYNAKLAR

AKÇİL, A., Koldaş, S., Acid Mine Drainage (AMD): Causes, Treatment and Case Studies, *Journal of Cleaner Production*, 1139-1145, (2006).

ALTINKALE, S., *Eğirdir ve Burdur Göllerinin Hidrojeokimyasal ve İzotop Jeokimyasal Karşılaştırılması*, (Yüksek Lisans Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, (2001).

ALTUNKAYNAK, Ş., Genç, Ş.C., Petrogenesis and Time-progressive Evolution of the Cenozoic Continental Volcanism in the Biga Peninsula NW Anatolia (Turkey), *Lithos*, 102, 316-340, (2008).

AMBROSEYS, N., Jackson, J., Seismicity of the Sea of Marmara (Turkey) since 1500, *Geophysical Journal International*, 141, F1-F6, (2000).

ANIL, M., Saupe, F., Zimmenman, J.L., Öngen, S., Oligosen-Miyosen Yaşlı Nevruz-Çakıroba (Yenice-Çanakkale) Kuvarslı Monzonit Stoklarının K/Ar Metoduyla Yaş Tayini, 43. Jeoloji Kurultayı, Ankara, (1989), pp: 25-26.

AVCI, S., Döker, M.F., Ömerli Havzası-İstanbul'da Mekânsal Değişimin Uzaktan Algılama Metotları ile Belirlenmesi, Ege Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, 27-29 Nisan, İzmir, (2005), pp: 67-71.

AYDAL, D., Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi Tekniklerinin Jeoloji, Madencilik, Çevre Araştırmalarında ve İnşaat Sektöründe Kullanılma Örnekleri, Ders Notları, Ankara Üniversitesi, (2012).

BALCI, Ç.N., Karagüler, N.G., Ece, Ö.I., Romanek, C., Microbial Communities of Hyper Saline Lake Salda and Acigol, SW Turkey and Their Effects on Biogeochemical Cycles, *Eos Trans AGU*, 90 (52) Fall Meet. Suppl., (2009).

BECCALETTO, L., Steiner, C., Evidence of Two-stage Extensional Tectonics from the Northern Edge of the Edremit Graben, NW Turkey, *Geodinamica Acta*, 18 (3-4), 283-297, (2005).

BECCALETTO, L., Bonev, N., Bosch, D., Bruguiere, O., Record of a Palaeogene Syncollisional Extension in the North Aegean Sea: Evidence from the Kemer Micaschists (NW Turkey), *Geological Magazine*, 1-8, (2007).



BİNGÖL, E., *Contribution A Le Etüde Gedologique De La Partie Centale Et SE Du Massif De Kazdağ (Turque)*, (These Du Doctorat), Fac. Sci. Univ. Nancy, (1968), pp:191.

BİNGÖL, E., Kazdağ Masifi'nin Merkezi ve Güneydoğu Kesiminin Jeolojisi, *MTA Dergisi*, Sayı 72, (1969).

BİNGÖL, E., Akyürek, B., Korkmazer, B., Biga Yarımadası'nın Jeolojisi ve Karakaya Formasyonunun Bazı Özellikleri, Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi, Tebliğler, MTA, Ankara, (1973), pp: 70-76.

BİNGÖL, E., Akyürek, B., Korkmazer, B., Granitic Intrusions in Western Anatolia: A Contribution to the Geodynamic Study of This Area, *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 75, 437-446, (1982).

BIRKLE, P., Satır, M., Dating, J., Geochemistry and Geodynamic Significance of the Tertiary Magmatism of the Biga Peninsula, NW-Turkey, Editörler: Erler, A., Ercan, T., Bingöl, E., Örcen, S., In: *Geology of the Black Sea Region*, Min. Res. Expl. Inst. Turkey, Ankara, (1995), pp: 171-180.

BISSEN, M., Frimmel, F.H., Arsenic-a review. Part I: Occurrence, Toxicity, Speciation, Mobility, *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, 31, 9-18. (2003).

BOZCU, M., Akgün, F., Gürdal, G., Bozcu, A., Kapan-Yeşilyurt, S., Karaca, Ö., Çan-Yenice-Bayramiç (Çanakkale) Linyit Havzasının Sedimentolojik, Petrolojik, Jeokimyasal Ve Palinolojik İncelenmesi, (TÜBİTAK), Proje No: 105Y114, (2008), pp: 259.

BURROWS, W.D., Aquatic Aluminum--Chemistry, Toxicology and Environmental Prevalence, *CRC Critical Reviews in Environmental Controls*, 7, 167-216, (1977).

CAN, M., Etemoğlu, A.B., Avcı, A., Deniz Suyundan Tatlı Su Eldesinin Teknik ve Ekonomik Analizi, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 7(1), 147-160, (2002).

CANTY, G.A., Everett, J.W., An in-Situ Remediation Method for Abandoned Underground Coal Mines Using Coal Combustion Products, 13th International Symposium on the Use of Coal Com-Bustion Products, EPRI, Palo Alto, CA-USA, (1999).

COULTER, L.L., Lippitt, C., Stow, D.D.A., McCreight, R.W., Near Real-Time Change Detection For Border Monitoring, ASPRS 2011 Annual Conference, Milwaukee, Wisconsin-USA, May 1-5, (2011).



DAVIS, R.A., Welty, A.T., Borrego, J., Morales, J.A., Pendón, J.G., Ryan, J.G., Rio Tinto Estuary (Spain): 5000 Years of Pollution, *Environmental Geology*, 39, 1107-1116, (2000).

DAVIES, A.G., Chien, S., Baker, V., Doggett, T., Dohm, J., Greeley, R., Ip, F., Castano, R., Cichy, B., Rabideau, G., Tran, D., Sherwood, R., Monitoring active volcanism with the autonomous sciencecraft experiment on EO-1, *Remote Sensing of Environment*, 101, 427-446, (2006).

DELALOYE, M., Bingöl, E., Granitoids from Western and North Western Anatolia: Geochemistry and Modeling of Geodynamic Evolution, *International Geology Review*, 42, 241-268, (2000).

DOĞDU, M.Ş., Jeotermal Suların Rezervuar Sıcaklığının Tahmininde Kullanılan Jeotermometre Hesaplamaları için Bilgisayar Programı, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 28 (2), 1-12, (2004).

DURU, M., Pehlivan, Ş., Okay, A.İ., Şentürk, Y., Kar, H., Biga Yarımadası'nın Tersiyer Öncesi Jeolojisi, Editörler: Yüzer, E., Tunay, G., Biga Yarımadası'nın Genel ve Ekonomik Jeolojisi, MTA Özel Yayın Serisi, No: 28, Ankara, (2012), pp: 7-74.

ENVIRONMENT AUSTRALIA, Managing Sulphidic Mine Wastes and Acid Drainage, Best Practice Environmental Management in Mining Booklet Series, (1997).

EPA - United States Environmental Protection Agency, Innovative Methods of Managing Environmental Releases at Mine Sites, USEPA, Office of Solid Waste, Special Wastes Branch, Washington DC, April, OSW Doc. 530-R-94-012, (1994a).

EPA - United States Environmental Protection Agency, Acid Mine Drainage Prediction, USEPA, Office of Solid Waste, Special Wastes Branch, December, EPA 530-R-94-036, (1994b).

EPA - United States Environmental Protection Agency, Environmental Protection Agency Office of Water National Primary Drinking Water Standards, Washington DC, (2003).

ERCAN, T., Satır, M., Steinitz, G., Dora, A., Sarıfakioğlu, E., Adis, C., Walter, H.J., Yıldırım, T., Biga Yarımadası ile Gökçeada, Bozcaada ve Tavşanlı Adalarındaki (KB Anadolu) Tersiyer Volkanizmasının Özellikleri, *MTA Dergisi*, 117, 55-86, (1995).

ERCAN, T., Biga ve Gelibolu Yarımadaları ile Gökçeada, Bozcaada ve Tavşanlı Adalarının Jeolojik, Arkeolojik ve Tarihi Özellikleri, MTA Genel Müdürlüğü, Yerbilimleri ve Kültür Serisi, No. 1, (1996), pp: 71.



ERGÜL, E., Acar, Ş., Korkmazer, B., Biga Yarımadası Kuzeybatı Kesiminin Jeolojisi, (MTA Raporu), No: 41130, (1984).

FETH, J.H., Chloride in Natural Continental Water - A Review. U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2176, U.S. Government Printing Office, Washington, (1981), pp: 30.

FREEZE, A.R., Cherry, J.A., Groundwater, Prentice-Hall Inc., New Jersey, USA, (2003), pp: 604.

FRIESE, K., Hupfer, M., Schultze, M., Chemical Characteristics of Water and Sediment in Acid Mining Lakes of Lusatiandistrict, Editörler: Geller, W., Klapper, H., Salomons, W., In: Acidic Mining Lakes: Acid Mine Drainage, Limnology and Reclamation, Springer, Berlin, (1998), pp: 3-14.

FYTIKAS, M., Giuliano, O., Innocenti, F., Marinelli, G., Mazzuoli, R., Geochronological Data on Recent Magmatism of the Aegean Sea, *Tectonophysics*, 31, 29-34, (1976).

GENÇ, Ş.C., Dönmez, M., Akçay, A.E., Altunkaynak, Ş., Eyüpoğlu, M., Ilgar, Y., Biga Yarımadası Tersiyer Volkanizmasının Stratigrafik, Petrografik ve Kimyasal Özellikleri, Biga Yarımadası'nın Genel ve Ekonomik Jeolojisi, MTA Özel Yayın Serisi, Ankara, (2012), pp: 121-162.

GELLER, W., Klapper, H., Schultze, M., Natural and Anthropogenic Sulfuric Acidification of Lakes, Editörler: Geller, W., Klapper, H., Salomons, W., Acidic Mining Lakes: Acid Mine Drainage, Limnology and Reclamation, Springer, Berlin, (1998), pp: 3-14.

GRIEVE, P.L., N43-101 Technical Report on the Halılağa Exploration Property, Çanakkale, Western Turkey, (Technical Report), Geology and Resources Solutions Ltd. for Frontier Development Group Inc., (2009), pp: 157.

GOUGH, L.P., Shacklette, H.T., Case, A.A., Element Concentrations Toxic to Plants, Animals and Man, *Geological Survey Bulletin*, 1466 (1), 71-80, (1979).

GOLDSCHMIDT, V.M., Geochemistry, Oxford Univ. Pres, London, (1958), pp: 730.

GÜNDÜZ, O., Okumuşoğlu, D., Baba, A., Acidic Mining Lakes and Their Influence on Water Quality: A Case Study From Can (Canakkale), Turkey, Securing Groundwater Quality In Urban and Industrial Environments, 6th International Groundwater Quality Conference Held In Fremantle, Western Australia, (2007), pp: 1-8.



GÜRDAL, G., Bozcu, M., Petrographic Characteristic and Depositional Environment of Miocene Çan Coals, Çanakkale-Turkey, *International Journal of Coal Geology*, 85, 143-160, (2011).

HALLBERG, K., Johnson, B., Microbiology of a Wetland Ecosystem Constructed to Remediate Mine Drainage from a Heavy Metal Mine, *Science of the Total Environment*, 338, 53-61, (2005).

HATVA, T., Iron and Manganese in Groundwater in Finland: Occurrence in Glaciofluvial Aquifers and Removal by Biofiltration, Environment Research Institute No. 4, National Board of Waters and the Environment, Helsinki-Finland, (1989).

HEM, J.D., Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water, USGS Water Supply Paper 2254, US Gov. Print. Office, (1985), pp: 263.

HERWITZ, S.R., Johnson, L.F., Dunagan, S.E., Brass, J.A., Witt, G., Orchestrating a near-real-time imaging mission in the National Airspace using a solar-powered UAV, In: 2nd AIAA UAV, San Diego, CA, (2003).

HEZARFEN, C., Çanakkale-Çan Kömür Yatağı Fizibilite Araştırması, *Jeoloji*, Cilt 1, MTA, Ankara, (1976).

HITCHON, B., Perkins, E.H., Gunter, W.D., Introduction to Ground Water Geochemistry, Geoscience Publishing Ltd., Sherwood Park, Alberta, Canada, 1999, pp: 310.

HOCELLA, M.F., Jr. Moore, J.N., Golla, U., Putnis, A., A TEM Study of Samples from Acid Mine Drainage Systems: Metal-Mineral Association with Implications for Transport, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 63, 3395-3406, (1999).

HODGE, W.W., Pollution of Streams by Coal Mine Drainage, *Industrial and Engineering Chemistry*, 29, 1048-1055, (1937).

HOSSAIN, M., Wilcox, M.H., White, P.J., The Slime of Coagulase-Negative Staphylococci: Biochemistry and Relation to Adherence, *FEMS Microbiol Rev*, 10, 191-207, (1993).

HRUSKA, R., Lancaster, G., Harbour, J., Cherry, S., Small UAV-Acquired, High-Resolution, Georeferenced Still Imagery, Proceedings of AUVSI Unmanned Systems North America, (2005), pp: 837-840.



HYMAN, D.M., Watzlaf, G.R., Metals and Other Components of Coal Mine Drainage as Related to Aquatic Life Standards, Proceedings of 1997 National Meeting of the American Society for Surface Mining and Reclamation, American Society for Surface Mining and Reclamation, Austin, TX, May 10-15, (1997), pp: 531-545.

ILGAR, A., Demirci, E.S., Demirci, Ö., Biga Yarımadası Tersiyer İstifinin Stratigrafisi ve Sedimantolojisi, Biga Yarımadası'nın Genel ve Ekonomik Jeolojisi, MTA Özel Yayın Serisi, Ankara, (2012), pp: 75-120.

IP, F., Dohm, J.M., Baker, V.R., Doggett, T., Davies, A.G., Castano, R., Chien, S., Cichy, B., Greeley, R., Sherwood, R., Tran, D., Rabideau, G., Flood Detection and Monitoring with the Autonomous Sciencecraft Experiment Onboard EO-1, *Remote Sensing of Environment*, 101, 463-481, (2006).

İTASHY, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik, 17.02.2005 tarih ve 25730 sayılı Resmi Gazete, Ankara, (2005).

JANISCH, E., Drechsler Gate, Solare Meerwasserentsalzung, Deutschland, (1994).

JOYCE, K.E., Belliss, S.E., Samsonov, S.V., McNeill, S.J., Glassey, P.J., A Review of the Status of Satellite Remote Sensing and Image Processing Techniques for Mapping Natural Hazards and Disasters, *Progress in Physical Geography*, 33, 183-207, (2009).

KAÇAROĞLU, F., *Eskişehir Ovası Yeraltısuyu Kirliliği İncelenmesi*, (Doktora Tezi), Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (1991).

KAHRAMAN, S.Ö., Kahraman, İ., Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Gelibolu Yarımadası Tarihi Milli Parkı'nda Arazi Kullanım Analizi, Akademik Bilişim 2008, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, 30 Ocak-1 Şubat, Çanakkale, (2008).

KARACIK, Z., Yılmaz, Y., Pearce, J.A., Ece, İ.Ö., Petrochemistry of the South Marmara Granitoids, Northwest Anatolia, Turkey, *International Journal of Earth Sciences*, 97, 1181-1200, (2008).

KARADENİZ, M., Asit Maden Drenajı ve Çözümü, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, Oda Yayın No:146, Ankara, 2008, pp: 231.

KARADENİZ, M., *Balıkesir-Balya-Kurşun-Çinko Madeni Flotasyon Artıklarının Asit Maden Drenajı Oluşum Potansiyelinin Derinlikle Değişiminin Araştırılması*, (Doktora Tezi), Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (2011).



KARAKAŞ, G., Brookland, I., Bohrer, B., Physical Characteristics of Acidic Mining Lake 111, *Aquatic Sciences*, 65, 297-307, (2003).

KARGI, H., Sarı, N., Landsat TM Görüntülerinde Alterasyon Zonlarının Belirlenmesi: Bir Maden Arama Çalışması, 4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, Fatih Üniversitesi, 13-16 Eylül, İstanbul, 2006, pp: 49-55.

KAVZOĞLU, T., Çetin, M., Gebze Bölgesindeki Sanayileşmenin Zamansal Gelişiminin ve Çevresel Etkilerinin Uydu Görüntüleri İle İncelenmesi, 10. Türkiye Harita Teknik ve Bilimsel Kurultayı, 28 Mart-1 Nisan, Ankara, (2005).

KRUSHENSKY, R.D., Akçay, Y., Karaege, E., Geology of the Karalar-Yeşiller Area, Northwest Anatolia. Turkey, *U.S. Geol. Sur. Bull.*, 1461, 1-72, (1980).

KWONG, Y.T.J., Lawrence, J.R., Acid Generation and Metal Immobilization in the Vicinity of a Naturally Acidic Lake in Central Yukon Territory, Canada, Editörler: Geller, W., Klapper, H., Salomons, W., *Acidic Mining Lakes: Acid Mine Drainage, Limnology and Reclamation*, Springer, Berlin, (1998), pp: 65-86.

LEBLANC, M., Morales, J.A., Borrego, J., Elbaz, P., A 4500 Years Old Mining Pollution in Southwestern Spain: Long-Term Concerns for Modern Mining, *Economic Geology*, 95, 655-672, (2000).

LEE, J.Y., Chon, J.Y., Hydrogeochemical Characteristics of Acid Mine Drainage in the Vicinity of an Abandoned Mine, Daduk Creek, Korea, *Journal of Geochemical Exploration*, 88, 37-40, (2006).

LU, H., Li, Y., He, J., A Automatic Mosaic Method in Unmanned Aerial Vehicle Images Based on Feature Points, *Geography And Geo-information Science*, 26(5), 16-19, (2010).

MATSCHULLAT, J., Arsenic in the Geosphere: A Review, *Science of the Total Environment*, 249, 297-312, (2000).

MILLS, C., An AMD/ARD Dedicated Blog Based on The Text of a Presentation Given Mills to British Columbia High School Science Teachers, Seminar: Acid Rock Drainage at the Cordilleran Roundup, Hotel Vancouver, Vancouver, BC, (1995).



NORDSTROM, D.K., Plummer, L.N., Wigley, T.M.L., Wolery, T.J., Ball J.W., A Comparison of Computerized Chemical Models for Equilibrium Calculations in Aqueous Systems, Editör: Jenne, E.A., Chemical Modeling in Aqueous Systems, American Chemical Society Symposium Series, ACS, Washington D.C., 93, 857-892, (1979).

NORDSTROM, D.K., Effects of Microbiological and Geochemical Interactions in Mine Drainage, Editörler: Jambor, J.L., Blowes, D.W., Ritchie, A.I.M., Environmental Aspects of Mine Wastes, Short Course Series Vol. 31, Mineralogical Association of Canada, (2003).

OKAY, A.İ., Çan - Yenice - Biga Arasının Jeolojisi ve Tektoniği, İTÜ Yerbilimleri ve Yer Altı Kaynakları Uygulama Araştırma Merkezi, (1988), pp: 4-44.

OKAY, A.İ., Siyako, M., Bürkan, K.A., Biga Yarımadası'nın Jeolojisi ve Tektonik Evrimi, *TPJD Bülten*, C2(1), 83-121, (1990).

OKAY, A.İ., Satır, M., Coeval Plutonism and Metamorphism in Latest Oligocene Metamorphic Core Complex in Northwest Turkey, *Geological Magazine*, 137, 495-516, (2000).

OKAY, A.İ., Göncüoğlu, M.C., The Karakaya Complex: A Review of Data and Concepts, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 13, 77-95, (2004).

OKUMUŞOĞLU, D., *The Influence of Mining Activities on Surface and Subsurface Water Quality*, (Yüksek Lisans Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, (2009), pp: 131.

ÖZCAN, A.U., Akpınar, N., Hasanoğlu Taşocaklarında Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Çevresel Risk Alanlarının Belirlenmesi, *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 1(2), 17-28, (2009).

ÖZÇELİK, G.A., *Prediction Techniques of Acid Mine Drainage: A Case Study of a New Poly-Metallic Mine Development in Erzincan-Ilic, Turkey*, (Doktora Tezi), Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (2007).

ÖZGÜNER, A.M., Kükürt, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, Eğitim Serisi: No 39, Ankara, (2005).

PAINE, P.J., An Historic and Geographic Overview of Acid Mine Drainage, Acid Mine Drainage Seminar/Workshop, Halifax, Nova Scotia, March, (1987), pp: 1-45.



PENTREATH, R.J., The Discharge of Waters from Active and Abandoned Mines, Editörler: Hester, R.E., Harrison, R.M., Mining and its Environmental Impact, Issues in Environmental Science and Technology, No. 1, Royal Society of Chemistry, Herts-UK, (1994), pp: 121-132.

PIETSCH, W., Zur Hydrochemischen Situation der Tagebauseen des Lausitzer Braunkohlen-Reviers, *Archiv Naturschutz und Landschaftsforschung*, 19, 97-115, (1979).

RANKAMA, K., Sahama, T.H.G., Geochemistry, The University of Chicago Press, Chicago and London, (1964), pp: 912.

REDFIELD, A.C., On the Proportions of Organic Derivatives in Sea Water and their Relation to the Composition of Plankton, Editör: Daniel, R.J., James Johnstone Memorial Volume, Liverpool University Press, Liverpool-UK, (1934),pp: 176-192.

SAVAŞCIN, Y., Ayata, S., Tokçaer, M., Yeraltısuları ve Jeotermal Sistemlerde Modellemeler, Erasmus Kursu Notları, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, (2005), pp: 68.

SELÇUK, M., Başaraner, M., Uluğtekin, N., Gökğöz, T., Gülgen, F., Yücel, M.A., Doğru, A.Ö., Bilgi, S. Çetinkaya, S., Uçar, D., Dağcılık Faaliyetlerine Yönelik Coğrafi Bilgi Sistemi Oluşturulması ve Tematik Harita Üretimi, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 30 Ekim-02 Kasım, KTÜ, Trabzon, (2007).

SIYAKO, M., Bürkan, K.A., Okay, A.İ., Biga ve Gelibolu Yarımada larının Tersiyer Jeolojisi ve Hidrokarbon Olanakları, *TPJD Bülteni*, 1(3), 183-199, (1989).

SKOUSEN, J.G., Smith, R., Sencindiver, J., The Development of the Acid-Base Account, Editörler: Skousen, G., Ziemkiewicz, P.F., Acid Mine Drainage Control and Treatment, National Mine Reclamation Center, West Virginia University, (1996), pp: 15-20.

SRA CEK, O., Bhattacharya, P., Jacks, G., Gustafsson, J.P., vonBrömssen, M., Behaviour of Arsenic and Geochemical Modeling of Arsenic Enrichment in Aqueous Environments, *Applied Geochemistry*, 19(2), 169-180, (2004).

STRYKER, T., Jones, B., Disaster Response and the International Charter Program, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 75, 1242-1344, (2009).

SUSAM, T., Esmeray, A., Öztoprak, B., Yaprak, S., Toprak, Ö., CBS ile Yeşilırmak Nehir Yatağı Tokat merkez bölümünde deprem riskinin irdelenmesi, *İTÜ Dergisi/d Mühendislik*, 5(3/1), 3-9, (2006).



ŞAHİNCİ, A., Yeraltı Suları Jeokimyası, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, MM/JEO-86 EY 99, İzmir, (1986), pp: 394.

ŞAHİNCİ, A., Doğal Suların Jeokimyası, Reform Matbaası, Beyler, İzmir, (1991), pp: 548.

ŞAROĞLU, F., Emre, Ö., Kuşçu, İ., Türkiye Diri Fay Haritası, MTA, Ankara, (1992).

ŞENGÜN, F., *Biga Yarımadası'ndaki (KB Anadolu) Alpin Öncesi Metamorfik Kayaçların Petrolojik ve Yapısal Özellikleri*, (Doktora Tezi), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale, (2011).

TARCAN, G., Yeraltı Suyu Kimyası Ders Notları, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, (2004).

TS266, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, Sular-İçme ve Kullanma Suları, Türk Standartları, Ankara, (2005).

YALÇIN, H., Gürü, M., Su Teknolojisi, Palme Yayıncılık, Ankara, (2002), pp: 296.

YIKILMAZ, M.B., Okay, A.İ., Özkar, İ., Biga Yarımadası'nda Pelajik Bir Paleosen İstifi, *MTA Dergisi*, 123/124, 21-26, (2002).

YİĞİT, Ö., A prospective Sector in the Tethyan Metallogenic Belt: Geology and Geochronology of Mineral Deposits in the Biga Peninsula, NW Turkey, *Ore Geology Reviews*, 46, 118-148, (2012).

YÜCEL, M.A., Şanlıyüksel Yücel, D., Baba, A., Determining and Monitoring of Acid Mine Lakes Using Satellite Images and Geographic Information System (GIS) in Can County, NW Turkey, IAH 2013 Congress, September 15-20, Perth-Australia, (2013), pp: 195.

WEBER, P.A., Thomas, J.E., Skinner, W.M., Smart, R.C., Calculated Acid-Base Account for H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Oxidation of Carbonate-Poor Pyritic Mine-Rock, *Canadian Mineralogist*, 43, 1193-1204, (2005).

WHO, International Programme on Chemical Safety, Environmental Health Criteria 194, Aluminium, World Health Organization, Geneva, (1997).

WHO, Guidelines for Drinking-Water Quality, Addendum, 2nd Ed., Vol. 2., Health Criteria and Other Supporting Information, World Health Organization, Geneva, (1998).



WHO, Guidelines for Drinking-Water Quality, Vol. 1, World Health Organization, Geneva, (2006).

<http://www.uwec.edu/lewisd/Chem321-0015/Acid-Base/Acid.htm>

Son erişim tarihi: 11 Şubat 2014.

**TÜBİTAK**  
**PROJE ÖZET BİLGİ FORMU**

Proje Yürütücüsü:	Yrd. Doç. Dr. MEHMET ALİ YÜCEL
Proje No:	112Y241
Proje Başlığı:	İnsansız Hava Aracı (İha) Kullanılarak Çan (Çanakkale) İlçesinde Bulunan Asit Maden Göllerinin Alansal Değişime Bağlı Parametrik Özelliklerinin Coğrafi Bilgi Sistemi (Cbs) Ortamında İncelenmesi
Proje Türü:	Hızlı Destek
Proje Süresi:	12
Araştırmacılar:	RAMAZAN CÜNEYT ERENOĞLU
Danışmanlar:	
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:	ÇANAKKALE ONSEKİZ MART Ü. MÜHENDİSLİK MİMARLIK F. GEOMATİK MÜHENDİSLİĞİ B.
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:	15/11/2012 - 15/11/2013
Onaylanan Bütçe:	29980.0
Harcanan Bütçe:	28897.0
Öz:	<p>Çanakkale ilinin linyit kömürü rezervi yüksek olan Çan ilçesinde son 30 yılda birçok küçük ölçekli işletmeler faaliyet göstermiştir. Bu işletmelerden bazıları faaliyetlerini zaman içerisinde sonlandırmış, bazıları ise faaliyetlerini sürdürmektedir. Maden işletmeleri, faaliyetlerinin sona ermesinden sonra genellikle herhangi bir rehabilitasyon çalışması gerçekleştirilmeden işletme sahalarını terk etmektedir. Yüksek sülfür içerikli linyit kömürünün çıkartılması sırasında doğal yapısı ve topografyası bozulan bu alanlarda büyük çukurlar oluşmaktadır. Bu çukurluklara yüzeysel drenajın boşalması sonucu suni göller meydana gelmiştir. Oluşan göl suları zaman içerisinde pirit oksidasyonuna bağlı olarak asidik özellikler kazanmış ve asit maden göllerine dönüşmüştür.</p> <p>Bu çalışmada kapsamında asit maden gölleri çevresinin jeoloji haritası hazırlanmıştır. Göllerin hidrojeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yerinde 9 ay boyunca düzenli olarak fizikokimyasal ölçümler ve 2 ayrı dönemde su örnekleme yapılmıştır. Göllerde oluşan su kalitesi, bu göllerin çeşitli amaçlarla boşaltılmaları ve akış ağaçlarındaki içme-kullanma ve sulama suyu temini yapılan diğer su kaynaklarını etkileme olasılıkları göz önüne alınarak hem içme suyu standartları hem de SKKY (2004) ile karşılaştırılmıştır. Buna göre, çalışma alanındaki asidik göllerin çok ciddi kirlilik içeren ve hiçbir surette içme suyu olarak kullanımı mümkün olmayan sular olduğu görülmüştür. Göller, düşük pH seviyeleri, yüksek konsantrasyonda çözünmüş metal içerikleri ile hidrolojik olarak etkileşimde olduğu yüzey ve yeraltı sularının kalitesini düşürmektedir.</p> <p>Asit maden göllerin atmosferik koşulların etkisi ile alansal değişimi insansız hava aracı (İHA) kullanılarak 6 ay boyunca düzenli olarak yapılan çekimlerle saptanmıştır. İHA olarak DJIF550 marka heksakopter kullanılmıştır. İHA, kontrol kartı, pervane ve kumanda ayarları Mission Planner ile kalibre edilmiştir. Çekimler yaklaşık 50-100 metre yükseklik aralığında, GoPro hero 3 marka 12 megapiksel çözünürlüklü dijital fotoğraf makinesi ile yapılmıştır. iWitness yazılımı ile görüntüler ilişkilendirilerek referanslandırılmıştır. Arazide jeodezik gps ile ölçülen yer kontrol noktalarının koordinatları kullanılarak Global Mapper yazılımında İHA fotoğrafları koordinatlandırılmış ve projeksiyon ayarları yapılmıştır. Bu görüntüler ENVI yazılımında mozaiklenerek birleştirilmiş ve böylelikle coğrafi referanslanmış veriler elde edilmiştir. Periyodik olarak elde edilen görüntüler sayısallaştırma, alan hesabı ve görselleştirme işlemlerinin yapılması için ArcGIS yazılımına aktarılmıştır. Alanları 0,3 km<sup>2</sup>'den küçük olan asit maden göllerin, bir aylık zaman zarfında alansal miktar ve şekil değişiminin süreklilik gösterdiği tespit edilmiştir. Yaz aylarında artan buharlaşma sonucu göllerde belirgin alansal azalma, yağışlar sonrası ise belirgin artış olduğu saptanmıştır.</p>
Anahtar Kelimeler:	Asit maden gölü, insansız hava aracı, coğrafi bilgi sistemi, coğrafi görselleştirme, madencilik

Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu  
Mu?:

Hayır

TÜBİTAK