T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI

Doktora Tezi

GÖLCÜK (ISPARTA) VOLKANİZMASI ve VOLKANİK GAZ RİSK ANALİZİ

Ergin CANPOLAT
2502060012

Danışman
Prof. Dr. Hüseyin TUROĞLU

İstanbul, 2014

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI

Doktora Tezi

GÖLCÜK (ISPARTA) VOLKANİZMASI ve VOLKANİK GAZ RİSK ANALİZİ

Ergin CANPOLAT
2502060012

Danışman
Prof. Dr. Hüseyin TUROĞLU

"Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimince desteklenmiştir. Proje No: 3863"

İstanbul, 2014

T.C. İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER
1982 ENSTİTÜSÜ



DOKTORA

TEZ ONAYI

ÖĞRENCİNİN

Adı ve Soyadı	**:Ergin CANPOLAT**	Numarası	**:2502060012**
Anabilim/Bilim Dalı	**:Coğrafya**	Tez Savunma Tarihi	**:18.06.2014**
Danışman	**:Prof.Dr.Hüseyin TUROĞLU**	Saati	**:13:30**
Tez Başlığı	**:"Gölcük (Isparta) Volkanizması ve Volkanik Gaz Risk Analizi"**		

TEZ SAVUNMA SINAVI, Lisansüstü Öğretim Yönetmeliği'nin **50. Maddesi** uyarınca yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin **KABULÜ'NE** OYBİRLİĞİ / ~~OYÇOKLUĞUYLA~~ karar verilmiştir.

JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATİ (KABUL / RED / DÜZELTME)
1-Prof.Dr.Hakan YİĞİTBAŞOĞLU		Kabul
2-Prof.Dr.Meral AVCI		Kabul
3-Prof.Dr.Barbaros GÖNENÇGİL		Kabul
4-Prof.Dr.Hüseyin TUROĞLU		Kabul
5-Doç.Dr.Hasan ÖZDEMİR		Kabul

JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATİ (KABUL / RED / DÜZELTME)
1-Prof.Dr.Sedat AVCI		
2-Doç.Dr.Kirami ÖLGE		

ÖZ

Güneybatı Anadolu'da Isparta şehir merkezinin 5 km batısındaki Gölcük Volkanizması; jeomorfolojik gelişimi, volkanik faaliyetleri, gaz tehlike ve risklerine ait analizler ile doğal ortam ve canlı hayatı üzerindeki etkileri açılarından incelenmiştir. Çalışma sahası ve yakın çevresindeki 5 ayrı noktadan alınan kayaç numuneleri OSL (Optik Duyarlı Lüminesans) yöntemiyle tarihlendirilmiştir. Çalışma sahasının 1/25000 ölçekli jeomorfolji haritası üretilerek, Gölcük Volkanizmasının jeomorfolojik gelişimi açıklanmıştır.

Isparta'nın batısındaki Yakaören Köyü Büyükkükürt vadisinde Nisan 2008'de sondajla açılan kuyusundan çıkan ve insanlarda korkuya, paniğe yol açan gazın kimyasal özellikleri ve dağılım özellikleri araştırılmıştır. Bu kapsamda TPAO (Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı) tarafından yapılan analiz bulgularına ek olarak, Gaz çıkış özelliklerinin tespiti amacıyla alınan numunelerin kimyasal analizi gerçekleştirilmiştir. Bölgenin klimatik özellikleri araştırılmış buna ek olarak, gaz çıkışının olduğu vadiye kurulan meteoroloji istasyonu ile 1 yıl boyunca meteorolojik rasat yapılmıştır. Böylece gün içerisinde vadideki rüzgâr özellikleri ortaya çıkarılmıştır.

Gaz kuyusundan çıkan gazların fiziksel ve kimyasal özellikleri, klimatik özellikler, sayısal topoğrafya özellikleri birlikte değerlendirilerek; mevcut ve olası gaz dispersiyon modelleme haritaları üretilmiştir. Elde edilen sonuçlar, beşeri özellikler ve doğal ortama ait unsurlarla ilişkilendirilerek risk analizleri yapılmıştır.

Elde edilen bulgulara göre Gölcük volkanizmasının günümüzden 5-6 bin yıl öncesinde aktif olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Mevcut gaz ölçüm ve dispersiyon analizlerine göre Yakaörendeki kuyu bölgesinden ortalama 120 metre masafeye kadar olan alanlar çok riskli bulunmuştur.

Tüm bu çalışmalar; başta arazi gözlemleri ve Laboratuvar çalışmaları olmak üzere, Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yöntem ve teknolojilerinin kullanımıyla gerçekleştirilmiştir.

ABSTRACT

Gölcük Volcanism, 5 km West of the Isparta city center in the Southwest Anatolia, have been examined with respect to its geomorphological evolution, volcanic activities, probable gas hazard and risk analyses and its effect on the environment and living beings. Rock samples collected from different sites of study area and nearby have been dated using OSL (optically stimulated luminescence) dating technique and the geomorphological evolution of Gölcük volcanism have been explained in producing the geomorphological map scaled 1/25000.

Volcanic gas emission which is in Büyükkükürt Valley near to Yakaören Village in the West of Isparta has started to emit gases when a borehole was constructed in April 2008 making people scared and panicked. The chemical properties of the gas have been analyzed and and its probable dispersion effects have been predicted.

In this context, in addition to analytical findings of TPAO (Turkish Petroleum Corporation), gas samples gathered from the borehole have been also analyzed to disclose gas emission characteristics. Besides the knowledge of regional climate characteristics, meteorological observations were carried out throughout a year by means of a meteorological station which was set up in the valley where gases emit. Thus, characteristics of wind within day have been revealed for the valley.

The physical and chemical properties of the gas emitting from the gas well, climatic characteristics of the area topographic features peculiar to this study have been evaluated altogether and afterwards, present and probable gas dispersion modelling maps have been produced. Based on this modeling risk analyses have been carried out through taking into consideration human and environment together.

With this study, we concluded that Gölcük volcanism was active 5-6 ka BP. According to gas measurements and dispersion analyses, areas from the gas well to approximately 120 m distance have been found extremely risky.

All this studies have been carried out first field survey and laboratory studies and then using methods and technologies) of remote sensing (RS) and Geographical Information Systems (GIS).

ÖNSÖZ

Isparta ve Burdur gibi nüfusu fazla iki yerleşim yerinin arasında bulunan Gölcük Volkanizması geniş bir kaldera ve kaldera içindeki göl ile piroklastik unsurların da bulunduğu konileri ile dikkat çekmektedir. Bu özellik; Gölcük volkanizmasının patlamalı bir volkanizma olduğuna dair en temel işaretlerden biridir. Ayrıca volkanın yaklaşık 25 km uzağında bulunan Eğirdir Gölü genç taraçalarında piroklastik volkanik patlama ürünlerine rastlanması ve yakın çevrede Gölcük volkanizmasından başka volkan bulunmaması, volkandan çevreye doğru azalan ancak metrelerce kalınlıktaki pomza istifleri, kalderanın 5 km kuzeyinde Yakaören Köyünde CO_2, H_2S, CO gibi çeşitli gaz çıkışlarının olması, volkanizmanın patlamalı bir karakterde olduğu ve hatta aktivitesinin henüz sürdüğüne dair işaret ve kanıtlardır.

Bölgede zaman zaman gaz çıkışına bağlı olarak insan sağlığına olumsuz etkilerin olduğu düşünüldüğünden, bu gazın risk analizlerinin ve modellemelerin yapılması ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Doğal ve beşeri parametreler düşünülerek risk analizi gerçekleştirilmiş ve modellemeler yapılmıştır.

Gölcük Volkanizmasının jeomorfolojik özellikleri ile Yakaören'deki Gaz çıkışının risk analizinin yapıldığı bu çalışmada, coğrafi bakış multidisipliner bir yaklaşım olan Earth System Science (Yer Sistem Bilimleri) anlayışıyla gerçekleştirilmiş. Kayaç analizleri ve tarihlendirmeleri, meteorolojik rasat ve gözlem ile veri kaydı, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleriyle desteklenmiş olan arazi çalışmaları, beşeri istatistiki bilgiler çalışmanın önemli kısımları olmuştur.

Bu çalışma, ilk olarak Gölcük Volkanizmasının Jeomorfolojik Gelişimi ve Risk Analizi olarak düşünülmüştür. Arazi gözlemleri sırasında, Yakaören yakınlarında halkın son derece rahatsız olduğu ve insan eliyle Nisan 2008'de açılan jeotermal amaçlı sondaj kuyusundan yoğun gaz çıkışının olduğunun öğrenilmesiyle, Gölcük Volkanizması ile birlikte ikinci bir bölüm olarak bu volkanik gazın risk analizinin yapılması gerektiği fikri ortaya çıkmış ve çalışma planlarında değişiklikler yapılarak, bu risk analizi için altlık olabilecek veriler üretilmiştir.

Çalışmanın gidişatını doğrudan etkileyen veya engelleyen zorlukların bulunmadığı ancak veri toplama ve analizler konusunda ileriki konularda da temas edilecek maddi destek yetersizliğinden dolayı yüksek çözünürlüklü IKONOS uydu görüntülerinin sağlanamaması gibi olumsuzlukların veya güçlüklerin olduğunu söylemek mümkündür.

Doktora çalışması ders sürecinden itibaren bilimsel bir disiplin içerisinde yetişmemi sağlamaya çalışan, tez sürecinde de pozitif bir bakış açısıyla desteklerini esirgemeyen Danışman Hocam Prof. Dr. Hüseyin TUROĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim. Tezin oluşmasında büyük emeği olan Prof. Dr. Barış MATER'e ve genç yaşta aramızdan ayrılarak Hakkın rahmetine kavuşan, yaptığı çalışmalar ve motive edici yaklaşımıyla daima hatırlayacağımız Prof. Dr. Erkan GÖKAŞAN'a teşekkür ederim.

Tez sürecinde yaptığı yönlendirmeler ve verdiği destekten dolayı Prof. Dr. Hakan YİĞİTBAŞIOĞLU'na, Kimyasal analizler için bilgi ve desteklerini esirgemeyen Doç. Dr. Hakan HOŞGÖRMEZ'e, meteorolojik verilerin toplanmasında katkı ve destek veren Meteoroloji Mühendisi Ömer Faruk KAYA'ya, çalışma sahası ile ilgili çeşitli konulardaki veri paylaşımından dolayı Yrd. Doç.Dr. Ahmet TOKGÖZLÜ'ye Yakaören Köyü Muhtarı Mehmet Pediz'e teşekkür ederim. Tez konusunun belirlenmesinde destek veren MTA Jeomorfologlarından Dr. Ömer EMRE'ye teşekkür ederim. İ.Ü. Coğrafya Bölümü Yüksek Lisans Öğrencisi Emre ELBAŞI'ya verdiği destekten dolayı teşekkür ederim.

Numuneleri tarihlendirmede verdikleri destekten dolayı Doç.Dr. Niyazi MERİÇ'e, Dr. Ülkü Rabia YÜCE'ye Doktora Öğrencisi Eren ŞAHİNER'e teşekkür ederim.

Gerek arazi çalışmalarında verdikleri destekten gerekse tez sürecinde sergiledikleri paylaşımcı yaklaşımdan dolayı Yrd. Doç. Dr. Cihan BAYRAKDAR'a Coğrafya Öğretmeni Dr. Zeynel ÇILĞIN'a ve elbette hayatımızdaki tüm zorluklara rağmen desteğini esirgemeyen eşim Aylin CANPOLAT'a teşekkürü borç bilirim. Son olarak tez sürecinde zamalarından aldığım çocuklarım Erinç ve Kazım Poyraz'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZ iii

ABSTRACT iv

ÖNSÖZ v

İÇİNDEKİLER vii

TABLO LİSTESİ ix

ŞEKİL LİSTESİ x

FOTOĞRAF LİSTESİ xiii

GRAFİK LİSTESİ xv

KISALTMA LİSTESİ xvi

GİRİŞ 1

İnceleme Sahasının Yeri, Sınırları ve Genel Özellikleri 2

Amaç ve Kapsam 4

Materyal ve Yöntem 5

Karşılaşılan Güçlükler 10

Önceki Çalışmalar 11

1. BÖLÜM: VOLKANİZMAYA ve GAZ RİSKİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER 16

1.1. YAPISAL ÖZELLİKLER 16

1.1.1. Litolojik Yapı 18

1.1.2. Tektonik Yapı 44

1.2. İKLİM ÖZELLİKLERİ 56

1.2.1. Sıcaklık 66

1.2.2. Basınç ve Rüzgârlar 71

1.2.3. Nem ve Yağış 83

1.1. HİDROGRAFİK ÖZELLİKLER 88

1.1.1. Akarsu Şebekesi ve Akım Özellikleri 88

1.1.2. Gölcük Gölü Genel Özellikleri 91

1.2. TOPRAK ÖZELLİKLERİ ve BÜYÜK TOPRAK GRUPLARI 94
1.3. BİTKİ ÖRTÜSÜ 97
2. BÖLÜM: VOLKAN JEOMORFOLOJİSİ 100
2.1. MORFOMETRİK ÖZELLİKLER ve RELİEF ANALİZLERİ 100
2.1.1. Eş Yükselti Analizleri 100
2.1.2. Profil Analizleri 104
2.1.3. Bakı Özellikleri 111
2.1.4. Eğim Analizi 114
2.2. VOLKANİK YERŞEKİLLERİ 117
2.2.1. Volkan Konileri ve Volkanik Domlar 117
2.2.2. Kalderalar 131
2.2.3. Lav ve Piroklastik Akıntıları 140
2.2.4. Vadiler 143
2.3. Volkanik Patlama Özellikleri 147
2.4. OSL Yaşlandırma (Tarihlendirme) 148
2.5. Jeomorfolojik Gelişim 154
3. BÖLÜM: VOLKANİK GAZIN RİSK ANALİZİ ve MODELLEMELER 160
3.1. RİSK OLUŞTURAN FAKTÖRLER 160
3.1.1. Fiziki Faktörler 160
3.1.2. Beşeri Faktörler 175
3.1.3. Dispersiyon Modellemeleri 191
3.1.4. Volkanik Kökenli Gazın Dağılım Özellikleri Ve Tehlike Altındaki Bölgeler 192
3.2. VOLKANİK KÖKENLİ GAZ İÇİN RİSK ANALİZİ 202
SONUÇ ve ÖNERİLER 213
KAYNAKÇA 216
ÖZGEÇMİŞ 230

TABLO LİSTESİ

Tablo 1:Volkanik birimlerin kimyasal içeriği tablosu 34
Tablo 2:G - 3 Numunesi XRD analiz sonuçları 35
Tablo 3:G - 7 numunesi XRD analiz sonuçları 36
Tablo 4:Gölcük yöresi volkanik kayaçlarının K-Ar yaş tayini sonuçları 38
Tablo 5:Tarihi dönemler dahil olmak üzere çalışma sahası çevresinde gerçekleşen büyük depremler 51
Tablo 6:Çalışma sahası ve yakın çevresinde yer alan meteoroloji istasyonlarına ait bilgiler 59
Tablo 7:Erinç indis sonucuna göre iklim sınıflandırması 60
Tablo 8: Çalışma Sahası ve Yakın Çevresinin Erinç'in Yağış Etkinlik İndisine Göre (kurak-nemli aylar) Sınıflandırılması 61
Tablo 9:Thornthwaite iklim sınıflandırmasında nemlilik indisine göre özellik 62
Tablo 10:Thornthwaite göre Isparta'nın iklim tipi 63
Tablo 11:Thornthwaite göre Burdur'un iklim tipi 64
Tablo 12:Ispartanın yıllık yağış ve su değerleri 65
Tablo 13:Burdur'un yıllık yağış ve su değerleri 65
Tablo 14:Isparta, Burdur, Ağlasun meteoroloji istasyonlarına ait aylık ve yıllık sıcaklık ortalamaları 66
Tablo 15:Burdur'a ait uzun yıllar ortalama yıllık hava basınç değerleri 72
Tablo 16:Isparta'ya ait uzun yıllar ortalama yıllık hava basınç değerleri 73
Tablo 17:Uyuz Çeşmesi Mevki otomatik istasyon 1 yıllık ortalama hava basıncı 73
Tablo 18:Gölcük Gölü ve Milas su kaynaklarının kimyasal değerleri 93
Tablo 19:Yerinde analizle elde dilen sonuçlar 93
Tablo 20:Jenetik volkan topoğrafyası tileperi ile volkanizmanın niteliği arasındaki ilişkiler 147
Tablo 21:OSL yaşlandırması yapılan numuneler ve numune yaşları 150
Tablo 22:Gölcük volkanizması aktivite dönemleri 155
Tablo 23:Volkanik alanlarda yüzeylenebilen gazlar 161
Tablo 24:Hidrojen sülfürün değişik konsantrasyonlarda insana etkisi 162
Tablo 25:TPAO'nun Şubat 2011 kuyudan alınan numunelerinin analiz sonuçları. 170
Tablo 26:Ocak 2010'da gaz kuyusundan 7 metre mesafeden alınan numune analiz sonuçları 173
Tablo 27:TUİK 2013 verilerine göre Isparta merkez ve ilçelerin nüfusları 181

Tablo 28:TUİK 2013 verilerine göre Isparta şehir merkezine bağlı köylerin nüfusları 182
Tablo 29:Isparta nüfusunun yaş grubu ve cinsiyete göre dağılımı 182
Tablo 30:TUİK 2013 verilerine göre Burdur ve Ağlasun nüfusları 183
Tablo 31:Isparta şehir merkezinde beslenen hayvan sayıları 184
Tablo 32:Isparta ilçelerine göre meyve üretim değerleri 186
Tablo 33:Isparta ilçelerine göre sebze üretim değerleri 186
Tablo 34:Isparta ilçelerine göre çeşitli tarım ürünleri üretim değerleri 187
Tablo 35:Yükseltiye göre tehlike zonları 203
Tablo 36:Kuyuya uzaklıklarına göre tehlike zonları 204
Tablo 37:Gaz çıkış miktarlarına göre beşeri özelliklerin etkilenme dereceleri 211

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: Çalışma alanının lokasyonu 3
Şekil 2: Kullanılan bilgisayar yazılımları ve techizatlar 6
Şekil 3: Çalışma yöntemi akış şeması 8
Şekil 4:Isparta Açısının tektonik konumu 17
Şekil 5:Gölcük çevresi volkanik kayaçlarının SiO_2 Na_2 O K_2O diyagramına göre petrokimyasal sınıflandırılması 32
Şekil 6:XRD numunelerinin alındığı lokasyonlar 34
Şekil 7:Çalışma sahasından alınan G-3 numunesi olan tüfe ait XRD mineral grafiği ve SEM görüntüleri 35
Şekil 8: Çalışma sahasından alınan G-7 numunesi olan tüfe ait XRD mineral grafiği ve SEM görüntüleri 36
Şekil 9: Volkanik birimlerin kimyasal içeriği 37
Şekil 10: Gölcük volkanı kraterinin Kuzey-Güney yönlü şematik kesiti son trakitik domlar, tüf halkaları ve başlıca piroklastik akma depoları 40
Şekil 11:Çalışma Sahası Jeoloji Haritası 42
Şekil 12: İnceleme alanına ait genişletilmiş tektono-stratigrafik stun kesit 43
Şekil 13: Batı Toros Napları'na ait birimlerin tekne içindeki yerleri ve komşu alanların durumları. 45
Şekil 14:Isparta Açısının Genel Jeolojik ve Tektonik Yapısı 46
Şekil 15:Çalışma sahası çevresinde gerçekleşen büyük depremler 50

Şekil 16 Çalışma Sahası ve Yakın Çevresinde 1900 - 2010 Yılı Arasında Gerçekleşen Depremler 52
Şekil 17: Çalışma sahasındaki çizgisellikler 54
Şekil 18: Çalışma sahasındaki çizgisellikler ve oval geometrik şekiller 55
Şekil 19: a, b Çalışma sahası hakim çizgisellik yönleri gülü diyagramı 56
Şekil 20: DMİ (2011) sıcaklık verileri kullanılarak spline enterpolasyon tekniği ile üretilen Ocak ayı ortalama sıcaklık dağılış haritası 69
Şekil 21: DMİ (2011) sıcaklık verileri kullanılarak spline enterpolasyon tekniği ile üretilen Temmuz ayı ortalama sıcaklık dağılış haritası 69
Şekil 22:DMİ (2011) sıcaklık verileri kullanılarak spline enterpolasyon tekniği ile üretilen yıllık ortalama sıcaklık dağılış haritası 70
Şekil 23: Çalışma sahası Theissen Poligonlaması 83
Şekil 24:Çalışma sahasında Theissen Poligonlmasına göre yağış dağılışı 84
Şekil 25:Çalışma sahasında ortalama yağış değerlerinin Inverse Distance Weighted (IDW) yöntemiyle gösterilmesi 85
Şekil 26: Çalışma sahasında ortalama yağışın spline enterpolasyonla dağılışı 87
Şekil 27. Çalışma alanı drenaj şebekesi 90
Şekil 28: Gölcük Gölü Batimetrisi ve Profil Serileri 91
Şekil 29: Gölcük gölü çevresel ölçüler 92
Şekil 30: Çalışma sahası ve yakın çevresinde büyük toprak grupları. 95
Şekil 31:NDVI Değerlerine Göre Çalışma Sahsında Bitki Örtüsü Yoğunluğu 99
Şekil 32: Gölcük (Isparta) Volkanı ve Yakın Çevresi Topoğrafya Haritası 101
Şekil 33: Gölcük (Isparta) Volkanı Sayısal Yükselti Modeli 102
Şekil 34: Gölcük (Isparta) Volkanı ve Yakın Çevresi Hillshade 103
Şekil 35:Uyuz Pınarı mevkii Büyükkükürt vadisi (gaz çıkışının olduğu vadi) profil serileri 104
Şekil 36: a, b, c, Gölcük kalderasının doğu-batı profil serileri 105
Şekil 37:Kaldera doğusu vadilerin enine profili 107
Şekil 38:Dere vadisi enine ve boyuna profilleri 108
Şekil 39:Darıderesi vadisinin enine ve boyuna profilleri 109
Şekil 40: Pürenliova kuzey güney yönlü profil serileri 110
Şekil 41: Gölcük (Isparta) Volkanı ve Yakın Çevresi Bakı Haritası 113
Şekil 42: Gölcük (Isparta) Volkanı ve Yakın Çevresi Eğim Haritası 116
Şekil 43: İlksel volknizma bölgesi konileri 121

Şekil 44: Kaldera ve yakın çevresi jeomorfoloji haritası 128
Şekil 45:Çökme Kalderalarının oluşum evreleri 133
Şekil 46: Gölcük Kalderası profil kesiti 136
Şekil 47: Paleokaldera ve güncel kaldera sınırları 140
Şekil 48: Gölcük Kalderası kuzeyinde akma vedüşme piroklastik mateyaline gömülmüş genç vadiler 145
Şekil 49: Büyükkükürt vadisi ve çevresinin jeomorfoloji haritası 146
Şekil 50: Doğada Lüminesans saatinin sıfırlanması ve tekrar çalışması 149
Şekil 51: OSL için numune alınan noktalar 151
Şekil 52: Çalışma sahası Jeomorfoloji haritası 159
Şekil 53: Değişik yükseltilerde SO_2 salınımı 162
Şekil 54: Gaz çıkış bölgesi 169
Şekil 55:Temmuz 2008 TPAO Kuyu Özelliği ve Gaz Kimyasal Analizi Sonucu ... 170
Şekil 56: Çalışma sahası arazi kullanım haritası 176
Şekil 57: Çalışma sahasında ulaşım hatları, sanayi tesisleri ve yerleşimin dağılışı. 188
Şekil 58: Modellemede tasarımın içeriği 191
Şekil 59: Yıllık ortalama meteorolojik verilere göre ve 2008 yılı gaz ölçüm sonuçlarına göre H_2S gazının dağılımı 193
Şekil 60: 2008 yılı gaz ölçüm sonuçlarına göre ve 07:00- 08:00 saatleri arası yıllık ortalama meteorolojik verilere göre H_2S dağılımı 194
Şekil 61: 2008 yılı gaz ölçüm sonuçlarına göre ve 14:00- 15:00 saatleri arası yıllık ortalama meteorolojik verilere göre H_2S dağılımı 195
Şekil 62: 2008 yılı gaz ölçüm sonuçlarına göre ve 24:00 - 01:00 saatleri arası yıllık ortalama meteorolojik verilere göre H_2S dağılımı 195
Şekil 63:2008 yılı gaz ölçüm sonuçlarına göre ve yıllık ortalama maksimum rüzgâr verilerine göre H_2S dağılımı 196
Şekil 64 : Yıllık ortalama meteorolojik verilere göre ve 2008 yılı gaz ölçüm sonuçlarına göre H_2S gazının 10 misli artması durumunda gaz dağılımı 196
Şekil 65:H_2S gazının 2008 ölçüm sonuçlarından 1000 kat artması durumunda günlük minimum rüzgâr hızı ve ortalama yöne göre dağılımı modeli 197
Şekil 66: Yıllık ortalama meteorolojik verilere göre ve 2008 yılı gaz ölçüm sonuçlarına göre CO_2 gazının dağılımı 198
Şekil 67:2008 yılı gaz ölçüm sonuçlarına göre ve 07:00- 08:00 saatleri arası yıllık ortalama meteorolojik verilere göre CO2 dağılımı 199
Şekil 68: 2008 yılı gaz ölçüm sonuçlarına göre ve 14:00- 15:00 saatleri arası yıllık ortalama meteorolojik verilere göre CO2 dağılımı 199

Şekil 69:2008 yılı gaz ölçüm sonuçlarına göre ve 24:00- 01:00 saatleri arası yıllık ortalama meteorolojik verilere göre CO2 dağılımı 200
Şekil 70: 2008 yılı gaz ölçüm sonuçlarına göre ve yıllık ortalama maksimum rüzgâr hızı verilerine göre CO_2 dağılımı 200
Şekil 71: CO_2 gazının 2008 ölçüm sonuçlarından 10 misli artması sonucu 201
Şekil 72: Yıllık ortalama rüzgar hız ve yönüne göre CO_2 gazının 2008 ölçüm sonuçlarından 1000 misli artması sonucu gaz dağılımı……201
Şekil 73: Gaz Tehlike Analizi Haritası. 205
Şekil 74: Genel risk değeri ve yıllık meteorolojik verilere göre H_2S gazı değerinin 100 kat artması halinde risk değeri haritası..... 207
Şekil 75:Genel risk değeri ve yıllık meteorolojik verilere göre H2S gazı değerinin 1000 kat artması halinde risk değeri haritası..... 208
Şekil 76:Genel risk değeri ve yıllık meteorolojik verilere göre CO_2 gazı değerinin 100 kat artması halinde risk değeri haritası..... 209
Şekil 77:Genel risk değeri ve yıllık meteorolojik verilere göre CO_2 gazı değerinin 1000 kat artması halinde risk değeri haritası..... 210

FOTOĞRAF LİSTESİ

Foto 1: Dere vadisi batı yamaçları, Pliosen volkanizması andezitlerinin oluşturduğu kornişler..... 25
Foto 2: Çünür tepesi kuzey batısında trakiandezitler içerisinde anklavlar 28
Foto 3: Köyke Taşı olarak adlandırılan andezitlerin kullanılmış olduğu Aya Ishotya (Yorgi) Kilisesi 30
Foto 4: A: Eğirdir Doğu Kıyısı Piroklastikler B –C : Burdur Gölü Kuzeydoğusu Piroklastikler içerisinde piroklastik seriler 40
Foto 5: Gaz çıkış noktası yakınan kuruklan seyyar meteoroloji istasyonu..... 58
Foto 6: Gaz çıkış noktası yakınan kuruklan seyyar meteoroloji istasyonundan veri alma işlemi 58
Foto 7: Darıderesi Barajı'nın aşınımla gelen materyal ile dolmasını engellemek için inşa edilmiş bentler 96
Foto 8: Gölcük Kalderası içinde ve çevresinde erozyon ile mücadele ve ağaçlandırma çalışmaları yapılmaktadır. 96
Foto 9: Kaldera içinde çoğunluğu ağaçlardan oluşan bitki örtüsü..... 97
Foto 10: Hisar Tepe Konisi..... 118
Foto 11: Karatepe Konisi 119
Foto 12: Karatepe Konisi 120

Foto 13: Karatepe konisi zirve kesimindeki andezitler 120
Foto 14: Karakaya Tepe ve Akdağ görünümü 123
Foto 15: Karakayatepe ve çevresindeki bazı koniler 124
Foto 16: Karakaya tepe zireve kesiminde yuvarlak geometrik şekilli andezit blokları 124
Foto 17: Darıderesi mahallesi güneyi 1 nolu koni 125
Foto 18: Gölcük kuzeyi Tilkidüzü Tepe ile 16 Nolu Tepe arasında kurulan pomza ocağı 126
Foto 19: Çünür tepe konisi görüntüsü Süleyman Demirel Üniversitesi Doğu Yerleşkesi'nden görünümü 127
Foto 20: Pilav Tepe Konisi 129
Foto 21: Kaldera içi domlar 130
Foto 22: Pilav Tepe kuzeybatısındaki dom yapısı içindeki dayk 130
Foto 23: Gölcük Kalderası 134
Foto 24: Gölcük Kalderası 135
Foto 25: Google Earth 19/09/2003 tarihli kaldera görüntüsü 136
Foto 26: Güncel kaldera iç yamalarındaki kornişler 137
Foto 27: Pürenliova ve güney yamaçlarda yer alan kornişler 138
Foto 28: Pürenliova güneydoğusunda paleokaldera dış yamaç kornişleri 138
Foto 29: Gölcük Kalderası doğusundaki Dere vadisinde andezit, trakiazdezit kayaçlarlar üzerinde tefra 141
Foto 30: Davras dağı kuzeyinde Neojen dolguları içinde pomza dizisi 142
Foto 31: Darıderesi Barajından su toplama sahası öncesine kurulan bentler 144
Foto 32: a.Büyükkükürt Vadisinin güneybatıdan görünümü, b. Büyükkükürt Vadisinin kuzeydoğudan görünümü 145
Foto 33: G-2/1 Numunesi Isparta-Eğirdir yolu üzeri 152
Foto 34: G-08 Numunesi Eğirdir Gölü doğusu 152
Foto 35:G-2/2 Numunesi Davras Dağı Kuzeyi 153
Foto 36: G-05- G-3/4 numunelerinin alındığı Yakaören Köyü güneyi 153
Foto 38: Gaz çıkışının olduğu bölgede gaz zehirlenen hayvanlar 167
Foto 39: Gaz çıkış bölgesinde vadinin karşı yamacında yoğun kükürt kokusunun yaşandığı bölgede bitki örtüsü 168
Foto 40: Gaz çıkışının olduğu vadi 169
Foto 41: Gaz numunesi alma işlemi Ocak 2010 172

Foto 42: Gaz depolama tüpü ve kontrol amaçlı tahliye düzeneği 172
Foto 44 a, b: Kuyudan çıkan gazın bir kısmının tahliye edildiği havuz ve etrafında gaz kaçağını önlemek için yapılan betonlama çalışması..... 173
Foto 45: Çimento enjekte edilerek kapatılan gaz kuyusu 174
Foto 46: Isparta Ovası 179
Foto 47: Çünür Tepei'nden Isparta Ovası ve yerleşim yerlerinin görüntüsü 180
Foto 48: Dere Vadisi'nin ovaya açıldığı kesimdeki yerleşim ve kamu binalarına ait görüntü 180
Foto 49: Isparta ovasında gül tarımı 185
Foto 50: Gölcük Tabiat Parkı içinde piknik yeri ve çocuk oyun alanı..... 189
Foto 52: Gölcük Kalderası içinde elma bahçesi..... 190

GRAFİK LİSTESİ

Grafik 1: Thornthwaite formülüne göre Isparta'nın su bilançosu 65
Grafik 2: Thornthwaite formülüne göre Burdur'un su bilançosu 65
Grafik 3:Isparta Meteoroloji İstasyonu'na ait maksimum sıcaklık ortalaması, minimum sıcaklık ortalaması ve yıllık ortalama sıcaklıklar 67
Grafik 4:Burdur Meteoroloji İstasyonu rasat verilerine ait maksimum sıcaklık ortalaması, minimum sıcaklık ortalaması ve yıllık ortalama sıcaklık..... 68
Grafik 5:Ağlasun Meteoroloji İstasyonu rasat verilerine ait maksimum sıcaklık ortalaması, minimum sıcaklık ortalaması ve yıllık ortalama sıcaklık..... 68
Grafik 6: Burdur'a ait uzun yıllar ortalama yıllık hava basınç değerleri 72
Grafik 7: Burdur'a ait uzun yıllar ortalama yıllık hava basınç değerleri 73
Grafik 8: Burdur ve Isparta'nın yıllık ve mevsimlik rüzgâr hız ve frekans gülleri ... 76
Grafik 9: Uyuz Pınarı Mevkii ve Isparta 1 yıllık gözleme dayanan mevsimlik rüzgâr hız ve frekans gülleri..... 79
Grafik 10: Isparta saatlik rüzgâr hız ve frekans gülleri..... 80
Grafik 11: Uyuz Pınarı Mevkii saatlik rüzgârrüzgar ortalama hız ve frekansı 81
Grafik 12: Burdur, Isparta ve Uyuz Pınarı Mevkii maksimum rüzgârrüzgar hız ve frekansı gülleri 82
Grafik 13:Minasın Çayı üzerinde yapılan uzun yıllar aylık ortalama debi takibi 89
Grafik 14: Çalışma Sahası Toprak Dağılım Oranları..... 94
Grafik 15: Çalışma sahasında bakının alansal dağılış oranları 112

KISALTMA LİSTESİ

CBS : Coğrafi Bilgi Sistemleri

DEM: Digital Elevation Model (Sayısal Yükselti Modeli)

DMİ: Devlet Meteoroloji İşleri

DSİ : Devlet Su İşleri

EPA : Envinromental Protect Acency (Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı)

IDW: Inverse Distance Weighted (Ters Mesafe Ağırlıklı)

NOAA: Amerikan Ulusal Okyanus ve Atmosfer Teşkilatı

OSL: Optically Stimulated Luminescence (Optik Uyarlamalı Lüminesans)

TPAO: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı

TUİK: Türkiye İstatistik Kurumu

UA: Uzaktan Algılama

USGS: United States Geologic Survey (Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırmalar Dairesi)

XRD: X-ray Diffraction Instrument (X Işınları Kırınımı Cihazı)

GİRİŞ

Nüfusun artış seyrine bağlı olarak sosyal ve ekonomik ihtiyaçlar giderek artmaktadır. Bu durum insanın doğaya daha fazla müdahalede bulunmasını beraberinde getirmektedir. Doğaya karşı gerçekleşen yersiz veya yanlış müdahaleler, doğa olaylarının gerçekleştiği süreçlerde insan kayıplarına veya beşeri unsurların zarar görmesine ve yine bazı durumlarda doğal ortamın daha fazla zarar görmesine neden olmaktadır. Oysaki gelişmişlik; yaşadığı çevrenin doğal özelliklerini bilme, arazi kullanım potansiyellerine göre hareket etme ile yakından ilşkilidir. Bu sayede ekstrem doğa olaylarından etkilenme derecesi azalır can ve mal kayıplarının büyük oranda önüne geçilebilir.

Doğal afetlerin etkileri; ekonomik, sosyal ve çevresel anlamda katastrofik olabilir. Afetin altyapı ve üstyapı üzerindeki etkileri tüm ekonomik faaliyetleri kesintiye uğratacak kadar ağır, sosyal etkileri çok sayıda can kaybına, yaralanmaya, hastalığa, evsiz kalınmasına ve toplumların sosyal anlamda çöküntüye uğramasına neden olacak kadar ciddi, çevresel etkileri ise ağaçların yıkılıp yanmasından, mevcut yerküre şekillerinin ve peyzajın önemli ölçüde değişmesine kadar uzanacak etkilere maruz bırakabilecek kadar büyük olabilir (Crowards, 2000).

Risk, zarara uğrama tehlikesinin oransal ya da sayısal ifadesidir. Geleceğe yönelik belirsizliği, şüpheyi, kayıp olasılığını ve zarar ihtimalini içerir. Risk analizleri zarar görme ihtimalini belirlemeye yönelik bir tür tasarımlardır. Risk analizlerinin yapılması; yatırım, yer seçme ve her türlü tercihler için karar vermede sağlıklı sonuçlar alınmasında etkili olur. Mevcut durumun sahip olduğu zarar görülebilirlik olasılığı ile yüz yüze gelinmesine fırsat verir. Tedbir alma, önleme ya da zarar azaltma fırsatı verir (Turoğlu, 2011a).

Doğal afet türlerinden biri olan volkanizma yurdumuzda güncel olarak görülmemektedir. Ancak ülkemize yakınlığıyla dikkat çeken Sicilya adasındaki aktif Etna Yanardağı, en son faaliyetini 1950 yılında gerçekleştiren ve ülkemizin batısında Ege Denizinde yer alan Santorini (Thera) volkanı (Sür, vd., 2002; Yiğitbaşıoğlu) değerlendirildiğinde, aktif bir deprem ülkesi olmamız, aktif olmayan volkanlar, doğal

sıcak su kaynaklarımız birlikte değerlendirildiğinde; volkanizmanın tekrar gerçekleşme olasılığının olduğu ve risk analizlerin yapılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu özellikleri taşıyan çalışma sahası için yapılması planlanan; coğrafi kapsamda sahanın volkanik özelliklerinin açıklanması, volkanizma ile Yakaören gaz çıkışı ilişkisinin araştırılması, gaz çıkışı risk analizi ve modellemeleri çalışmalarıdır.

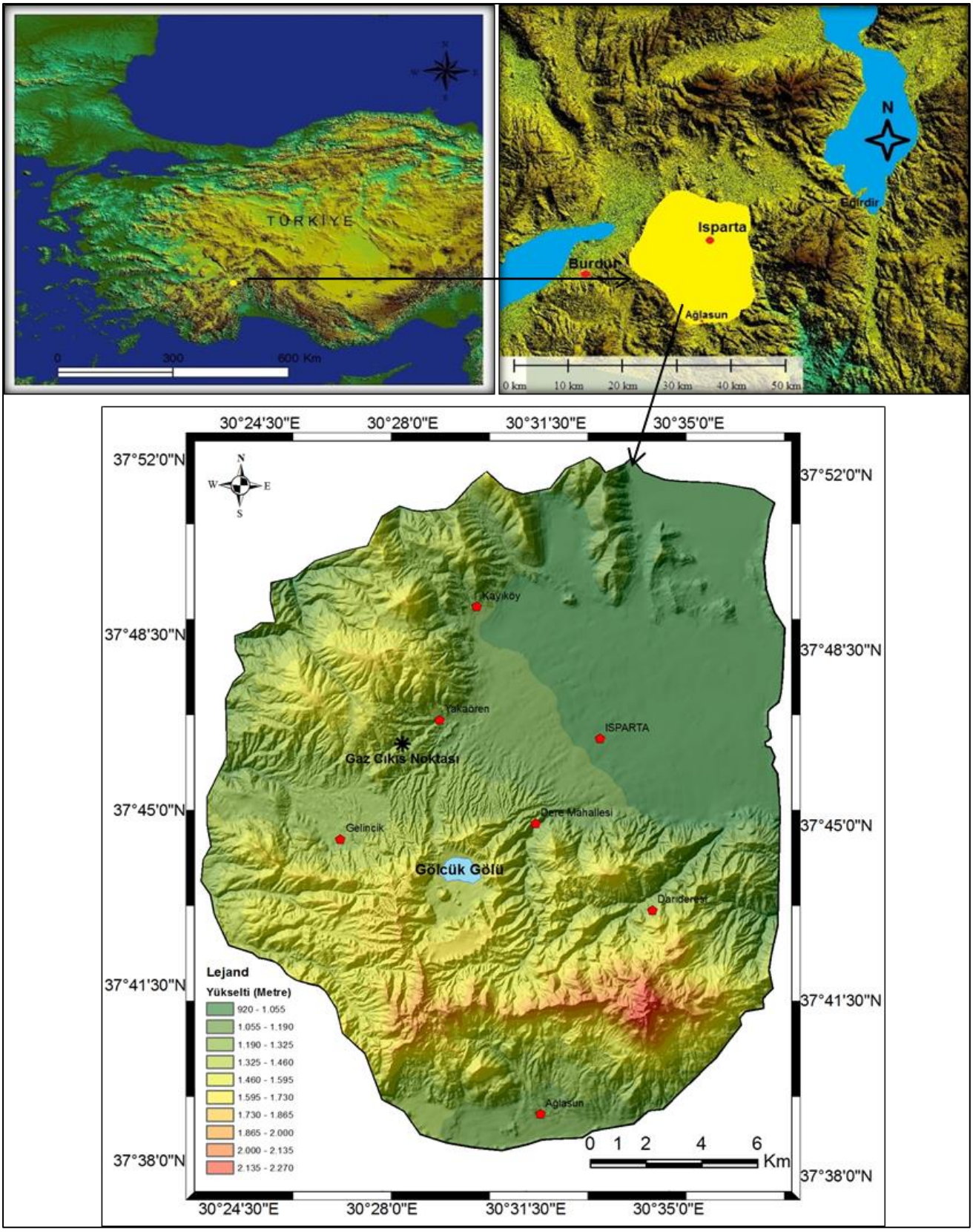
Tez sahasındaki volkanizmanın gelişim evrelerinin tespiti, risk analizleri ve modelleme çalışmalarında arazi ölçümleri, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) uygulamaları önemli araçlar olarak görülmüştür. Çalışmanın amacına yönelik olarak aşağıdaki sorulara cevap aranmıştır.

- ✓ Çözüm aranan sorun ve etki boyutu nedir?
- ✓ Soruna ilişkin bulgular neler olabilir?
- ✓ Bu bulgulara nasıl ulaşılır ve hangi kaynaklar kullanılmalıdır?
- ✓ Tespit edilen durum ve bulguların anlatımı nasıl gerçekleştirilecektir?

Sorun tespiti ve etki ölçeğini belirlemek, sorunu daha iyi görmemizi sağlayacak ve risk analizini, modellemeleri kolaylaştıracak bulguları saptamak, maddi kaynakları doğru seçip kullanmak tüm bunların sonucunda ise tespit edilen bulguların anlatım yöntemi en iyi şekilde gerçekleştirmek gibi temel yaklaşımlarla hareket edilmiştir.

İnceleme Sahasının Yeri, Sınırları ve Genel Özellikleri

Güneybatı Anadolu'da Burdur-Isparta illeri arasında kalan çalışma sahası; doğuda Isparta şehir merkezi ve Isparta Ovasının tamamını kapsarken güneyde Ağlasun ile batıda Burdur ilinin bir kısmını içermektedir. Coğrafi kordinat sistemi ile 37° 38′ 15″ -37° 52′ 10″ K ile 30° 22′ 50″ - 30° 38′ 20″ D boylamları arasındaki alana karşılık gelmektedir (Şekil 1). Sahanın sınırları belirlenirken volkanik unsurların yayılış alanı ve özellikle risk analizi kapsamında değerlendirilecek olan yerleşim yerlerinin çalışma sahasına dahil edilmesine dikkat edilmiştir. Isparta şehir merkezi, ve merkeze bağlı Kayıköy, Yakaören Köyü, Gelincik Köyü, Aliköyü, Yazısöğüt Köyü ile Ağlasun şehir merkezi ve merkeze bağlı Yeşilbaşköy çalışma alanı sınırları içinde kalan başlıca yerleşim yerleridir.



Şekil 1: Çalışma alanının lokasyonu

Amaç ve Kapsam

Isparta-Burdur yöresinde, çoğunluğu kireçtaşları üzerinde gelişmiş olan Gölcük Volkanizması'nın ve ürünlerinin çevrede bulunan yerleşim yerleri için etkileri oldukça önemlidir. Bu önemli etkiler; canlı yaşamı için hava kirliliği, göl suyundan yararlanma, turizmde rekreasyon amaçlı kullanım, milli park olmasından dolayı flora ve faunanın korunması ve geliştirilmesi şeklinde özetlenebilir. Buna ek olarak volkanizma ile yeryüzünde istiflenmiş olan tüf ve pomza sanayide değerlendirilmektedir. Özellikle pomza taşı ekonomik değer taşıdığından önemli bir doğal kaynak olarak tüketilmektedir. Pomza işletmeciliği kapsamındaki harfiyatlar mevcut jeomorfolojik karakterin hızla değişmesi anlamı taşımaktadır.

Isparta ve Burdur gibi nüfusu fazla iki yerleşim yerinin arasında bulunan Gölcük Kalderası oluşumu ve gelişimi ile ilgili süreçlerinin analiz edilmesi, jeomorfolojik özelliklerinin tespit edilerek haritalanması bu çalışmanın başta gelen amaçlardan biridir. Bu amaçla çalışma sahasının değişik bölümlerinden alınan kayaç numunelerinin tarihlendirmeleri yapılmıştır. Buna ek olarak volkanizmanın jeomorfolojik gelişimi açıklanmaya çalışılmıştır.

Gölcük volkanizmasına çok yakın bir lokasyona sahip olan Yakaören Köyü'nün batısında jeotermal su çıkarmak amacıyla açılan sondaj kuyusundan, Nisan 2008'de çalışma esnasında büyük bir patlama ile gaz çıkışı gerçekleşmiştir. Gaz çıkışının çeşitli müdahalelere rağmen devam etmesi ve özellikle H_2S, CO_2 gibi canlı yaşamı için tehlikeli olan çeşitli gazlardan oluşması, bu konunun da araştırma kapsamına dahil edilmesine neden olmuştur. Yakaören'de çıkan ve bölgede yaşayan halkı sağlık açısından uzun süre tedirgin eden ve tedirgin etmeye de devam eden bu gazın risk analizleri ve olası etkilerine ait modellemelerin yapılarak ilgili kurum ve kuruluşlarla paylaşılması bu çalışmanın önemli amaçlardandır.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde çeşitli bilgisayar yazılımları, ilgili kurum ve kuruluşlardan temin edilen nicelik ve nitelik verileri ayrıca çeşitli teçhizatlar kullanılmıştır (Şekil 2).

Çalışma sürecinde ArcGIS 9.3, ArcGIS 10,2 ArcView 3.2, ILWIS, ERDAS 10, CulpuffView 4, HYSPLIT, WeatherLink, WindRose, Surfer 10, Global Mapper 13 gibi yazılımlarından yararlanılmıştır. ArcGIS yazılımının Spatial Analyst, 3D Analyst, Arc Hydro Tools eklentileri, ArcView 3.2 yazılımının 3D Analyst, Spatial Analyst eklentileri, SCREEN, Aloha gibi Atmosfer dispersiyonu yazılımları kullanılmıştır.

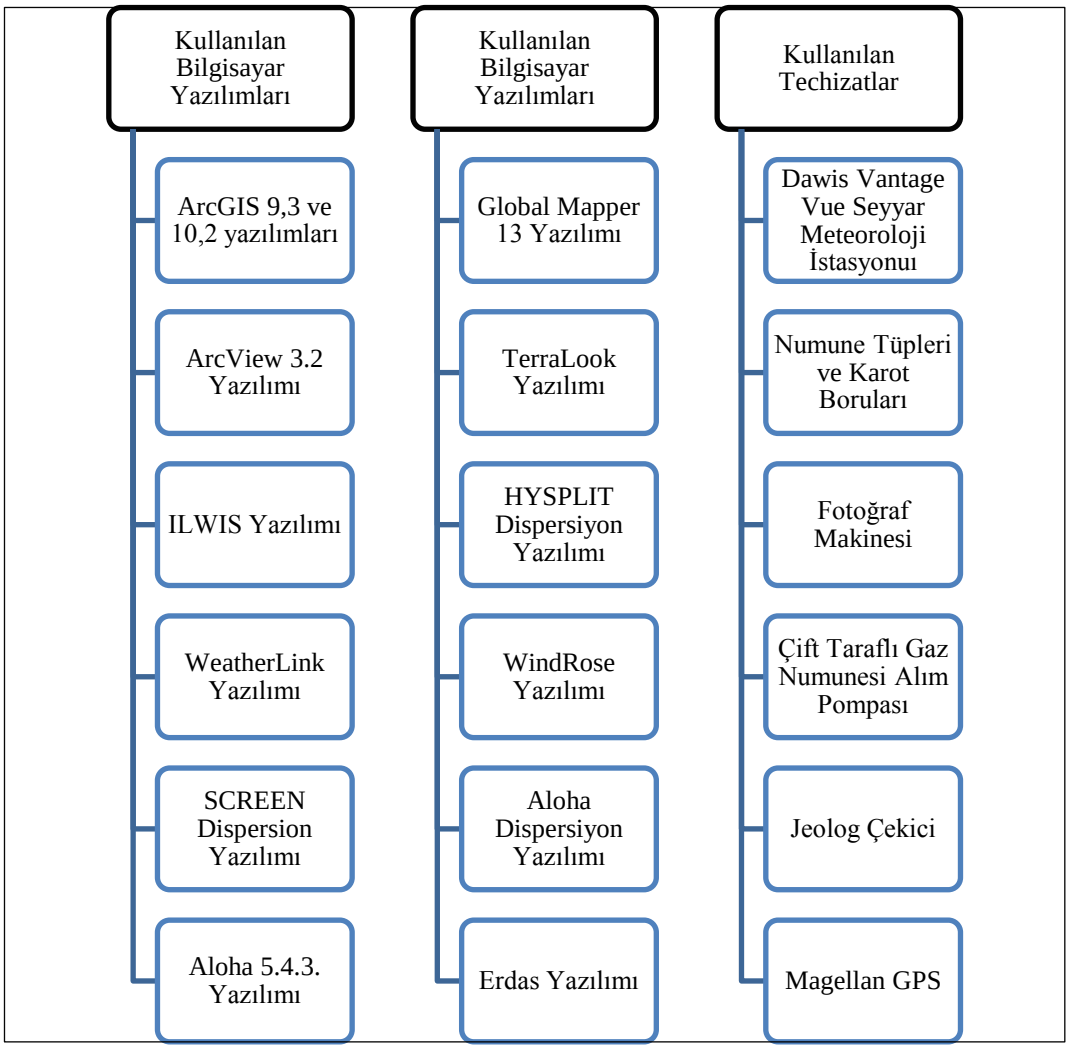
Harita Genel Komutanlığına ait 1/25 000 ölçekli M24-b3, M24-c2, M25-a4, M25-d1 topoğrafya paftaları rektifiye edilip sayısallaştırılarak altlık harita olarak kullanılmıştır. UA ve CBS kapsamında ise Çevre ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü ile yapılan protokolle alınmış olan 1/35 000 ölçekli hava fotoğrafları, ASTER 3A1 2005 yılı uydu görüntüsü ve ASTER Dem, LandSAT TM 1987 uydu görüntüsü, LandSAT ETM 2002 yılı uydu görüntüleri, değişik yıllara ait Goe Eye (Google Earth) uydu görüntüleri kullanılmıştır.

Jeolojik özelliklerin belirlenebilmesi amacıyla Maden Tetkik Arama Enstitüsü (MTA)'den alınan 1/100 000 ölçekli (J10-J11) paftaları ile 1/25 000 ölçekli (Elitok, vd., 2008) tarafından hazırlanmış jeoloji haritası kullanılmıştır. Deprem verileri Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi'nden (Web 7) sağlanmıştır.

Çalışma sahasında gerçekleşen gaz çıkışına ilişkin bilgiler ve kamu kurumlarının yaptığı faaliyetler uzun süreden beri takip edilmiştir. Gaz çıkışının ilk gerçekleştiği dönemden itibaren TPAO'nun yaptığı çeşitli analizlere ait veriler temin edilmiştir. Ayrıca gaz kimyasal özellikleri İ.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü Petrol ve Doğalgaz Araştırma Laboratuvarı'nda analiz edilerek incelenmiştir.

İklim çalışmaları sürecinde Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'ne ait Isparta, Burdur, Ağlasun Meteoroloji İstasyonlarına ait 1975-2009 verilerinden

yararlanılmıştır. Tez çalışması kapsamında sahada "Dawis Vantage Vue Otomatik Seyyar Meteoroloji İstasyonu" kurularak 1 yıl boyunca düzenli olarak sıcaklık, yağış, rüzgar, basıç olmak üzere iklim elemanlarına ait rasat yapılmıştır. Bu rasat verileri Isparta ve Burdur Meteoroloji istasyonlarının Temmuz 2011 - Temmuz 2012 tarih aralığı rasat verileri ile karşılaştırılmıştır. Volkanik patlama veya yoğun gaz çıkışı sırasında yüksek irtifalarda hareketin nasıl olabileceğine dair modellemeler yapmak amacıyla RadioSonde verileri ise hem Amerikan Ulusal Okyanus ve Atmosferik Teşkilatı'ndan (NOAA) hem de Isparta Bölge Meteoroloji İstayonu'ndan sağlanmıştır.



Şekil 2: Kullanılan bilgisayar yazılımları ve techizatlar

Bitki örtüsü özelliklerini tespit amacıyla Isparta İl Çevre Müdürlüğü'nden alınan 1/25 000 ölçekli Meşcere Haritasından yararlanılmıştır.

Toprak verisi; T.C. Başbakanlık Köy İşleri Genel Müdürlüğü'nün Isparta İli Arazi Varlığı konu başlıklı 1994 tarihli yayınından faydalanılmıştır.Nüfus, yerleşim, sosyo-ekonomik, mahalle bina verileri ve tarım ürünlerine ait veriler Türkiye İstatistik Kurumu'ndan (TÜİK, 2013) alınmıştır. Arazi çalışmaları esnasında çekilmiş olan fotoğraf ve videolar, çalışmaya ait unsurları tanımlama amacıyla kullanılmıştır.

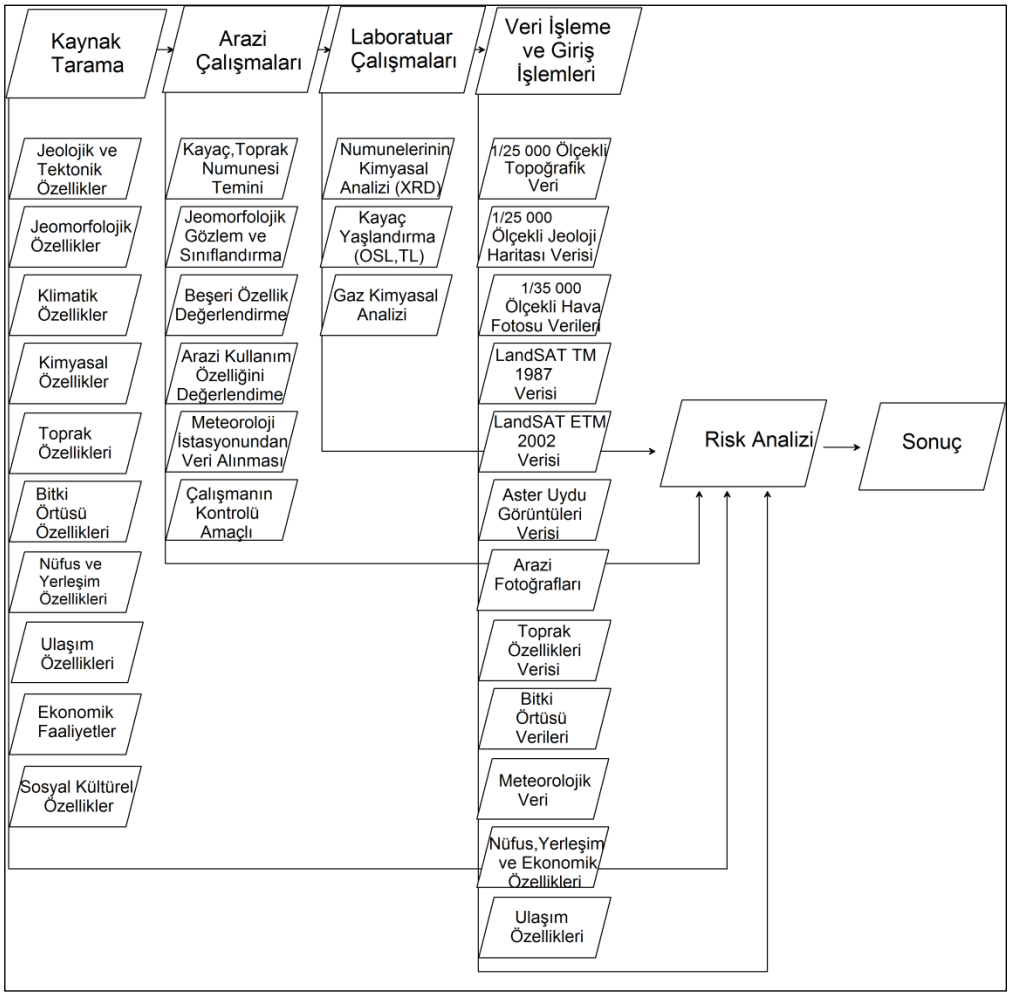
Yöntem olarak ise; çalışma sahasıyla ilişkili kaynak taramasının yapılması, dönemsel arazi çalışmaları, yıllık meteorolojik veri rasatları, laboratuvar çalışmaları, OSL tarihlendirme çalışmaları, Coğrafi Bilgi Sistemeleri yazılımları kullanılarak veri tabanı oluşturulması ve risk analizi gibi aşamalar gerçekleştirilmiştir (Şekil 3).

Gölcük Volkanizması alanının ve yakın çevresinin 1/25 000'lik haritasının M24-b3, M24-c2, M25-a4, M25-d1 numaralı topoğrafya paftaları ArcView 3.2 yazılımı kullanılarak sayısallaştırılmıştır. Volkanik unsurların yayılım özellikleri ile birlikte risk analizleri boyutu ve CBS ortamındaki işlemsel verimliliği sağlamaya dayalı kriterler ile değerlendirilerek çalışma sahası sınırları belirlenmiştir.

Çalışma sahası sınırları içerisinde 2 adet volkanik numune ile çalışma sahası sınırları dışında 3 adet volkanik numune olmak üzere toplam 5 adet numune Optically Stimulated Luminescence (OSL) yöntemi kullanılarak tarihlendirilmiştir. X-ray Diffraction Instrument (XRD) yöntemi ile çalışma sahası sınırları içerisinden alınmış olan 2 adet kayaç numunesinin kimyasal analizi gerçekleştirilmiştir. Bu veriler ve araştırma sahası ile ilgili daha önce başka araştırmacılar tarafından yapılmış olan tarihlendirme ve jeokimyasal analiz sonuçları, tarafımızdan gerçekleştirilen jeokimyasal analiz ve tarihlendirme sonuçları altlık topoğrafya haritası üzerine işlenmiştir. Araziye ait hava fotoları ve uydu görüntüleri incelenerek, litolojik birimlerin hasas sınırlarıyla ayırtlanması gerçekleştirilmiştir. Böylece çalışma sahasının jeoloji haritası sayısallaştırılarak güncelleştirilmiştir. Buna ek olarak çalışma sahasını meydana getiren birimlerin ayrıntılı stratigrafik kolon kesiti çıkarılmıştır.

Çalışma sahasının tarihi dönem tektonik aktivitesi bölgedeki Sagalasos Antik Kenti'nin dahil edildiği kapsamda araştırılmıştır. CBS ve UA teknolojilerinin sağladığı imkânlar kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Bunun yanı sıra uzun yıllara ait deprem verileri de değerlendirilerek; fayların güzergâhları belirlenip, bölgenin tektonik aktivite karakteri ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır.

Tektonik özellikler ve litolojik unsurlara ait bilgiler jeomorfolojik özellikler ve topoğrafya haritası ile çakıştırılarak geçmiş jeolojik zamanlardaki volkanik aktivite karakteri, volkanizmanın oluşu ve gelişimi anlaşılmaya çalışılmıştır. Volkanizmaya ait bu bilgiler ışığında 1/25 000 ölçekli çalışma sahası jeomorfoloji haritası oluşturulmuştur (Şekil 52). Bunun yanı sıra volkanizmanın oluşum ve gelişimine ait verilerden hareketle paleovolkan kalderaları da jeomorfolojisi haritasına işlenmiştir.



Şekil 3: Çalışma yöntemi akış şeması

Risk analizinde kullanmak üzere beşeri verilere ait veritabanı oluşturulmuştur. Kamu Kurumları, Ulaşım, Sanayi Tesisleri, Nüfus Özellikleri, Yerleşim Sahası CBS ortamına aktarılan başlıca coğrafi veriler olmuştur.

Bu noktaya kadar yapılan çalışmalar ile geçmişteki volkanik aktivite türleri ortaya çıkarılan Gölcük (Isparta) volkanizmasının yakın çevresi ve morfolojik özellikleri de dikkate alınarak volkanik aktivite karakteri açıklanmıştır.

Öncelikle volkanik gaz çıkış özelliklerine bağlı olarak değişik gazlar, rüzgâr ve diğer klimatik veriler ile birlikte değerlendirilerek yayılım alanları belirlenmeye çalışılmıştır. Modellemeler üretilmiş, ardından modellemeler kullanılarak risk analizi yapılmıştır. Risk analizi ve modellemeler uluslararası literatür de göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmiştir. Modellemeler haritalara dönüştürülerek beşeri veriler de değerlendirilerek risk kademeleri oluşturulmuştur. Modelleme ve analizlere bağlı kalmak suretiyle sonuçlar çıkarılmıştır.

Gaz kuyusundan alınmış olan numunelerin kimyasal analizine ait veriler, ile tez çalışması kapsamında temin edilen meteorolojik veriler Aloha 5.4.3. bilgisayar yazılımında çalıştırılarak; gaz dispersiyon haritaları üretilmiştir. Üretilmiş olan bu haritalar, ArcGIS 10.2 CBS yazılımında çalışma sahasının topoğrafik verileri birlikte değerlendirilmiş ve Raster Calculation özelliği kullanılarak, risk haritaları üretilmiştir. H2S, CO2 gazlarının 10 misli, 100 misli ve 1000 misli daha fazla çıkmaları durumunda gazların yayılacağı alanlar ve tehlike zonlarının ne şekilde olabilceğine ilişkin modellemeler yapılmıştır.

Karşılaşılan Güçlükler

Çalışma esnasında ihtiyaç duyulan çeşitli veri, bilgisayar yazılımı ve materyal eksiklikleri güçlük olarak yaşanmıştır. Bunlar;

-Yüksek çözünürlüklü IKONOS uydu görüntülerinin elde edilememesi nedeniyle jeomorfolojik analizde ayrıntıya inilememesi,

-Dispersiyon modellemeleri konusunda yüksek işlem kapasiteli bilgisayar ve bilgisayar yazılımı eksikliği,

-Yerleşim merkezine bina verileri ve yaşam alanlarına ilişkin sayısal verilerin yeterli olmaması,

-Sahadaki tarımsal üretim, sanayi faaliyetleri, ticaret, turizm gibi beşeri faaliyetlere ait verilerin yeterince mevcut olmaması,

-Sahanın büyük bölümünün milli park olmasından kaynaklı olarak bürokratik izinlerin zaman alması, gibi güçlüklerin haricinde;

-Dört yıl boyunca süren ve dönemsel arazi gözlemleri gerektiren Çalışmada maddi olanaklar yalnız İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri'nce, doktora tez bütçesi olan 13.000 TL'lik bir destek sağlanmıştır. Bu destek; arazi çalışmalarına, Notebook, jeolog pusulası, v.b demirbaş alımlarına, ayrıca fotokopi giderlerinde kullanılmıştır.

-Gaz Ölçüm İşlemleri, Yaşlandırmalar (OSL), XRD analizleri, Otomatik Meteoroloji İstasyonu bireysel çaba ve maddi katkı ile yapılmaya çalışılmıştır. İ.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri'nden sağlanan bu maddi destek önemli bir katkı olmakla birlikte ihtiyaçların karşılanmasında yeterli olmamıştır.

Önceki Çalışmalar

Bölge ile ilgili en eski çalışmalardan biri Ardel ve Planhol (1951), Isparta Gölcüğü adlı jeomorfolojik etüt çalışmasıdır. Bu çalışmada Gölcük volkanı; Oligo-Miyosen'e ait fosilleşmiş bir volkanın kenarında oluşmuş bir maar olarak tanımlanmıştır. Gölün hemen yanı başında ve batısında bulunan Pilav tepe ve Sungur tepeyi birer baca tıkacı ve aşınıma dayanıklı neck olarak tanımlamışlardır.

Poisson ve arkadaşları (1984) yaptıkları çalışmada; Toros otoktonu ve Antalya naplarını örten kayaçlardan hareketle, Antalya naplarının bölgeye Oligosen öncesinde yerleştiğini savunmuşlardır.

Kazancı ve Karaman (1988), Pliyosen volkanoklastik istif ve sedimantoloji ile ilgili olarak gerçekleştirdikleri çalışmada; Gölcük çevresindeki volkanoklastik istifin depolanmasının tamamen kıtasal kabuk koşulları ve volkanik ürünlerin Maar tipi bir volkanizmanın ürünü şeklinde nitelendirmişlerdir.

Yalçınkaya, (1989) "Isparta-Ağlasun (Burdur) Dolaylarının Jeolojisi" adlı doktora tezi çalışmasında; Gölcük volkanizmasının ilksel ürünü olan Pürenova formasyonunu tanımlamıştır. Yalçınkaya, bu formasyonu, yapısal çanakların, akarsuların dolması sonucu oluşan, tatlı ve acı su göllerinde, akarsu-göl geçiş ortam ve fasiyeslerindeki kırıntılardan oluşmuştur, şeklinde tanımlamıştır. Pürenova formasyonunun Pliyosen öncesi tüm birimleri açısal bir uyumsuzlukla örttüğünü belirtmiştir. Çalışma sahasının ise Üst Miyosen sonrasında bir aşınma evresi geçirdiğini, Pliyosen'de gölsel ve karasal çökellerin birikim alanı olduğunu belirtmiştir. Tektonik olarak Pliyosen döneminde çekme ve gerilmelerin neden olduğu oldukça etkin düşey hareketlerle derin fayların oluştuğunu, bu sayede kırıklar boyunca yükselen lav ve tüflerin çökelme havzalarına akmış olduğunu belirtmiştir. Yakaören tüf üyesi, Gölcük volkanitleri gibi adlandırmalarda bulunmuştur.

Pekdeğer ve arkadaşları (1990) yaptıkları çalışmada Gölcük gölü drenaj sisteminde yüksek florür oranının nedenlerini açıklamışlardır. Bu yüksek florür oranının sebepleri olarak; volkanik kayaçların flor açısından zengin olması, piroklastik kayaçların hızlı günlenmesiyle florürün açığa çıkması, klimatik koşulların

uygunluğu, morfolojik faktörler olan depresyon karakteri, birikinti yelpazeleri, suyun kalitesi, bitki örtüsü özelliklerini göstermişlerdir.

Kuşçu ve Gedikoğlu (1990) Isparta-Gölcük Yöresi Pomza Yataklarının Jeolojik Konumu" adlı çalışmalarında sahanın genel jeoloji haritasını üretmişler ayrıca Gölcük, volkanitlerinin oluşum mekanizmasını yorumlamışlardır. Bu çalışmada Volkanizma çok safhalı bir patlama ve püskürmeyle gelişmiş, bunun sonucu olarak aynı volkanizmaya bağlı farklı mineral doku ve renkte volkanik, kayaç toplulukları ile piroklastik kayaçlar oluştuğu ifade edilmiştir. Andezit ve trakiandezitik bileşimli kayaç topluluklarının egemen olduğu bu volkanizma yörede, en az 7-8 kez patlamalı faaliyet göstermiş olduğu belirtilmiştir. Yörenin Üst Miyosen ve sonrası Pliyosen'de grabenleştiği, oluşan derin faylar boyunca andezitik karakterli volkanizmaya bağlı lavların yüzeye çıkarak başlıca volkan konilerini oluşturduğu, Gölcük volkan konisinin yeni bir patlama ile parçalanmış ve merkezi kesimin çökmesi ile kaldera oluştuğu, kaldera içerisinde biriken suyun mağma odasında basınç oluşturduğu, biriken gaz ve dış basınçla 7-8 kez patlamalı volkanizma ile pomza düzeylerinin meydana geldiği ifade edilmiştir. Göl suyunun taşması, aşınma ve taşıma işlemleriyle topoğrafyanın bugünkü şeklini aldığı vurgulanmıştır.

Karaman (1990) "İsparta Güneyinin Temel Jeolojik Özellikleri"başlıklı çalışmasında Gölcük volkanizmasını "Maar" tipi bir volkanizma etkinliği sonucu olduğunu belirtmiştir. Gölcük formasyonu oluşturan kayaçları, genel olarak farklı litolojik özellikleri ile birbirlerinden ayrılan iki ayrı volkanik evrede meydana geldiğini ifade etmektedir. Formasyonun egemen kaya türünü volkano-tortul nitelikli tüf, tüfit, pomza seviyeleri ile andezitik-trakitik özellikli lavlar oluşturduğunu. Andezit-trakit lavları bu formasyonun bir üyesi olarak ayırtlamış ve ayrınlıtı olarak değinmiştir.

Özgür ve arkadaşları (1990), Çalışmada volkanizmanın kıtasal kabuk ürünü olduğu ve alkali karakterde kayaçlar oluşturduğu, volkanik gelişimin ürün özelliklerine göre tefranolite, piroklastik seriler, trakiandezitler ve trakitler olmak üzere üç aşama şeklinde olduğu ifade edilmiştir. Çalışmada ayrıca Gölcük volkanitlerinin yüksek oranda Florür içerdiği bunun Florapatit mineralinden kaynaklandığına yer verilmiştir.

Çiçek, (1992 a) "Gölcük Kalderası (Isparta)" adlı çalışmasında volkanik bölgeyi jeolojik ve jeomorfolojik açıdan incelemiş bölgenin jeomorfoloji haritasını üretmiştir. Çiçek, volkanik oluşumu kaldera olarak tanımlamıştır. Pürenova ve Arpaseki'yi biriken piroklatik malzeme ile oluşmuş, 1150-1250 m'lerdeki Üst Pliyosen aşınım yüzeyi olarak değerlendirmiştir. Üst Pliyosen sonunda ise mağma hazinesinin boşalması ve üzerine binen yük nedeniyle mağma tavanının çökerek bugünkü kalderanın meydana getirdiğini ifade etmiştir.

Alıcı ve arkadaşları (1998), yaptıkları çalışmada; volkanizmanın genel olarak potasik karakterli ve alkalen ürünlerden oluştuğunu belirtmişlerdir. Volkanik gelişimin iki ana dönemde olduğunu, bunların ilksel trakit lav ve domları ikicisinin trakiandezit, trakit ve tefra ve domların olduğunu ifade etmişlerdir. Volkanik kayaçların plajiyoklas, clino-piroksen, biotit, flogopit, pyroksen, amfibol içerediklerini, oksit ve apatitlerin irikristal fazı oluğunu vurgulamışlardır. Jeokimyasal verilere göre Gölcük volkanitlerinin kabuk genleşmesi sürecinde matesomatizma ve/veya litosferik mantonun ilerlemesiyle oluştuğu sonucuna ulaşmışlardır. Bu metasomatizmanın Tersiyer'de Afrika ve Avrasya plakalarının dalma-batma zonunda serbest kalan akışkandan kaynaklanabileceğini, ayrıca Gölcük volkanik kayaçları, sahip oldukları yüksek Ba/Nb (>28), Nb ve Ti azalması nedeniyle ada yayı magmatik özelliklerini gösterdiğini ifade etmişlerdir. Sonuç olarak ise Alt Pliyosen'deki Gölcük volkanizmasının genişleme tektoniğine karşılık geldiğini vurgulamışlarıdır.

Elitok ve arkadaşları (2008), tarafından yürütülmüş "Gölcük Volkanizmasının (Isparta) Jeolojik Evrimi, GB Türkiye" başlıklı TÜBİTAK projesinde; volkanın 3 evrede oluştuğu belirtilmiştir. Birinci evre; kaldera oluşumuyla ignimbiritik püskürmelere karşılık gelen ve genellikle birbirinden paleotoprak yüzeyleri ile ayırt edilen 200 metreden fazla kalınlıkta en az altı piroklastik akma seviyesi ile temsil edilir. İkinci evre; şimdiki kalderanın kenar kesimlerinde kalıntı olarak yer alan tefronilitik dayk, lav akıntısı ve dom oluşumları ile karakterize edilir. Üçüncü evre; maar tip volkanik aktiviteye bağlı olarak birkaç kez meydana gelen phreatoplinian püskürmeler sonucu oluşan en son tüf halkası çökelleri ve kaldera içinde trakitik lav domları ile temsil edilir.

Özgür ve arkadaşları (2008), Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu destekli "Assesments Of Tectonics And Volcanic Hazards In The Area Of Isparta Around The Gölcük Volcano" isimli proje çalışmasında; bölgede, magmatizmanın geç Miyosen'de başlayan gerilme tektoniği ile eş zamanlı olarak başlamış olduğunu, Pliyosen ve Kuaterner boyunca devam etttiğini vurgulamaktadır.

Palatevoet ve arkadaşları (2008), Özgür ve arkadaşları (2008), lavlardan (tefrifonolitler ve trakitikdom) alınan örneklerin matris kısmında 40K/40Ar ve tefralardan alınan örnekler içerisindeki feldspatlarda (sanidin, anortoklas) 40Ar/39Ar yaş tayinleri yapmışlardır. Bu çalışmada Pliyosen'deki volkanizmadan ayrı olarak Pleistosen'de püskürmeli volkanik hareketliliğin olduğu, Pleistosen volkanik hareketlerin genel olarak üç aşamada gerçekleştiği, Bunların;

(1) Kaldera oluşturan ignimbiritik püskürmelere karşılık gelen ve genellikle birbirlerinden paleotoprak yüzeyleri ile ayırt edilen 200 metreden fazla kalınlıkta piroklastik akma çökelleri ile temsil edilen evre, Bu volkanik aktivite altı ayrı püskürme seviyesi ile temsil edilen yaklaşık 200 bin yıl önce büyük bir patlama (birinci püskürme evresi) başlayan yeni bir volkanik periyod olarak düşünülebileceğini,

(2) Tüm kaldera boyunca gelişen ve şimdiki kalderanın kenarlarında kalıntı olarak yer alan tefrifonolitik lav akınıtısı ve dom oluşumları ile temsil edilen evre, İkinci püskürme evresi muhtemelen bazı tefraoluşumlarınında geliştiği 115± 3-62±2 bin yıl arası bir dönemi kapsamakta olduğunu,

(3) Maar tip volkanik aktiviteye bağlı olarak birkaç kez meydana gelen phreatoplinian püskürmeler sonucu oluşan tüf halkası çökelleri ile temsil edilen üçüncü püskürme evresi olduğunu, üçüncü püskürme evresine ait tüf halkası 72.7 ± 4.7-24± 2 bin yıl arası dönemde oluştuğunu, Phreatopliniyen püskürmeleri daha önce oluşmuş olan lav domlarını tamamen parçaladığını, en son volkanik aktivite maar krater içerisinde yerleşen trakitik oluşumları ile son bulduğunu belirtmişlerdir.

Şen ve arkadaşları (2008), tarafından yapılmış "Gölcük Volkanizmasının (Isparta-GB Türkiye) Kökeni: Manto Ksenolitlerinden Kanıtlar" adlı çalışmada Gölcük volkanizması post-Tortoniyen'deki açılma tektoniği ile ilişkilendirmişlerdir.

Poyraz (2009), "Isparta Büklümünü Oluşturan Tektonik Yapıların Sismolojik Yöntemlerle Araştırılması" adlı çalışmasında Isparta büklümü ve Güneybatı Anadolu bölgesinin tarihsel ve aletsel dönem depremleri incelemiş, tektonik açıdan aktif bir bölge olduğunu, tahrip edici depremlerin 1900 yılı öncesi çok sık görüldüğünü, son yüz yılda yıkıcı depremler açısından bölgenin sismik sakinlik içinde olduğunu belirtmiştir. Eğirdir-Kovada Grabeni, Antalya Fay Zonu, Aksu Bindirmesi, Akşehir-Simav Fayı, Fethiye-Burdur Fay Zonu ve Helen-Kıbrıs Yayının, Isparta büklümü ve çevresinde güncel tektoniği etkileyen genç fay sistemleri olduğunu vurgulamıştır.

Elitok ve Görmüş (2011), "Isparta ve Jeoloji; Gölcük Volkanizması (Isparta) ve Çevre Sorunları" adlı çalışmalarında daha önceki araştırıcıların verilerini değerlendirerek Gölcük volkanizmasının değişik fazlarla tekrarladığını, Yakaören'de gaz çıkan kuyunun mağma ile ilişkili olabileceğini ifade etmişlerdir. Çalışmada ayrıca Gölcük Gölü suyundaki Flor oranının yarattığı olumsuzluklar, bölgenin erozyona maruz kalma özellikleri ve zeminin gevşek yapıda olmasına karşılık Burdur Fayının harekete geçme ihtimalleri gibi çevresel sorunlara, genel olarak değinilmiştir.

1. BÖLÜM: VOLKANİZMAYA ve GAZ RİSKİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Volkanizmanın gelişimi ve gaz riskine etki eden faktörlerin açıklanabilmesi açısından sahanın genel jeolojik yapısı, jeomorfolojik özellikleri, hidrografik özellikleri, iklim özellikleri, bitki örtüsü özellikleri, toprak özellikleri ve beşeri özelliklerin belirlenmesi önem taşımaktadır. Bu bölümde sahanın yapısal litolojik ve tektonik özellikleri, iklim özellikleri, hidrografik özellikleri, toprak ve bitki örtüsü özellikleri açıklanmaya çalışılacaktır.

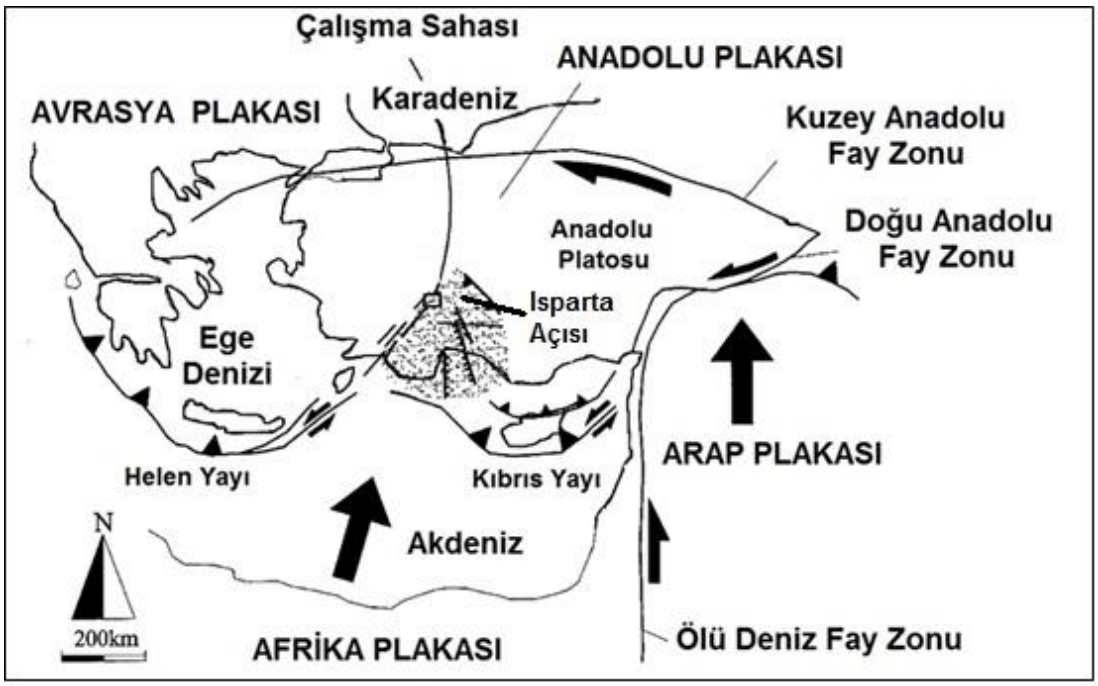
1.1. YAPISAL ÖZELLİKLER

Güneybatı Anadolu'da bulunan Gölcük (Isparta) volkanizması, Toros kuşağının, "Isparta Açısı" (Brunn, 1976 ve Şengör, 1980) olarak tanımlanmış bölümünde yer almaktadır. Bu bölge için aynı zamanda "Isparta Dirseği" (Şengör ve Yılmaz, 1983) ve "Isparta Büklümü" terimleri de kullanılmaktadır. Isparta Açısı tektonik olarak; güneyde dalma-batma zonu olan Helen yayı ve Kıbrıs yayı ile sınırlanan Ege-Batı Anadolu açılma bölgesi ile Anadolu plakası arasındaki bağlantı noktasında bulunur (Glover ve Robertson, 1998) (Şekil 4).

Isparta çevresi, Toridler tektonik birliği içerisinde önemli bir konuma sahip olan Isparta büklümünün (Koçyiğit, 1982) iç batı kesimlerinde yer alır. Toros dağlarının genel uzanımının doğu-batı istikametinde olmasına karşılık, göller bölgesi dolaylarında bu düzenli gidiş, kıvrım veya bir büklüm yapacak şekilde bir görünüm arz eder. Yapısal kökenli bu deformasyon, bölgedeki tektonizma etkinliğinin en büyük göstergesidir. Anadolu Levhası üzerinde görülen tektonik ve morfolojik yapıların çoğu bu tür bir hareket sonucu oluşmaktadır (Karaman, 1994) .

Toros kuşağında, Kambriyen'den günümüze kadar, tüm otokton ve alokton kayaç istiflerinin, Arab-Afrika (Gondwana) kıtasının, kuzey devamları olduğu, görüşü yaygın olarak kabul edilir (Ersoy, 1990).

Yapılmakta olan kinematik çalışmalar ise, Afrika Levhasının 10 mm/yıl (Barka, vd., 1997; Oral vd., 1995) gibi bir hızla sadece kuzeye hareket ettiğini gösterirken, Arap



Şekil 4:Isparta Açısının tektonik konumu (Tohon vd., 2005)

Levhasının 25 mm/yıl (McClusky vd., 2000; Reilinger vd., 1997); Oral vd., 1995; Demets, vd., 1994) bir hızla K-KB doğrultusunda hareket ettiğini göstermektedir (Poyraz, 2009). Günümüzde tektonik yönden aktif olan Isparta, Burdur dolayları eski jeolojik devirlerde de yapısal gerilmelerin etkisi altında kalmış ve değişik tür kıvrımlı, kırıklı, bindirmeli ve faylı yapılar kazanmıştır. Bu tür etkin yapısal olaylar, bölgede düzenli stratigrafik ilişkilerin kurulabilmesini de güçleştirmiştir (Koçyiğit, 1981).

Isparta büklümünün bu karışık stratigrafik özelliğine karşılık volkanik özelliklerin açıklanabilmesi ve jeomorfolojik gelişme evrelerinin oluşturulabilmesi için sırasıyla; litolojik yapı, tektonik yapı konuları ele alınacaktır.

1.1.1. Litolojik Yapı

Gölcük volkanizmasının gelişim özelliklerinin belirlenebilmesi açısından litolojik yapıların ele alındığı bu bölümde; çalışma sahası ve yakın çevresinde bulunan litolojik birimler, en eskiden yeniye doğru açıklanmıştır. Sonuçlar Şekil 11'de jeoloji haritası ve Şekil 12'de stratigrafik kesit olarak verilmiştir. Mesozoik, Tersiyer ve Kuaterner'e ait litolojik birimlerden oluşan çalışma sahası, stratigrafik bakımından karmaşık bir görüntü sunmaktadır. Bu karmaşık görüntünün yegâne sebebi bölgedeki tektonik hareketler ve birbirini bazı dönemlerde kısa aralıklı bazı dönemlerde ise uzun aralıklı takip eden volkanik faaliyetlerdir.

1.1.1.1. Mesozoik Formasyonlar

Söbüdağ Formasyonu (KSO): Birim, adını Çünür kuzeyinde bulunan Söbüdağ dolayından alır (Şekil 11). Önceki çalışmalarda birimin adı Söbüdağ kireçtaşı olarak kullanılmıştır (Sarıiz, 1985 ; Yalçınkaya, 1986). Başlıca Isparta-Ankara karayolunun her iki tarafında olmak üzere Büyük Söbü tepe, Küçük Söbü tepe, Göltaş Çimento Fabrikası güneyi ve Bozanönü dolaylarına olmak üzere yaklaşık 9 km'lik bir alanda yüzeylenme verir. Birim egemen olarak açık-koyu gri, bej renkli çoğunlukla masif, yer yer orta-kalın katmanlı kireçtaşları ile temsil edilmektedir. Genel olarak sıkı dokulu ve homojen bir yapıya sahip olan kireçtaşları bol çatlaklı olup, çatlaklar çoğunlukla ikincil kalsit ile doldurulmuştur (Karaman, 1994).

Söbüdağ formasyonu, Isparta-Ankara karayolu boyunca yüksek açılı bir ters fayla Eosen birimleri üzerine itilmiştir. Fay dokanağı boyunca yer yer diyabaz türü ofiyolitik bileşenlere rastlanır. Birim bölgedeki tektonizma koşullarından büyük ölçüde etkilenmiş şiddetli kıvrımlı, kırıklı bir yapı kazanmıştır (Karaman, 1994).

Birim içinde bulunan Triloculina sp., Quinqueloculina sp., Pseudolituonella reicheli Marie, Cuneolina sp., Nezzazata sp., Nummoloculina sp., Textulariidae, Miliolidae gibi mikrofosillere bağlı olarak Söbüdağ formasyonunun yaşı Üst Kretase olarak belirlenmiştir. Ayrıca bu birim Davras Kireçtaşları, Beydağları ünitesi ile korele edilebilir (Gutnic vd. 1979; Poisson vd. 1984; Şenel, 1997; Yalçınkaya vd., 1986; Karaman, 2000).

Senirce Formasyonu (KS): Birim adını inceleme alanının kuzeyindeki Senirce köyünden alır. Birim ilk kez Koçyiğit, (1980) tarafından Çiğdemtepe formasyonu olarak tanımlanmıştır. Görmüş ve Özkul, (1995) çalışmalarında birimi Çiğdemtepe formasyonu olarak adlandırmışlarıdır. Yalçınkaya, (1989) tarafından ise Davras Formasyonunun Seyrekler kireçtaşı üsyesi olarak tanımlanmıştır. Birim pelajik kireç taşlarıyla temsil edilmektedir.

Yörede başlıca Büyük Söbü ve Küçük Söbü tepelerin güneybatısında, Göltaş çimento fabrikası, Senirce köyü ve Bozanönü köyü dolaylarında yaklaşık 4 km'lik bir alanda yüzeylenme vermektedir (Şekil 11). Birim egemen olarak açık krem, boz renkli plaketili pelajik kireçtaşlarından oluşmaktadır. Üst seviyelere doğru kireçtaşlarının içerdiği kil oranı yükselir. Tabanda ince orta katmanlı ve sert yapılı; üst seviyelere doğru ise plaketli yer yer laminalı, nispeten daha gevrek ve kırılgandır (Karaman, 1994).

Birimin üst kesimlerinde sık olarak çört yumruları ve arabandan izlenir. Kireçtaşları çoğu kez konkordal kırılma yüzeylidir ve stilolit yapıları içerir. Kil oranı daha yüksek olan gevrek yapılı ve çört içermeyen üst seviyedeki kireçtaşları yakındaki çimento fabrikasında hammadde olarak kullanılır. Birim, tabanda Senomaniyen-Turoniyen (Üst Kretase) yaşlı Söbüdağ formasyonu üzerine uyumsuz olarak oturur. Ancak bu iki birimin ortak dokanaklarının haritalanması çok yerde güçlük gösterir (Karaman, 1994).

Senirce formasyonunun tavanında ise, yine uyumsuz olarak Üst Paleosen-Alt Eosen Kızılkırma formasyonu yer alır. Senirce formasyonunun kalınlığı, Söbüdağ-Kabak tepe arasında yapılan ölçülü stratigrafik kesitinde yaklaşık 70-80 m. civarında bulunmuştur (Karaman vd., 1988).

Senirce formasyonunun farklı seviyelerinde saptanan Globotruncana arca (Cushman), G. gagnebini Tilev, Globotrımcanita stuarti (de Lapparent), Glc. stuarüformis (Dalbiez), Ganserina gansseri (Bolli), Glohotruncanella sp.,

Globigerinelloides sp., Hedbergella sp., Rugoglobigerina sp., Heterohelix sp. ve Pseudotextukina sp. gibi planktik foraminifer kapsamına göre birimin yaşı Orta Geç Maestrihtiyen (Üst Kretase) olarak belirlenmiştir (Karaman vd., 1988; Görmüş ve Özkul, 1995).

Senirce formasyonunun içerisinde yoğun çört yumruları ve arakatkıları ile stilolit yapılarının varlığı ve zengin Globotruncana türü mikrofaunanın gözlenmesi, bu kireçtaşlannın durgun ve derin denizel (pelajik) koşullarda çöklediğini yansıtmaktadır (Karaman, 1994; Görmüş ve Özkul, 1995).

Akdağ Kireçtaşı (Ma):Çalışma sahasının güney kesiminde en belirgin yükseltileri oluşturan ve km'lerce devam eden birimdir (Şekil 11). Formasyon adı, Gutnic ve arkadaşları (1979) ve Karaman (1990); Karaman (1994) tarafından da kullanılmıştır. Birim, kalın tabakalı, masif kireçtaşları ile temsil olunur. Silisli düzeyler Tınaztepe'de araştırma sahası dışındaki Sagalasos harabeleri civarında belirgin tabaka düzlemlerine sahiptir. Kireçtaşları içindeki fauna kapsamı ile Jura-Kretase dönemine ait olabileceği vurgulanmıştır (Gutnic ve arkadaşları (1979) ; Yalçınkaya, 1989; Karaman, 1990). Yalçınkaya (1989) ayrıca birimin Ofiyolitik karmaşık ile birlikte hareket ettiğini ve Burdigaliyen sonrasında inceleme alanına yerleştiğini ifade etmiştir. Tınaztepe'de gözlenen kireçtaşlarının ise devrik konumlu olduğu ve Triyas'a kadar inebileceği Gutnic vd. (1979) tarafından belirtilmiştir. Bu çalışmalar dikkate alındığında kireçtaşlarının oluşum yaşının Geç Triyas-Geç Kretase olduğu düşünülür (Görmüş ve Özkul, 1995).

Akdağ kireçtaşları uğradığı tektonizmaya bağlı olarak, ilksel konumundan tamamen uzaklaşmıştır. Akdağ kireçtaşlarının görünür kalınlığının 750-1000 m'ler civarındadır. Akdağ kireçtaşlarının fosil kapsamında bulunan; İnvolitina sp., Duestominidae sp., Trochammina, Reophax sp., Ammabaculites sp., Endthyra sp. Glomaspira sp., gibi fosilllere göre birimin yaşını Orta-Üst Triyas olarak tespit etmiştir. Ayrıca birimin zaman zaman kısmen derinleşen neritik ortamın çökellerini yansıtır (Yalçınkaya, 1989).

Ağlasun Formasyonu (Ta): Tabandan İmrezi kireçtaşı ile başlayıp, üste doğru kirli sarı, kahve, boz, yer yer gri renkli, ince orta katmanlı, kumtaşı-marn ardışıklanmasından oluşmuş, Burdigaliyen Flişleri Ağlasun formasyonu olarak adlandırılmaktadır. Formasyonun görünür kalınlığı yaklaşık 1500 m'dir. Ofiyolitli karmaşıklarla birlikte, Teke Torosları'nın, Orta-Üst Triyas alokton kireçtaşlarından oluşmuş Akdağ bindirmesi, Ağlasun formasyonu üzerinde bir dil şeklinde yürümüştür. Bölgedeki karışık sıkıştırma tektoniğinden dolayı Ağlasun formasyonu şiddetli deformasyona uğramıştır. Ağlasun formasonu ayrıca Pliyosen gölsel oluşukları ve Gölcük volkanitleri ile de örtülmüştür. Ağlasun formasyonunun yaşı; fosiller değerlendirildiğinde Burdigaliyen (Alt Miosen) olarak belirlenmiştir. Formasyon oldukça sığ denizel bir ortamda, fliş fasiyesinde gelişmiş çökel topluluklarını yansıtır (Yalçınkaya, 1989).

1.1.1.2.Tersiyer Formasyonlar

Kızılkırma Formasyonu (Tki): Birimin adı Isparta'nın kuzeybatısındaki Kızılkırma tepeden alınmıştır. Birim başlıca Gelincik Köyü'nün güneyinde olmak üzere çok az bir alanda yüzeyleme verir (Şekil: 11). Birim egemen olarak açık kırmızı, yeşilimsi ve kirli gri renkli denizel şeyl, kiltaşı, çamurtaşı, türbiditik kumtaşı, killi kireçtaşı düzeyleri ile bunlarla arakatkılı çakıltaşı ve detritik kireçtaşı seviyelerinden oluşur. Kızılkırma formasyonu alt dokanağında, ofiyolitli karmaşığı uyumsuz olarak üstler (Gelincik köyü güneyi), ancak bazı kesimlerde (Sivri tepe güneyi) ofiyolitli karmaşık, yeniden devinerek kendisinden kırıntı gereci almış Kızılkırma formasyonuna tektonik olarak bindirir (Karaman , 1990).

Kızılkırma formasyonunun değişik seviyelerinden derlenen örneklerde; bentik foraminiferlerden Alveolina (Glomalveolina) sp., Nummulites sp., Assilina sp., Miscellanea cf. primative Rahaghi, Keramosphaera sp., Rotalia sp., Kathina sp., Planorbulina cretae (Marsson), Discocyclina sp., Asterigerina sp., Textulariidae; planktik foraminiferlerden Glabigerina triloculinoides Plummer, Morozovella aragonensis (Nuttall), M cf. Formosa formosa (Bolli), M. formosa gracilis (Bolli), M.

Lensiformis (Subbotina), Acarinina soldadoensis (Brönnimann), A. cf. mckannai (White), A. Bullbrooki (Bolli), Globorotalia sp., Truncorotaloides sp., Planorotaloides sp. ve alglerden Distichoplax biserialis (Pfender), ile Ethelia alba (Pfender) saptanarak adı geçen formasyonun yaşı Paleosen-Eosen (muhtemelen Üst Paleosen-alt Eosen) olarak belirlenmiştir (Karaman , 1990).

Kayıköy formasyonu (Tky): Birimin adını Isparta kuzey batısında Kayıköy'den almıştır. Birim ilk kez Gutnic ve arkadaşları (1979) tarafından Isparta çevresindeki Eosen fliş çökelleri için kullanılmıştır. Keçiborlu-Isparta arasında Kayıköy formasyonu olarak tanımlanmıştır (Karaman vd., 1988).

Formasyon, genel olarak; killi kireçtaşı, kil taşı, silt, kumtaşı ve konglomera ardalanmasından oluşur. Egemen litolojiler kumtaşı ve kireçtaşıdır. Arazi gözlemlerinde genellikle açık-koyu gri, yeşilimsi gri, kırmızımsı, kahverengimsi, yeşilimsi sarı ve sarımsı renklerde gözlenir. Killi kireçtaşı yüzeyde kırmızımsı gri, pembe ve bazen de gri ayrışma renkli, bununla birlikte çatlaklıdır. Kumtaşları yeşilimsi renkli yer yer kaba tanelidir. Tabaka kalınlıkları birkaç santimetreden metre mertebesine ulaşabilmektedir. Gökçebağ dolaylarında ofiyolitli karmaşığı uyumsuz olarak örter. Üst sınırında Gölcük formasyonunun tüfleri ve geniş alüvyonlarla örtülüdür. Burdur dolaylarında bazı kesimlerde ise ofiyolitli karmaşık tarafından tektonik olarak üstlenir. Kayıköy formasyonunun kalınlığı 650-700 metre dolaylarındadır (Görmüş ve Özkul, 1995). Fosil tanımlamalarına bağlı olarak Görmüş ve Özkul, (1995) tarafından Alt-Orta Lütesiyen (Orta Eosen) olarak yaşlandırılmıştır.

Gönen Çakıltaşı (Tg): Gelincik köyü güneyinde yüzeylenen birim egemen olarak kötü boylanmalı çakıltaşları ve daha az oranda kumtaşları ile temsil edilir. Birim Gavurdüzü tepe, Bayramkaya tepe, Sorgun yaylası, Kır tepe çevresinde orta-kalın katmanlı çakıltaşları 50 cm - 2 m arasında değişen katman kalınlığı gösterir. Tabanda uyumsuz olarak, Ağlasun formasyonu ile birlikte bindirme dokanaklarını örter. Tavanda ise Gölcük formasyonu birimleri yer alır (Kibici vd.1999).

Birim egemen olarak kötü boylanmalı çakıltaşları ile temsil edilmektedir. Çoğunlukla kirli sarı, açık yeşil ve gri renklere sahip olan çakıltaşları uzaktan masif

görünümleri ile kireçtaşları ile karıştırılabilmektedir. Yer yer düzenli katmanlanmaya sahip çakıltaşları içerisinde ince tabakalar ve merceklenmeler halinde kumlu ve marnlı seviyeler de yer alır. Mesozoik kireçtaşları ile ofiyolitli karmaşığa ait serpantinit, gabro, diyabaz, çört, radyolarit tanelerinin kumlu, killi ve yer yer kireçli bir bağlayıcı madde ile tutturulmasından oluşmuşlardır. Çakıllar sıklıkla iyi yuvarlanmış ve birbirlerine iyi bağlanmış olup, çakıl boyutları ortalama 1-5 cm arasında değişmektedir (Karaman, 1990).

Gutnic, (1977), çakıltaşı formasyonun oluşum dönemini Oligosen; Yalçınkaya vd. (1986) ise Orta-Üst Miyosen olarak vermişlerdir. Karaman (1990) ise Akdağ kireçtaşı birliğinin, Alt Miyosen birimlere bindirmesini değerlendirerek, dağ oluşumunun ardından meydana gelen kırıklanma döneminden sonra birimin oluşabileceği düşüncesiyle Orta-Üst Miyosen olarak kabul etmiştir.

Ofiyolitik Melanj (Ofiyolitik Karmaşık) (Mg):

Bu birim, Gelincik ve Günalan köyleri çevresi ile Akdağ'ın kuzeyinde ve Ağlasun yakınlarında gözlemlenmektedir. Amfibolit, Amfibol-albit şist, serpantinleşmiş peridotit, hazburjit, piroksenit, bazalt, spilit gibi türler de karmaşığı oluşturmaktadır (Yalçınkaya, 1989). Açık-koyu yeşil ile kırmızı arasında renk tonlarında izlenen, düzensiz ve karmaşık iç yapılı, allokton özellik gösterir bu birim, ofiyolitli karmaşık olarak isimlendirilmiştir (Karaman, 1990).

Bölgedeki devinimleri Tersiyer serileri içinde kalmaktadır. Üst Paleosen-Alt Eosen serilerinde gözlenir. Gelincik köyünün güneyinde görülebileceği üzere, ofiyolitli karmaşığın üzerine uyumsuz olarak oturan Üst Paleosen-Alt Eosen Kızılkırma formasyonu, ofiyolitik kayaçlardan türemiş bol kırıntı gereci içerir. Bu veriye göre, karmaşığın bölgeye ilksel yerleşim yaşı geç Paleosen veya öncesidir (Karaman, 1990). Üst Paleosen-Alt Eosen sonuna doğru, bölgeye yerleşen ofiyolitik karmaşık, Lütesiyen ve Burdigaliyen sonunda ikinci ve üçüncü ilerlemesini yaparak, Tersiyer serileri içerisinde birbirine paketlenmiş, tektonik dilimler şeklinde yörenin karmaşık bir yapılanma kazanmasına neden olmuştur. Bölgeye yerleşimi bir naplaşmaya bağlı olan birim; geliş zamanı ve geçtiği yerlerdeki farklı fasiyes özelliği gösteren kaya

birimlerine bağlı olarak, yöreye getirebildiği allokton ünitelerin taşıyıcısı durumundadır. Burdigalyen ve sonrasındaki nihayi yürümesiyle, otokton serilerin üzerine yerleşmesini sağlamıştır.Ofiyolitik karmaşığın Alt Eosen ve Lütesiyendeki ilerlemesi kuzeyden güneye doğru olmuş, Burdigaliyen yürümesi ise, bölgenin doğu-batı yöndeki sıkışması ile ilgili olarak, kütlesel hareketlerle birlikte gerçekleşmiştir (Yalçınkaya, 1989).

1.1.1.3.Pliyosen Volkanik Formasyonlar

Gölcük Formasyonu: Poisson (1977) tarafından Gölcük volkanitleri olarak tanımlanan birim, Gölcük kalderası çevresinde yer alır. Yalçınkaya (1989), birimi Pürenova formasyonu, aynı birimi (Özgür vd. 2008; Elitok vd., 2008) kaldera dışı volkanitler olarak tanımlamışlardır. Karaman (1990) tarafından Gölcük volkanitleri andezit üyesi olarak adlandırılan birim, bu araştırmacıların haricinde Platevoet vd.(2008), Elitok vd. (2010) gibi araştıracılar tarafından da ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir.

Gölcük kayaç topluluğu deniz seviyesinden 1378 m yükseklikte Isparta grabeninin güney-güneybatı omuzuna yerleşmiş, 3-4 km çapında, bakışımsız bir püskürme yapısıdır (Koçyiğit, 2008) .

Gölcük formasyonu Pliyosen volkanitleri Gölcük kalderası etrafında, Isparta ve Akdağ arasında, Çünür dolaylarında, Isparta çevresinde Hisar tepe, Kara tepe, Gilikkaya tepe, Karakaya tepe, Tepebaşı tepe, Yumru tepe, Yakarören dolayları ile Çünür dolaylarında gözlenirler (Şekil 11). Gölcük ana kraterinin haricinde Karadağ, Hisar tepe, Karakaya tepe gibi konilerden de bu birime ait volkanik materyal yüzeylenmiştir. Bu birim gri, yeşilimsi, sarı veya açıkkahve renkli andezitik-trakitik lav, lamprofir, bazaltik trakiandezit, trakiandezit, trakit bileşimli kayaçlar, tefrifonilit ile aglomeradan ve laharlardan oluşmaktadır. Birim Ağlasun formasyonu ve Gönen çakıltaşları birimi üzerinde uyumsuz bulunurken, üstünde aynı formasyonun tüf, tüfit, pomza serileri yer almaktadır (Karaman, 2000; Özgür vd., 2008).

Pliyosen'e ait volkanik kayaçlardan andezit, gölcük kalderası iç ve dış kenar aflörmanlarında özellikle korniş oluşturak şekilde bulunur. Hisar Tepe, Milas deresi dolaylarında, Karatepe, Yakaören köyü civarında, ayrıca Karakaya Tepe, Kocakır Tepe gibi tepelerde yine andezitlere rastlanmaktadır (Foto 1).



Foto 1: Dere vadisi batı yamaçları, Pliosen volkanizması andezitlerinin oluşturduğu kornişler

Yakaören Köyü civarında Sayarlık Tepe'nin 300 m. Kadar batısında tüfleri delen grimsi açık bordo renkli andezitik intrüzyonun üzerinde breşimsi yapılı bir mostra, tüf parçalarının tortullaşıp çimentolaşmasıyla oluşmuştur. Bu üst tüf olarak adlandırılmıştır. Tüfleri delen andezitik intrüzyonlarla tüflerin üzerine ekstrüzyon yapıp yayılan andezitik ve dasitik bazalt ekstrüzyonları belirteçte üst andezitler diye adlandırılmaktadır. Alt andezitler ise tüflerin altında olup bazı dere vadilerinin erozyonuyla açığa çıkmışlardır. Çayırbelen Tepe, etrafında Tilkidüzü Tepe ile Yumru Tepe arasındaki dere içinde iki küçük mostra halinde ve Küsürelik Tepe'de Eosen türbiditlerine intrüzyon yapmış bir şekilde daha batıda Belen Tepe'de tüflerin altında ve Gölcük krater gölünün çevresinde tüflerin altında göze çarpmaktadır (Özgüner, 1980).

Sahanın çeşitli kesimlerinde andezitik kayaçların farklı minerolaojik birimlere sahip olduğu ve böylece piroksen andezit, biyotit andezit, anfibol andezit olarak çeşitlere ayrılabileceği belirlenmiştir (Kuşçu ve Gedikoğlu, 1990).

Gölcük çevresinde, bu tip kayaçlarda K/Ar yöntemi ile yapılan radyometrik yaş belirlemeleri 4-4.7 milyon yıl yaş vermekte ve bu birimler Alt Pliosen olarak tarihlendirilmektedir (Leferve vd., 1983)

Andezitlerin üst dokanağında Gölcük formasyonunun volkano-tortul nitelikli tüf ve piroklastik seviyeleri bulunur. Tabanda ise kendinden yaşlı olan Kayıköy formasyonunu, ya yan bacalar şeklinde keserek çıkmış (örneğin Tepebaşı tepe), ya da yakındaki bacalardan çıkarak, Kayıköy formasyonu üzerinde konumlanmıştır. Tabanı görülemediği için andezitik lavların kesin kalınlığını söylemek olanaksızdır. Ancak arazi ve topografya yorumuna bağlı olarak, Gölcük krateri dolaylarında andezitik lavların düşey (görünür) kalınlığının 300 m den fazla olduğu sanılmaktadır (Karaman, 1990; Elitok vd., 2008).

Mikroskop çalışmalarında piroksen andezitlerin apatitçe zenginliği, dikkati çeken önemli bir özelliktir. Isparta yöresi içme sularında normalden çok fazla oranda bulunan florürün bu kayaçların içerdiği apatit minerallerinden kaynaklanabileceği düşünülebilir (Kuşçu ve Gedikoğlu, 1990).

Trakit ve trakiandezitler, hem temel kayaçlar içerisinde yer aldığı gibi hem de temel kayaçlar içerisine daha önceden yerleşmiş olan volkanikler içerisinde dayklar şeklinde bulunmaktadır. Bunlar genel olarak sanidin, plajiyoklas, piroksen, amfibol, biyotit, flogopit, apatit, sfen, zirkon, opak mineral bileşiminden oluşmakta ve porfirik doku sunmaktadırlar. Sanidin, plajiyoklas, biyotit, amfibol ve piroksenler genellikle yan özşekilli, özşekilsiz formlarda olup kenarlanndan itibaren korozyona uğramışlardır. Sanidin ve plajiyoklaslarda genellikle kristal kenar zonlarında ya da kristal iç kesimlerinde elek dokusu gelişmiştir. Temel kayaçlar içerisine yerleşmiş olan trakitlerde bileşenler herhangi bir yönelme göstermez iken bunları kesen trakit dayklarda akma dokusu gözlenmektedir. (Özgür vd., 2008; Elitok vd., 2008).

Bazı trakiandezitlerde amfibol, piroksen, biyotit, iri apatit, sfen, ve opak minerallerden oluşan mineral yığışımları yer almaktadır. Oldukça iri kristalli K-feldspat ve plajiyoklas kristallerinden oluşan ve bunun yanında sekonder oranda sfen ve zirkon kristalleri içeren monzosyenitik anklavlar küçük yumrular şeklinde volkanikler içerisinde yer almaktadır (Elitok vd., 2008). Çünür tepesi kuzey batısında bu anklavlara örnekler görülebilmektedir (Foto 2).

Trakiandezitik kayaçlar çalışılan sahanın büyük bir kesiminde görülmektedirler, ancak özellikle Pilav tepe, Hisar tepenin güneyinde ve batısında dayklar halinde gözlenirler ayrıca Yakaören batısında mostra vermektedirler (Kuşçu ve Gedikoğlu, 1990)

Trakiandezit-bazaltik trakiandezit grubu kayaçlar, arazide hem fliş ve ofiyolitik melanj türü temel kayaçları hem de temel kayaçlar içerisine daha önceden yerleşmiş olan trakitik-trakiandezitik bileşimsi volkanik kayaçları ince dayklar şeklinde kesmekte ya da bunlar içerisinde küçük sivri domlar şeklinde bulunmaktadır. Arazide genellikle gri, koyu gri, siyahımsı gri renklerde gözlenmekte, siyah fenokristaller gri, koyu gri matriks içerisinde yer almakta ve genellikle afanitik porfirik doku sunmaktadırlar. Trakiandezit-bazaltik trakiandezit grubu kayaçlarda plajiyoklasların baskılanarak matriks fazda yer almaları eriyikteki belirli miktarlarda su içeriğinden kaynaklanmış olabilir. Ayrıca bu kayaçlarda apatit kristallerinin boyutları diğerlerinden farklı olarak yer yer mikrofenokristal boyutuna kadar ulaşabilmektedir. Bazaltik trakiandezitleri, Pürenli Tepe ile Otbitmez Tepe arasında fliş ve ofiyolitik melanjdan oluşan temel kayaçaları, aglomera ve üzerinde yer alan lahar türü çökelleri ve daha önceden temel kayaçlar içerisine yerleşmiş diğer volkanik kayaçları 1.5-2 m kalınlığında bir dayk şeklinde kesmektedir. Darıdere mahallesinde flişi ince dayk şeklinde, Gilikkaya tepenin batı yamaçlarında bazaltik trakiandezitler trakitik volkanik çıkışları 1-1,5 m kalınlığında dayklar şeklinde kesmektedir. Gilikkaya Tepe ve hemen doğusu ile Karakaya Tepe'nin yaklaşık 500 m kuzeyinde trakitik-trakiandezitik volkanik çıkışlar içerisinde bazaltik trakiandezitler küçük sivri domlar şeklinde yer almaktadır (Şekil 11) (Elitok vd., 2008).



Foto 2: Çünür tepesi kuzey batısında trakiandezitler içerisinde anklavlar

Lahar çökelleri kaldera dışı sahada özellikle volkanik çıkışların kenar kesimlerinde yer almakta ya da dayk konumlu volkanikleri kuşatmaktadır. Laharlar, genel olarak mm boyutundan m boyutuna kadar değişen kötü-orta yuvarlaklaşmış volkanik kaya kırıntıları, kireçtaşı, çört, kiltaşı, kumtaşı, çamurtaşı, şeyl gibi temel kayaçlara ait sedimanter kaya kırıntı ve blokları, ince taneli volkanik ve sedimanter matriks tarafından zayıfta olsa tutturulmuş olup düzensiz bir iç yapıya sahiptir. Lahar çökelleri aşınmalar sonucu yer yer çuval yapısı kazanmış ve düzensiz lav çıkışları veya dayk şekilli volkanik kayaçlar tarafından da kesilmektedir. Lahar çökellerinin bir taraftan Gölcük volkaniklerine ait malzeme içermesi, diğer taraftan da bu volkanikler tarafından kesilmesi bu çökellerin volkanik patlama öncesi lav çıkışlarının herhangi bir aşamasında oluştuklarını göstermektedir (Elitok vd., 2008).

Lamprofirler (minet) inceleme alanı içerisinde temel kayaçları oluşturan fliş ve bunlar içerisinde yer alan trakit-trakiandezİtik volkanik kayaçlar ile lahar türü oluşumları kesen 1-1.5 m kalınlığında dayklar şeklinde yer almaktadır. Kocakır tepenin yaklaşık 1 km batısında trakiandezitik volkanik çıkışı kesen KD-GB doğrultulu ince lamprofir daykı genel olarak iğnemsi, prizmatik flogopit, feldspat ve çok küçük tanesel piroksenlerden oluşan matriks faz ile flogopit fenokristallerinden

oluşmaktadır. Yine bu daykın yaklaşık 50 m kuzeydoğusunda ve bu daykın devamı konumundaki bir başka ince lamprofır daykı hem lahar türü çökelleri ve hemde flişi aynı doğrultuda kesmektedir (Elitok vd., 2008).

Kayaçları oluşturan mağmanın farklı bileşimlere sahip olması veya volkanik çıkışı sağlayan yan bacaların farklı zamanlarda oluşması gibi nedenlerle aynı birim içerisinde farklı dayanıklılık sonucu kimi koniler fazlaca aşınmışken kimileri ise ilksel yapılarını muhafaza etmektedirler. Karakaya tepe civarında yüzlek veren andezitik kayaçlar hem daha koyu renkli, hem de diğerlerine nazaran çok daha sert ve yalçın kayalıklar oluşturmuşlardır. Bu tür andezitler ince kesitlerinde yer yer yönlenmiş akma dokusu gösteren, yer yer de porfirik dokuya sahip feldspat, piroksen, hornblend, sanidin fenokristalleri ile daha az oranlarda diyopsit, manyetit, sfen (titanit), biyotit ile opak mineraller içermektedir. Öte yandan Kocakarı tepe, Kara tepe gibi bazı kesimlerdeki andezitler daha çok bozuşmuş ve altere olmuş bir görünümdedir (Şekil 11). Açık kırmızımsı, sarımsı, boz renkli ayrışma rengi gösteren bu gibi kesimlerde yer alan andezitlerde erozyon ve aşınma etkinliğinin daha şiddetli olduğu ve bu kesimlerdeki tepe ve zirvelerin kaybolarak daha düzleşmiş bir röliyef sunduğu görülmüştür (Şekil 35). Altere olmuş bu andezitlerin ince kesitlerinde, kayacın genel olarak öz/yarı öz şekilleri feldspat (Sanidin, albit, oligoklas), öz şekilli piroksenler ile daha az oranlarda (% 5-7) ayrışmış biyotit, sfen, amfibol ve opak minerallerden oluştuğu görülmüştür (Karaman, 1990).

Kuşçu ve Gedikoğlu, (1990) çalışmalarında bu ilksel volkanizma ürünlerini Ekonomik pomza seviyesi altında bulunmasından dolayı alt volkano tortul birim olarak nitelemişlerdir. Bu birimin çoğunlukla gevşek dolgulu katmansı düzeylerden oluştuğunu belirtmişlerdir. İlksel volkanizma ürünlerini gri, açık gri renkli olan 6 adet düzey tespit etmişlerdir, bu düzeylerin kalınlıkları 2 m'den 6 m'ye kadar değişmektedir. Tüf, tüfit, pomza, lapilli, kum, blok ve çakıl karışımından oluşan birimin içerisinde andezitik sert tüf olarak adlandırlan kayaç kendine has özellikleriyle göze çarpmaktadır (Şekil 11). Bu andezitler, Dere mahallesi batı yamaçlarında oluştudukları korniş ile dikkat çeker ve yörede köyke taşı olarak adlandırılırlar. Yapı taşı olarak binalarda kullanılmıştır (Foto 3) .



Foto 3: Köyke Taşı olarak adlandırılan andezitlerin kullanılmış olduğu Aya Ishotya (Yorgi) Kilisesi

Alt volkano-tortul birim içerisindeki pomza seviyeleri; ince pomza seviyesi ve çakılları, saçınımlı pomza, sürekliliği olmayan katmanlı pomza, ince taneli pomza düzeyi, bloklu pomza, ekonomik pomza şeklindedir. Bloklu pomza içerisinde çok fazla oranda andezitik çakıl ve blokları bulundurur. Bloklu pomza alt volkano-tortul birim üzerinde genellikle açısal uyumsuz konumdadır (Şekil 12). Ekonomik pomza düzeyi ise bloklu pomza üzerinde açısal uyumsuz olarak bulunmaktadır. Ekonomik pomza düzeyi çeşitli boyutlardaki gözenekli, piroklastik materyalin, gevşek bir yapıda yığışmasından oluşmuştur. Ekonomik pomza kalınlığı 2 -15 m arasıdna değişir. Biriminin rengi de gri ve açık gri renk tonları arasında değişir (Kuşçu ve Gedikoğlu, 1990).

İnceleme alanı içerisindeki lamprofirik kayaçların volkanizmanın gelişimi içerisindeki yeri tartışmalıdır. Çoban (2005) Isparta yöresindeki volkanik gelişimi şöyle özetlemiştir: (I) lamprofirik (minet) daykların oluşumu (6.21 ± 0.3 my), (II) trakiandezitik-trakitİk (4.6 ± 0.23-4.25 ± 0.21 my) ve (III) bazaltik trakiandezitik-trakibazaltİk volkanizmanm gelişimi (4.07 ± 0.2-3.68 ± 0.5 my), volkanik patlamaya

bağlı piroklastiklerin (1.5 ± 0.18- 0.39 ± 0.2 my) ve fonolitik çember dayklarının oluşumu (0.35 ± 0.1 my). Ancak lamprofirik dayklar hem temel kayaçları hem de temel kayaçlar içerisine daha önceden yerleşmiş olan trakitik-trakiandezitik kayaçları ve lahar türü oluşumları kesmektedir. Dolayısıyla bu saha ilişkileri Isparta yöresindeki volkanizmanın ilk önce lamprofirik bir mağmanın yerleşimi ile başladığı görüşünü geçersiz kılmaktadır (Elitok vd. 2008).

Gölcük volkanizması açılma fayları ile ilgilidir. Isparta'nın kuzeyinde Gönen civarında, Isparta'nın güneyinde Bucak civarında ve Gölcük'te gerçekleşen volkanizma yaklaşık olarak Kuzey-Güney yönelimli bir fay üzerine yerleşmişlerdir (Karaman, 2000).

1.1.1.4. Kuaterner Gölcük Volkanik Formasyonları

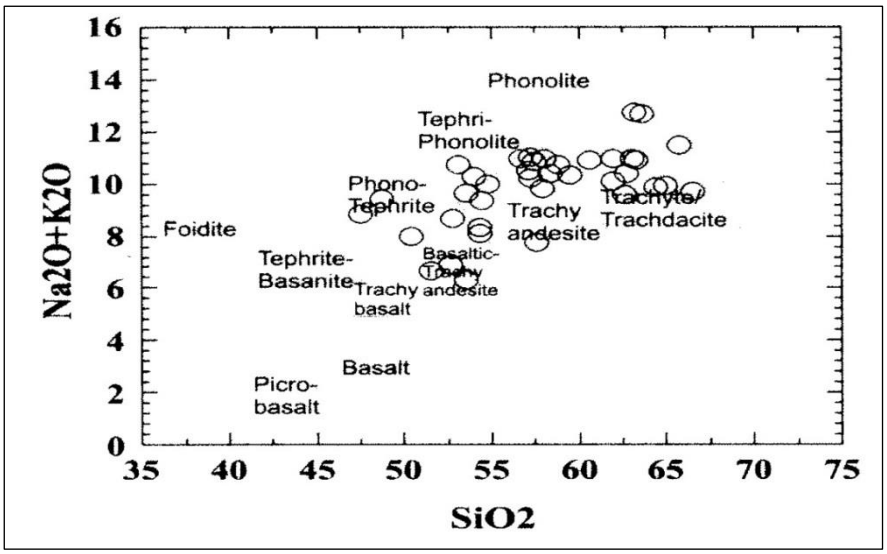
Gölcük volkanizmasına ait Kuaterner aktivitesi; Gölcük kalderasının kenar kesimlerinde dairesel şekilli mostra veren tefrifonolitik lav akıntıları ile bunları kesen yine aynı bileşimdeki dayklar, kaldera içerisindeki trakit domlardan oluşan kaldera içi volkanikler ile volkanik püskürme esnasında magma odasından dışarı atılmış piroklastik akma ve piroklastik döküntü çökelleriyle karakterize edilmektedir (Şekil 11, Şekil 12) (Elitok vd. 2008).

Formasyon tamamıyla volkanik kökenli kayaçlardan oluşmaktadır. Egemen kaya türünü son derece hafif gereçlerden oluşmuş tüf, tüfit ve pomza seviyeleri temsil eder. Bunlar arazi gözlemlerinde kirli beyaz, açık kahve, sarı ve grinin tonları arasında renkler göstermekte olup, volkanik kökenli kil, killi silt, kum ve çakıl ile yer yer blok boyutundaki malzemelerden oluşmaktadır. Tüf ve tüfitler çoğu zaman yatay veya yataya yakın konumlu ve iyi tabakalanmalıdır. Bunların son derece gevşek tutturulmuş olması, kolay dağılgan özelliği, rüzgâr, yağış, vb. etkilerle dar ve derin vadilerin oluşumuna imkan sağlar. Formasyonu oluşturan tüf ve tüfitler tabandan tavana doğru farklı litolojik ve sedimantolojik özellikler gösterirler. Genel olarak, alt seviyelerde nispeten daha sıkı dokulu ve sertleşmiş tüfitler yer alır. Yatay konumlu bu sert ve sıkı dokulu tüfitler, topoğrafyada belirgin ve dik yüzey şekilleri oluşturur. Bunları üste doğru gevşek tutturulmuş tüfitler ile pomza seviyeleri izler. İçerisinde çapraz tabakalanma, oygu-dolgu izleri, yük kalıpları, (Kazancı ve Karaman, 1988) ile

merceklenme gibi volkanizma sonrası karasal çökelme koşullarını yansıtan bir çok sin-sedimanter yapılar içeren gevşek tüfit düzeyleri, bölgede en yaygın ve kalın olarak izlenen volkanoklastik düzeylerdir. Tüfitler içerisinde karasal aşınma izlerini yansıtan kırmızı renkli toprak oluşumları yer alır (Karaman, 1990). Bu durum volkanizmanın zaman zaman kesintiye uğramasıyla açıklanabilir. Yer yer çapraz katmanlı, nodüler yapılı, fıstık yapılı düzeyler içermesi birimin karakteristik özelliğidir. Birimin üzerinde Kuaterner alüvyonları bulunur (Kuşçu ve Gedikoğlu, 1990).

Gölcük formasyonu Pliyo-Kuaterner göl çökelleri ile giriklik gösterir. Kalınlığı en fazla 1000 metre olduğu belirtilir (Yalçınkaya, 1989). Birim Üst Pliyosen-Pleyistosen olarak kabul edilmiştir. Gölcük volkanizması Pliyosen'de gerçekleşen gerilme rejimine bağlı olarak gelişmiştir (Şenel, 1997)

Gölcük yöresi volkanik kayaçları toplam alkaliye (Na_20+K_20) karşı $SİO_2$ kaya sınıflama diyagramında alkali alanda bazaltik trakiandezit, trakiandezit, trakit, fonotefrit, tefrifonolit alanlarında dağılım sunmaktadır (Şekil 5).



Şekil 5:Gölcük çevresi volkanik kayaçlarının SiO_2 Na_2 O K_2O diyagramına göre petrokimyasal sınıflandırılması (Le Maitre, 1984; Özgür, vd., 2008)

Gölcük volkaniklerinde $Si0_2$ (50.36-66.48 %), AI2O3 (14.53-19.85 %), Fe_20_3 (0.99-7.39 %), MgO(0.05-4.52 %), Ca0(0.16- 8.83 %), Na_20 (2,69-5.79 %), K_20(2.52-7.24 %), $Ti0_2$(0.2-1.18 %), P_20_5 (0.05- 0.73 %) değerleri arasında değişmektedir (Tablo 1;) (Özgür vd., 2008).

Bazı iri katyonlu litofil (LIL) elementler oldukça yüksek değerlerde olup manto zenginleşmesini yansıtmaktadır. LIL elementler açısından zenginleşme ve negatif Nb-Ta- Ti anomalileri yay volkaniklerinin genel karakteristik özellikleri olarak bilinmektedir (Pearce, 1982 ; Arculus, 1987; Kelemen vd., 1993; Özgür vd., 2008)

Gölcük'teki Pliyo-Kuaterner alkali volkaniklerin, porfirik trakit ve ojit trakitlerin jeokimyasal özelliklerini, patlama öncesi volkanik evrimini anlayabilmek için sayısal MELTS algoritması kullanılmıştır (Ghirso ve Sack, 1995). MELTS algoritmasında kimyasal varyasyonlar diğer genç serilerle karşılaştırılmıştır. Sonuçlar; iki mağma serisi olan trakit-trakiandezit ve tefrifonolitin Gölcük volkanik kayaçlarının ana kayaç türünü oluşturduğunu göstermektedir. Ayrıca trakitik-trakiandezitik mağmanın kristalleşmesinin ojit trakit, porfirik trakit, trakit ve trakiandezit dayk mineralleriyle uyumlu klinopiroksen, plajiyoklas, alkali feldspat, biotit, apatit, ve magnetit+kuvars ürettiğini göstermektedir (Kumral vd., 2006).

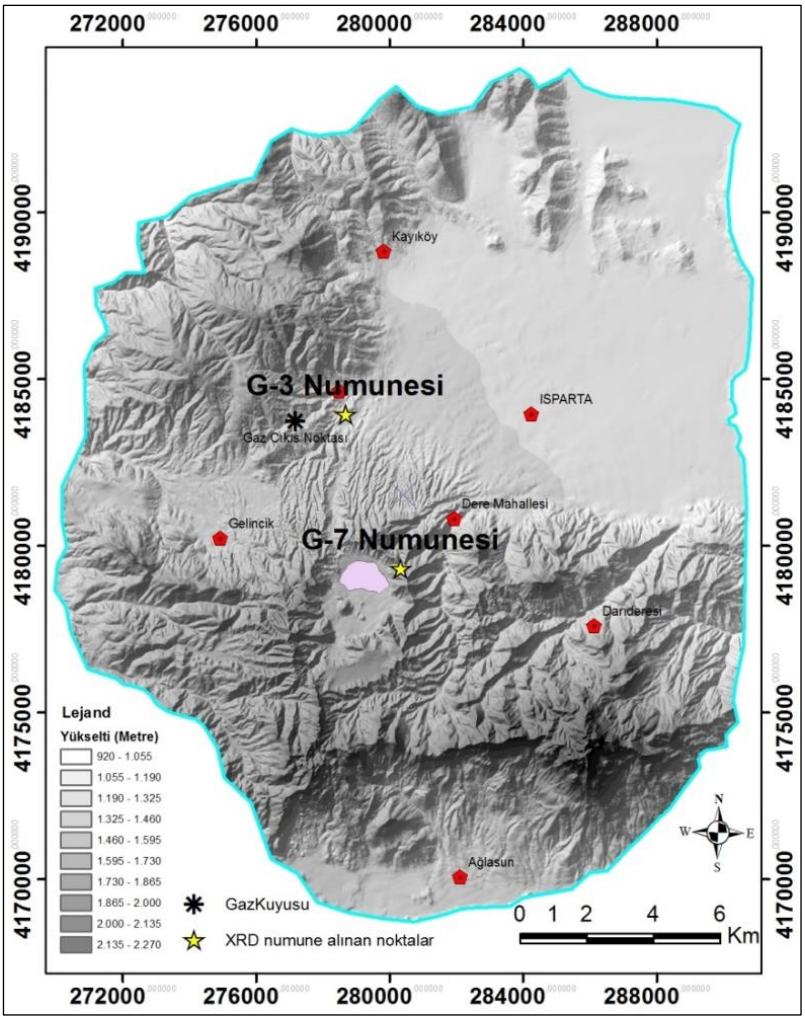
Çalışma sahasından alınan (Şekil 6) iki adet numune İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü laboratuarlarında, taramalı elektron mikroskopu (SEM) ve X ışınları kırınımı (XRD) kullanılarak mineral tanımlamaları ve şekilsel özellikleri ortaya konmaya çalışılmıştır (Şekil 7-8, Tablo 2-3). Bu kapsamda yapılan SEM analizerinde, volkanik birimin tane boyları μm olup taneli bir yapı gösterdiği tespit edilmiştir. Bunda volkanik materyalin patlamalı karakterde olması etkilidir. XRD ve SEM analizi için G-3 numunesi Yakaören Köyü güneyinden alınmıştır. G-7 numunesi ise kalderanın doğu iç yamacından alınmıştır (Şekil 6). Analiz sonuçlarına göre Sodyum Potasyum Alüminyum Silikat kimyasal bileşim tespit edilmiştir.

XRD için Phillips XPERT-PRO cihazı kullanılmıştır. Ölçüm programı MPSS Powder'dir. Açıölçer=PW3050/60(Theta/2Theta);Minimum kademe ölçüsü, 2Theta =0.001; Minimum kademe ölçüsü=Omega:0.001; Ölçümtarihi =28.03.2011

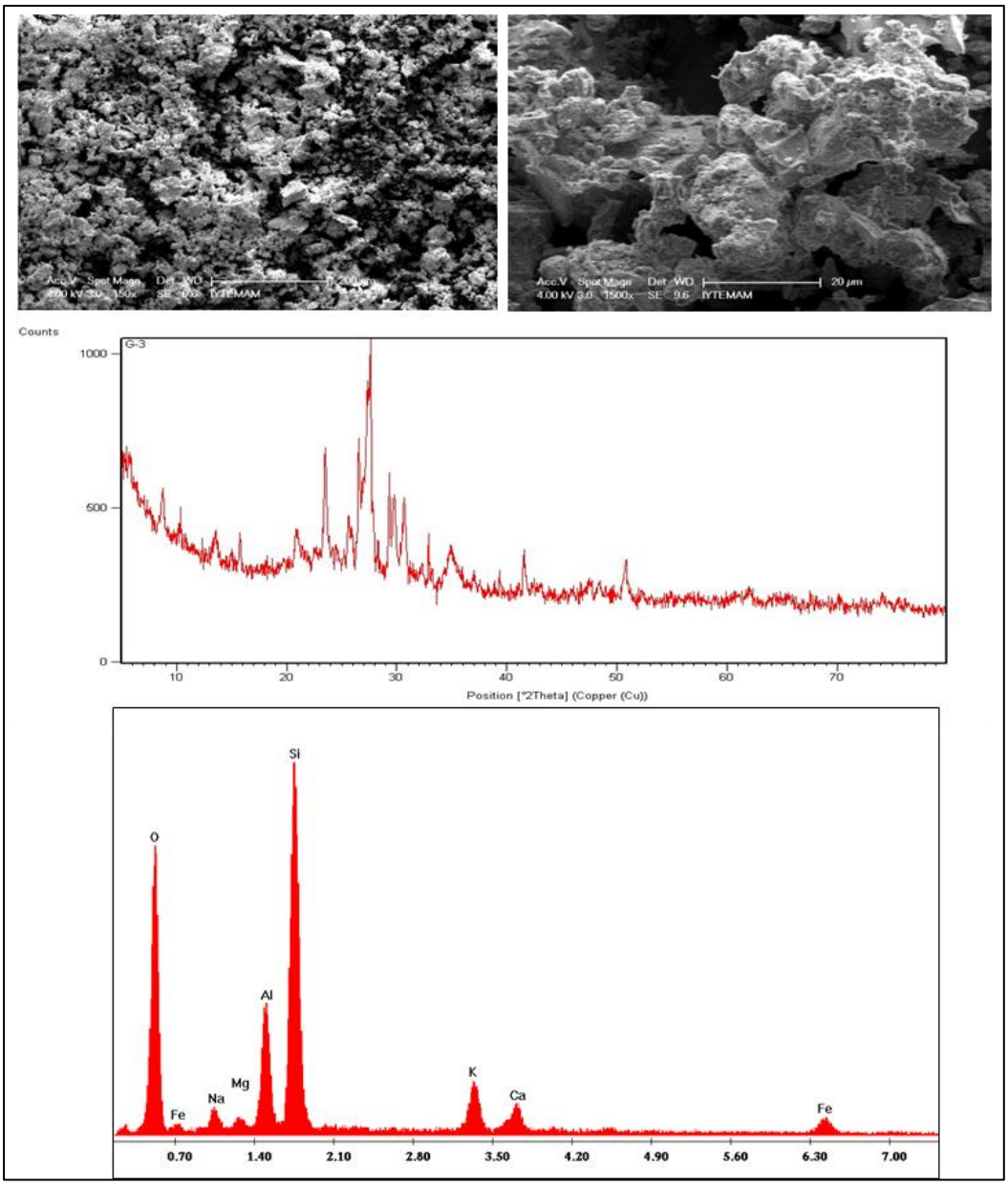
Ölçüm sıcaklığı [°C]=25,00; K-Alfa1[Å]=1,54060; K-Alfa2[Å]=1,54443; K-Beta[Å]=1,39225; K-A2/K-A1 oranı=0,50000 gibi özelliklerle ölçüm yapılmıştır.

Tablo 1: Volkanik birimlerin kimyasal içeriği tablosu (Özgür vd., 2008'den düzenlenmiştir)

BİRİM	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_5	MnO	LOI
Bazalt	55,1	14,5	6,5	5,0	6,9	3,8	3,6	1,1	0,7	0,1	2,3
Lamproit	48,1	25,2	6,8	11,6	8,1	2,5	6,6	1,6	1,6	0,1	1,7
Piroklastik Tüf	53,7	17,0	5,8	2,3	4,4	2,9	5,5	0,6	0,4	0,1	6,3
Pomza	56,9	16,8	4,2	15,9	9,0	5,1	5,5	0,5	0,3	0,1	3,4
Tefrifonolit	53,3	17,0	5,5	3,1	6,6	4,3	5,9	0,7	0,6	0,1	1,7
Trakiandezit	61,1	16,6	4,1	1,6	3,2	4,9	5,2	0,6	0,3	0,1	1,2
Trakiandezit/Trakibazalt	52,1	16,5	5,9	4,0	7,9	3,2	4,5	0,7	0,6	0,1	3,4
Trakiandezit/Trakit	63,5	16,1	3,2	1,5	2,4	4,7	5,3	0,4	0,2	0,1	2,1
Trakit	61,6	17,4	3,2	1,0	2,3	4,7	6,1	0,5	0,3	0,1	2,3
Trakit/Trakiandezit	62,3	16,9	3,1	1,4	2,7	4,9	6,0	0,4	0,3	0,1	1,3



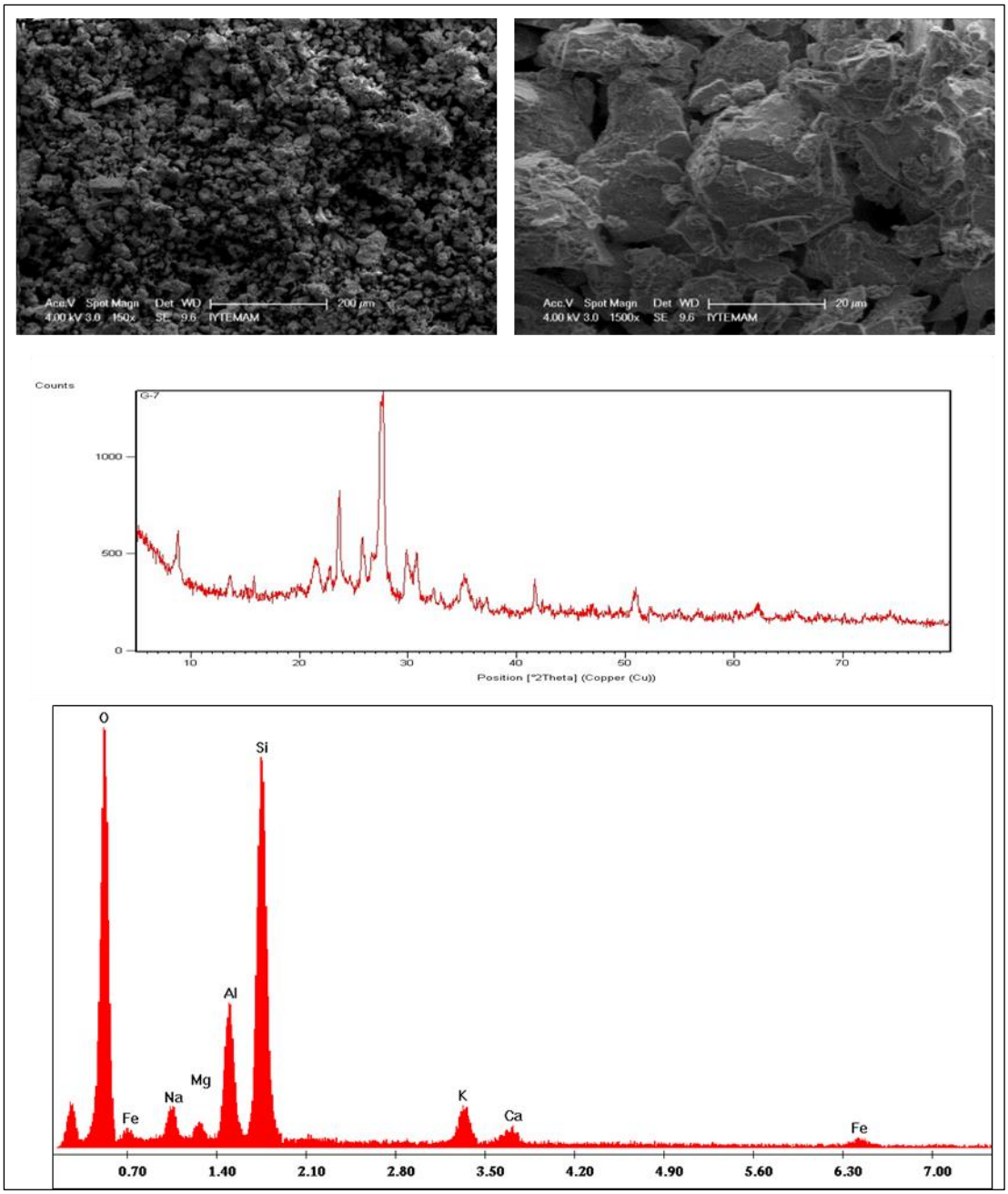
Şekil 6:XRD numunelerinin alındığı lokasyonlar



Şekil 7:Çalışma sahasından alınan G-3 numunesi (278680 D - 4183871 K) olan tüfe ait XRD mineral grafiği ve SEM görüntüleri

Tablo 2: G - 3 Numunesi XRD analiz sonuçları

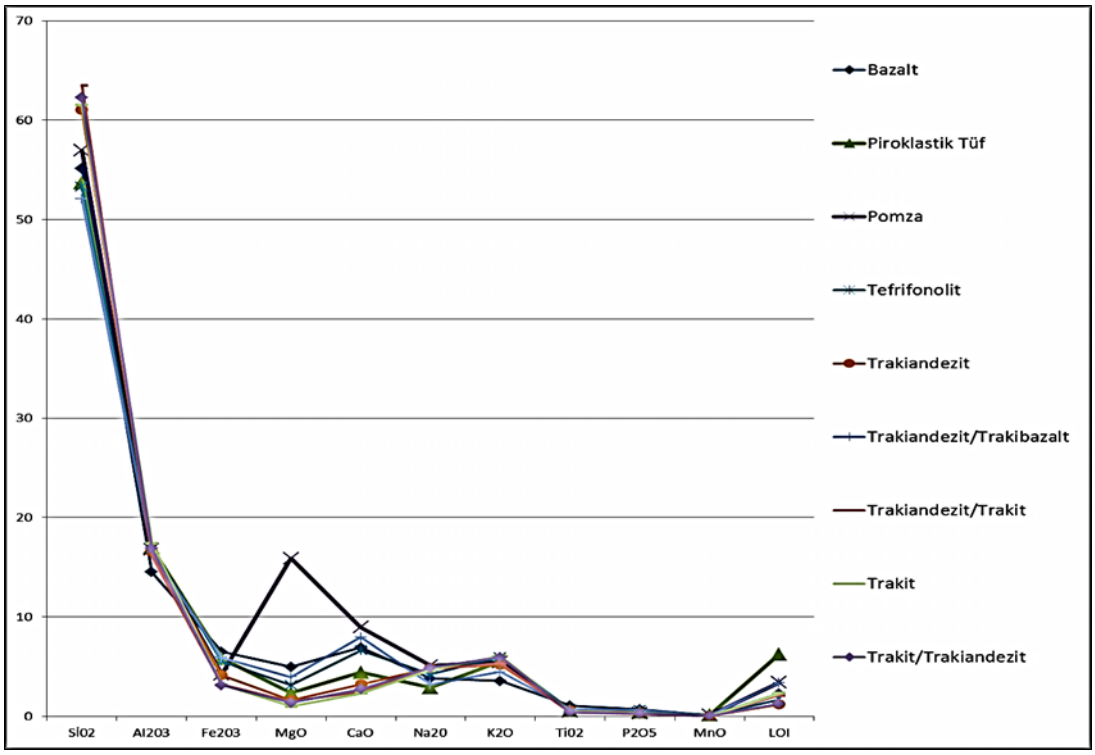
	Görünür Referans Kodu	Skor	Bileşik Adı	Yer değişim [°2Th.]	Ölçek Katsayısı	Kimyasal Formül
*	00-010-0361	30	Anorthoclase, syn	0	0,722	Na0.71 K0.29 Al Si3 O8
*	00-008-0048	52	Orthoclase	0	0,623	K (Al , Fe) Si2 O8
*	00-050-1714	13	Terranovaite	0	0,361	(Na4.2 K0.2 Mg0.2 Ca3.7)(Al12.3 Si67.7 O160) ·29 H2 O
*	00-025-0618	26	Sanidine,	0	0,639	K (Si3 Al) O8
PDF indeks adı :Potasyum Sodyum Alüminyum Silikat Empirik formül :AlK0.29Na0.71O8Si3 Kimyasal formül:Na0.71K0.29AlSi3O8						



Şekil 8: Çalışma sahasından alınan G-7 numunesi (280250 D - 4179286) olan tüfe ait XRD mineral grafiği ve SEM görüntüleri

Tablo 3:G - 7 numunesi XRD analiz sonuçları

	Görünür Referans Kodu	Skor	Bileşik Adı	Yer değişim [°2Th.]	Ölçek Katsayısı	Kimyasal Formül
*	00-010-0357	67	Sanidine, potassian,	0	1,084	(Na , K) (Si3 Al) O8
*	01-074-1758	14	Dickite	0	0,22	Al2 Si2 O5 (O H) 4 (H C O N H2)
PDF indeks adı :Potassium Sodium Aluminum Silicate Empirik formül :AlK0.39Na0.61O8Si3 Kimyasal formül :(Na , K) (Si3Al) O8						



Şekil 9: Volkanik birimlerin kimyasal içeriği (Özgür vd., 2008'den düzenlenerek)

Platevoet vd., 2006 çalışmalarında $^{40}K/^{39}$ Ar yöntemini kullanılarak lavların yaşlandırılması gerçekleştirmişlerdir (Tablo 4-5). $^{40}Ar^{39}Ar$ yöntemini kullanarak da tefra yaşlandırması yapmışlardır. Bu çalışma ile 206 ka±10 ka ile 24±2 ka yaş arası üç ana volkanik aktivite dönemi bulunmaktadır. Bunlardan I. Dönem: 206 ka±10 ka'dan 173 ka±8 ka arası Plinien aktivitesi olarak belirtilmiştir. 200 m'den daha kalın piroklastik depoların oluştuğunun belirtildiği çalışmada, aktivitenin kaldera formu ile olup olmadağının tespit edilemediği ifade edilmiştir. Bu ilk Plinien aktivitesi en az altı fazdan ibaret olduğu yorumu yapılmıştır. II. Dönem: Daha güçlü patlamalı volkanizmanın gerçekleştiği bu dönem, evvelki Plinien volkanizmasını tefrifonolit volkanizma ve lav akması domlar ile takip etmiştir. Bu dönem 115 ka±3 ka'dan 62 ka±2 ka arasındadır. III: Dönem: 74 ka±4 ka'dan 24 ka±2 ka arasındaki dönemi kapsar (Tablo 4). Bu süreçte meydana gelmiş maar tipi patlama ile önceki volkanik domlar parçalanmıştır. Bu üçüncü dönem trakit domları oluşumu ile son bulmuştur."

Özgür ve arkadaşları (2008); Elitok ve arkadaşları (2008); Platevoet ve arkadaşları (2008) yaptıkları ortak projeler kapsamında Platevoet vd., 2006 ile aynı şekilde K-Ar yöntemi ile tarihlendirmler yapmışlardır. Özgür ve arkadşalarını (2008) çalışmasında 1. ve 3. Püskürme evresine ait 206,1 ± 9,8 ka 173,0 ± 7,4ka 72,2 ± 4,7ka 53,5 ± 2,7ka; tarihler elde edilmiştir. Özgür ve arkadaşları (2008); Elitok ve arkadaşları (2008); Platevoet ve arkadaşları (2008) Kuaterner volkaniklerini kendi içerisinde üç evreye ayırmışlarıdır. Bunlar: (I) Birinci püskürme evresi: altı piroklastik akma seviyesi ile temsil edilen ignimbiritik piroklastik akma çökelleri, (II) ikinci püskürme evresi: tefrifonolitik lav akıntısı-domlar, (III) üçüncü püskürme evresi: kaldera içi trakitik domlar ve piroklastik döküntü çökelleri şeklindedir.

Tablo 4: Gölcük yöresi volkanik kayaçlarının K-Ar yaş tayini sonuçları, Özgür vd., 2008'den alınmıştır.

Örnek Numarası	**Deney**	**Erime Ağırlığı (g)**	**K* (wt.%)**	**40Ar* (%)**	**40 Ar * (10-13 mol/g)**	**40Ar* weighted mean (± 1σ)**	**Yaş ± 2 σ ka**
005-14	7208	0.90213	4.674± 0.047	1.327	1.753 ± 0.123		
005-14	7272	147.871	.....	1.740	1.990 ± 0.064	1.939±0,057	24 ± 2
005-12	7197	0.96924	4.724 ± 0.047	6.503	4.133 ± 0.125		
005-12	7212	136.758	.....	10.143	4.283 ± 0.065	4.251 ± 0.058	52 ± 2
005-11	7160	102.303	5.230 ±0.052	1.287	5.805 ±0.118		
005-11	7192	103.662	.....	1.061	5.403 ± 0.117	5.603 ± 0.083	62 ± 2
005-08	7159	0.99451	5.819 ± 10.058	11.722	11.658 ± 0.013		
005-08	7175	106.733	.....	10.411	11.553 ± 0.013	11.605 ± 0.009	115 ± 3
005-19b	7183	113.575	4.831 ±0.048	23.322	2.337 ± 0.012		
005-19b	7207	0.50320	.....	21.816	2.313 ± 0.012	2.325 ± 0.008	2.77 ± 0.0

Birinci Püskürme Evresi (Piroklastik Akma Çökelleri) : Maar kraterin güney kesiminde (Pürenliova düzlüğü civarında) gözlenmekte, piroklastik akma çökelleri ile doldurulmuş olan birincil kalderanın varlığına işaret etmektedir. Bu eski birincil kaldera patlamalı bir phreatoplinian olayı ile ilksel yapısını kaybetmiştir (Şekil 11). Bu piroklastik akma çökelleri İsparta Çay vadisi boyunca, İsparta yerleşim alanı tabanında, maar kraterin hemen güneyindeki Pürenliova düzlüğü civarında yer almaktadır. Hacimsel olarak dikkate alındığında, birinci püskürme evresine ait piroklastik akma çökelleri patlamalı Gölcük volkanik aktivitesinin başlangıcına işaret eden bölgesel ölçekte ilksel ignimbiritik olaya karşılık gelmektedir. Piroklastik

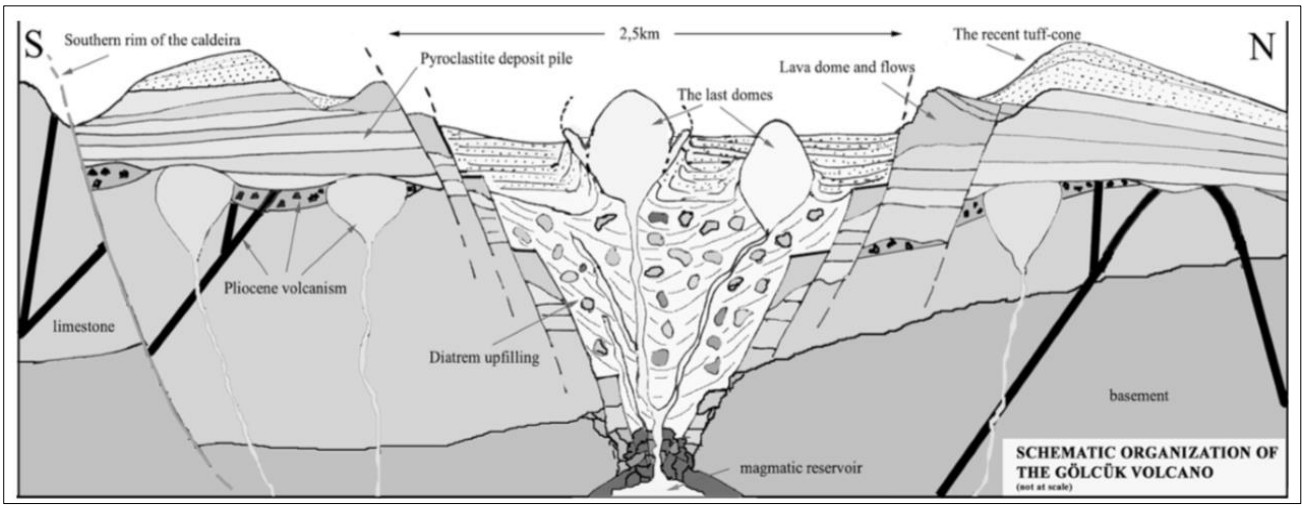
akma çökelleri genel olarak Burdur ve Isparta gibi topoğrafik çöküntü alanlarında, Likya naplarına ait kireçtaşları arasında yer almaktadır (Özgür vd., 2008) .

Birinci evresine ait piroklastik akma depoları 200 metreden daha fazla kalınlığa sahiptir. Bu dönem volkanik istifleri genellikle paleotoprak seviyeleriyle bir birinden ayrılmaktadır (Platevoet vd., 2007).

İkinci Püskürme Evresi: Püskürme evreleri içerisinde hacimsel olarak en az oranı teşkil etmektedir (muhtemelen <10 %). Tefrifonolitik dayklar, lav akıntısı-domların oluştuğu bu döneme ait volkanik materyal mevut kalderadan yüzeylenmiştir. İkinci püskürme evresine ait lav ürünleri maar kraterin kuzeydoğu, güneydoğu, batı kenarları boyunca mostra vermektedir. Kuzeydoğu kenarında KB eğimli 10 m kalınlığında tefrifonolit daykı kabaca sütunsal eklemler sunan iki adet lav akıntısını kesmektedir. Bu lav çıkışları, trakitik magmanın ardından suya doygun olmayan, daha vizkoz özellikte tefrifonolitik magmaların çıkışlarına bağlı olarak püskürme dinamiğindeki değişimi yansıtmaktadır (Platevoet vd., 2007; Özgür vd., 2008).

Püskürme Evresi (Geç tüf halkası çökelleri): Maar kraterde Phreatoplinian (freatik) tipi volkanik patlamaların gerçekleştiği ve kraterin çevresindeki son tüf halkalarının oluştuğu dönemdir. Bu dönem maar kraterdeki trakit dom oluşumlarıyla son bulmuştur. Tefraların maksimum kalınlığı 100-150 m arasında değişmektedir. Tefraların gözlenen kalınlığı maar krater kenarlarından uzaklaştıkça hızla azalmakta, Isparta yerleşim alanı içerisinde ve Eğirdir grabeni kenarlarında 30-100 cm kalınlığına kadar düşmektedir. Tüm üçüncü püskürme evresi ardarda gelişen phreato plinian türü püskürme ürünleri ile maar krater içerisinde trakitik lav domlarının gelişimini kapsamaktadır (Şekil 10) . En son tefra çökelleri 30 cm ile 1 m kalınlık arasında bir seviye halinde olup lapilli pomza döküntülerinden oluşmaktadır. Bu son olay büyük bir olasılıkla maar krater içerisinde özellikle Pilav Tepe ve kenarlanndaki iki küçük trakitik domun yer aldığı trakitik dom oluşumları ile de ilişkilidir (Platevoet vd., 2007; Platevoet vd., 2008; Özgür vd., 2008).

Düşme ve akma sonucu istiflenmiş olan tefranın dönemsel izleri volkanın kuzeydoğu ve doğusunda saptanabilir (Hildenbrand vd., 1999) Bu tefra çökellerinin eşleniği Gölcük Gölü'nden en uzak mesafede doğuda 46 km kuş uçuşu mesafede Eğirdir grabeninde güneybatıda 13 km kuş uçuşu mesafedeki Burdur gölü doğusunda civarında izlenmektedir(Foto 4).



Şekil 10: Gölcük volkanı kraterinin Kuzey-Güney yönlü şematik kesiti son trakitik domlar, tüf halkaları ve başlıca piroklastik akma depoları (Platevoet vd., 2008'den alınmıştır)

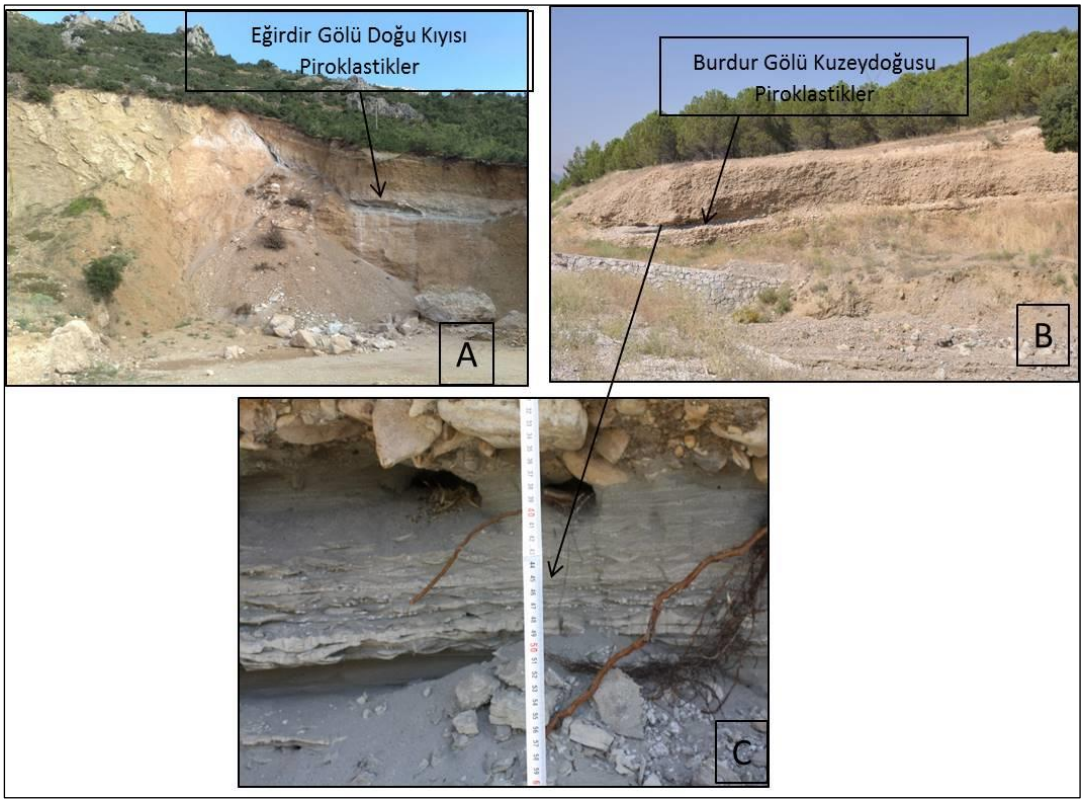


Foto 4: A: Eğirdir Doğu Kıyısı Piroklastikler B –C : Burdur Gölü Kuzeydoğusu Piroklastikler içerisinde piroklastik seriler

Burdur gölü çevresinde tüf mostralarının doğuya Isparta'ya doğru yaygın bir alan kaplayarak altındaki beyaz marnların kaybolması ve beyaz marnlardan daha yaşlı kayaların üzerinde diskordant olarak oturması, Burdur Gölü batısında hiçbir tüf mostrasına rastlanmaması tüfleri püskürten kraterin Gölcük gölü olduğunu göstermektedir. Bej renkli bu tüfler, volkanik küllerin Pliyosen Gölünde tortullaşmasından oluşmuş olup, tabakalı bir yapıya sahip, çok hafif ve yer yer pomzalaşmıştır. Genellikle elle ezildiği zaman toz şekeri gibi ufalanan fiziksel bir özelliğe sahiptir (Özgüner, 1980) Burada birimlerinin İncecik Sırtı (76-77 K-64-65 D), Korlan Sırtı (80-81 K-68-69 D) gibi yerlerde tespit edildiği belirtilmiştir.

Erol (1975)'e göre Burdur Pliosen Gölü'nün üst seviyelerinde volkanik arakatkılı tortulların da bulunması Gölcük volkanizması faaliyetlerinin Üst Pliosen'de sürdüğünü kanıtlar (Çiçek, 1992 a).

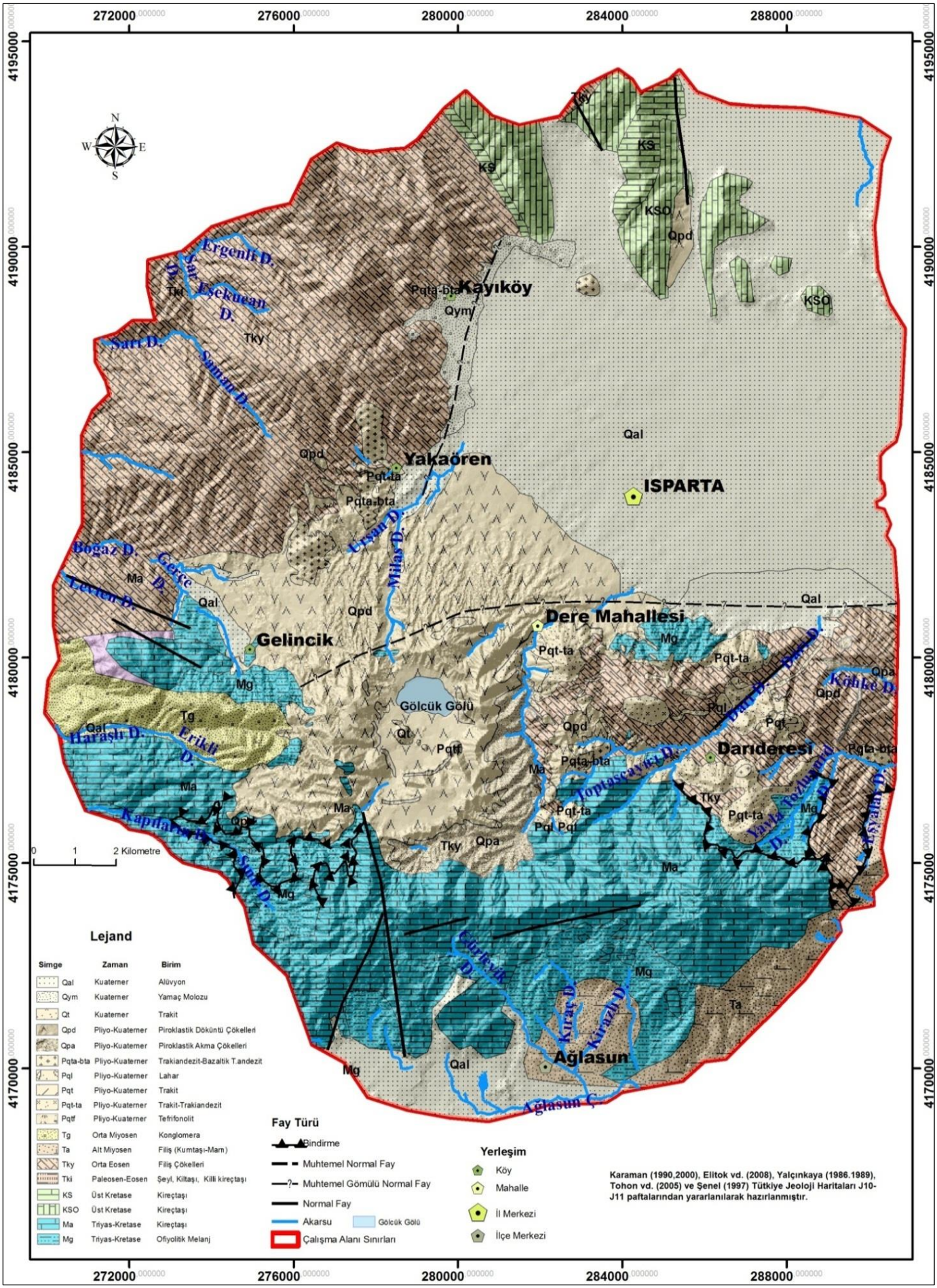
Gölcük volkanizmasından başka yakın çevrede volkanik madde püskürtecek başka volkan bulunmamaktadır. Buna bağlı olarak yakın çevredeki volkanik materyal Gölcük volkanizmasına etfedilebilir. Buna karşılık en son 1950 yılına kadar aktivitesini sürdüren Ege Denizindeki Santorini (Thera) volkanimasına ait materyallere; Günümüzde, Nil deltasında ve doğu Akdeniz tabanı ile Karadeniz'de Sinop açıklarında yapılan deniz dibi sondajlarında ayrıca Anadolu'da bazı göllerin tabanında yapılan sondajlarda rastlanmaktadır (Yiğitbaşıoğlu, 2003). Ancak Burdur ve Eğirdirçevresindeki taraçalarda rastlanan volkanik materyalin istif kalınlığının en az 3 ile 15 cm aralığında olması istifin Santorini'ye ait olma olasılığını azaltmaktadır.

Eski Akarsu Taraça Dolguları (Qt): Gevşek tutturulmuş çakıl, blok ve çok az oranda kum ve çamur birikintileridir.

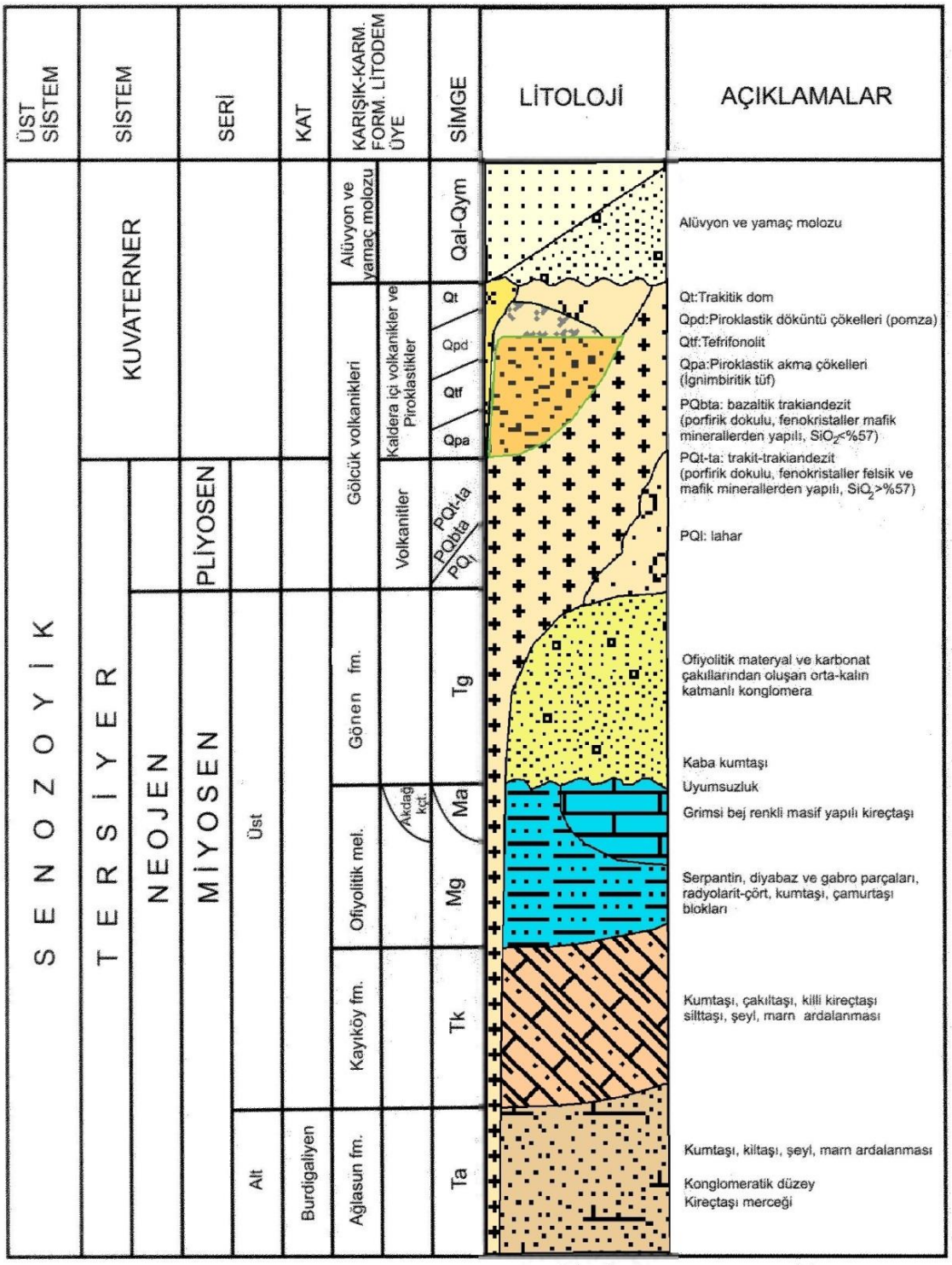
Alüvyon Yelpazeleri (Qay): Akarsu, ova kenarlarında ve Eğridir Gölü kenarında yaygın olarak bulunur. Blok, çakıl ve çamur birikintilerinden oluşur.

Yamaç Molozu ve Birikinti Konileri (Qym): Dağ yamaç ve eteklerinde bulunur. Çakıl ve blok birikintilerinden oluşur. Yer yer tutturulmuş, çoğun gevşektir.

Alüvyonlar (Qal): Nehir yataklarında, düzlüklerde ve göl kenarlarındaki çakıl, kum ve çamur birikimleridir (Şekil 11).



Şekil 11:Çalışma Sahası Jeoloji Haritası



Şekil 12: İnceleme alanına ait genişletilmiş tektono-stratigrafik stun kesit Elitok vd. 2008'den alınmıştır.

1.1.2. Tektonik Yapı

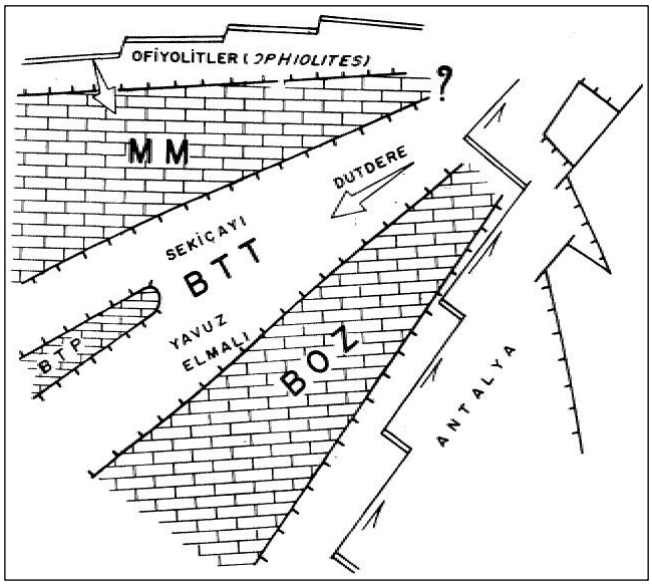
1.1.2.1.Çalışma Sahasının Jeolojik Evrimi

Güneybatı Anadolu'da Paleotektonik hareketler bakımdan; Ersoy (1990) tarafından Batı Toros Teknesi olarak adlandırılan ve Liyas Dönemi'nde oluşan zon, önemli bir rol oynamaktadır. Batı Toros Teknesinin kuzeyinde Menderes Masifi, güneyinde Bey Dağları otoktonu bulunmaktadır (Şekil 13).

Batı Toros Teknesinde Üst Liyas'tan itibaren ortamın derinleşmesiyle radyolarit-çört ve çörtlü kireçtaşları çökelmiştir. Üst Kretase'de ortamda sığlaşma olmuş buna bağlı olarak rudistli, mercanlı kireçtaşları çökelmiştir. Laramiyen hareketleri ile birlikte bölgede hüküm süren açılma yerini sıkışma rejimine bırakmıştır. Bu sıkıştırma hareketinin sonucu olarak; Senoniyen'de, Neotetis'e ait okyanus kabuğu malzemesi ofiyolitler, Menderes Masifi kuzey kenarına bindirmişlerdir. Senoniyen'den Üst Eosen'e kadar Menderes Masifi üzerinde ilerleyen ofiyolitik dilimler Üst Eosen'de gravite kaymalarıyla Batı Toros Teknesi'ne aktarılmışlar ve Oligosen molası ile örtülmüşlerdir. Üst Maestrihtiyen'den Alt Langiyeri'e kadar Batı Toros Teknesi'nde daha önce tekne tabanında yer alan birimleri doğu ve kuzeydoğudaki ekaylanmalara bağlı olarak aşınmış bu suretle Batı Toros Teknesi'nde kırıntılar çökelmeye başlamıştır (Ersoy, 1990).

Üst Eosen Erken Miyosen arasındaki dönemde, Türkiye orojenik kuşağı kuzey-güney yönde sıkıştırılmağa devam etmiş, Anatolidler yükselmiş, örtü kayalarının aşındırılması başlamıştır. Oligosen çökelleri Menderes masif alanının çoğunu işgal etmiştir (Şengör ve Yılmaz, 1983).

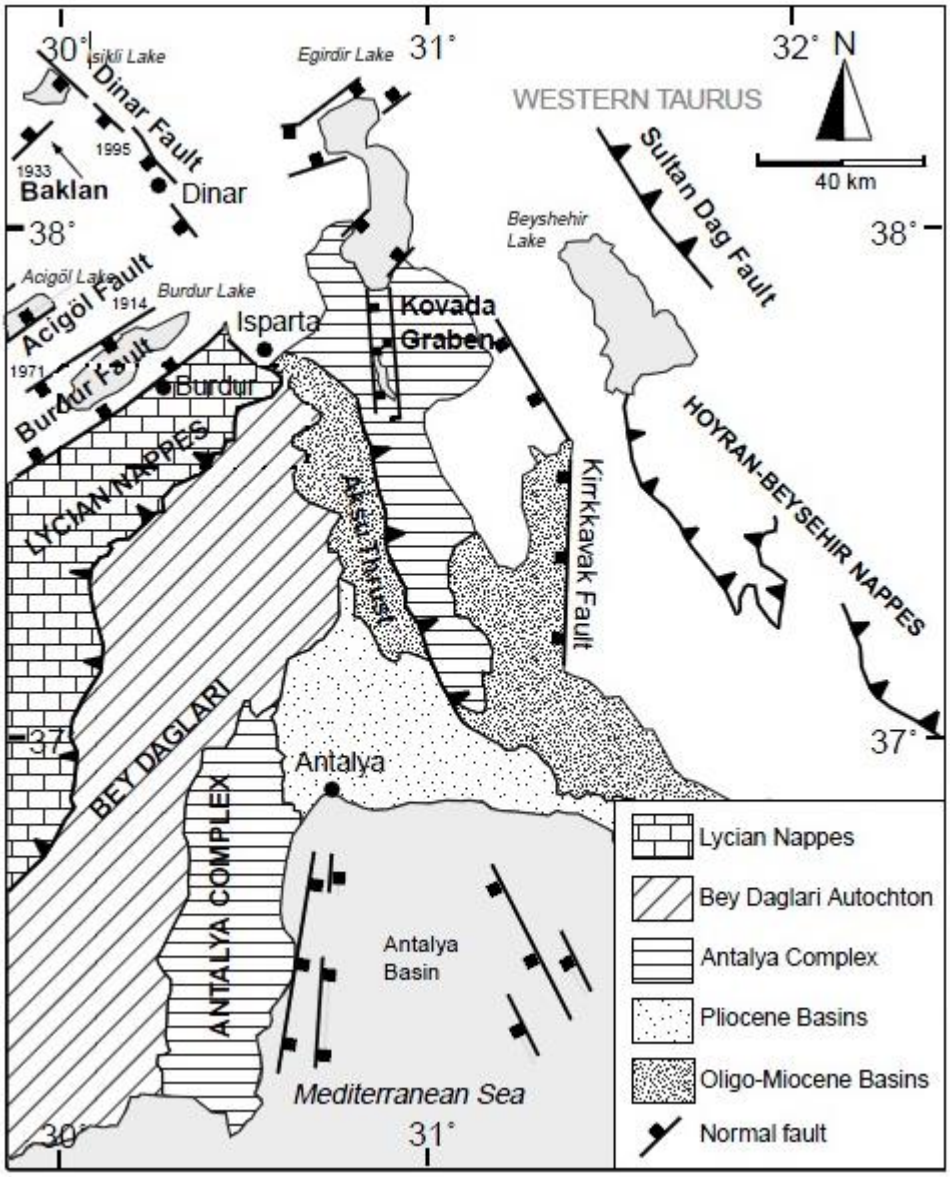
Üst Eosen'den Orta Miyosen'e kadar bölgede Batı Toros Teknesi'nde yer almış ofiyolitler ve kırıntılardan oluşan naplar sıkışma rejiminin etkisiyle Bey Dağları otoktonuna doğru ilerlemişlerdir. Sonuçta tüm tektonik birlik, Langiyeri'de Bey Dağları üzerine yerleşmiş, böylece paleotektonik dönem sona ermiştir (Ersoy, 1990).



Şekil 13: Batı Toros Napları'na ait birimlerin tekne içindeki yerleri ve komşu alanların durumları. En kuzeyde o riyolitlerin türediği bir tetis alanı.,, daha güneyde sırasıyla Menderes Masifi (MM), Batı. Toros Teknesi ve platformu. (BTP), Bey Dağları Otokton Zonu (BOZ). Oklar tektonik hareket yönlerini göstermektedir (Ersoy, 1990'dan alınmıştır.)

Orta Miyosen sonunda Isparta dirseğinin doğu kanadı yapının en kuzey ucuna, batı kanadın üzerine ilerlemiştir. (Delaune-Mayere vd., 1977) Isparta dirseğinin bu daralması, Anadolu levhasının batıya doğru ilerlemesinin bir sonucu olarak yorumlanmıştır. Pliyosen çökelleri bu itilmeyi (Aksu şaryajı) uyumsuzlukla örtmektedir. Yukarıda belirtilen yapıların gelişiminden beri Güney Anadolu'daki levha kenarları bugünkü geometrilerini korumuş görünmektedir (Şengör ve Yılmaz, 1983).

Güneybatı Anadolu'da Miosen döneminde Afrika-Arabistan plakası Avrasya plakası ile Helenik yayı boyunca çarpışmıştır. Bu süreçte Helenik yayı yitim zonu boyunca gerçekleşen sıkışma tektonizması; Antalya Karmaşığı'nın, Likya Napları'nın, Beyşehir Hoyran Napları'nın, Bey Dağları karbonat platformu ve onun örtüsünü oluşturan yarı ilksel konumlu, Eosen-Orta Miyosen'e ait başlıca taban çakıltaşı, resifal kireçtaşı ile türbiditik kumtaşı, şeyl ve marn ardışımından oluşan filiş türü denizel bir istif üzerine itilmelerine neden olmuştur (Poisson vd., 2003; Robertson vd., 2003) (Şekil 14).



Şekil 14:Isparta Açısının Genel Jeolojik ve Tektonik Yapısı (Vehaert, vd., 2006)

Likya napları, Geç Paleosen-Orta Pliyosen aralığında, BKB yönden DGD yöne doğru taşınarak, ilksel konumlu ve Mesozoyik Bey Dağları karbonat platformu ve onun örtüsünü oluşturan yarı ilksel konumlu, Erken-Orta Miyosen'e ait, başlıca taban çakıltaşı, resifal kireçtaşı ile türbiditik kumtaşı, şeyil ve marn ardaşımından oluşan fliş türü denizel bir istif üzerine yerleşmiştir (Koçyiğit, 2008).

Neotektonik döneme karşılık gelen Orta ve Geç Miyosen ve Pliyosen'de ise Isparta Açısı'nın kinematik yapısında değişim gerçekleşmiştir (Poison vd., 2003). Koçyiğit

(2008) çalışmasında; sıkışma rejiminin Orta Pliyosen'e kadar sürdüğünü, Antalya Kenet Kuşağı'nın kapanışını, düşük ve yüksek açılı bindirme, yırtılma faylanmasını, bunlara bağlı olarak gelişmiş çeşitli nap yerleşimleri ve blok rotasyonları gibi olayların gerçekleştiğini ifade etmiştir. Bu görüşüne ek olarak, Geç Pliyosen'den itibaren sıkışma rejiminin genişleme türü bir rejime dönüştüğünü belirtmiştir.

Genişleme rejimine bağlı olarak da, Isparta Açısı, başlıca verev atımlı normal faylanma ve ilgili depremlerin fay düzlemi çözüm diyagramlarıyla karakterize edilen yeni tektonik rejimin iyi bilinen tip alanlarından birisi olmuştur (Koçyiğit, 2008) .

Son yıllara ait GPS ölçüm sonuçları (McClusky vd., 2000) Burdur fay zonunun kuzeyinde yer alan Ege levhasının, yılda 3 cm'lik bir hızla güneybatıya doğru hareket ettiğini belgeler. Buna karşın, Burdur fay zonunun güneyinde ve Isparta Büklümü bölgesinde, GB yönlü genişleme hareketi hemen hemen hiç gözlenmez (Barka vd., 1997). Bu verilere göre Burdur fay zonu, Batı Anadolu'da sıkışma tektoniğinin egemen olduğu Isparta Büklümü ve Batı Toros Kuşağını, Ege genişleme bölgesinden ayıran önemli bir yapısal çizgidir. Diğer taraftan Güneybatı Anadolu'da yer alan genç tektonik yapılar incelendiğinde, Burdur fay zonunun kuzeyinde kalan bölgede, GB yönlü genişlemeye bağlı olarak gelişen KB- uzanımlı aktif grabenlerin (örneğin, Dinar, Acıpayam ve Muğla-Yatağan grabenleri) yaygın olarak geliştiği gözlenir. Oysa, Burdur fay zonunun güney bölümünde, daha çok sıkışma tektoniğine bağlı olarak gelişmiş, ve günümüzde halen aktif olan bindirme fayları (örneğin, Aksu bindirmesi), yer almaktadır (Bozcu vd., 2007).

Poyraz (2009) çalışmasında iteratif ters çözüm tekniği uygulanarak yaptığı modelleme sonucunda; açılma veya diğer bir değişle genişleme rejimini doğrulamaktadır. Eğirdir ve civarı için daykın GB yönünde dalım gösterdiği ve 2007 Eğirdir depremlerinin mekanizma çözümleri ile uyumlu olduğunu gözlemlemiştir. 2000-2002 Sultandağı depreminin kayma vektörünün KD, 1971 Burdur depremlerine baktığımız zaman kayma vektörünün KB, 2000-2002 Çay-Eber depreminin kayma vektörünün KKD doğrultulu, 2002 Bolvadin depreminin kayma vektörünün KKB doğrultulu, 2007 Eğirdir depremlerinin GB doğrultulu kayma vektörüne sahip

olduğu düşünülürse, Isparta büklümünün uç kısmında ışınsal bir açılma olduğu söylenebilir (Poyraz, 2009).

Kalafat (1988)'de Güneybatı Anadolu bölgesinin (35°-38°K, 27°-32°D) depremselliğini incelemiş ve 34 adet depremin P dalgası ilk hareket yönlerinden odak mekanizması çözümlerini yapmıştır. Çalışma sonucunda Güneybatı Anadolu'da genişlemeli tektonik rejimin olduğunu vurgulamıştır.

Batı Anadolu'da sıkışma rejimi ile ilişkili gelişen volkaniklerin genellikle kalk-alkalen, tektonik açılma veya gerilme rejimi ile ilişkili gelişen volkanikler de daha çok alkalen, ancak bazen gerilme rejimi içerisinde de kal-alkalen volkanizmanın geliştiği görülmüştür (Savaşçın ve Güleç, 1990).

Kalk-alkalen volkanizmanın manto ve kabuksal kaynak etkileşimi, alkalen volkanizmanın da gerilme tektoniği içerisinde kıtasal kabuğun incelmesine bağlı olarak, kabuksal kirlenmenin ihmal edilebilir derecede düşük olduğu ve doğrudan mantodan türediği belirtilmiştir (Savaşçın ve Güleç, 1990). Gölcük volkanizması ürünleri olan trakiandezit, trakit v.s. gibi kayaçlar alkalen türde volkanizmanın gerçekleştiğinin göstergeleri oalrak değerlendirilmiştir.

1.1.2.2.Depremsellik Özelliği

Anadolu yarımadası, Arap-Afrika levhaları ile Avrasya levhaları arasında sıkışan bir bölgedir. Arap-Afrika levhaları ile Avrasya levhaları arasındaki yakınlaşmanın bir sonucu olarak, önce Doğu Anadolu'da kıta-kıta çarpışması gerçekleşmiş, daha sonra da Anadolu'yu günümüzde etkileyen neotektonik rejimler ortaya çıkmıştır. Güncel depremler bu neotektonik rejimlerin bir sonucu olarak gerçekleşmektedir. Orta Miyosen'de Anadolu-Arap kıtası çarpışması, Türkiye'nin son tektonik devrimini temsil eder ve neotektonik devrenin başlangıcını oluşturur (Poyraz, 2009).

Çalışma sahasının bulunduğu Burdur fay zonu, Fethiye-Burdur arasında kalan bölgede, KB-uzanımlı fayların denetiminde dört farklı segmente bölünür. Bunlar GB'dan KD'ya doğru; (1) Fethiye segmenti, (2) Gölhisar segmenti, (3) Tefenni

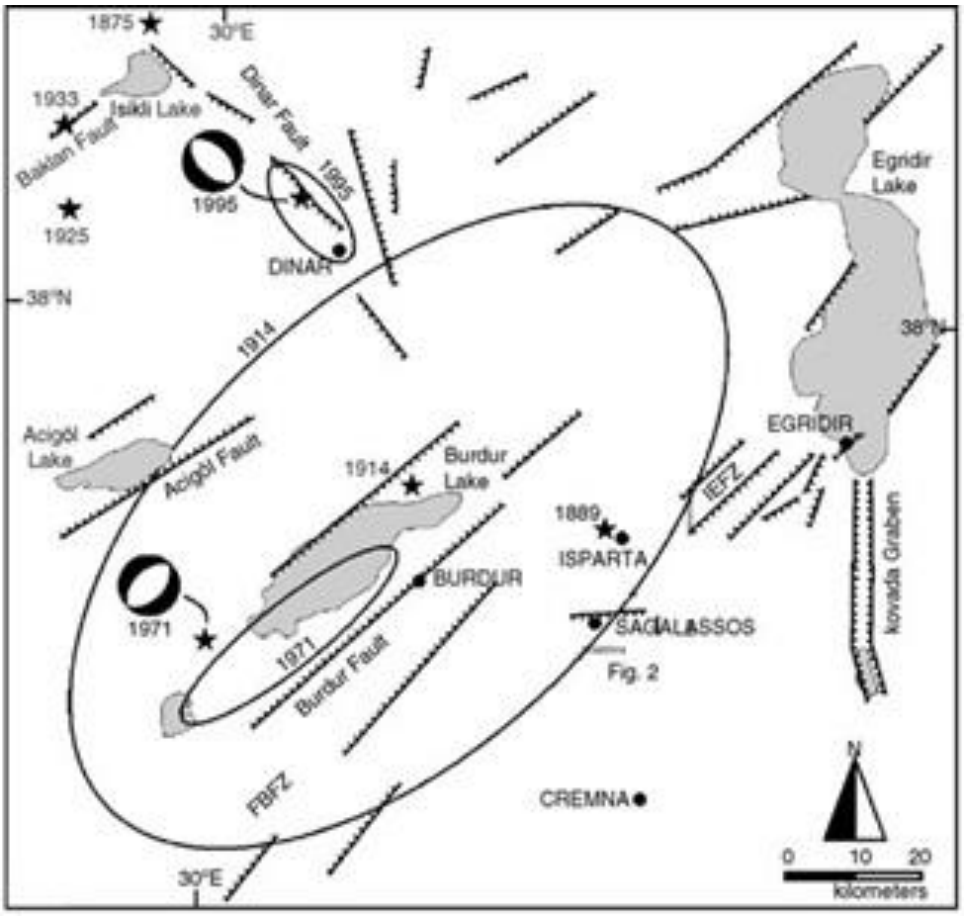
segmenti ve (4) Burdur segmentinden yapılıdır. 7.1 büyüklüğündeki 1914 depremi ile 6.2 büyüklüğündeki 1971 depremleri, Burdur segmenti üzerinde meydana gelmiş olan en önemli sismik olaylardır (Şekil 15, Şekil 16, Tablo 6). 1957-Fethiye depremi (25.04.1957) ise Fethiye Körfezinin güneybatısında Rodos'un doğusunda, meydana gelmiştir (Bozcu vd., 2007).

Isparta Büklümü içindeki başlıca genç fay sistemleri; Eğirdir-Kovada Grabeni (EKG), Antalya Fay Zonu, Aksu Bindirmesi, Akşehir-Simav Fayı, Fethiye-Burdur Fay Zonu'dur (Şekil 13). Eğirdir-Kovada Grabeni, Isparta Büklümünün doğu ve batı kanat olmak üzere 2 ayrı bölüme ayırır. K-G doğrultusunda yaklaşık 75 km. uzunluğunda olan EKG'nin genişliği, Eğirdir Gölünün bulunduğu kuzey alanda 15 km. olmasına karşın, güneyde Kovada Gölü civarında 2 km'ye dek azalır (Yağmurlu ve Şentürk, 2005). Glover ve Robertson (1998), Kovada Grabenini sınırlayan fayların egemen olarak KKB-GGD doğrultulu olduğunu söylemektedirler. Glover ve Robertson (1998) tarafından Kemer çizgiselliği olarak tanımlanmıştır. Isparta Büklümü içinde gelişmiş önemli aktif fay sistemlerinden birisi Aksu bindirmesi olarak bilinen ters fay sistemidir (Poisson vd., 2003; Poyraz, 2009).

Aksu Bindirmesi Isparta-Serik arasında KB yönünde uzanım gösteren 150 km uzunluğa sahip bir faydır (Yağmurlu ve Şentürk, 2005). Isparta Büklümünü doğudan sınırlayan Akşehir-Simav Fayı egemen olarak KB gidişli ve KD'ya eğimli normal bir faydır. Isparta Büklümünü batıdan sınırlayan Fethiye-Burdur Fay Zonu, ana çizgilerde KD yönünde uzanım gösteren sol oblik atımlı bir faydır. Fethiye-Burdur Fay Zonu daha çok birbirine paralel ve yarı paralel olan kesikli uzanıma sahip ve basamaklı bir yapı özelliği gösteren fay sistemlerinden oluşur (Yağmurlu ve Şentürk, 2005; Poyraz, 2009).

Doğrultu atımlı fayların fay düzlemleri, eğim atımlı fayların aksine yerkabuğunun çok derinlerine kadar uzanır. Bu bölgede de doğrultu atımlı faylar bulunmaktadır (Şekil 16). Çalışma sahasındaki bu doğrultu atımlı faylar ile Gölcük volkanizması arasında yakın bir ilişki bulunduğu söylenebilir. Levha tektoniği kuramına göre, güneydeki Ege hendeği boyunca gerçekleşen Afrika-Ege/Anadolu çarpışması

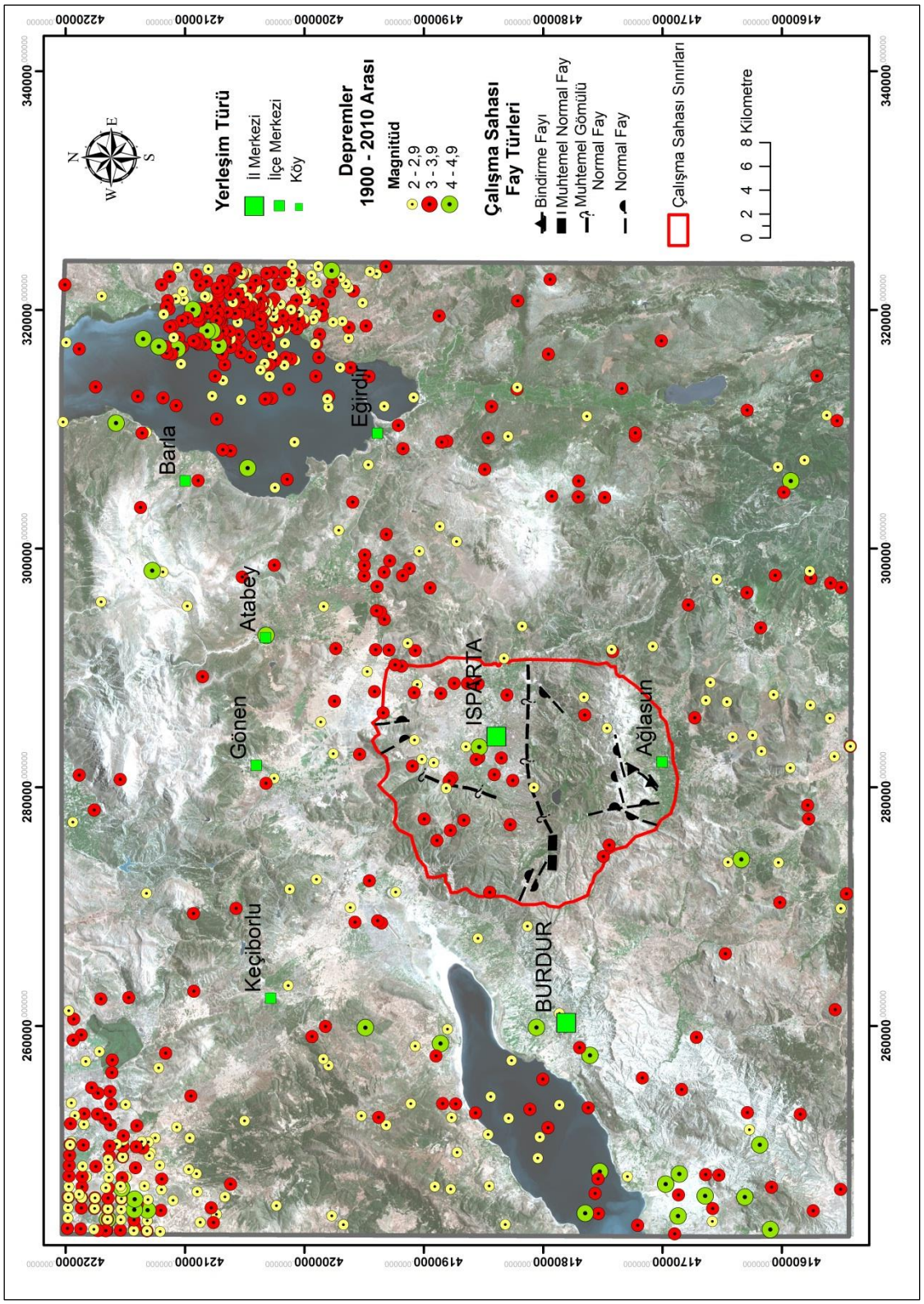
sonucu, sıkışmış bir halde bulunan üst manto eriyiğinin, yerkabuğunun çok derinlerine kadar uzanan ve zayıf zonlar oluşturan bu tür doğrultu atımlı faylar aracılığı ile yüzeye erişmesi ve levha içi volkanizma oluşması muhtemeldir. Bölgedeki doğrultu atımlı fayların Orta Miyosen ve sonrasındaki gelişimi; Gölcük volkanizmasının radyometrik tarihlendirmelerinin Miyosen Erken Pliyosen geçişine rastlaması (Karaman, 1990), bu düşünceyi doğrular niteliktedir. Ayrıca bölgede, önceki dönemlerde meydana gelmiş olan yıkıcı depremler, tektonik yani fay kökenlidir. Civardaki deprem episantrlarının odak derinliklerinin ortalama 25-30 km olması bu tür fayların hem volkanizma, hem de depremsellik için ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır (Karaman, 1990).



Şekil 15:Çalışma sahası çevresinde gerçekleşen büyük depremler (Tohon vd., 2005)

Tablo 5:Tarihi dönemler dahil olmak üzere çalışma sahası çevresinde gerçekleşen büyük depremler (Tohon vd., 2005)

No	Tarih	Lokasyon	Fay Hattı	Ms	Şiddet
1	M.Ö. 1500	Apaniea Kibotos (Dinar)	Dinar Fayı	>6.8	?
2	M.Ö. 400	Apaniea Kibotos (Dinar)	?	?	?
3	M.Ö 80	Apaniea Kibotos (Dinar)	Dinar Fayı	>6.8	IX-XI
4	M.S. 53 (*)	Apaniea Kibotos(Dinar)	?	?	VII-X
5	M.S. 1. yy ortası (*)	Sagalassos	?	?	Küçük
6	M. S. 3. yy'lın ilk yarısı (°)	Sagalassos	?	?	Küçük
7	M.S. 220-230 (°)	Cremna	?	?	?
8	M.S. 6. yy İlk yılları	Sagalassos	Sagalassos Fayı?	>5.5	Büyük
9	M.S. 7. yy ortaları (ˆ)	Sagalassos	Sagalassos Fayı?	>5.5	Büyük
10	M.S. 641-668(ˆ)	SW Turkey	?	?	VIII-X
11	03.03.1875	Dinar	Baklan Fayı	6.5	IX-X
12	17.01.1889	Isparta	?	orta	Orta
13	03.10.1914	Burdur	Burdur Fayı	7.0	IX
14	07.08.1925	Dinar	Baklan Fayı	5.9	VII-IX
15	19.07.1933	Dinar	Baklan Fayı	5.8	VIII
16	12.05.1971	Burdur	Burdur Fayı	6.2	VIII
17	01.10.1995	Dinar	Dinar Fayı	6.1	VIII



Şekil 16 Çalışma Sahası ve Yakın Çevresinde 1900 - 2010 Yılı Arasında Gerçekleşen Depremler (B.Ü. Kandilli Rasathanesi verileri kullanılarak üretilmiştir (Web 7)

1.1.2.3.Çizgisellik Analizi

Uzaktan algılamada çizgisellik analizi, özellikle tektonik, mühendislik, jeomorfoloji ve petrol-maden aramaları gibi alanlarda kullanılması bakımından, yer bilimlerinde kullanılan önemli bir analiz yöntemidir (Koopmans, 1986; Tibaldi ve Ferrari, 1991; Marple ve Schweig, 1992; Philip, 1996; Özdemir, 2007).

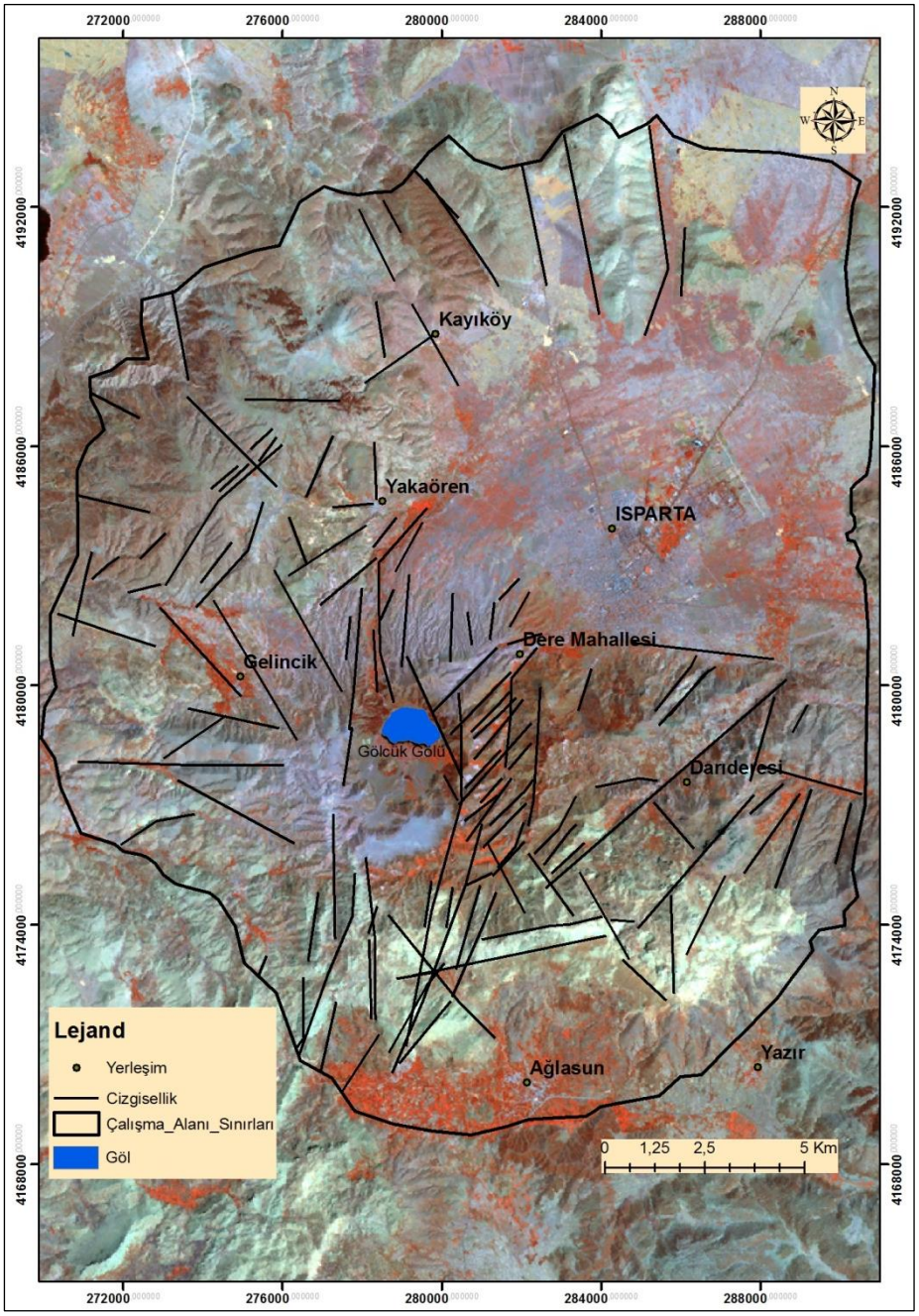
Çalışma sahasındaki tektonik hatlar ile çoğunlukla oval görünümlü olan volkan morfolojisi ünitelerinin ortaya çıkarılabilmesi için çizgisellik analizi yöntemi kullanılmıştır.

Çizgisellik analizi için çalışma sahasını da içeren Landsat ETM+ (24 Haziran 2002) uydu görüntüsünün 4, 5 ve 7. bandları kullanılmıştır. Bu bandların tercih edilmesinin nedeni; 4. bandın diğer bandlara göre jeolojik çizgiselliği daha iyi göstermesi (Akhir vd., 1997), 5. bandın, litolojik ve yapısal haritalamada kullanılışlı olması (Voldati, 1995) ve 7. bandın ise atmosferik pustan dolayı nemlilik etkisi ve kontrast kaybının minimum olmasından dolayıdır (Süzen ve Toprak, 1998). Bu bandlar, Sobel Directional filtrelemeye tabi tutulmuş (Morris, 1997; Philip, 1996; Süzen ve Toprak, 1998; Özdemir, 2007), elde edilen görüntüler kontrast ayarı yapılmış, böylelikle üretilmiş olan görüntüler netlik kazanmıştır.

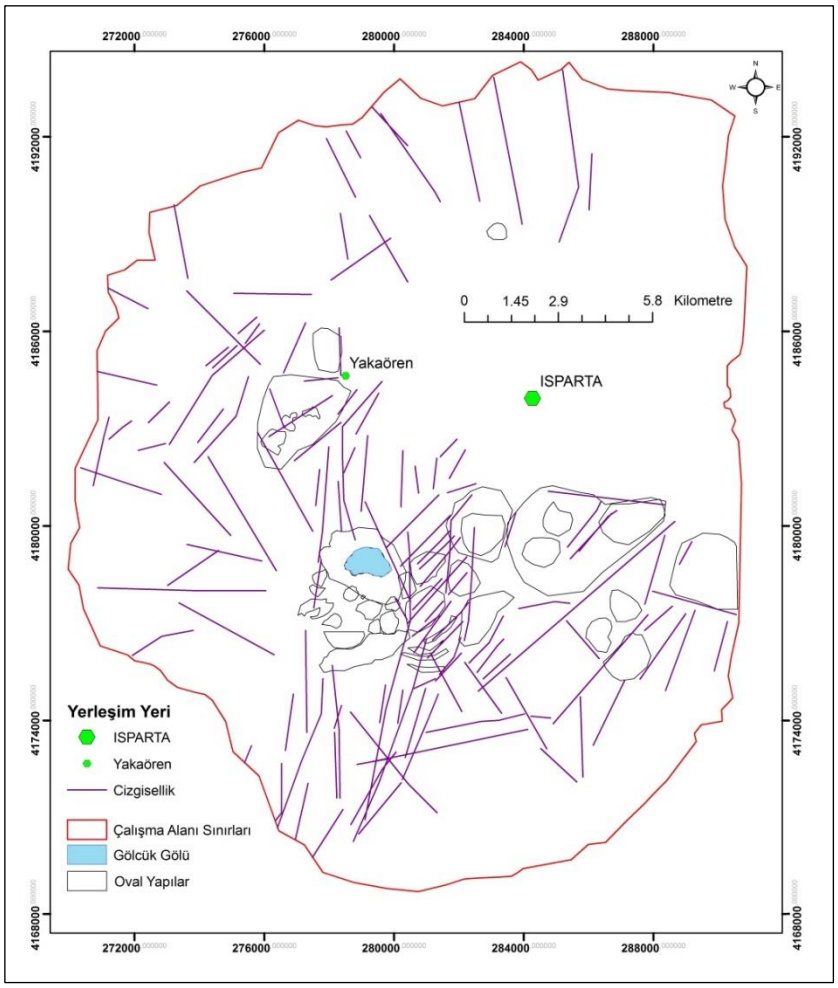
Bu işlemin ardından ARC GIS 9,3 yazılımı kullanılarak elde edilmiş görüntülerden çizgisellikler belirlenerek sayısallaştırma işlemi uygulanmıştır (Şekil 17). Üretilmiş olan çizgisellik haritasının rose diagramı çıkarılmış; böylece çalışma sahasındaki hakim çizgisellik yönleri belirlenmiştir.

Volkan konileri, kalderalar, maarlar, volkan kraterleri v.s. gibi yerşekillerinin genellikle oval bir nitelik taşımasından dolayı; çizgisellik tespiti için kullanılan yötem, çalışma sahası içindeki oval yapıların tespiti için de kullanılmıştır. Uydu görüntüsü zenginleştirme işleminden sonra tespit edilen ovallikler belirlenrek sayısallaştırılmıştır. Belirlenmiş olan ovallikler (Şekil 18) arazi gözlemleri ile birlikte değerlendirilerek jeomorfoloji haritası oluşturulması aşamasında kullanılmıştır.

Sonuçta hakim çizgisellik yönü N 45º E olarak bulunmuştur (Şekil 17, 19a, 19b). Volkanik geometrik şekillerin kaldera içi ve Isparta'nın güney-güney batısında yoğunlaştığı sonucuna da ulaşılmıştır. Çizgiselliklerin gölcük volkanizmasının olduğu bölgede yoğunlaşması ve uzanış doğrultuları volkanizmanın tektonik hatlar ile ilişkisini bir kez daha gösterecek biçimdedir.

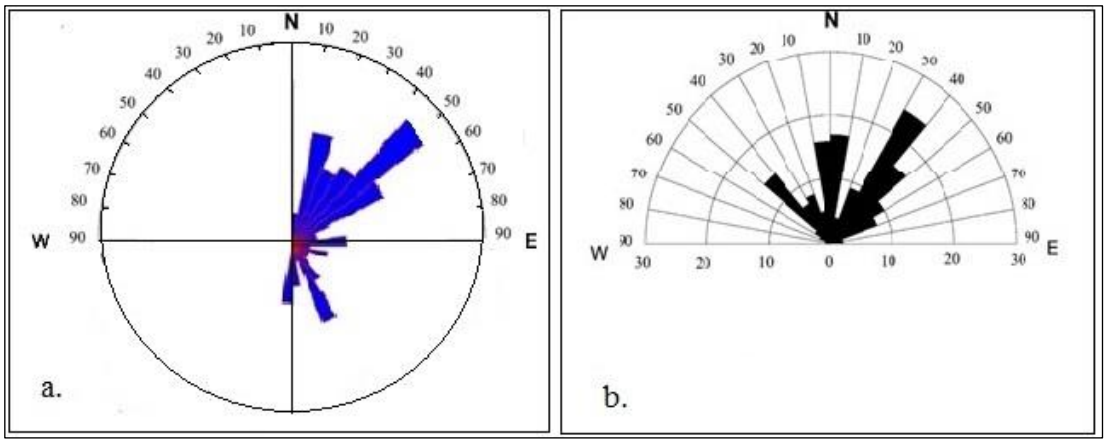


Şekil 17: Çalışma sahasındaki çizgisellikler



Şekil 18: Çalışma sahasındaki çizgisellikler ve oval geometrik şekiller

Cengiz ve diğ. 2006'te LandSAT ETM 7. Bandı ile yaptıkları kontrast zenginleştirmesi ve çizgisellik yönelmesi filtrelemesine göre en çok N 30º- 40º yönünde çizgiselliklerin olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 19a, Şekil 19b). Aynı çalışmada volkanitlerden trakiandezit konilerin geometrik olarak oval şekiller verdiği ve diğer topoğrafya şekillerinden rahatlıkla ayırt edilebildiği ifade edilmiştir. Buna karşılık andezitik volkanik oluşumların daha eski ve patlamalı volkanizma sonucu gerçekleştikleri için oval şekillerin rahatlıkla saptanamadığına değinilmiştir.



Şekil 19: a. Çalışma sahası hakim çizgisellik yönleri gülü diyagramı b. Cengiz ve arkadaşları (2005) tarafından üretilmiş olan hakim çizgisellik yönleri gülü diyagramı

1.2. İKLİM ÖZELLİKLERİ

Gölcük volkanı ve yakın çevresinnin güncel jeomorfolojisi üzerinde en çok etkili olan faktör; dış etken ve süreçlerdir. Bunların başında ise iklim gelmektedir. İnceleme alanındaki çözünme, aşınma ve birikme olayları iklim özellikleri ile doğrudan veya dolaylı olarak ilişkilidir. İnceleme konusu olan volkanik gaz risk analizinde iklim koşulları doğrudan etkili faktördür. Sıcaklık, nem ve yağış ile basınç ve rüzgârlar volkanik unsurlarının yönlenmesinde, dağılmasında oldukça etkili iklim elemanlarıdır.

Yurdumuzun Akdeniz Bölgesi, Göller Yöresinde yer alan çalışma alanı, Akdeniz kuşağında olmasına rağmen; yüksek kenar dağların kıyının hemen gerisine başlaması, derin ve sıcak bir su kütlesi olmasına rağmen Akdeniz'in termik tesirlerinin ancak çok dar bir kıyı şeridinde etkili olmasına yol açar. Bu etki kış mevsiminde kendini daha çok hissettirir (Erinç, 1984).

İnceleme alanı, Akdeniz iklimi ile Orta Anadolu iklimi arasındaki geçiş bölgesinde yer almaktadır. Bundan dolayı bölge her iki iklimin karakteristik özelliklerini taşımakla birlikte, Akdeniz kıyı iklimi özelliği olan yüksek sıcaklık ve yağış ile,

karasal iklimin özelliği olan düşük sıcaklık ve düşük yağış değerleri bu bölgede tam olarak gözlenmemektedir.

Etrafı dağlarla çevrili ve kapalı bir havza durumunda olan Göller yöresi ile Teke yarımadasının iç bölümünde Akdeniz Ardı İklimi denen bir Akdeniz iklimi ile İç Anadolu iklimi arasında bir geçiş iklimi görülür (Atalay, 2010). Alçak alanlarda 400-500 mm arasında görülen yağış değerleri yüksek alanlarda 500 mm'nin üzerine çıkar. Alt kesimlerde 10-13 °C olan yıllık ortalama sıcaklık 2000 m'ler dolayında 5-8°C'ye düşer. Kış aylarında alçak alanlarda 0 C'nin üzerinde olan sıcaklık yükseklerde -5°C'nin altına iner. Alçak alanlarda Temmuzda 25°C'nin üzerine yükselen sıcaklık, Ocak ayında daima 0°C'nin üzerindedir (Atalay, 2010).
İnceleme alanı için iklim elemanları; sıcaklık, basınç ve rüzgârlar, nem ve yağış özellikleri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'den temin edilen; Isparta, Burdur, Ağlasun, meteoroloji istasyonlarının (Tablo 7) ölçüm sonuçları kapsamında değerlendirilmiştir (DMİ, 2011).

Çalışma alanında Yakaören'deki gaz çıkışı risk faktörünün mikroklimatik koşullardan etkilenme durumu düşünülerek, gaz çıkışının olduğu vadiye otomatik seyyar meteoroloji İstasyonu Dawis Vantage Vue kurulmuştur (Foto 5-6). Çalışma alanının bu kesiminde otomatik meteoroloji istasyonundan yıl boyunca 10'ar dakikalık ve bazı zamanlarda 1'er saat ortalama ile sıcaklık, basınç, rüzgâr hız ve yönü, yağış verileri elde edilmiştir.



Foto 5: Gaz çıkış noktası yakınan kuruklan seyyar meteoroloji istasyonu



Foto 6: Gaz çıkış noktası yakınan kuruklan seyyar meteoroloji istasyonundan veri alma işlemi

Tablo 6:Çalışma sahası ve yakın çevresinde yer alan meteoroloji istasyonlarına ait bilgiler (DMİ, 2011)

İstasyon	**Enlem**	**Boylam**	**Yükseklik (m)**	**Rasat Tipi**	**Rasat Süresi (Yıl)**
Ağlasun	37° 39′ K	30° 32′ D	1150	Sıcaklık, Yağış	26 (1964-1990)
Isparta	37° 46′ K	30° 33′ D	997	Sıcaklık, Yağış, Basınç, Rüzgâr	34 (1975-2009)
Burdur	37° 43′ K	30° 17′ D	967	Sıcaklık, Yağış, Basınç, Rüzgâr	30 (1975-2005)
Yakaören Otomatik İstasyon	37° 46′ K	30° 28′ D	1247	Sıcaklık, Yağış, Basınç, Rüzgâr	1 (2010-2011)

Çalışma sahasının iklim özelliklerinin genel olarak ortaya konabilmesi için Thornthwaite iklim tasnif yöntemi ve Erinç iklim sınıflandırması kullanılmıştır.

Erinç iklim sınıflandırması sonucuna göre, çalışma alanında Mayıs-Ekim ayları arasında kurak, yarı kurak koşullar yaşanmakta Ekim-Nisan ayları aralığında nemli yarı nemli koşullar hüküm sürmektedir (Tablo 8, Tablo 9).

Thornthwaite iklim tasnif yöntemine göre ise; Isparta kurak ve az nemli, birinci dereceden mezotermal, kış mevsiminde çok kuvvetli su fazlası olan, ve denizel şartlara yakın iklim özeliklerine sahiptir. Çalışma sahasının batısında bulunan Burdur istasyonu yarı kurak ikinci dereceden mezotermal, kış mevsiminde orta derecede su fazlası olan ve denizel şartlara yakın iklim tipine girmektedir (Tablo 10, 11, 12, 13,14; Grafik 1, 2).

Erinç iklim sınıflandırması: Yıllık toplam yağış miktarının yıllık ortalama maksimum sıcaklığa oranlanması ile indis elde edilir. Ortalama maksimum sıcaklığın 0 C'nin altına düştüğü aylar evapotranspirasyonun olmadığı varsayılarak dikkate alınmaz (Erinç, 1984).

Yağış etkinlik indeksi : $Im=\frac{P}{T\text{om}}$

P= Yıllık toplam Yağış

*T*om= Yıllık Ortalama Maksimum Sıcaklık

Erinç indis sonucuna göre 6 ayrı iklim sınıfı tanımlamıştır. İklim sınıfı ve buna ait bitki örtüsü şu şekilde sınıflandırılmıştır.

Tablo 7:Erinç indis sonucuna göre iklim sınıflandırması (Erinç, 1984)

İklim sınıfı	İndis Değeri (Im)	Bitki Örtüsü
Tam Kurak	<8	Çöl
Kurak	8-15	Çöl-Step
Yarı kurak	15-23	Step
Yarı Nemli	23-40	Park görünümlü kuru orman
Nemli	40-55	Nemli orman
Çök Nemli	>55	Çok nemli orman

Tablo 8:Çalışma Sahası ve Yakın Çevresinin Erinç'in Yağış Etkinlik İndisine Göre (kurak-nemli aylar) Sınıflandırılması (Yağış ve sıcaklık verileri DMİ 2011'den temin edilmiştir.)

		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Isparta	Yağış (mm)	66,00	55,30	52,90	58,30	46,60	27,80	12,90	12,60	15,70	37,50	51,50	73,70	510,80
	Ortalama Maksimum Sıcaklık (°C)	6,40	7,60	11,70	16,50	21,80	26,60	30,30	30,40	26,50	20,70	13,40	7,80	18,31
	Indis ham	123,75	87,32	54,26	42,40	25,65	12,54	5,11	4,97	7,11	21,74	46,12	113,38	27,90
Ağlasun	Yağış (mm)	133,55	104,27	75,30	84,82	70,12	41,82	18,62	14,58	20,22	54,72	68,89	134,50	821,41
	Ortalama Maksimum Sıcaklık (°C)	3,60	4,60	7,90	11,20	16,30	19,70	23,00	22,20	18,70	13,10	8,20	5,10	12,80
	Indis ham	445,17	272,00	114,37	90,88	51,62	25,47	9,72	7,88	12,98	50,13	100,81	316,47	124,79
Burdur	Yağış (mm)	52,70	39,00	47,40	50,90	41,20	26,40	15,70	7,70	16,10	31,00	39,90	59,70	427,70
	Ortalama Maksimum Sıcaklık (°C)	7,00	8,50	12,70	17,40	22,90	28,00	31,80	31,70	27,70	21,40	13,80	8,00	19,24
	Indis ham	90,34	55,06	44,79	35,10	21,59	11,31	5,92	2,91	6,97	17,38	34,70	89,55	22,23

İstasyonlar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Isparta	123,75	87,32	54,26	42,40	25,65	12,54	5,11	4,97	7,11	21,74	46,12	113,38	27,90
Ağlasun	445,17	272,00	114,37	90,88	51,62	25,47	9,72	7,88	12,98	50,13	100,81	316,47	124,79
Burdur	90,34	55,06	44,79	35,10	21,59	11,31	5,92	2,91	6,97	17,38	34,70	89,55	22,23

İklim sınıfı İndis değeri (Im) ve Bitki Örtüsü

Tam kurak <8 Çöl	*Yarı nemli 23-40 Park görünümlü kuru orman*
Kurak 8-15 Çöl-step	*Nemli 40-55 Nemli orman*
Yarı kurak 15-23 Step	*Çok nemli >55 Çok nemli orman*

Thornthwaite tasnifinin anahtarı; istasyonun bulunduğu enlem bilgisi, aylık yağış ve sühunet ortalamalarının bilinmesini gerektirir. İşlem basamakları şu şekilde özetlenebilir;

-Yıllık nemlilik indisinin tespit edilerek, istasyonun bu bakımdan ait olduğu sınıfın tayini

-Potansiyel evapotranspirasyonun yıllık değerine göre termik sınıfın tayini

-Nemli iklimlerde aridite indisine, kurak iklimlerde hümidite indisine göre yağış rejimi tipinin tayini

-Potansiyel evapotranspirasyonun yaz mevsimine isabet eden hissesinin, yıllık değerin yüzdesi olarak bulunarak termik rejim tipinin tayini

Bu işlem başmakları neticesinde istasyonun durumunun her bir işlem basamağı neticesi bir harf ile belirlenir.

İlk basamak olan Nemlilik İndisi için $\text{İm} = \frac{100\,s - 60\,d}{n}$ formülü uygulanır.

Burada İm: nemlilik indisi, s: aylık su fazlası , n: potansiyel evapotranspirasyonun yıllık değerini gösterir.

Ortaya çıkan sonuca göre; İm Harf İklim özelliği iklim tipini

Tablo 9: Thornthwaite iklim sınıflandırmasında nemlilik indisine göre özellik

>100 A Çok nemli	60-40 B2 Nemli	0-(-20) C1 Yarı kurak-az nemli
100-80 B4 Nemli	40-20 B1 Nemli	-20-(-40) D Yarı kurak
80-60 B3 Nemli	20-0 C2 Yarı nemli	-40-(-60) E Tam kurak-çöl

Tablo 10: Thornthwaite Göre Isparta'nın İklim Tipi (Yağış ve sıcaklık verileri DMİ 2011'den temin edilmiştir.)

SONUÇ
TORNTHWAITE GORE İKLİM TİPİ :C1 B'1 s2 b'3
ISPARTA KURAK VE AZ NEMLİ, BİRİNCİ DERECEDEN MEZOTERMAL , KIS
MEVSİMİNDE ÇOK KUVVETLİ SU FAZLASI OLAN VE DENİZEL ŞARTLARA
YAKIN İKLİM TİPİNE GİRER.

ISPARTA	Enlem	37 ° 46´											
AYLAR	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	YILLIK
Sıcaklık °C	1,7	2,6	5,9	10,5	15,5	20,1	23,4	22,9	18,3	12,8	6,9	3	11,96
Sıcaklık İndisi	0,2	0,37	1,28	3,07	5,55	8,22	10,35	10,01	7,13	4,15	1,63	0,46	52,42
Potansiyel Evapotranspirasyon (mm)	3,63	6,35	18,7	39,95	66,72	93,96	114,78	111,56	83,03	51,86	22,98	7,67	621,2
En, Düz, Kat,	0,85	0,84	1,03	1,1	1,23	1,24	1,25	1,17	1,04	0,96	0,84	0,82	
Düzeltilmiş Potansiyel Evapotranspirasyon (mm)	3,09	5,34	19,26	43,94	81,91	116,29	143,48	130,53	86,16	49,9	19,36	6,31	705,57
Yağış (mm)	66	55,3	52,9	58,3	46,6	27,8	12,9	12,6	15,7	37,5	51,5	73,7	510,8
Birikmiş suyun değişimi (mm)	0,46	0	0	0	-35,31	-64,69	0	0	0	0	32,14	67,39	
Birikmiş su (mm)	100	100	100	100	64,69	0	0	0	0	0	32,14	99,54	
Gerçek Evapotranspirasyon (mm)	3,09	5,34	19,26	43,94	81,91	92,49	12,9	12,6	15,7	37,5	19,36	6,31	350,4
Eksik su (mm)	0	0	0	0	0	23,8	130,58	117,93	70,46	12,4	0	0	355,17
Fazla su(mm)	62,44	49,96	33,64	14,36	0	0	0	0	0	0	0	0	160,4
Akış (mm)	31,22	56,2	41,8	24	7,18	0	0	0	0	0	0	0	160,4
Nemlilik oranı	20,33	9,36	1,75	0,33	-0,43	-0,76	-0,91	-0,9	-0,82	-0,25	1,66	10,68	

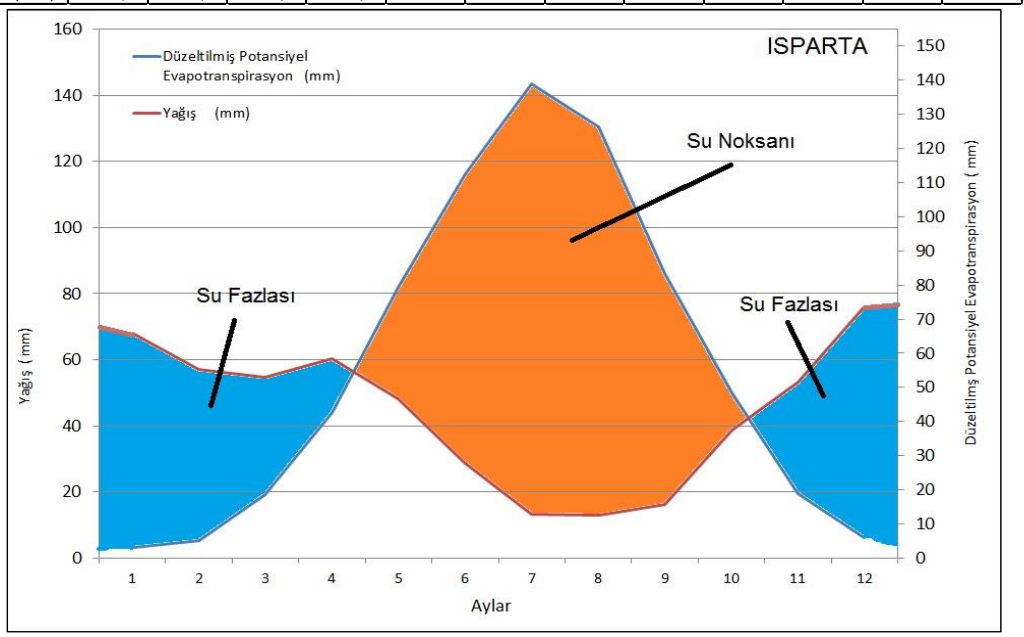
Tablo 11:Thornthwaite Göre Burdur'un İklim Tipi (Yağış ve sıcaklık verileri DMİ 2011'den temin edilmiştir.)

SONUÇ
TORNTHWAITE GORE İKLİM TİPİ :D B'2 s b'3
BURDUR YARI KURAK, İKİNCİ DERECEDEN MEZOTERMAL , KIŞ MEVSİMİNDE
ORTA DERECEDE SU FAZLASI OLAN VE DENİZEL ŞARTLARA YAKIN İKLİM
TİPİNE GİRER.

BURDUR	ENLEM	37° 43´											
AYLAR	OCAK	SUB.	MART	NIS.	MAY.	HAZ.	TEM.	AGS.	EYL.	EKIM	KAS.	ARA.	YILLIK
Sıcaklık °C	2,5	3,3	6,7	11,4	16,4	21,1	24,5	24	19,6	14,1	8,1	3,9	12,96
Sıcaklık İndisi	0,35	0,53	1,56	3,48	6,04	8,85	11,09	10,75	7,91	4,8	2,08	0,69	58,13
Potansiyel Evapotranspirasyon (mm)	4,89	7,22	19,54	41,25	68,79	98,04	120,96	117,5	88,38	55,62	25,51	9,13	656,82
En, Düz, Kat,	0,85	0,84	1,03	1,1	1,23	1,24	1,25	1,17	1,04	0,96	0,84	0,82	
Düzeltilmiş Potansiyel Evapotranspirasyon (mm)	4,17	6,06	20,12	45,38	84,41	121,29	151,2	137,48	91,67	53,55	21,5	7,51	744,34
Yağış (mm)	52,7	39	47,4	50,9	41,2	26,4	15,7	7,7	16,1	31	39,9	59,7	427,7
Birikmiş suyun değişimi (mm)	29,41	0	0	0	-43,21	-56,79	0	0	0	0	18,4	52,19	
Birikmiş su (mm)	100	100	100	100	56,79	0	0	0	0	0	18,4	70,59	
Gerçek Evapotranspirasyon (mm)	4,17	6,06	20,12	45,38	84,41	83,19	15,7	7,7	16,1	31	21,5	7,51	342,84
Eksik su (mm)	0	0	0	0	0	38,1	135,5	129,78	75,57	22,55	0	0	401,5
Fazla su(mm)	19,12	32,94	27,28	5,52	0	0	0	0	0	0	0	0	84,86
Akış (mm)	9,56	26,03	30,11	16,4	2,76	0	0	0	0	0	0	0	84,86
Nemlilik oranı	11,65	5,43	1,36	0,12	-0,51	-0,78	-0,9	-0,94	-0,82	-0,42	0,86	6,95	

Tablo 12: Ispartanın yıllık yağış ve su değerleri

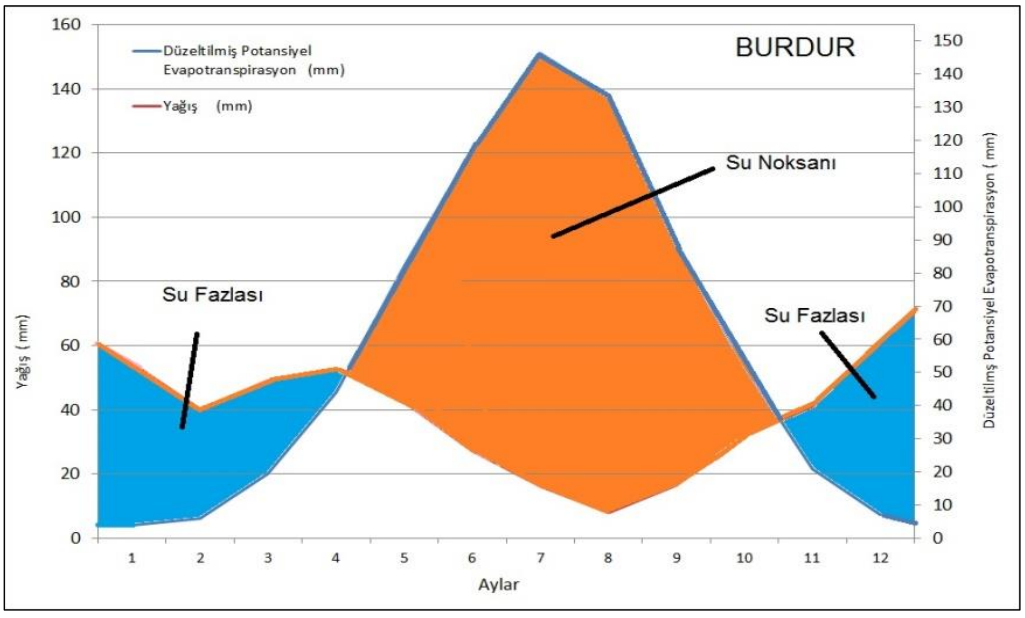
AYLAR	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
YAGIS (mm)	66	55,3	52,9	58,3	46,6	27,8	12,9	12,6	15,7	37,5	51,5	73,7
BIRIKMİŞ SU(mm)	100	100	100	100	64,69	0	0	0	0	0	32,14	99,54
EKSİK SU (mm)	0	0	0	0	0	23,8	130,58	117,93	70,46	12,4	0	0
FAZLA SU (mm)	62,44	49,96	33,64	14,36	0	0	0	0	0	0	0	0



Grafik 1: Thornthwaite formülüne göre Isparta'nın su bilançosu

Tablo 13: Burdur'un yıllık yağış ve su değerleri

AYLAR	OCAK	SUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	YILLIK
YAGIS (mm)	52,70	39,00	47,40	50,90	41,20	26,40	15,70	7,70	16,10	31,00	39,90	59,70	427.70
BIRIKMİŞ SU(mm	100,00	100,00	100,00	100,00	56,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,40	70,59	
EKSİK SU (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	38,10	135,50	129,78	75,57	22,55	0,00	0,00	401.50
FAZLA SU (mm)	19,12	32,94	27,28	5,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	84.86



Grafik 2: Thornthwaite formülüne göre Burdur'un su bilançosu

Çalışma sahası meteorolojik verileri (DMİ, 2011) Thornthwaite formülüne uyarlandığında; Mayıs ayı ortalarından Ekim ayı ortalarına kadar su noksanı olduğu; buna karşlılık kış mevsiminde su fazlası olduğu anlaşılmıştır. Kasım ayından Mayıs'a kadar birikmiş su değerleri görülmüştür. Isparta'nın kurak, az nemli birinci dereceden mezotermal, denizel şartlara yakın iklim tipine dahil olduğu görülmüştür. Burdur'un yarı kurak, ikinci derececen mezotermal, denizel şartlara yakın bir iklim tipine dahil olduğu anlaşılmıştır.

1.2.1. Sıcaklık

Çalışma sahası sıcaklık özellikleri için Isparta, Burdur, Ağlasun meteoroloji istasyonlarının sıcaklık verileri kullanılmıştır. Gaz çıkış bölgesi için ayrıca otomatik meteoroloji istasyonu sıcaklık verilerinden yararlanılmıştır.

Tablo 14: Isparta, Burdur, Ağlasun meteoroloji istasyonlarına ait aylık ve yıllık sıcaklık ortalamaları (DMİ, 2011)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Isparta	1,70	2,60	5,90	10,50	15,50	20,10	23,40	22,90	18,30	12,80	6,90	3,00	11,96
Burdur	2,50	3,30	6,70	11,40	16,40	21,10	24,50	24,00	19,60	14,10	8,10	3,90	12,97
Ağlasun	1,38	2,08	5,28	9,12	13,73	18,19	21,28	20,81	16,87	11,61	6,09	2,56	10,75

Çalışma sahasında Isparta ve Burdur istasyonları sıcaklık verileri incelendiğinde maksimum sıcaklığın kış aylarında 5 °C ile 10 °C arasında olduğunu, minimum sıcaklıkların ise 0°C altında olduğunu görmekteyiz. Aylık ortalama sıcaklığın yıl boyunca 0 °C'nin üzerinde olduğu görülmektedir. Yaz aylarında ortalama sıcaklık 20 °C'nin üzerindedir (Tablo 15, Grafik 3, 4). Ağlasun Meteoroloji İstasyonu verileri incelendiğinde ise maksimum , minimum sıcaklıklar yıl içinde birbirine yakın olduğunu ortalama sıcaklıkların yıl boyunca O°C'nin üzerinde olduğu görülmektedir. Yaz mevsimi ortalama sıcaklıklarının 15 °C'nin üzerinde olduğu ve kış mevsiminde sıcaklıkların 0°C ile 5 °C arasında olduğu görülmektedir (Grafik 5).

Isparta, Ağlasun ve Burdur meteoroloji istasyonlarına ait yıllık ortalama sıcaklık verileri, spline enterpolasyon tekniği ile enterpole edilerek, sıcaklık dağılışını gösteren haritalar üretilmesi yoluna gidilmiştir (Şekil 23, 24, 25) sıcaklık verilerinin küçük sahalar için daha düzenli yüzey dağılımı yapmasından dolayı Spline nokta enterpolasyon tekniği kullanılmıştır (Jarvis ve Stuart, 2001; Özdemir, 2007).

Enterpolasyon yapılırken izohipsler üzerinde belirlenen noktaların tahmini sıcaklık değerleri, en yakın istasyonun verileri baz alınarak;

Tahmini sıcaklık = Ölçülen Sıcaklık — $\frac{yf*t}{100}$

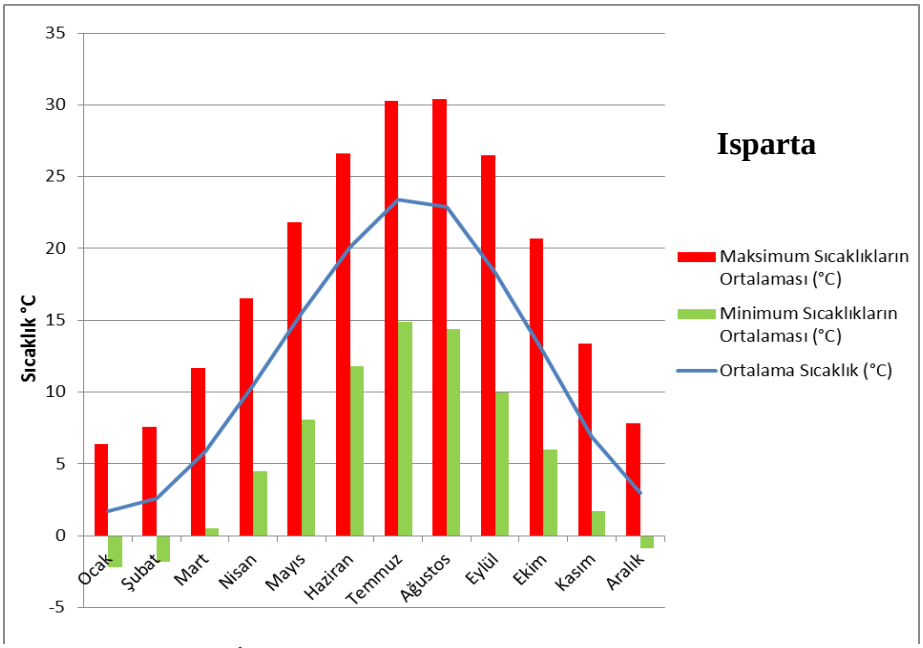
formülünden yararlanılmıştır. Bu formülde;

Ölçülen sıcaklık= Baz alınan istasyondaki ölçülen sıcaklık değeri,

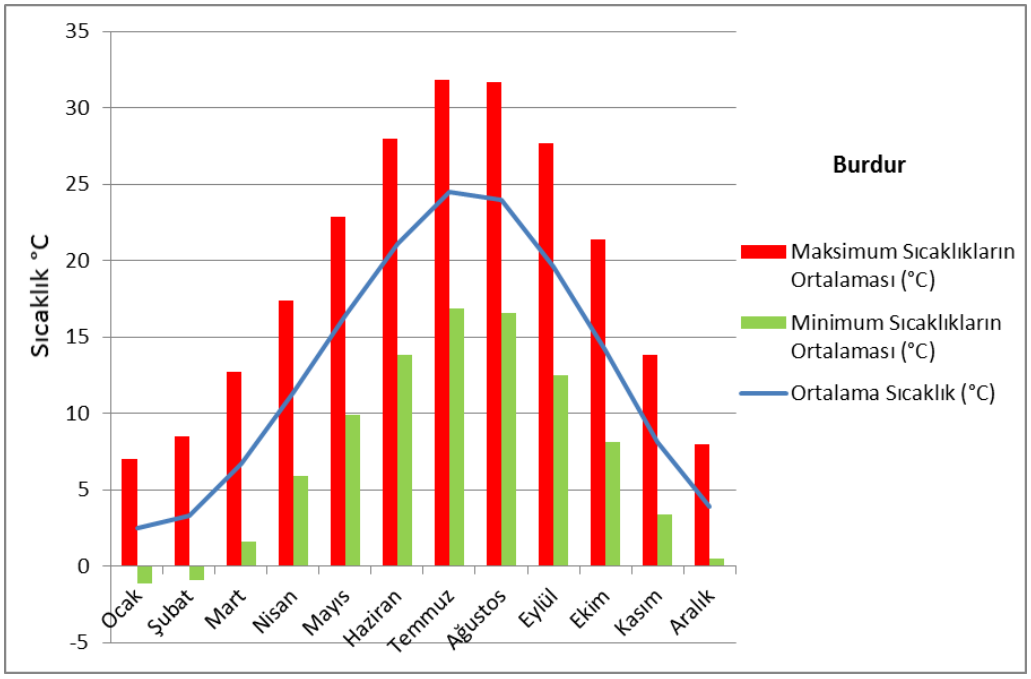
yf= İstasyonla sıcaklığı bulunacak nokta arasındaki yükselti farkı,

t=Her 100 m yükselmeye bağlı olarak oluşan ortalama sıcaklık değişim değeri (0,65 ºC) (Türkeş, 2010).

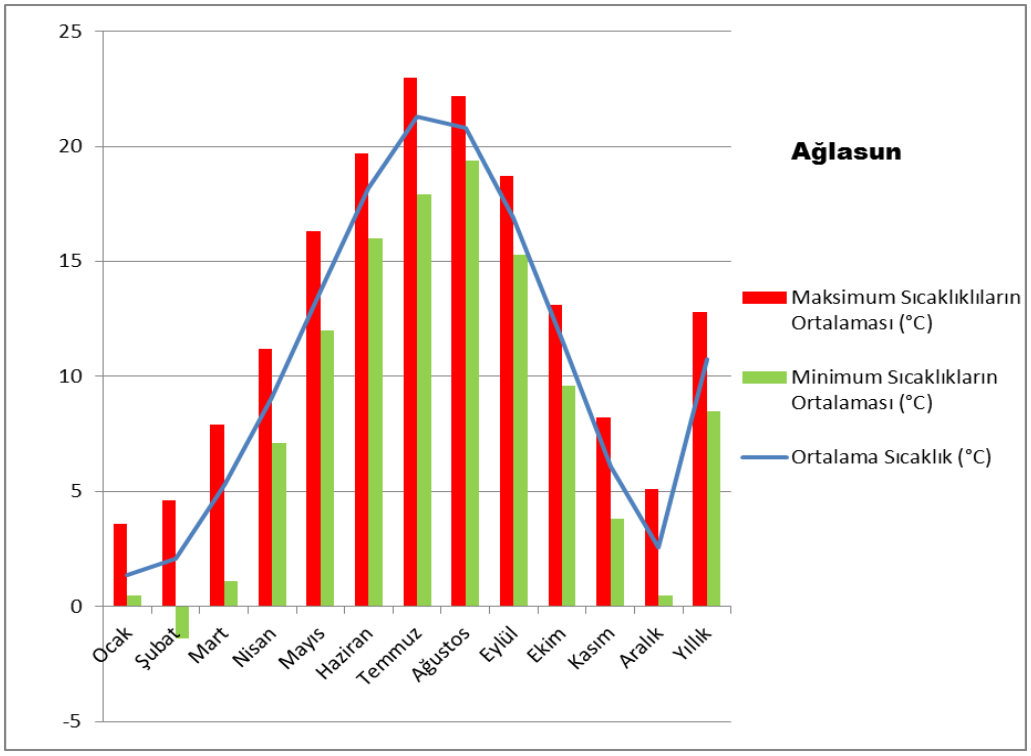
Thin plate spline enterpolasyon ile oluşturulmuş olan haritalarda sıcaklıkların Ocak ayında çalışma sahasının büyük bölümünde 0°C nin altında olduğu özellikle güney kesimdeki Akdağ ve yakın çevresinde sıcaklıkların ortalama -5°C'ye kadar azalmış olduğu görülmektedir (Şekil 20,21,22). Spline enterpolasyon tekniği ile oluşturulmuş olan Temmuz ayı ortalama sıcaklığı haritasına bakıldığında çalışma sahası ve yakın çevresinde sıcaklıkların 18°C'nin üzerinde olduğu görülmektedir. Isparta ovasında 12°C civarında olan yıllık ortalama sıcaklık gaz çıkışı olan bölge ile Gölcük volkanı yakın çevresinde yıllık 7°C ile 10°C arasında değişiklik göstermektedir. Otomatik meteoroloji istasyonunun kaydetmiş olduğu veriler değerlendirildiğinde gaz çıkış sahası olan Uyuz Pınarı'nda yıllık ortalama 7,3°C olduğu saptamıştır.



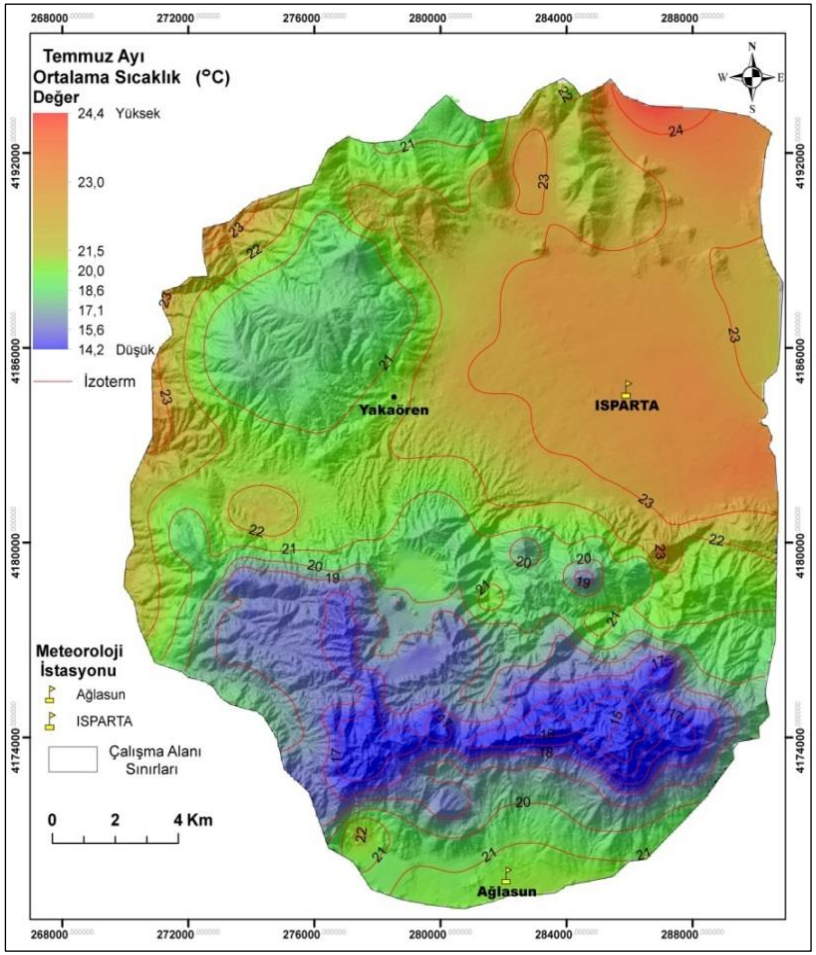
Grafik 3:Isparta Meteoroloji İstasyonu'na ait maksimum sıcaklık ortalaması, minimum sıcaklık ortalaması ve yıllık ortalama sıcaklıklar (DMİ, 2011)



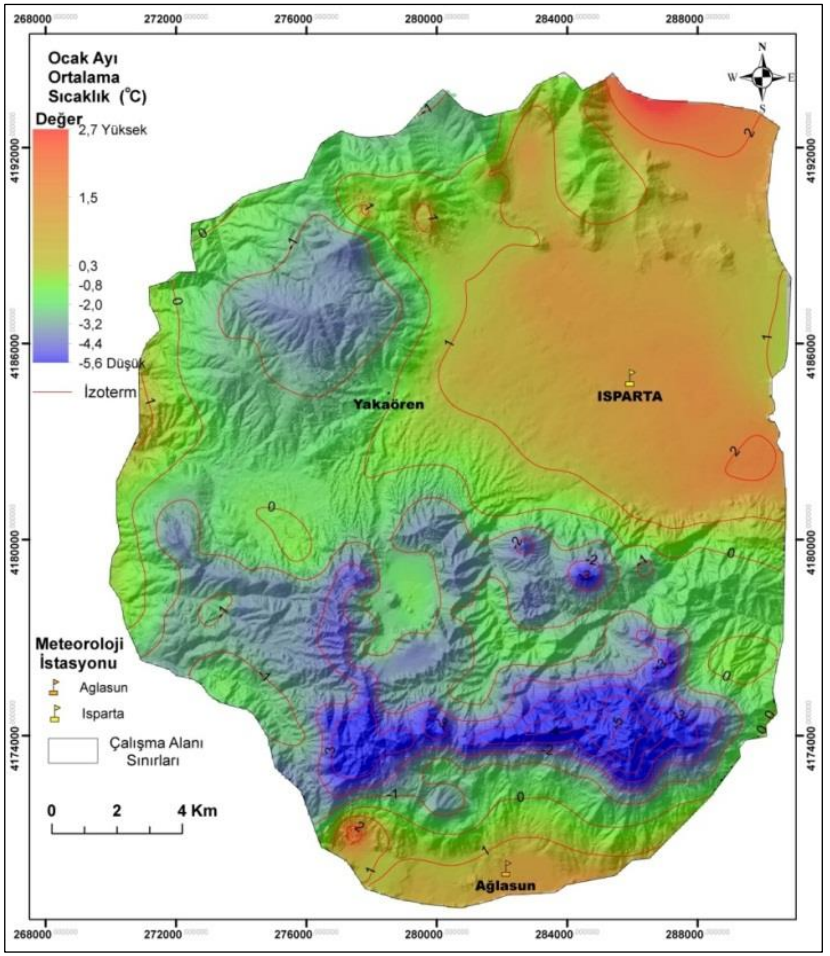
Grafik 4:Burdur Meteoroloji İstasyonu (DMİ, 2011) rasat verilerine ait maksimum sıcaklık ortalaması, minimum sıcaklık ortalaması ve yıllık ortalama sıcaklık



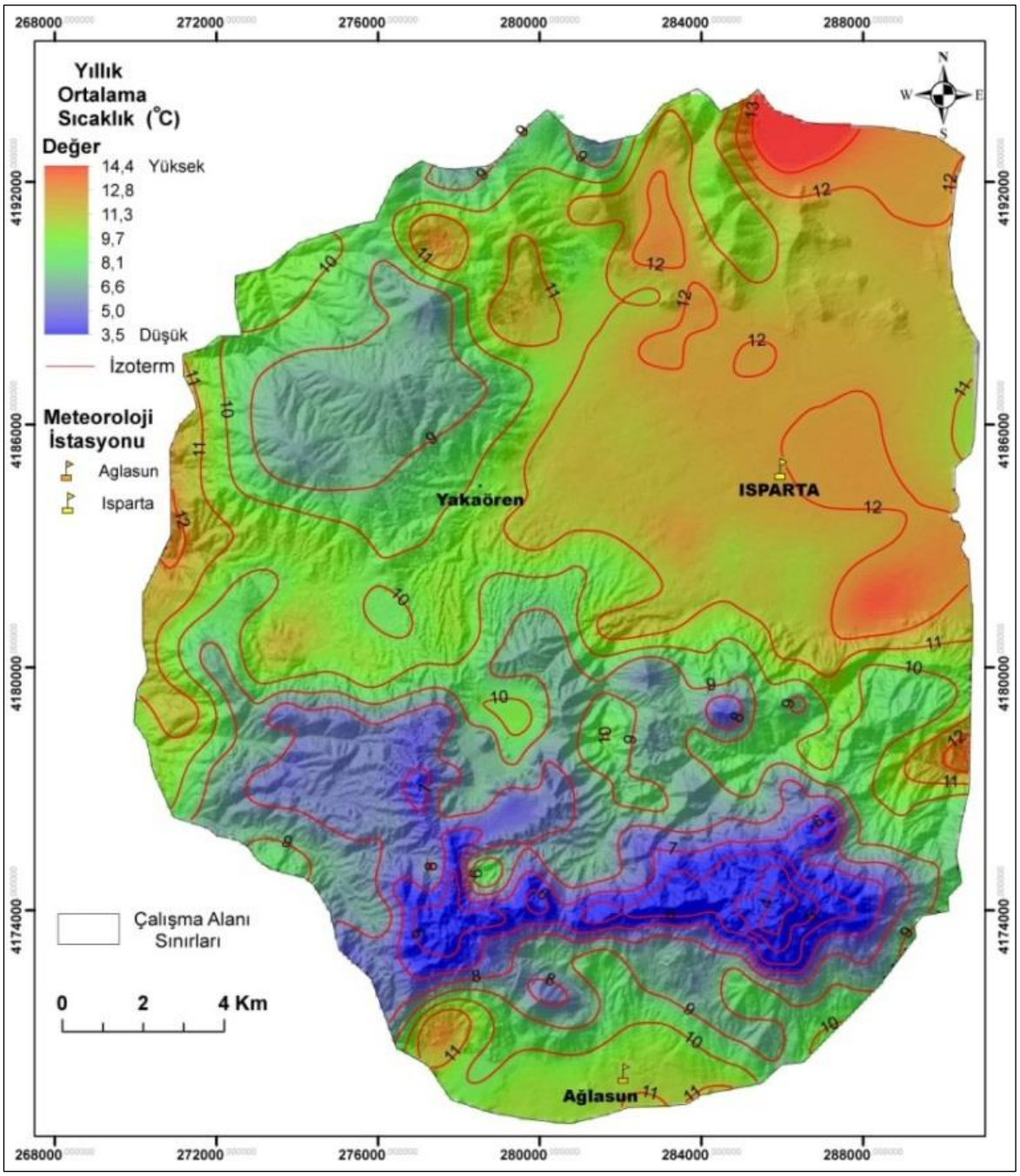
Grafik 5:Ağlasun Meteoroloji İstasyonu (DMİ, 2011) rasat verilerine ait maksimum sıcaklık ortalaması, minimum sıcaklık ortalaması ve yıllık ortalama sıcaklık



Şekil 20: DMİ (2011) sıcaklık verileri kullanılarak spline enterpolasyon tekniği ile üretilen Temmuz ayı ortalama sıcaklık dağılış haritası



Şekil 21: DMİ (2011) sıcaklık verileri kullanılarak spline enterpolasyon tekniği ile üretilen Ocak ayı ortalama sıcaklık dağılış haritası



Şekil 22:DMİ (2011) sıcaklık verileri kullanılarak spline enterpolasyon tekniği ile üretilen yıllık ortalama sıcaklık dağılış haritası

1.2.2. Basınç ve Rüzgârlar

Gaz çıkışı risk analizi konusunda, zararlı gazlar içeren havanın dağılımı ve hareket yönünü belirlemesi bakımından basınç ve rüzgâr büyük önem taşımaktadır. Gerek bölgenin iklim koşullarının belirlenmesi amacıyla, gerekse havanın dağılım ve hareket özelliklerinin ortaya konması amacıyla meteoroloji istasyonlarının basınç ve rüzgâr verilerinin ortalaması alınmıştır. Çalışma süresi içinde bir yıl boyunca araziye kurulmuş olan otomatik meteoroloji istasyonunun verilerinden de istifade edilmiştir. Çalışma sahasına kurulmuş olan bu otomatik istasyonun rasat verileri ile karşılaştırmak amacıyla Isparta ve Burdur Meteoroloji istasyonlarından (DMİ, 2011) 10 ar dakikalık rüzgâr, sıcaklık, basınç değerlerini içeren verileri de temin edilmiştir.

Hava basıncındaki saatlik ve günlük değişimler, insanlar tarafından fazla hissedilmemesine karşın, bu değişimler, özellikle kısa sürede gerçekleşenleri, hava olaylarının gelişmesinde ve değişmesinde önemli rol oynar. Hava basıncının bir yerden bir yere gösterdiği değişiklik, hava hareketinin yani rüzgârın oluşmasından da sorumludur. Ayrıca iki yer arasındaki basınç değişiklikleri, hava tahmini yapılırken dikkate alınan en önemli etmenler arasındadır (Türkeş, 2010).

Belirli bir yerdeki atmosfer basıncı; atmosferin o noktadaki ağırlığıdır. Basınç satıh birimi başına tesir eden ağırlık kuvveti olarak ifade edilir. Bir hava sütunu söz konusu olduğu taktirde bunun zemin birimi başına yaptığı basınç:

$$P = gd.h$$

formülü ile ifade edilir. (P= basınç; g=ivme; d=havanın yoğunluğu; h=hava sütununun yüksekliği) (Erinç, 1996).

Hava basıncının şu özellikleri atmosfer kirliliğini arttırmaktadır;

-Durağan ya da ısrarlı olan derin ve kuvvetli bir yüksek basınç sisteminin egemen olması,

-Yüksek basınca bağlı alçalıcı hava, zayıf gradyan ve kararlı hava yüzünden yüzey rüzgârlarının çok zayıf oluşu ve bunların kirleticinin dağılmasında yeterli olmaması,

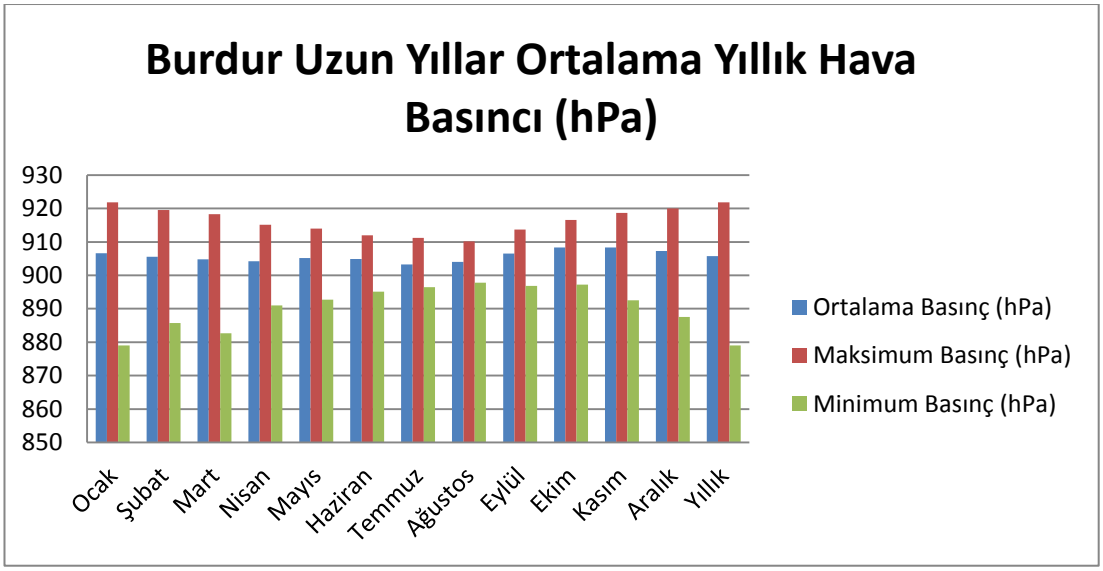
- Genellikle kuvvetli bir yüksek basınç alanında egemen olan alçalan havanın ürettiği kuvvetli bir sübsidans enversiyonunun varlığı,

-Yüksek basınçlı açık gecelerin egemen süreci durumundaki ışınımsal soğumanın, yüzey (yer) enversiyonun oluşması ve kirleticilerin, bu koşullar altında gelişen sığ enversiyon katmanının yeryüzüne yakın atmosfer bölümünde daha fazla yoğunlaşması (Türkeş, 2010).

Çalışma sahası yakınında bulunan Burdur ve Isparta meteoroloji istasyonlarının uzun yıllar boyunca kaydettikleri basınç değerleri incelendiğinde her iki istasyonun basınç değerlerinin bir birine paralel olduğu sonucuna ulaşılır (Tablo 16,17,18, grafik 6, 7). Burdur yıllık ortalama 905.75 (hPa) basınç değerine sahipken Isparta 901.66 (hPa) yıllık ortalama basınç değerine sahiptir.

Tablo 15: Burdur'a ait uzun yıllar ortalama yıllık hava basınç değerleri (DMİ, 2011)

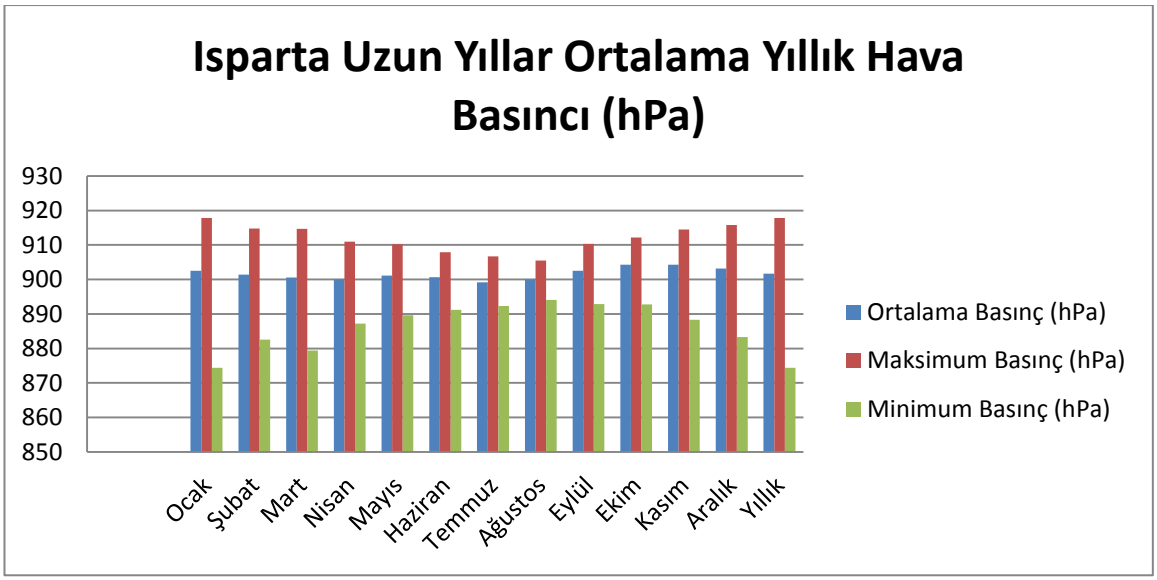
Parametre	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Basınç (hPa)	907	905,6	905	904,2	905,2	904,9	903,3	904	906,5	908,3	908,3	907	905,75
Maksimum Basınç (hPa)	922	919,5	918	915,1	914	912	911,2	910,2	913,7	916,6	918,7	920	921,8
Minimum Basınç (hPa)	879	885,7	883	891	892,7	895,1	896,5	897,8	896,8	897,2	892,5	888	879



Grafik 6: Burdur'a ait uzun yıllar ortalama yıllık hava basınç değerleri (DMİ, 2011)

Tablo 16: Isparta'ya ait uzun yıllar ortalama yıllık hava basınç değerleri (DMİ, 2011)

Parametre	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Basınç (hPa)	903	901,4	900,6	900	901,1	900,7	899,2	900	902,5	904	904,3	903,2	901,65
Maksimum Basınç (hPa)	918	914,8	914,7	911	910,2	907,9	906,7	905,5	910,3	912	914,5	915,8	917,8
Minimum Basınç (hPa)	874	882,6	879,4	887,2	889,6	891,2	892,3	894,1	892,9	893	888,3	883,3	874,4



Grafik 7: Burdur'a ait uzun yıllar ortalama yıllık hava basınç değerleri (DMİ, 2011)

Tablo 17: Uyuz Çeşmesi Mevki Otomatik İstasyon 1 Yıllık Ortalama Hava Basıncı (bar)

İstasyon	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Otomatik İstasyon Basınç (bar)	1022,0	1025,9	1019,5	1013,5	1013,1	1010,1	1008,3	1007,1	1011,5	1018,1	1025,0	1024,6	1016,5

Çalışma sahası ve yakın çevresinde kış aylarında basınç değerlerinin diğer dönemlere göre nispeten yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu durumun Atmosferik dispersiyon veya diğer bir değişle hava dağılımı ve kirleticinin bölgeden uzaklaştırılması açısından bir sorun olabileceği söylenebilir.

Atmosferdeki basınç farkları, rüzgâr adı verilen hava hareketiyle ortadan kaldırılmaya çalışılmaktadır. Rüzgâr etkileri bakımından üç belirgin özelliği olan bir iklim elemanıdır. Bu özellikler rüzgârın yönü, hızı (şiddeti) ve esiş sıklığı (frekansı) dır (Erol, 2004). Basınç merkezleri arasındaki basınç farkı yani basınç gradyanı arttıkça rüzgârın şiddeti de artar. Rüzgâr yönü ve hızı üzerinde basınç gradyanının yanısıra, koriyolis kuvveti, merkezkaç kuvveti ve delk etkilidir. Basınç gradyanının tesiri gradyan kuvvetine bağlıdır. Basınç farkının yükselmesi durumunda rüzgâr; gradyan istikametinde en kısa yoldan yüksek basınçtan alçak basınca doğru hareket eder. Sadece bu kuvvet tesiri altında, yani gradyan istikametinde esen rüzgârlara barostrafik veya ageostrafik rüzgâr adı verilir. Bu tip rüzgârlar sınırlı sahalarda hakimdir (Dağ , vadi maletemleri, kara deniz meltemleri ageostrafik rüzgârlardır (Erinç, 1996).

Rüzgâr hızını etkileyen bir başka faktör de delktir. Delk yani sürtünme direnci ya da kuvvetidir. Sürtünme hava hareket ettikten sonra etkili olur. Bu etki sonunda rüzgârın hızı azalır ve yönü değişir. Sürtünme direnci daima hareket yönü tersine etkili olur ve hareketi yavaşlatır. Sürtünmeden kaynaklanan etkiler, atmosferin alt troposfer bölümüyle sınırlıdır. Ağaçlar, binalar, tepeler ve vadiler üzerinden geçen rüzgârlar için bir pürüzlülük ya da engel oluşturur (Türkeş, 2010).

Delkten kaynaklanan tesirler zeminden 500 m irtifaya kadar kendini gösterir. Yükseldikçe delkin etkisi azalacağından 700-1000 m irtifalarda rüzgâr hemen hemen izobarlara paralel eser (Erinç 1996)

Rüzgâr yönünün; iklimler, özellikle günlük hava koşulları bakımından önemi vardır. Çünkü rüzgârlar kendilerini oluşturan hava kütlelerine göre sıcaklık veya soğukluk getirirler veya çevreyi kuruturlar. Uçuşlar, deniz yolculukları, şehir ve tarım alanlarının kurulmasında da özellikle rüzgâr yönünün önemi vardır. Bu gibi nedenlerden dolayı klimatoloji çalışmalarında bir bölgede belirli bir süre içinde en çok esen rüzgârlar olan egemen rüzgârlar ve esiş frekansı üzerinde durulmaktadır (Erol, 2004).

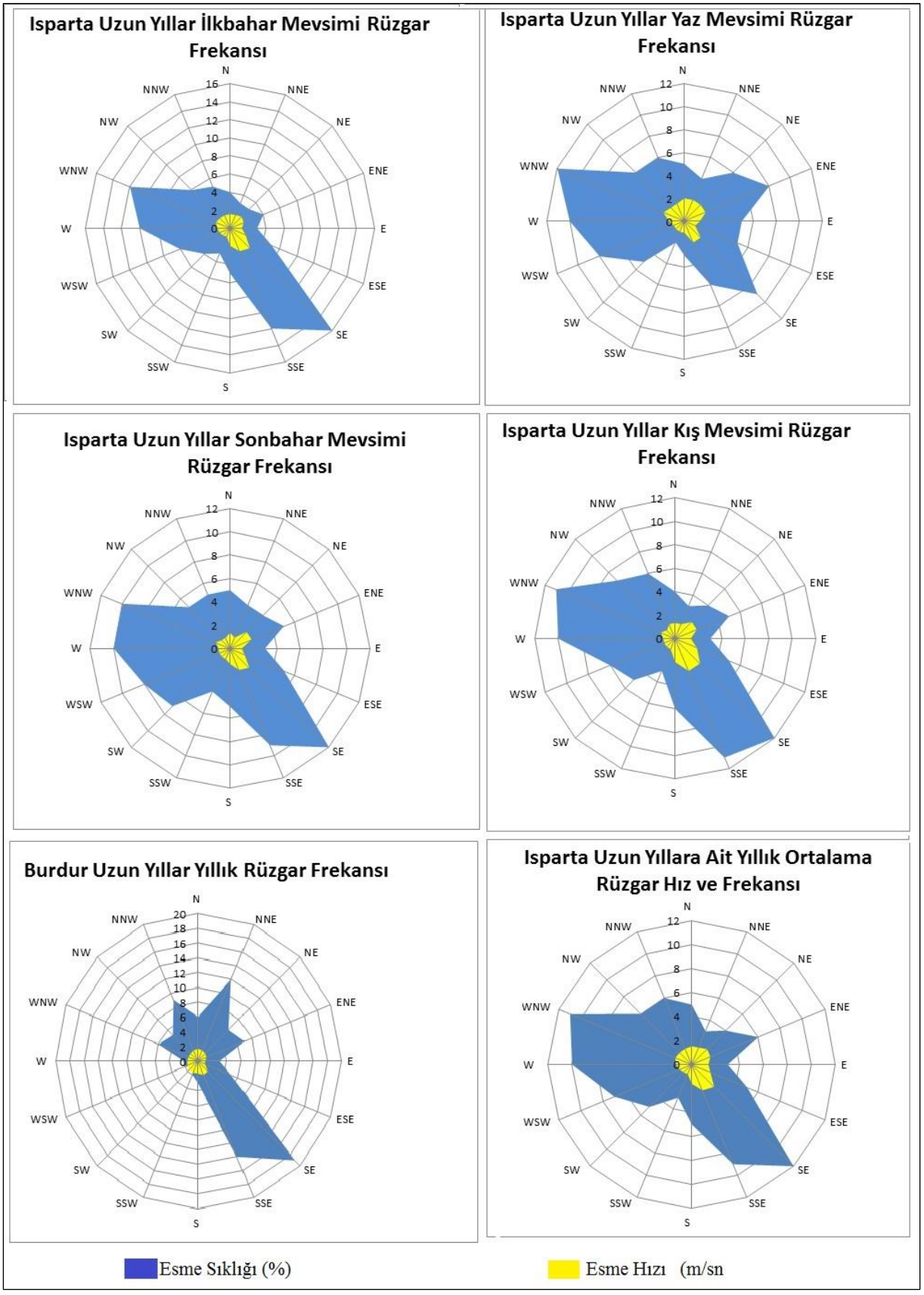
Çalışma sahasının doğusunda yer alan Isparta ve batsında yer alan Burdur Meteoroloji istasyonu verilerine bakıldığında; Isparta W (Batı) % 45 ve SE

(güneydoğu) % 22 sektörlü rüzgârların frakanslarının daha fazla olduğu görülmektedir (Grafik 8). Ülkemiz ve çalışma sahasının genel rüzgar yönleri incelendiğinde yaz aylarında özellikle kuzeydoğu ve kuzeybatı yönlü rüzgarların hakim olduğu görülür. Yaz aylarında ülkemizin kuzeybatısındaki subtropikal antisiklonun ülkemizin güneydoğusundaki intertropikal konverjans sahasına doğru ilerlemesi bu rüzgar yönünün kaynağını oluşturur. Buna karşılık kış aylarında ise güney sektörlü rüzgarlar hakimdir (Avcı, 1996)

Çalışma sahamızda etkili olabilecek mahalli rüzgâr sistemleri; yamaç rüzgârları, dağ ve vadi meltemleri şeklindedir.

Yamaç rüzgârları gündüz, fazla ısınan yamacın veya vadi tabanının üzerindeki hava yükselir. Bunu dengelemek üzere serbest atmosferdeki hava yamaca doğru alçalır. Gece ise yamaçlar üzerindeki hava soğuduğu ve ağırlaştığı için vadi tabanına doğru alçalarak oradaki nisbeten sıcak serbest atmosfer havasını kovar. Bu çeşit rüzgârlar yatay istikamette ancak birkaç yüz metre kalınlıktaki bir tabakaya etki eder (Erinç, 1996). Yamaçlardan vadi tabanına doğru esen rüzgârlar neticesinde çalışma sahasında Yakaören gaz çıkış bölgesinde gaz birikimi olacaktır. Bu rüzgarlar çalışma sahasında özellikle sabaha doğru yaşanmaktadır (Grafik 11). Yamaç rüzgârları sonucu vadi tabanında hava yoğunlaşmaktadır. Gündüz saatleriyle birlikte, ısınan yamaçlara bağlı olarak, vadi tabanından çevreye doğru hava akımı meydana gelmektedir.

Çalışma sahasında etkili olan bir diğer rüzgâr şekli dağ ve vadi meltemleridir. Bu rüzgârların oluşumu şöyledir: Yan yana bulunan dağlar ile çukur yöreler günlük ısınıp soğuma bakımından birbirlerine oranla farklı özellikler gösterirler. Gündüz ısınıp genişleyen ve hafifleyen hava vadi içinde aşağıdan yukarıya, gece ise çevredeki platolarda soğuyup ağırlaşan hava vadi içinde yukarıdan aşağıya doğru hareket eder. Genellikle gündüzleri öğleden sonraları vadi tabanından yamaç yukarı rüzgârlar eser bu rüzgârlara vadi rüzgârları veya anabatik rüzgâr denilir. Geceleri sabaha karşı ise yamaçlarda ve yüksekçe platolarda soğuyan hava yamaçlardan alçalıp vadiye dolarak, dağdan ovaya doğru eser. Bunlara dağ rüzgârları veya katabatik rüzgârlar denir (Erol, 2004).



Grafik 8: Burdur ve Isparta'nın yıllık ve mevsimlik rüzgâr hız ve frekans gülleri (DMİ, 2011)

Çalışma sahasında esen rüzgârlar, hızları bakımından değerlendirildiğinde; 1-3 m/sn arasında ortalama hızın değiştiği sonucuna olaşılmıştır. Isparta'da hakim rüzgâr yönleri bütün mevsimlerde benzerlik göstermektedir. Çalışma sahasının batısında yer alan Budur'da ise hakim rüzgâr yönünün SSE (Güney Güneydoğu) ve SE (Güneydoğu) olarak karşımıza çıkmaktadır. Buna karşılık Burdur rüzgâr hızı bakımından Isparta ile karşılaştırıldığında daha düşük 1-2 m/sn gibi ortalama bir değer göstermektedir (Grafik 12).

Gaz çıkış alanının yer aldığı Uyuz Pınarı Mevkii'nde ölçülen rüzgâr özelliklerine göre rüzgâr hakim yönü W (Batı), ardından WSW (Batı Güneybatı) şeklindedir. Rüzgâr frekans gülleri (Grafik 9) incelendiğinde en çok esen rüzgârların %50'nin W sektörlü olduğu yine yaklaşık % 20'sinin NE (Kuzeydoğu) ve E (Doğu) sektörlü olduğu görülmektedir. Ortaya çıkan bu sonuçlar üzerinde topoğrafik etkiler olan vadinin uzanışı ve yamaç eğimlerinin etkisinin olduğu da söylenebilir. Gün içerisinde hava akımlarının genel seyrini tespit etmek amacıyla hem araziye kurulan istasyon hem de aynı dönemde Isparta meteoroloji istasyonuna ait rasat verilerinden rüzgâr hız ve frekans gülleri üretilmiştir.

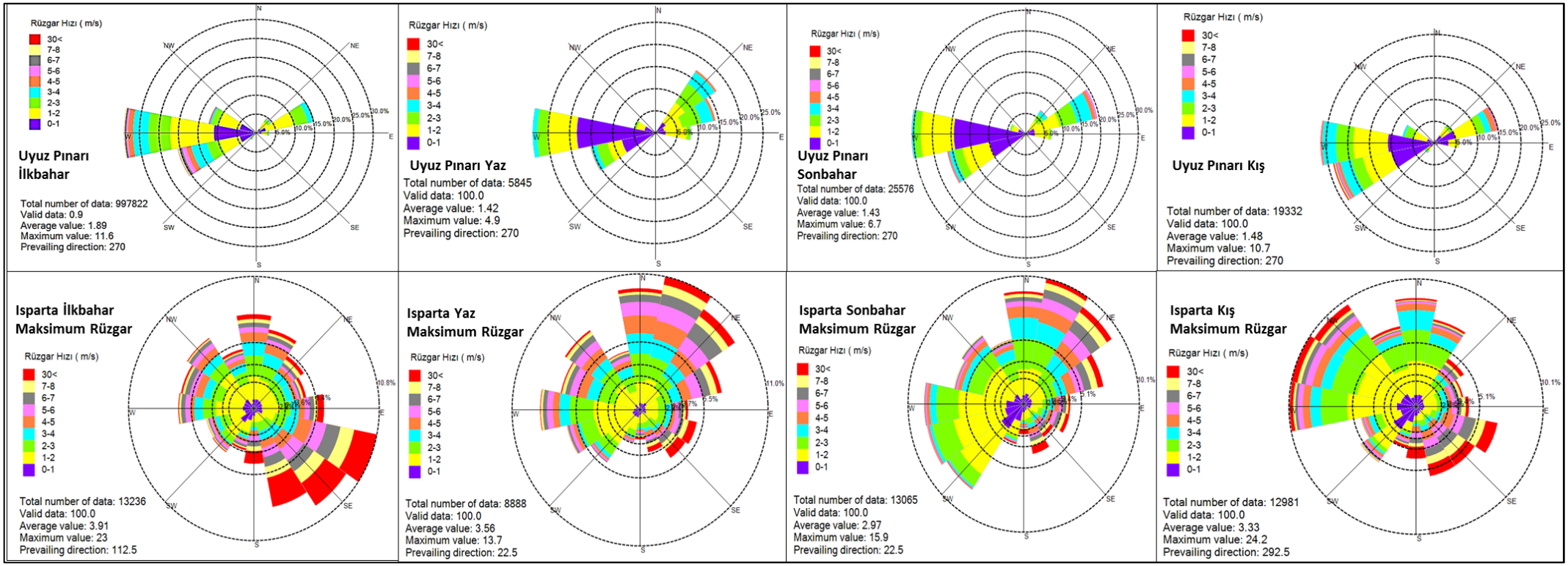
Isparta şehir merkezinde saat 07:00- 14:00 aralığında N ve NE sektörlü rüzgârların hakim olduğu gözlenirken, hakim rüzgâr yönünün saat 14:00'ten itibaren önce S (güney) ardından W sektörüne doğru kaydığı görülmektedir. Öğleden sonra ve günün en uzun döneminde hakim rüzgâr yönünü oluşturan W rüzgâr sektörünün frekans ağırlığı sabaha karşı 04:00' itibaren yön değiştirerek N ve NE'ye kaymaktadır (Grafik 10).

Uyuz Pınarı bölgesinde öğleden sonra saat 14:00'dan saat 04:00'a kadar günün önemli bir bölümünde hakim rüzgâr yönü W, WSW olarak karşımıza çıkmaktadır. Saat 04:00-06:00 arasında yamaçlardan vadiye doğru esen rüzgârlar; vadinin içerisinde hava yoğunluğunu arttırılar. Saat 07:00'dan 12:00'a kadar hakim rüzgâr yönü ENE (Doğu Kuzeydoğu) şeklinde olmaktadır ki bu da hava kirliliğinin başta yakaören ardından da Isparta şehir merkezine taşınması açısından önemlidir. 12:00'dan 14:00 'a kadar W ve WSW yön rüzgârı hakim rüzgâr özelliği

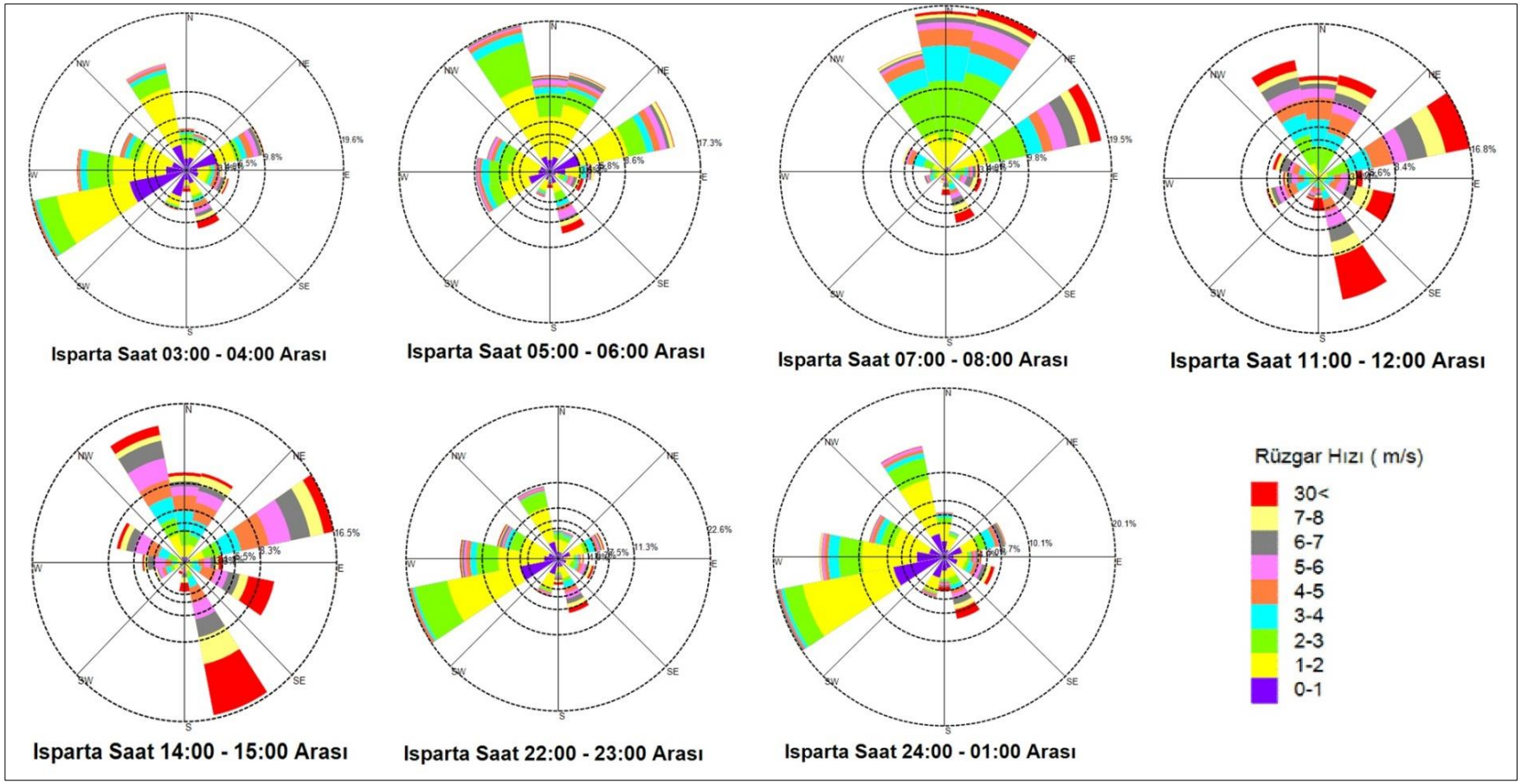
kazanmaktadır. Uyuz Pınarında ortalama rüzgâr hızı 1-2 m/sn olurken, değerlerin W, WSW sektörde 11,6 m/sn hıza ulaşmakta olduğu gözlenir (Grafik 11).

Isparta 1 yıllık maksimum rüzgâr hız verileri incelendiğinde (Grafik 7) W sektörde 18,8 m/sn rüzgâr hız değeri tespit edilmiştir. Maksimum rüzgâr verileri açısından Isparta'nın en fazla rüzgârı W sektörden aldığı da ortaya çıkan bir diğer sonuçtur. Benzer durum Uyuz Pınarı için de söz konusudur. Bu kesimde maksimum rüzgâr hakim yönü WSW olmakta, ortalama maksimum rüzgâr hızı 3,22 m/sn ve en hızlı esen rüzgâr 27,3 m/sn olarak bu sektörde kaydedilmiştir. Maksimum rüzgâr yönü ve ortalama rüzgâr yönü W sektörde kaydedilmesi, kirletici kaynaktan çıkan unsurların yerleşim yeri üzerine taşınmasının sıradan bir durum olabileceği sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Günün belirli saatlerinde, yamaçlardan vadi tabanına esen rüzgârlar ile kirleticinin vadi tabanında birikmesi ardından, tekrar W sektörlü rüzgârların esmesi tehlike riskini arttırmaktadır.

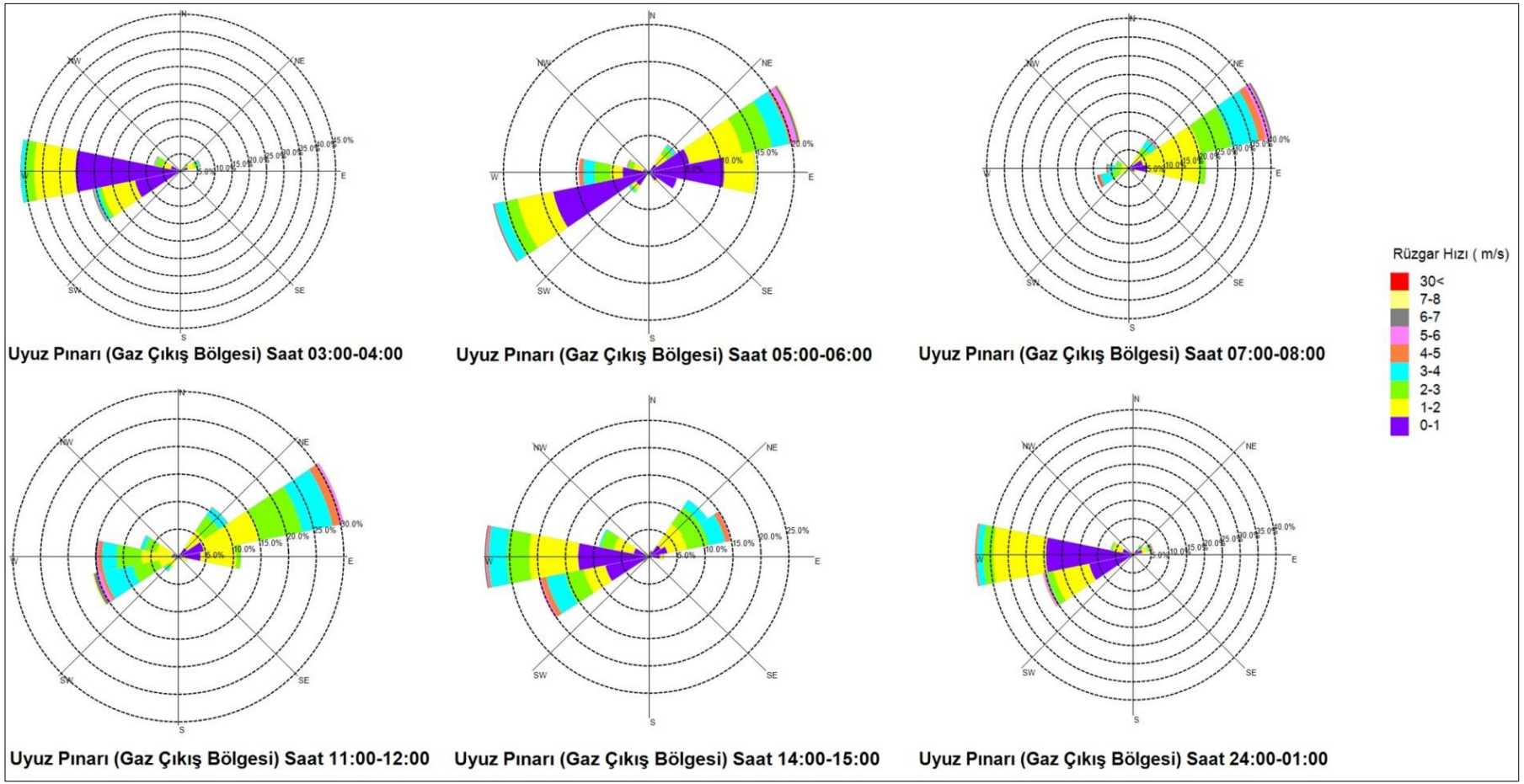
Rüzgârın Hava kirliliğini ve dağılışı üzerindeki etkisi iki yolla olur. I. Yol karışma, II. Yol taşımadır. Rüzgâr hızları kirliliğin hafifletilmesinde önemli bir rol oynar. Çok büyük tutarda kirletici havaya karıştığında, rüzgâr hızları, kirliliğin çevredeki havayla ve kaynak bölgesinden ne kadar hızla uzaklaşabileceğini belirler Taşıma kirletici madde ve gazların rüzgâr hareketiyle kaynağından çevreye hatta uzak bölgeye taşınmasıdır. Taşınma kirleticinin uzaklaştırılmasını sağladığı için kaynak bölgesine yararlı olabilmesine karşın, kaynak bölgesinden taşınan kirleticinin etki alanında kalan uzak bölgelerde önemli bir sorun olabilir (Türkeş, 2010)



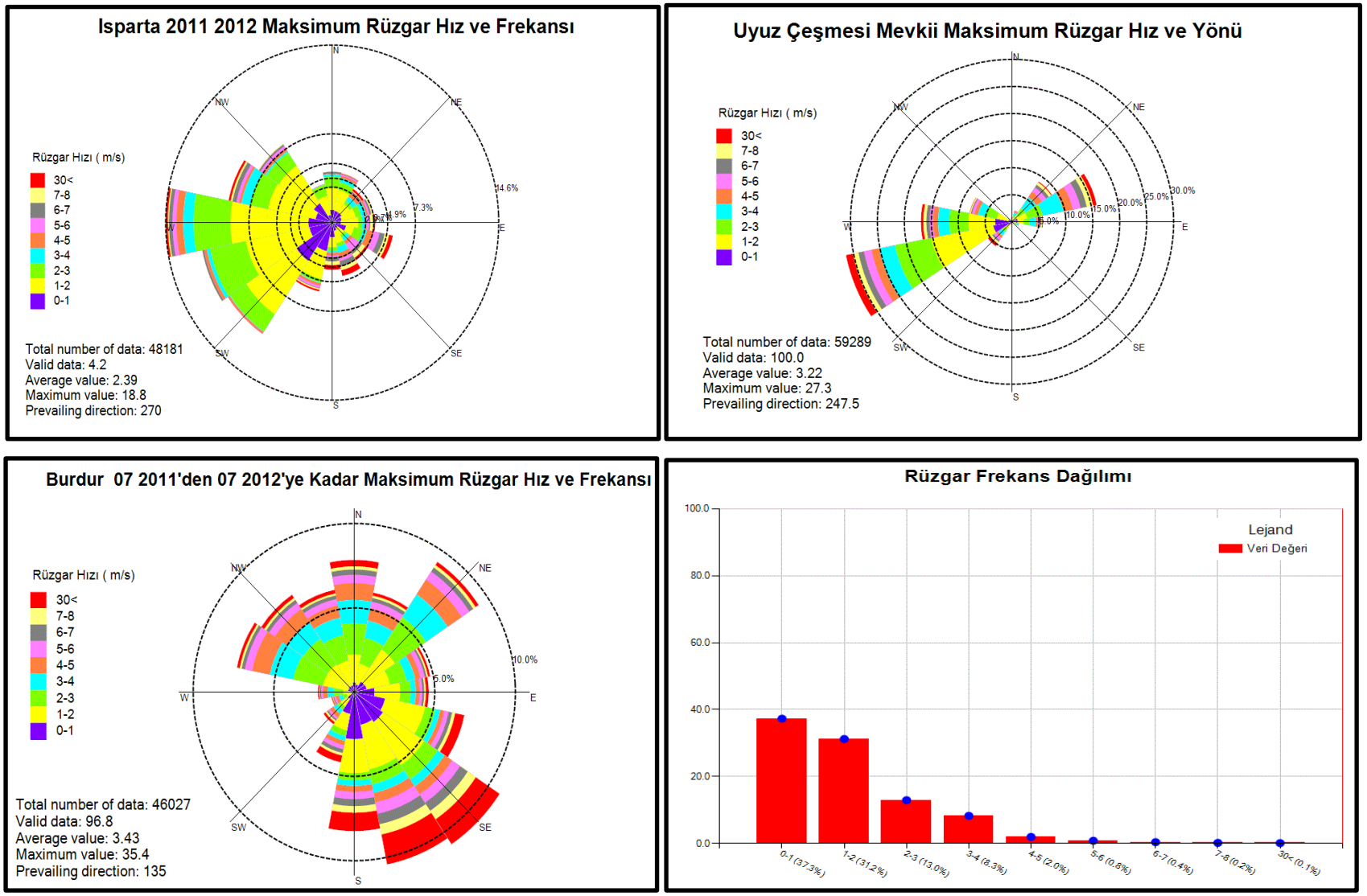
Grafik 9: Uyuz Pınarı Mevkii ve Isparta 1 yıllık (2010-2011) gözleme dayanan mevsimlik rüzgâr hız ve frekans gülleri



Grafik 10: Isparta saatlik (2010-2011) rüzgâr hız ve frekans gülleri



Grafik 11: Uyuz Pınarı Mevkii saatlik rüzgâr (2010-2011) ortalama hız ve frekansı



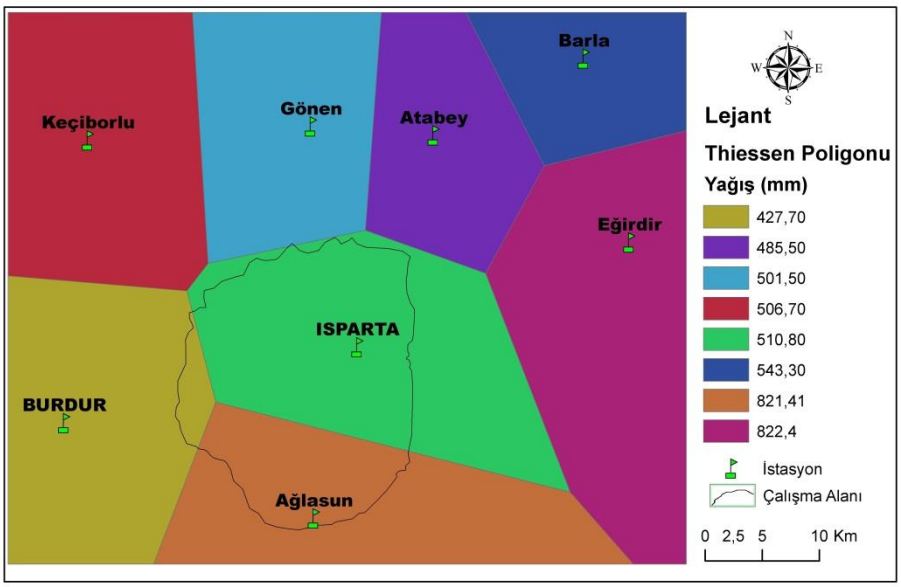
Grafik 12: Burdur, Isparta ve Uyuz Pınarı Mevkii maksimum rüzgârrüzgar hız ve frekansı gülleri

1.2.3. Nem ve Yağış

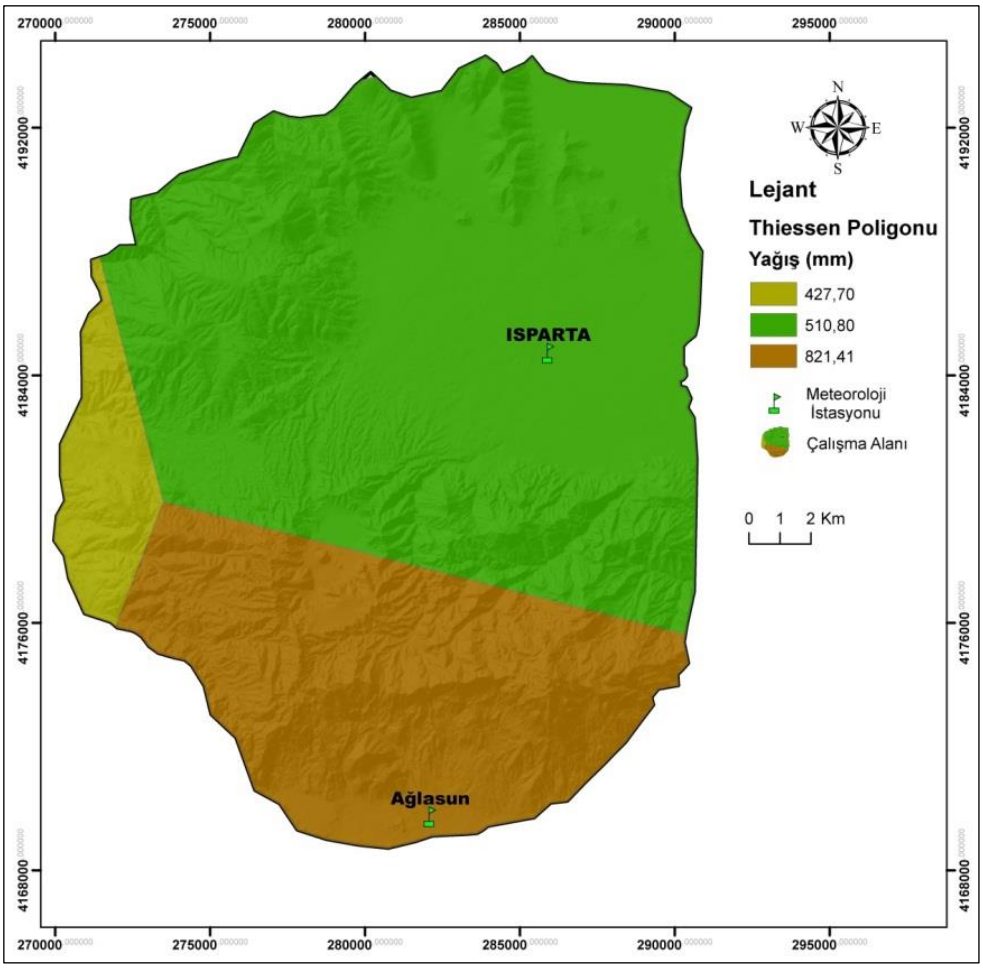
Çalışma sahasında yağış özelliklerinin tespiti için Ağlasun, Isparta, ve Burdur meteoroloji istasyonlarının verilerinden yararlanılmıştır. Yağış konusunda istasyonların etki alanlarının belirlenmesi için Theissen poligonlama tekniği kullanılmıştır (Şekil 23-24). Inverse Distance Weighted (IDW) (Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon) tekniği kullanılarak yağışın dağılışı hesaplanmaya çalışılmıştır (Şekil 25).

Schreiber formülü uygulanarak istasyonların ortalama yağış verilerinin değerlendirilmesiyle bölge tahmini yağış değerleri haritaları üretilmiştir (Şekil :26).

Thiessen poligonlama tekniğinde nokta bazlı vektör verileri kullanılarak yakınlık analizi yapılması esastır. Thiessen poligonları, sadece noktalar arası eşit uzaklıklara bağlı olarak oluşturulmuş poligonlardan ibarettir ve istasyon yakınındaki alanların istasyon değeriyle eşdeğer olarak gösterildiği basit bir tekniktir (Thiessen, 1911; Turoğlu, 2011). Thiessen poligonlama tekniğinin, çalışma sahasına uyarlanması sonucu, yağış karakterini açıklamada etkili olan meteoroloji istasyonlarının Isparta, Burdur ve Ağlasun istasyonları olduğu belirlenmiştir (Şekil 23).

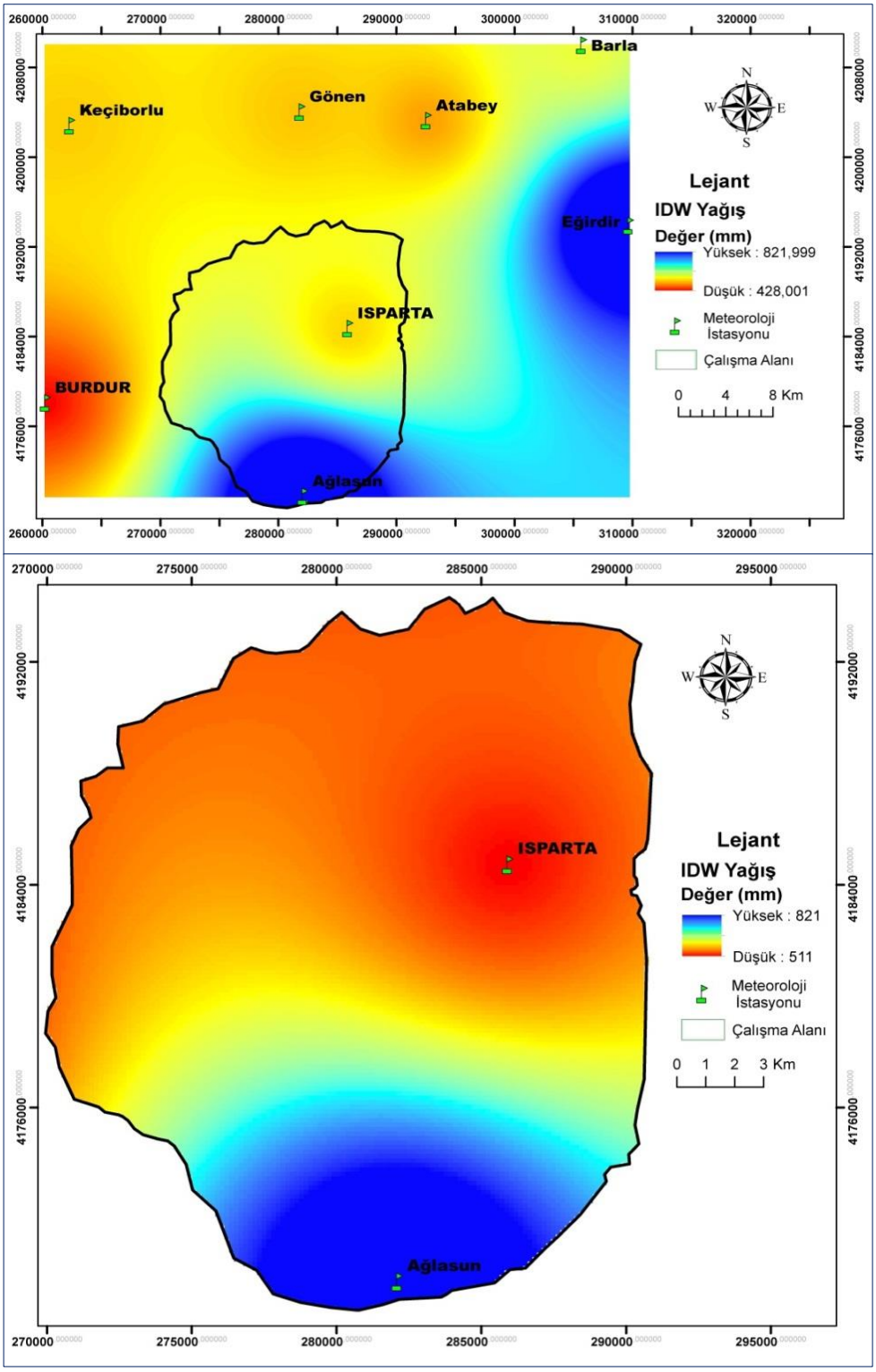


Şekil 23: Çalışma sahası Theissen Poligonlaması



Şekil 24:Çalışma sahasında Theissen Poligonlmasına göre yağış dağılışı

IDW tekniği, enterpole edilecek yüzeyde, yakındaki noktaların uzaktaki noktalardan daha fazla ağırlığa sahip olması esasına dayanır. Yakından uzağa doğru örnek olan noktaların belirleyici etkisinin azalmasına karşılık, örnek noktaların ağırlıklı ortalamalarına göre yüzey enterpolasyonu gerçekleştirilir. Prensip olarak yüzeyin genel trendine bağlı bir sonuç üretildiğinden gerçek bir enterpolasyon değil, bir trent enterpolasyonu olarak kabul edilir (Arslanlıoğlu ve Özçelik, 2005 ; Özdemir, 2007; Turoğlu, 2011).



Şekil 25:Çalışma sahasında ortalama yağış değerlerinin Inverse Distance Weighted (IDW) (Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon) yöntemiyle gösterilmesi

Çalışma sahasında Thiessen poligonlama tekniği kullanılarak belirlenen meteoroloji istasyonlarının uzun yıllar ortalama yağış değerleri tespit edilmştir (DMİ, 2011). Uzun yıllar ortalama yağış değerleri, Schreiber formülü kullanılarak (Dönmez, 1979); bölge genelinde ortlama yağış değerleri bilinmeyen noktaların tahmini yağış değerleri tespit edilmiştir.

Ph = Po + 54h

Bu formülde;

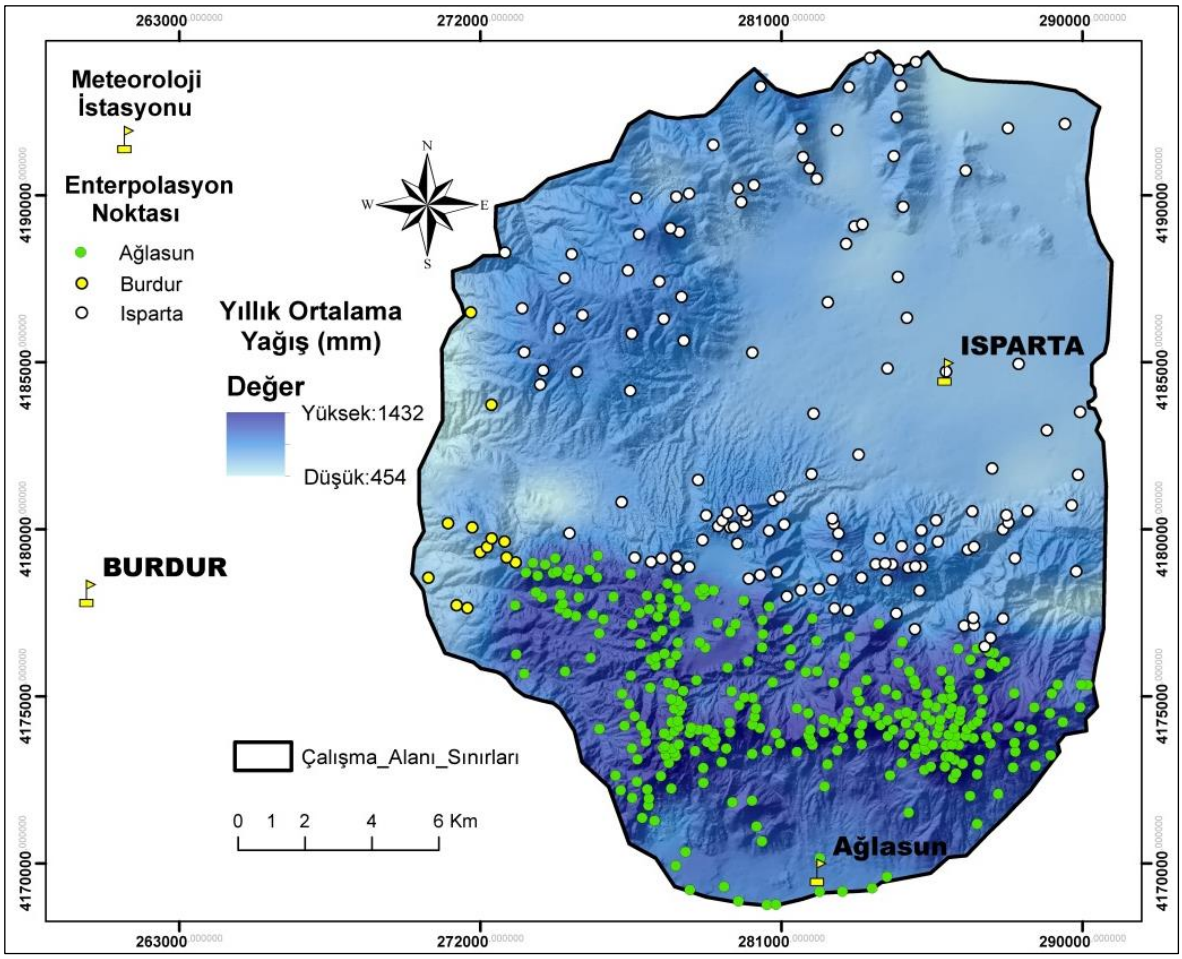
Ph: Yükseltisi bilinen noktanın bulunacak yağış miktarı,

Po: Yükseltisi bilinen ve yağış rasadı yapan mukayese istasyonunun yağış miktarı,

54: Her 100 m. yükseldikçe yağışın 54 mm. arttığını gösteren katsayı,

h : Hektometre cinsinden esas alınan istasyon ile yağış miktarı bulunacak nokta arasında yükselti farkıdır (hektometre olarak).

Bu formüle göre yağış dağılışı hesaplama çalışması yapılırken, öncelikle yükselti kademeleri ve daha önce oluşturulmuş olan Theissen poligonlaması dikkate alınarak ilgili istasyonun etki sahası dikkate alınmıştır. Yağış özelliği hesaplanmak istenen bölge için 100'er m yükselti farkıyla noktalar belirlenmiştir. Engebenin fazla olduğu bölgelerde daha fazla nokta kullanılmış, engebenin az olduğu yerlerde nokta sayısı daha az tutulmuştur. Formül kullanılarak ilgili istasyonun yağış verileri belirlenen noktalara uyarlanmıştır. Noktaların tespit edilen yağış değerleri esas alınarak thin plate spline enterpolasyon yöntemi ile yağış dağılış haritası üretilmiştir (Şekil 29). Hutchinson (1998) çalışmasında thin plate spline enterpolation tekniği kulanılarak yağış tahmini yapılan noktaların, ölçülmüş yağış değerleriyle uyum olduğu görülmüştür.



Şekil 26: Çalışma sahasında ortalama yağışın spline enterpolasyonla dağılışı

Isparta istasyonunun kaydettiği yıllık ortalama yağış değeri 510 mm'dir (Tablo 11, 13). Bu yağışın en fazla kış aylarında gerçekleştiği gözlenmektedir. Yaz aylarında ise yağış değerlerinde çok önmeli bir düşüş olduğu görülmektedir (Tablo 11, 12). Thornthwaite formülüne göre oluşturulmuş Isparta 'nın su blançosu incelendiğinde (Tablo 11; Tablo 12; Grafik 1) Mayıs ayı ortalarından Ekim ayı ortalarına kadar yaz aylarında su eksikliği görülmektedir. Buna karşılık kış aylarında su fazlasının olduğu görülmektedir. Benzer durum Burdur istasyonu verileri için de (Tablo 12; Tablo 13; Grafik 2) için de söylenebilir.

Theissen Poligonlama tekniği, IDW entepolasyon tekniği, Schreiber formülü kullanılarak gerçekleştirilen Spline enterpolasyon tekniği sonucunda; çalışma sahasının yağış değerlerinin yıllık 454 mm ile 1432 mm arasında olduğu tespit edilmiştir. Yağışın daha çok kış mevsiminde gerçekleştiği, kış mevsiminde ortalama

150-200 mm arası yağış görüldüğü anlaşılmıştır. Yıllık yağışın, Gölcük volkanı ve yakın çevresinde 650-900 mm arasında olduğu, sahanın güneyinde yer alan Akdağ ve çevresinde daha yüksek değerlerde gerçekleştiği sonucuna ulaşılmıştır. Thornthwaite iklim tasnif yöntemine göre değerlendirildğinde (Tablo 10, 11, 12, 13,14; Grafik 1, 2) yağış ve sıcaklık değerlerine bağlı olarak, kış mevsinde orta dercede su fazlası olduğu, yaz mevsiminde ise su noksanı olduğu anlaşılmıştır.

Çalışma sahası topoğrafya yüzeyinin büyük bölümünü son derece gevşek tutturulmuş tüf, pomza vs. volkanik materyaller oluşturmaktadır. Bu gevşek volkanik unsurlar, özellikle yaz döneminde su nokasanının olduğu evrede, ani yağışların oluşturduğu sellenmelerle taşınmakta, jeomorfolojik görünüm değişmektedir.

1.1. HİDROGRAFİK ÖZELLİKLER

1.1.1. Akarsu Şebekesi ve Akım Özellikleri

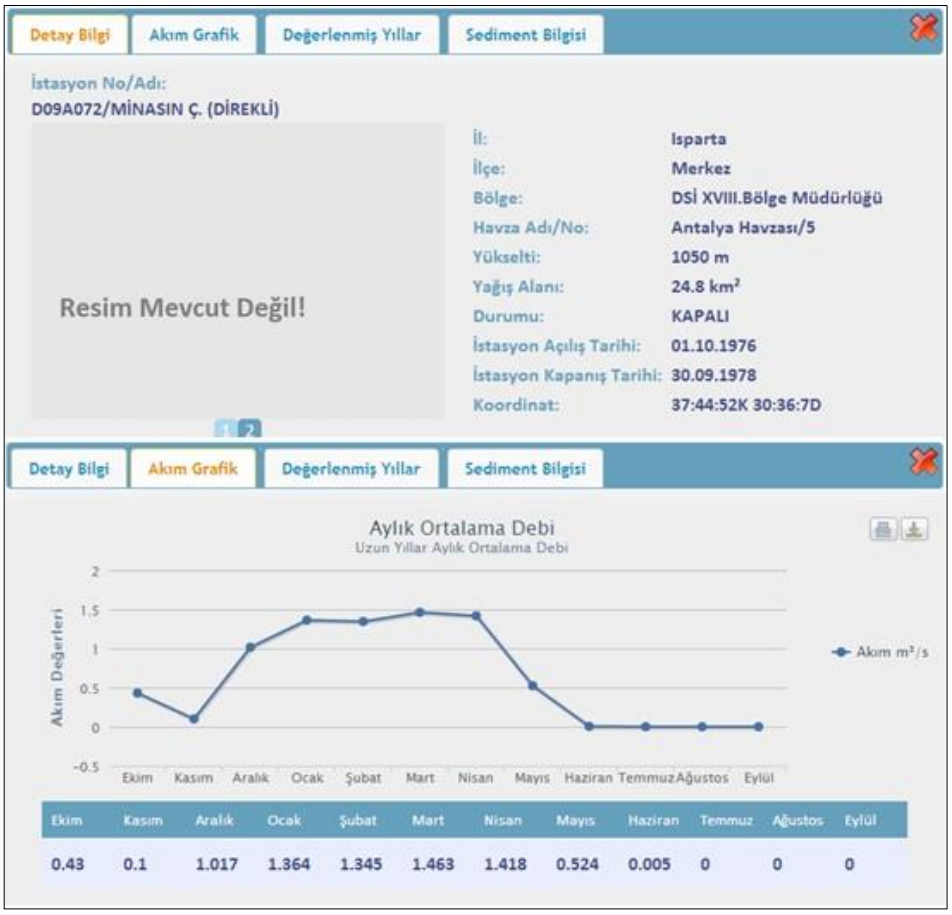
Gölcük Volkanizması alanında kaldera dışından çevreye doğru radyal akarsu şebekesi gelişmiştir. Kaldera içinde ise çevreden merkeze yani göle doğru boyları çok kısa olan vadiler gözlenmektedir. Gölcük volkanizmasından uzaklaştıkça dandritik drenaj şebekesinin olduğu görülür (Şekil 27). Çalışma sahasındaki akarsular sularını, Burdur Gölü Havzası, Isparta Ovası, Isparta Çay aracılığıyla Akdeniz havzasına taşımaktadır.

Kalderanın kuzeyinden doğuya doğru yönelen Milas deresi, Urşan deresi, Gölcük Gölü'nün doğusunda yer alarak kuzeydoğuya Isparta şehir merkezine doğru akan Dere, Isparta şehir merkezinin güneyinde bulunan Darıderesi volkanik arazideki önemli akarsulardır (Şekil 27).

Çalışma sahasının batı kesiminde Burdur gölüne yönelen, kuzeyden güneye doğru sırasıyla Ergenli, Eşekucan, Samandere, Karaoğlukinliği, Boğaz ve Gerçe Dereleri, Levten dere, Haraşlı dere, Kapıların ve Sınır dereleri yer almaktadır. Akdağ güneyinde ise Ağlasun çayına karışmakta olan kollar yer almaktadır (Şekil 27).

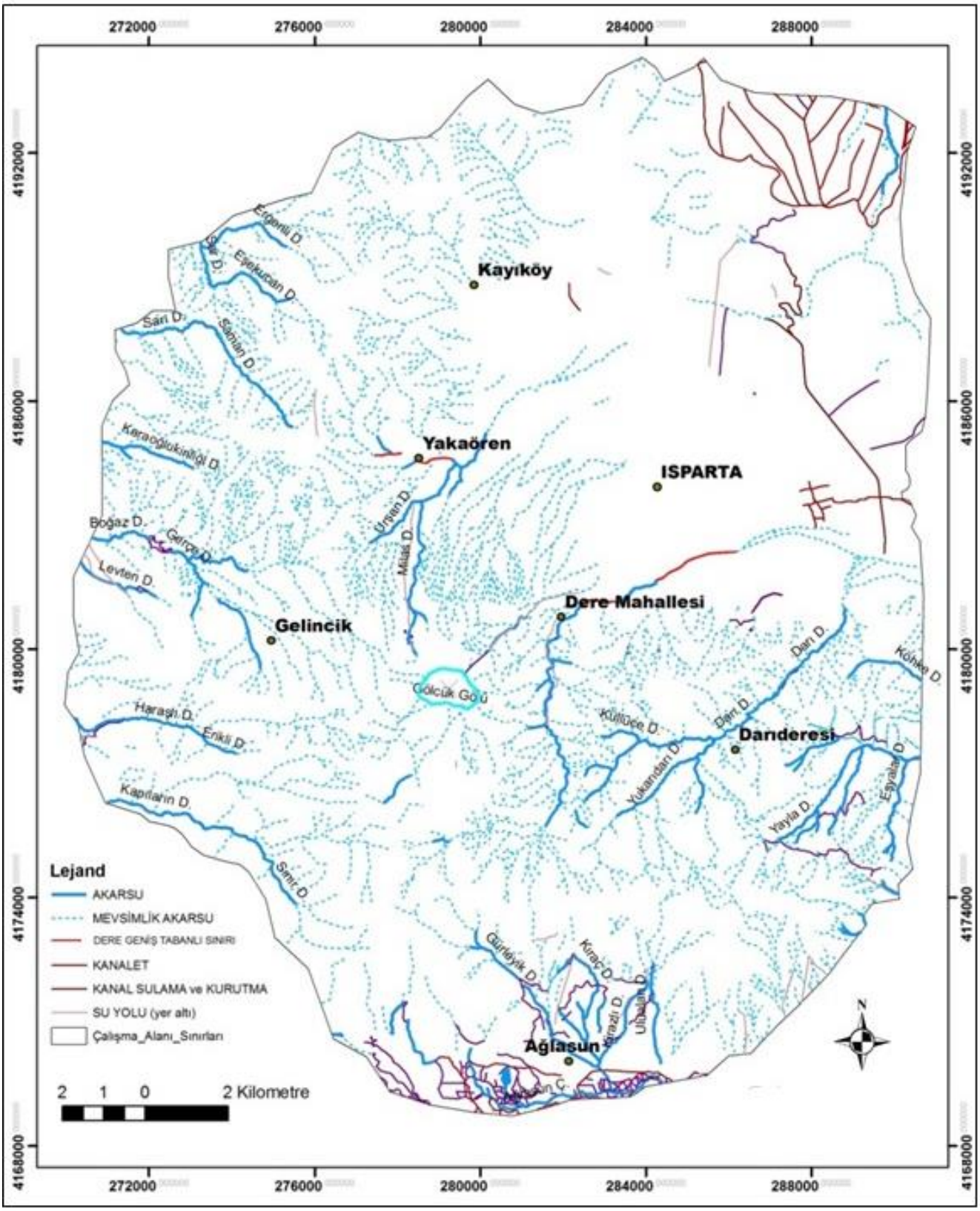
Bütün bu akarsularda, çalışma sahasındaki iklim koşullarından dolayı yaz aylarında debi azalmaktadır. Bu akarsulara karışan kollarda ise yaptığımız arazi çalışmalarında

yaptığımız gözlem ve ölçümlere göre Haziran ayından Eylül ayı sonlarına kadar yağışlı dönemler harcinde su akışı olmamaktadır. Isparta şehir merkezi güneyinden yine şehir merkezi güneydoğusuna doğru akan Minasın Çayı üzerinde yapılan uzun yıllar aylık ortalama debi takibine (Grafik 13) göre Haziran başlarından Eylül sonuna kadar su seviyesi O (sıfır) m^3 düzeyinde seyretmektedir. Ocak, Şubat, Mart ve Nisan aylarında yağışlardaki artışa bağlı olarak bölge akarsularında debi artmaktadır.



Grafik 13:DSİ 2013 verilerine göre Minasın Çayı üzerinde yapılan uzun yıllar aylık ortalama debi takibi grafiği (Web 2,)

Isparta Ovası'nda resmi kayıtlara göre 100 dolayında sondaj kuyusunun bulunduğu ve ovada kullanılabilir yeraltı suyu potansiyelinin 30,10 km³ olarak belirtilmiştir (Anonim, 2006; Akten, 2008). Yeraltı suyu derinliği büyük bölgesel değişiklikler göstermektedir. Bu değişikliğin 15 ile 90 m arasında gerçekleştiği ve yeraltı su seviyesinin yağışlarla yılda 4 m yükselirken, aşırı çekimlerle de düşebildiği görülmektedir. Ovada yeraltı suyu akımı genelde ovanın batısından doğuya hatta kuzeydoğu yönünde olduğu ve yeraltı suyunun kimyasal yapısının da bölgesel olarak değiştiği görülmektedir (Anonim, 2006; Akten, 2008)

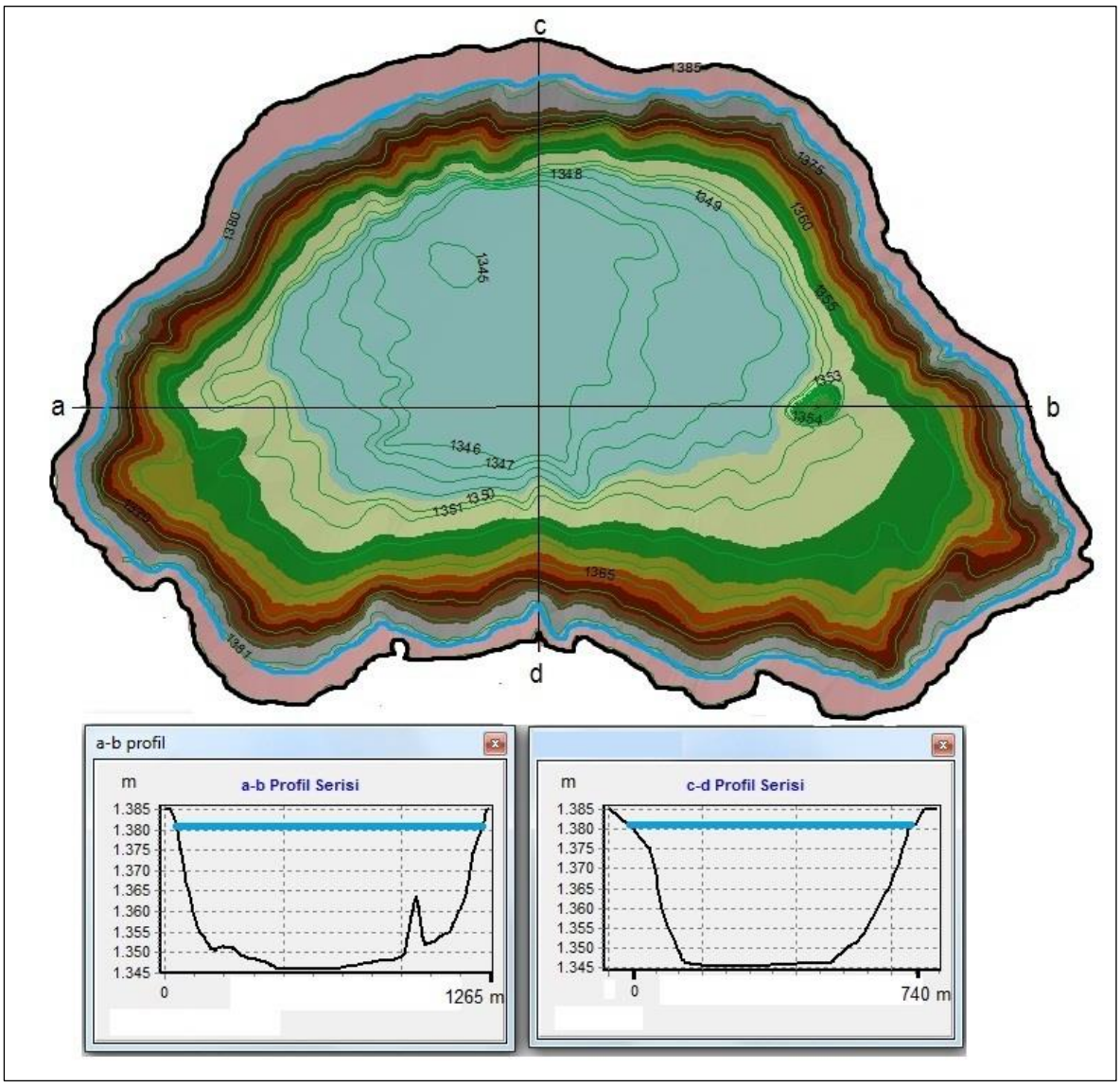


Şekil 27. Çalışma alanı drenaj şebekesi

1.1.2. Gölcük Gölü Genel Özellikleri

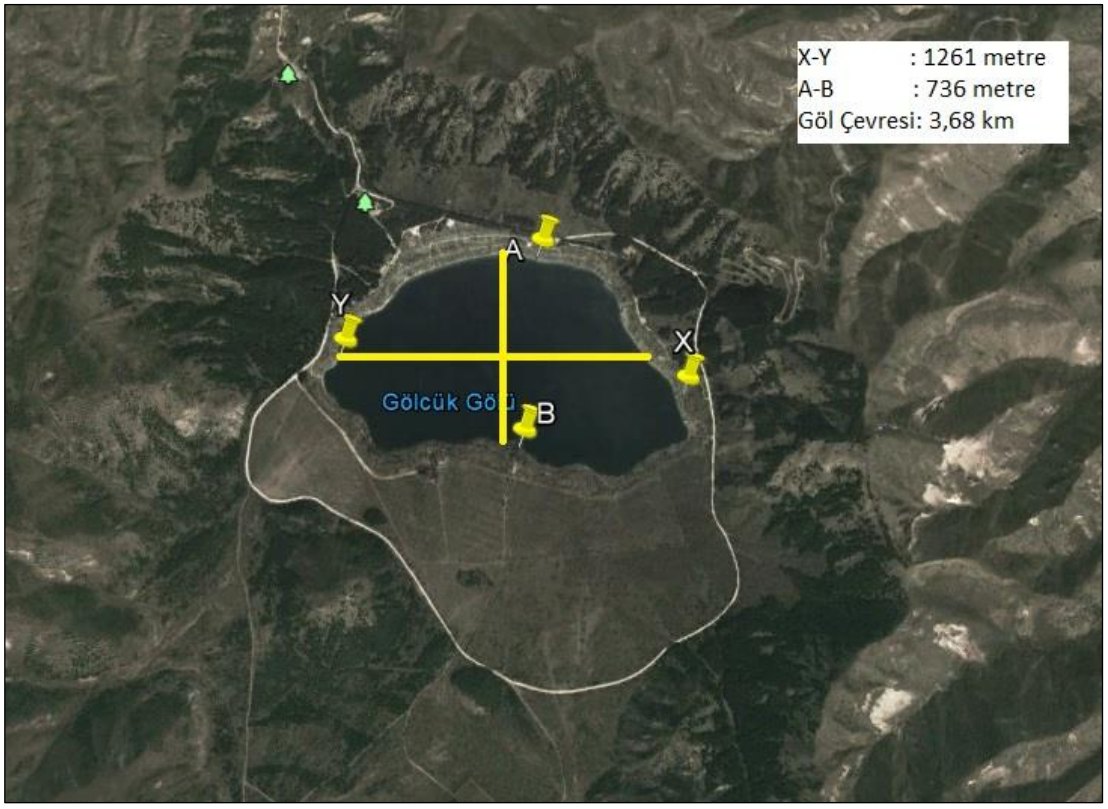
1.1.2.1.Batimetrik Özellikler

Gölcük Gölü, kalderanın en derin yerini oluşturmaktadır. Gölün batimetrik özelliğini gösteren güncel bir çalışmaya rastlanmamıştır. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilen batimetri haritası Aralık 1978'de üretilmiştir. Söz konusu haritada bulunan izobatların yeniden dijital ortamda çizilmesiyle göl batimetrik özelliklerini genel olarak ortaya koyabilecek bir şekil elde edilmiştir. Böylece gölün enine ve boyuna kesitinden profil serileri üretilmiştir (Şekil 28).



Şekil 28: Gölcük Gölü Batimetrisi ve Profil Serileri

1978 yılı batimetrik verilerine göre göl suyu seviyesi 1381,5 m. Olarak tespit edilmiştir. Gölün en derin kısmı ise 1345,5 m olarak ölçülmüştür. Buna göre gölün maksimum derinliği 36 m olduğu söylenebilir (Şekil 29). 27 Temmuz 2011 Google Earth uydu görüntüsüne göre Gölcük gölü, kuzey-güney istikametinde 736 m, doğu-batı istikametinde 1261 m çevresi ise 3680 m.olarak ölçülmüştür (Şekil 32).



Şekil 29: Gölcük gölü çevresel ölçüler

1.1.2.2.Göl Suyunun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Demer ve arkadaşları (2010) tarafından yapılan çalışma sonuçlarına göre (Tablo 20, 21); Gölcük Gölü ve yakındaki Milas kaynak suyundaki SO_4 değerleri 20,16 mg/l, 25,53 mg/l gibi yüksek değerler şeklinde ölçülmüştür. Bu SO_4 değerleri, yakın çevredeki diğer su kaynaklarında ölçülen SO_4 değerlerinden yüksektir. Gölcük Gölü'nde Flor oranı 2,10 mg/l gibi oldukça yüksek miktar olarak ölçülmüştür. Buna karşılık Mg değerleri 2,82mg/l ile 3,14mg/l gibi düşük miktarlar olarak ölçülmüştür. Gölcük ve Milas su kaynakları Ca-HCO3 olarak isimlendirilmiştir.

Göl sularının kimyasal özellikleri dikkate alındığında; kapalı havza özelliği, litolojik birimler, beslenme kaynakları, klimatik özellikler gibi hususların etkisinden bahsedilebilir. Gölcük Gölü suları yüksek oranda florür içermektedir. Evvelden sularını Gölcük Gölü'nden sağlayan Isparta sularındaki yüksek florürün kaynağı olarak, Gölcük volkanik kayaçlardaki apatit, piroksen, hornblend, biotit, sfen, florit, camsı hamur gibi mineraller gösterilebilir (Pekdeğer vd., 1990; Pekdeğer vd., 1992). Sulardaki bu kimyasal özelliğin nedeni göl ve beslenme alanındaki litolojik birimlerdir.

Gölcük Gölü ve drenaj alanının bulunduğu yeraltısularında 6 mg/l'ye kadar flor değerleri ölçülmüştür. Yeraltı sularında var olan bu derece yüksek flor değerleri yörede yaşayan insanlar için önemli bir sağlık sorunu oluşturmaktadır. Bunun ilk sonucu insan dişlerine zarar vermekle olmaktadır (Özgür vd., 1991) . Gölcük gölü 1995'e kadar Isparta şehrinin su kaynaklarından biri olmuştur. Artan su ihtiyacından dolayı bu tarihten sonra Eğirdir gölü suları da kullanılmaya başlanmıştır. Isparta'nın içme suyu ihtiyacı şehir çevresindeki bazı su kaynakları tarafından da karşılanmaktadır. Tercih edilen yöntem farklı kaynaklardan gelen suların karıştırılması şeklindedir. Karıştırılmış sular şehrin değişik bölgelerine taşınmaktadır (Isparta Belediyesi 2001).

Tablo 18: Gölcük Gölü ve Milas su kaynaklarının kimyasal değerleri (Demer vd., 2010)

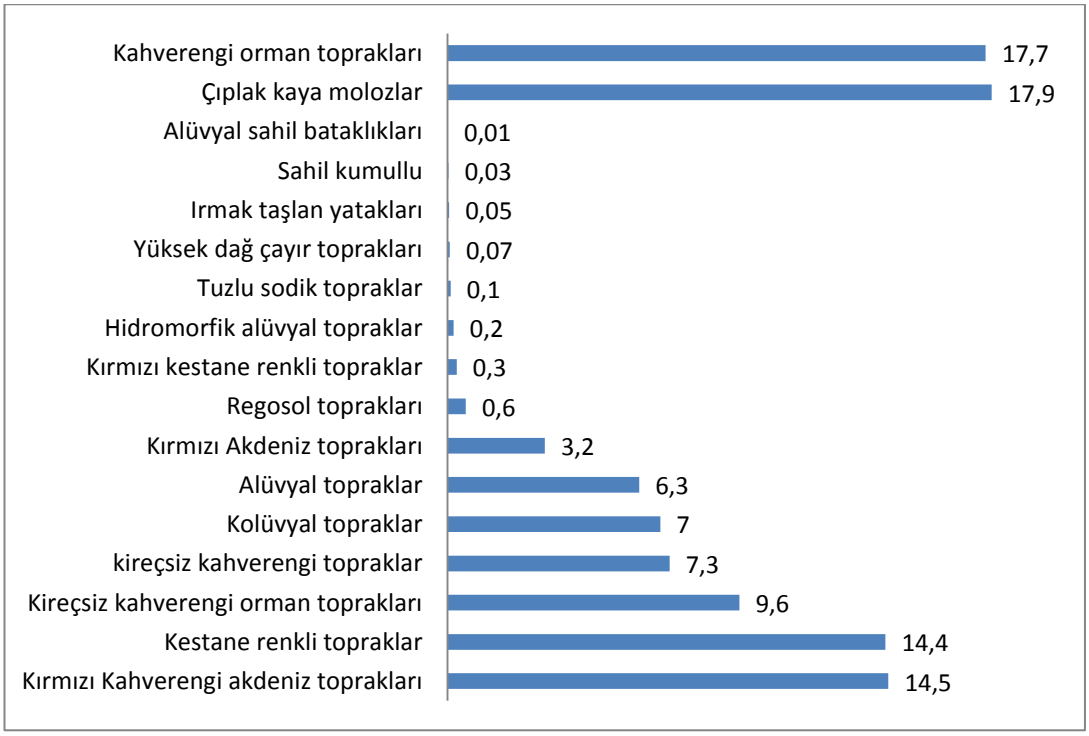
Number	Location	Ca^{2+} (mg/l)	Na^{+} (mg/l)	K^{+} (mg/l)	Mg^{2+} (mg/l)	Cu (ppb)	Zn (ppb)	Pb (ppb)	Cl^{-} (mg/l)	NO_3^{-} (mg/l)	SO_4^{2-} (mg/l)	NO_2^{-} (mg/l)	PO_4^{2-} (mg/l)	HCO_3^{-} (mg/l)	F^{-} (mg/l)	Water type
31	Sermet	19.79	8.49	3.15	30.62	3.0	34.0	9.0	8.91	0.26	12.04	<0.01	<0.01	207.4	0.22	Mg-Ca-HCO3
32	Karaağaç	19.86	8.78	3.30	31.15	14.0	58.0	7.0	8.47	0.28	11.91	<0.01	<0.01	219.6	0.19	Mg-Ca-HCO3
33	Kepeci	21.52	9.25	3.37	32.94	3.0	26.0	6.0	8.49	0.29	11.91	<0.01	<0.01	219.6	0.18	Mg-Ca-HCO3
34	Gazi Kemal	20.35	9.10	3.31	32.88	28.0	23.0	5.0	8.89	0.20	12.46	<0.01	<0.01	231.8	0.18	Mg-Ca-HCO3
35	Davraz	16.93	7.48	2.90	26.17	5.0	31.0	6.0	8.75	0.30	11.61	<0.01	<0.01	207.4	0.23	Mg-Ca-HCO3
36	Vatan	19.05	8.50	3.12	29.89	11.0	58.0	7.0	9.24	0.18	12.18	<0.01	<0.01	237.9	0.20	Mg-Ca-HCO3
37	Gülevler	19.94	9.35	3.42	34.37	5.0	83.0	5.0	8.86	0.18	12.00	<0.01	<0.01	237.9	0.18	Mg-Ca-HCO3
38	Ayazmana	17.52	8.51	3.09	30.06	5.0	71.0	6.0	9.09	0.20	11.92	<0.01	<0.01	231.8	0.18	Mg-Ca-HCO3
39	Halıkent	17.82	8.37	3.09	30.18	6.0	76.0	5.0	9.25	0.15	12.50	<0.01	<0.01	225.7	0.18	Mg-Ca-HCO3
40	Ayazmana spring	32.10	5.86	2.03	5.72	<1.0	2.0	4.0	4.48	5.23	10.28	<0.01	<0.01	128.1	0.21	Ca-HCO3
41	H. Sultan	17.63	8.53	3.11	30.55	5.0	25.0	4.0	9.25	0.17	12.02	<0.01	<0.01	219.6	0.20	Mg-Ca-HCO3
42	Anadolu	21.57	8.20	3.19	27.41	10.0	30.0	10.0	7.61	0.44	10.90	<0.01	<0.01	207.4	0.23	Mg-Ca-HCO3
43	Modernevler	21.34	8.38	3.13	26.97	5.0	15.0	6.0	7.47	0.40	10.90	<0.01	<0.01	225.7	0.21	Mg-Ca-HCO3
44	Sanayi	22.01	8.75	4.70	28.20	6.0	69.0	8.0	10.09	0.40	11.01	<0.01	<0.01	225.7	0.36	Mg-Ca-HCO3
45	Milas spring	45.68	9.47	4.70	2.82	<1.0	15.0	7.0	2.61	4.24	25.53	<0.01	<0.01	158.6	1.70	Ca-HCO3
46	Gölcük Lake	29.69	11.31	7.32	3.14	1.0	1.0	6.0	3.86	<0.01	20.16	<0.01	<0.01	109.8	2.10	Ca-HCO3
47	Andık*	15.60	13.90	8.01	2.80	-	-	-	11.50	-	18.70	-	-	79.4	4.10	Ca-Na-HCO3
48	Eğirdir Lake**	41.60	11.50	2.98	22.80	-	-	-	10.60	-	17.30	-	-	195.0	0.20	Ca-Mg-HCO3

Tablo 19: Yerinde analizle elde dilen sonuçlar (Demer ve diğ., 2010'dan alınmıştır.)

Number	Location	T (°C)	pH	EC (µS/cm)	O_2 (mg/l)	TDS (mg/l)	Total hardness (°f)
1	Milas Spring	11,1	7,56	348	5,90	179	18,0
2	Gölcük Lake	21,0	8,13	248	6,70	126	10,8
3	Andık*	10,8	7,70	235	-	-	-

1.2. TOPRAK ÖZELLİKLERİ ve BÜYÜK TOPRAK GRUPLARI

Çalışma sahasında toprak özellikleri ve büyük toprak gruplarının dağılımı verileri bakımından T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün "Isparta İli Arazi Varlığı (994) " yayınından faydalanılmıştır. Bu çalışmaya göre Isparta ili genelinde toprakların genel dağılım oranları şu şekildedir: Kahverengi orman toprakları %34,7 Kırmızı Kahverengi Akdeniz toprakları %19 Kestane renkli topraklar %14,4 Kolüvyal topraklar % 7,1 Alüvyal topraklar %6,1 Regosol toprakları %0,6 Tuzlu sodik topraklar %0,1 Yüksek dağ çayır toprakları % 0,1 Çıplak kaya molozlar %17,9 (Grafik 11).

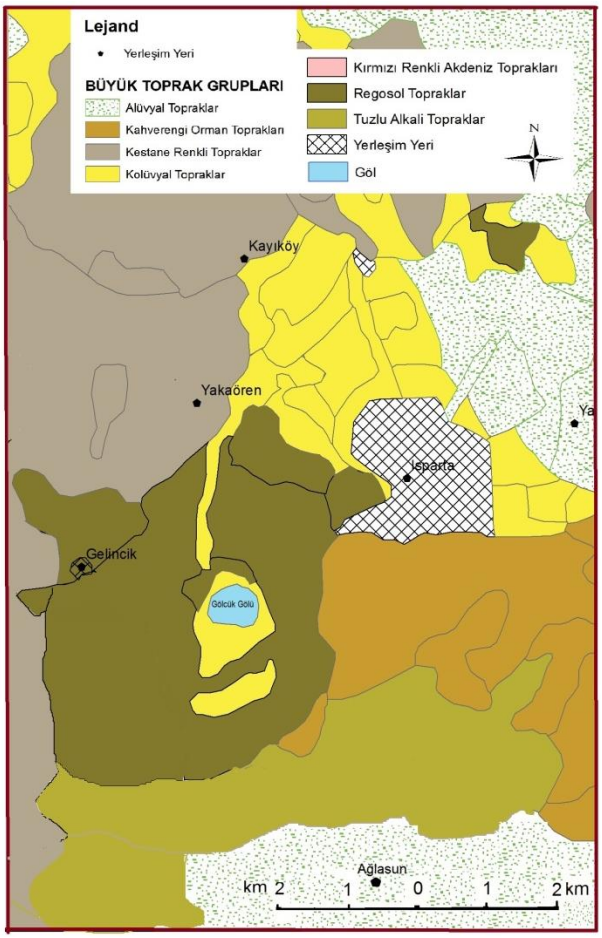


Grafik 14: Çalışma Sahası Toprak Dağılım Oranları

Gölcük volkanizması ve gaz çıkışının 1.dereceden tesiri altında olabilecek bölgede ise Kahverengi orman toprakları, Kestane renkli topraklar, Alüvyal topraklar, Regosol topraklar ve Kolüvyal topraklar en fazla görülen büyük toprak gruplarını oluştururlar (Şekil 33).

Kahverengi orman topraklarının derinliği sığ ve çok sığdır. Taşlılık kayalık ve erozyon bu topraklarda önemli problemdir. Kireçsiz kahverengi orman toprakları

yoğun yağış altında uzun zaman içinde profilden anlaşılacağı üzere yıkanmıştır. Kireçtaşı üzerinde oluşmasına rağmen kireç köpürmez. Kestane renkli topraklarda yağış oranı daha fazla olduğundan profilde kireç birikimi daha derinde olur. Bu toprakların üzerinde değişik boylarda otlar ve çalılar ile seyrek ağaçlar gelişmiştir. Kırmızı Akdeniz topraklarında toprak üst kısmı organik maddece fakir olup, muhtelif derinliklere sahip toprak grubudur. Üzerlerinde değişik tür otlar, maki ve çeşitli ağaçlar barınmaktadır. Regosol topraklar; derin pekişmemiş mineral depozitler üzerindeki genç topraklardır. Litosollerden taşsız olmalarıyla ayrılırlar. A ve C horizonları oluşmuştur. A horizonu esas olarak mineraldir, zayıf oluşumludur, kaba bünyelidir ve sığ veya orta derindir. A ile C horizonu arasında belirli bir geçiş bulunmaz. Üzerinde seyrek ot, ağaç, ağaççık ve çalılar gelişmiştir. Ana malzemesi volkanik tüf ve küllerdir (Isparta İli Arazi Varlığı, 1994).



Şekil 30: Çalışma sahası ve yakın çevresinde büyük toprak grupları (Isparta İli Arazi Varlığı, 1994'ten yeniden çizilerek üretilmiştir).

Çalışma sahasında özellikle Gölcük kalderası içerisinde erozyonla mücadele amaçlı faaliyetler yürütülmüştür (Foto 7, 8). Gevşek volkanik tüf ve pomzalardan oluşan bölgelerde özellikle sellenmeler ile toprak kayıpları fazla olmaktadır. RESİM Bölgede olabilecek ani ve yüksek oranda yağışlar veya kaldera duvarının çökmesine yol açabilecek patlama ile lahar akmaları ve erozyona uğrayan toprakların akarsuya katılmaları tehlike şiddetini arttıracaktır.

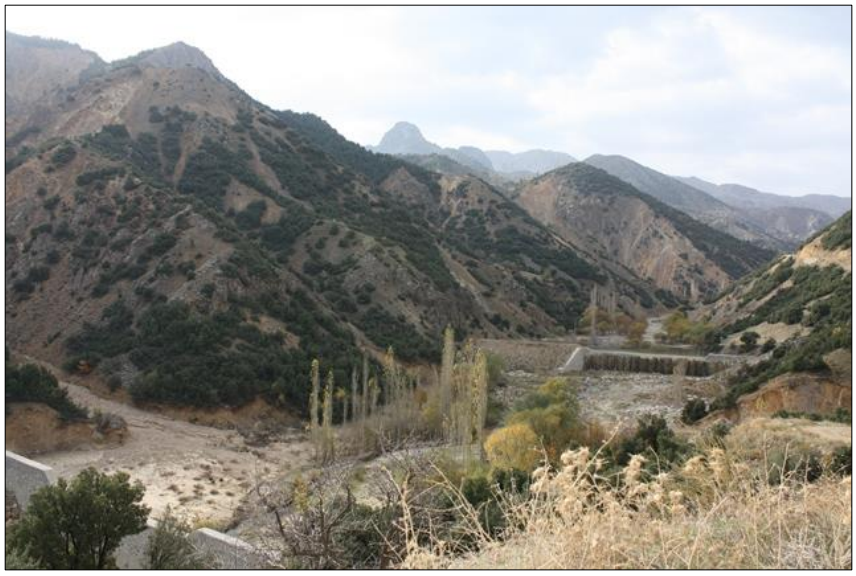


Foto 7: Darıderesi Barajı'nın aşınımla gelen materyal ile dolmasını engellemek için inşa edilmiş bentler

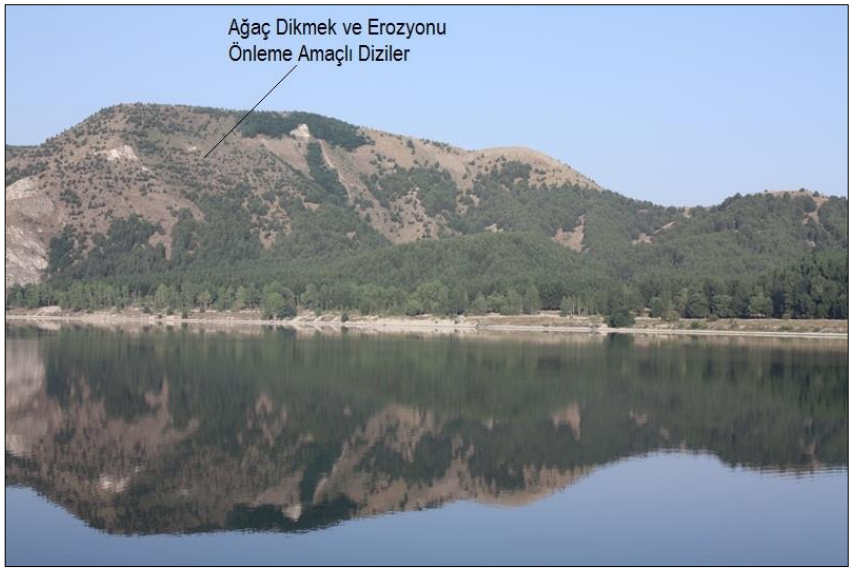


Foto 8: Gölcük Kalderası içinde ve çevresinde erozyon ile mücadele ve ağaçlandırma çalışmaları yapılmaktadır.

1.3. BİTKİ ÖRTÜSÜ

Çalışma sahasında kurakçıl bitkiler, çalılıklar ve ormanlık alanlar ile mera alanları gözlenir. Kaldera içinde ve yakın çevresinde yoğun bitki örtüsü izlenmektedir (Foto 9; Şekil 31). Gölcük volkanizması ve yakınlarındaki arazide bitki örtüsü miktarını belirlemek amacıyla çalışmamızda NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) değerleri kullanılmıştır. Bitki örtüsünün yeşillilik miktarına göre oluşturulan NDVI indisi ARC GIS 10 yazılım sürümündeki Raster Analyse komutu kullanılarak Landsat ETM uydu-2002 görüntüsünden 7,4,3 ve 5,4,3 bantlarının kombinasyonundan elde edilmiştir (Şekil 31). NDVI, yakın kızılötesi ve kırmızı bandlarının fark ve toplamının oranlanmasıyla bulunur (Rouse vd., 1973). Ayrıca, güneşten ve bakış açısından kaynaklanan değişik aydınlanma özellikleri ve gölge etkisini önemli derece ortadan kaldırır (Sellers, 1985; Melesse ve Jordan 2003; Holben ve Frasher 1984;Schultz ve Engman, 2000;Sotomayor, 2002; Özdemir 2007).



Foto 9: Kaldera içinde çoğunluğu ağaçlardan oluşan bitki örtüsü

Bölgede ağaç formasyonu, çalı formasyonu ve ot formasyonu olmak üzere tüm bitki örtüsü formasyonları görülmektedir. Kaldera içinde en yaygın bitki formasyonunu ağaç formasyonu oluşturmaktadır.

İnceleme sahası bitkilerin yetişmesi evresi açısından uzun bir döneme sahiptir. Burdur 276 gün (8 Mart 8 Aralık) gibi uzun bir yetişme evresine sahipken Isparta kısmen biraz daha düşük olarak 261 gün (9 Mart- 24 Kasım) yetişme devresine sahiptir (Avcı, 1996 a) .

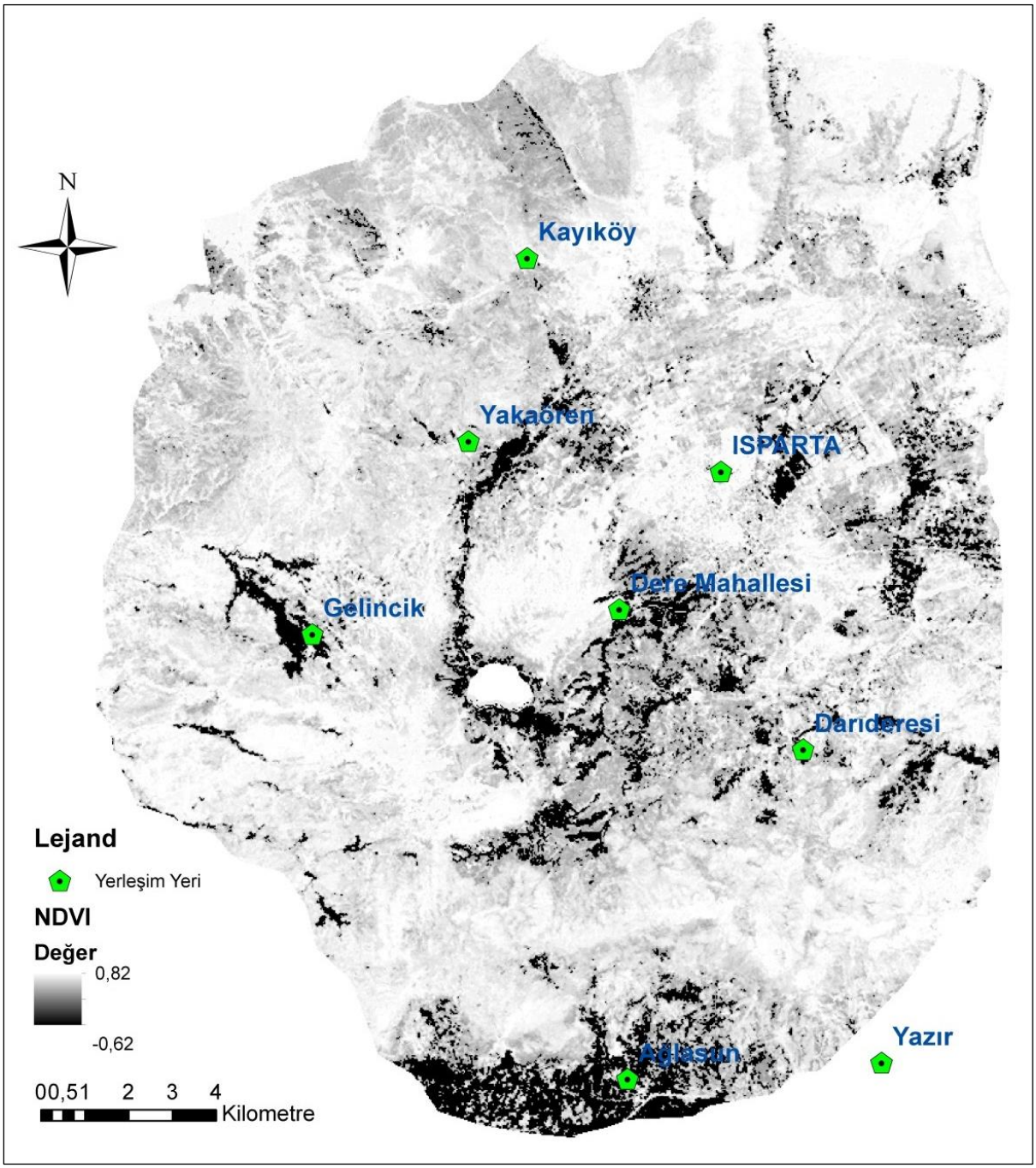
Yerleşme tarihi açısından çok eskilere inen bir sahanın doğal bitki örtüsünün, özellikle yerleşmeye son derece müsait olan alçak kesimlerinde bozulmadan gelebilceğini düşünmek imkânsızdır. İklim ve toprak şartları açısından ağaç yetişmesine müsait olan, tarih öncesinde ve sonrasında yerleşmeye açık olan bu sahaların ağaçtan mahrum olan doğal step sahaları olduklarını kabul etmek mümkün değildir. Bu durumda buraların antropojen step sahaları olduğu düşüncesi ağır basmaktadır (Avcı, 1996 b).

Çalışma sahasındaki ağaçların büyük çoğunluğu ise insan eliyle dikilmiştir. Gölcük Gölü çevresi ağaçlandırma çalışmaları 1956 yılında DSİ tarafından gölün taşınan materyal ile dolmasını önlemek amacıyla başlatılmıştır. Daha sonraki yıllarda ise ağaçlandırılan sahalar orman rejimine alınarak Orman Genel Müdürlüğü'nün kontrolüne bırakılmıştır. Ağaçlandırmalarda yaygın olarak kullanılan türler başlangıçta ağırlıklı olarak Beyaz Çiçekli Yalancı Akasya (Robinia pseudoacacia), Karaçam (Pinus nigra) olmakla birlikte sonraki yıllarda Toros Sediri (Cedrus libani) ile de büyük sahada ağaçlandırmalar yapılmıştır (Karatepe, vd, 2005).

Gölcük Gölü çevresinde yaygın odunsu türlerin bazıları, Sarıçam (Pinus Sylvestris), Karaçam (Pinus Nigra), Katran Ağacı (Juniperus Oxycedrus), Lübnan Sediri (Cedrus Libani), Kestane (Castanea Sativa Miller), Saplı Meşe (Quercus Robur), Kermes Meşesi (Quercus Coccifera), Akkavak (Populus Alba) Karakavak (Populus Nigra).

Karatepe ve arkadaşlarının (2005) yapmış oldukları çalışmaya göre dikimi yapılmış olan Toros sedirinin aynı iklim koşulları etkisindeki bölgede fakat farklı anakayalardan oluşmuş topraklarda gelişimi birbirinden farklı bulunmuştur. Bu sonuç anakayaların ve onlardan oluşan toprakların özelliklerinin farklı olması ile açıklanabilir.

Çalışma sahasına yapılan arazi çalışmalarında yaz aylarındaki kuraklığa bağlı olarak ot formasyonunda kurumalar olduğu görülmüştür.



Şekil 31:NDVI Değerlerine Göre Çalışma Sahsında Bitki Örtüsü Yoğunluğu

2. BÖLÜM: VOLKAN JEOMORFOLOJİSİ

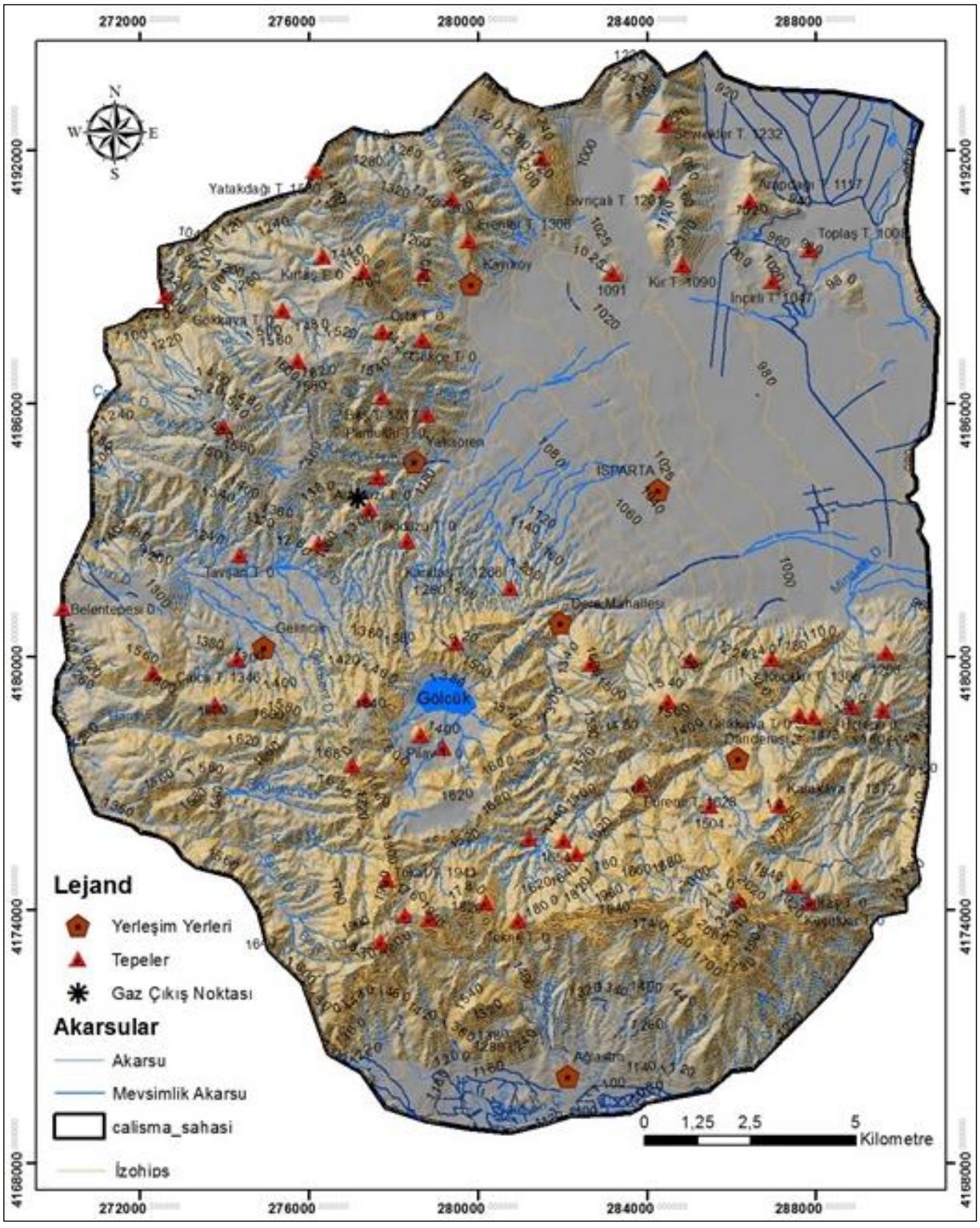
2.1. MORFOMETRİK ÖZELLİKLER ve RELİEF ANALİZLERİ

Yüzey şekillerine ilişkin parametrelerin sayısal olarak irdelenmesi ve bir takım bulgulara ulaşılmasına ilişkin çalışmalar morfometri olarak nitelendirilmektedir. Jeomorfolojik özelliklerin sayısal sistemlere dayanarak analiz edilmesi; araştırma sahasının genel jeomorfolojik karakteri ile volkanizmanın jeomorfolojik gelişiminin değerlendirilmesi konularında daha doğru neticelere ulaşmayı sağlayacaktır. Bu kapsamda; eş yükselti eğrilerinin analizi, drenaj özellikleri, profil analizleri, hipsometrik eğri ve hipsometrik integral, bakı özellikleri, eğim analizleri gibi çalışmalar yapılmıştır.

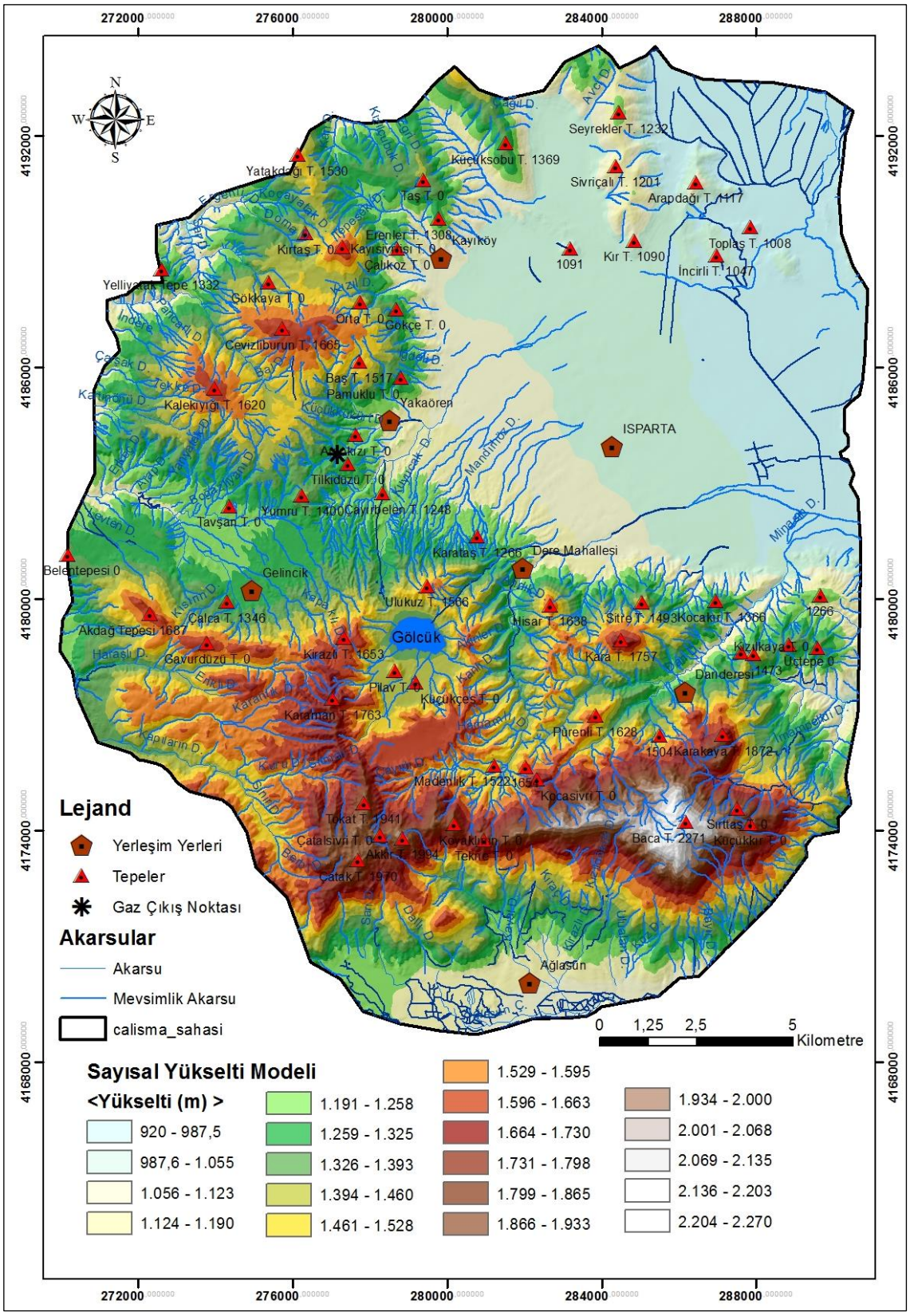
2.1.1. Eş Yükselti Analizleri

Çalışma sahasına 1/25 000 ölçekli topoğrafik harita izohipsleri 10'ar metre aralıklarla çizilerek sayısal topoğrafik harita (Şekil 32) elde edilmiştir. Bu topoğrafik harita ile çalışma sahasının, yükselti özellikleri hakkında bulgular elde edilmiştir. Topoğrafik görünümün daha iyi algılanabilmesi için ayrıca; ASTER uydu görüntüsünden elde edilen veriler yardımı ile DEM (Digital Elevation Model) diğer bir değişle Sayısal Yükselti Modeli oluşturulmuştur (Şekil 33). Oluşturulan DEM kullanılarak; volkanik morfolojik üniteler hakkında fikir verebilmesi için ayrıca çalışma sahası için Hillshade görüntüsü de oluşturulmuştur (Şekil 34).

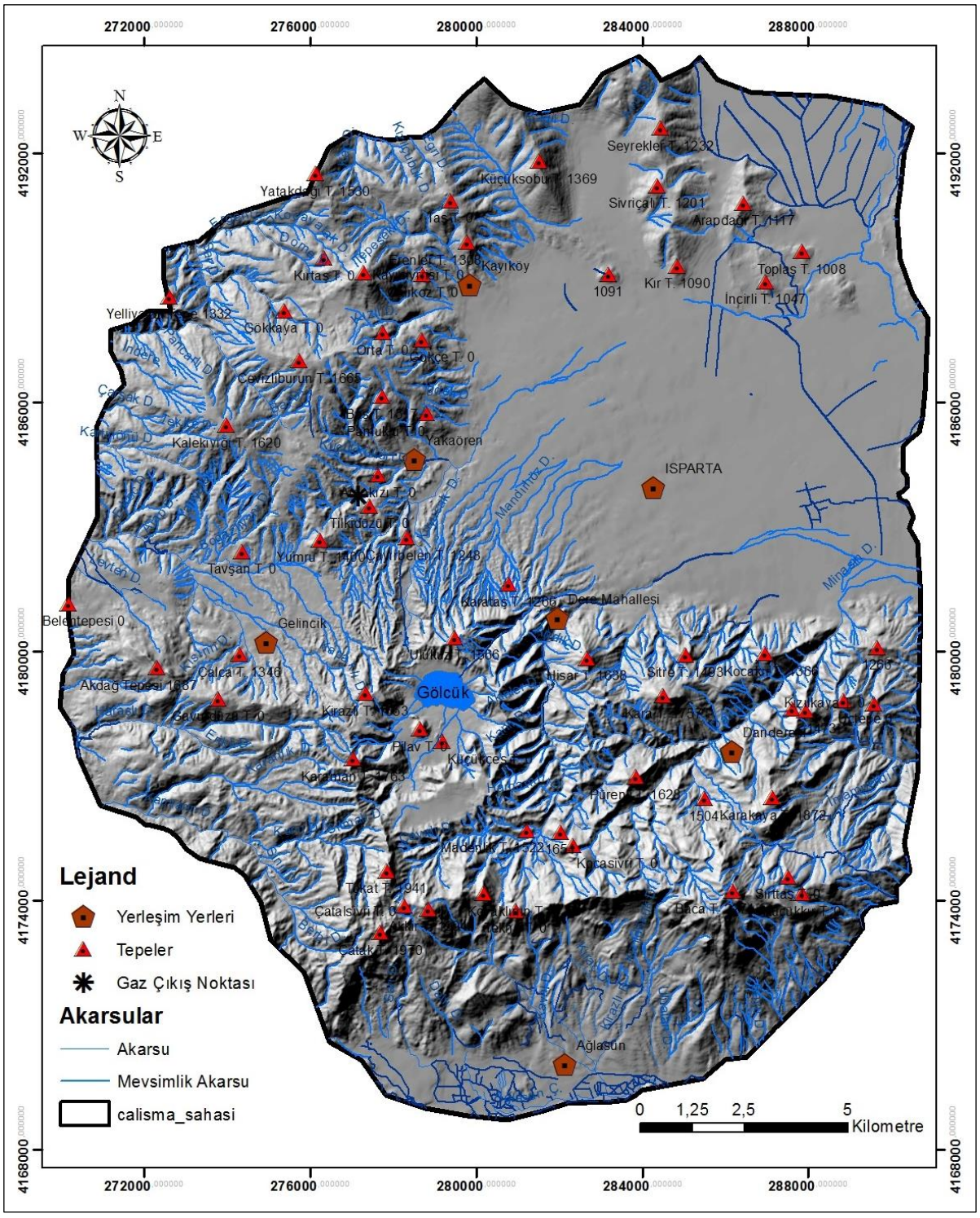
Hilshade görüntü topoğrafya haritası (Şekil 32) için altlık olarak da kullanılmıştır. Böylece jeomorfolojik üniteleri daha kolay ayırt etme imkanı elde edilmiştir. ArcMap yazılımı kullanılarak oluşturulan bu kantitatif haritalar ile vadi ve arazi profil serileri üretilmiştir. Ayrıca bu haritlar (Şekil 32, 33, 34) jeomorfoloji haritanın oluşturulmasında altlık olarak kullanılmıştır. Bu açıdan jeomorfoloji haritasının üretilmesinde önemli faydalar sağlamıştır. Üretilen sayısal topoğrafya haritası bu katkıların yanı sıra gaz dispersiyon modellemelerinde yükselti kademelerinin belirlenmesi ve topoğrafik etki analizinde de katkılar sağlamıştır. Özellikle yükselti ve mesafe analizlerinde risk haritası alt yapısında bu verilerden istifade edilmiştir.



Şekil 32: Gölcük (Isparta) Volkanı ve Yakın Çevresi Topoğrafya Haritası



Şekil 33: Gölcük (Isparta) Volkanı Sayısal Yükselti Modeli

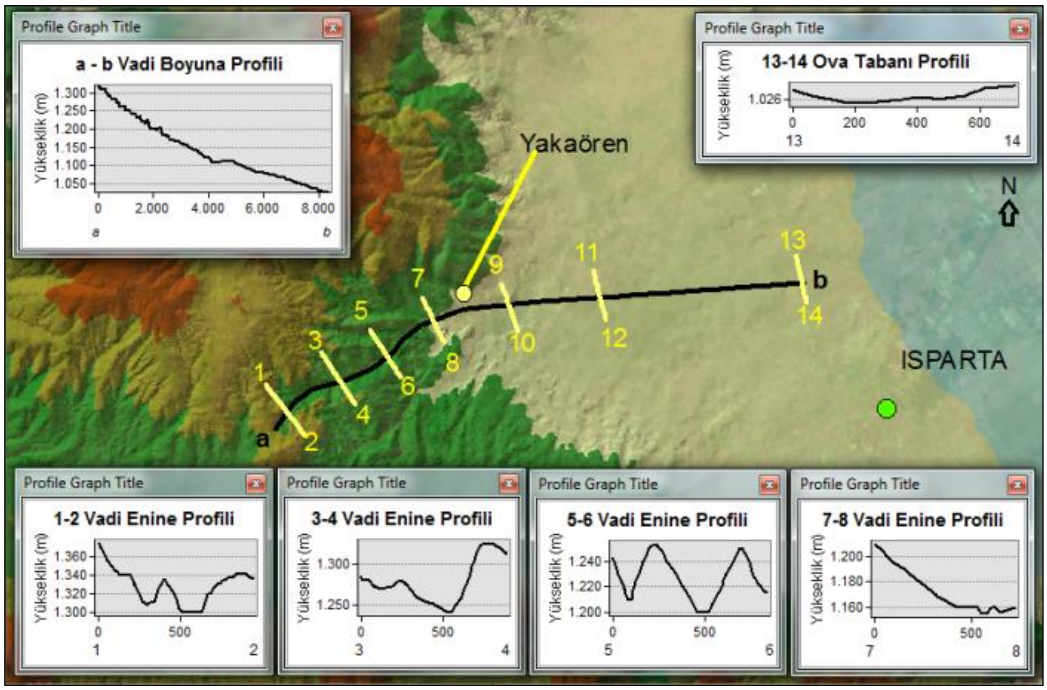


Şekil 34: Gölcük (Isparta) Volkanı ve Yakın Çevresi Hillshade

2.1.2. Profil Analizleri

2.1.2.1.Doğu-Batı Yönlü Profil Serileri Analizi

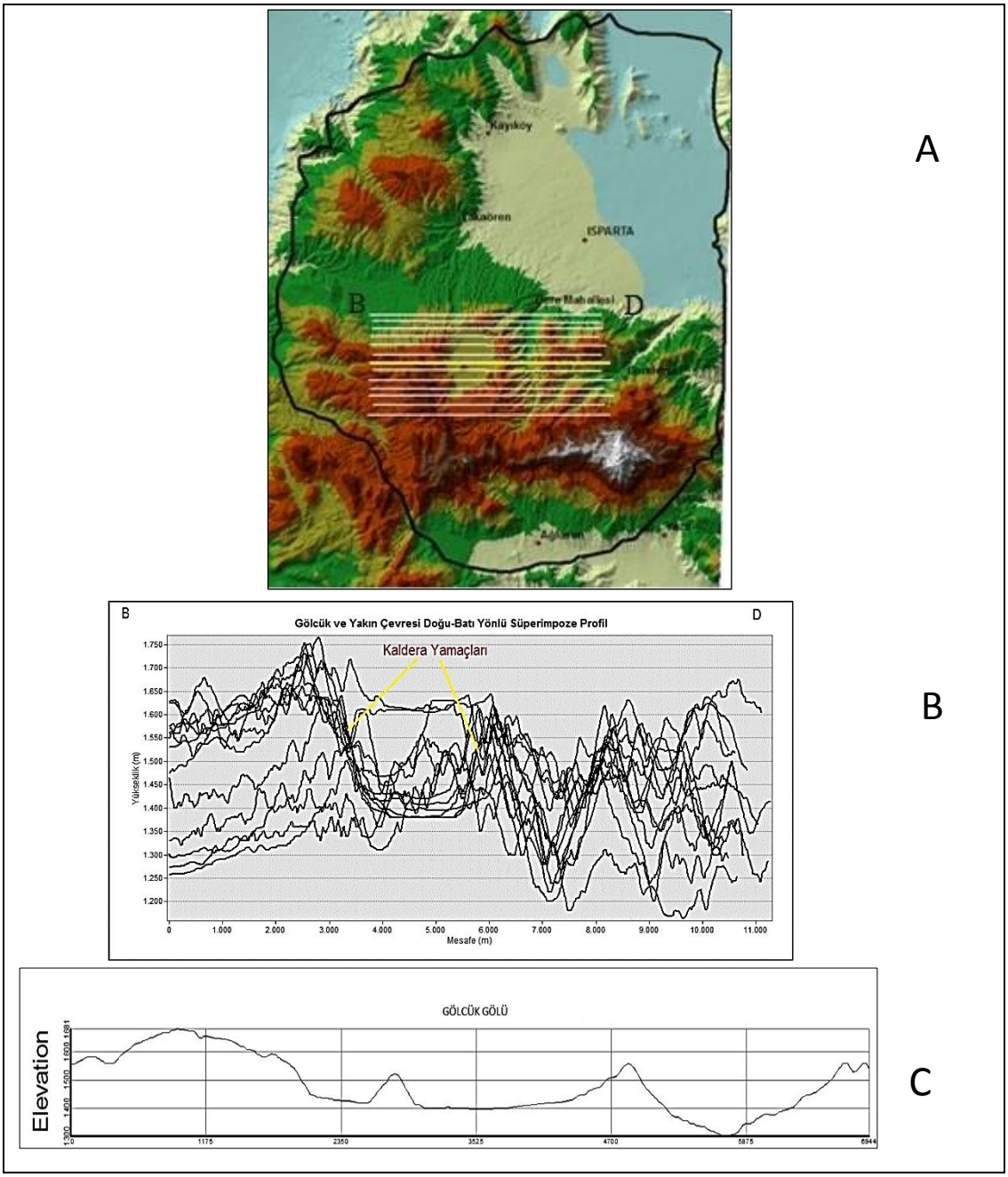
Topoğrafyanın değişik açılardan görüntüsünün değerlendirilmesine yarayan profil serileri sayesinde; Yakaören batısında bulunan ve gaz çıkışının geçekleştiği sondaj kuyusunun içinde yer aldığı Büyükkükürt vadisinin boyuna ve enine profilleri üretilmiştir (Şekil 35). Bu işlem sonucunda vadinin uzanış doğrultusu ve eğim özellikleri irdelenmiştir. Genç oluşum özelliği yansıtan bu vadinin gaz dağılışı üzerindeki tesirinin özellikle ana rüzgâr yönünün vadiye paralel olduğu dönemlerde Yakaören Köyü ve Isparta için önemli tehlikeler oluşturabileceği sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 35:Uyuz Pınarı mevkii Büyükkükürt vadisi (gaz çıkışının olduğu vadi) profil serileri

Profil serileri kullanılarak; Gölcük Kalderasının genel yapısı ve görüntüsünün yorumlanması imkanı elde edilmiştir. Kalderayı doğu-batı doğrultusunda kat eden profil hatlarına (Şekil 36 A) ait görünüm (Şekil 36 B) ortaya çıkarılmıştır. Kaldera içindeki Pliav Tepeyi merkez alacak şekilde doğu batı yönlü bir profil serisi geçirilerek kalderanın genel görünüm ortaya çıkarılmıştır (Şekil 36 C). Kaldera tabanının sahip olduğu morfolojik görünüm ile kaldera çevresindeki genç oluşumlu

vadilerin eğim özellikleri ve jeomorfolojik özellikleri konusunda sonuçlara ulaşılmıştır. Kaldera yamaç ve tabanı ayırt edilmiş, kaldera kenarlarındaki korniş ve diklikler jeomorfoloji haritasına yansıtılmıştır.



Şekil 36: Gölcük kalderasının doğu-batı profil serileri (A: Kalderanın doğu-batı yönlü profil hatları, B: Kalderanın doğu-batı yönlü profil hatlarından elde edilen Süperimpoze profil serileri, C:Kaldera içindeki Pilav tepe mekez alınarak çizilmiş doğu-batı profil hattına ait profi görüntüsü

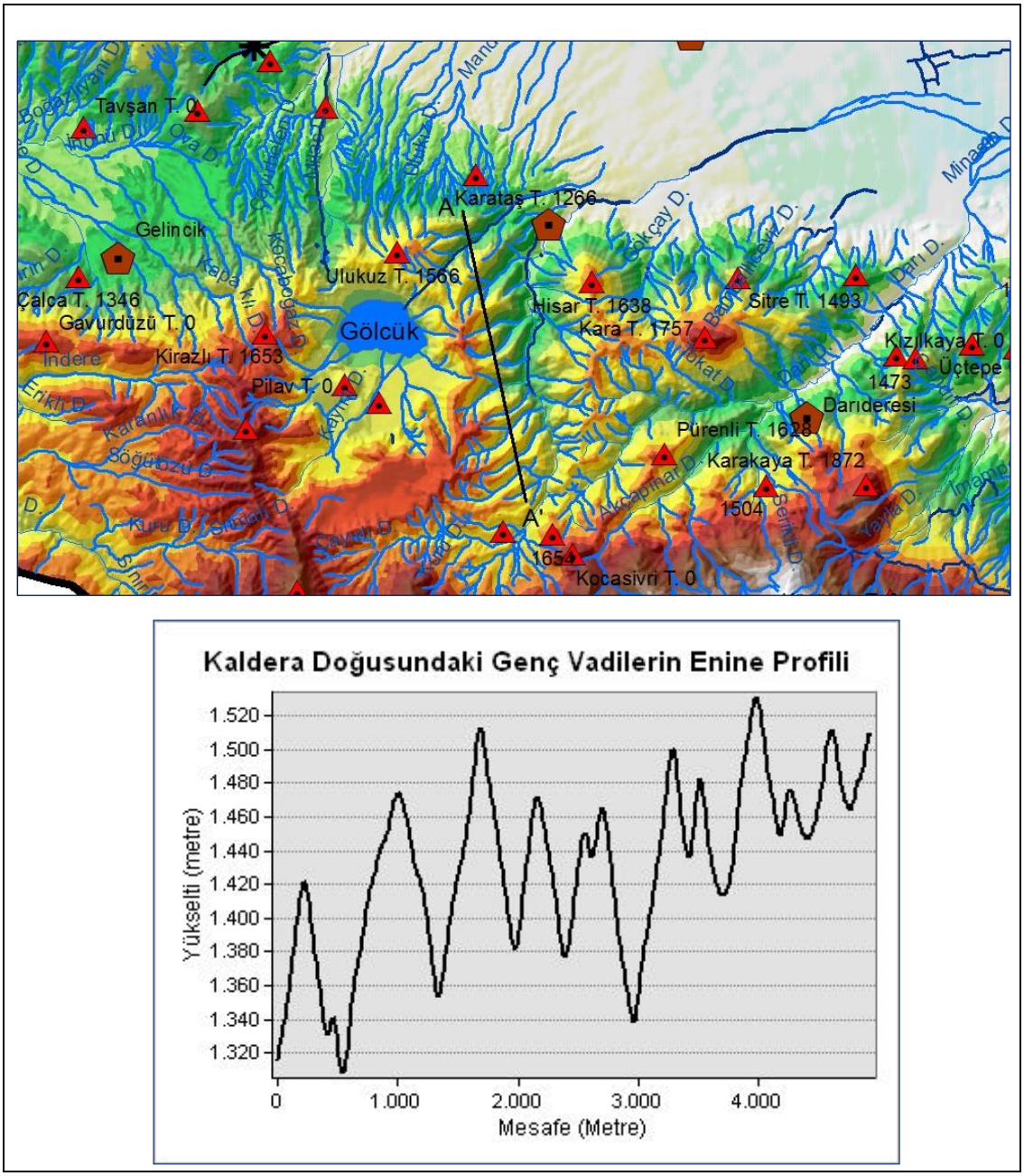
2.1.2.2.Kuzey-Güney Yönlü Profil Serileri Analizi

Gölcük Kalderasının dışında doğu kesiminde çok sayıda vadi tarafından yarılmış bulunan bir bölge bulunmaktadır. Bu vadiler volkanik tüf, pomza ve piroklastik materyal ile trakiandezitler içinde açılmıştır. Bu kesimin genel jeomorfolojik görüntüsünün ortaya çıkarılması için profil serileri üretilmiştir (Şekil 37). Bu vadilerin profil serilerinin özelliklerinden dolayı oluşumlarının gençlik evresinde oldukları neticesine ulaşılmıştır. Dere vadisi için çıkarılmış olan enine profil serilerinden (Şekil 38) vadinin çok dik yamaçlara sahip olduğu anlaşılmıştır. Dere vadisi için hazırlanmış olan boyuna profil dikkate alındığında (Şekil 38), bu vadinin oluşumunun gençlik aşamasında olduğu anlaşılmaktadır.

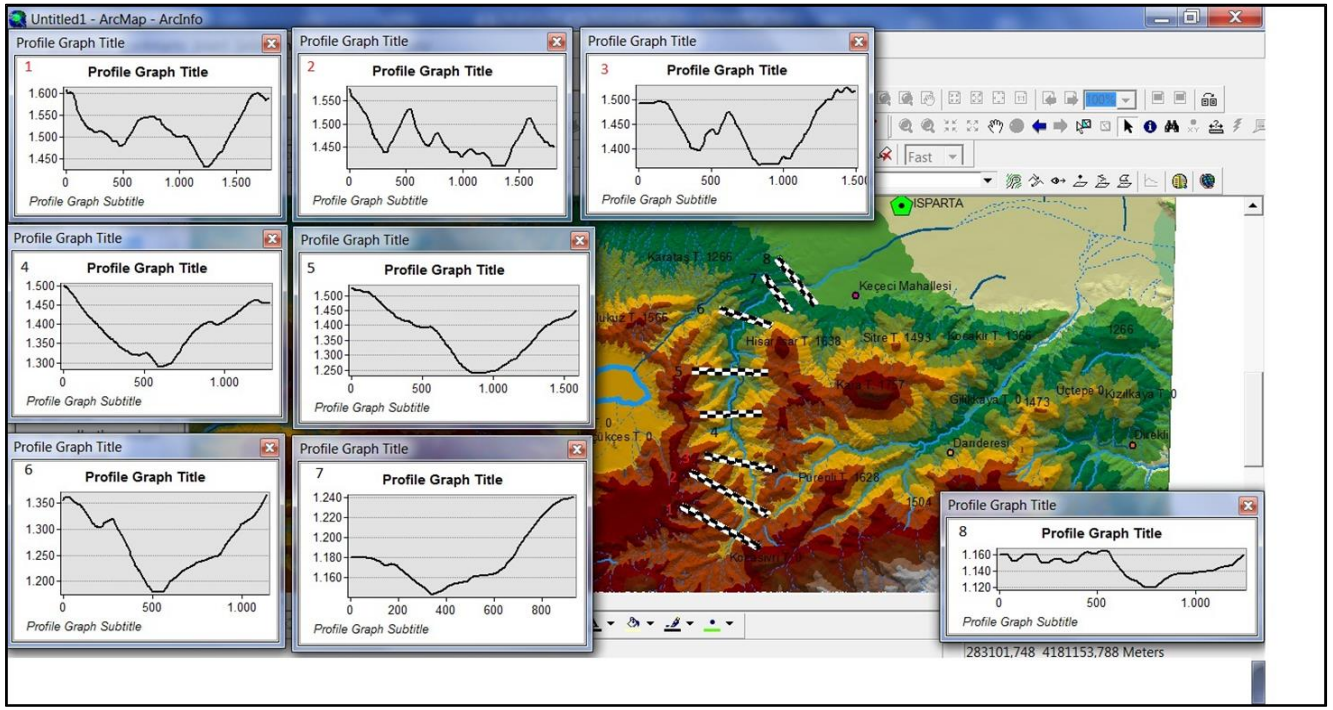
Darıderesi vadisi, çalışma sahası doğu kesiminde yer alan genel olarak güneybatıdan kuzeydoğuya doğru uzanan bir akarsu vadisidir (Şekil 39). Darıderesi vadisi için hazırlanan enine profil serilerinden alaşılacağı üzere; yamaçlar dik bir görüntü sunmaktadır. Dere vadisinde olduğu gibi bu vadide de içbükey profil henüz tam olarak gelişmemistir. Darıderesi vadisi de oluşumun gençlik safhasındadır.

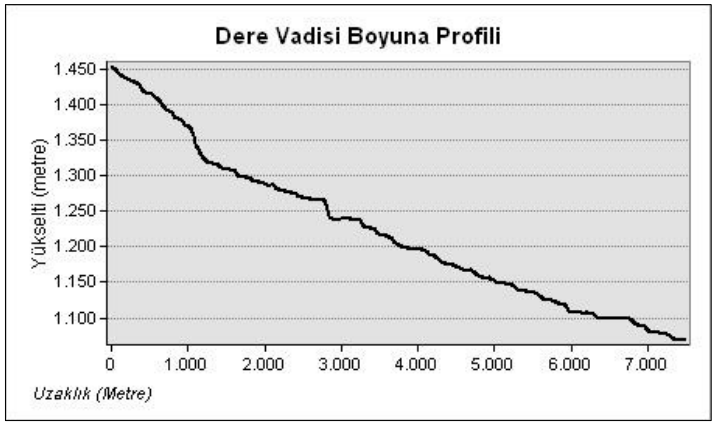
Profil serileri ile ilgili üretilen şekiller (Şekil 35, 36, 37, 38, 39) değerlendirildiğinde; volkanın çevresindeki vadilerin aşınımın gençlik safhasında olduğu görülmüştür. Vadilerin aşınımın gençlik safhasında olmaları, ışınal drenaj şebekesinin henüz bozulmamış olması gibi nedenlerden dolayı volkanizmanın günümüze yakın dönemlerde faal olmuş olduğu akla gelmektedir.

Gölcük Kalderasının güneyinde bulunan Pürenliova için çıkarılan profil serilerinden (Şekil 40) ova şekline sahip olan bu morfolojik ünitenin etrafının yüksek merkeze doğru çok az eğimle alçalmanın olduğu izlenmiştir. Arazi çalışmalarından da edinilen bulgulara göre buranın eski bir kaldera tabanı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

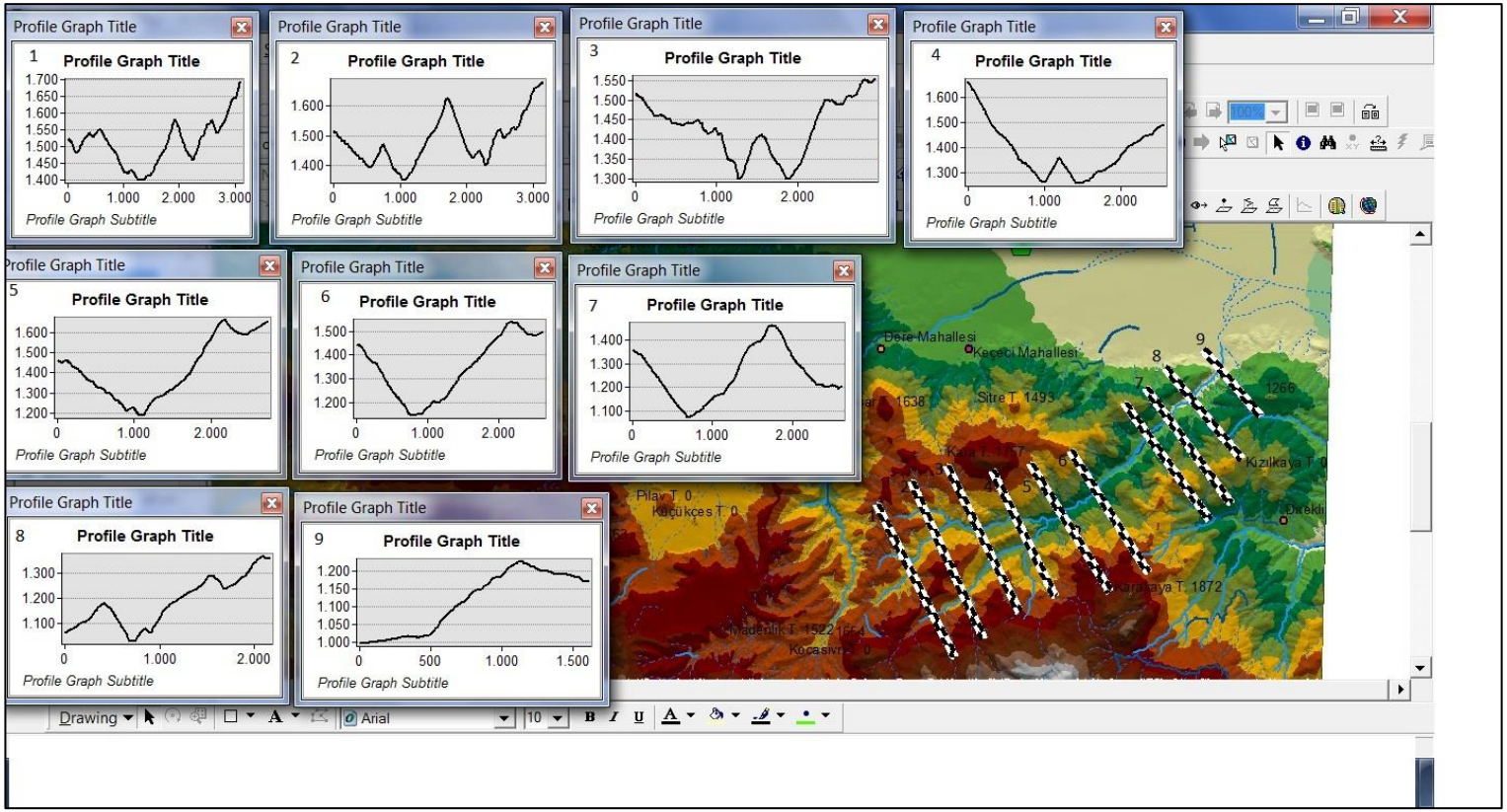


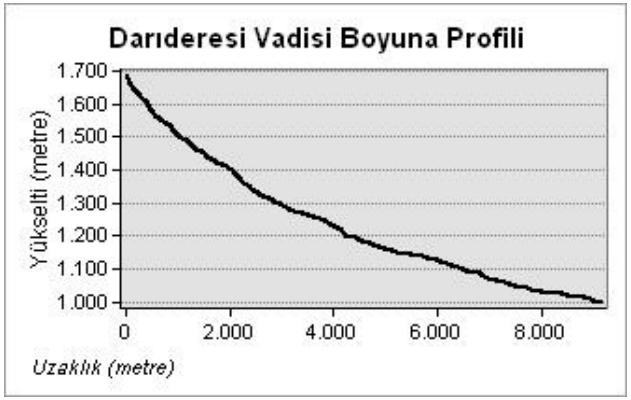
Şekil 37:Kaldera doğusu vadilerin enine profili



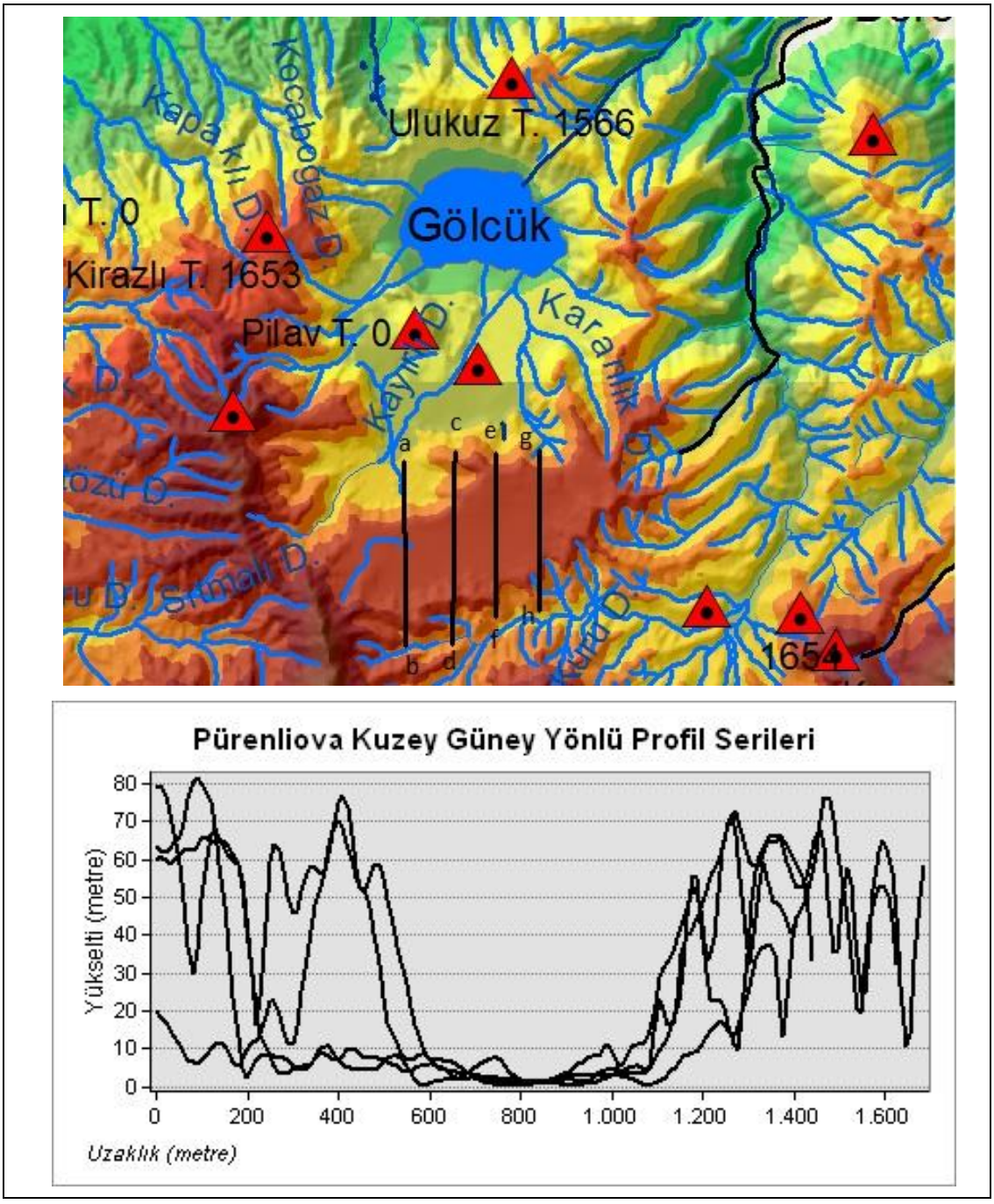


Şekil 38:Dere vadisi enine ve boyuna profilleri





Şekil 39:Darıderesi vadisinin enine ve boyuna profilleri



Şekil 40: Pürenliova kuzey güney yönlü profil serileri

2.1.3. Bakı Özellikleri

Bakı, güneşlenme süresi ve güneşlenme şiddetini etkileyerek, o yamacın güneşten aldığı solar radyasyon miktarı üzerinde belirleyici olan jeomorfolojik özelliklerden biridir (Turoğlu, 2011)

Çalışma sahasının bakı özellikleri en başta güneş radyasyonunu dolayısıyla ısınma koşullarını etkilemektedir. Çalışma sahası kuzey yarımkürede yer almasından dolayı genel olarak güneye bakan yamaçlar, kuzeye bakan yamaçlara göre daha fazla güneş radyasyonunu alırlar. Bunun sonucunda güney yamaçlar kuzey yamaçlara göre daha fazla ısınmaktadır (Erol, 2004).

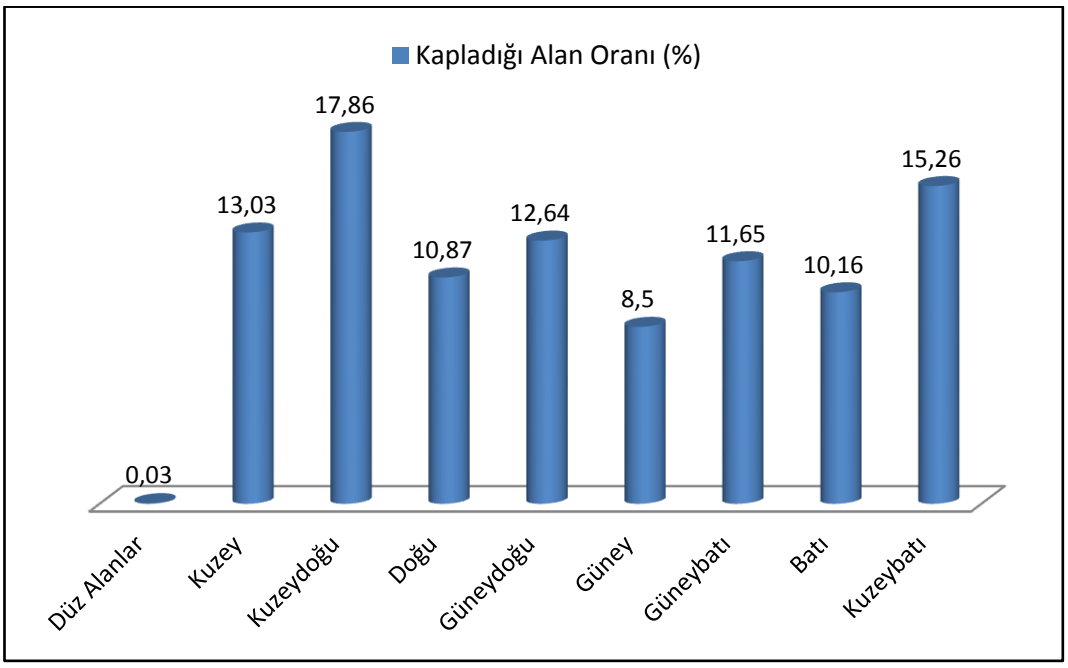
Batı ve doğu yönlü yamaçlar sabah ve akşam saatlerinde güneş radyasyonundan daha çok etkilenmektedirler. Doğuya bakan yamaçlar sabah, batıya bakan yamaçlar akşam güneş radyasyonundan daha fazla etkilenmektedirler. Bu durum, aynı dağ kütlesi üzerinde farklı yamaçlarda farklı sıcaklık koşullarını oluşturmaktadır.

Bakının etkisiyle, farklı yönlere bakan yamaçlardaki jeomorfik proses üzerinde bazı farklılıklar ortaya çıkar. Bunlar, kuzeye bakanlara göre daha fazla radyasyon alan güneye bakan yamaçlarda, evapotranspirasyon oranı fazlalaşır ve yağmurdan sonra bitki örtüsünde ani bir su ihtiyacı doğar. Bunun sonucu olarak bitki örtüsü daha seyrek olup ve kuraklığa dayanıklı türlerden oluşur. Seyrek bitki örtüsünün olduğu yerlerde yüzeysel akış daha fazla olmakla birlikte erozif faaliyetlerde artış gösterir. Kuzeye bakan yamaçlar ise toprak nemliliğini yağıştan sonrada uzun bir süre muhafaza eder, böylelikle nemliliği seven bitki örtüsü gelişir. Bu da toprak oluşumu için uygun şartlar sunar. Bu özellik infiltrasyonu arttırıcı ve yüzeysel akışı azaltıcı bir etki oluşturmasına karşın derin toprak oluşumu ve yüksek nemlilik içeriğinden dolayı kütle hareketleri için uygun şartlar sağlar (Kirkby vd., 1990; Goudie, 2004a; Mater, 1998; Turoğlu ve Özdemir, 2005, Özdemir , 2007).

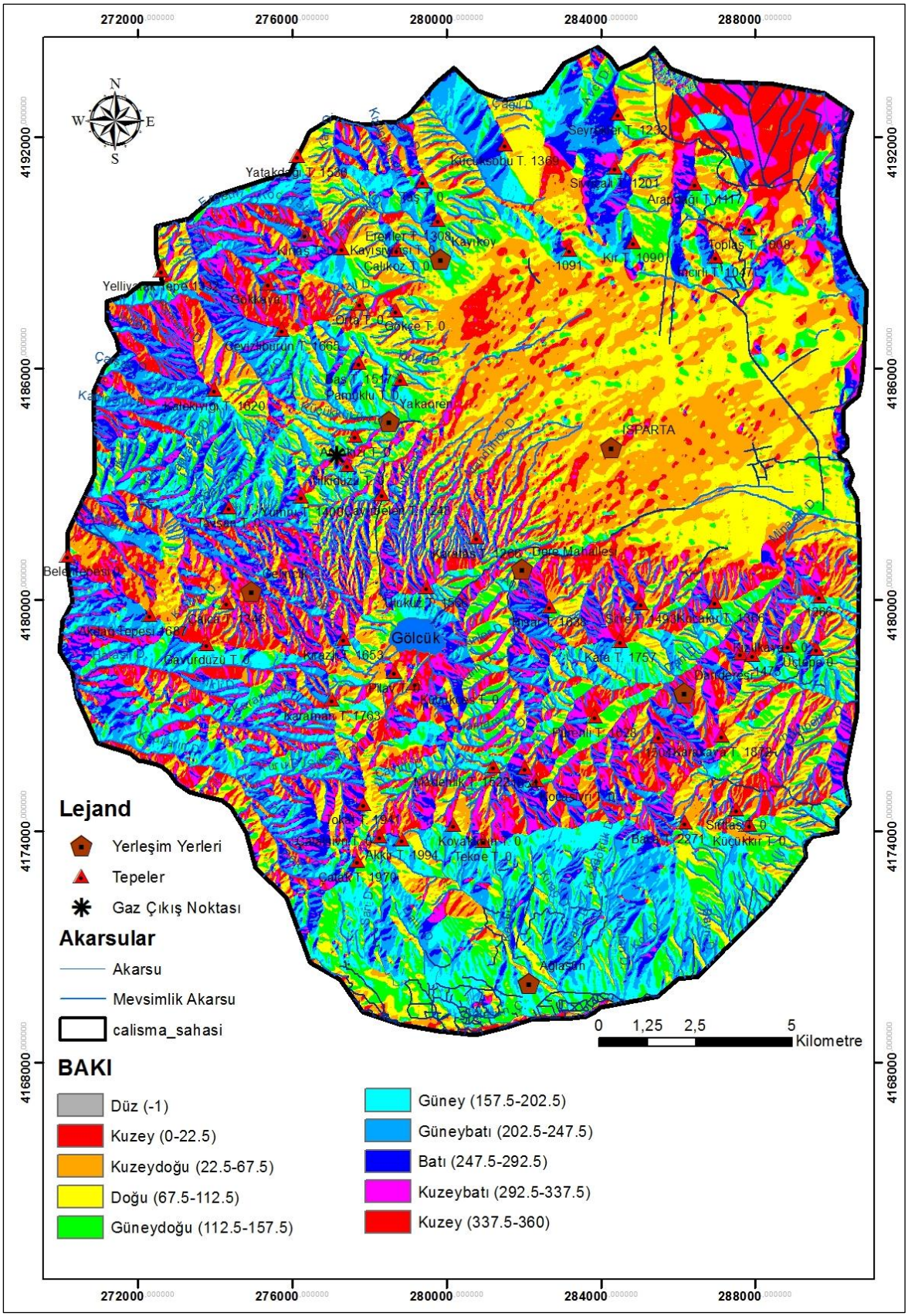
Çalışma sahasının bakı özellikleri ortaya koyma amacıyla Sayısal Yükselti Modeli (DEM) kullanılarak bakı haritası üretilmiştir. Kuzey, Güney, Doğu, Batı ana yönlü ve ara yönlü sahalar ile düz alanlar olmak üzere 9 yön kullanılmıştır. (Şekil 41).

Üretilen haritadan (Şekil 44) anlaşılacağı üzere çalışma sahasından, kuzeydoğuya dönük yamaçlar (%17,86) daha fazla alan kaplamakla ardından kuzeybatıya (%15,26) yamaçlar, fazla alan kaplamaktadır. Çalışma sahasında güneye bakan yamaçlar % 8,5 ve düz araziler; %0,03 gibi düşük dağılış oranlarına sahiptir (Grafik 15).

Genel olarak Akdeniz iklim koşulları altında bulunan çalışma sahasında güneş radyasyonu yoğunluğundan dolayı fazla ısınan güney yamaçlarda daha fazla çalı karakterli ve yaz aylarında kuruyan bitki örtüsü yoğunluğu varken nem açısından daha zengin olan kuzey yamaçlarda ağaç sayısında artış görülmektedir.



Grafik 15: Çalışma sahasında bakının alansal dağılış oranları



Şekil 41: Gölcük (Isparta) Volkanı ve Yakın Çevresi Bakı Haritası

2.1.4. Eğim Analizi

Eğim analizi; volkanik kökenli jeomorfolojik birimlerin tespitini kolaylaştırması, aşınıma maruz kalmış morfolojik ünitelerin yorumlanmasını kolaylaştırması gibi önemli faydalar sağlamaktadır. Bunun haricinde özellikle gevşek tutturulmuş materyalden oluşan volkanik arazide eğim değerlerinin artışı erozyonu, kütle hareketlerinin şiddetini arttırır. Yine eğim değerlerindeki artış, volkanizmanın tezahürü durumunda; volkanik materyalin taşınma süratini de arttırır. Bilhassa yüksek eğimli arazilerde lahar akmalarının, lav akmalarının şiddeti az eğimli arazilere göre daha fazla olmaktadır. Yağışla gelen sularının akışa geçmesinde de eğim değerleri etkilidir. Yüksek eğimli arazilerde daha süratli akışa geçen suyun tahrip gücü de arttığı için bitki örtüsünden da yoksunluk söz konusu ise daha fazla sediment taşımaya başlar. Yani aşınım miktarı da yükselir.

Volkanik gazların atmosferik dispersiyonu sürecinde eğim değerlerinin ve jeomorfolojik şekillerin etkisi bulunmaktadır. Çalışma sahasında kurulan seyyar meteoroloji istasyonu verilerinden de bu açıklamayı destekler nitelikte bulgular elde edilmiştir. Bu kesimde morfolojik ünitenin bir vadi olması, hava akım yönleri üzerinde vadi uzanış doğrultusunun etkisi olduğu gözlenmiştir. Eğim değerindeki artış volkanik gazın dağılışında sürtünme yani delk etkisinin arttırmasına sebep olur. Yüksek eğimli arazilerde rüzgâr hareket yönünün yüksekten alçağa doğru olması durumunda, rüzgâr hızı artacağı halde tersi yönde yani alçaktan yükseğe doğru rüzgâr hızı azalır.

Çalışma sahasının eğim haritası 1/25000 ölçekli sayısal topografik harita paftalarının kullanılmasından elde edilen 10 metre yükselti çözünürlüğünde DEM (Digital Elevation Model) sayısal verisi kullanılarak üretilmiştir.

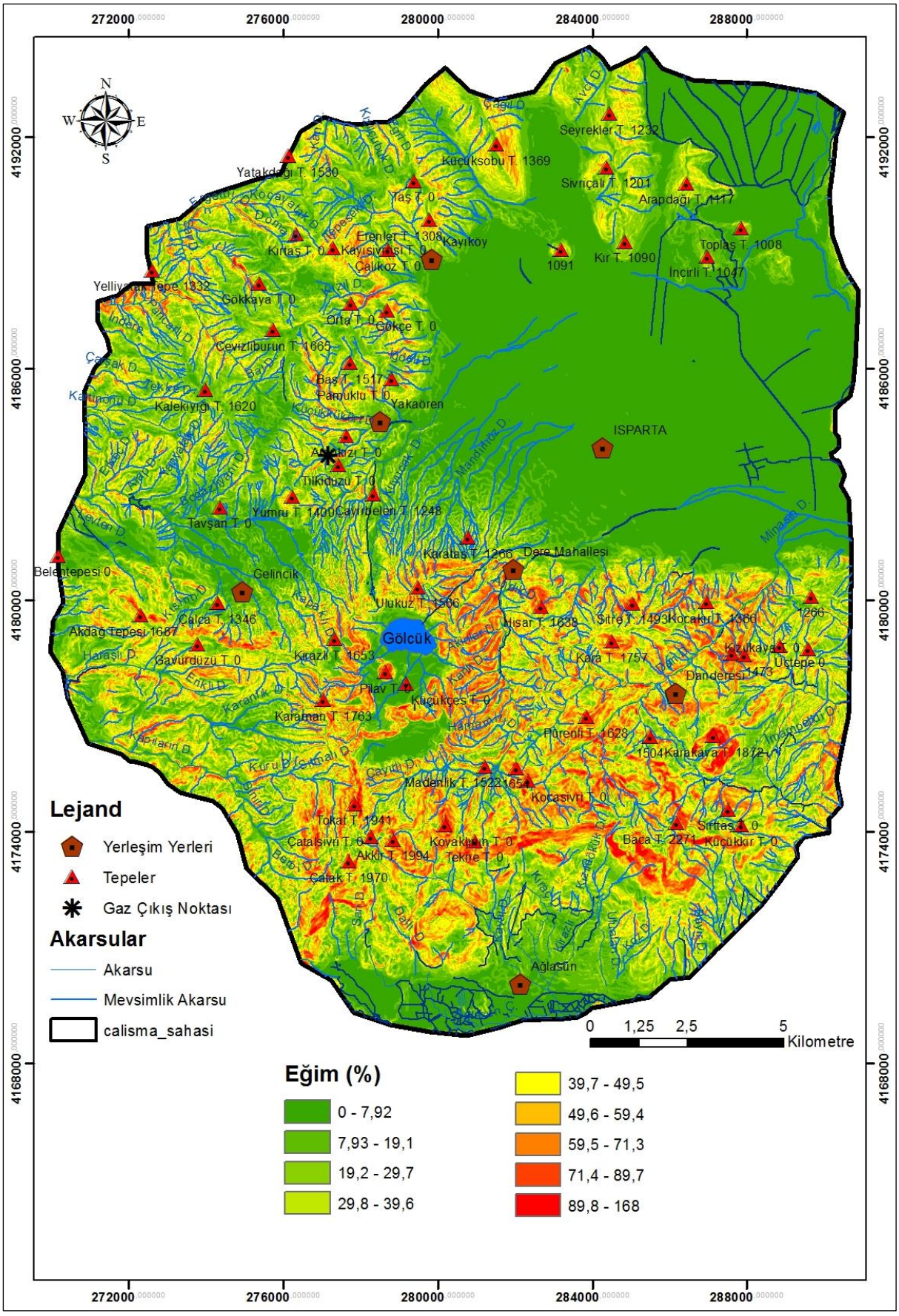
Üretilen eğim haritasında (Şekil 42) eğim değerleri yüzde (%) olarak verilmiştir. Çalışma sahasının eğim verileri incelendiğinde %0 ile %168 arasında eğim değerleri tespit edilmiştir. Isparta şehir merkezinin de yer aldığı ova kesiminde eğim oldukça düşmekte %0- %19,1 arasında eğim değerleri dikkati çekmektedir. Isparta ovasının güney ve güney batısında özellikle Gölcük volkanik sahasın bulunduğu kesimde eğim değerlerinde artış olduğu görülmektedir. Gölcük volkanizması kuzeyinde

arazinin çok sayıda irili ufaklı vadi ile temsil edildiği bölgede % 24 -%62 aralığında yüksek eğim değerleri görülmektedir. Benzer durum volkanı çevreleyen alanlarda özellikle vadilerde görülmektedir. Gölcük volkanik alanı içinde kalan ancak kaldera dışında doğu kesimde bulunan Dere, Darıderesi vadileri ve bunlarla bağlantılı vadilerde eğim değerleri yüksek olmalarıyla dikkat çekmektedir. Yine bu bölgede bulunan ve yüksek araziyi oluşturan Karataş Tepe, Hisar Tepe, Karatepe, Sitre Tepe birer volkan konisi özelliği göstererek, %30 ile %80 arasında yüksek eğim değerleri sunmaktadır.

Gölcük kalderası içerinde %0 ile %29 arasında eğim saptanırken Pilav Tepe kaldera içerisinde eğim değerlerinde artış görülen bir alan oluşturmaktadır. Yine kaldera içinde Küçükkes tepede eğim değerleri artış göstermektedir. Kaldera iç kenarları hemen hemen bir simetrik görünüm sunarlar ve ortalama %40 - %65 derece arasında eğim değerleri görülmektedir.

Çalışma sahasının bu eğim verilerine sahanın aşınım açısından gençlik evresinde olduğu ifade edilebilir. Bu da volkanizmanın genç olduğuna yönelik destekleyici bir kanıt olarak ileri sürülebilir.

Çalışma sahasında Yakaören köyü çevresinde %25 - %55 arası eğim değerleri saptanmıştır. Gaz çıkışın olduğu Uyuz Çeşmesi mevkiinde vadinin güney yamaçlarında %50 - %60'lar arasında eğim olduğu görülürken aynı vadinin kuzey yamacında düşük eğim değerleri saptanmıştır.



Şekil 42: Gölcük (Isparta) Volkanı ve Yakın Çevresi Eğim Haritası

2.2. VOLKANİK YERŞEKİLLERİ

Volkanik topoğrafya adı altında toplanan şekiller, iç kuvvetlerle dış etkenler arasındaki mücadelenin bileşkesidir. Zamanın uzunluğu, volkanik yapının kütlesi, volkanik aktivitelerin devamlılığı, volkanik yapının derinliği, söz konusu sahada aşınımın temposu ve sonuçta, volkan yapısını oluşturan kayaların litolojik özellikleri gibi etkenlere bağlı olarak bu topoğrafyada bazen iç kuvvetlerin, bazen dış etkenlerin daha ağır bastığı görülür. Dış etkenlerin etkisi bir an için bir yana bırakılacak olursa volkanik topoğrafyanın görünümü, volkanizma ile ilgili yapı ve aşınım şekilleri arasındaki ilişkiye bağlıdır. Yeyüzünün herhangi bir sahasında görülen volkan topoğrafyasının morfolojik özellikleri asıl olarak; a. Volkanik maddelerin yapısı, b. Volkanik maddelerin yeryüzüne çıktıkları yerin şekli, c. Püskürük aktivitenin süresi ve yinelenmesi, d. Dış etken ve süreçlerin etkisi gibi faktörlere bağlıdır.(Erinç, 1971).

Çalışma sahasında, yukarıda değinilmiş olan faktörlerin kontrolünde gelişmiş olan başlıca yer şekilleri; volkan konileri, volkanik domlar, kalderalar, lav ve piroklastik akıntılar, volkanik temel üzerinde gelişen vadilerdir.

2.2.1. Volkan Konileri ve Volkanik Domlar

Farklı periyodlarda yüzeylenen volkanik malzemenin değişik kimyasal bileşimlerde olması kayaçların dayanıklılığına doğrudan tesir etmektedir. Bu sebepten, kimi koniler dış aşındırma etmen ve süreçlerinden fazlaca etkilenip aşınmışken kimi koniler ilksel yapılarını korumaktadırlar.

Isparta şehir merkezi batısı ve güney batısında Gölcük volkanizmasının ilksel evrelerinden günümüze kadar varlıklarını korumuş volkan konilerine rastlanmaktadır. Ayrıca Yakaören yakınlarında yine ilksel volkanizmaya ait volkan konileri görülmektedir. Buna karşılık Gölcük Kalderası içerisinde volkanik etkinliğin son evresine ait volkan konisi ve volkan domları da bulunmaktadır.

Pliyo-Kuaterner Gölcük volkanizmasının ilk dönemlerine ait olan volkan konilerinin başlıcaları; Isparta'nın batısındaki Hisartepe, Karatepe, Gilikkaya Tepe, Sitre Tepe,

Pürenli Tepe, Karakaya Tepe'dir. Darıderesi güneyinde de dört ayrı volkan konisi bulunmaktadır. Uzun yıllar boyunca aşınıma maruz kalmış ilksel volkanizma evreleri ile oluşmuş bu konilerin haricinde bunlarla aynı oluşum üzerinde yeralan çok sayıda ana ve tali volkan konilerine de rastlanmaktadır (Şekil 43).

Gölcük volkanı kuzeyinde Yakaören yakınlarında Çayırbelen Tepe, Yumru Tepe, Tilkidüzü Tepe, Küsürelik Tepe, Belen Tepe volkan konilerinin başlıcalarıdır (Şekil 52). Bununla birlikte Isparta'nın kuzeyinde Süleyman Demirel Üniversitesi Yerleşkesi Güneyindeki Çünür Tepesi bir diğer volkan konisidir (Şekil 52).

Gölcük volkanizmasının ilksel dönemlerine ait olan ve Isparta şehir merkezinin batısında yerleşmiş bulunan Hisar Tepe (Foto 10), Karatepe (Foto:11-12) haricindeki volkan konileride andezitler ve trakiandezitler altere olmuşlardır. Hisar Tepe, Karatepe konilerinde ise durum farklıdır. Bu koniler aşınımdan daha az etkilenmişlerdir. Hisar Tepe Isparta şehir merkezi batısında Dere Mahallesi yakınında bulunmaktadır. 1638 metre zirve yükseltisi bulunan koninin kuzey yamaçlarında eğim değeri % 80'den fazladır. Pliyo-Kuaterner Trakit ve Trakiandezitlerden oluşmuştur. Üzerinde bitki örtüsü (Şekil 34) ve toprak yapısının (Şekil 33) iyi gelişmiş olduğu koninin zirve kesiminde anakaya yüzeyi aşınımdan dolayı çıplaktır.

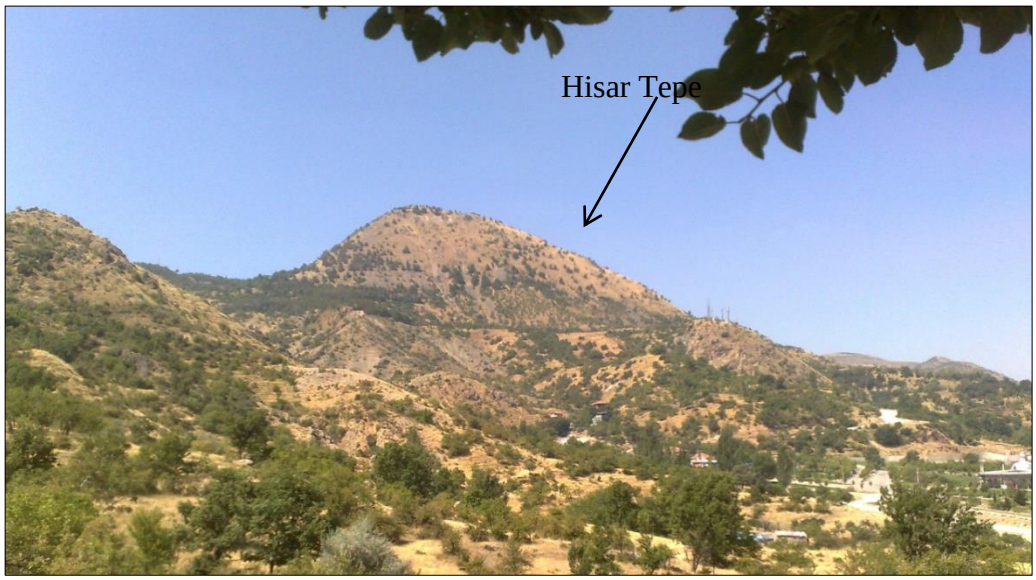


Foto 10: Hisar Tepe Konisi

Şehrin bulunduğu ovaya ile karşılaştırıldığında daha yüksekte olmasından dolayı Hisar Tepenin doğu kesiminin eteklerinde iletişim amaçlı vericiler yerleştirilmiştir. Ayrıca Devlet Su işlerinin de su dağıtım çalışmaları yürütülmektedir. Koni anakaya yapısına bağlı olarak pramid şeklini korumuştur.

Hisar Tepe'nin güneyinde yarıçapı hisar tepeden çok daha geniş olan Karatepe (Foto:11-12) yer almaktadır (Şekil 43). Karatepe'nin yükseltisi 1757 metredir. Bu koninin zirve kesiminde anakaya olan andezitler çok fazla altere olmamışlar ve kayalık görüntü sunmaktadırlar (Foto:13). Karatepe konisi ile aynı tabanı paylaşan dört adet volkan konisi daha haritalanmıştır (Şekil 43). Bunlar; Karatepe'nin kuzeyinde 1493 metre yüksekliğinde Sitre Tepe konisi, ile Karatepe konisinin kuzeydoğusunda üç adet volkan konisidir. Karatepe'nin tali konileri olarak tanımlayabileceğimiz bu koniler; 9 Nolu Tepe, 10 Nolu Tepe ve en kuzeyde yer alanı Gülevler Mahallesi güneyinde bulunan 1366 metre yükseltili Kocakır Tepe'dir (Şekil 43).

Karatepe volkanik sistemi güneybatı kesiminde 1530 metre yükseltili bir boyun geçişi ile diğer volkanik ünitelerden ayrılır. Karatepe kuzeyinde bulunan Isparta ovasından yaklaşık 1000 metre daha yüksekte bulunmaktadır. Karatepe'nin yamaç eğim değerleri yüksektir.



Foto 11: Karatepe Konisi

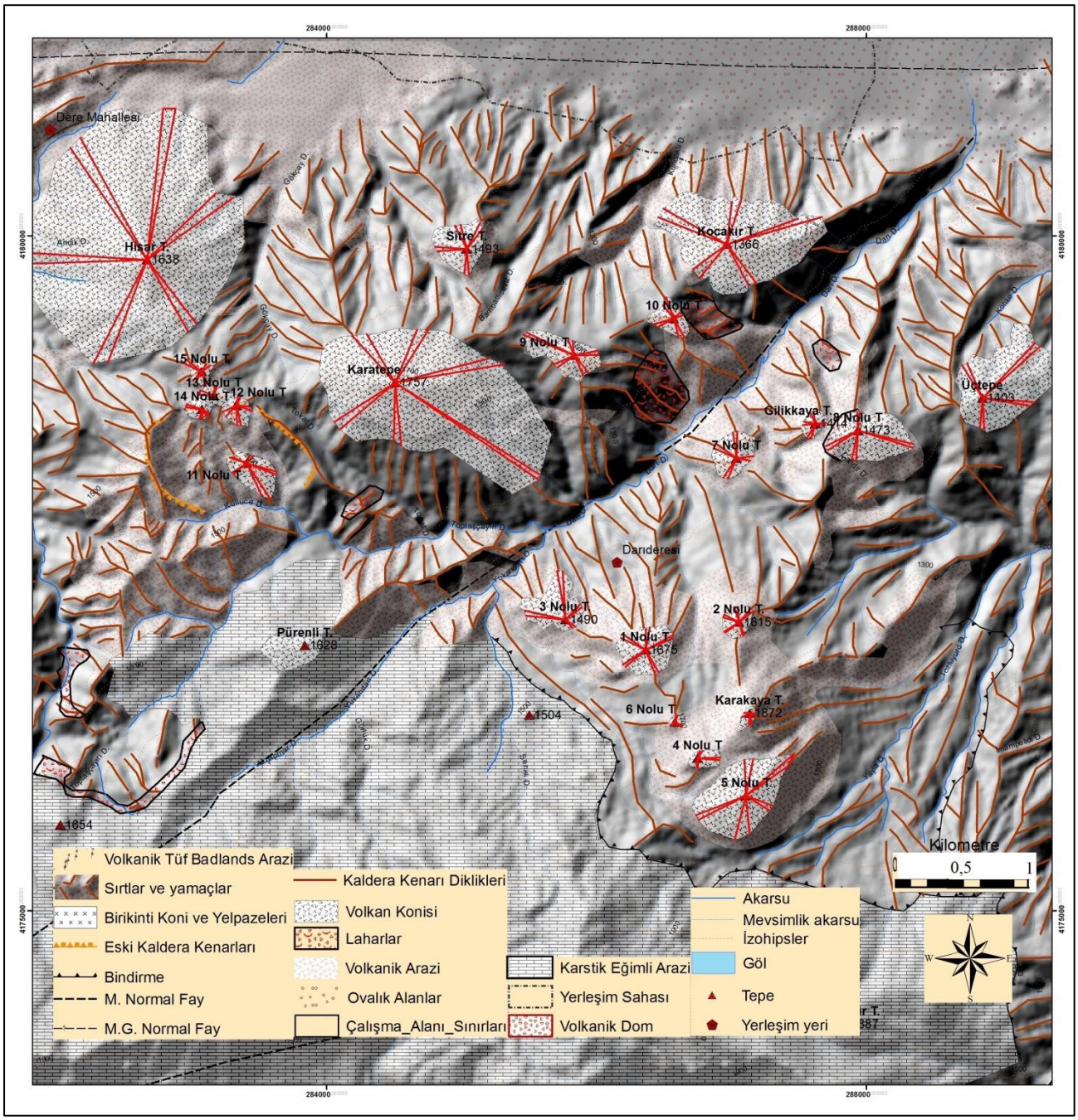


Foto 12: Karatepe Konisi



Foto 13: Karatepe konisi zirve kesimindeki andezitler

Isparta şehir merkezi güneybatısında yer alan Darıderesi kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu bir hat çizmektedir. Bu akarsu vadisinin doğusunda bulunan Karakaya Tepe (Foto 14, 15) Gölcük volkanizmasının ilk evrelerine ait bir volkan konisi olma özelliğindedir. Zirve kesiminde andezit bloklarının oval geometrik şekiller (Foto 16) sunduğu Karakaya Tepe 1872 metre yüksekliğe sahiptir.



Şekil 43: İlksel volknizma bölgesi konileri

Karakaya tepenin eteklerine doğru toprak örtüsünün kalınlığı artmaktadır. Ancak zirve kesimde anakaya yüzeyi üzeri genellikle toprak tarafından örtülmemiştir. Andezit blokları belirgin bir yapı sunmakta ve izlenebilmektedir (Foto 16).

Karakaya Tepe'nin doğu ve kuzeydoğusunda eğim değerleri oldukça yüksektir. Bu kesimlerde % 90 civarında eğim değerleri gözlenmektedir. Karakaya Tepe'nin güneyinde bulunan ve yakın çevrede en yüksek araziyi oluşturan Akdağ ile geçiş ise az bir eğim ile olmaktadır. Bu kesimde dik yamaçlar ve derin vadiler görülmemektedir. Darıderesi'ne doğru eğim koni eteklerinde % 50 - %90 arasındadır.

Karakaya Tepe zirvesinden boyun geçişleri ile ayrılan iki adet daha zirve bulunmaktadır. Bu iki zirve de jeomorfolojik olarak sundukları görüntü itibarıyla ayrı ayrı volkan konileri olarak tanımlanmışlardır (Şekil 43) . Özellikle Karakaya Tepe'si güneyinde bulunan jeomorfolojik birim koni tanımına uymaktadır. Karakaya Tepe ve yakın çevresindeki bu koniler birlikte bir sistem oluşturdukları gibi bu sistem; Isparta Ovası'ndan da izlenebilmektedir.

Karakaya Tepe'nin volkanik materyalin etrafa yayıldığı açılma yönü kuzeybatıdır. Bununla birlikte andezitlerin çok fazla mesafe kat etmeden katılaşma özelliklerinin sonucu olarak kısa mesafe içinde yükseklik artmıştır. Etrafa da kısmi olarak volkanik materyal dağılımı olmuştur. Karakaya Tepeden yüzeylenmiş olan volkanik materyal Akdağ kireçtaşları ile dokanak oluşturmaktadır (Foto 14). Bu bölgede volkanik materyalden müteşekkil olan arazi kireçtaşlarından oluşmuş olan araziden kolaylıkla ayırt edilebilmektedir (Şekil 11). Özellikle; farklı anakayalar üzerinde gelişmiş olan toprak renk farklılığı ve toprak kalınlığı ile buna bağlı olarak gelişen bitki örtüsü farklılığı bu ayrımı kolaylaştıran öğelerdir.

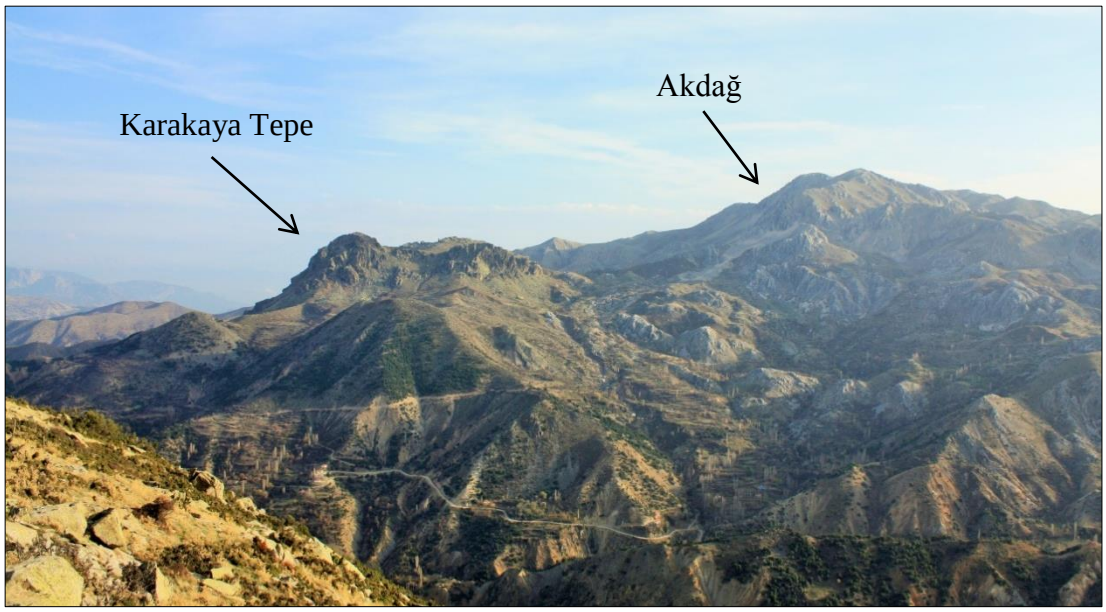


Foto 14: Karakaya Tepe ve Akdağ görünümü

Darıderesi Mahallesi ile Karakaya Tepe arasında 4 adet volkan konisi gözlenmiştir. Bunlar 1, 2, 3, 6 nolu tepelerdir. Darıderesi Mahallesi güneyinde bulunan 1 ve 3 nolu konilerin volkanik materyalin etrafa dağıldığı açılma yönü kuzeybatıdır. Darıderesi Mahallesi ile Karakaya Tepe arasında kalan bu volkan konileri piramidal görüntülerini korumaktadırlar. Ana koni ve tali koni sistemini bu koniler için de ifade etmek mümkündür.

Darıderesi Mahallesi güneyinde bulunan 1675 m yükseltili 1 nolu koni tabanı en geniş olan konidir. (Foto17). Bu konilerden yüzeylenmiş olan piroklastik malzemeden dolayı yamaçlardaki yarılma derecesi yüksektir. Darıderesi Mahallesi doğusunda bulunan 2 nolu koni ise simetrik volkan koni özelliği gösterirken yamaçlarda dirençli materyalden dolayı vadi yarılmaları diğerlerine oranla da az olmuştur (Foto 15).

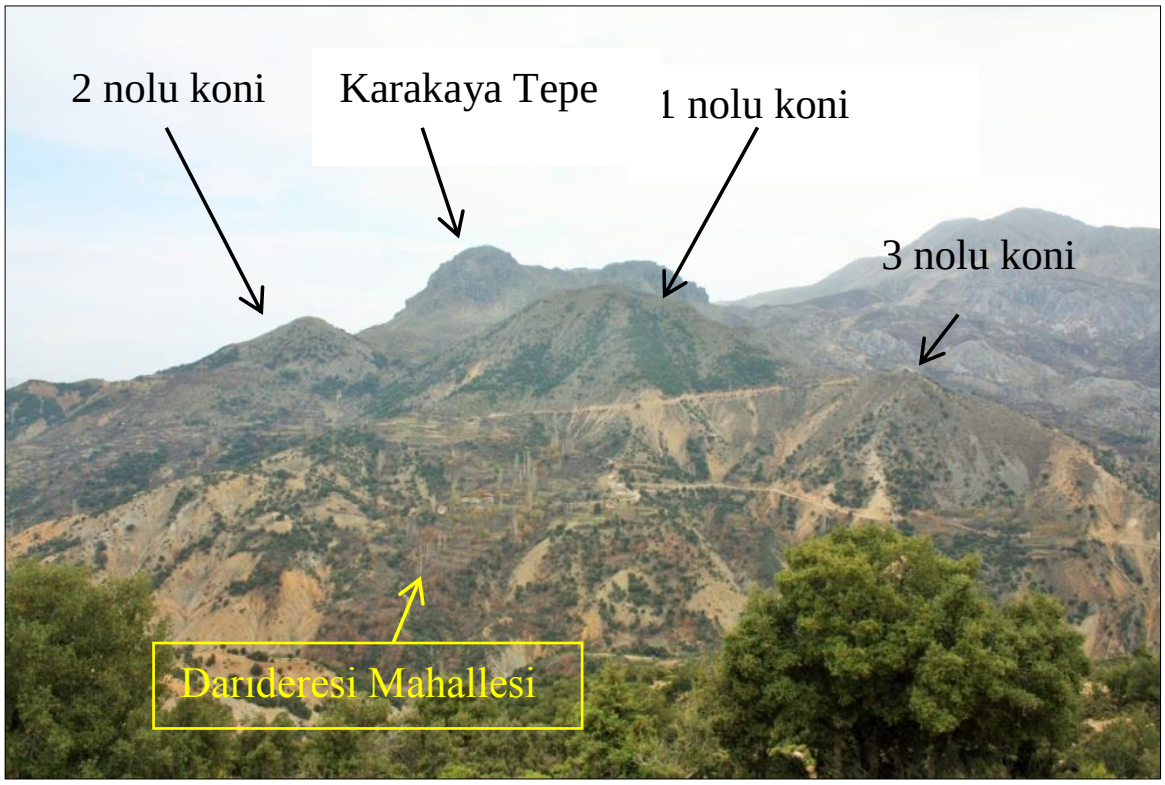


Foto 15: Karakayatepe ve çevresindeki bazı koniler



Foto 16: Karakaya tepe zireve kesiminde yuvarlak geometrik şekilli andezit blokları



Foto 17: Darıderesi mahallesi güneyi 1 nolu koni

Darıderesi Mahallesi 1 ve 3 nolu konilerin yamaçlarında kurulmuştur.

Hisar Tepe güneyi ile Karatepe güneybatısında bulunan 11, 12, 13, 14, 15 nolu tepeler ile Püren Tepe volkan konisi olarak tanımlanan yer şekilleridir. Bunlardan 12-13-14 nolu tepeler bir bütün olarak değerlendirilerek bir tek volkan konisi olarak gösterilmiştir (Şekil 43). Güneye doğru açılma yönüne sahip olduğu görülen bu birim eski bir kalderanın kenar bölümüne denk geldiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu eski kalderanın içerisinde yerleşmiş olan volkan konisi de 11 Nolu Tepe olarak adlandırılmıştır. Kaldera sisteminin kuzeyinde ise 15 Nolu Tepe volkan konisi olarak nitelendirilmiştir. Bu kesimde yamaçlarda piroklastik unsurlar yer yer üzerlerindeki bitki örtüsünün azlığından ve toprak azlığından dolayı aflore olmaktadırlar. Piroklastik materyallerden dolayı ise sel yarılmaları ile aşınım gerçekleşmiş ve çok sayıda mevsimlik akarsu vadileri kurulmuştur. 11 Nolu Tepe'nin güneyinde 1628 metre zirve yüksekliği bulunan Pürenli Tepe konisi bulunmaktadır. Pürenli Tepe Konisi doğudan Darıderesi vadisi ile sırlanmıştır. Uzun bir sırt üzerinde yerleşmiş olan bu koni batıdan da derin bir akarsu vadisi ile çevrilidir. Koni sırt dizisi üzerinde bulunsa dahi kendisini çevreleyen iki vadi tabanından ortalama 300 metre daha yüksekte bulunan zirvesi ile dikkat çeker.

Buraya kadar bahsedilen volkan konileri Gölcük Kalderası doğusunda ve güneydoğusunda yer alan ilksel volkanizma ile gerçekleşmiş olan volkan konileridir. Benzer olarak Gölcük Kalderası Kuzeyinde Yakaören Köyü yakınlarında yerleşmiş olan 4 adet volkan konisi de haritalanmıştır (Şekil 49).

Bunlar gaz çıkış noktasının güneyinde Tilkidüzü T. (1330 m), 16 Nolu Tepe ve Yumru Tepe (1400 m) ile bunların doğusunda 17 Nolu Tepe ve Çayırbelen Tepe konileridir. Konilerin tamamında piroklastik unsurlar özellikle pomza ve andezitik unsurlar yüzeylenmiştir. Tilkidüzü Tepe ile 16 Nolu Tepe arasında geniş bir alan kaplayan pomza ocağı kurulmuştur. Bu beşeri faaliyet kolu arazinin görüntüsünü değiştirir niteliklidir (Foto 18). Uydu fotoğraflarından ve hava fotoğraflarından kolaylıkla izlenebilmektedir.



Foto 18: Gölcük kuzeyi Tilkidüzü tepe ile 16 Nolu tepe arasında kurulan pomza ocağı

Volkanizma ile meydana gelen şekiller özellikle doğal aşındırma etmen ve süreçlerinden de oldukça fazla etkilenmişlerdir. Bu yüzden piramidal koni özellikleri bulunmamaktadır. Yumru Tepe %50 eğim değerine sahipken Tilkidüzü Tepe ile 16 Nolu Tepe eğim değerleri % 30'dan daha azdır (Şekil 52). Çayırbelen Tepe ve hemen batısındaki 17 Nolu Tepe konileri son derece basık jeomorfolojik görüntüye

sahiptir. Bu kesimde konilerin eğim değerleri % 20 kadardır. Civardaki bu konilerden yüzeylenen volkanik materyaller daha sonra Gölcük volkanizmasından gelen veya püskürtülen volkanik materyal ile örtülmüştür. Günümüzde üzerlerinde genelde fazla kalın olmayan bir toprak örtüsü ile kaplı bulunan bu tepelerde ağaçlandırma çalışmaları gerçekleşmektedir.

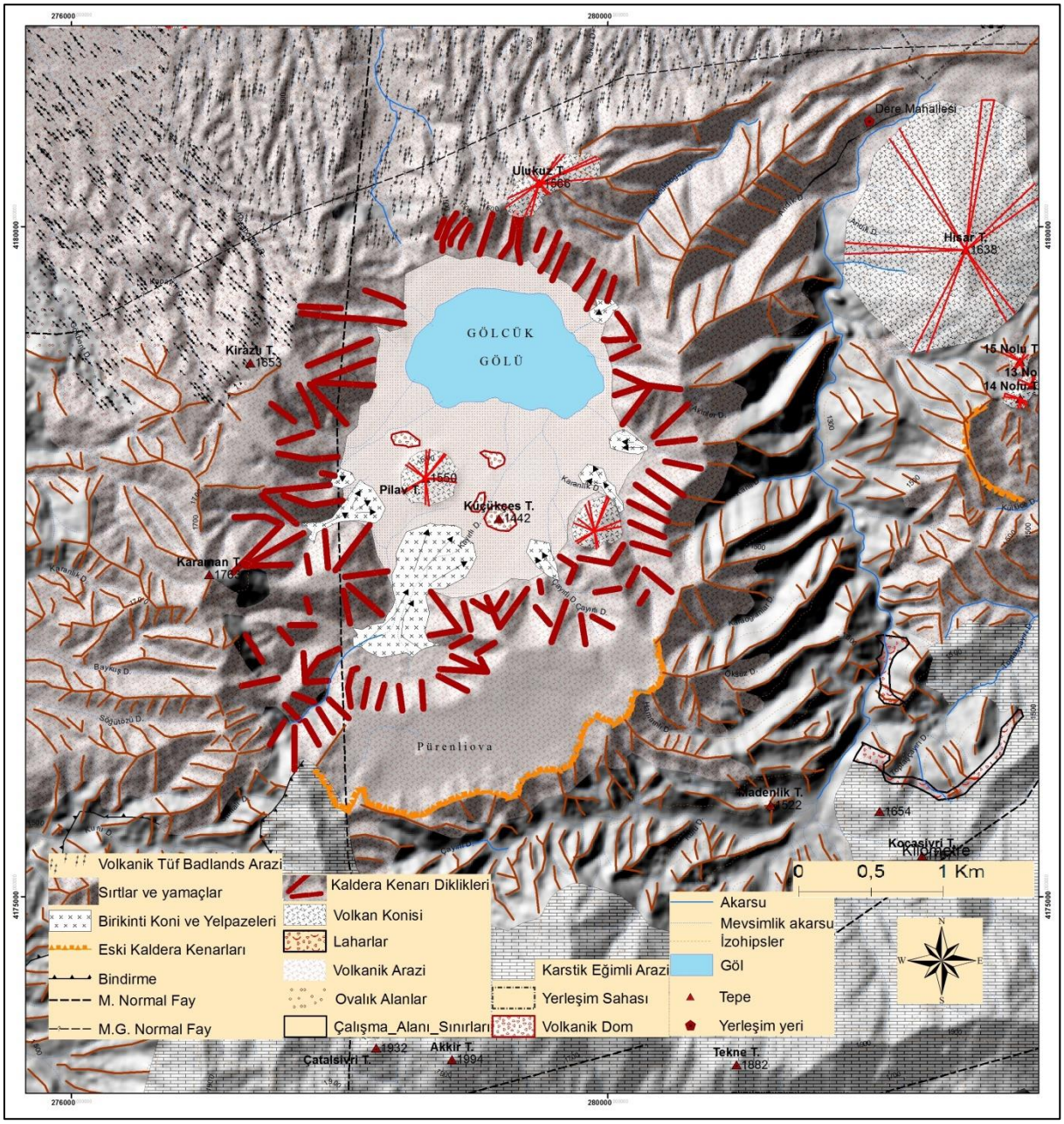
Isparta'nın kuzeyinde Süleyman Demirel Üniversitesi Yerleşkesi Güneyindeki Çünür Tepesi (1091 m) bir diğer volkan konisidir (Foto 19) . Çünür konisi ova tabanı üzerinde yüksekliği 80 metreyi bulmaktadır. Piroklastik cüruf ve andezitler ile anklavlardan oluşmuştur. Zirve kesiminde düzlük mevcuttur. Beşeri faaliyetler neticesinde düzlüğün genişletilmiş olduğu söylenebilir. Volkan konisi yamaçları simetrik bir yapı özelliği göstermektedir. Bu konin de yamaçlarında ağaçlandırma çalışmaları yapılmıştır. Zirve kesimi mesire yeri olarak kullanılmaktadır.



Foto 19: Çünür tepe konisi görüntüsü Süleyman Demirel Üniversitesi doğu yerleşkesinden görünümü

Gölcük Kalderası içerisinde kalderanın batı ekseninde yer alan Pilav Tepe (Foto 20; Şekil 44) konisi çalışma sahası içerisinde bulunan belirgin konilerden biridir. Pilav Tepe konisi dik eğimli yamaçlara sahip trakiandezit ve piroklastik unsurlarda

oluşmuştur. Bu koni kalderanın içerisinde etrafa en fazla hakim olunabilecek bir yükseltiye sahiptir. Pilav Tepe jeomorfolojik olarak oldukça simetrik bir volkan konisi özelliği taşımaktadır. 1420m taban yükseltisine karşılık zirve kesiminde 1550m yükseltisiyle dikkat çekmektedir. Koninin yarıçapı ise 230m kadardır. Koninin zirve kesiminde kısmi bir düzlük yer almaktadır. Oldukça fazla eğimli yamaçlara sahip olan volkan konisinin ağaçlandırma çalışmaları sonucunda etrafı tabandan zirveye doğru azalan gür bitki örtüsü ve gevenlerle kaplıdır (Foto 20).



Şekil 44: Kaldera ve yakın çevresi jeomorfoloji haritası

Ardel ve Planhol (1951), Gölcük volkanını jeomorfolojik olarak; Oligo-Miyosen'e ait fosilleşmiş bir volkanın kenarında oluşmuş bir maar olarak tanımlamışlardır. Gölün hemen yanı başında ve batısında bulunan Pilav tepe ve Sungur tepeyi birer baca tıkacı ve aşınıma dayanıklı neck olarak belirtmişlerdir (Foto 21).

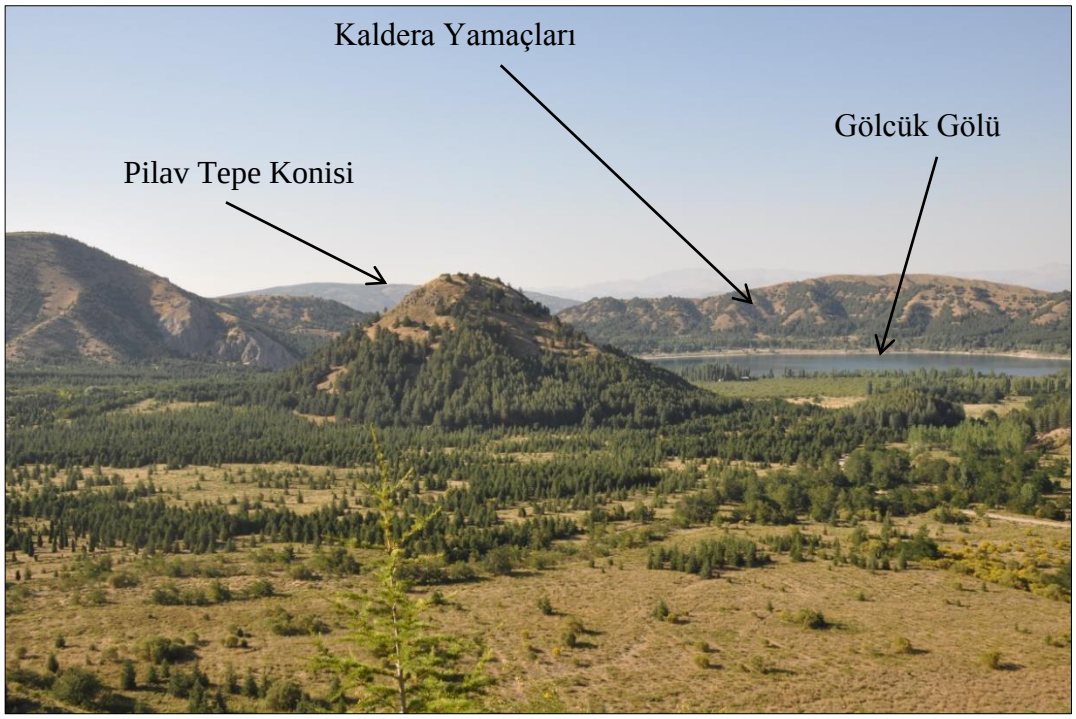


Foto 20: Pilav Tepe Konisi

Gölcük Kalderası içinde gölün güneyinde toplam dört adet volkanik dom haritalanmıştır . Volkanizmanın son evrelerinde ve kaldera oluşumundan sonra meydana gelmiş olan bu volkanik domların yükseltileri tabandan itibaren 35 metreyi geçmez ve yarı çapları da 100m'den fazla değildir. Domlardan en büyüğü 1442 metre zirve yüksekliği bulunan Küçükçes Tepesi'dir (Foto 21; Şekil 44).

Küçükçes Tepesi yuvarlak ve simetrik yamaç yapısıyla volkanik domlar içerisinde en belirgin olanıdır (Şekil 44). Üzeri yoğun bitki örtüsü ile kaplanmıştır. İçerisinde andezit dayklar bulunmaktadır. Küçükçes Tepesi ile Pilav Tepe arasında iki adet yükseltileri 10 metreden biraz fazla iki adet volkanik dom bulunmaktadır. Bu volkanik üniteler de çapları 100m'den az olan küçük yapılardır. Yamaç eğimleri de %20'den daha düşüktür. Üzerleri bitki örtüsü ile kaplı bulunmaktadır.

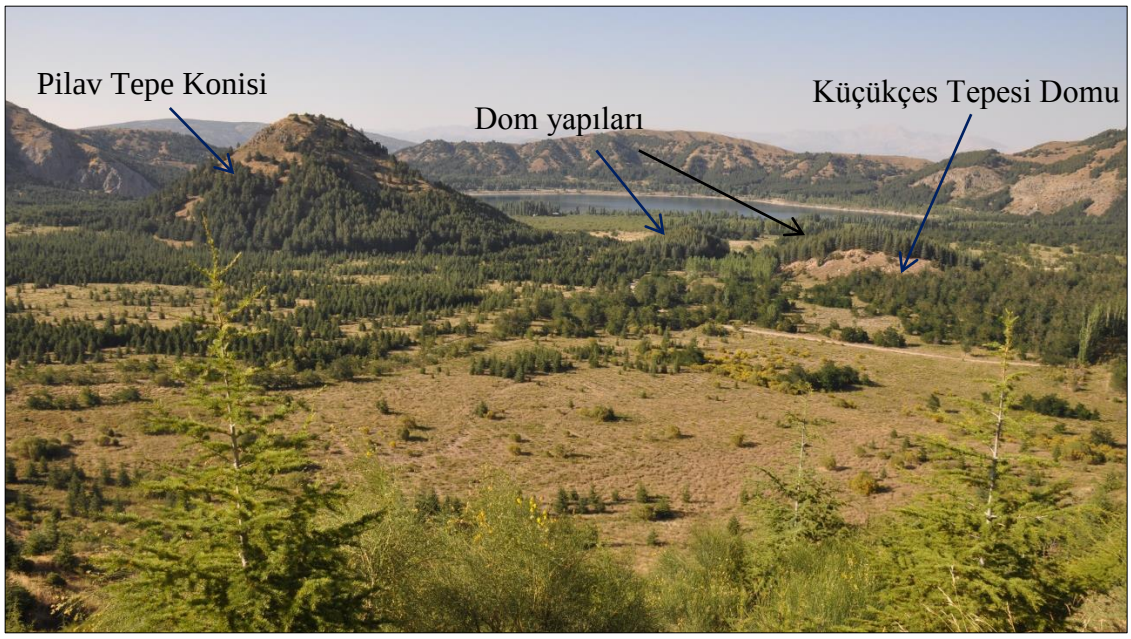


Foto 21: Kaldera içi domlar

Pilav Tepe'nin kuzeyinde Pilav Tepe ile kontak halinde olan bir adet volkanik dom görülmektedir (Şekil 44, Foto 22). Bu dom içerisindeki andezit dayk çok belirgindir. Tabandan itibaren yüksekliği 30m civarındadır (Foto 22). Kendi içinde birkaç zirve noktası bulunmaktadır. Diğer dom yapılarında olduğu gibi bu volkanik domun da üzeri birki örtüsü ile kaplanmıştır.



Foto 22: Pilav Tepe kuzeybatısındaki dom yapısı içindeki dayk

2.2.2. Kalderalar

Gölcük gölünün içerisinde yer aldığı depresyon için bazı araştırmacılar maar terimini kullanmaktadırlar (Ardel ve Planhol, 1951). Bazı araştırmacılar ise volkanizma sürecinde maar tipi patlamaların olduğunu belirtmektedir (Karaman, 1990; Platevoet vd., 2008; Elitok vd., 2008; Özgür vd., 2008). Bu bölümde maar ve kaldera tanımları ve jeomorfolojik özellikleri üzerinde durulduktan sonra; Gölcük volkanı jeomorfolojik özelliği değerlendirilmiştir.

Maarların çevresi dairesel veya oval, iç yamaçları oldukça diktir. Bütünüyle görünümü huniye benzer. Çoğunluğunun çapı 400-800 metre arasındadır. Bazılarının içinde sular toplanarak göller oluşmuştur. Maarların oluşumuna neden olan gaz patlamalarının, bunların altında ve derinlerde bulunan bir püskürük kütle ile ilgili olduğu kesindir. Bazı maarların etrafında tefradan oluşmuş bir halkaya rastlanır. Bazılarının içinde veya yakınlarında küçük lav konicikleri görülür. Bunlar, gazların aşındırdığı bacanın bir tarafından yüzeye kadar çıkmış olmalıdır (Erinç, 1971).

Maarlar, mağma ve yeraltı suyunun bir araya gelerek oluşturduğu monojenetik volkanik şekillerdendir. Patlamayla yeraltındaki yoğunluk açığa çıkar ve krater tabanı çöker. Maar ve kalderaların çökme mekanizmaları benzerlik gösterirken, her ikisinde volkanik patlama fragmanları farklılık gösterir. Burada ki benzerlik problemi daha çok geniş maarlarla küçük kalderaları çalışırken ortaya çıkar. Çünkü bir çok durumda her ikisi de benzer geometrik şekle sahiptir. Fakat her ikisinde piroklastik prosesler farklı mağma oluşumlarını gösterir (Nemeth vd., 2009).

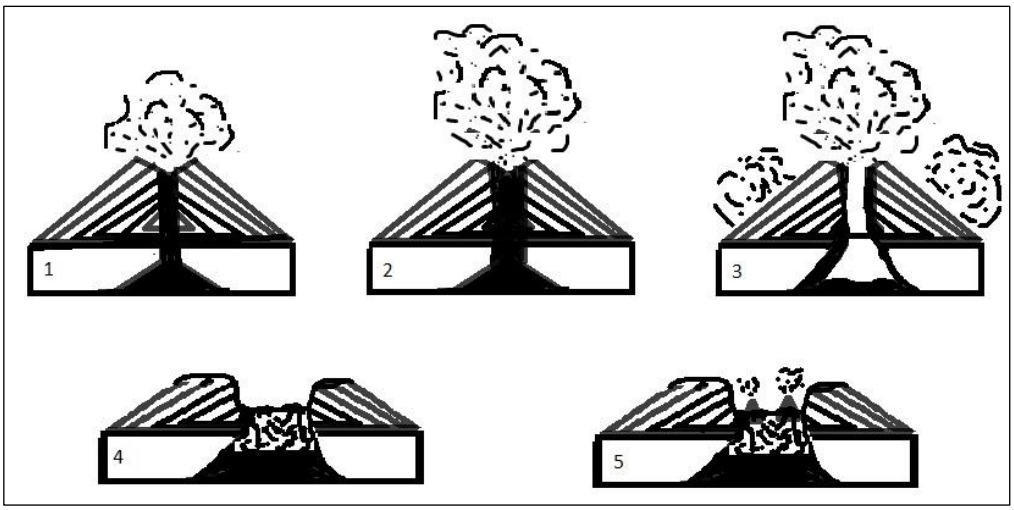
İspanyolca'dan gelen kaldera terimi Latince'de caldaria olarak geçmekte ve tencere, kazan gibi anlamlar taşımaktadır. Kanarya Adaları yerlileri tarafından bütün doğal depresyonlar için kaldera kelimesi kullanılmıştır (Sür vd., 2002).

Volkan yapıları üzerinde görülen kratere benzer, fakat genellikle çok daha geniş olan depresyonlar açıklanır. ABD'de Oregon'da bulunan Crater Lake'in yerleşmiş olduğu kalderanın çapı 8 kilometreyi bulmaktadır. Yurdumuzdaki Nemrut volkanı üzerindeki kalderanın genişliği ise 6 kilometre ve 500-600 metre kalınlıkta duvarlara sahiptir (Yiğitbaşıoğlu, 2000). Kalderaların nasıl oluştukları tartışma konusudur.

Bununla birlikte bunların ya patlamalar, ya çökmeler veya bu iki olayın ortak etkisi altında oluştukları anlaşılmaktadır. Çok yayılmış bir görüşe göre kalderalar, volkan konilerinin tepe kısımlarının şiddetli patlamalar sonucunda aşınmaları sonucu oluşmuştur. Bugün bu açıklama, ancak daha küçük kalderalar için kabul edilmekte, fakat çok büyük kalderaların bu şekilde oluşmayacakları ileri sürülmektedir. Gerçekten çapları 1,5 kilometreyi aşan kalderaların aslında volkanın zirve kısmının aşağıya doğru çökmesiyle oluşmuş olduğu kabul edilir (Erinç, 1971).

Kalderalar patlama ve çökmelerin müsteşekkil etkisiyle meydana gelmiştir. Yalnız patlamayla oluşan kalderalar nadir ve nispeten küçüktür. (Sür vd., 2002).

Çökme kalderalarının oluşumunda Van Bemmelen'e göre (Şekil 45); 1. Hafif püskürme evresi, 2. Püskürmelerin kuvvetlenmesi ve bacadaki mağmanın seviyesinin alçalması, 3. Püskürmelerin maksimum şiddete eriştiği evre. Bu sırada birçok maddeler koni seviyesinin daha yukarısına fırlatılır. Bir kısmı ise kızgın bulutlar halinde yamaçlardan aşağılara yuvarlanır. Mağma deposundaki lav seviyesi artık çok alçalmıştır ve bunun sonucunda mağma deposunun damını oluşturan kısımda çatlaklar ortaya çıkar. 4. Volkan konisinin dayanıksız kalan tepe kısmının mağma deposu içine çökmesi ve kalderanın meydana gelişi, 5. Bunu izleyen bir durgunluk evresinden sonra kaldera tabanında ve özellikle bunun kenarlarında yeni küçük konilerin oluşumu gibi evreler ifade edilmektedir (Holmes, 1965; Erinç,1971).



Şekil 45:Çökme Kalderalarının oluşum evreleri (R W Van Bemmelen ve H Williams'a göre Holmes,1965 ve Erinç 1971'den)

Gölcük klasik kaldera tanımına pek uymamaktadır. Çünkü, burada yüksek bir koni yoktur. Volkanik temel sığdır. Bunun nedeni ise, Burdur Gölü etkisiyle volkanik faaliyetin karakter değiştirmesi ve yüksek bir koni oluşturamadan piroklastik malzeme çıkarmasıdır. Ancak kaldera çevresinde görülen ışınsal drenaj, burada kubbemsi bir drenaj olduğunu gösterir (Çiçek, 1992 b; Özgür vd., 2008).

Gölcük volkanizmasının jeomorfolojik olarak en belirgin özelliklerinden biri sahip olduğu depresyon ve bu depresyon içindeki göl ile volkan konileridir. Gölcük volkanizmasına ait bu depresyonun bir maar mı? Yoksa bir kaldera mı olduğu konusunda farklı görüşler olsa da; tarafımızdan yapılan morfometrik analizler ve arazi çalışmaları değerlendirmelerinden sonra aşağıda ifade ettiğimiz sebeplerden dolayı Gölcük Kalderası olarak tanımlanmıştır (Foto 23, 24).

a- Depresyon çapının çok büyük olması (Doğu-Batı eksende 2600 metre)
b- Görüntünün tamamıyla huniye benzememesi, iç yamaçların tamamıyla aynı diklikte olmaması, yer yer çok dik yamaçlar varken yer yer eğimin daha az olduğu yamaçların görülmesi
c- Depresyonun kenar yamaçlarından dışa doğru gelişmiş olan ışınsal drenaj şebekesinin varlığı ve yapısı, depresyonun iç kesiminde çökme ve erozyon sonucu en derin kesim olan göle doğru eğim derecelerinin az olması
d- Tabanda genç koni ve volkanik domların görülmesi

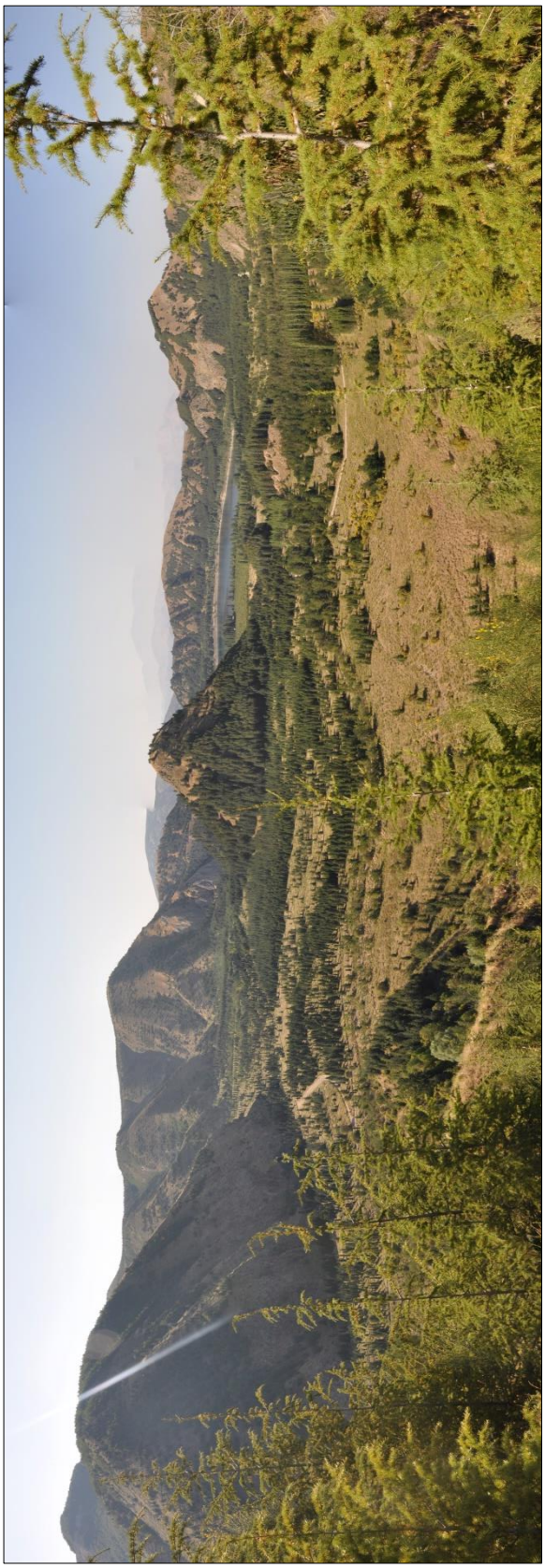


Foto 23: Gölcük Kalderası

e- Göl tabanında da volkan konisini andıran şekillerin olması ve tüm volkanik koni ve volkanik dom yapılarının farklı zemin yükseltisine sahip olmaları

f- Kaldera oluşumundan sonra devam eden volkanizma neticesinde Milas deresi tarafından yani kuzey kesimden volkanik materyalin akma ve dağılması ile yine bu yakın çevrede oluşan çok genç drenaj ağı ve badlands topoğfaya görüntüsü oluşması,

g- Gölcük volkanizmasından yüzeylenen volkanik materyalin yalnız bir patlama ile meydana gelmemesi, buna karşılık farklı evrelere ait volknik materyalin çok uzaklara kadar taşınması gibi nedenler sayılabilir.



Foto 24: Gölcük Kalderası

Bu sebeplerden dolayı Gölcük kalderasının oluşumu R W Van Bemmelen'in (1929) Şekil 47'de gösterdiği kaldera oluşumuna uymaktadır. Jeomorfoloji haritasında da kaldera olarak haritalanmıştır (Şekil 45; Şekil 52).

Gölcük kalderasının tabanı 2600 metre boy ve 2150 metre uzunluğundaki eni ile oval bir şekle sahiptir (Foto 25, Şekil 46). Yamaç eğim değerleri % 30- % 70 arasındadır. Kalderanın yamaçları ile tabanı arasında ortalama 200 metrelik bir yükselti farkı bulunmaktadır. Kaldera tabanı ise eğim değerlerinin oldukça düştüğü ova karakterini yansıtan bir görüntüye sahiptir. Kaldera içerisinde Dünyadaki diğer kaldera örneklerinde olduğu gibi koni ve domlar bulunmaktadır. Kalderanın taban ve yamaçlarında erozyondan fazla etkilenebilecek tefra malzemesi görülmektedir.

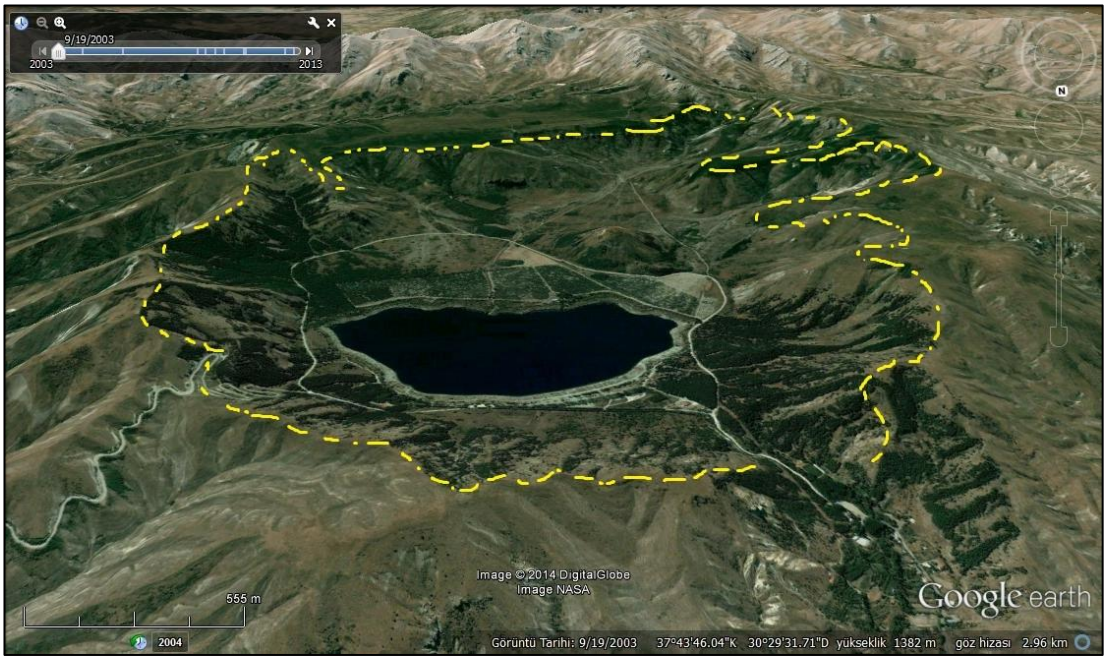
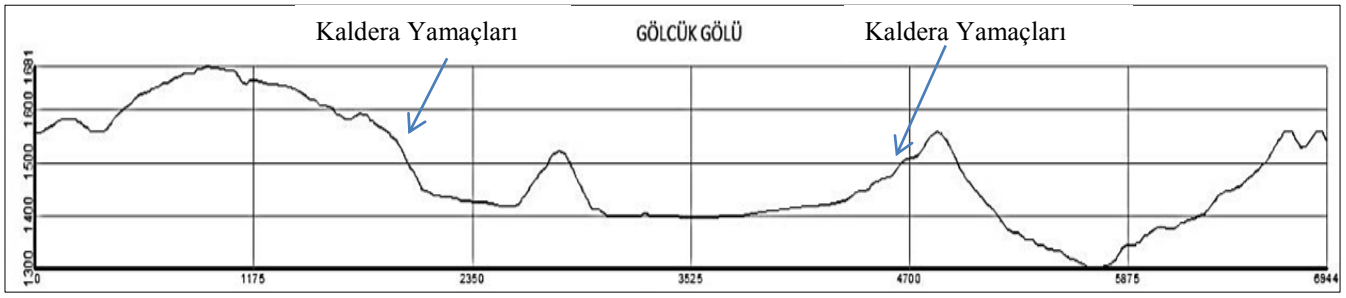


Foto 25: Google Earth 19/09/2003 tarihli kaldera görüntüsü



Şekil 46: Gölcük Kalderası profil kesiti

Kaldera tabanında ve kaldera içinde Tabiat Parkı ve mesire yeri olma özelliğinden dolayı çok sayıda yol açılmış, tesis yapılmış, ağaçlandırma çalışmalarına önem verilmiştir. Kaldera yamaçlarında erozyona karşı önlem alınması için ağaçlandırma faaliyetleri üzerinde durulmuştur. Yamaçlarda ağaçlandırma için teraslar meydana getirilmiştir. Yamaç materyali son derece gevşek tutturulmuş pomza ve piroklastiklerden müteşekkil olduğu gibi yer yer özellikle kalderanın güney yamaçların Pürenliova yakınlarında piroklastik ve pomzalar ile ardalanmalı trakit ve trakiandezit kornişleri görülmektedir. Yamaçlardaki bu kornişler çökme ve patlamanın izlerini yansıtır. Kornişlerin eğimi 90° civarındadır (Foto 26).



Foto 26:Güncel kaldera iç yamalarındaki kornişler

Kalderanın açılma yönü, kuzeydeki Milas mesireliğinin olduğu kesime doğrudur. Bu kesimden piroklastik akma ve düşme malzemesinin yüzeylenerek aktığı ve yayıldığı yüzey analizlerinin sonuçları ve arazi çalışmaları sırasındaki gözlemlerle belirlenmiştir. Ayrıca yamaçlarda yer alan piroklastik unsurların da volkanik patlamalar sırasında buralarda birikip yamaçları örttüğü anlaşılmaktadır. Radyal drenaj şebekesi de bu birimler üzerinde kurularak gelişmiştir. Merkezden çevreye doğru gelişen drenaj sistemi, kaldera oluşumundan önce yükseltinin çevreye göre fazla olduğunun önemli bir kanıtı olarak kabul edilebilir.

Kalderanın en derin yeri olan kuzey kesimine bir göl yerleşmiştir. Gölün maksimum derinliği batimeri haritasına göre 36 metredir. Volkanizmaya adını veren göl tatlı su gölü niteliğindedir. Uzun yıllar boyunca Isparta Şehrinin içme ve kullanma suyu buradan karşılanmıştır. Ancak yapılan araştırmalara göre su içindeki flor oranın yüksek olmasından dolayı insanların ağız ve diş sağlığına olumsuz etkiler yaptığından bu suyun kullanımından vazgeçilmiştir. Gölün yüzeysel sular ile beslenme yetersizliğine rağmen su varlığını korumasının gerekçesi hidrojeoloji çalışmaları açısından önemli bir araştırma konusu olabilir.

Kalderanın güneyinde bulunan Pürenliova'nın zeminini oluşturan trakiandezitler hem bu ovanın güneyinde hem de kuzeyinde yani Gölcük Kalderası yamaçlarında kornişler oluşturmaktadır(Foto 26,27,28). Bu kornişlerin üzerindeki enkaz miktarı ve arazinin Pürenliova merkezine doğru oluşturduğu çukur ve eğim özelliğinden dolayı; Pürenliovanın bir paleokaldera olma ihtimalini akla getirmektedir.



Foto 27: Pürenliova ve güney yamaçlarda yer alan kornişler



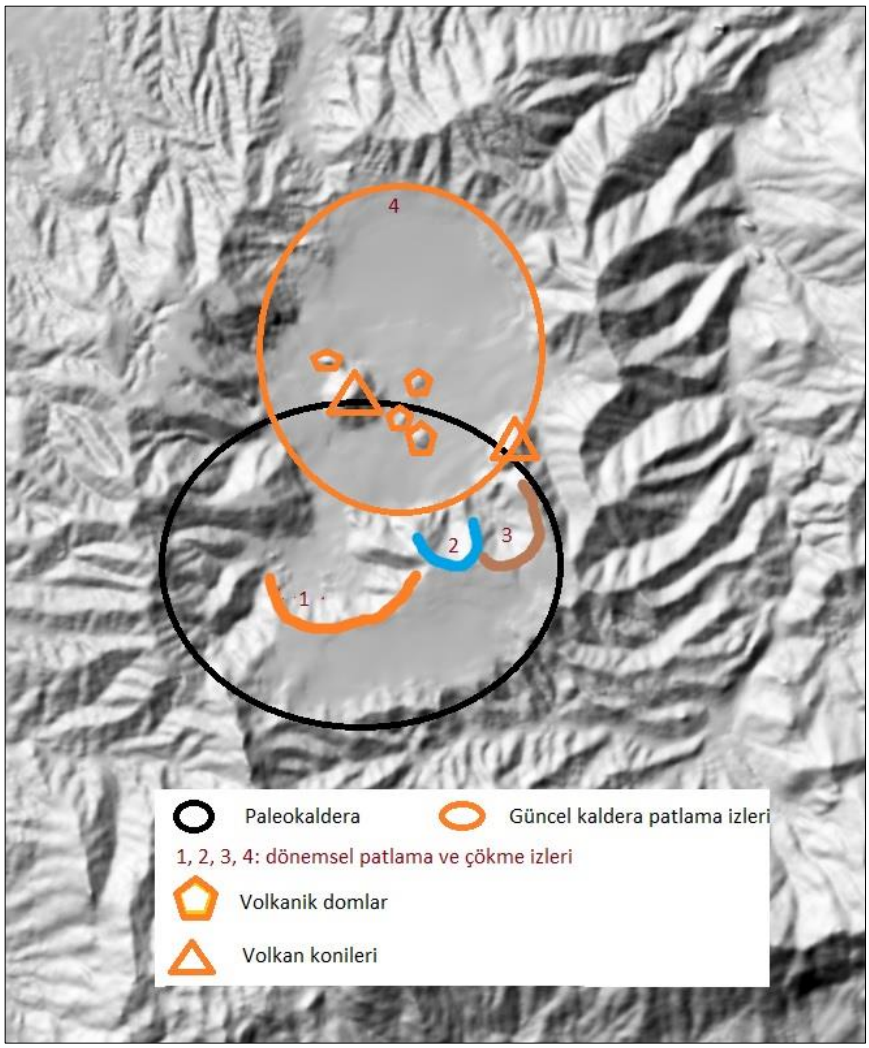
Foto 28: Pürenliova güneydoğusunda paleokaldera dış yamaç kornişleri

Pürenliova'nın bir paleokaldera olarak nitelendirilmesinde;

a. Pürenliovanın tabanında yer alan andezitlerin, yataya yakın tabakalanmasına (Foto 26, 27, 28)
b. Pürenliovanın, yamaçları basık bir depresyon görüntüsü sunması (Foto 27),
c. Akarsu vadilerinin uzanışının, Gölcük Kalderasının yeni yerleşiminden önce daha güneyde yükseltinin fazla olduğunu destekler şekilde olması (Şekil 52)
d. Pürenliova iç ve kenar kesimlerinde volkan konilerine ait izler ile dönemsel çökme ve patlama izleri bulunması (Şekil 47)
e. Güney sektörde kaldera kenarında yamaçlarda korniş oluşturacak andezitlere rastlanması, trakiandezitlerin merkezden fazla uzaklaşamadan katılaşmaları ve üzerlerini piroklastik materyallerin örtmesi
f. Güncel kaldera içi drenaj şebekesinin henüz yeterince kurulmaması, kalderanın kuzeydoğusunda derin vadilerin, kısa bir mesafe içinde kesintiye uğramaları ve kaldera duvarıyla son bulmaları, gibi kanıtlar etkili olmuştur.

Sahanın topoğrafya haritası incelendiğinde bu ifade edilen Paleokalderanın kuzey sınırının günümüzde Pilav Tepe ve volkan domlarının oluşturduğu söylenebilir (Şekil 44). Paleokalderanın kuzeyinde güncel kaldera yamaçlarını oluşturan kesimde çökme ve patlama karakjterini yansıtan izler bulunmaktadır (Şekil 47). Bu kesimden itibaren kaldera içindeki volkan konileri ve domlara geçilmektedir.

Isparta'nın batı ve güneybatısında volkanizma açısından ilk evrelerde oluştuğu düşünülen bir diğer paleokaldera ise Hisar Tepe ile Pürenli Tepe arasında yer almaktadır (Şekil 52). Piroklastik unsurların oldukça fazla miktarda yüzeylendiği bu kaldera yapısında, aşınımdan dolayı jeomorfolojik özelliklerin anlaşılması güçleşmiştir.



Şekil 47: Paleokaldera ve güncel kaldera sınırları

2.2.3. Lav ve Piroklastik Akıntıları

Gölcük volkanizmasının her evresinde yüzeylenen volkanik malzeme gri, yeşilimsi, sarı veya açıkkahve renkli andezitik-trakitik lav, lamprofir, bazaltik trakiandezit, trakiandezit, trakit bileşimli kayaçlar, tüf, tüfit, pomza, lapilli ve kum gibi unsurlardan oluşmaktadır (Bölüm 1.1.1.) (Şekil 11, 12).

Volkanik kayaçlardan andezit, gölcük kalderası iç ve dış kenarlarında sıkça görülen belirgin kornişler (Foto 26, 27) oluşturmaktadır. Hisar Tepe, Milas deresi dolaylarında, Karatepe, Yakaören köyü civarında, ayrıca Karakaya Tepe, Kocakır Tepe gibi tepelerde yine andezit akmalarına ait izler görülmektedir. Andezit lavlarının tüflerle ardalanmalı olmaları (Foto 29), ayrıca yer yer dayklar oluşturarak tüfleri kesmeleri, onların farklı volkanik evrelerin ürünleri olduklarını göstermektedir.



Foto 29: Gölcük Kalderası doğusundaki Dere vadisinde andezit, trakiazdezit kayaçlarla r üzerinde tefra

Tabanı görülemediği için andezitik lavların kesin kalınlığını söylemek olanaksızdır. Ancak arazi ve topografya yorumuna bağlı olarak, Gölcük krateri dolaylarında andezitik lavların düşey (görünür) kalınlığının 300m den fazla olduğu kabul edilmektedir (Karaman, 1990; Elitok vd., 2008). Andezitik akmaları bölgede var olan çok sayıda koniden gerçekleşmiştir. Bu lavların içerisindeki silisyum miktarının bazalta göre fazla olması yani akıcılıklarının az olması ve çıktıkları yerde katılaşmaları, fazla mesafe kat edememeleri gibi nedenlerle andezit lav platoları kurulamamıştır. Bunda volkanizmanın çok sayıda dönem ve faz ile kesintiye uğraması da etkili olmuştur. Ancak bu süreç de konilerin yükselmesine katkı sağlamıştır.

Dayklar halinde trakiandezitik kayaçlar sahanın büyük bölümünde bulunmaktadırlar, özellikle Pilav Tepe, Hisar Tepenin güneyinde ve batısında gözlenirler (Şekil 11) ayrıca Yakaören çevresinde gözlenirler. Trakitik-trakiandezitik kayaçlar, dayklar halinde görüldükleri gibi küçük sivri dom yapıları da oluşturmaktadırlar.

Hafif volkanik malzemeden oluşmuş piroklastik unsurlar her volkanik evrede yüzeylendikleri gibi en son volkanik evrelerde yüzeylenmiş volkanik unsular arazideki varlıklarını korumaktadırlar. Tüf, tüfit ve pomza, volkanik kökenli kil, killi silt, kum ve çakıl ile yer yer blok boyutundaki malzemelerin kalınlığı yüzeylendikleri konilerden çevreye doğru azalmaktadır. Özellikle Gölcük kalderasından uzaklaştıkça bu malzemelerin kalınlığında belirgin bir azalma olmaktadır. Isparta ovası doğu kesiminde 1 metreden az olan piroklastik materyal kalınlığı, Davras Dağı kuzey eteğinde 15 cm'ye düşmektedir (Foto 30). Birimler volkanik akmalar veya volkanik düşmeler neticesinde, bazen de sonradan aşınım ve birikim süreçlerinden etkilenme neticesinde, çoğu zaman yatay veya yataya yakın konumlu ve iyi tabakalanmalıdır.



Foto 30: Davras dağı kuzeyinde Neojen dolguları içinde pomza dizisi

Çalışma sahası içerisinde piroklastik akama ve düşme çökelleri özellikle Gölcük Kalderası kuzeyinde ve yakın çevresinde haritalanmıştır (Şekil 52). Burada arazi, volkanik materyalin aşınımdan fazlaca etkilenmesinden dolayı fazla parçalanmıştır. Kuzey güney yönde eğim %15 - %40 arasındadır. Arazinin genelinde bu materyallere rastlanmasına rağmen Isparta ovasıda alüvyon miktarının artması ve

toprak kalınlığının artması nedeniyle buralarda piroklastik akma ve düşme çökelleri haritalanmamış onun yerine jeomorfolojik birim olan ova haritalanmıştır.

2.2.4. Vadiler

Gölcük volkanizmasını çalışma sahasının merkezi olarak kabul ettiğimizde ışınal diğer bir ifade ile radyal akarsu ağından bahsetmek mümkündür. Çalışma sahasındaki diğer volkan konilerinde de radyal drenej sistemi kurulmuştur (Şekil 27). Gölcük volkanizmasının doğu kesiminde yükseltinin artması ve volkanik materyalin son derece gevşek yapıda olması nedenleriyle vadi derinlikleri oldukça fazladır. Bununla birlikte çalışma sahası genelinde Isparta ovası haricinde yarılma dereceleri de yüksektir. Profil serilerinden (Şekil 35, 36, 37, 38, 39, 40) de anlaşılacağı üzere vadi oluşumu çoğunlukla gençlik aşamasındadır. Dere vadisi ile Darıdere vadisi çalışma sahası içerisinde en uzun ve derinlikleri en fazla olan vadilerdir (Şekil 52). Bu iki vadi çoğunlukla volkanik malzemeden oluşmuş olan arazide yerleşmiş bulunmaktadır. Dere vadisi kuzey-güney yönelimli olup, Hisar Tepe konisinden sonra doğuya yönelir.

Kalderanın doğu yamacında kuzeydoğu-güneybatı yönelimli dik yamaçlı derin vadiler Dere akarsuyunun kollarını oluşturmaktadır (Şekil 27). Dere vadisi profil serilerinde de anlaşılacağı üzere genç bir vadidir (Şekil 38). Bakı haritası (Şekil 41) incelendiğinde Gölcük kalderası batı iç yamaçlarından itibaren topoğrafya çoğunlukla doğuya yönelimli olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Bu durum da Gölcük merkezli bir volkanik etkinlik veya gaz çıkışı sürecinde gaz veya volkanik materyalin, dere vadisi ve doğu sektöre yönelimli diğer vadiler aracılığıyla Isparta şehir merkezine taşınabileceği ifade edilebilir.

Gölcük kalderası dış yamaçları doğu kesiminde çok sayıda dik yamaçlı dar ve derin vadi görülmektedir. Bunların enine profilleri incelendiğinde (Şekil 37) genç oluşumlu vadiler olduğu söylenebilir. Vadi kenarlarında andezitik korniş aflörmanlarına rastlanmakla birlikte; yamaçlar çoğunlukla piroklastik malzemelerden oluşmaktadır. Birbirine tam paralel olmayan bu vadilerin uzanış doğrultusu incelendiğinde (Şekil 27) Gölcük kalderasının günümüz yapısı oluşmadan önce

güney kesimde başka bir yükseltini olduğu sonucu akla gelmektedir, bu yükselti de Pürenliova paleokalderası olarak düşünülmüştür.

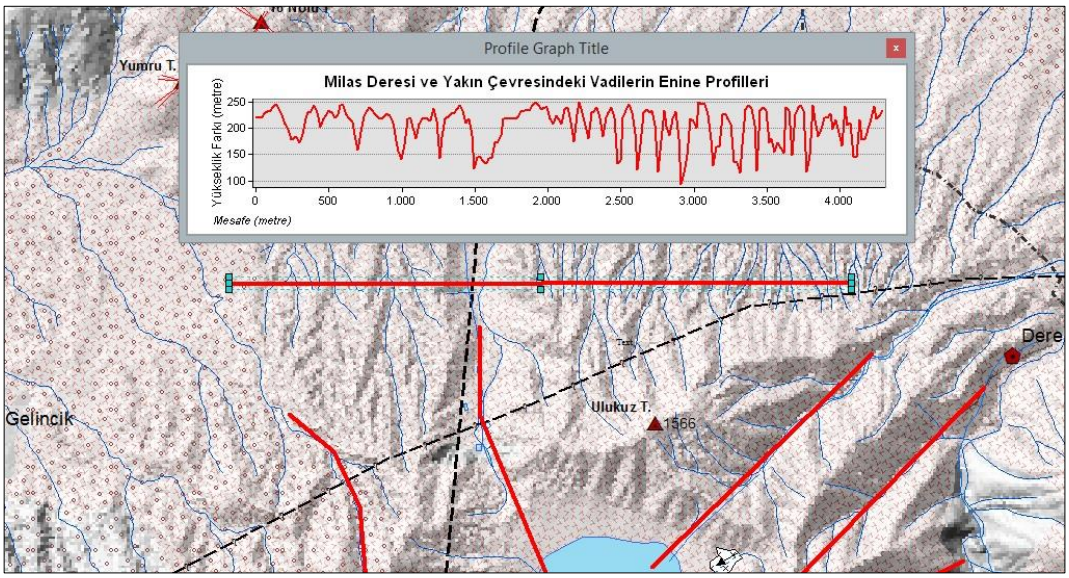
Gölcük volkanizmasının ilksel evrelerinde oluşmuş olan topoğrafyaya gömülü Darıderesi vadisi kuzeydoğu-güneybatı doğrultuludur. Bu vadinin boyuna profili kısmen içbükey bir görüntü arz etmektedir (Şekil 39). Buna karşılık enine profil serilerine bakıldığında "V" şekilli genç bir vadi olma özelliği göstermektedir. Vadi muhtemel bir fay hattı üzerine yerleşmiş bulunmaktadır.Bu vadide Isparta ovasının sulanması ve kullanma suyu amacıyla baraj kurulmuştur. Barajın erozyon ile taşınan maddeler ile ömrünün kısalmaması için baraj su birikim alanından önce çok sayıda bent inşa edilmiştir (Foto 31).



Foto 31: Darıderesi Barajından su toplama sahası öncesine kurulan bentler

Gölcük Kaderası kuzey kesiminde bulunan piroklastik düşme ve akma yüzeyinde piroklastik mateyal içerisine gömülmüş çok sayıda irili ufaklı ve genellikle güneyden kuzeydoğuya bir yay çizen çok sayıda sel yarılması karakterli vadi kurulmuştur (Şekil 48). Bunlardan kuzey-güney yönlü Milas deresi en belirgin olan vadidir. Milas Deresi vadisi Gölcük kalderasının açılma hattı üzerinde (Şekil 11, Şekil 52) bulunmaktadır. Bu vadinin fay hattı üzerinde yer aldığı da söylenebilir. Vadiler

genellikle mevsimlik akarsular ile inşaa edilmiştir. Bu kesimde bulunan vadiler Isparta ovasında son bulmaktadırlar (Şekil 27).



Şekil 48: Gölcük Kalderası kuzeyinde akma vedüşme piroklastik mateyaline gömülmüş genç vadiler

Gölcük volkanizması haricinde bir diğer çalışma konusu olan "Volkanik Gaz Risk Analizi" için topoğrafik özelliklerin başında gelen ve gaz çıkışının olduğu Uyuz Pınarı mevkiinin bağlı olduğu Büyükkükürt Deresi vadisi değinmemiz gereken bir diğer vadidir (Foto 32 a,b). Bu vadi güneybatı-kuzeydoğu doğrultuludur. Şekil 35'te görüldüğü gibi boyuna profili kısmen iç bükey bir nitelik kazanmıştır. Enine profiline baktığımızda ise gençlik safhasında olduğu kuzey yamaçların daha fazla yatık olduğu izlenmektedir.

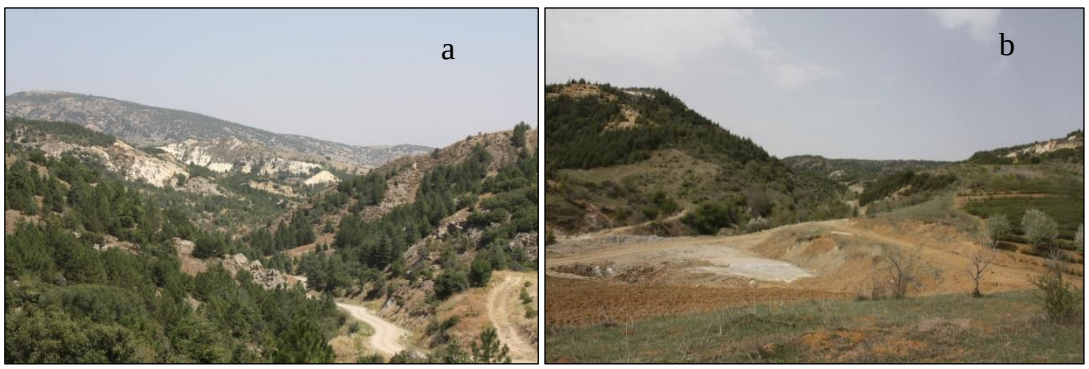
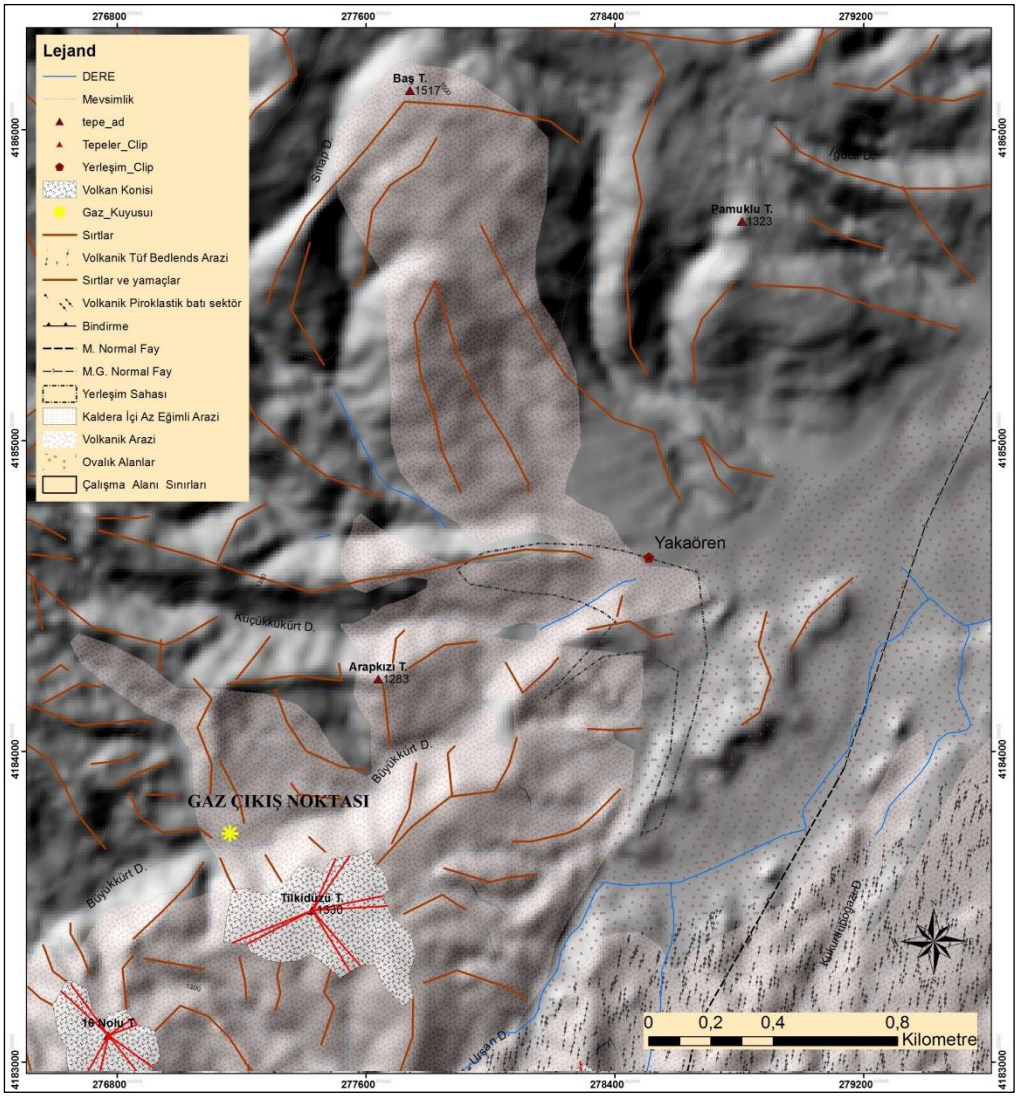


Foto 32: a.Büyükkükürt Vadisinin güneybatıdan görünümü, b. Büyükkükürt Vadisinin kuzeydoğudan görünümü

Büyükkükürt deresi; sondaj kuyusundan çıkan veya çıkabilecek gazın yönelimini etkileyebilecek bir topoğrafik özelliğe sahiptir (Şekil 49, 52). Uyuz Pınarı (Gaz çıkış noktası) mevkiinde vadi tabanı ile yamaçların en yüksek noktaları arasında ortalama 120 metrelik yükselti farkı vardır (Foto 32 a, b). Kuzey yamaçları güney yamaçlarına oranla daha yatıktır. Güney yamaçlar volkan konilerine dayanmaktadır. Volkan konilerinin yamaçlarındaki kornişler dikkat çekicidir. Vadi yamaçlarında ağaçlandırma çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Vadi; sahip olduğu topoğrafik özelliğiyle bir oluk karakterini yansıtır ve bu oluk atmosferik dispersiyonu etkilemektedir.



Şekil 49: Büyükkükürt vadisi ve çevresinin jeomorfoloji haritası

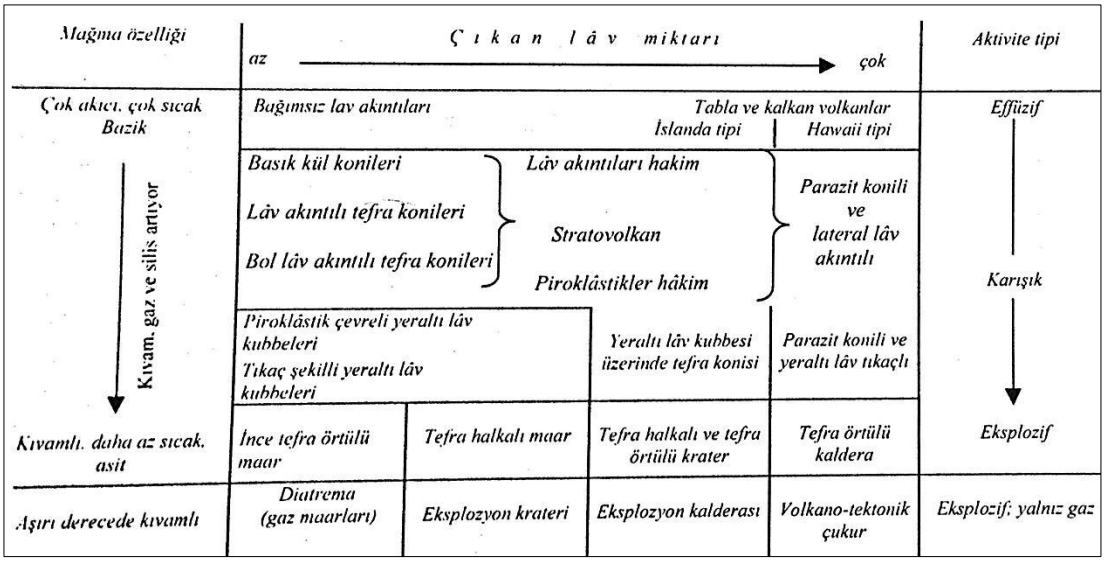
2.3. Volkanik Patlama Özellikleri

Gölcük volkanizması, bir biirnden farklı evre ve bu evrelere ait farklı dönemlerde oluşan fazlarla aktivitesini sürdürmüştür. Andezit, trakiandezit, trakit kayaçlar ile pomza ve diğer piroklastikler volkanizmanın başlıca unsurları olmuştur. Piroklastik unsurlar hemen hemen her dönemde görülmektedir. Volkanik istifte bu durum rahatlıkla göze çarpmaktadır. Volkanik materyalin volkanizma bölgesinde 50- 60 km uzaklarda istif olarak görülebilmesi Gölcük Volkanizmasının patlamalı karakterli bir volkanizma olduğunu işaret etmektedir.

Volkanik aktivite ile yüzeylenen tefra çoğunlukla Gölcük kalderasının kuzey, kuzeydoğu ve doğusunda istiflenmiştir. 200 m'ye yakın istif kalınlığı Eğirdir ve Burdur göl taraçalarında 15-20 cm kadar düşmektedir.

Gölcük Volkanizmasının genel özelliklerine ilişkin veriler Erinç (1971)'den alınan tabloya (Tablo 22) uyarlandığında, eksplozif karakterli, kıvamlı daha az sıcak, asit, tefra örtülü kaldera yapısı gibi özellikler taşıdığı anlaşılmaktadır.

Tablo 20: Jenetik volkan topoğrafyası tileperi ile volkanizmanın niteliği arasındaki ilişkiler (Erinç, 1971)



2.4. OSL Yaşlandırma (Tarihlendirme)

OSL (Optik Uyarmalı Lüminesans) tarihlendirme tekniği, kuvars ve feldspat gibi bazı doğal minerallerin ışıkla uyarılmasıyla açığa çıkan ışınımın ölçülmesi esasına dayanmaktadır. Lüminesans teknikleriyle yapılan tarihlendirmelerin önemli avantajı birkaç on yıl ile yüzbinlerce yıl (± 40.000 – 300.000 yıl) aralığında kuvars ve feldspat mineralleri içeren katı sedimentler için uygulanabilmektedir (Turoğlu, 2011b).

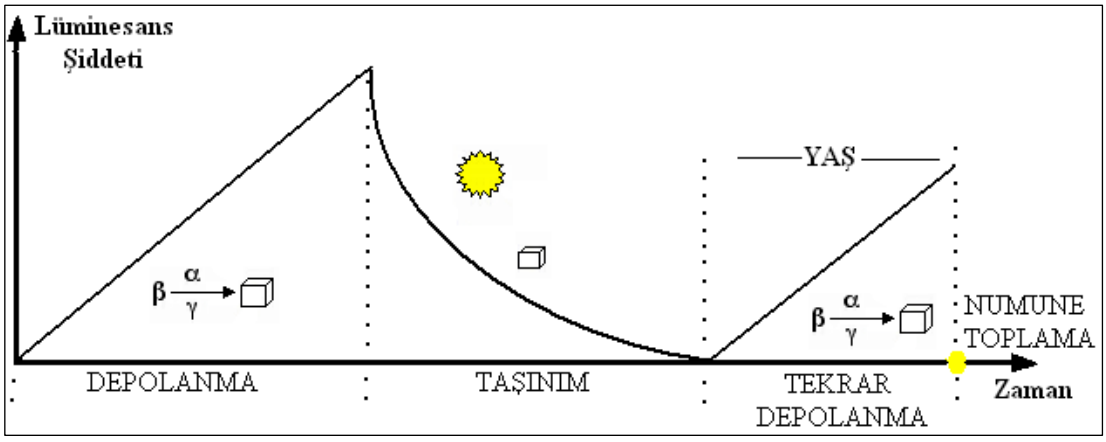
Lüminesans mekanizması şöyle gerçekleşmektedir; yeterli süre ısı ya da ışığa maruz kalan toprak malzemenin tüm tuzakları boşalır. Bu olaya lüminesans saatin sıfırlanması denir (Şekil 50) (Atlıhan, 2008).

Genellikle, bir arkeolojik eserin lüminesans saati, eserin üretim aşamasındaki fırınlamayla, bir jeolojik numunenin lüminesans saati ise bir önceki konumundan son konumuna taşınması sırasında maruz kaldığı gün ışığıyla sıfırlanır. Tarihlendirme çalışmalarının temel varsayımı, tarihlendirilecek numune için sıfırlanma olayının gerçekleşmiş olmasıdır. Bir arkeolojik ya da jeolojik numunenin tuzakları, toprağa gömülme anından çıkartılma anına kadar geçen süre içerisinde, topraktaki radyoaktif mineraller ve kozmik ışınlardan kaynaklanan çevresel radyasyon dozuyla orantılı olarak dolar. Dolan bu tuzaklar ışığa çok duyarlı olduğundan arazi ve laboratuvar çalışmaları süresince düşük şiddetli kırmızı ışık kullanılır. Toplanan numune laboratuvarda ışıkla veya ısıyla uyarılır, bunun sonucunda dolu tuzaklar boşalır. Bu boşalmayla elde edilen lüminesans şiddeti, numunenin lüminesans saatinin sıfırlanmasından itibaren soğurduğu doz ile orantılıdır. Bu soğrulan doz miktarına eşdeğer doz denir (Aitken, 1985; Atlıhan, 2008).

Tarihlendirme için önemli başka bir büyüklük de yıllık dozdur (YD). Yıllık doz; numunenin, toprağın içeriğinde bulunan radyoaktif elementlerden ve kozmik ışınlardan dolayı bir yılda soğurmuş olduğu dozdur. Tarihlendirme çalışmalarındaki önemli bir varsayım da tesbit edilen yıllık dozun, gömü boyunca numune için sabit kalmış olmasıdır.

$$Yaş = \frac{Eşdeğer \quad Doz}{Yıllık \quad Doz}$$

Yaş, denklemden de görüldüğü gibi eşdeğer dozun yıllık doza oranlanmasıyla hesaplanır. Burada yaşla kastedilen, numunenin son defa ışığa veya ısıya maruz kalmış olduğu tarihten, topraktan çıkartılmasına kadar geçmiş olan süredir. Bugüne kadar lüminesans yöntemlerle yaş tayini çalışmalarında elde edilen yaşlar onlarca yıldan milyonlarca yıla kadar değişim göstermiştir (Wintle 1997; Aitken 1985; Atlıhan, 2008).



Şekil 50: Doğada Lüminesans saatinin sıfırlanması ve tekrar çalışması (Atlıhan, 2008)

Çalışma sahasında arazi gözlemleri sonucunda volkanik materyallerin çok uzaklara taşındığı izlenmiştir. Gölcük volkanizmasına ait bu materyalin en son hangi aktivite dönemlerinde yüzeylenmiş olabileceğine ilişkin sonuçlara ulaşmak için OSL (OptikUyarmalı Lüminesans) yönteminin kullanılması düşünülmüştür. Çalışma kapsamında çalışma sahasında 2010 yılında yapılan arazi çalışmalarında OSL tarihlendirmesi için alınan 4 adet numunenin tarihlendirilmesi Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fizik Mühendisliği Bölümünde yaptırılmıştır (Tablo 22). 1 adet numunenin yaşlandırılması ise Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi Laboratuvarında yaptırılmıştır (Tablo 23) (Şekil 51).

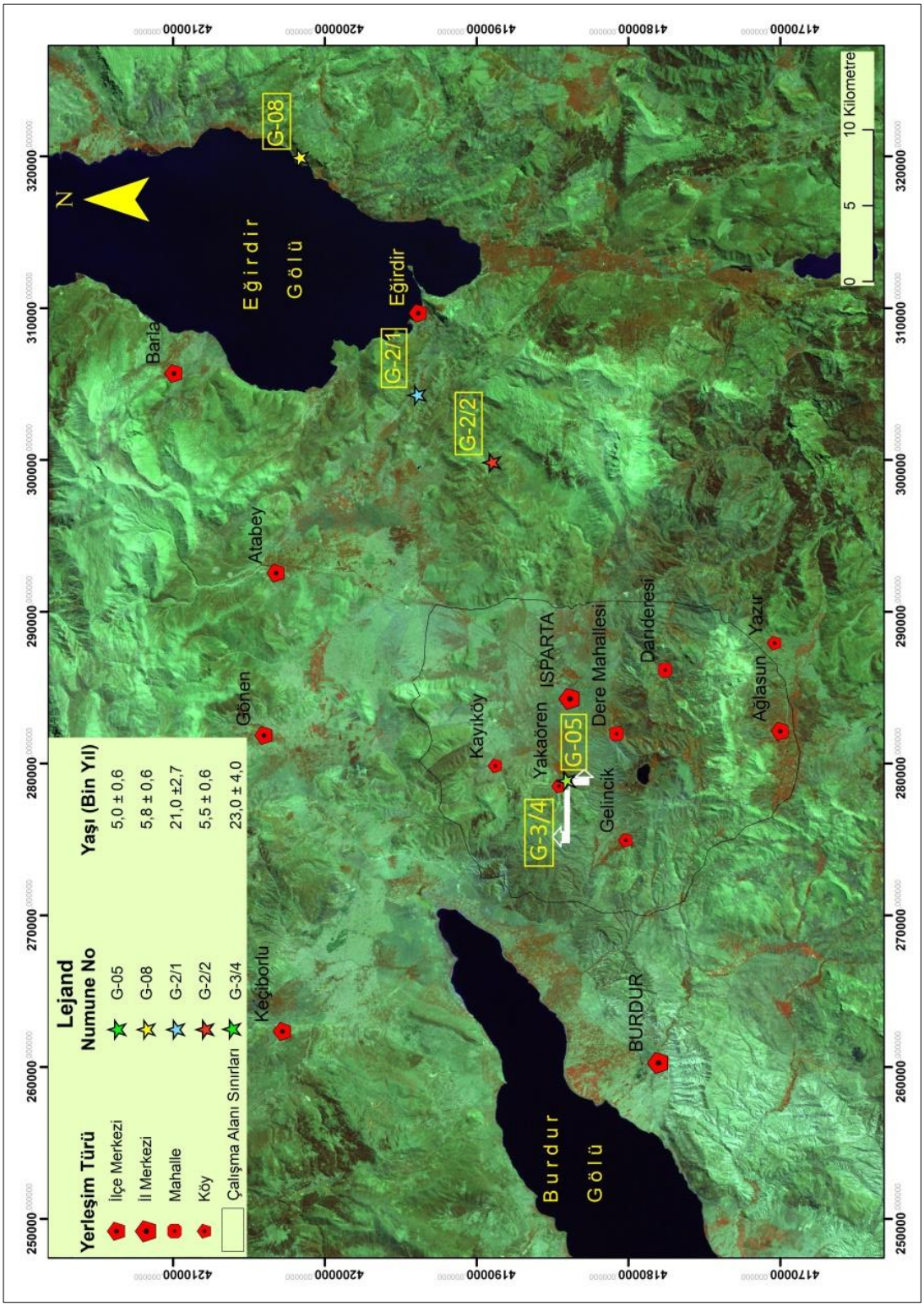
Buna göre; Eğirdir yolu üzerinde yol yarmasından alınan G-2/1 kodlu numune 21,0 ± 2,7 bin yıl yaş aralığı değeri vermiştir (Foto 33).

Eğirdir Gölü doğu kıyısında Mahmatlar köyü yakınlarından alınan pomza numunesi (G-08) 5,8 ± 0,6 bin yıl aralığında yaş değeri vermiştir (Foto 34). Isparta-Davras dağı kuzeyinden alınan G-2/2 kodlu numune 5,5 ± 0,6 bin yıl yaş aralığı değerini vermiştir (Foto 35).

Yakaören köyü güneyinden alınan G-3/4 kodlu numuneden 23,0 ± 4,0 yaş değeri elde edilmiştir (Foto 34). Aynı istifin üstünde daha genç bir volkanik sürece denk geldiği düşünülen seriden alınan G-O5 kodlu numuneden 5,0 ± 0,6 bin yıl yaş değeri elde edilmiştir (Foto 36).

Numune Kodu	**Kordinat**		**Eşdeğer Doz (Gy)**	**Yıllık Doz (Gy/bin yıl)**	**Yaş (bin yıl)**
	X	**Y**			
G-08	319529	4201681	68,1 ± 3,4	11,4 ± 0,2	5,8 ± 0,6
G-2/1	304465	4194602	109,8 ± 5,5	5,2 ± 0,2	21,0 ± 2,7
G-05	278680	4183871	68,6 ± 3,4	13,8 ± 0,3 (Üst İstif)	5,0 ± 0,6
G-3/4	278680	4183871		(Alt İstif)	23,0 ± 4,0
G-2/2	299926	4187416	62,4 ± 3,1	11,4 ± 0,2	5,5 ± 0,6

Tablo 21: OSL yaşlandırması yapılan numuneler ve numune yaşları



Şekil 51: OSL için numune alınan noktalar



Foto 33: G-2/1 Numunesi Isparta-Eğirdir yolu üzeri



Foto 34: G-08 Numunesi Eğirdir Gölü doğusu



Foto 35:G-2/2 Numunesi Davras Dağı Kuzeyi



Foto 36: G-05- G-3/4 numunelerinin alındığı Yakaören Köyü güneyi

2.5. Jeomorfolojik Gelişim

Isparta büklümü üzerinde bulunan çalışma sahasında jeomorfolojik özellikler iç-dış etken ve süreçler tarafından belirlenmiştir. Çalışma sahasında Mesozoik, Tersiyer, Kuaterner'e ait litolojik birimler, üst üste diziliş bakımından karmaşık bir görüntü sergilerler. Bu karmaşık diziliş bölgedeki tektonik hareketlerin özelliği ve volkanizmanın bazen kesintiye uğramış evreleriyle açıklanabilir.

Üst Kretase durgun derin denizel ortam, bu ortamda oluşan Akdağ kireçtaşları Burdigalien sonrasında inceleme alanına yerleşmiştir. Üst Paleosen-Alt Eosen'de ofiyolitik melanj Akdağ kütlesi kuzeyine yerleşmiştir.

Laramiyen hareketleri ile birlikte bölgede tektonik olarak açılma rejimi yerini sıkışma rejimine bırakmıştır. Üst Eosen Erken Miyosen arasındaki dönemde bölgede sıkışma rejimi devam etmiştir. Böylece nap sistemleri sıkışmanıın etkisiyle Bey Dağları otoktonuna doğru ilerlemişlerdir. Bu paleotektonik dönem Langiyeri'de tüm tektonik birliğin Beydağları otoktonu üzerine yerleşmesiyle son bulmuştur.

Neotektonik dönem olan Orta ve Geç Miyosen ile Pliyosen'de ise Isparta açısının tektonik hareket mekanizmasında değişiklik olmaya başlamıştır. Bu dönemde bölgede tektonik olarak açılma rejimi başlamıştır. Bu açılma veya diğer bir ifadeyle genişleme rejimi sonucu olarak Isparta açısı; verev atımlı normal faylanma ile ilgili depremlerin fay düzlemi çözüm diyagramlarıyla karakterize edilen yeni tektonik rejimin iyi bilinen tip alanlarından biri olmuştur (Koçyiğit, 2008).

Afrika-Ege/Anadolu çarpışması sonucu sıkışmış bulunan mağmanın yerkabuğuna doğru sokulması ve zayıf zonlar oluşturan; açılma rejimli tektonik hareketler ile meydana gelmiş doğrultu atımlı fayların olduğu kesimlerden yeryüzüne ulaşması volkanizmayı gerçekleştirmiştir. Doğrultu atımlı fayların oluşması Orta Miyosen ve sonrasıdır. Gölcük volkanizmasının başlangıcı olarak da Pliyosen kabul edilmektedir. Civarda gerçekleşen depremlerin episantr odak derinlikleri 25-30 km olması volkanizmanın bu faylar aracılığıyla gerçekleştiğini göstermektedir.

Gölcük hem bu çalışma kapsamında yapılan yaşlandırma çalışmları, hem de daha önceki araştırmacılar tarafından yapılan yaşlandırma çalışmları ile jeomorfolojik gözlemler değerlendirildiğinde; 5 (beş) ana etkinlik dönemi ve bu dönemlerin her birinde çok sayda volkanik faz olarak sınıflanabilmektedir (Tablo 24).

Tablo 22: Gölcük volkanizması aktivite dönemleri

Evre	Tarihlendirme	Litolojik-Birim-Özellik	Kaynak
1.Evre	Pliyosen-İlksel Gölcük volkanizması	Trakiandezit- trakitik lavlar ve bazaltik trakiandezittik-trakibazaltik lav çıkışı, Hisar Tepe, Karatepe, Gilikkaya Tepe, Karakaya Tepe, Tepebaşı Tepe, Yakaören dolaylarında ve Çünür konilerinin oluşumu,	(Çoban, 2005) (Leferve vd., 1983) (Kazancı ve Karaman, 1988)
2.Evre	Yaklaşık 1, 5 milyon yıl önce başlayan volkanik etkinlik	Piroklastiklerin oluşumu	(Çoban, 2005)
3.Evre	Yaklaşık 200 bin yıl önce başlayan aktivite süreci	Piroklastiklerin ve fonolitik çember daykların oluşumu	(Platevoet vd., 2006) (Platevoet vd., 2008) (Özgür vd., 2008) (Elitok vd., 2008)
4.Evre	Yaklaşık 115 bin yıl önce başlayan evre; şiddetli patlama dönemi	Bu dönemde maar tipi patlama ile önceki volkanik domlar parçalanmıştır	(Platevoet vd., 2006) (Platevoet vd., 2008) (Özgür vd., 2008) (Elitok vd., 2008)
5.Evre	20-25 bin yıl önce şiddetli patlamayla başlayan ve 5 bin yıl öncesine kadar devam eden volkanik süreç	Dom ve daykların yerleştiği volkanik püskürme neticesinde etrafa yayılan piroklastiklerin akarsu ve göl taraçalarında gözelenbildiği son dönemdir	(Platevoet vd., 2006) (Platevoet vd., 2008) (Özgür vd., 2008) (Elitok vd., 2008)

Gölcük volkanizmasının ilksel ürünlerini, Poison (1977) çalışmasında Gölcük volkanitleri olarak tanımlamıştır. Elitok ve arkadaşları (2008) ile Özgür ve arkadaşları (2008) tarafından bu birim kaldera dışı volkanitler olarak tanımlanmıştır.

Pliyosen'e atfedilen bu ilksel volkanizma Isparta ile Akdağ arasında, Göcük kalderası çevresinde Hisar Tepe, Karatepe, Gilikkaya Tepe, Karakaya Tepe, Tepebaşı Tepe, Yakaören dolaylarında ve Çünür çevresinde yüzeylenmişlerdir (Şekil 43, 52). Buralarda oluşmuş olan volkan konileri aşınımdan etkilenmiş olsalar bile halen varlıklarını korumaktadırlar.

Gölcük Kalderası'nın güneyindeki Pürenova'da, Pliyosen volkanizmasından günümüze kadar morfolojik karakterini büyük oranda kaybetmiş olan ilksel bir kalderanın izleri bulunmaktadır (Şekil 47, 52). Bu kalderanın güney kesimini ve doğu kesimini derin akarsu vadiler sınırlandırır. Kuzey ve batı kesimini ise güncel kalderanın meydana gelmesi esnasında oluşumuş kornişler sınırlandırır (Foto 26).

Pliyosen'de Karatepe'nin batısında ayrıca bir kaldera oluşumu gerçekleşmiş olup, bu dönem çok sayıda volkan konisi ile temsil edilmektedir. Konilerde değişik türden yapı görülmesi ve volkanik materyallerin ardalanmalı olmaları dikkate alındığında ilksel volkanizmanın çok sayıda fazdan ibaret olduğu söylenebilmektedir.

Leferve ve arkadaşları (1983) çalışmalarında bu ilksel volkanik oluşumuz K/Ar yöntemi ile yaptıkları yaş tayininde 4-4,7 milyon yıl olarak tanımlamışlardır. Çoban (2005), tarafından yapılan çalışmada volkanik daykların oluşumu (6,21±0,3 my) trakiandezit- trakitik lavlar (4,6±0,23-4,25±0,21 my) ve bazaltik trakiandezittik-trakibazaltik volkanizma gelişim (4,07±0,2-3,68±0,5 my) volkanik patlamaya bağlı olarak piroklastiklerin (1,5±0,18-0,39±0,2 my) ve fonolitik çember daykların oluşumu (0,35±0,1 my) olarak değerlendirilmiştir. Elitok ve arkadaşları (2008), çalışmalarında volkanizma bölgesinde lamprofirik bir mağma çıkışı ile volanizmasının başladığı düşüncesini lampriforik daykların bölgede diğer kayaçları kesmelerinden dolayı reddetmektedirler. Bu verilere dayanarak; ilksel volkanizmanın araştırıcılar tarafından yapılan tarihlendirme çalışmaları da dikkate alındığında Pliyosen'de başladığı ve Pleistosen'de devam ettiği söylenebilir.

İlksel volkan morfolojisi ünitelerinin varlığını korumasının sebebi birimin genelde gri, yeşilimsi, sarı veya açıkkahve renkli andezitik-trakitik lav, lamprofir, bazltik trakiandezit, trakiandezit ve trakit bileşimli kayaçlardan oluşmasıdır. Ayrıca tefrifonilit, aglomera, laharlar, pomza serileri, tüf de aralıklı olarak yer almaktadır.

Pleyistosen volkanizmasının Platevoet ve arkadaşları (2006) yaptıkları çalışmada ^{40}K / ^{39}Ar tarihlendirme yönteminde tefra yaşlandırması ile 1. Evre 206 ka±10 ka – 173 ka ±8 ka arası olarak belirlemişlerdir. Bu dönemin en fazla 6 fazdan oluştuğunu belirtmişlerdir. 2. Evre 115 ka ± 3 ka – 62 ka±2 ka arası şiddetli patlama dönem, 3. Evre 74 ka±4 ka – 24 ka±2 ka arası dönem olarak saptanmıştır. Bu üç dönemde maar tipi patlama ile önceki volkanik domlar parçalanmıştır. Bu dönem trakitik domların oluşumu ile son bulmuştur.

Bu tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen OSL tarihlendirme sonuçları değerlendirildiğinde; Gölcük volkanizmasının günümüzden 20 bin yıl- 25 bin yıl aralığında güçlü patlamalı karakterli bir yapı sergilediği sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuca ulaşılmasında numune alınan istif kalınlığı da etkili olmuştur. Eğirdir-Isparta yolu üzerindeki G 2/1 numunesi ile Yakaören Köyü güneyinden alınan G-3/4 numuneleri bunu desteklemektedir. Her iki numunenin alındığı yerde 30 cm'den fazla kalınlıkta volkanik istif göze çarpmaktadır. Ancak volkanik aktivite bu dönem aralığıyla son bulmamış günümüzden 5 bin- 6 bin yıl önceki dönemde tekrar gerçekleşmiş ve yine bu dönemde Gölcük volkanizmasından oldukça uzaklara gölden yaklaşık 41 km uzakta olan Eğirdir Gölü taraçalarından anlaşıldığı üzere piroklastik materyal gönderilmiştir (G-08 numunesi). Yakaören Köyü güneyinde en üst volkanik tabakadan alınan G-05 numunesinden, Davraz Dağı kuzeyinden alınan G-2/2 numunesinden ve Eğirdir Gölü doğusunda bulunan taraçadan alınan G-08 numunesinden birbirine yakın (5000-6000 yıl) tarih aralığı değerleri elde edilmiştir. Bu dönem piroklastiklerine Burdur gölü taraçalarında da rastlanılmıştır. Tüm bunlardan hareketle Gölcük volkanizmasının çok genç bir volkanizma olduğu ve patlamalı karakterdeki yapısıyla volkanik materyali çok uzaklara kadar gönderebileceği söylenebilmektedir.

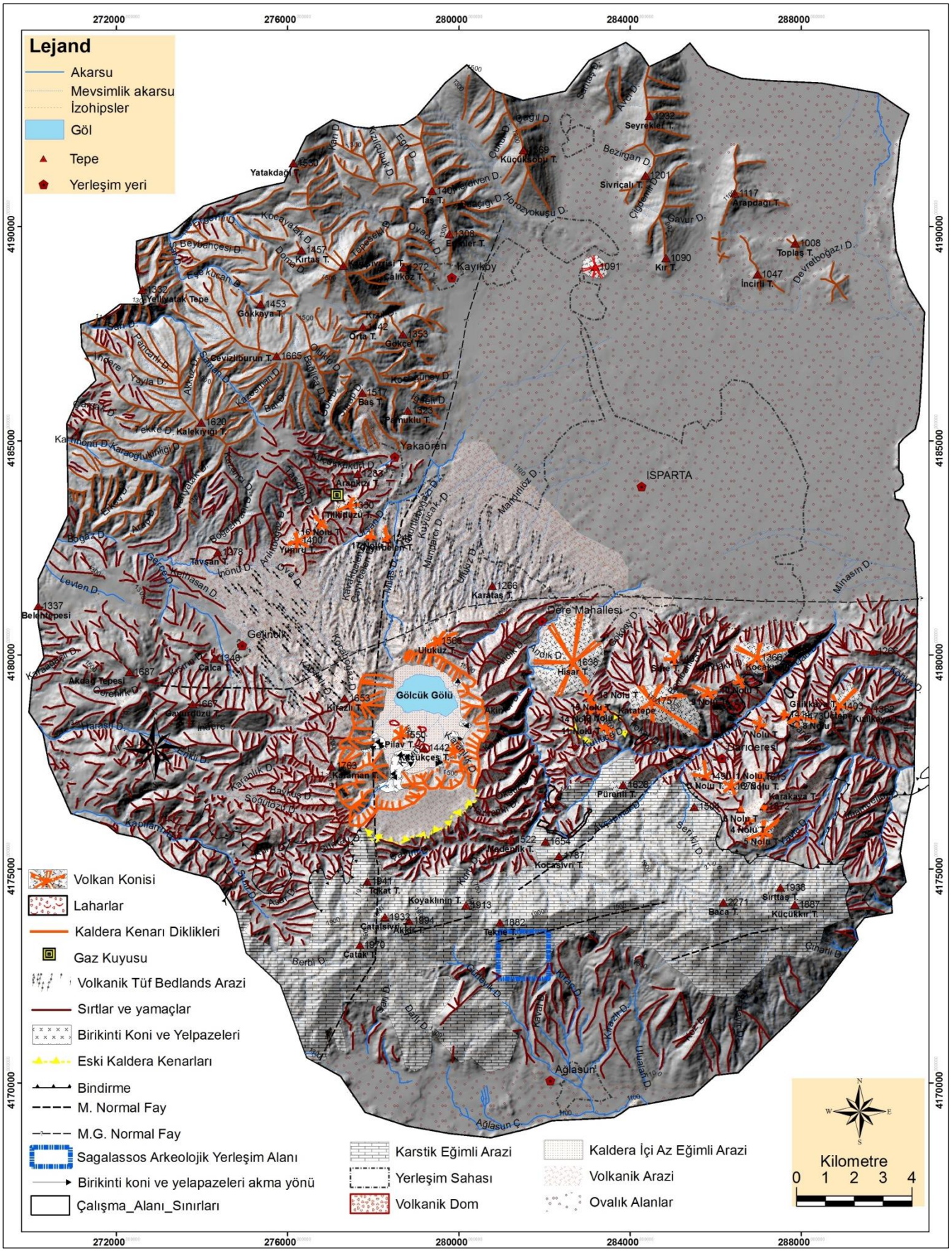
Pleyistosen volkanizmasının en önemli temsilcisi Gölcük kalderasıdır (Şekil 52). Bu dönemde Pürenliova paleokalderasının kuzeyinde volkanik patlama ve çökme ile Gölcük kalderası oluşmuştur. Kaldera oluşumunu takiben kaldera kenarında tefrifonilitik lav akıntıları ile bunları kesen dayklar (Foto 22), Küçükkes Tepe gibi volkanik domlar, Pilav Tepe gibi volkan konisi oluşan önemli jeomorfolojik birimlerdir.

Kaldera oluşumunu sağlayan volkanik patlama ile civara oldukça fazla miktarda piroklastik unsur dağılmıştır. Gerek akma gerekse düşme kökenli piroklastikler araziye yerleştikten sonra drenaj şebekesi kurulmaya başlamıştır. Özellikle kalderanın kuzeyinde ve doğu dış yamaçlarında akarsu ağının, gevşek tutturulmuş ve aşınımdan kolay etkilenebilecek volkanik materyale rağmen vadilerin çok genç olması volkanik faaliyetin de oldukça genç olduğunun bir kanıtıdır.

Kaldera içerisindeki Pilav Tepe volkanik konisi Gölcük volkanizmasının genç morfolojik öğesidir. Bu koninin kuzeyinde ve güneyindeki volkanik domlar ve onları kesen dayklar da yine genç volkanik şekillerdir.

Kaldera oluşumu ve ardından kaldera içindeki en derin noktaya suların toplanması ile Gölcük Gölü meydana gelmiştir. Göl su yüzeyinin yükseltisi yaklaşık 1380 m'ye karşılık gelmektedir. Göl tabanının güneydoğu kesiminde kaldera içindeki volkanik domları anımsatan yaklaşık 20 m yükseltili bir oluşum batimetri haritasından okunmuştur (Şekil 28).

Gölcük volkanizmasını Kuaterner döneminde genel olarak son derece hafif volkanik malzemeler olan tüf, tüfit ve pomza serileri temsil etmektedir. Bunlarda alt seviyelerde sert ve sıkı dokulu tüf ve tüfitler yer alırken üstte gevşek doldurulmuş tüfler yer alır (Kazancı ve Karaman, 1988).



Şekil 52: Çalışma sahası Jeomorfoloji haritası

3. BÖLÜM: VOLKANİK GAZIN RİSK ANALİZİ ve MODELLEMELER

3.1. RİSK OLUŞTURAN FAKTÖRLER

3.1.1. Fiziki Faktörler

3.1.1.1.Gazın Kimyasal Özellikleri ve Etkileri

Mağmanın içerdiği çözülmüş gazlar volkanik patlama esnasında atmosferde yükselirler. Bir kısım gaz ise litosferde, yüzeye doğru sokulur. Bu tip gazlar topraktan, volkan kuyularından, fumorallerden, hidrotermal sistemlerden atmosfere yayılırlar. Yer altındaki yüksek basınçtan dolayı gazlar mağma içinde sıkışmış halde yer alırlar. Mağma yüzeye yaklaştıkça içindeki basınç azaldığından; gaz mağmanın hareketini kolaylaştırır. Yüzeye yaklaştıkça gaz yapısında genleşme olur. Bu da mağmanın eriyik yapısında azalma anlamına gelir. Böylece volkanik eriyik tefra adındaki küçük parçalara ayrılır. Tefra ile birlikte volkanik gazlar atmosferde onlarca kilometre yükselirler gazlar ve kül bulutları binlerce kilometre volkandan uzaklaşabilir. Volkanik patlama ile yüzeylenen gazlar ilksel asit eorosollerdir. Volkanik gazın hacminde yüzeye doğru ilerledikçe çok büyük bir artış yaşanmaktadır. Yer altındaki 1 m^3 mağma atmosferik basınç altında 670 m^3 su buharı ve mağma karışımına karşılık gelir. Derindeki 1 m^3 gaz yüzeyde 8,75 m yükselir. Volkanik gazdaki bu şekildeki devasa genleşme ve su patlamalı yüzeylenme gücü oluşturur (Sparks vd., 1997; Web 6)

Volkanik gazlardan bazıları atmosferde veya kaynakta tepkimeyle aerosol formunu almaktadır. Daha da önemlisi Hidroklorik asit (HCL), hidroflorük asit (HF) ve sülfürük asit (H_2SO_4) oluşturabilmektedir. (Jones ve Rymer, 2000). Bu gazlar toksik gazlardır. Toksit gazlar aktif veya aktif olmayan volkanik alanlarda meydana gelebilirler. Gaz Kümesi veya gaz bulutu oluşturabilen bu gazlar zehirlenmelere, boğulmalara yol açabilirler. Volkanik bölgelerde; Karbon Monoksit (CO) , Klor, Flor, Baron ayrıca Subuharı (H_2O) Kükürt (S) Kükürt Dioksit (SO_2), Hidrojen Sülfür (H_2S) Sülfür Dioksit (SO_2), Hidrojen (H), Hidrojen Klörür (HCl) Hidrojen

Florid (HF) ve Helyum (He) gibi gazlar sahalarda yüzeye salınabilir (Tablo 25). (Web 6)

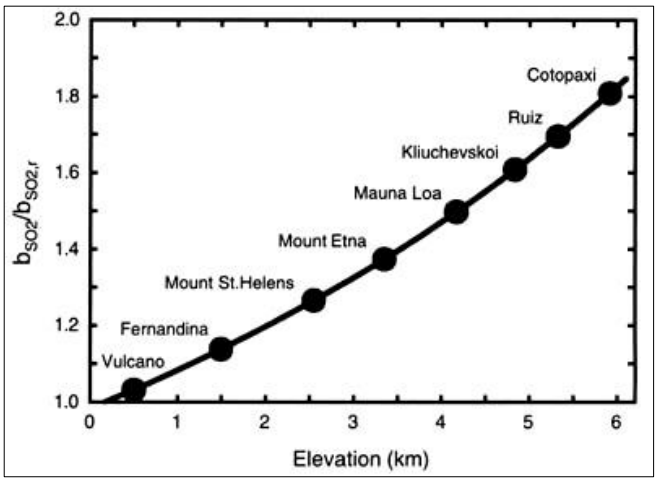
Tablo 23:Volkanik alanlarda yüzeylenebilen gazlar (Web 5)

TEMEL GAZLAR		TOKSİT GAZLAR	
N	Azot	HCl	Hidroklörük Asit
H	Hidrojen	HF	Hidro Flörür
S	Sülfür	H_2SO_4	Sülfürük Asit
F	Flor	H_2S	Hidrojen Sülfür
Ar	Argon		
CO	Karbon Monoksit		
Cl	Klor		
H_2O (70-90%)	Su (Buhar)		
CO_2	Karbondioksit		
SO_2	Sülfürdioksit		

SO_2 (Sülfür Dioksit):

Sülfürdioksit (SO_2) reaktif bir gazdır keskin kötü kokuludur ve solunum gerçekleştiğinde tahriş edicidir. Bu gaz çok düşük oranlarda bile yaşamı riske sokar. Yapılan çalışmalarda özellikle Astım hastalarının akciğer fonksiyonlarını bir kaç dakika içinde bozduğu sonucuna ulaşımıştır. Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre 175 ppbv 10 dakika solunum için ortalama değerdir. 24 saat için Kabul ettiği maksimum düzey 0,5 ppm'dir. 20 ppm göz tahrişine yol açar. 10000 ppm bir kaç dakikadan daha az sürede cildi tahriş eder. Havada 13 mg/m^3 olabilir. Kalp ile ilgili sorunlar yaşayanlar için tehlikelidir. Aktif bir volkandan 20 ton ile 10 milyon ton arasında SO_2 salınımı gerçekleşir. Bu volkanik aktivitenin türüne ve magma miktarına gore değişiklik gösterir. SO_2 volkanik sis ile hava kirliliğine de yol açar. (Delmelle vd., 2002; Web 6; Jones ve Rymer, 2000).

Yüksek basınç altında hava durgun olduğunda SO_2 oranı düşük olmaktadır. Soğuk cepheli gezici yüksek veya alçak basınç koşullarından kaynaklanan değişebilir hava koşullarında yüksek SO_2 konsantrasyonu kaydedilir (Naoko vd., 2003). Değişik volkanik alanlarda yapılan çalışmalara göre yükseklik arttıkça SO_2 salınımı da artmaktadır (Şekil 53) (Gerlach, 2003).



Şekil 53: Değişik yükseltilerde SO_2 salınımı (Gerlach, 2003)

H_2S (Hidrojen sülfür) :

Renksiz yanıcı, kötü hatta iğrenç kokulu, düşük bir miktarı dahi gözlere zarar verebilir. Bireyi depresif duruma sokabilir. Üst solunum yolunu tahriş eder. Uzun sureli solunumu akciğerlerde ödeme yol açar. 500 ppm'e kadar olan değerler başağrısı, baş dönmesi, telaş, sersemlik, ishal gibi olumsuzluklara yol açar. Hidrojen sülfür (H_2S) 4,6 ppm'e kadar kabul edilebilir. Üst sınır ortlama 10 dakika için 20 ppm'dir (Tablo 26). Havada 28 mg/m3 1000-2000 ppm arası basit bir nefeste sonra koma hali yaratır (Web 6 ; Jones ve Rymer, 2000).

Tablo 24:Hidrojen Sülfürün Değişik Konsantrasyonlarda İnsan Etkisi (Selene, 2003)

Çıkış Miktarı	Etkisi ve Gözlem	Kaynak
0.011	Solunum	Amoore & Hautala, 1983
2.8	Bronşlarda sıkışma ve astım belirtileri	Jappinen et al., 1990
5.0	Artan göz şikayetleri	Vanhoorne et al., 1995
7 or 14	Kanda laktik asit artması, İsklet ve kaslarda aktiviteyi sentezleyememe, oksijen alımında azalma	Bhambhani & Singh, 1991; Bhambhani et al., 1996b, 1997
5–29	Göz zedelenmesi	IPCS, 1981
28	Bitkinlik, iştah kaybı, baş ağrısı, iltihaplanma, hafıza zayıflığı, başş dönemsi	Ahlhorg, 1951
>140	Koku siniri felci	Hirsch & Zavala, 1999
>560	Solunum sıkıntısı	Spolyar, 1951
≥700	Ölüm	Beauchamp et al., 1984

CO_2 (Karbondioksit) :

Yüksek konsantrayonlarda olması insan ve hayvan ölümüne yol açabilen bir gazdır. Boğulmalara yol açan bir gaz örneğidir. Havadan ağır olduğundan alçak arazilere doğru yönelir. Havada %30'dan fazla olması durumunda solunumu farkında olmadan hızlı bir şekilde ölüme yol açar. Havada %5 CO_2 hızlı nefes almaya yol açar. Baş ağrısı, baş dönmesi, kusmaya yol açar. %10-15 olması kasları olumsuz etkiler. %20-30 konsatrasyonu bozar Kalifornia'da Long Valley Kaldera'sında ağaçların ölümüne yol açtığı da raporlanmıştır.1988-1989 yılları arasında bu bölgede çok miktarda CO_2 tespit edilmiştir. Bu olay aynı zamanda deprem dalgasına denk gelmiş, gaz çıkışı civardaki bitki örtüsünün ölümüne yol açmıştır. (Hathaway vd., 1991; Web 6)

Kış mevsiminde kar CO_2 nin kaçışını ve kaybolmasını engellemektedir. Böylece CO_2 oranı yükselir. CO_2 için ortalama 8 saat için 5000 ppm sınır kabul edillebilir. Havada 9000mg/m^3 kabul edilebilir değerdir (Jones ve Rymer, 2000).

HCl (Hidrojen Klörür):

Volkanlardan salınan klörür hidroklörük asit formatındadır. Bu göz mukozasına, solunum sistemine zarar verir. 1-5 ppm arası kokusu alınır. 5 ppm'den sonra göz ve burun tahribatına yol açar. Kabul edilebilir oran 3 ppm'dir havada 2 mg/m3 olarak kabul edilebilir. 35 ppm miktar boğazı tahriş eder. 100 ppm'den büyük miktar akciğer ödemine yol açar. Bu gaz ayrıca asit yağmurlarına neden olur. Yoğunlaşmış suda HCl çözülür ve çok sert asit oluşturur (Jones ve Rymer, 2000; Web 6).

HF (Hidrojen Flörür):

Soluk sarı renklidir, kül partiküllerine bitişiktir. Bitki örtüsünü kaplar, akarsu ve gölleri kirletir. İltihaplara, deri tahrişine, kemik yapısında bozulmaya, dişlerde beneklenmeye yol açar. Kül püskürmeleri sırasında bu gazın fazlası çiftlik hayvanlarında çok fazla ölüme neden olur. 250 ppm'den fazla çimenleri kaplayan

florürü yiyen hayvanlar zehirlenir. Buna karşılık az miktarda flor sağlık için faydalı olabilir (Web 6)

H_2SO_4 (Sülfürük Asit)

Sülfürük Asit H_2SO_4 20 ppm e kadar kabul edilebilir. $1mg/m_3$ havada kabul edilebilir değerdir (Web 6). Deride yanıklara sebep olmaktadır. Ayrıca gözlerde bozulmaya ve tahrişe yol açmaktadır. Solunum yollarını etkilemekte, akciğerde tahrişe yol açmakta ve uzun sure fazla miktarda sulfuric asite maruz kalma solunumu tamamen durdurabilmektedir. Suyla temas etmesi yanıcı özelliğini arttırmaktadır (Web, 4).

3.1.1.2. Gazların Atmosfer Kirlenmesi Üzerindeki Etkisi

H_2S and SO_2 yoğun gazlardır, bunların molekülleri havanın moleküllerinden ağırdır. Gaz içerisinde H_2O sıvı hale geçtikten sonra H_2S yüksek değere sahip olur. Bu durumda rüzgâr faktörü devrede değilse yüksek H_2S alçak arazilere doğru yönelir ve depresyonları doldurur. İnsanların böyle arazilerde bulunması da toksit zehirlenmelere yol açar (Lino, 2004).

Volkanlardan çıkan gazın yoğunluğu gazın sıcaklığına bağlıdır ve gazlar sıcaklıktan etkilenir. Yüksek sıcaklığa sahip gazlarda sıcaklık normal havadan önemli miktarda yüksekse ve bağlantılı olarak SO_2 karışım oranı düşük ise, rüzgâr çok kuvvetli değilse, bunun sonucunda; volkanik gaz havada sıcaklığı dengeleyecek noktaya kadar yükselir. Bu düzende türbilans ile gaz yayılımı moleküler yayılımdan daha ağı basar. Böylece, SO_2 depresif alanlarda toplanamaz. Volkanik gazların atmosferdeki yayılım özellikleri kül ve sıvı hale dönüşmüş buhardan oluşan gölze görülebilir bulutlardan çıkarılabilir (Kinoshita vd., 2004).

3.1.1.3.İnsan Sağlığına Etkisi

Tarihi dönemlerde SO_2, CO_2 Carbonik asit, H_2S gazları ölümlere sebep olmuştur. 1794'te Vezüv (italya) yaklaşık 400 kişi volkanik patlamayla ölmüşken. Birçok kişi CO_2 gazıyla ölmüştür. Yine 1872, 1873'te gazdan dolayı ölen çok sayıda insan

olmuştur. 1650'de İtalya'da Etna patlamasıyla 40 kişi yaşamını yitirmiş bunlardan bazıları sülfür den dolayı hayatlarını kaybetmişlerdir. Afrika'da 1984'te Oku Volcanik arazisinde, 37 kişi CO_2'den hayatını kaybetmiştir. Ağustos, 1986'da 1,700 kişi büyük miktarda CO_2 nin Nyos gölünden çıkmasıyla ölmüştür. En az 300 kişi de hastaneye kaldırılmıştır. Endonezya'nın Java adasında Dieng Platosunda Şubat 1979'da, 149 kişi zehirli gazlardan hayatını kaybetmiştir. Santa Maria, Guatemala'da Ekim 1902'deki patlama 1,500 kişiyi öldürmüştür. 350 kişi ölümcül dumandan yaşamını yitirmiştir. Los Carran Venados, Chile'de 1955'te 2 kişi gazdan zehirlenmiştir. Volkanik gazlar Havaide ölüme yol açmamıştır; fakat akciğerlerde, bağışıklık sistemlerinde büyük hasar bırakmıştır. Bu durum özellikle çocuklarda astım gibi hastalıklara yol açmıştır (Siebert ve Simkin, 1994, Web, 3).

İtalya'da Roma yakılarındaki Colli Albani Volkanının yüksek orandaki havadan daha ağır olan CO_2 ve H_2S salınımı bir çok hayvan ve bir insanın ölümüne neden olmuştur. yapılan araştırmada yerden 75 cm yükseklikte otomatik kayıt yapan iki ölçüm istasyonu kurulmuştur. Ayrıca rüzgâr hız ve yönü, basınç, sıcaklık, yağış ve nem ölçülmüştür. Rüzgâr hızının 1.5 m/s'den düşük olduğu dönemlerde yüksek CO_2 ve H_2S değerleri kaydedilmiştir (Carapezza vd., 2003).

3.1.1.4. Su Kirlenmesi ve Volkanik Göl Üzerindeki Etkisi

İnsanlar, hayvanlar, tarımsal ürünler ve diğer varlıklar üzerinde büyük potansiyel tehlike oluşturan volkanik gazlar; sülfur dioksit, karbon dioksit ve hidrojen florürdür. Volkanik alanlardan yüzeye salınan Sülfür dioksit yerel olarak yamaç boyunca aşağılara doğru asit yağmurlarına ve hava kirliliğine neden olmaktadır. Büyük volkanik patlamalarla oldukça fazla sülfür aerosolleri stratosfere kadar salınır, bunun neticesinde; yüzey sıcaklığı düşer, ozon tabakasının azalması veya incelmesi gerçekleşir ve küresel etkiler ortaya çıkar (Web 6). Asit yağmurlarıyla yüzeye düşen su ve volkanik gazlarla toprakta denge bozulması toprak asidinin nötürlenmesi drenaj sistemindeki suların pH değerini düşürür inorganik Al konsantrasyonunu arttırır (Van Breemen vd. 1984; Grunewald, 2007).

Maar gölleri, magmatik CO_2 kaynağı olmalarına ve derin sularda sıkıştırdıları büyük orandaki çözülmüş CO_2'ye bağlı olarak önemli bir tehlike oluştururlar. Bu durum ılıman iklimlerde bir problem teşkil etmez bunu sebebi mevsimlik sıcaklık değişimleri göl suyunun devirdayımına yol açar bu da CO_2'nin tehlikeli boyutlara gelmesinden önce CO_2'yi açığa çıkarır. Tropikal iklimlerde özellikle ekvatora yakın olan bölgelerde mevsimlerin belirli olmaması ise doğal su devirdayımını engellemektedir. Sonuçta durağan sulara sahip olan bu göller çözülmüş gazların tehlikeli boyutlara ulaşmasına neden olabilirler öldürücü miktarlarda CO_2'nin açığa çıkmasına neden olabilirler. 1986'da Kamerun'da Nyos Maar Gölü'nden açığa çıkan gaz 1700 kişinin ölümüne neden olmuştur (Kling, vd., 1987; Lockwood ve Hazlett, 2010).

3.1.1.5. Hayvanlara Etkisi

Zehirli gazları hayvanlar üzerindeki etkisinin tespiti için yapılan araştırmalarda su sonuçlara ulaşılmıştır; İri farelerin 1100 mg/m^3 gaz ortamında 12 dakika kalmaları ölümle sonuçlanmıştır. Farelerin 1000 mg/m^3 gaz ortamında 50 dakikada kalmaları ölümle sonuçlanmış. İri fareler 110 mg/m^3 gaz ortamında 1 saat kaldıklarında kalp ritimleri bozulmuştur. Balık avlayan kuş ve iri fareler 700-1000 mg/m^3 gaz ortamında 4 saat kalmaları ölümle sonuçlanmış. Tavşanlar 14-30 dakika arsında 700/1400 mg/m^3 gaz ortamında kaldıklarında ölmüştür. Çalışma sahasında gaz çıkış bölgesinde fare ölüleri, kaplumbağa ölümleri, sinek ve arı ölümleri gözlemlenmiştir (Foto 38).



Foto 37: Gaz çıkışının olduğu bölgede gaz zehirlenen hayvanlar

3.1.1.6. Toprak ve Bitki Örtüsü Üzerindeki Etkisi

Tokyo yakınlarında Miyakejima volkanı 8 July 2000 çok yüksek miktarda sulfür dioksit (SO_2) gazı çıkarmıştır. Yapılan çalışmada bu gazın bitki örtüsüne zarar verdiği bir çok ağacın kuruduğu sonucuna ulaşılmıştır (Naoko vd., 2005).

Volkanik gazlarla toprak ve bitki örtüsünün kirlenmesi düşünülmesi gereken çok önemli bir konudur. Volkanik gazların çevre üzerindeki etkilerinin doğru bir şekilde değerlendirilmesi için zaman temelli multidisipliner bir anlayışla hareket etmek gerekmektedir. Bu tip çalışmalar volkanik gazlardan kaynaklanan tehlikeleri tahmin etmemiz ve azaltmamız için önemlidir (Delmelle vd., 2002).

CO_2, yaprakların psikoloji ve biyokimyasal yapısında karışıklığa yol açar bitkinin yaralanmasına veya ölmesine neden olur (Smith, 1990). Likenler ve bazı konifer türler özellikle SO_2'ye karşı çok hassastırlar (Smith, 1992; Grunewald, 2007)
Avrupada tarımsal ürünler ve ağaçlar İzlandadaki Laki volkanının 1783'teki çizgisel volkanik patlamasından zarar görmüştür (Grattan ve Pyatt 1994; Grunewald, 2007)

SO_2'deki yükselme ve digger asidik kirleticiler toprakta asidifaksiyona yol açmaktadırlar. Toprak dengesindeki bu bozulma toprağın verimliliğini ve toprağın asidi nötürleme kapasitesini azaltmaktadır. (Breemen vd., 1984; Grunewald, 2007). Çalışma sahasında gaz çıkış noktası karşı yamacında kükürt kokusunun fazla olduğu

bir mevkiide ağaç gelişimi oldukça zayıf olmuştur. Kaldı ki aynı dönemde dikimi yapılan bakı ve eğim koşulları da aynı olan yakın çevre de ağaç gelişimi ve toprak gelişimi daha fazla olmuştur (Foto 39).



Foto 38: Gaz çıkış bölgesinde vadinin karşı yamacında yoğun kükürt kokusunun yaşandığı bölgede bitki örtüsü

Yakaören Köyü GB'sında gaz çıkışının gerçekleştiği nokta KD-GB doğrultulu volkanik tüf ve andezit birimlerinin içinde açılmış genç bir vadi özelliği taşımaktadır (Foto 40). Gaz çıkışı deniz seviyesinden 1240 metre yükseklikte olmakta ve vadi uzanış hattının KD'suna doğru ortalama 900 metre yükseltide bulunan Isparta ovasına geçilmektedir (Şekil 54). Bu durum özellikle vadi içindeki hava akımını etkilemekte ve gazın yarattığı atmosferik kirlenmenin en başta Yakaören Köyü olmak üzere ardından Isparta şehir merkezine ulaşmasına neden olmaktadır.

Yakaören Köyü yakınlarında Uyuz Pınarı mevkisinde (37º 46′ 19.62′′ K – 30º 28′ 09.95′′ D) 1247 metre rakımda; 2008 yılında sondajla termal amaçlı kullanmak üzere sıcak su arama çalışmaları sürecinde 620 metre derinliğe inildiğinde gaz basıncından kaynaklanan bir patlama yaşanmıştır. Bu ilk gaz çıkışıyla birlikte etrafa

özellikle Yakaören Köyü ve Isparta şehir merkezi kuzey kesimlerine doğru insanları rahatsız ve tedirgin eden gaz çıkışları yaşanmaya devam etmiştir.

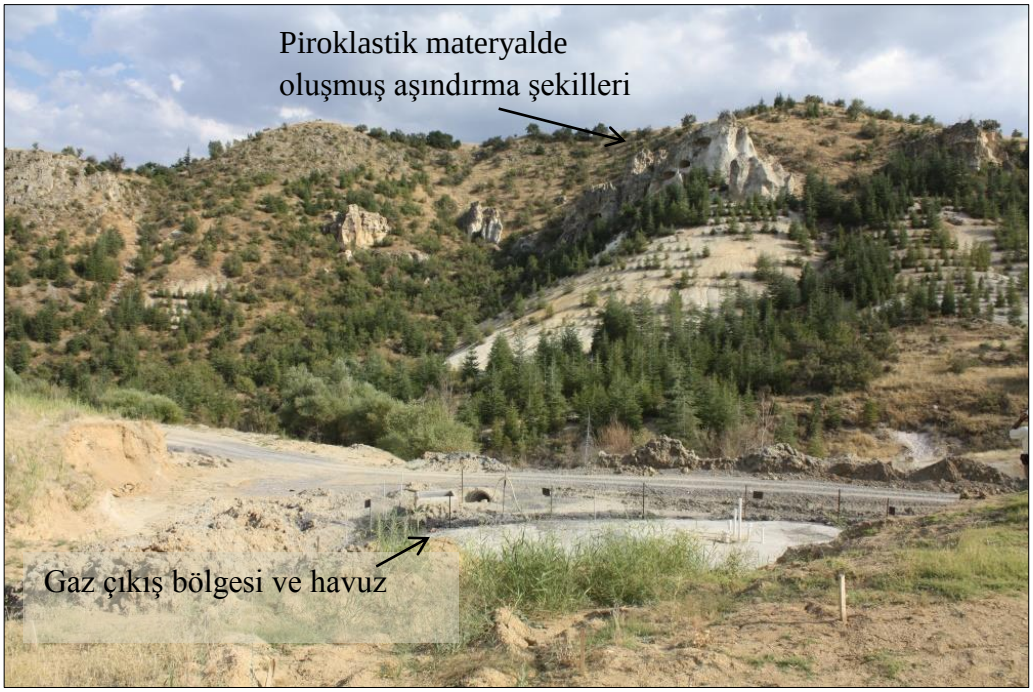
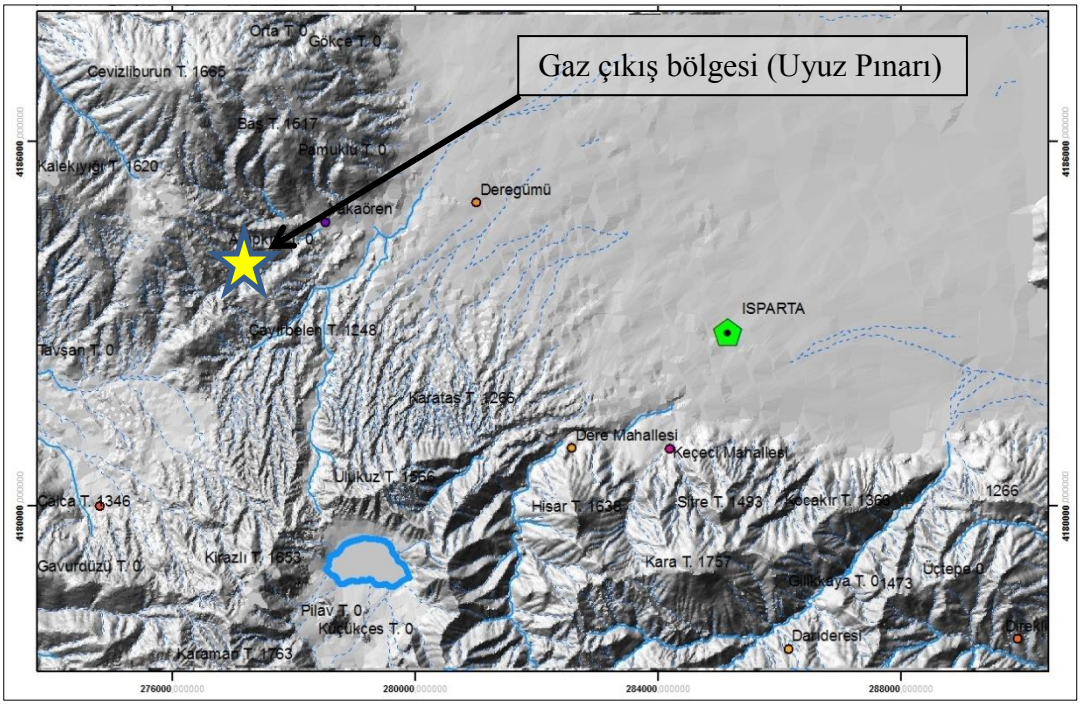
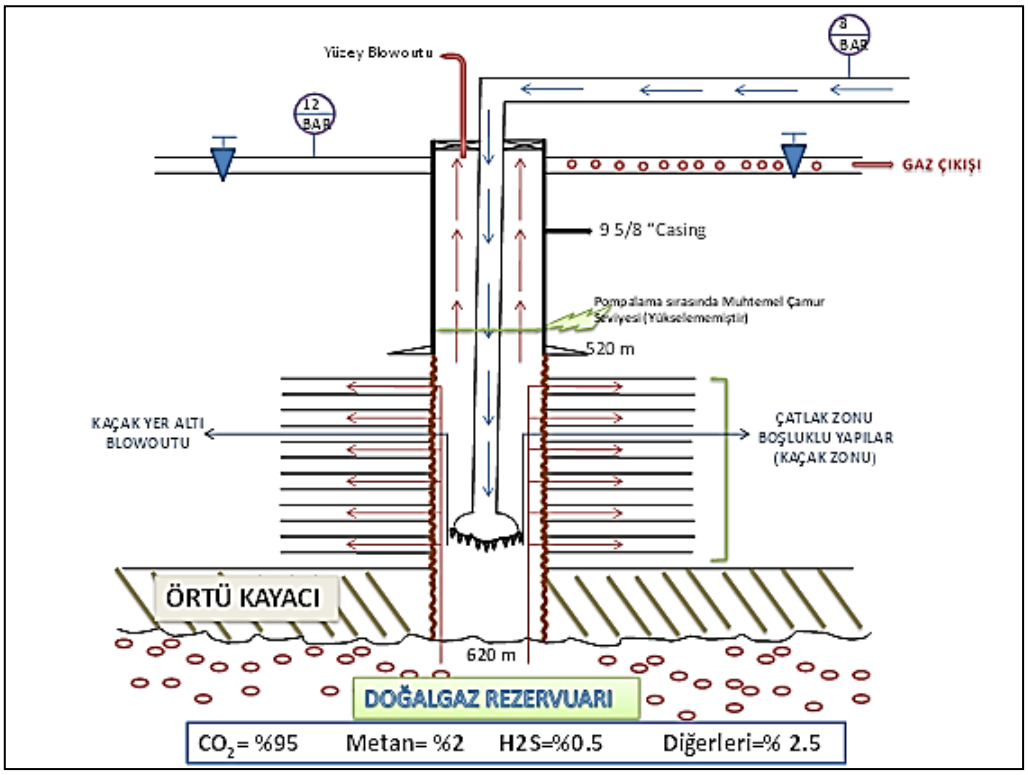


Foto 39: Gaz çıkışının olduğu vadi



Şekil 54: Gaz çıkış bölgesi

Isparta Valiliği yaşanan gelişme üzerine, kuyunun ve gaz özelliklerinin analizi için Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO)'dan uzman taleplerinde bulunmuştur. TPAO'nun çalışma ve analizleri ile tarafımızdan yaptırılan kimyasal analiz sonuçlarından gaz kimyasal bileşenlerinde canlı sağlığı açısından tehlike yaratabilecek unsuların olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Değişik dönemlerde (Şekil 55, Tablo 25, Tablo 26) yapılmış olan kimyasal analiz sonuçları şu şekildedir:



Şekil 55:Temmuz 2008 TPAO Kuyu Özelliği ve Gaz Kimyasal Analizi Sonucu

Tablo 25:TPAO'nun Şubat 2011 Kuyudan Alınan Numunelerinin Analiz Sonuçları

Gaz Cinsi	Ölçülen En Düşük Değer	Ölçülen En Yüksek Değer (%)	Ölçülen En Yüksek Değer (ppm)
CH_4	0%	3%	30000
CO_2	0%	6,20%	62000
2	17,50%	20,90%	200900
CO	0 ppm	% 0.0009	9
H_2S	3,8 ppm	% 0.0098	98

Temmuz 2008'de TPAO uzmanları 5000 ppm değerlerinde ölçmüş oldukları H_2S'in tehlike sınırının 20 ppm olduğunu ifade ederek kuyunun mutlaka uzman bir uluslararası bir uzman kuruluş tarafından danışmanlık alınarak kapatılması gerektiği görüşünü ifade etmişlerdir. Ayrıca kuyudan çıkan CO_2 oranı %94-96 olduğundan kuyunun CO_2 kuyusu özelliğinde olduğunu vurgulamışlardır. CO_2'nin boğucu gaz özelliğinde olmasının sıkıntılar yaratabileceğini belirtmişlerdir. CO_2'nin vadi içinde yayıldığında düşük kotlu çukur yerlerde birikerek buradaki canlıların nefes almasını engelleyeceği, gerekli bilgilendirme ve tedbirlerin alınması gerektiğini vurgulamışlardır. Hava akımından dolayı H_2S oranının kuyudan uzaklaştıkça düştüğünü ve tehlike sınırının altında olduğunu gözlemlediklerini de eklemişlerdir. En yakın yerleşim birimi olan YAKAÖREN Köyünde yaşayanların hayati tehlikesi halen söz konusu olmadığını. Fakat kuyubaşında yapılacak tüm çalışmalarda sürekli ölçüm yapılması ve çalışanların solunum maskesi (SCBA) kullanmaları hayati önem taşımakta olduğunu da belirtmişlerdir. Kuyu başından alınan gaz numuneleri TPAO Araştırma Merkezi Laboratuvarında teste tabi tutularak incelenmiş, yaklaşık değerler olarak, % 97.6 CO_2, % 2.3 H_2S (23000 ppm) ve % 0.1 diğer gazlar, olmak üzere gaz hacimsel oranları elde edilmiştir.

Tez çalışması kapsamında Ocak 2010'da tarafımızdan kuyu başından 7 metre mesafeden değişik noktalardan çif yönlü pompa kullanarak 6 adet gaz numunesi alınmıştır (Foto 41, 42; Tablo 26). Bu gaz numuneleri İstanbul Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Petrol ve Doğalgaz laboratuarında kimyasal analize tabi tutulmuştur. Analiz sonuçlarının H_2S oranı %0.2-0,3, CO_2 ise ortalama % 5.7 olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlara ek olarak Mart 2010'da TPAO uzman ekibince ikinci defa sahada inceleme ve ölçümler yapılmıştır. Kuyu başı mahallinde yapılan ölçümlerde havadaki H_2S oranı 0-19 ppm arasında değişim göstermiştir. Kuyunun Isparta Belediyesi tarafından betonla kapatılmasından ve emniyet havuzunun (Foto 44 a, b) oluşturulmasından sonra geçen yaklaşık 20 aylık süreç sonunda, TPAO,2010 ölçümlerine göre havadaki H_2S oranının az olsa bir miktar artmış olduğu tespit edilmiştir.



Foto 40: Gaz numunesi alma işlemi Ocak 2010



Foto 41: Gaz depolama tüpü ve kontrol amaçlı tahliye düzeneği

Tablo 26: Ocak 2010'da gaz kuyusundan 7 metre mesafeden alınan numune analiz sonuçları

Numune Adı	CO2	N2
1	5,65	94,35
2	5,71	94,29
3	5,9	94,09
4	5,54	94,46
5	5,57	94,42
6	5,87	94,13
H_2S Oranı %0,2-0,3 değerindedir.		
Not: Değerler % Konsantrasyon olarak ifade edilmiştir.		

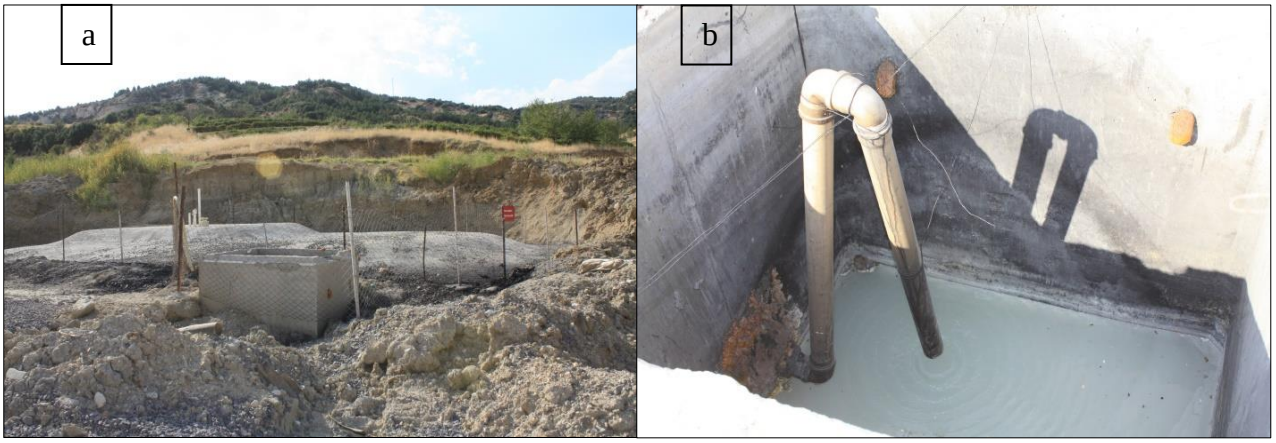


Foto 42 a, b: Kuyudan çıkan gazın bir kısmının tahliye edildiği havuz ve etrafında gaz kaçağını önlemek için yapılan betonlama çalışması

Şubat 2011'de TPAO'nun Gaz ölçüm cihazı ile kuyu başından itibaren yaklaşık 10m yarıçaplı alan içerisinde muhtelif noktalarda gaz ölçümü yapılmıştır. Bu değerlendirmeye göre; en yüksek H_2S konsantrasyonu 98 ppm, en yüksek CO_2 konsantrasyonu ise % 6,2 olarak ölçülmüştür. En yüksek gaz değerleri kuyu başı çevresinde meydana gelmiş olan çimento ile kaplanmış alanın çatlaklarında ölçülmüştür. Kuyu başında bulunan basınç göstergesinde kuyubaşı basıncının 4,9 bar olduğu gözlenmiştir. Kuyu başından yaklaşık 10 m. mesafeden sonra herhangi bir gaz değerine rastlanmamıştır.

Tüm bu çalışma süreci devam ederken Nisan 2011'de gaz kuyusu Isparta Valiliği tarafından sondaj yapılan kuyuya çimento enjekte etmek suretiyle kapatılmıştır. Bu noktadaki güvenlik tedbiri amaçlı havuz kapatılmış, gaz çıkışının yoğun olduğu

bölgedeki tel örgü kaldırılmış, beton zemin topoğrafik görüntüye uydurularak, ilksel görüntüsüne kavuşturulmaya çalışılmış, sondaj kuyusuyla alakalı izler tamamıyla yok edilmiştir (Foto 45). Tarafımızdan Nisan 2012 ve Ağustos 2012'de gerçekleştirilen arazi çalışmalarında kuyu yakın çevresinde kuyunun faal olduğu dönem kadar olmasa da kükürt kokusunun devam ettiği sonucuna kokuya dayalı gözlemle ulaşılmıştır.



Foto 43: Çimento enjekte edilerek kapatılan gaz kuyusu

Çalışma sahasında gaz çıkışının olduğu mevkii, geçmişte Uyuz Pınarı olarak adlandırılmıştır. Bölge halkından yaşlı bireyler, yapılan sözlü görüşmede; bu kesimde 1950-1960'lı yıllarda kükürtlü su çıkışının olduğu ifade etmişlerdir. Güneybatı Anadolu'nun bu kesimlerinde başta Keçiborlu olmak üzere kükürt yataklarının bulunması bu bölgede de kükürt yataklarının bulunabileceğini akıllara getirmektedir.

Kükürt cevherinin oluşmasında yer altı suyunun inkar edilemez rolü olduğu için jeokimya anomalilerinin Burdur Gölüe yakın yerlere ve vadoz su bulunduran düzlüklere ratlaması ve ayrıca H_2S gaz çıkışlarına sebep olan Keçiborlu ve Tepecik

şaryaj hatlarının bu yörelerden geçmesi (Özgüner, 1980) kürt yataklarının bulunması açısından umutları arttırmaktadır.

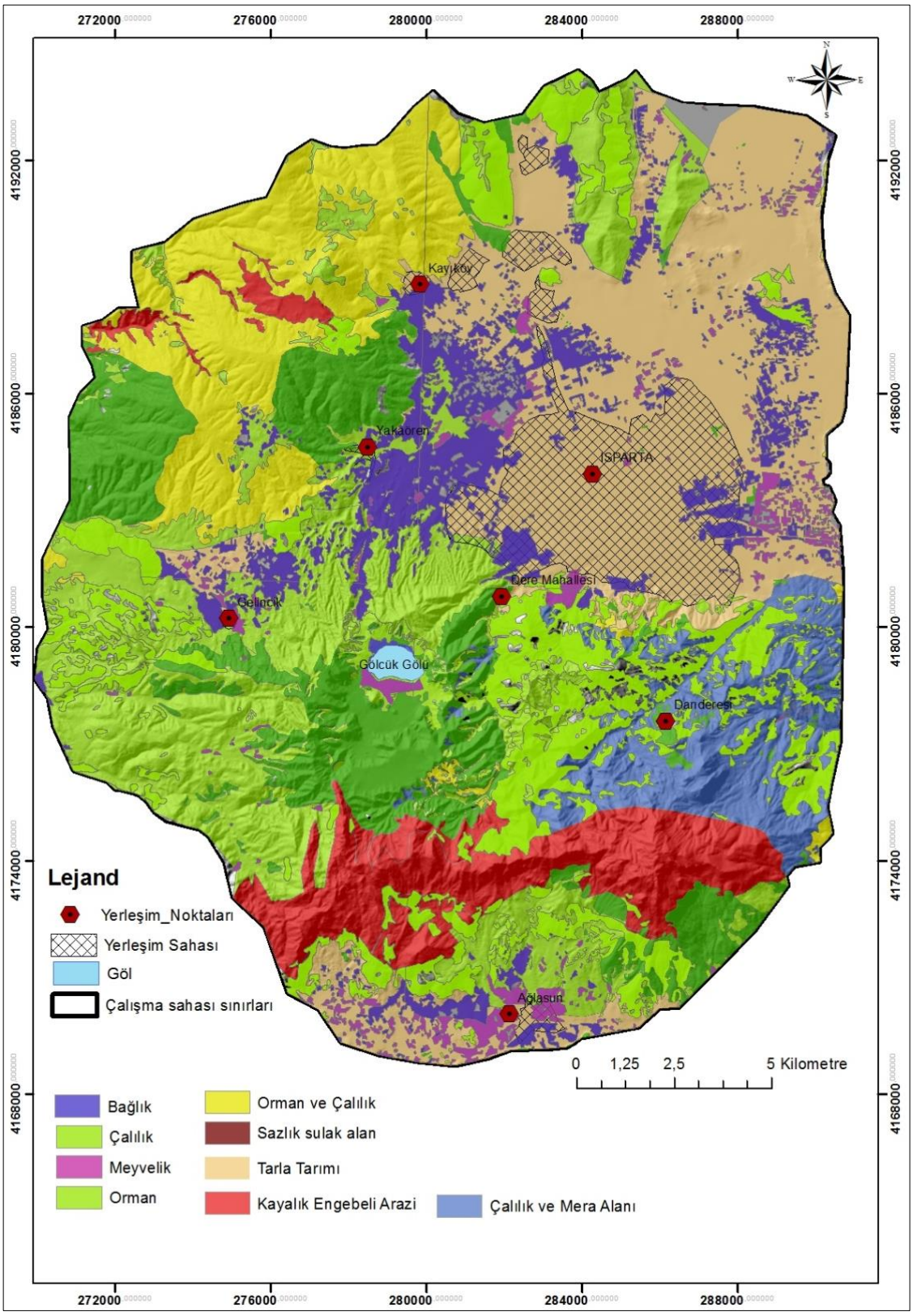
3.1.2. Beşeri Faktörler

Isparta ve yakın çevresinde beşeri ve ekonomik faaliyetler amacıyla araziden yoğun bir şekilde yararlanılmaktadır. Özellikle Isparta ovası sağladığı jeomorfolojik özelliği ve toprak yapısıyla başta tarım olmak üzere, yerleşim ve sanayi amaçlı kullanılmaktadır. Çalışma sahası arazi kullanım haritasından da anlaşılacağı üzere (Şekil 56) arazide yerleşim ve tarım ürünlerinin yetiştirildiği alanlar büyük yer kaplamaktadır.

Çalışma sahasının arazi kullanımı tespiti için Landsat 2002 uydu görüntüsü ve Google Earth online yazılım programı ve 1/25000 ölçekli topoğrafya haritası ile arazi gözlemlerinden faydalanılmıştır. LandSat ETM uydu görüntüsünde sırasıyla 3,2,1 bantlarının kombinasyonundan yararlanılmıştır. Yapılan değerlendirme sonucu genel bir arazi kullanım haritası üretilmiştir (Şekil 56). Üretilen haritada çalılık olarak nitelendirdiğimiz, çoğunlukla makilerden oluşan yer yer iğne yapraklı ve geniş yapraklı ağaçları da barındıran bitki örtüsü % 45 oranla en yaygın kullanım alanını oluşturmaktadır. Ormanlık alanlar arazinin % 15'i kadar yer kaplamaktadır. Mahalle, köy, kasaba ve şehirlerden oluşan yerleşim yerleri arazinin % 10'nu meyvelikler ve bağlık arazi % 7'sini kayalık engebeli arazi %8'ni tarla tarımı alanı ise çalışma sahası arazisinin % 15'ini kaplamaktadır.

Gaz çıkışının yaşandığı Yakaören çevresinde çalılık alanlar, bağlık ve bahçelik alanlar ve ormalık alanlar izlenmektedir. Bu kesimde de çalılık alanlar fazla yer kaplamaktadır. Yakaören batısında ovalık alanda bağ ve bahçe alanları daha fazla gözlenmektedir.

Isparta kentine çok yakın (13 km) mesafede bulunan Gölcük Tabiat Parkı, halkın günübirlik dinlenme ve eğlenme ihtiyaçlarına cevap veren ve en çok gidilen doğal alan niteliğini taşımaktadır (Gül vd., 2002, 2004). Genç ve arkadaşları (2000)'e göre Isparta kent insanının %20si rekreasyonel ihtiyaçları için Gölcük Tabiat Parkını tercih etmektedir.



Şekil 56: Çalışma sahası arazi kullanım haritası

Parkın zengin rekreasyonel potansiyeli olmasına rağmen, başta Isparta kenti olmak üzere, Burdur kenti ve diğer yöre insanlarına sadece piknik alanı olarak hizmet vermekte ve kullanım sadece gölün yakın çevresinde yoğunlaşmaktadır. Gölcük Tabiat Parkı, sahip olduğu bitki örtüsü ve yaban hayatı topluluğunun yanı sıra jeomorfolojik özellikleri, peyzaj güzellikleri ve rekreasyon imkanlarına sahip olması nedeniyle 1991 yılında "Tabiat Parkı" ilan edilmiştir (Gül vd., 2002).

Gölcük Gölü ve yakın çevresi Milli Parklar ve Yaban Hayatı Genel Müdürlüğü bünyesinde korunan Milli Park statüsündedir. Milli Park statütüsü özelliğinden dolayı bu çalışma kapsamında Orman Genel Müdürlüğü'nden araşırtırma amacıyla alınan resmi izin ile faaliyet yürütülmüştür. Milli park şehir merkezine kuş uçuşu 5 km mesafede olmasına karşın ana karayolu ile 12 km mesafededir.

Gölcük gölü ve çevresi;

- Günümüze çok yakın bir döneme kadar aktivitesini sürdürmüş volkanizma merkezi olması ve büyük kaldera görünümü haricinde, volkan konilerinin oluşturduğu çevresel özelliğiyle bilimsel araştırmalar için önemli bir lokasyon olması,
- Bitki örtüsü ve yaban hayatını barındırır niteliklere ve jeomorfolojik özelliğe sahip olması,
- Kaldera gölü özelliği taşımasıyla birlikte doğal güzellik sunması,
- Daha önceleri Gölcük Gölünün Isparta şehrinin içme suyu ihtiyacını karşılaması ve günümüzde de bu ihtiyacı karşılama ihtimali nedeniyle korunması gereği,
- Nüfusu 200 000'den fazla Isparta şehir merkezine olan yakınlığı ve günübirlik ekskürsiyon ve rekreasyonel alanı olma potansiyeline sahip olması,
- Gölcük gölünün değişik türden su canlılarını barındırması
- Peyzaj bütünlüğünü bozan, doğaya zarar veren ve erozyonu artırıcı bir rol oynayan kaçak pomza taşı çıkarılmasının önlenmesi amacıyla,

1991 tarihinde ve 51 sayılı Orman Bakanlık oluru ile Tabiat Parkı olarak tefrik edilmiş, 23.11.1994 gün ve 132 sayılı oluru ile revize edilerek bugünkü sınırlarına (yaklaşık 5925 hektar) kavuşmuştur. Ayrıca Gölcük Gölü ve çevresi, Antalya Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu'nun 28.07.1992 gün ve 1499 sayılı kararları

ile 1. Derece Doğal Sit Alanı olarak ayrılmıştır. 23.11.1994 tarihinde revizyon çalışması yapılmış olup Yine söz konusu alan 11.01 1998 gün ve 23227 sayılı Resmi Gazete Turizm Merkezi olarak ilan edilmiştir (Gül vd., 2004). Aynı sınır 19.11.2008 de Bakanlar Kurulu Kararı ile tekrar ilan edildi. Sonuç olarak; Gölcük gölü ve çevresi 1998 yılında Turizm Bakanlığınca turizm merkezi ilan edilmiştir.

3.1.2.1. Nüfus ve Yerleşme

TUİK (2013) verilerine göre Isparta şehir merkezi 2012 yılında 198 385 kişi nüfus varlığına sahiptir. Isparta şehir merkezinin belde ve köyleriyle toplam nüfusu 219 904'tür (Tablo 27). Isparta'nın diğer bütün ilçeleriyle birlikte toplam nüfusu 416 663'tür. Bu verilere göre Isparta nüfusunun yarısından fazlası Isparta ovası ve yakın çevresinde yaşamaktadır. Şehir yerleşmesi, Isparta Ovasında belirli bir bölgede yoğunlaşmışken son yıllarda, Süleyman Demirel Üniversitesi'ne doğru, Hisartepe'ye doğru ve Eğirdir yoluna doğru büyüme göstermektedir. Fakat henüz nüfus yoğunluğu Isparta Valiliği'nin bulunduğu merkezi kesimde daha fazladır. Kamu binaları olan okullar, hastaneler, ibadethaneler, çeşitli kamu kuruluşlarının müdürlük ve şubeleri de yine şehir merkezine yakın konumlanmışlarıdır. Süleyman Demirel Üniversitesi ise Isparta Şehir merkezinin 6 km kuzeyinde Afyonkarahisar-Isparta yolunun doğu ve batısında iki ayrı yerleşke olarak konumlanmıştır. Tüm bu yerleşmeler genel olarak; Gölcük volkanizmasının aktif dönemlerde tesir ettiği bölgedir (Foto: 46, 47). Gölcük volkanizmasının doğusundaki Dere vadisinin ovaya açıldığı yerde kurulumuş olan kamu binaları ve konutların (Foto 48) zemininde ve Isparta Ovasında volkanizmanın etkin olduğu evrelerde püskürdüğü malzeme bulunmaktadır.

Gaz kuyusunun Isparta şehir merkezine ortalama uzaklığı 7,5 km'dir. Özellikle şehrin kuzey yarısının, gaz değerlerinin yükselmesi durumunda risk derecesi de artacaktır.



Foto 44: Isparta Ovası



Foto 45: Çünür Tepei'nden Isparta Ovası ve yerleşim yerlerinin görüntüsü



Foto 46: Dere Vadisi'nin ovaya açıldığı kesimdeki yerleşim ve kamu binalarına ait görüntü

Gaz kuyusunun olduğu Yakaören Köyü'nün ise 1 792 nüfusu bulunmaktadır (Tablo 28). Kuyunun yeniden hareketlenmesi, patlama yaşanması veya patlama karakterli Gölcük volkanizmasının tekrar hareketlenmesi durumunda olumsuz sonuçlar yaşanabilir. Zira mahalle ve köyleriyle birlikte 225 000 kişilik nüfusu barındıran ve adeta bir çanak gibi çevreye doğru yükseltinin genel olarak arttığı Isparta ovasının bu jeomorfolojik özelliği tehlikeden zarar görebilirliği arttıracaktır. Ayrıca şehir merkezinde gaz çıkışı tehlikesinden en fazla etkilenebilicek 60 yaş ve üzeri nüfus 23 277 kişi olarak hesplanmıştır (Tablo 29). Isparta ilinde genç nüfus oranı dikkat çekicidir. 2012 yılında il nüfusunun %37'si 25 yaş altındadır. 25-65 yaş arası nüfus, toplam nüfusun %52'sini, 65 yaş üstü nüfus, toplam nüfusun %11'ini oluşturmaktadır (Tablo 29).

Çalışma sahasın batısında yer alan Burdur ve idari olarak Burdur'a bağlı olan Ağlasun nüfuslarına ilişkin veriler TUİK 2013 verileri olarak alınmıştır. Buna göre Burdur şehir merkezi 72 377 nüfusa sahip iken Ağlasun 3981 kişilik bir nüfusu barındırmaktadır (Tablo 30).

Tablo 27: TUİK 2013 verilerine göre Isparta merkez ve ilçelerin nüfusları

İlçelere göre il/ilçe merkezi ve belde/köy nüfusu - 2012									
	İl/İlçe merkezi			Belde/Köy			Toplam		
Isparta	Toplam	Erkek	Kadın	Toplam	Erkek	Kadın	Toplam	Erkek	Kadın
Merkez	198.385	99.199	99.186	21.519	10.904	10.615	219.904	110.103	109.801
Aksu	1.845	918	927	2.932	1.417	1.515	4.777	2.335	2.442
Atabey	4.132	2.058	2.074	1.601	781	820	5.733	2.839	2.894
Eğirdir	16.891	8.816	8.075	16.795	8.331	8.464	33.686	17.147	16.539
Gelendost	5.437	2.596	2.841	11.304	5.606	5.698	16.741	8.202	8.539
Gönen	3.654	1.821	1.833	4.148	1.988	2.160	7.802	3.809	3.993
Keçiborlu	6.924	3.489	3.435	7.895	3.816	4.079	14.819	7.305	7.514
Senirkent	5.972	3.028	2.944	6.974	3.350	3.624	12.946	6.378	6.568
Sütçüler	2.461	1.266	1.195	9.159	4.484	4.675	11.620	5.750	5.870
Şarkikaraağaç	9.747	4.660	5.087	16.901	8.313	8.588	26.648	12.973	13.675
Uluborlu	6.213	3.311	2.902	1.213	603	610	7.426	3.914	3.512
Yalvaç	19.811	9.666	10.145	32.412	16.024	16.388	52.223	25.690	26.533
Yenişarbademli	1.987	1.037	950	351	176	175	2.338	1.213	1.125
Toplam	283.459	141.865	141.594	133.204	65.793	67.411	416.663	207.658	209.005
Açıklama: İl, ilçe, belediye, köy ve mahallelere göre nüfuslar belirlenirken: Nüfus ve Vatandaşlık İşleri Genel Müdürlüğü tarafından, ilgili mevzuat ve idari kayıtlar uyarınca Ulusal Adres Veri Tabanı (UAVT)'nda yerleşim yerlerine yönelik olarak yapılan; idari bağlılık, tüzel kişilik ve isim değişiklikleri dikkate alınmıştır.									

Tablo 28: TUİK 2013 verilerine göre Isparta şehir merkezine bağlı köylerin nüfusları

Belde/Köy	Toplam	Erkek	Kadın
Şehir Merkezi	198.385	99.199	99.186
Aliköy	1.249	630	619
Bozanönü	558	271	287
(B) Büyükgökçeli	1.797	947	850
Büyükhacılar	1.089	565	524
Çobanisa	250	129	121
Çukurköy	943	494	449
Darıderesi	155	76	79
Dariören	510	247	263
Deregümü	1.846	944	902
Direkli	980	488	492
Gelincik	687	366	321
Güneyce	319	167	152
Kadılar	587	318	269
Kayıköy	669	328	341
Kışlaköy	356	172	184
(B) Kuleönü	2.281	1.116	1.165
Küçükgökçeli	203	102	101
Küçükhacılar	979	492	487
Küçükkışla	457	232	225
(B) Savköy	3.368	1.701	1.667
Yakaören	1.792	899	893
Yazısöğüt	444	220	224
Bucak toplamı	**21.519**	**10.904**	**10.615**
İlçe toplamı	**219.904**	**110.103**	**109.801**

Tablo 29: Isparta nüfusunun yaş grubu ve cinsiyete göre dağılımı

İlçe, yaş grubu ve cinsiyete göre nüfus - 2012					
İl	İlçe	Yaş grubu	Toplam	Erkek	Kadın
Isparta	Merkez	'0-4'	15.229	7.825	7.404
Isparta	Merkez	'5-9'	15.770	8.218	7.552
Isparta	Merkez	'10-14'	16.483	8.392	8.091
Isparta	Merkez	'15-19'	18.732	9.466	9.266
Isparta	Merkez	'20-24'	21.343	10.980	10.363
Isparta	Merkez	'25-29'	17.763	8.964	8.799
Isparta	Merkez	'30-34'	18.706	9.206	9.500
Isparta	Merkez	'35-39'	17.423	8.735	8.688
Isparta	Merkez	'40-44'	15.865	7.860	8.005
Isparta	Merkez	'45-49'	14.508	7.201	7.307
Isparta	Merkez	'50-54'	13.420	6.674	6.746
Isparta	Merkez	'55-59'	11.385	5.692	5.693
Isparta	Merkez	'60-64'	8.139	4.078	4.061
Isparta	Merkez	'65-69'	5.115	2.414	2.701
Isparta	Merkez	'70-74'	4.060	1.968	2.092
Isparta	Merkez	'75-79'	2.814	1.234	1.580
Isparta	Merkez	'80-84'	2.104	829	1.275
Isparta	Merkez	'85-89'	860	305	555
Isparta	Merkez	'90+'	185	62	123
Isparta	Merkez	Toplam	219.904	110.103	109.801

Tablo 30: TUİK 2013 verilerine göre Burdur ve Ağlasun nüfusları

İlçelere göre il/ilçe merkezi ve belde/köy nüfusu - 2012									
	İl/İlçe merkezi			Belde/Köy			Toplam		
Burdur	Toplam	Erkek	Kadın	Toplam	Erkek	Kadın	Toplam	Erkek	Kadın
Merkez	72.377	35.868	36.509	24.439	11.985	12.454	96.816	47.853	48.963
Ağlasun	3.981	1.973	2.008	4.862	2.341	2.521	8.843	4.314	4.529
Altınyayla	3.246	1.645	1.601	2.499	1.263	1.236	5.745	2.908	2.837
Bucak	40.903	20.072	20.831	22.534	11.170	11.364	63.437	31.242	32.195
Çavdır	3.395	1.684	1.711	9.409	4.628	4.781	12.804	6.312	6.492
Çeltikçi	2.186	1.051	1.135	3.480	1.647	1.833	5.666	2.698	2.968
Gölhisar	14.523	7.279	7.244	7.534	3.776	3.758	22.057	11.055	11.002
Karamanlı	5.541	2.719	2.822	2.535	1.206	1.329	8.076	3.925	4.151
Kemer	1.897	960	937	1.943	917	1.026	3.840	1.877	1.963
Tefenni	4.801	2.414	2.387	5.187	2.492	2.695	9.988	4.906	5.082
Yeşilova	4.840	2.389	2.451	12.229	5.864	6.365	17.069	8.253	8.816
Toplam	**157.690**	**78.054**	**79.636**	**96.651**	**47.289**	**49.362**	**254.341**	**125.343**	**128.998**

2012 Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemine göre ilin km^2 'ye 50 kişi olan nüfus yoğunluğu, 98 olan ülke nüfus yoğunluğunun altındadır. Isparta ili 2012 yılı yıllık nüfus artış hızı ‰13,09 ile ‰12,01 değerini alan Türkiye ortalamasının üzerindedir. Aynı yılda 6 yaş üzeri nüfus için okuryazarlık oranı 96,57'dir. 2011-2012 yıllar için Isparta ilinin ‰13,1 net göç hızı ile göç aldığı anlaşılmaktadır (TUİK, 2013).

3.1.2.2. Ekonomik Faaliyetler ve Çeşitleri

3.1.2.2.1. Tarım ve Hayvancılık

Volkanik gazdan zarar görebilcek bir diğer unsur hayvanlardır. Ekonomisi genel olarak tarım ve hayvancılığa dayanan Isparta'da besi hayvancılığı yaygındır. Isparta Şehir merkezinde yapılan hayvancılık faaliyetleri kapsamında bulunan hayvan sayıları TUİK 2013 verilerine göre Tablo 31'de gösterilmiştir. Sayısal olarak en yaygın türü kıl keçisi oluşturmaktadır. İkinci sırayı yerli koyun almaktadır. Gaz çıkışının Isparta şehir merkezi ne ulaşması durumunda bu hayvanların ve doğal ortamda yaşayan diğer hayvanların zarar görebileceği ifade edilebilir.

Tablo 31:Isparta şehir merkezinde beslenen hayvan sayıları

Yıl	Isparta İlçe Adı	Hayvan Adı	Yetişkin	Genç-Yavru	Toplam	Sağılan hayvan sayısı (baş)	Süt (Ton)	
2012	Merkez	**Sığır(Yerli)**	1.401	289	1.690	205	257,116	
2012	Merkez	**Sığır (Kültür)**	3.734	1.455	5.189	1.809	7.208,87	
2012	Merkez	**Sığır(Melez)**	2.927	512	3.439	872	2.387,81	
2012	Merkez	**Koyun (Yerli)**	16.799	5.938	22.737	10.027	752,031	
2012	Merkez	**Keçi(Kıl)**	22.770	6.492	29.262	12.176	1.254,11	
2012	Merkez	**Yumurta Tavuğu**	85.000					
2012	Merkez	**At**	179	81	260			
2012								
2012	**İlçe Adı**	**Hayvan Adı**	**Köy sayısı**	**Yeni kovan sayısı**	**Eski kovan sayısı**	**Toplam kovan**	**Bal üretimi (ton)**	**Balmumu üretimi (ton)**
2012	Merkez	**Arıcılık**	14	2.794	0	2.794	33,528	0,617

Gündoğdu (2001) Gölcük Tabiat parkı Gölcük yakın çevresinde yapmış olduğu gözlemler sonucu 44 değişik kuş türü belirlemiştir. Bunlardan bazıları; Circus cyaneus (Gökçe delice), Accipiter nisus (Yoz Atmaca), Buteo buteo (Şahin), Buteo rufinus (Kızıl Şahin), Falco tinnunculus (Kerkenez), Columba livia (Kaya güvercini), Apus apus (Ebabil), Merops superciliosus (Yeşilarıkuşu), Merops apiaster (Arıkuşu), Upupa epops (İbibik), Picus viridis (Yeşil ağaçkakan), Dendrocopus sp. (Ağaçkakan), Hirundo rustica (Kır kırlangıcı), Delichon urbica (Ev kırlangıcı), Pycnonotus xanthopygos (Arap bülbülü), Erithacus rubecula (Kızılgerdan), Phoenicurus phoenicurus (Kızılkuyruk), Saxicola torquata (Taşkuşu), Turdus merula (Karatavuk), Turdus sp. (Ardıçkuşu), Turdus philomelos (Öter ardıç), Turdus viscivorus (Ökse ardıcı), Sylvia hortensis (Akgözlü ötleğen), Phylloscopus collybita (Çıvgın), Muscicapa striata (Benekli sinekkapan), Parus sp. (Baştankara), Parus ater (Çam baştankarası), Parus caeruleus (Mavi baştankara), Parus major (Büyük baştankara), Sitta krueperi (Küçük sıvacıkuşu), Sitta europea (Sıvacıkuşu), Sitta neumayer (Kaya sıvacıkuşu) v.b. şeklindedir.

Gölcük gölü içinde, Tunalı (1988)'nın yaptığı bir araştırmada Sazan (Aynalı sazan) (Cyprinus carpia), Sudak (Stizostedion (Sander luciopera), Afanyus (Aphanius spp.)

ve İnci balıklarına (Alburnus spp.) rastlanıldığı ifade edilmektedir. Ayrıca Gölcük Tabiat Parkı içinde porsuk, tilki, tavşan, yılan, kaplumbağa, kurbağa gibi türlere de rastlanmaktadır (Tunalı, 1988).

Doğal bitki örtüsü ve tarımsal faaliyet kökkenli bitki örtüsü gaz çıkışından etkilenebilecek bir diğer unsurdur. Çalışma sahasında başta Isparta Ovası olmak üzere çok sayıda gül, meyve ve sebze bahçeleri bulunmaktadır. Gül yetiştiriciliği ve sebze yetiştiriciliği açısından Isparta Ovası Isparta'ya bağlı diğer yerleşim birimleri açısından ön sırada yer almaktadır (Foto 49) . Gerek doğal bitki örtüsünün gerekse meyve ve sebze yetiştirilmesi (Tablo 32, 33, 34) amaçlı oluşturulan bitki örtüsünde mevcut gaz özelliklerinden olumsuz etkilenip etkilenmediği konusunda bilgi bulunmamaktadır. Ancak gaz çıkışının mevcut koşullardan daha fazla olması durumunda bitki örtüsünün gazdan olumsuz etkilenceği söylenebilir.



Foto 47: Isparta ovasında gül tarımı

Tablo 32:Isparta ilçelerine göre meyve üretim değerleri (TUİK 2013 verileri)

İlçelere göre seçilmiş meyve ürünleri üretimi, 2012*

(Ton)

	Elma	Kayısı	Kiraz	Üzüm	Vişne
TR Türkiye	2 888 985	760 000	470 887	4 185 351	186 234
TR612 Isparta	634 795	16 908	25 172	46 634	8 204
Merkez	16 896	62	1 326	3 825	622
Aksu	19 910	-	142	55	17
Atabey	9 836	37	1 083	602	300
Eğirdir	230 994	101	378	209	231
Gelendost	196 994	812	3 099	577	535
Gönen	17 662	115	680	691	190
Keçiborlu	5 596	528	1 043	3 704	297
Senirkent	56 614	5 105	6 270	18 220	2 030
Sütçüler	3 040	-	401	44	198
Şarkikaraağaç	21 348	176	1 230	3 140	116
Uluborlu	18 778	434	8 224	300	2 134
Yalvaç	34 407	9 538	1 131	15 243	1 500
Yenişarbademli	2 720	-	165	24	34

(*) Rakamlar geçicidir.

Tablo 33: Isparta ilçelerine göre sebze üretim değerleri (TUİK 2013 verileri)

(Ton)

	Domates	Hıyar	Fasulye(Taze)	Karpuz	Kavun
TR Türkiye	11 350 000	1 741 878	714 280	4 022 296	1 688 687
TR612 Isparta	67 339	3 997	6 165	18 819	8 900
Merkez	17 497	207	488	4 800	1 320
Aksu	486	41	2 070	-	-
Atabey	15 285	88	173	3 864	2 212
Eğirdir	1 703	237	150	360	288
Gelendost	1 025	53	76	193	110
Gönen	5 073	50	18	225	126
Keçiborlu	5 878	320	354	1 975	2 056
Senirkent	3 812	450	231	4 620	1 463
Sütçüler	5 991	452	227	263	70
Şarkikaraağaç	4 720	321	485	1 600	960
Uluborlu	137	8	16	84	25
Yalvaç	5 403	1 605	1 037	775	250
Yenişarbademli	329	165	840	60	20

(*) Rakamlar geçicidir.

Tablo 34:Isparta ilçelerine göre çeşitli tarım ürünleri üretim değerleri (TUİK 2013 verileri)

(Ton)

	Buğday	Arpa	Mısır (slaj)	Patates	Şeker pancarı
TR Türkiye	20 284 730	7 116 680	14 956 457	4 795 122	15 000 000
TR612 Isparta	96 388	103 273	34 538	12 661	108 024
Merkez	5 421	7 620	3 825	3 484	4 516
Aksu	2 237	1 659	193	54	-
Atabey	292	6 047	5 350	120	15 499
Eğirdir	2 948	1 582	250	865	-
Gelendost	8 412	11 310	347	-	-
Gönen	2 091	13 525	2 240	598	2 895
Keçiborlu	3 577	12 098	935	1 292	170
Senirkent	1 697	6 125	1 350	686	28 175
Sütçüler	2 125	824	93	18	
Şarkikaraağaç	25 044	11 750	10 500	29	56 581
Uluborlu	363	543	-	-	-
Yalvaç	42 038	30 113	8 055	5 515	188
Yenişarbademli	143	77	1 400	-	-

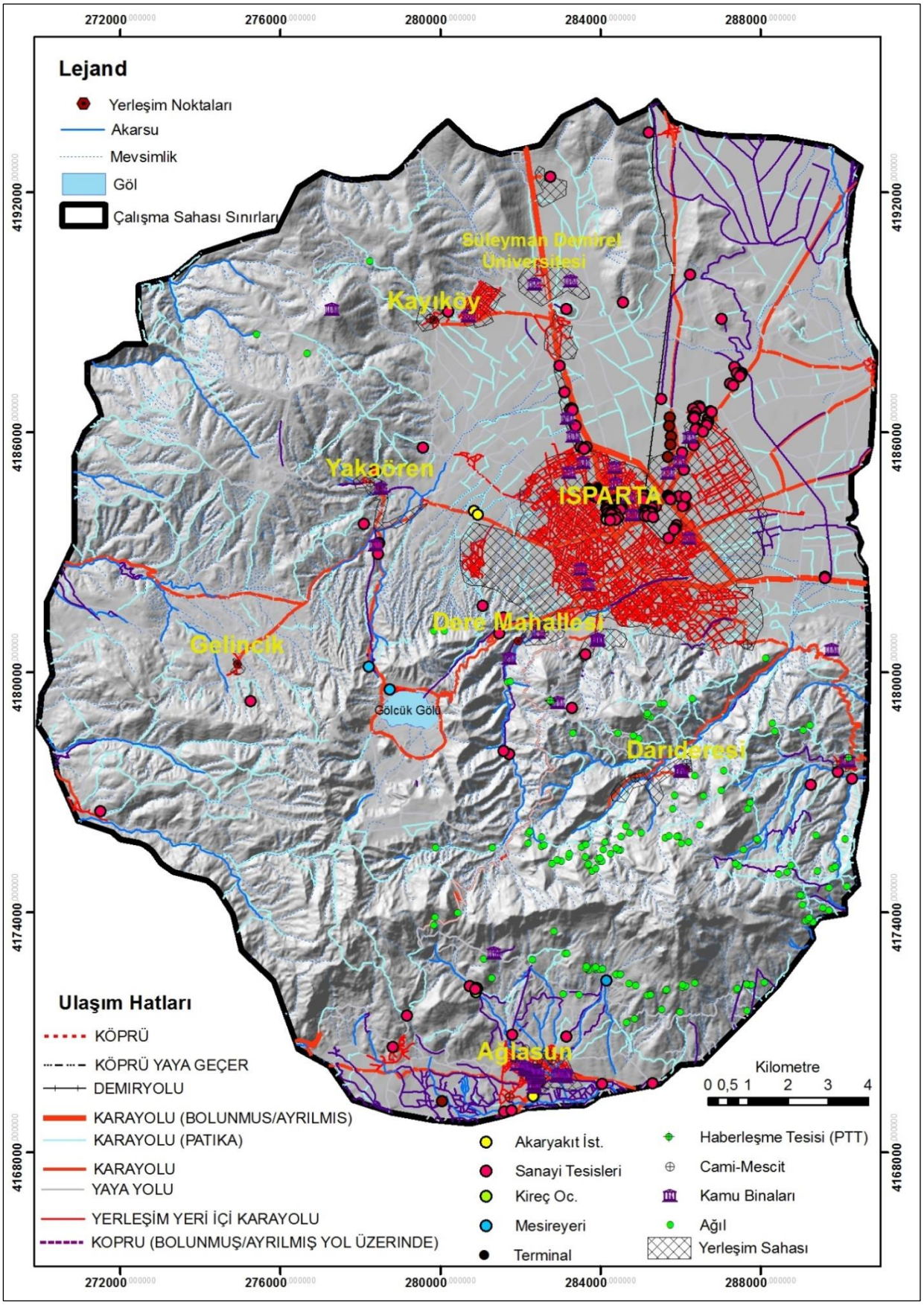
(*) Rakamlar geçicidir.

3.1.2.2.2. Sanayi

Bazı alanlarda yerleşim alanına dahil olmayan ancak insani faaliyetlerin ön plana çıktığı sanayi bölgelerinin dağılışı da gaz risk analizinde dikkate alınması gereken bir diğer olgudur. İnsanların çalışma saatleri zafında buralarda bulunmaları risk analizi açısından bu olgunun dikkate alınmasını zorunlu hale getirmektedir. Bu bölgede sanayi tesisleri şehir merkezi çevresinde yoğunlaşmaktadır. Ancak çalışma sahasının genelinde şehir merkezi dışında değişik lokasyonlarda irili ufaklı sanayi tesislerine rastlanmaktadır (Şekil 57).

3.1.2.3. Ulaşım Sistemleri

Ulaşım günlük hayatın vazgeçilmez öğesidir. Gaz çıkış sahasına yakın olan bölgelerde ulaşım hatlarının bulunması yaşamın tehlikeden zarar görebilirliliğini arttırabilecek bir etkendir Gölcük Kalderası ile Yakaören'deki gaz çıkışı sahasına en yakın karayolu Isparta ve Burdur'u bir birine bağlayan karayoludur (Şekil 57). Bu yol fazla kullanılmamasına karşılık yine de yakın mesafeden dolayı tercih edilen bir karayoludur. Gaz çıkış noktasının Burdur-Afyon karayoluna olan kuş uçuşu uzaklığı en yakın mesafede 8,2 km olurken Isparta-Afyon karayoluna uzaklığı 6 km kadardır.



Şekil 57: Çalışma sahasında ulaşım hatları, sanayi tesisleri ve yerleşimin dağılışı

3.1.2.4. Sosyal ve Kültürel Özellikler

Gölcük Tabiat Parkı'nda kalderaya Milas Deresi'nden girilen kuzey kesim başta olmak üzere, göl çevresi çevresi yoğun bir şekilde piknik alanı olarak kullanılmaktadır. Araçla göl etrafında daire oluşturulacak şekilde dolaşmak için yol mevcuttur. Son yıllarda yayalar için de gölün etrafını dolaşacak şekilde parkur oluşturulmuştur. Günübirlik kullanım alanı olan piknik bölgeleri gelişigüzel dağıtılmıtır. Piknik alanı içinde piknik masaları bulunmaktadır (Foto 50). Her piknik ünitesi içinde ateş yakılabilecek ocaklar, çeşme ve tuvalet de bulunmaktadır. Piknik alanları sistemetik bir şekilde oluşturulmadığı gibi araç girişleri ve araç park yerleri de düzensidir.

Piknik alanılarından en büyüğünün yer aldığı kuzey kesimdekin iki katlı restorant yakınlarında ayrıca küçük çocuk oyun alanı da mevcuttur. Piknik alanı içinde ise 125 adet kagir piknik ocağı, 58 adet ahşap piknik masası, 7 adet örtülü piknik masası, ve 4 adet WC bulunmaktadır. (Gül vd., 2002).



Foto 48: Gölcük Tabiat Parkı içinde piknik yeri ve çocuk oyun alanı

Gölcük gölünün kuzeydoğusunda kaldera içinde Devlet Su İşleri tesisi bulunmaktadır. Bu kesim bir piknik alanına dönüştürülmüş, ayrıca, tuvaletler, piknik masaları, bakımlı ve çöp bidonları yerleştirilmiş yürüyüş parkurları, çocuklar için oyun parkı yapılmıştır. Gölcük kalderası içerisinde geceleme tesisi bulunmamaktadır. Turizm günübirlik ve piknik şeklinde yapılmaktadır. Özellikle 2011'den sonra yapılan ve koşu ve bisiklet yoluyla spor kulüplerinin uğrak noktası olmuştur.

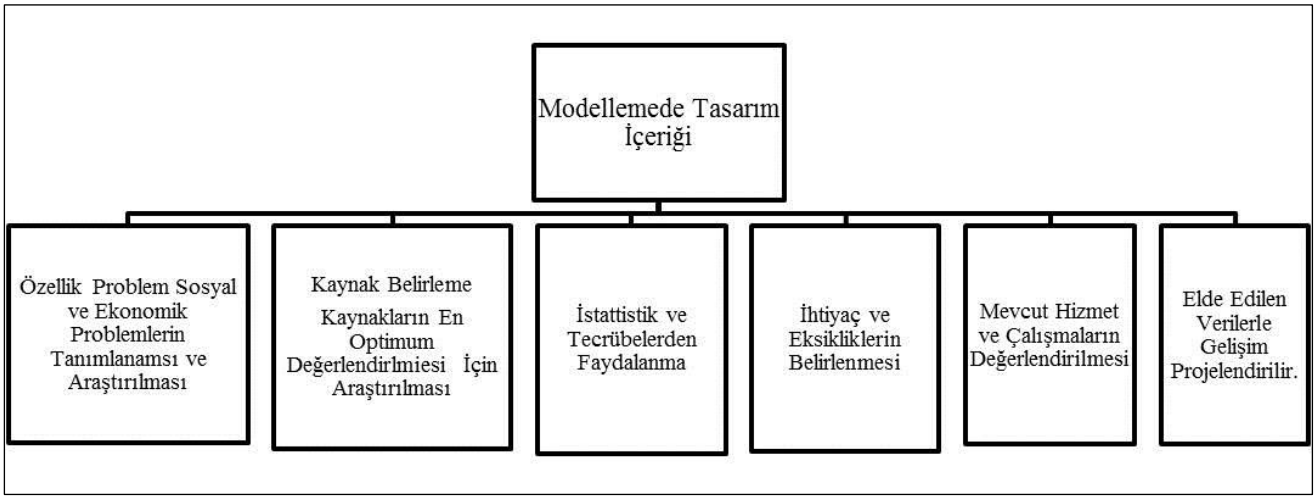
Isparta Belediyesi tarafından işletilen 43 hektarlık elma bahçesi (Foto: 47) ziyaretçilere kapalı bir alandır. Bu alan içinde de belediyeye ait tesisler (bekçi ve işçi lojmanı, depo, motopomp gibi) yer almaktadır. Gölcük Tabiat Parkı'na girişler 1998 yılından itibaren ücretli olup, 1998 yılında yaklaşık 22.079, 1999 yılında 16.960, 2000 yılında 22.063, 2001 yılında ise 20.183 aracın giriş yaptığı tahmin edilmektedir. Parka genellikle özel araçlarla giriş yapılmakta olup yaya olarak giriş çok nadirdir. Parka gelen ziyaretçi sayısı tam olarak bilinmemekle birlikte bu sayının yılda yaklaşık 50-60 bin arasında olduğu tahmin edilmektedir. Ancak bu yoğunluk sadece göl ve çevresinde görülmektedir (Gül vd. 2002).



Foto 49: Gölcük Kalderası içinde elma bahçesi

3.1.3. Dispersiyon Modellemeleri

Atmosferik dispersiyon modeli, gerçeğin basitleştirilmiş bir resmidir. Modelleme, eldeki verilere bağlı olarak geleceğe yönelik tasarım yapma işlemidir (Alkış, 1996) Gerçek sistemin bütün özelliklerini barındırmaz ancak ilişkili olan özellikleri konuları yönetimsel konuları ve çözülmesini umduğumuz bilimsel problemi içerir. Çevresel problemleri tahmin ve çözmek en iyi çözüm yollarını geliştirmek için kullanılar. Süreç; data girişi, dispersiyon hesaplamaları, gaz konsantrasyolarının çıkarımı ve analiz gibi işlemlerden oluşmaktadır. Günümüzde en fazla kullanılan dispersiyon modellerinin başında Gaussian- Sorguç modelleridir. Bunlar sorgucun niteliğini yaklaşık matematiksel verilerle ortaya koymaya çalışan modellerdir (Good Practise Guide, 2004).



Şekil 58: Modellemede tasarımın içeriği (Turoğlu, 2011 a)

Araştırma ve planlama modellemeleri, Zamana bağlı değişim modellemeleri, Olasılık modellemeleri şeklinde üç gruba ayırmaktadır. Olasılık modellemeleriyle; hedef konuya ait gerçekleşme ya da gerçekleşmeme sonucuna ulaşma, çalışılan konu için potansiyel gelişmelere ait risk değerlendirmeleri, yürütmeye ait tercihlerin gelişim senaryoları, faaliyet türüne ait gelecek için beklentiler gibi sonuçlara ulaşılır. Olasılık modellemeleri ile harita ve sayısal sonuçlar elde edilir. Bu sonuç verilerin daha sonra planlama ve proje gelişimi için analitik değerlendirme ve yorumları yapılır. Modelleme tasarım içeriğine uygun olarak şekillendirilir (Şekil 58) (Turoğlu, 2011a).

İki tür tehlike haritası üretilebilir. A. Statik Tehlike Haritası, B. Dinamik Tehlike Haritası A.Statik tehlike haritları: internet gibi ortamlardan ulaşılabilir, herkese açık, çevredeki süreç hakkında bilgilendiren ve süreçten koruma yollarını sunan, haritanın nasıl kullanılacağını belirten haritalardır. Bu haritlar uzun süre güncellenmemelerine rağmen geçerliliklerini koruyabilirler. B. Dinamik tehlike haritları: Uzmanlar veya konu ile ilgili teknik insanlar tarafından kullanılabirler. Her an yetkili kişilerece değiştirilebilrler. GBS ortamında kullanılabilirler. Jeolojik olayın özetlenmesi ve gözlenmesi işine yararlar (Newhall ve Self, 1982).

Dispersiyon modelinde meteoroloji başta gelen bir öğedir; çünkü havadaki kirleticinin etkisini azaltan ilksel faktördür. Bundan dolayı modellemeden önce meteorolojik verinin dikkatli bir şekilde ele alınması gerekir (Good Practise Guide, 2004). Rüzgâr, basınç, sıcaklık bu öğenin etkisini oluşturan en önemli unsurlardır.

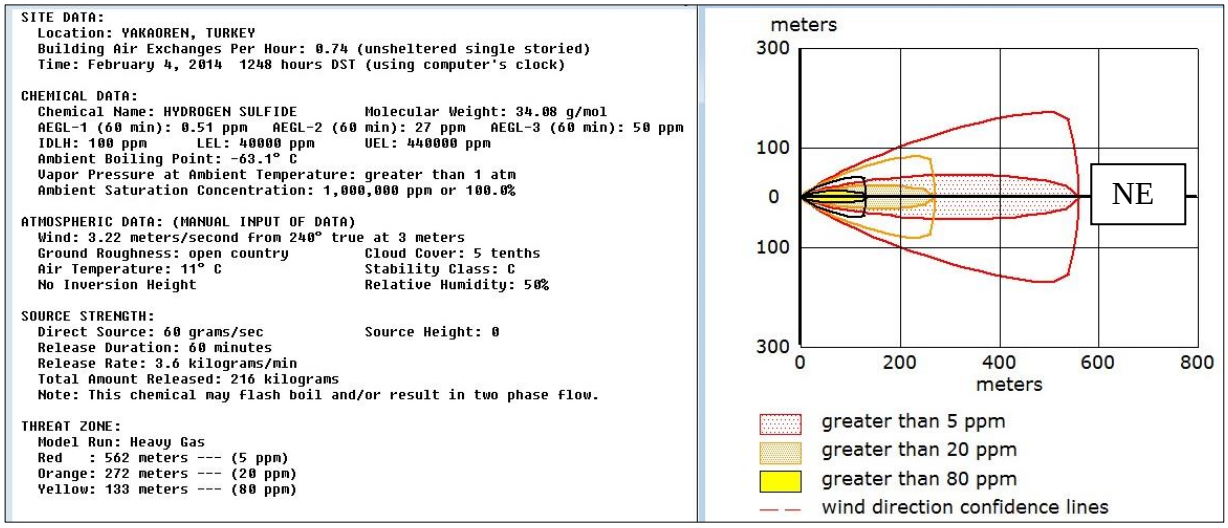
Atmosfer disperisyonunda kullanılan modellemeler şunlardır; AERMOD Modeling System, CALPUFF Modeling System, BLP, CALINE3, CAL3QHC/CAL3QHCR, CTDMPLUS, SCREEN and OCD US EPA'(Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı) nın tavsiye ettiği dispersiyon modelleme sistemleridir (Web 1).

3.1.4. Volkanik Kökenli Gazın Dağılım Özellikleri Ve Tehlike Altındaki Bölgeler

ALOHA 5.4.3. yazılım programı kullanılarak gaz dağılım modellemeleri yapılmıştır. Bu modellemede topoğrafik veriler kullanılamamaktadır. Kuyuya ait gazın çıkış basıncı veya gaz miktarı, gaz kuyusunun zeminden yüksekliği, sıcaklık, rüzgar yön ve hızı, gaz kuyusunun koordinatları, gaz kuyusu rakım değeri, söz konusu gaz için belirlenmiş olan gaz ppm değer ölçütleri gibi veriler yazılıma girilmektedir. Bu veri girişi işleminden sonra yazılım çalıştırılmaktadır. Yazılıma işlenen veri sol eksende kalmak suretiyle istenilen ppm değerlerine göre gaz dağılımı modellemesi yapılmaktadır. Gaz dağılım zonları veri girişi yapılırken belilenmiş olan ppm dercelerine göre ortaya çıkmaktadır. Sonuç şekli istenirse Google Earth ve ArcGIS yazılımlarında kullanılabilcek .kml uzantılı dosya türüne dönüştürülebilmektedir.

Ancak gaz çıkışının olduğu bölge vadi olduğundan rüzgâr hareketleri çoğunlukla vadi uzanış doğrultusuna oturduğundan, gaz dağılımı modelleri de vadi uzanış doğrultusuna uymaktadır. Ortalama olarak 11 °C civarında olan yıllık sıcaklık koşullarında H_2S (Hidrojen Sülfür) gazının gaz kuyusundan çıkışının Temmuz 2008 verilerine göre (Şekil 55) 12 bar kuyu basıncıyla % 0.5 konsantrasyon değeri ve taşıdığı anda bir saatlik gaz çıkışı sonucu modellemiştir (Şekil 59).

Bu modellemede rüzgâr yönü esiş sıklığı ortalama değerlerinin yüksek olduğu 247.5º olarak ve rüzgâr hızı 3.22 m/sn olarak düşünülmüştür. Zehirleyici olan H_2S gazının tehlike sınırı 4,6 ppm'dir. Buna bağlı olarak H_2S dağılımında 5 ppm ve üzeri 20 ppm üzeri ve 80 ppm üzeri olan noktaların tespiti yapılmaya çalışılmıştır. 2008 yılı verilerine göre kuyudan 500 metre yarıçaplı yerler için sınır değeri aşılmıştır (Şekil 59). Büyükkükürt deresinde vadi uzanış doğrultusu dikkate alınmadan yapılan modellemede hareket yönü NE şeklindedir. Gaz kuyusundan 100 metre mesafedeki saha için tehlike değerleri çok yüksektir.

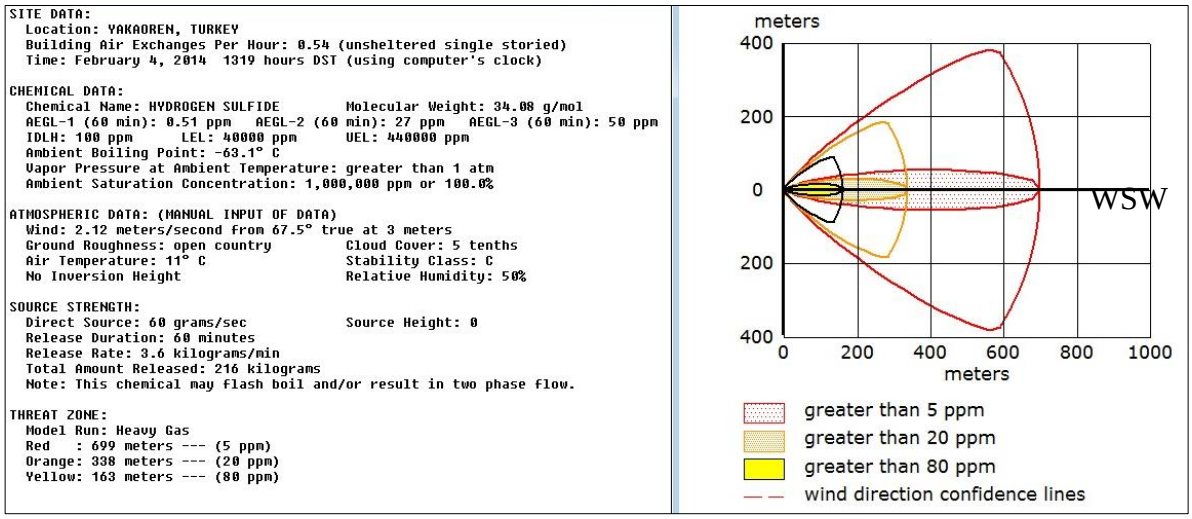


Şekil 59: Yıllık ortalama meteorolojik verilere göre ve 2008 yılı gaz ölçüm sonuçlarına göre H_2S gazının dağılımı

Gün içerisinde farklı saatlerde vadi içerisindeki rüzgâr hız ve esiş yönünde de değişiklikler meydana gelmektedir. Seyyar meteoroloji cihazı kullanılarak toplanan meteorolojik veriler değerlendirildiğinde 04-07 saatleri arasında vadide gaz çıkış merkezine doğru karşılıklı rüzgârların estiği yani dağ meltemi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu özellik gazın birikmesini tetikleyen bir durum olarak

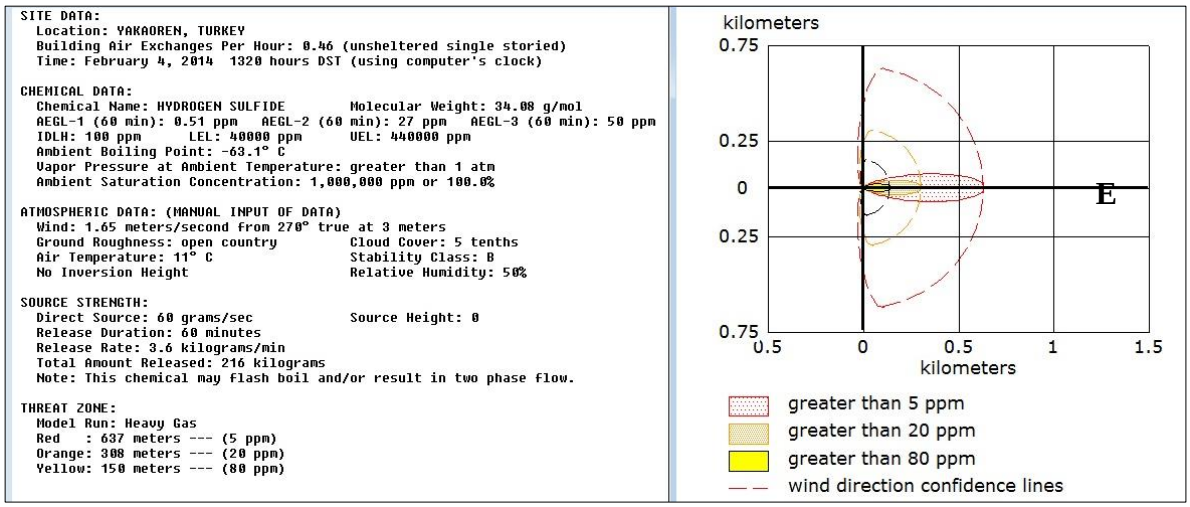
değerlendirilebilir. 07-08 arasında NE'dan 10-11 saatleri arasında yine NE-SW yönlerinde vadi merkezine doğru karşılıklı rüzgârlar etkili olmaktadır. Saat 12:00'den sonra ise W'dan E yönüne doğru esen rüzgârlar etkili olmaktadır. Bu daha önceki saatlerde vadi tabanında biriken gazın başta Yakaören ardından Isparta şehir merkezine doğru yönelmesine neden olmaktadır.

Gün içerisinde saat 07-08 aralığında 67.5º yönünden esen 2.12 m/sn rüzgâr hızı sonucu H_2S gazı WSW yönünde 700 metre mesafeye kadar 5 ppm gaz taşımaktadır. Gaz değeri kuyudan 150 metre mesafeye kadar 80 ppm seviyesi ve üzerinde çıkmaktadır (Şekil 60).



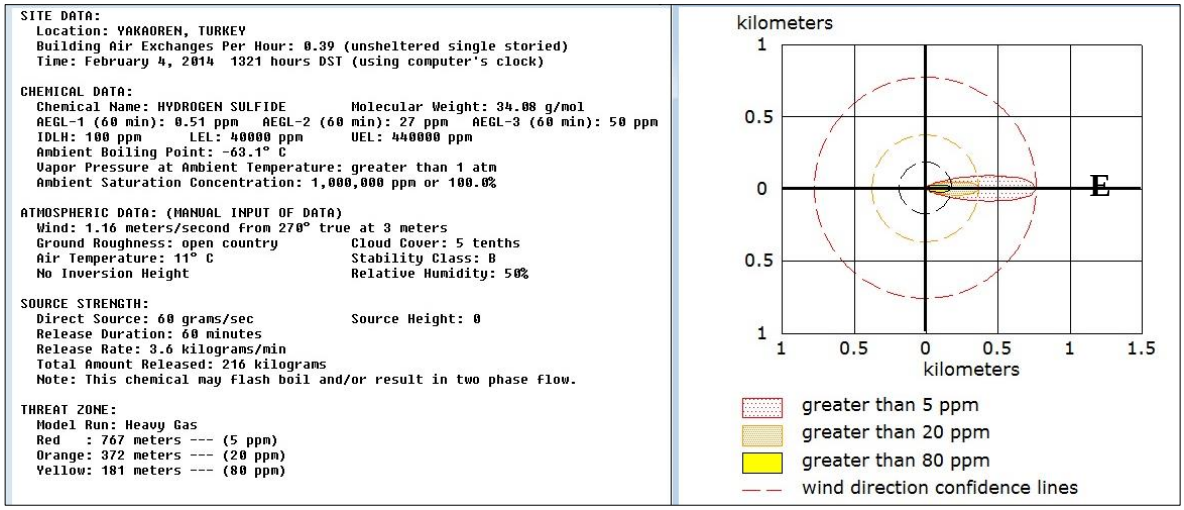
Şekil 60: 2008 yılı gaz ölçüm sonuçlarına göre ve 07:00- 08:00 saatleri arası yıllık ortalama meteorolojik verilere göre H_2S dağılımı

14-15 saatleri arasında 1.65 m/sn hızında 270º'den esen rüzgâr yazılım programına uyarlandığında vadi içinde E yöne doğru 600 metre mesafeye kadar 5 ppm gaz değeri ve üzeri taşınmaktadır. 80 ppm ve üzeri 100 metre mesafeye kadar taşınmaktadır (Şekil 61).



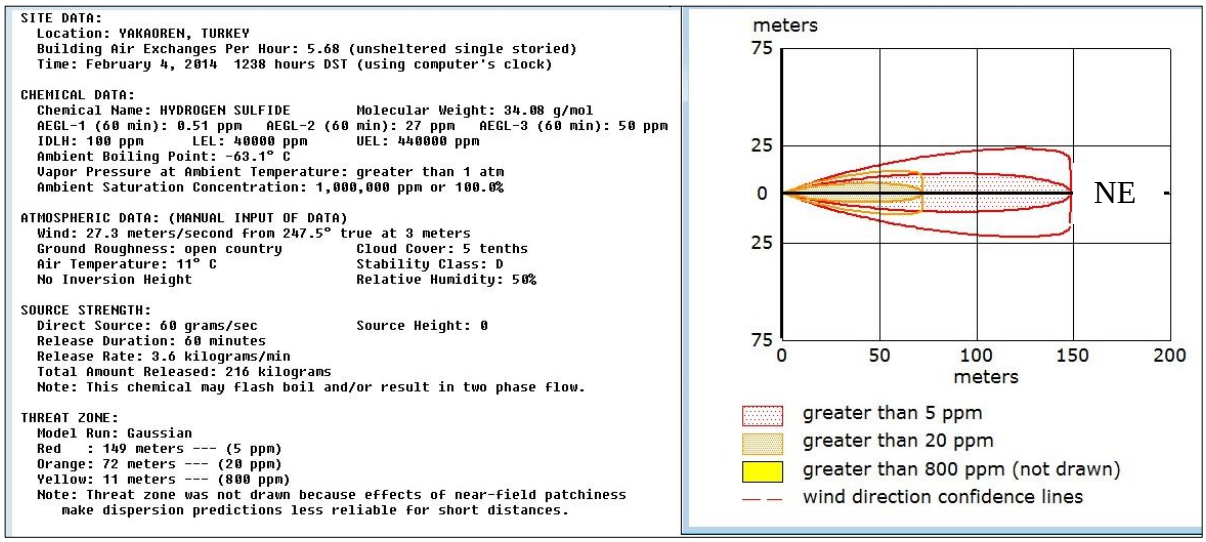
Şekil 61: 2008 yılı gaz ölçüm sonuçlarına göre ve 14:00- 15:00 saatleri arası yıllık ortalama meteorolojik verilere göre H_2S dağılımı

24-01 saatleri arasında 1.16 m/sn hızında 270º'den esen rüzgâr yazılım programına uyarlandığında vadi içinde E yöne doğru 700 metre mesafeye kadar 5 ppm gaz değeri ve üzeri taşınmaktadır. 80 ppm ve üzeri 120 metre mesafeye kadar taşınmaktadır (Şekil 62).



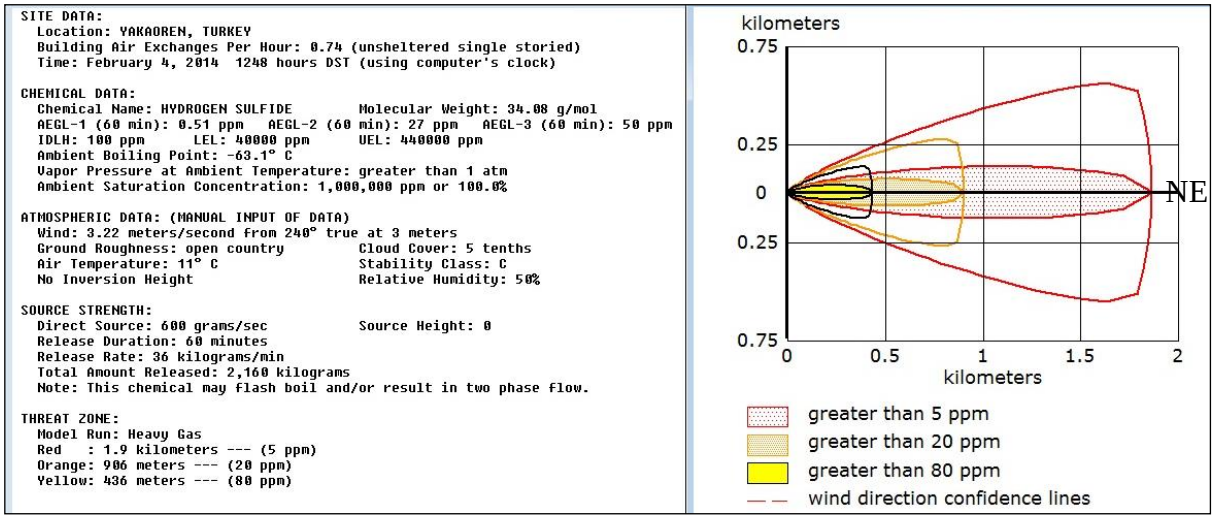
Şekil 62: 2008 yılı gaz ölçüm sonuçlarına göre ve 24:00 - 01:00 saatleri arası yıllık ortalama meteorolojik verilere göre H_2S dağılımı

Yıllık maksimumum rüzgârın 247.5º'den 27.3 m/sn hız ile esmesi sonucuna göre gaz daha hızlı dağıldığından 5 ppm H_2S değerine kuyudan 150 metre ve daha yakın mesafelerden ulaşılmaktadır (Şekil 63).



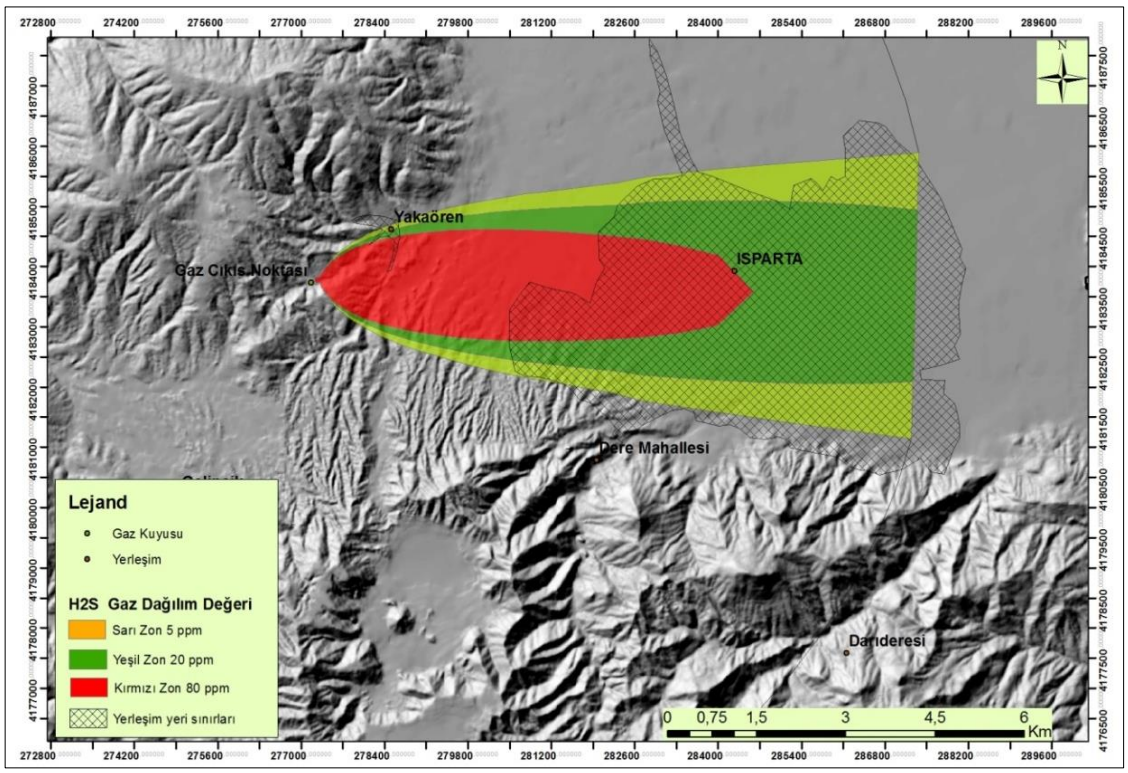
Şekil 63:2008 yılı gaz ölçüm sonuçlarına göre ve yıllık ortalama maksimum rüzgâr verilerine göre H_2S dağılımı

H_2S gazının kuyudan çıkış miktarının 10 kat artması durumunda yıllık ortalama meteorolojik verilere göre 5 ppm değerin kuyudan 1.8 km mesafeye aşılabileceği, kuyudan 500 metre mesafe içerisinde 80 ppm değerinin aşılacağı sonucuna varılmıştır (Şekil 64).



Şekil 64 : Yıllık ortalama meteorolojik verilere göre ve 2008 yılı gaz ölçüm sonuçlarına göre H_2S gazının 10 misli artması durumunda gaz dağılımı

H_2S gazının kuyudan çıkış miktarının 1000 kat artması durumunda günlük minimum rüzgâr hızı (1.16 m/sn) ve ortalama yön (270º) verilerine göre 5 ppm değerin kuyudan 9 km mesafeye kadar aşılabilceği, kuyudan 5 km metre mesafe içerisinde 80 ppm değerinin aşılacağı sonucuna varılmıştır (Şekil 65). Böyle bir ihtimalin gerçekleşmesi durumunda Yakaören köyünün tamamı ve Isparta şehir merkezinin tamamına yakını büyük risk ile kaşı karşıya kalacaktır.

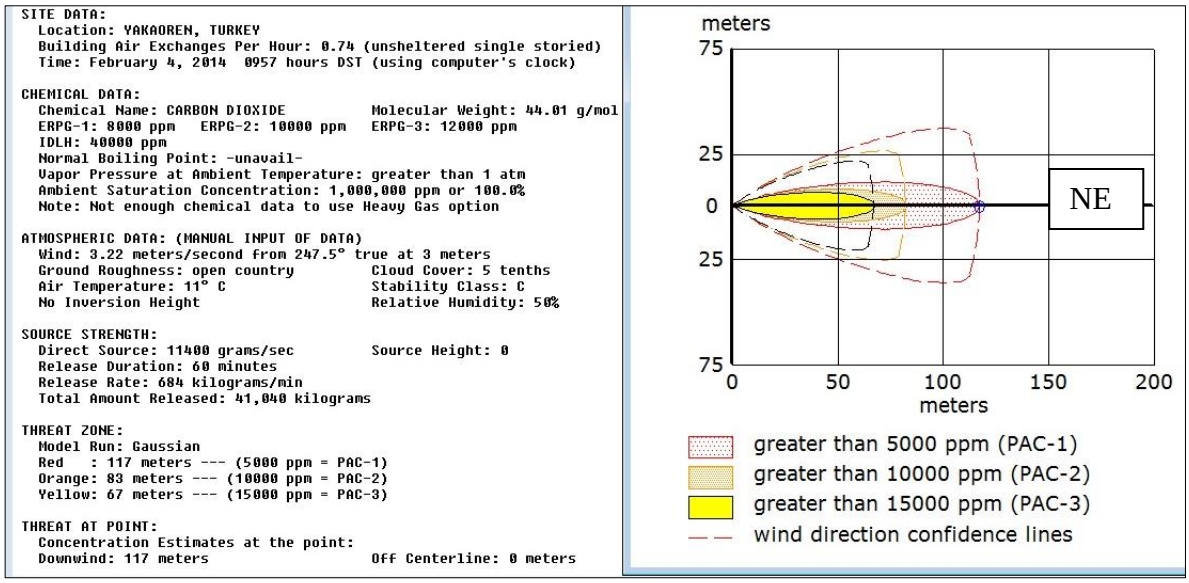


Şekil 65:H_2S gazının 2008 ölçüm sonuçlarından 1000 kat artması durumunda günlük minimum rüzgâr hızı ve ortalama yöne göre dağılımı modeli

2008 yılında yapılan gaz ölçümü sounçlarına göre CO_2 gazının aynı anda kuyudan ölçülen miktarı % konsantrasyon olarak % 95 şeklinde ölçülmüştür. Bu gazın dağılım özellikleri yıllık ortalama meteorolojik veriler kullanılarak hesaplattırılmıştır (Şekil 72).

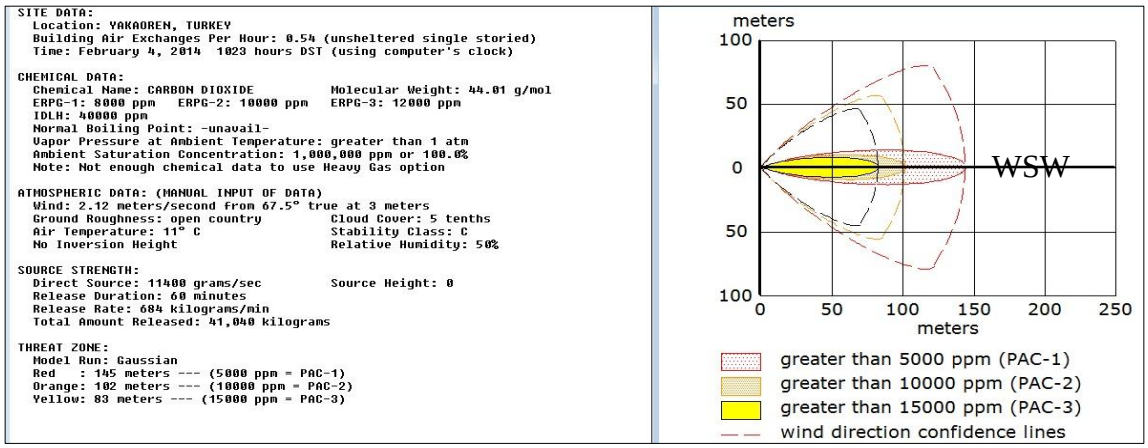
CO_2'nin tehlike sınırı 5000 ppm'dir. Yapılmış olan modelleme sonucunda kuyudan 120 metre yarıçapı uzaklığındaki bölgelerin tehdit altında altında olduğu saptanmıştır. CO_2 ağır bir gaz olduğundan özellikle dağ meltemi veya aşırı durgun hava neticesinde vadi içinde birikimden sonra yüksek hızlı rüzgârla daha uzun mesafelerde hareket edebilir ve özellikle vadi çıkış noktasında bulunan Yakaören için beklenmeyen sonuçlar ortaya çıkarabilir.

Yıllık ortalama meteorolojik verilere göre 11 ºC sıcaklıkta 247.5º'den 3.22 m/sn rüzgâr hızına bağlı olarak veri girişi yapıldığında ve CO_2'nin kuyudan % 95 konsantrasyonla çıktığı düşünülürse özellikle NE yönünde kuyudan 120 metre mesafedeki yerlerden itibaren 5000 ppm değerinin aşıldığı özellikle kuyudan 70 metre mesafe ve daha yakın noktalarda 15000 ppm değerinin aşıldığı görülmüştür (Şekil 66).



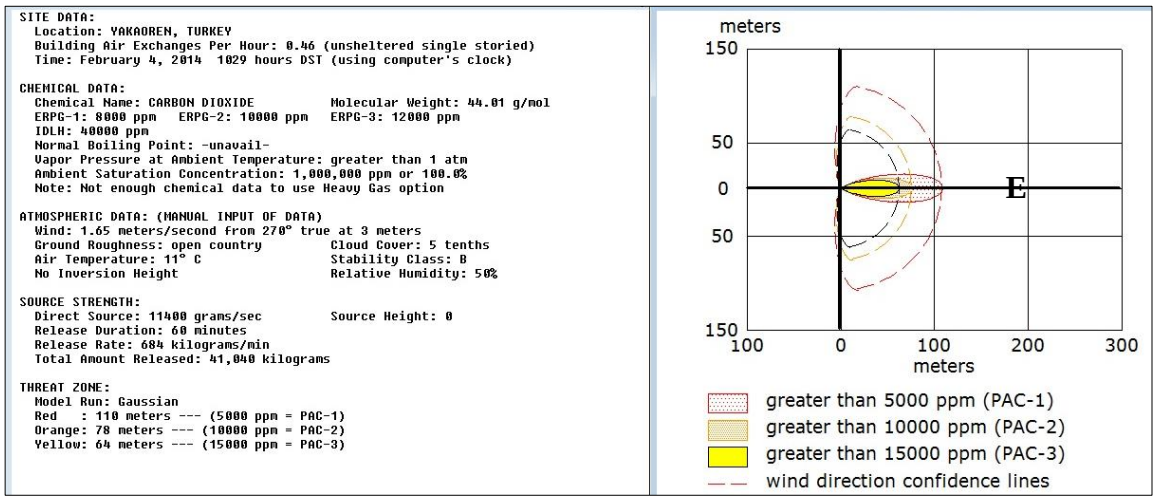
Şekil 66: Yıllık ortalama meteorolojik verilere göre ve 2008 yılı gaz ölçüm sonuçlarına göre CO_2 gazının dağılımı

Gün içerisinde saat 07-08 aralığında 67.5º yönünden esen 2.12 m/sn rüzgâr hızı sonucu CO_2 gazı WSW yönünde 145 metre mesafeye kadar 5000 ppm ve üzeri değerlerde gaz taşımaktadır. Gaz değeri kuyudan 80 metre mesafeye kadar 15000 ppm seviyesi ve üzerinde çıkmaktadır (Şekil 67).



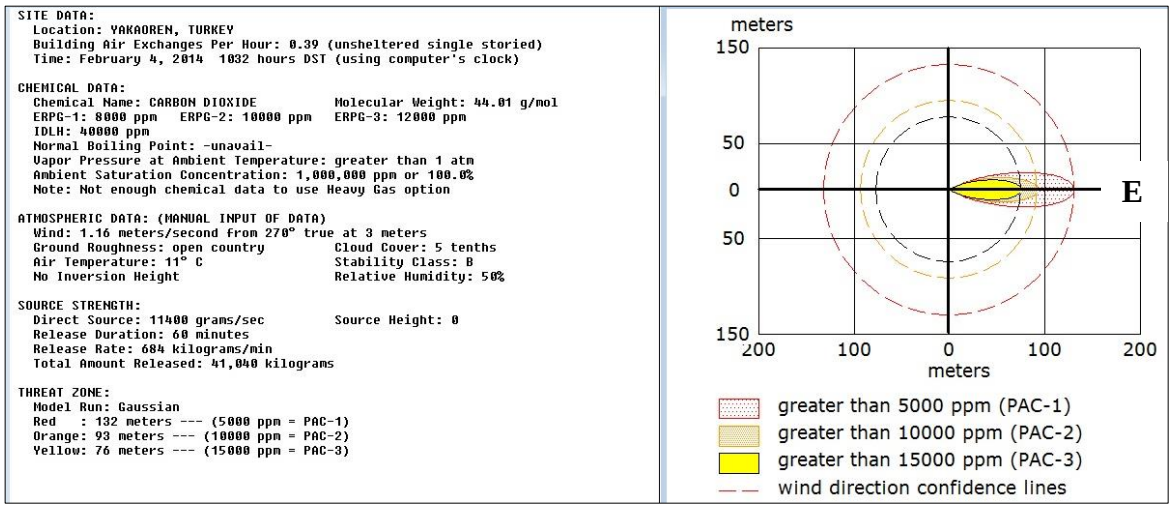
Şekil 67:2008 yılı gaz ölçüm sonuçlarına göre ve 07:00- 08:00 saatleri arası yıllık ortalama meteorolojik verilere göre CO2 dağılımı

Gün içerisinde 14-15 saatleri arasında 1.65 m/sn hızı ve 270º'den esen rüzgâr sonucu vadi içinde E yöne doğru kuyudan 105 metre mesafeye kadar olan yerlerde 5000 ppm gaz değeri ve üzerine çıkılmaktadır. 15000 ppm ve üzeri 60 metre mesafeye kadar taşınmaktadır (Şekil 68).



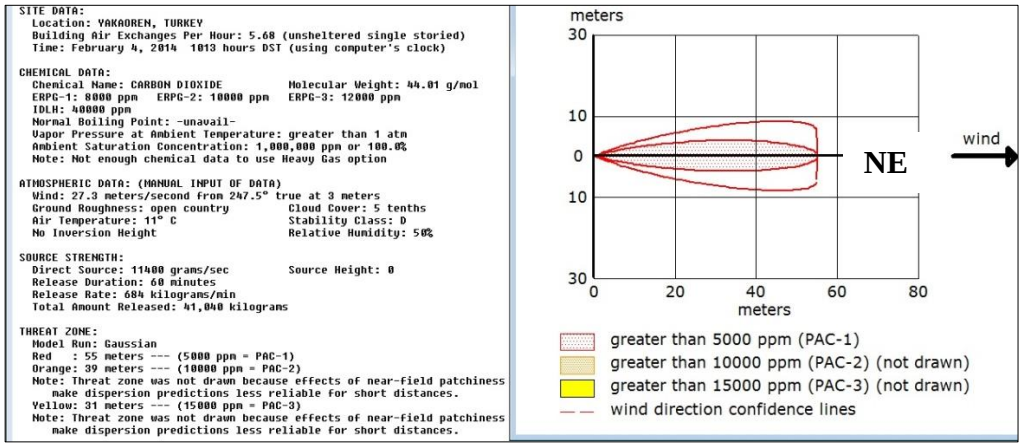
Şekil 68: 2008 yılı gaz ölçüm sonuçlarına göre ve 14:00- 15:00 saatleri arası yıllık ortalama meteorolojik verilere göre CO2 dağılımı

24-01 saatleri arasında 1.16 m/sn hızı ve 270º'den esen rüzgâr sonucu vadi içinde E yöne doğru kuyudan 130 metre mesafeye kadar olan yerlerde 5000 ppm gaz değeri ve üzerine çıkılmaktadır. 15000 ppm ve üzeri 70 metre mesafeye kadar taşınmaktadır (Şekil 69).



Şekil 69:2008 yılı gaz ölçüm sonuçlarına göre ve 24:00- 01:00 saatleri arası yıllık ortalama meteorolojik verilere göre CO2 dağılımı

247.5°'den esen yıllık ortalama maksimum rüzgâr hızı (27.5 m/sn) koşullarında 2008 verilerine göre CO_2 gazı NE yönde kuyudan 50 metre mesafe sınırları içerisinde 5000 ppm ve üzeri değerde dağılmaktadır (Şekil 70). Rüzgâr hızının artması CO_2 birikimini engellemekte ve tehlike seviyesini düşürmektedir.

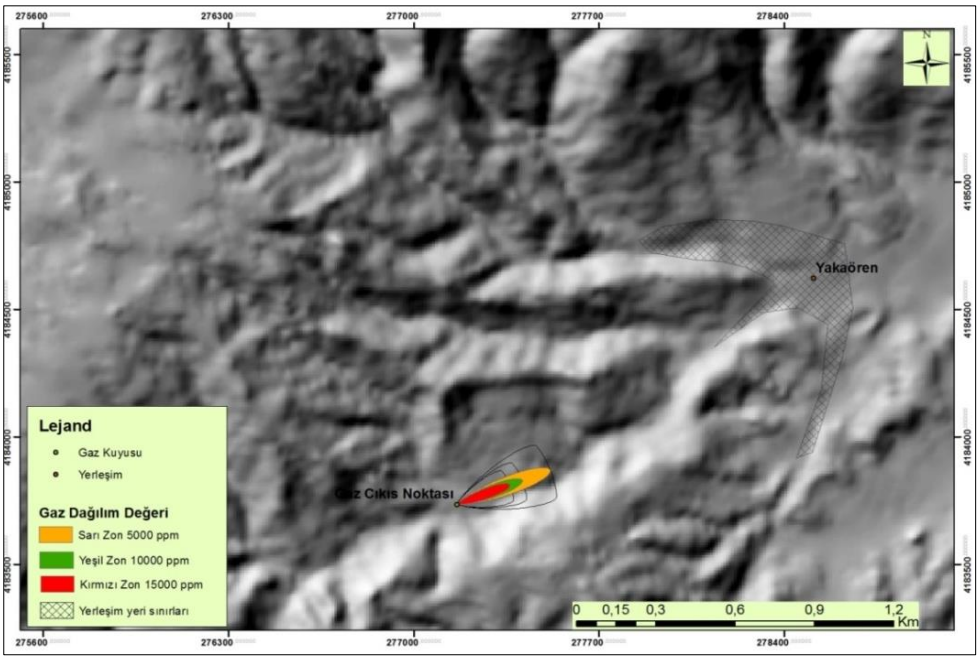


Şekil 70: 2008 yılı gaz ölçüm sonuçlarına göre ve yıllık ortalama maksimum rüzgâr hızı verilerine göre CO_2 dağılımı

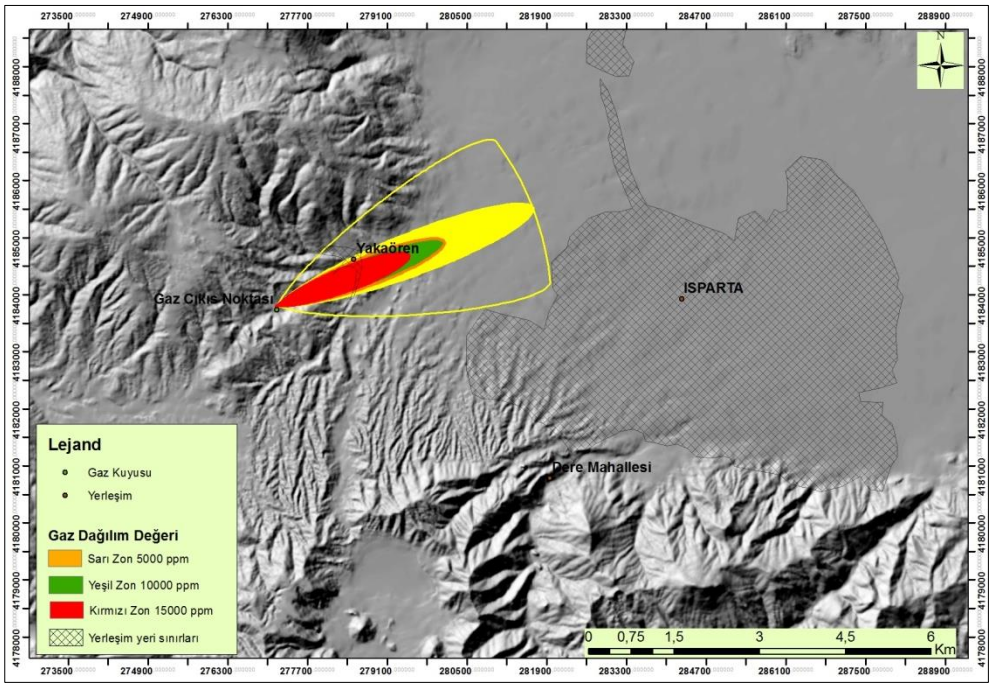
CO_2 gazının kuyudan çıkış miktarının 10 kat artması durumunda yıllık ortalama rüzgâr ve sıcaklık verilerine göre 5000 ppm değerinin kuyudan 500 m mesafeye kadar oluşacağı, 80 ppm ve üzeri CO_2 değerinin kuyudan 200 metre ve daha yakın mesafelerde aşılacağı sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 71).

Yıllık ortalama rüzgar hız ve yön değerleri kullanıldığında; CO_2 gazının 2008 ölçüm sonuçlarından 1000 misli daha fazla çıkması durumunda 5000 ppm değeri ve üzerine kuyu

merkezde kalmak üzere 4 km çapındaki alanda ulaşılmaktadır. Yakören Köyü'nün tamamı ve Isparta şehir merkezinin kuzeyinde tehlikeden zarar görme olasılığı artacaktır (Şekil, 72).



Şekil 71: Yıllık ortalama rüzgar hız ve yönüne göre CO_2 gazının 2008 ölçüm sonuçlarından 10 misli artması sonucu gaz dağılımı



Şekil 72:Yıllık ortalama rüzgar hız ve yönüne göre CO_2 gazının 2008 ölçüm sonuçlarından 1000 misli artması sonucu gaz dağılımı

3.2. VOLKANİK KÖKENLİ GAZ İÇİN RİSK ANALİZİ

Doğal afetle mücadelede; insanların tehlikeyi yorumlama biçimleri, zararı azaltma çabaları, serbest piyasanın hareket şekli gibi sosyal faktörler, hangi aşamaların gerçekleştiğini, hangilerinin gözden kaçırıldığını, gelecek afetlerde kayıpların kapsamını belirlemede kesin bir rol oynamaktadır. Çünkü bu toplumsal güçler şimdilerde afet uzmanlarının önceki düşüncelerinin aksine daha etkili görülmektedir. Fiziksel sitemlerde büyümeler, teknolojideki ilerlemeler ise yeterli olmamaktadır. Doğal afet risklerini, etkili bir şekilde ifade etme, azaltma temel sosyal değer olmalıdır (Mileti, 1999).

Bu çalışma kapsamında doğal afet riskini, tehlikenin boyutu ve özelliklerini ifade etme temel hedef olmuştur. Gaz çıkışı ve özellikleri, klimatik özellikler, jeomorfolojik özellikler, nüfus ve beşeri özellikler gibi bir çok girdiyi risk analizinde değerlendirmek gerekmektedir.

Raster veritabanı katmanları çakıştırma sonucu, üzerine etkilerini temsil eden değer atamaları ile matematiksel işlemler yapmak suretiyle raster hesaplamalar gerçekleştirilir. Bu analizde; daha önce ilgili konulara ait derecelendirme veya tür tanımlama sınıflandırması yapılmış olan raster katmanlar, matematiksel çakıştırmaya katılırlar. Raster hesaplamalarda değer atamaları, analizde hesaba katılan faktörlerin etki ağırlıklarını temsil eder. Etkisizden en yüksek etki değeri aralığına kadar, değer ataması niteliğindeki etki tanımlaması için 1-10 arasındaki bir rakam verilir. Faktörler için belirlenen ağırlık değeri çarpanı her bir faktörün matematiksel formülasyonu ile birleştirilmesi esasına dayanın bir matematiksel uygulamayla analize katılır (Turoğlu, 2011 b).

Gaz risk analizinde; gaz çıkışı, topoğrafik etkiler ve meteorolojik etkiler göz önünde bulundurularak dispersiyon (dağılım) modellemeleri yapılmıştır. Toğoğrafyanın temel özelliklerinden olan yükselti faktörü ve kuyudan uzaklık mesafe analizleri sonucunda oluşturulan raster haritalar, birlikte değerlendirilerek ArcMap 10.1 yazılında Spatial Analyst uzantısında Raster Calculation'a tabi tutulmuştur.

Risk zonlaması yapılırken çalışma sahası genelinde yükselti 5 kademe olarak değerlendirilmiştir. Aynı şekilde kuyudan uzaklaştıkça 3'er km mesafede iç içe halkalar oluşturacak şekilde 5 kademe mesafe analizi rasteri oluşturulmuştur. Raseter veriler oluşturulurken özellikle hücre yapılarının aynı özellikte olmasına özen gösterilmiştir.

Yükselti ve mesafe kademeleri oluşturulurken özellikle H_2S ve CO_2 gazlarının değişik miktarlardaki çıkış oranları ve hakim rüzgâr yönüne göre dağılımları yani dispersiyonları da göz önüne alınmıştır.

Yükseltisi düşük olan yerlerde gaz birikimi olacağı düşünülmüş, yüksek arazilerde ise rüzgârlara açık olma bu sayede gazların daha çabuk dağılacağı göz önünde bulundurulmuştur. Buna göre çalışma sahası yükselti zonları ve tehlike oranları şu şekilde oluşturulmuştur (Tablo 35).

Tablo 35: Yükseltiye göre tehlike zonları

Yükselti Zonu	Yükselti aralığı (metre)	Tehlike Zonu
1	920-1190	Çok Tehlikeli
2	1191-1460	Telikeli
3	1461-1730	Orta Tehlikeli
4	1731-2000	Az Tehlikeli
5	2001-2270	Çok Az Tehlikeli

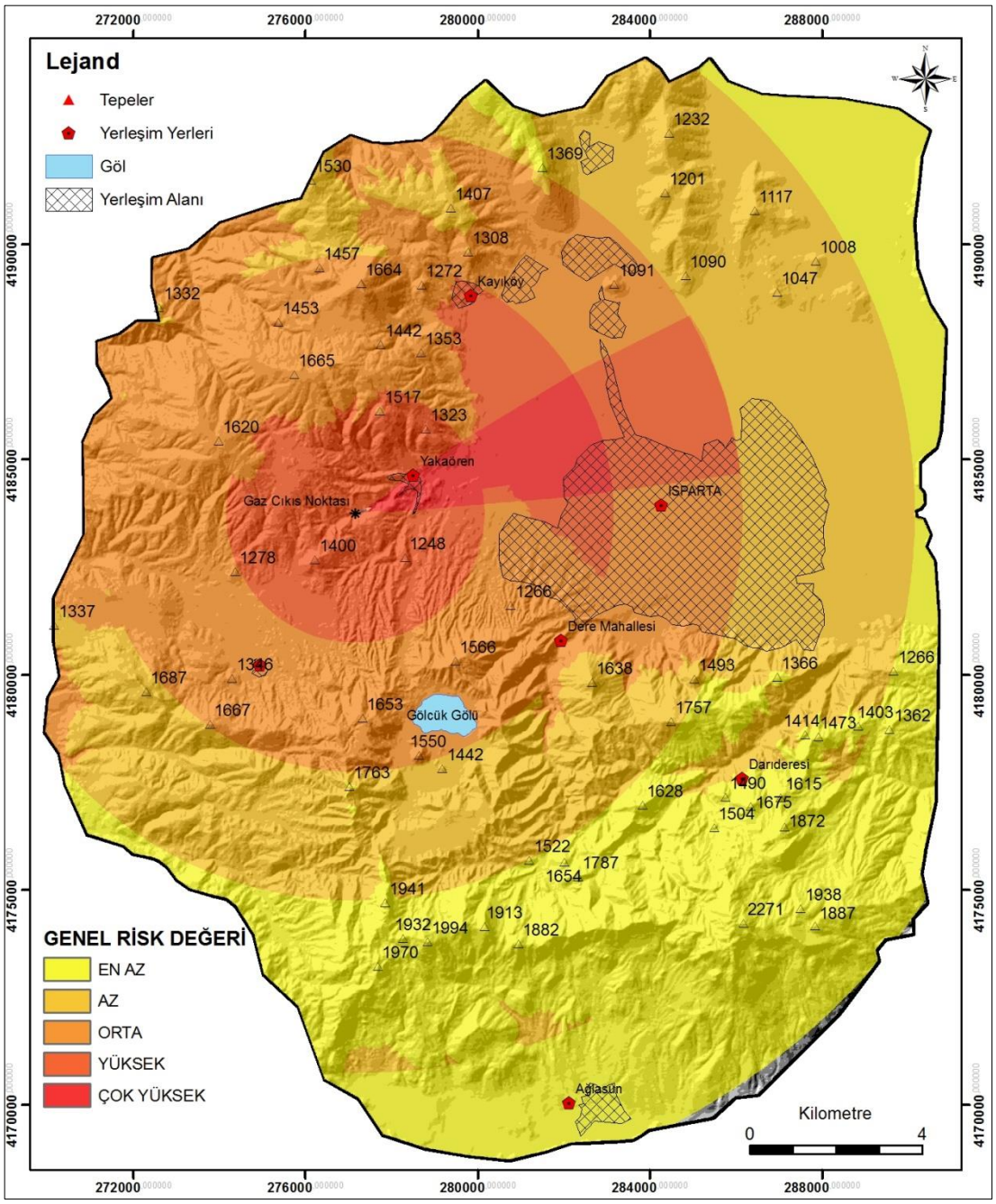
Mesafe kademeleri gaz kuyusunu merkezde bırakacak iç içe halkalar oluşturacak şekilde 3 km, 6 km, 9 km, 13 km ve 17 km yarıçaplı halkalar oluşturacak şekilde düzenlenmiştir. Kuyuya yakınlığına göre mesafe zonları ve tehlike kademeleri Tablo 36'da gösterilmiştir.

Tablo 36:Kuyuya uzaklıklarına göre tehlike zonları

Uzaklık Zonu	Kuyuya Uzaklık (Km)	Tehlike Zonu
1	0-3	Çok Tehlikeli
2	3 - 6	Telikeli
3	6 - 9	Orta Tehlikeli
4	9-13	Az Tehlikeli
5	13-17	Çok Az Tehlikeli

Sayısal veri tabanı 1/25000 ölçekli topoğrafya haritası kullanılark oluşturulmuştur. 1/25 000 ölçekli topoğrafya haritasında sayısal yükselti modeli üretilmiş, yükselti kademeleri 5 alt grup olacak şekilde tanımlanmıştır. Mesafe analizi için iç içe halkalar oluşturacak zonlar; Analysis uzantısındaki Proximity alt başlığındaki Multiple Ring Buffer aracı kullanılarak oluşturulmuştur. Elde edilen harita vektör veriden raster veriye dönüştürülmüştür.

Yükselti ve mesafe analizi sonucu oluşturulan 10*10 hücre bazlı raster verileri ArcMap 10.1 yazılım programındaki Spatial Analyst uzantısının Raster Calculator modülü kullanılarak yeni bir rastere dönüştürülmüştür. Bu yeni görüntü katmanı yükselti ve mesafe faktörünü bir arada sunacak şekildedir. Ayrıca hakim rüzgâr yönü etkisi de bu katman üzerine bindirilerek risk kademeleri oluşturulmuştur. Bu risk kademeleri beşeri faktörlere bakılmaksızın sadece dispersiyon modellemeleri göz önünde bulundurularak; genel risk değeri 5 (beş) kademe olarak yorumlanmıştır. Bunlardan 1.'si En az etkilenecek saha, 2.'si az etkilenecek saha, 3.'sü orta dercede etkilenecek saha, 4.'sü yüksek dercede etkilenecek saha, 5.'si çok yüksek derecede etkilenecek saha olarak nitelendirilmiştir (Şekil 73).



Şekil 73: Gaz Tehlike Analizi Haritası, Uzaklık Analizi ve Yükselti Parametreleri ve yıllık ana rüzgâr yünü kullanılarak üretilmiştir.

Buna göre Yakaören'in tamamı çok yüksek derecede risk değerine sahiptir. Çünkü Yakaören Köyü gaz çıkışına son derece yakın bir mesafede bulunmakta ayrıca Yakaören yerleşiin kurulduğu yer; gaz çıkışın olduğu vadinin Isparta Ovasına açıldığı bir konumda bulunmaktadır.

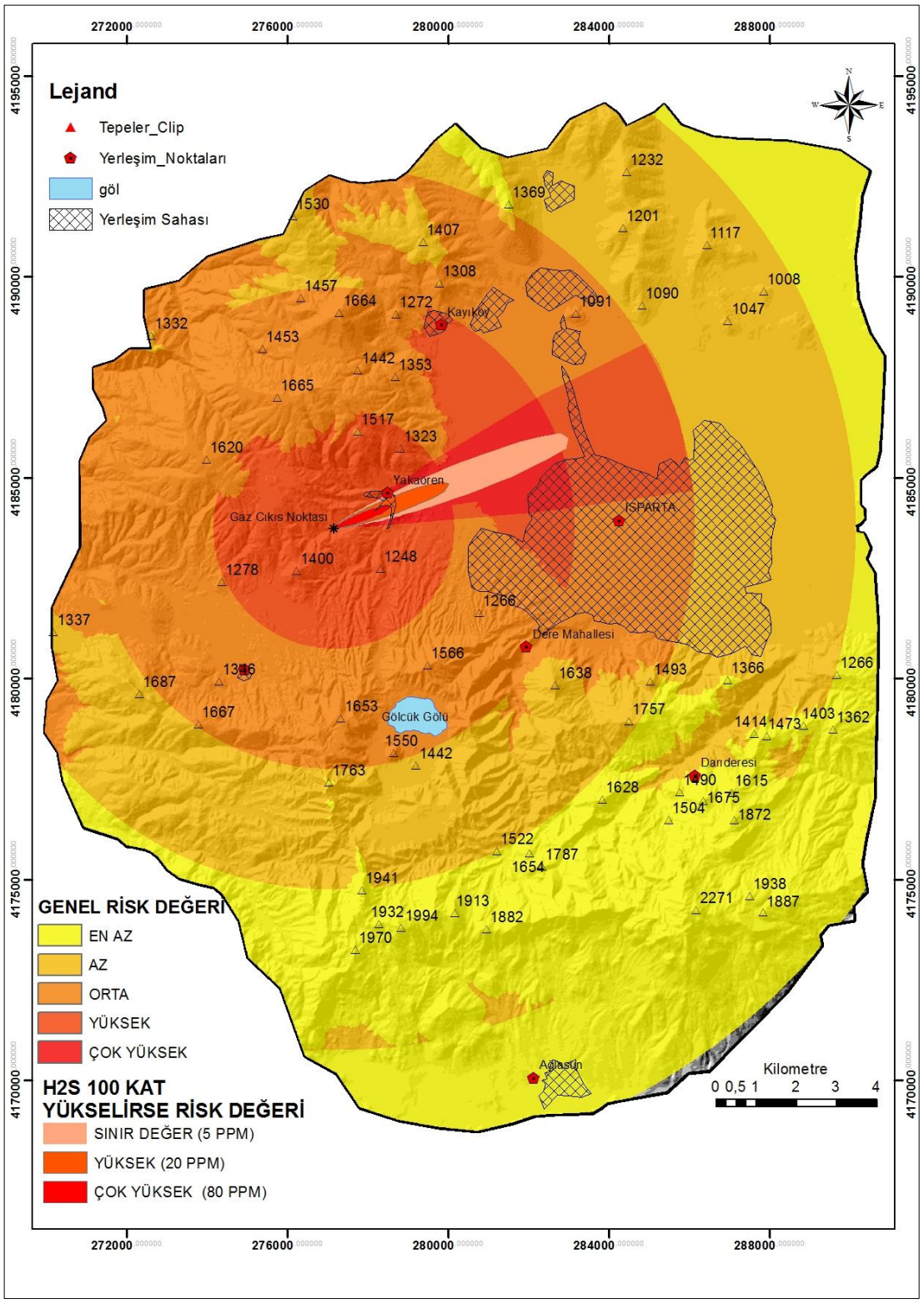
Isparta şehir merkezinin kuzey kesimleri ise yüksek ve orta yüksek risk zonu alanı içinde kalmaktadır. Gaz kuyusuna olan uzak mesafeye rağmen bu kesim özellikle hakim rüzgâr yönüne bağlı olarak taşınabilcek gaz güzergahında yer almaktadır.

Çalışma kapsamında üretilmiş olan risk zonları haritası üzerine, ALOHA yazılımı kullanılarak üretilmiş olan H_2S gazının 100 kat (Şekil 74) H_2S gazının 1000 kat (Şekil 75), CO_2 gazının 100 kat (Şekil 76), CO_2'nin 1000 kat (Şekil 77) yükselmesi koşulu göz önünde bulundurularak, yıllık ortalama rüzgâr ve sıcaklık koşulları altında oluşabilecek gaz miktar zonları verileri de işlenmiştir.

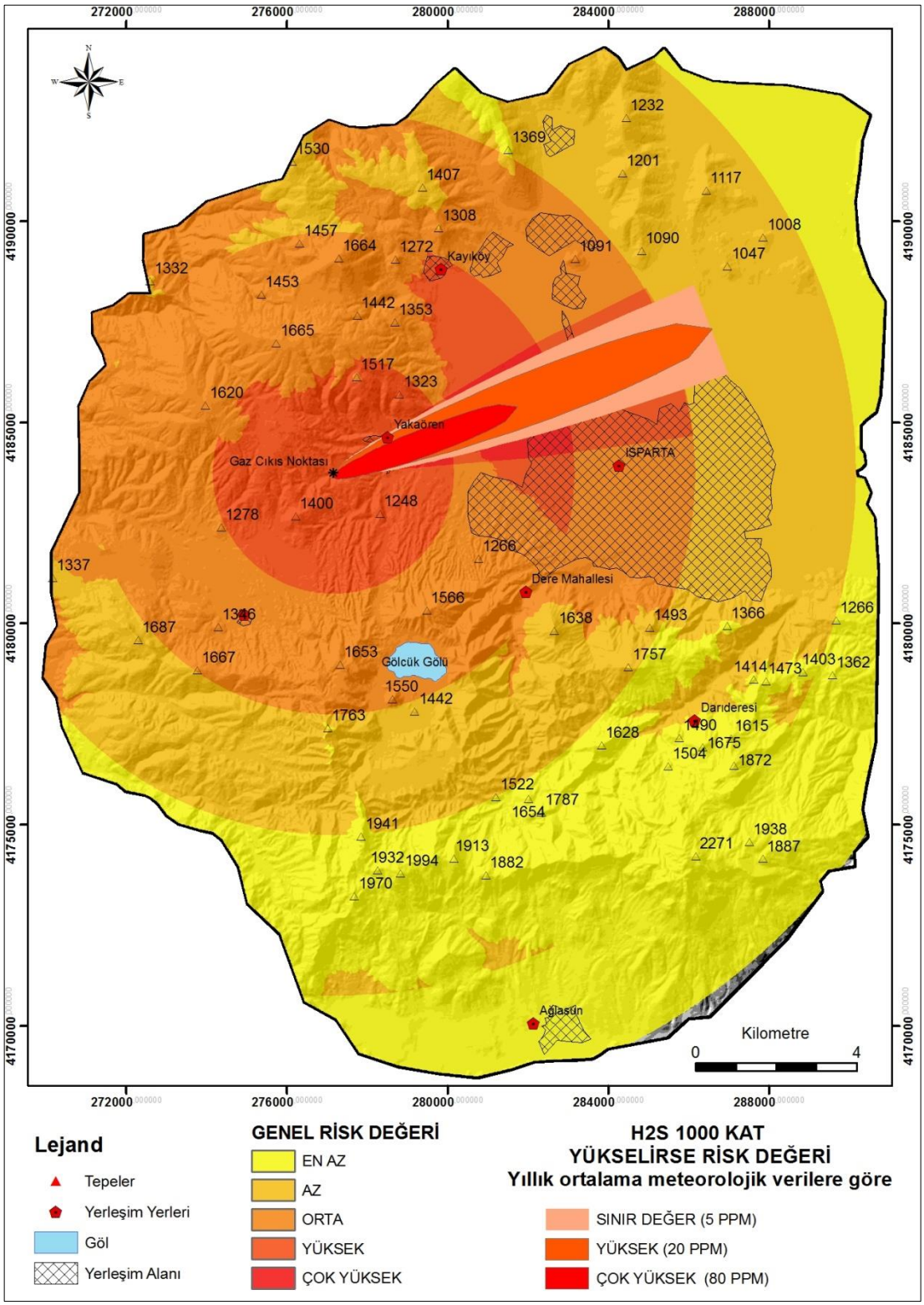
H_2S gazının 100 kat yükselmesi sonucunda Yakaören köyünün özellikle merke kısımların 1. Dercede çok yüksek risk altında olduğu Isparta şehir merkezinin kuzeydoğu mahallelerininde sınır değerler olan 5000 ppm ve üzeri H_2S değerine ulaşacağı sonucuna varılmıştır (Şekil 74) . H_2S gazının 2008 yılı verilerinden 1000 kat daha fazla yükselmesi ise tehlikenin boyutlarının aşırı artması anlamına gelmektedir. Bunun sonucunda risk oldukça yükselecektir. Yakaören'in tamamı ve Isparta Şehir merkezinin kuzey kesiminin tamamı çok fazla riskli bölge durumunda olacaktır (Şekil 75).

CO_2 gazının 2008 ve 2010 ölçümlerine göre 100 ve 1000 kat artması durumunda sınır değer olan 5000 ppm 1 km yarıçaplı saha içerisinde aşılacaktır. Özellikle Yakaören için önemli bir tehlike meydana gelecektir (Şekil 76, 77). CO2'nin durgun yani rüzgârın olmadığı veya çok az olduğu dönemlerde havadan daha ağır olması nedeniyle alçak arazide birikme ihtimali bulunmaktadır. Bundan dolayı kuyudan çıkan gaz değerinde herhangi bir artış olmasa dahi birikmeden dolayı yüksek gaz değerler birikimden dolayı yakalanabilir ve ani rüzgârlarla dağılarak ve istenmeyen sonuçlar ortaya çıkabilir.

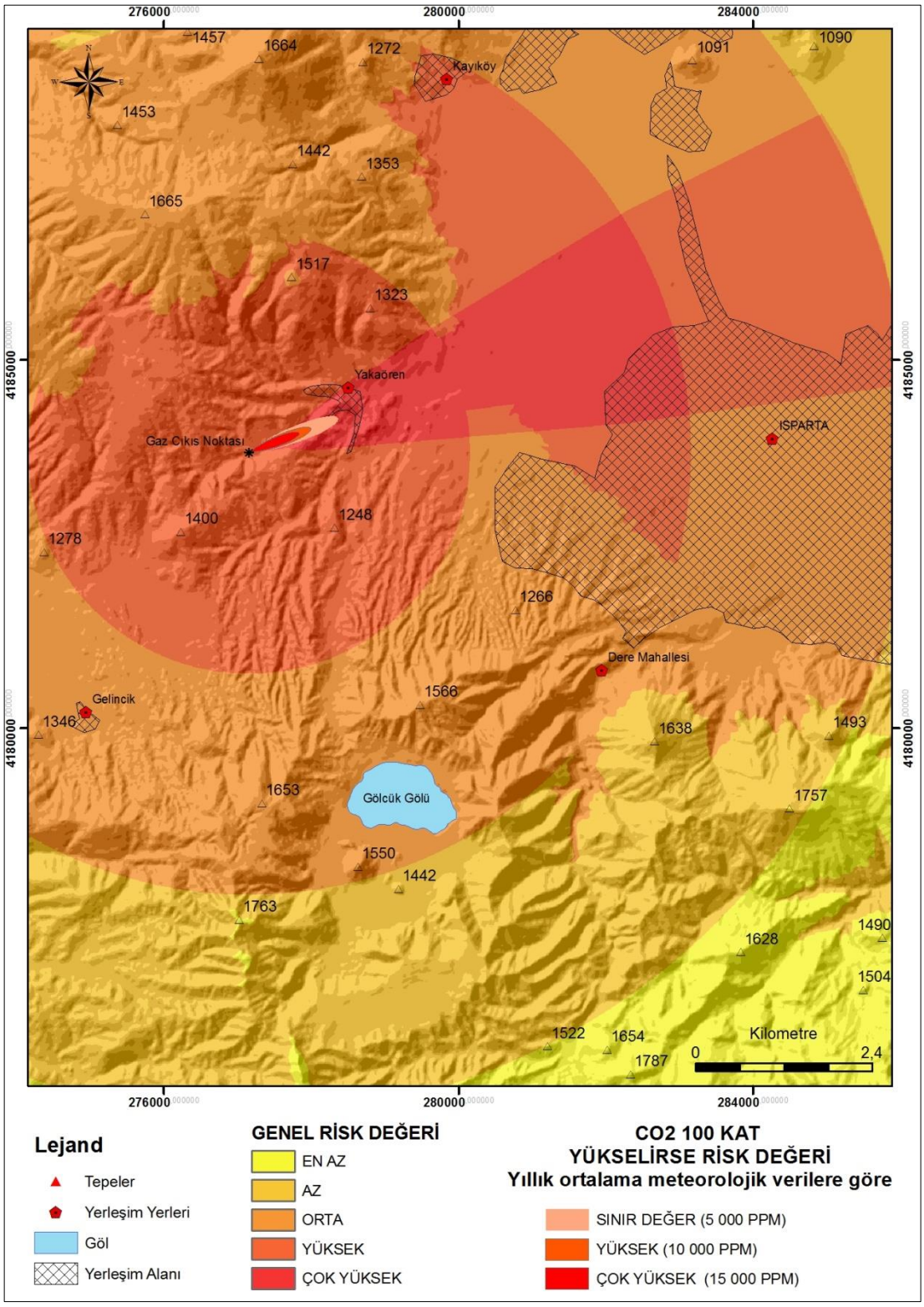
Gaz miktarına göre beşeri özelliklerin etkilenme dereceleri Tablo 37'de verilmiştir. Mevcut şartlarda kuyuyu merkezde bırakacak şekilde yarıçapı 250m olan bir daire alanı kadar bölgede çok yüksek risk söz konusudur. H2S, CO2 gaz çıkış oranlarının 1000 kat artması durumunda 10 km yarıçapında bir alan çok yüksek riskli alan statüsü kazanacaktır.



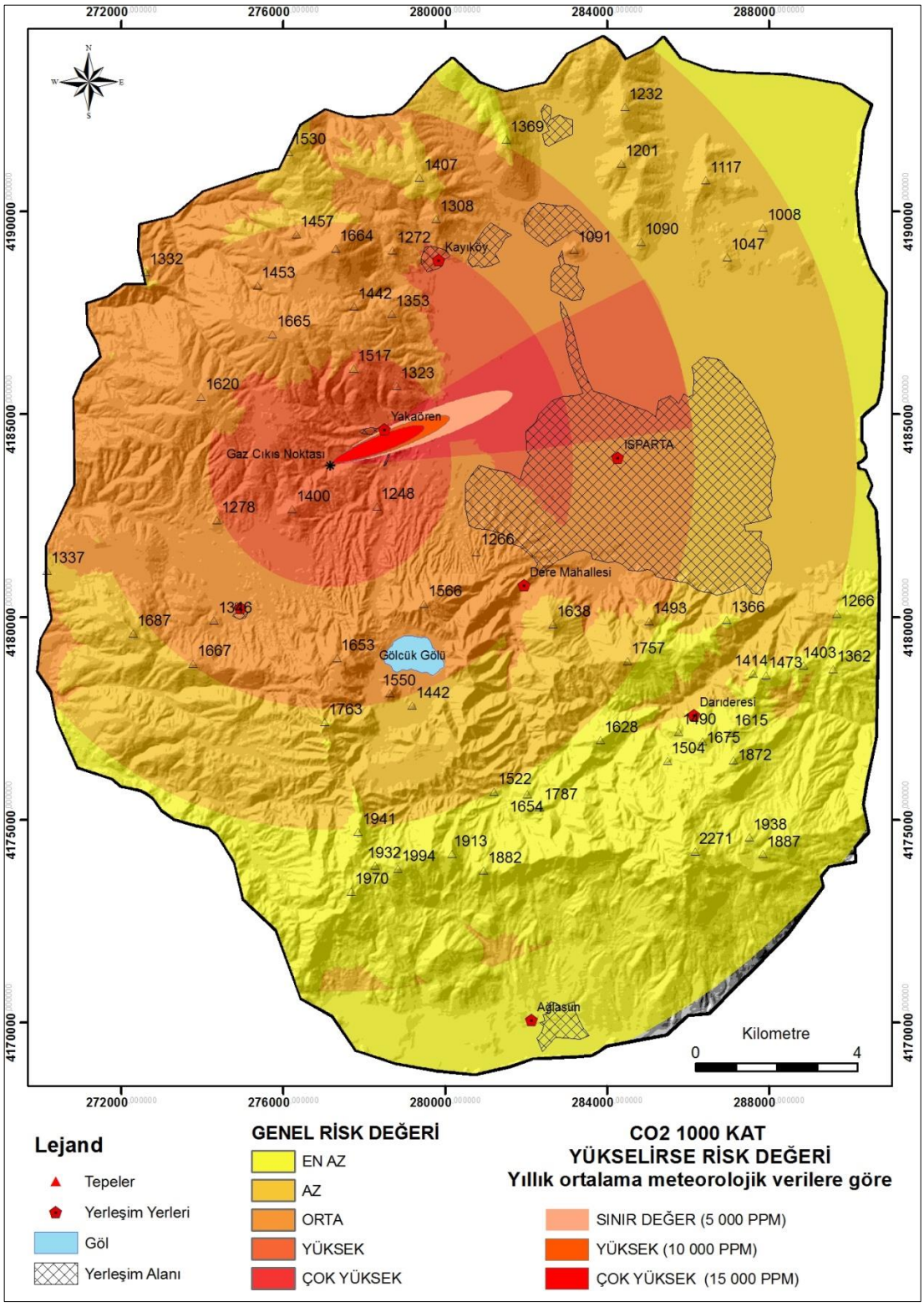
Şekil 74: Genel risk değeri ve yıllık meteorolojik verilere göre H_2S gazı değerinin 100 kat artması halinde risk değeri haritası



Şekil 75:Genel risk değeri ve yıllık meteorolojik verilere göre H2S gazı değerinin 1000 kat artması halinde risk değeri haritası



Şekil 76:Genel risk değeri ve yıllık meteorolojik verilere göre CO_2 gazı değerinin 100 kat artması halinde risk değeri haritası



Şekil 77:Genel risk değeri ve yıllık meteorolojik verilere göre CO_2 gazı değerinin 1000 kat artması halinde risk değeri haritası

Tablo 37: Gaz çıkış miktarlarına göre beşeri özelliklerin etkilenme dereceleri

	Arazi Kullanımı	Nüfus (Kişi Sayısı	Tarım	Hayvancılık	Sanayi	Ulaşım	Sosyal ve Kültürel Varlıklar
CO_2 gazı tehlikesi altındaki bölgeler 120 metre etki alanı	Çalı ve Ot Formasyonu	-------	120 Metre Çapındaki Alan Tarıma Kapalı	120 Metre Çapındaki Alan Hayvancılığa Kapalı	-------	Yakaören Yayla Yolu	--------
H_2S gazı tehlikesi altındaki bölgeler 250 metre etki alanı	Çalı ve Ot Formasyonu, Kültür Bitkileri, Mera Alanı	---------	250 Metre Çapındaki Alan Tarıma Kapalı	250Metre Çapındaki Alan Hayvancılığa Kapalı	---------	Yakaören Yayla Yolu	--------
H_2S 100 Kat Artarsa 3 km etki alanı çok yüksek risk	Çalı ve Ot Formasyonu, Ağaç Formasyonu, Kültür Bitkileri, Mera Alanı	1,792	3 km Çapındaki Alan Tarıma Kapalı	3 km Çapındaki Alan Hayvancılığa Kapalı	Kısmen	Isparta-Burdur Karayolu, Yakören-Isparta Karayolu	Yakaören Kamu Binaları ve Köy Ortak Kullanım Alanları
H_2S 1000 Kat Artarsa 10 km etki alanı çok yüksek risk	Çalı ve Ot Formasyonu, Ağaç Formasyonu, Kültür Bitkileri,	198,385	10 km Çapındaki Alan Tarıma Kapalı	10 km Çapındaki Alan Hayvancılığa Kapalı	Isparta Şehir Sanayi, Pomza Ocakları	Isparta-Burdur Karayolu, Yakören-Isparta	Isparta O Kamu Binaları ve Şehir Ortak Kullanım

	Mera Alanı, Yerleşim Alanı, Sanayi Alanı,					Karayolu, Gölcük-Isparta Karayolu	Alanları
CO_2 100 Kat Artarsa 1,2 km etki alanı çok yüksek risk	Çalı ve Ot Formasyonu, Ağaç Formasyonu, Kültür Bitkileri, Mera Alanı, Yerleşim Alanı,	1,792	1,2 km Çapındaki Alan Tarıma Kapalı	1,2 km Çapındaki Alan Hayvancılığa Kapalı	--------	Yakaören-Yayla Karayolu	Yakaören Kamu Binaları ve Köy Ortak Kullanım Alanları Kısmen
CO_2 1000 Kat Artarsa 6 km km etki alanı çok yüksek risk	Çalı ve Ot Formasyonu, Ağaç Formasyonu, Kültür Bitkileri, Mera Alanı, Yerleşim Alanı, Sanayi Alanı	70,000	6 km Çapındaki Alan Tarıma Kapalı	6 km Çapındaki Alan Hayvancılığa Kapalı	Pomza Ocakları	Isparta-Burdur Karayolu, Yakören-Isparta Karayolu, Gölcük-Isparta Karayolu	Isparta O Kamu Binaları ve Şehir Ortak Kullanım Alanları Kısmen

SONUÇ ve ÖNERİLER

Yapılan çalışmayla Gölcük volkanizmasın tek evrede gerçekleşmediği 5 evre ve bu evrelerde değişik fazlarla meydana geldiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu evreler; 1.Evre: Pliyosen-İlksel Gölcük volkanizması; trakiandezit - trakitik lavlar ve bazaltik trakiandezitik-trakibazaltik volkanizma gelişimi, 2. Evre: Günümüzden yaklaşık 1, 5 milyon yıl önce başlayan volkanik etkinlik süreci volkanik patlamaya bağlı olarak piroklastiklerin ve fonolitik çember daykların oluşumu 3. Evre günümüzden yaklaşık 200 bin yıl önce başlayan etkinlik süreci, 4. Evre günümüzden 115 bin yıl önce başlayan evre; şiddetli patlama dönemi 5. Evre Günümüzden 20-25 bin yıl önce şiddetli patlamayla başlayan ve 5 bin yıl öncesine kadar devam eden volkanik dom ve daykların yerleştiği, volkanik püskürme neticesinde etrafa yayılan piroklastiklerin akarsu ve göl taraçalarında gözlenbildiği son evre şeklindedir.

Jeomorfolojik gözlem ve tarihlendirme sonucu Gölcük volkanizmasının günümüze yakın zamanlara kadar dönemsel olarak sürdüğü sonucuna ulaşılmıştır. Yapılan OSL tarihlendirme yöntem bulgularına göre volkanizmanın günümüzden 5500 ± 0,6 bin yıl öncesinde en son aktivitesini gerçekleştirdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Gölcük Gölünün de içinde yer aldığı geniş çukurluğun bir maar olmadığı; buranın bir kaldera olduğu bu oluşumun daha çok bir kaldera özelliği taşıdığı, kalderanın değişik zamanlarda oluşan volkanik patlama ve çökmelerle günümüzdeki jeomorfolojik şeklini aldığı sonucuna varılmıştır. Gölcük ilksel volkanizmasının Gölcük kalderası güney ve güneydoğu kesiminde gerçekleşmiş olduğu, bu volkanizma evrelerine ait konilerin arazide halihazırda izler taşıdığı ve sayılarının çok fazla olduğu ifade edilebilir.

Gölcük güncel kalderasının günyeyinde yer alan Pürenliova'nın bir paleokalderanın tabanı olduğu bu paleokalderanın değişik noktalarda meydan gelen patlama ve çökmeler sonucunda kaldera görünümünde uzaklaştığına dair bulgulara ulaşılmıştır.

Gölcük volkanizmasına ait volkanik ürünlerin yalnız Isparta ve Burdur ovalarında değil aynı zamnda Davras Dağı kuzey kesimlerinde ve Eğirdir gölü taraçalarında bulunduğu, ayrıca bu materyallerin günümüze yakın dönemlerde istiflendiği sonucuna ulaşılmıştır. Ancak volkanik materyalin günümüzdeki hakim rüzgâr yönünü de andıracak şekilde volkandan itibaren daha çok doğu ve kuzeydoğu kesimde yoğunlaştığı tespit edilmiştir.

2008 yılında Yakaören Köyü yakınlarında açılan sondaj kuyusunde gaz basıncı ile yaşanan patlama ardından çevreye yayılan gazların içeriğinde fazla miktarlara ulaşması halinde zehirleyici etkisi olan CO_2 ve H_2S gazlarının yüzeylendiği yapılan anlizlerle ortaya çıkarılmıştır. Bu gazların çıkışının 2008 yılında başlamasına rağmen aynı gazların benzer miktarlarda 2010 yılı boyunca da çıktığı yapılan analizlerle anlaşılmıştır. 2012 yılında yapılan arazi çalışmasında herhangi bir ölçüm aracı kullanılmadığı halde gaz kokusunun arazide hissedilmesi, 2011 yılında kuyunun kapatılmış olmasına rağmen gaz çıkışının devam ettiğinin götergesi olarak kabul edilmiştir.

Sondaj ile açılan kuyudan çevreye yayılan gazın özellikle Yakaören Köyü için tehdit oluşturduğu, büyük bir gaz çıkışı ile Isparta Şehir merkezinin özellikle kuzey kesimlerinin etkilenebileceği, meteorolojik gözlem sonuçları kulanılarak yapılmış olan gaz dispersiyon analizleri ile anlaşılmıştır.

Kuyu yakın çevresinde gaz sızıntısının hayvanlara zarar verdiği gözlenmiştir. CO_2 ve H_2S gazlarının çıkış miktarlarının artması halinde bu gazların kalabalık nüfuslu yerleşim yerleri, tarım alanları ve doğal bitki örtüsü sahalarına yayılacağını, hem insan, hem de hayvan ve bitki yaşamı üzerinde olumsuz sonuçlar doğuracağı, toplu ölümlere neden olabileceğini sonuçlarına ulaşılmıştır.

Gaz çıkışının olduğu bölgenin bir vadi olması sonucu, bazı saatlerde meltem rüzgârı gibi karşılıklı rüzgâr hareketine maruz kalması veya durguna yakın hava koşullarının hüküm sürmesiyle zehirli gaz birikimi kolaylaşmaktadır. Vadi uzanış hattına bağlı olarak çogunlukla E yönüne veya NE yönüne doğru olan hava hareketi ile vadi içinde birikmiş olan gaz vadinin Isparta ovasına açıldığı bölgede bulunan Yakaören için önemli bir tehlike oluşturmaktadır.

Yapılmış olan sondaj çalışması sonucu yaşanan gaz çıkışı düşünüldüğünde bölgede bu tip çalışmaların özel izin ve özel tedbirlerle yapılması grektiği sonucununa ulaşılmıştır. Zira yaşanmış olan bu olay sonucu bölge halkında ciddi sağlık endişeleri ve moral bozuklukları yaşanmıştır.

Gölük kalderası içerisinde yapılan bir arazi çalışmasında menşeyinin gaz mı veya hava mı? Olduğu tam olarak bilinmeyen bir sebepten dolayı göl suyu yüzeyinde kabarcıkların oluştuğu gözlenmiştir. Buna ve Yakören'deki gaz çıkışına bağlı olarak hem kuyu çevresinde hem de Gölcük kalderası içerisinde düzenli ve sık olarak gaz ölçümleri yapılmalı, gaz ölçüm istasyonları kuurlmalı ölçüm sonuçları kaydedilmelidir.

Kuyu yakın çevresinde yapılaşmaya ve arazi kullanımına müsaade edilmemelidir. Kuyunun kapatılma işlemi tekrar gözden geçirilmeli ve yöre halkı için bilgilendirme ve acil eylem planları hazırlanmalıdır. Gölcük Volkanı için gözlem volkanik aktivite gözlem çalışmaları başlatılmalıdır.

Gölcük Gölü sularının yıllarca Isparta'ya içme suyu sağlayan önenmli bir kaynak olarak değerlendirilmesine karşın su içersinde flor oranın yüksek olmasından dolayı kullanımı terk edilmiştir. Bu kullanıma rağmen ve sınırlı sayıda ayrıca az olarak nitelendirilebilecek beslenme sahasına rağmen göl suyunun varlığı korumasının gerekçesi ve mevcut kaynakların neler olduğunun arştırılması hidrojeoloji çalışmaları açısından bir araştırma konusu olabilir.

KAYNAKÇA

Aitken, M. (1985). **Thermoluminescence Dating**. Academic Press, 351 s, England.

Akhir, J. A. (1997). Geological Application Of Landsat Tm Imagery: **Mapping And Analysis Of Lineament İn Nw Penisula Malaysia. (Çevrimiçi)** www.gisdevelopment.net, 20.02.2014

Akten, M. (2008). **Isparta Ovasının Optimal Alan Kullanım Planlaması Üzerine Bir Araştırma**. Isparta: Süleyman Demirel Üniv. Orman Mühendisliği Anabilim Dalı (Yayınlanmamış Doktora Tezi).

Alıcı, P., Temel, A., Gouard, A., Kieffer, G., ve Gündoğdu, N. (1998). Petrology And Geochemistry Of Potassic Roks İn The Gölcuk Area (Isparta, Sw Turkey): Genesis Of Enriched Magmas. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, Sayı.85 (1-4), 423-446.

Alkış, Z. (1996). Yönetimlerde Karar Destek Sistemi Olarak Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Önemi. **Cbs Sempozyumu (26-28 Eylül 1996) Bildiri Kitabı,** s. 71-75. İstanbul.

Altınlı, E. (1945). Etude Tectonique De La Region D'antalya. **Rev. Fac. Sci. Univ.** İstanbul, B,10, 60-67.

Anonim. (2006). **Isparta Çevre Durum Raporu**. Isparta: T.C. Isparta Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü.

Arculus, R. (1987). The Sinificanse Of Source Versus Process İn The Tectoni Controls Of Magma Genesis. *Journal Of Volcanism And Geothermal Resources, 32*: 1-12.

Ardel, A. Ve Planhol, X. (1951). Isparta Gölcüğü (Jeomorfolojik Etüd). **İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası**, Seri B, C:16, S:1, 75-82.

Arslanlıoğlu, M. Ve Özçelik, M. (2005). Sayısal Arazi Yükseklik Verilerinin İyileştirilmesi. **Tmmob Harita Ve Kadastro Mühendisleri Odası 10.Türkiye Harita Bilimsel Ve Teknik Kurultayı,**. Ankara.

Atalay, İ. (2010). **Uygulamalı Klimatoloji.** İzmir: Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri.

Atlıhan, M. A. (2008). **Ege Çöküntü Sistemindeki Bazı Deprem İzlerinin Lüminesans Yöntemiyle İncelenmesi**. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 118 sayfa, Ankara.

Avcı, M. (1996 a). Göller Yöresi Batı Kesiminde İklim ve Bitki Örtüsü Arasındaki İlişkiler. **İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi**, S 4., S. 143-215.

Avcı, M. (1996 b). Göller Yöresi Batı Kesiminde Bitki Toplulukları ve Dağılışları, **İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi**, S. 4., S.227-264.

Barka, A. A., Reilinger, R.E., Şaroğlu, F., Şengör, A.M.C.,(1997). The Isparta Angle: Its İmportance In The Neotectonics Of The Eastern Mediterranean Region. O. Piskin, M. Ergun, M.Y. Savascin, And G. Tarcan., **International Earth Sciences Colloquium Of The Aegean Region 9-14 October 1995**, İzmir-Güllük, Turkey, Proceedings, 1: S. 3-17.

Bemmelen, R. V. (1929). 'Hot Caldera Probleem', De Mijningenieur . **Vereeniging Van Ingenieurs En Geologen, Bandoeng**, 10, No. 5, 101-12.

Bozcu, M., Yağmurlu, F. Ve Şentürk, M. (2007). Fethiye-Burdur Fay Zonunun Bazı Neotektonik ve Paleosismolojik Özellikleri, Gb-Türkiye. **Jeoloji Mühendisliği Dergisi**, 31 (1) , S. 25-48.

Breemen Van, N. D. (1984). Acidic Deposition And İnternal Proton Sources İn Acidification Of Soils And Waters. **Nature**, 599-604.

Brunn, J. (1976). L"Arc Concave Zagro-Taurique Et Les Arcs Convexes Taurique Et Egeen: Collision Et İnduits ,. **Bulletin Society Geology**. France, *(7) Xvıı, No 2*, 553-567.

Carapezza, M., Badalamenti, B., Cavarra, L. Ve Scalzo, A. (2003). Gas Hazard Assessment In A Densely Inhabited Area Of Colli Albani Volcano (Cava Dei Selci, Roma). **Journal Of Volcanology And Geothermal Research,** 123: S.81-94.

Cengiz, O., Şener, E. ve Yağmurlu, F. (2006). A Satallite İmage Approach To The Study of Lineaments Circular Structures And Regional Geology In The Golcuk Crater District And İt's Environs (Isparta, Sw Turkey). **Journal Of Asian Earth Science,** Vol. 27, No:2, S.155-163.

Crowards, T. (2000). Comparati ve Vulnerabilitiy To Natural Disasters In The Caribbean. **Oas/Usde-Noaa/Cscw Workshop On Vulnerability Assessment Techniques**. Charleston, South Carolina, March 20-22: Caribbean Development Bank Staff Working Paper No.1/00.

Çiçek, İ. (1992 a). Gölcük Kalderası (Isparta). **Türkiye Coğrafyası Uygulama ve Araştırma Merkezi Dergisi**, Sayı:2 S.137-150.

Çiçek, İ. (1992 b). **Isparta Ovası ve Yakın Çevreinin Fiziki Coğrafyası**. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı (Yayınlanmamış Doktora Tezi)

Çoban, H. (15-18 June 2005). New Geochronologic And İsotopic Constraints On The Evolution Of Plio-Quaternary Alcaline Volcanism From Isparta District Sw Turkey. **International Symposium On The Geodynamics Of Eastern Mediterranean: Active Tectonics Of The Agean Region.** Kadir Has University Istanbul,Turkey, 253.

Delaune-Mayere, M., Marcoux, J., Parrot, J.-F., Ve Poisson, A. (1977). Modele D'evolution Mesozoîque De La Paleomarge Tethysienne Au Niveau Des Nappes Radiolaritiques Et Ophiolitique Du Taurus Lycien, D'antalya Et Duet Baer-Bassit. Biju-Duval, B. Ve Montaderd L., Eds., Structural History Of The Mediterranean Basins: Da. **Technip**, *Paris*, 79-94.

Delmelle, P., Stix, J., Baxter, P., Garcia, J., Ve Alvarez, J. B. (2002). Atmospheric Dispersion, Environmental Effects And Potential Health Hazard Associated With The Low-Altitude Gas Plume Of Masaya Volcano, Nicaragua. **Bulletin Of Volcanology,** 64: 423-434.

Demer, S., Memiş, Ü., Ve Özgür, N. (2010). Investigation Of Drinking Water Quality In Isparta, Sw-Turkey. **Agd Landscap Eveenvironment** 4 *(1)*:71-82.

Demets, C., Gordon, R. G., Argus, D. F., Ve Stein, S. (1994). Effects Of Recent Revisions To The Geomagnetic Reversal Time Scale On Estimates Of Current Plate Motions. **Geophy. Res. Lett. 21**: 2191-2194.

DMİ, (2011). Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, **Zirai Meteoroloji Ve İklim Rasatları Dairesi Başkanlığı Klimatoloji Kayıtları.** Ankara.

Dönmez, Y. (1979). **Umumi Klimatoloji Ve İklim Çalışmaları**. İstanbul: Üniversitesi Yayın No.2506, Coğrafya Enstitüsü Yayın No.102.

Elitok, Ö., ve Görmüş, M. (2011). Isparta Ve Jeoloji; Gölcük Volkanizması (Isparta) ve Çevre Sorunlar. **Süleyman Demirel Üniveristesi SDUGEO Elektronik Dergi Sistemi**, S.5, S. 32-43.

Elitok, Ö., Kamacı, Z., Dolmaz, M. N., Yılmaz, K., Ve Şener, M. (2010). Relationship Between Chemical Composition And Magnetic Susceptibility İn The Alcaline Volcanics From The Isparta Area, Sw Turkey. **Journal Earth System. Science.** 119 No.6: 853-860.

Elitok, Ö., Özgür, N., Ve Yılmaz, K. (2008). **Gölcük Volkanizmasının (Isparta) Jeolojik Evrimi, Gb Türkiye.** Isparta: Tübitak.

Erinç, S. (1971). **Jeomorfoloji II Genişletilmiş 2. Baskı .** İstanbul: İ.Ü. Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Enstitüsü Yayınları, No:23.

Erinç, S. (1984). **Klimatoloji ve Metodları.** İstanbul: İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Coğrafya. İstanbul.

Erinç, S. (1996). **Klimatoloji Ve Metodları.** İstanbul: Alfa Basın Yayım Dağıtım.

Erol, O. (1975). Burdur Havzası Kuvaterner Depoları. Quaternary Deposits Of The Burdur Lake Basin. **Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi 17-19 Aralık - 50 Th Anniversaty Of Republic Congress Of Earth Sciences**. 17-19 Decembre 1973. Ankara.

Erol, O. (2004). **Genel Klimatoloji.** İstanbul: Çantay Kitabevi.

Ersoy, Ş. (1990). Batı Toros (Likya) Naplarının Yapısal Öğelerinin Ve Evriminin Analizi. **Jeoloji Mühendisliğ Dergisi**, 37: 5-16.

Genç, M., Gül, A., Akten, M., Ve Küçük, V. (19-21 Ekim 2000). Isparta Kent İnsanının Rekreasyonal Davranış Biçimleri. **Peyzaj Mimarlığı Kongresi.** S. 255. Ankara: Tmmob Peyzaj Mimarları Odası.

Gerlach, T. (2003). Elevation Effects In Volcano Applications Of The COSPEC, **Geological Society Special Publication** 213., S.169-175

Ghirso, M. S. Ve Sack, R. O. (1995). Chemical Mass Transfer İn Magmatic Processes. Iv. A Revised And Internally Consistent Thermodynamic Model For The Interpolation And Extrapolation Of Liquid-Solid Equilibria İn Magmatic Systems At Elevated Temperatures And Pressures. **Contributions To Mineralogy And Petrology**, 119: S. 197-212.

Glover, C. ve Robertson, A. (1998). Neotectonic İntersection Of The Agean And Cyprus Tectonic Arcs;Extentional And Strike-Slip Faulting İn The Isparta Angle, Sw Turkey. **Tectonophysics,** 298**:** S.103-132.

Good Practise Guide For Atmosphere Dispersion Modelling. (2004). Wellington, New Zealand: Prepared By The National Institute Of Water And Atmospheric Research, Aurora Pacific Limited And Earth Tech Incorporated For The Ministry For The Environment.

Goudie, A. (2004). **Encyclopedia Of Geomorphology: Volume 1** . London: Routledge Taylor Ve Francis Group.

Görmüş, M. Ve Özkul, M. (1995). Gönen-Atabey (Isparta)Ve Ağlasun (Burdur) Arasındaki Bölgenin Stratigrafisi . **Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi.**, 1: 43-64.

Grattan, J.P., Ve Pyatt, F.B. (1994). Acid Damage in Europe Caused By The Laki Fissure Eruption – An Historical Review. **Science Total Environment** 151*:* 241-247.

Grunewald. U. (2007). **Measuring And Modelling Of Volcanic Pollutants From White Island And Ruapehu Volcanoes: Assessment Of Related Hazard İn The North Island** (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Canterbury: University Of Canterbury.

Gutnic, M. (1977). **Geologie Du Taurus Psidien Au Nord Di Isparta**, Turkuie. Principaux Resultats Exraits Des Notes De M. Gutnic Entre 1964 Et 1971 Par O. Monod. Paris: Universite Du Paris-Sud Orsay, 130.

Gutnic, M., Monod, O., Poisson, A., Ve Dumont, J. (1979). **Geologie Des Taurides Occidentales (Turque).** Paris: Mem. Soc. Geol. France, 137, 112 PP.

Gül, A., Özgüner, H., Akten, M., Ve Küçük, V. (2004). **Gölcük Gölü Ve Çevresının Peyzaj Planlama Ve Tasarımı.** Isparta : Sdü Orman Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü Alt Yapı Projesi No: 2002/2.

Gül. A., Örücü, M. K., Karaca, Ö. (2002). **Isparta Gölcük Tabiat Parkının Rekreasyonel Planlama İlkeleri.** Isparta: Sdü, Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Projesi.

Gündoğdu, E. (2001). **Isparta Çevresindeki Bazı Korunan Alanlarda Orman Kuşları Üzerine Gözlemler.** Isparta: S.D.Ü. F.B.E. Orman Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi (Yayınlanmamış).

Hildenbrand A., P. B. (1999). The Shoshonitic Volcanic Series Of Isparta Triangle, Turkey: Evidence For Fractionation Processes in A Shallow Reservoir And Mantle Source. **Eug Strasbourg, Post-Collisiona Lmagmatism Symposium**, Terra Nova Abstract, S. 695.

Holben, B.N. Ve Fraser, R.S., (1984), Red And Near Infrared Response To Off Nadir Viewing, **International Journal Of Remote Sensing**, *5:* 145- 160

Holmes, A. (1965). **Principles Of Physical Geology. London**: Th. Nelson.

Hutchinson, M. F. (1998) Interpolation Of Rainfall Data With Thin Plate Smoothing Splines - Part I: Two Dimensional Smoothing Of Data With Short Range Correlation, **Journal Of Geographic Information And Decision Analysis**, Sayı 2, No. 2, Pp. 139-151

Isparta Belediyesi, (2001). **Isparta'nın İçme Suyu Raporu.** Isparta: Isot Müdürlüğü.

Jarvis, J. H. ve Stuart, N. (2001). A Comparison Among Strategies For Interpolating Maximum And Minimum Daily Air Temperatures. Part II: The Interaction Between Number Of Guiding Variables And Type Of Interpolation Method. **Journal Of Applied Meteorology**, 40(b): 1075- 1084.

Jones., G., ve Rymer, H. (2000). **Hazards Of Volcanic Gases**. San Diego: Ansiclopedia Of Volcanoes. S. 997-1005

Kalafat, D. (1988). Güneybatı Anadolu Ve Yakın Çevresinin Depremselliği, Aktif Tektoniği. **Deprem Araġtırma Bülteni**, 63: 5-98.

Karaman, M. E. (1988). Çünür (Isparta) Dolaylarında Kretase-Tersiyer Geçişi,. **Akdeniz Üniv. Isparta Müh. Fakültesi Dergisi**, 3: 80.

Karaman, M. E. (1990, Ağustos). İsparta Güneyinin Temel Jeolojik Özellikleri. **Türkiye Jeoloji Bülteni** 30: 57-67.

Karaman, M. E. (1994). Isparta-Burdur Arasının Jeolojisi Ve Tektonik Özellikleri. **Türkiye Jeoloji Bülteni**, 37/ 2: 119-134.

Karaman, M. E. (2000). Tectono-Stratigraphic Outline Of The Burdur-Isparta Area (Western Taurides, Turkey). **Geological Bulletin Of Turkey**. Volume 43*/2:* 71-81.

Karatepe, Y., Süel, H., Ve Yetüt, İ. (2005). Isparta Gölcük Tabiat Parkı'nda Toros Sediri (Cedrus Libani A.Rich)'nin Farklı Anakayalardan Oluşmuş Topraklardaki Gelişiminin Ekolojik İrdelenmesi. **Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi**, 1: 64-75.

Kazancı, N., Ve Karaman, M. E. (1988). Gölcük (Isparta) Pliyosen Volkaniklastik İstifinin Sedimantolojik Özellikleri. **Akdeniz Üniv. Isparta Müh. Fakültesi 5. Müh. Haftası, Bildiri Özleri Kitabı**, (S. 32). Isparta.

Kelemen, P. B., Shimizu, N., Ve Dunn, T. (1993). Reletive Depletion Of Nb in Some Arc Magmas And The Continental Crust:Partitionning Of K, Nb, La And Ce During Melt/Rock Reaction İn The Upper Mantle. **Earth. Plan. Sci. Lett**., 120: 111-133.

Kibici, Y., Karaman, E., Yamık, A., Ve Vıcıl, M. (1999). Isparta Güneyinde (Isparta Çayı) Oluşan Detritik Minerallerin Araştırılması. **Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi Sayı,** 1: 51-64.

Kinoshita, K., Kanagaki, C., Lino, N., Ve Koyamada, M. (2004). **The 1st International Symposium On Micro Ve Nano Technology.** Honolulu, Hawai, Usa.

Kirkby, M. J., Atkinson, K., Lockwood, J. (1990). Aspect, Vegetation Cover And Erosion On Semi-Arid Hillslope, In J.B. Thornes (Ed.). **Vegetation And Erosion**, S. 25-39, Chichester: Wiley.

Kling, G., Clark, M., Compton, H., Devine, J., Evans, W., Humpery, A., (1987). The 1986 Lake Nyos Gas Disaster İn Cameroon, West Africa. **Science**, *236*: 169-174.

Koçyiğit, A. (1980). Hoyran Gölü Yöresinin (Afyon-Isparta) Stratigrafik Ve Tektonik Özellikleri. **Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Genel Jeooloji Kürsüsü Doçentlik Tezi.**172s. (Yayınlanmamış). Ankara.

Koçyiğit, A. (1981). Isparta Büklümünde (Batı Toroslar) Toros Karbonat Platformunun Evrimi. **Türkiye Jeol. Kurumu Bülteni** 24: 15-23.

Koçyiğit, A. (2008). Ağlasun-Gölcük (Isparta) Bölgesinin Aktif Tektoniği: Neotektonik Rejimin Türü Ve Sagalassos Tarihsel Depremlerinin Kaynağı. **Aktif Tektonik Araştırma Grubu Onikinci Çalıştayı**, (S. 7-8). Ankara.

Koopman, B. N. (1986). A Comperative Study Of Lineament Analysis From Different Remote Sensing Imagery Over Areas İn The Benue Valley And Jos Plateau Nigeria. **International Journal Of Remote Sensing**, *7*: 1763-1771.

Kumral, M., Çoban, H., Gedikoğlu, A., Ve Kilinc, A. (2006). Petrology And Geochemistry Of Augite Trachytes And Porphyritic Trachytes From The Gölcük Volcanic Region, Isparta, Sw Turkey: A Case Study. **Journal Of Asian Earth Sciences**, 27/5, 707-716.

Kuşçu, M., Ve Gedikoğlu, J. A. (1990). Isparta-Gölcük Yöresi Pomza Yataklarının Jeolojik Konumu. **Jeoloji Mühendisliği**, 37: 69-78.

Le Maitre, R. W. (1984). A Proposal By The Iugs Subcommission On The Systematics Of İgneous Rocks For A Chemical Classification Of Volcanic Rocks Based On The Total Alkali Silica (Tas) Diagram. **Australian Journal Earth Science,** 31: 243-255.

Lefevre, C., Bellon, M., Ve Poisson, A. (1983). Leucitites Dans Le Volcanisme Pliocene De La Region D'ısparta, Taurides Occidentales, Turquie. **C.R. Acad**. *Sc*, 95-149.

Lino, N., Kinoshita, K., Yano, T., Ve Torii, S. (2004). Dispersion Of Volcanic Clouds And Sulfur Dioxide Concentrations At Miyakejima. **The 1st Inernational Symposium On Micro Ve Nano Technology, 14-17 March**. Honolulu Hawaii Usa.

Lockwood, J., Ve Hazlett, R. (2010). **Volcanoes Global Perspectives**. Wiley-Blacwell.

Marple, R. V. (1992). Remote Sensing Of Alluvial Terrain İn A Humid, Tectonically Active Setting: The New Madrid Seismic Zone. **Photogrommetric Engineering And Remote Sensing**, *58*, 209-219.

Mater, B. (1998). **Toprak Coğrafyası**. İstanbul: Çantay Kitabevi.

Mcclusky, S. B. (2000). Global Positioning System Constraints On Plate Kinematics And Dynamics İn The Eastern Mediterranean And Caucasus. **Journal Of Geophysical Research.** 105: 5695-5719.

Melesse, A.M., Jordan, J.M. (2003). Spatially Distributed Watershed Mapping And Modelling: Thermal Maps And Vegetation Indices To Enhance Land Cover and Surface Microclimate Mapping:Part1. **Journal Of Spatial Hydrology**, 3/2.

Mileti, D. (1999). **Disasters By Design: A Reassessment Of Natural Hazards İn The United States**. Washington Dc.: Joseph Henry Press.

Morris, P. W. (1997). Exponential Longitudinal Profiles Of Streams. **Earth Surface Processes Landforms**, 22/2, 143 – 163.

Naoko, L., Kinoshita, K., Yano, T., Ve Torii, S. (2005). Estimation Of Miyakejima Volcanic Gas Hazard Using Vegetation Index Images. **The 11th Ceres International Symposium On Remote Sensing.** Chiba, Japan.

Naoko, L., Kisei, K., Megumi, K., Chikara, K., Ve Akihko, T. (2003). Analysis Of High Volcanic Gas Concentrations At The Foot Of Miyakejima Volcano, Japan. **Journal Of Natural Disaster Science**, 25/2: 85-91.

Nemeth, K., Risso, C., Ve Maeno, F. (July 7-12 2009). Different Eruption Mechanisms Forming Similar Landforms; Large Maars And Small Calderas From Argentina And Japan. **International Geomorphology Conference 7**. Melbourne Australia : Programme With Abstracts.

Newhall, C., Ve Self, S. (1982). The Volcanic Explosivity Index (Veı):An Estimate Of Explosive Magnitude For Historical Volcanism. **Journal Of Geophysical Research**, 87: 1231-1238.

Oral, B. R. (1995). Global Positioning System Offers Evidence Of Plate Motions İn Eastern Mediterranean. **Eos 76**: 9-11.

Özdemir, H. (2007). **Havran Çayı Havzasının (Balıkesir) Cbs Ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Taşkın Ve Heyelan Risk Analizi**. İstanbul:

İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı (Yayınlanmamış) Doktora Tezi.

Özgüner, A. M. (1980). **Keçiborlu Ve Burdur Gölü Civarı Yeni Kükürt Zuhurları Prospeksiyon Ve Etütleri Ön Raporu** No:1979 II/03.2.03.01.01. Ankara: Maden Tetkik Arama Enstitüsü.

Özgür, N., Pekdeğer, A., Ve Bilgin, A. (1991). Batı Toroslar Gölcük/Isparta Yresi Yeraltı Sularında Bulunan Yüksek Florun Kökeni. **Göller Yöresi Tatlı Su Kaynaklarının Korunması Ve Çevre Sorunları Sempozyumu Bildiriler Kitabı**, S. 233-249. Isparta.

Özgür, N., Pekdeğer, A., Schneider, H. J., Ve Bilgin, A. (1990). Pliocene Volcanism İn The Gölcük Area, Isparta/Western Taurides. **Proc. Internat. Earth Sci. Conr.On Aegean Regions**, S. 411-419. Iesca Publ.2. Vol II. İzmir/Turkey

Özgür, N., Yağmurluoğlu, F., Ertunç, A., Karagüzel, R., Görmüş, M., Elitok, Ö., (2008). **Assesments Of Tectonics And Volcanic Hazards In The Area Of Isparta Around Gölcük Volcano.** Ankara: Türkiye Bilimsel Ve Teknolojik Araştırma Kurumu (Tübitak) Proje No: 104y213.

Pearce, J. (1982). Trace Element Characteristics Of Lavas From Destructive Plate Boundaries: İn:Thorpe, R.S. (Ed.): Andesites. **Wiley**, 525-548.

Pearce, J., Ve Cann, J. (1973). Tectonic Setting Of Basic Volcanic Roks Determined Using Trace Element Analyses. **Earth And Planetary Science Letters**, 19: 290-300.

Pekdeğer, A. Özgür, N., Schneider, H.-J. (1992). Hydrogeochemistry Of Fluorine İn Shallow Aqueous Systems Of The Gölcuk Area, Sw Turkey. **7 Th International Symposium On Water-Rock Interaction**, S. 821-824. Utah, U.S.A.

Pekdeğer, A., Özgür, N., Schneider, H. J., Ve Bilgin, A. (1990). High Fluorine Contents İn Aqueous Systems Of The Gölcük Lake Drainage Area, Isparta/Western Turkey. **Proc. İnternational Earth Science Congress On Agean Regions**, Iesca Publ. Vol. 1S. 160-170. İzmir:.

Philip, G. (1996). Landsat Thematic Mapper Data Analysis For Quaternary Tectonics İn Parts Of Doon Valley, Nw Himalaya, India. **International Journal Of Remote Sensing**, 17: 143-153.

Platevoet, B., Scaillet, S., Guillou, H., Blamart, D., Nomade, S., Massault, M., Et Al. (2008). Pleistocene Eruptive Chronology Of The Gölcük Volcano, Isparta Angle, Turkey. **Quaternaire**, 19/2: 147-156.

Platevoet, B., Scaillet, S., Guillou, H., Nomade, S., D., B., Poisson, A., Et Al. (2007). Pleistocene Explosive Activity Of The Gölcük Volcano, Isparta Angle, Turkey. **Geophysical Research Abstracts**, Vol. 9, 02806.

Plateveot, B., Scaillet, S., Guillou, H., Nomade, S., Blamart, D., Poisson, A., (2006). Recent Plinian And Phreato-Plinian Activity Of Gölcük Volcano, Isparta Angle, Turkey. **Communication To The French Geological Society: Tephras And Quaternary Sequences Symposium**.

Poisson, A. (1977). **Recherches Géologiques Dans Les Taurides Occidentales (Turquie)**. Thèse Doct. D'etat. Université Paris Xi-Orsay 795.

Poisson, A., Akay, E., Dumont, J. F., Ve Uysal, Ş. (1984). Isparta Angle. Geology Of The Taurus Belt. **International Symposium** 11-16, Ankara.

Poisson, A., Yağmurlu, F., Bozcu, M., Ve Şentürk, M. (2003). New İnsights On The Tectonics Setting And Evolution Of The Isparta Angle, Sw Turkey. **Geological Journal**, 38: 257-282.

Poyraz, S. A. (2009). **Isparta Büklümünü Oluşturan Tektonik Yapıların Sismolojik Yöntemlerle Araştırılması.** İstanbul: İstanbul Üniversitesi, Doktora Tezi (Basılmamış).

Reilinger, R. M. (1997). Global Positioning System Measurements Of Present Day Crustal Movements İn The Arabia-Africa-Eurisa Plate Collision Zone. **Journal Of Geophysical. Research**, *102:* 9983-9999.

Robertson, A., Poisson, A., Ve Akinci, Ö. (2003). Developments in Research Concerning Mesozoik. Tertiary Tethys And Neotectonics in The Isparta Angle, Sw. Turkey. **Geological Journal**, 38/3-4: 195-234.

Rouse, J. H. (1973). "Monitoring Vegetation Systems In The Great Plains With Erts". **Proceedings Of The 3rd Erts Symposium Nasa**, Sp-351, Vol. 1, S. 48-62.

Sarıiz, K. (1985). **Keçiborlu Kükürt Yataklarının Oluşumu Ve Yörenin Jeolojisi** Anadolu Üniversitesi Yayınları No: 21 Doktora Tezi. Eskişehir.

Savaşçın, M. Y., Ve Güleç, N. (1990). Reletionships Between Magmatic And Tectonik Activitiesin Western Turkey., **Proc. Int. Earth Sci. Congr. On. Aegean Region** (S. 300-314). Iesca 2.

Schultz, G. A. Ve Engman, E. T., (2000). **Remote Sensing In Hydrology And Water Management,** Springer-Verlag, Berlin.

Selene, H. C. (2003). **Hydrogen Sulfide: Human Health Aspects "Concise International Chemical Assessment Document 53**". Geneva: World Health Organization.

Sellers, P. (1985). "Canopy Reflectance, Photosynthesis And Transpiration". **Int.J..Remote Sensing, 6**: 1335-1372.

Siebert, L., Ve Simkin, T. (1994). **Volcanoes Of The World**. Tucson, Arizona: Geoscience Press.

Simith, W. (1990). Air Pollution And Forests: Interaction Between Air Contaminants And Forest Ecosystems. **Springer**, 618.

Smith, S. (1992). Ecological And Health Effects Of Chemical Pollution. In: Harrison, R.M. (Ed.) . **Understanding Our Environment: An İntroduction To Environmental Chemistry And Pollution**, 245-296.

Sotomayor, A. (2002). **A Spatial Analysis Of Different Forest Cover Types Using Gıs And Remote Sensing Techniques; A Case Study İn Shivapuri Area, Nepal**, Master Of Science Thesis, Itc, Netherland.

Sparks,, R., Bursik,, M., Carey, S., Gilbert, J., Glaze, L., Ve Sigurdsson, H., (1997). **Volcanic Plumes**. England: Jhon Wiley Ve Sons, Inc.

Sür, A., Sür, Ö. Ve Yiğitbaşıoğlu, H. (2002). **Volkanlar, Türkiye'nin Volkanik Yöreleri Ve Depremler**. Ankara: Bilim Yayınları.

Süzen, M. (1998). Filtering Of Satellite Images İn Geological Lineament Analysis: An Application To Fault Zone İn Central Turkey. **Internatinoal Journal Of Remote Sensing** , 19: 1101-1114.

Şen, P., Temel, A., Şen, E., Gourgaud, A., ve Kieffer, G., (2008). Gölcük Volkanizmasının (Isparta-Gb Türkiye) Kökeni: Manto Ksenolitlerinden Kanıtlar. 61. **Türkiye Jeoloji Kurultayı**. Ankara.

Şenel, M. (1997). **Türkiye Jeoloji Haritaları Iparta J10-J11 Paftaları,** No:13-14. Ankara: Maden Tetkik Ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi.

Şengör, A. (1980). Türkiye'nin Neotektoniğinin Esasları. **Türkiye Jeoloji Kurultayı Konferanslar Dizisi**, S. 2, (S. 40).

Şengör, A., Ve Yılmaz, Y. (1983). **Türkiye'de Tetis'in Evrimi Levha Tektoniği Açısından Bir Yaklaşım**. Ankara: Türkiye Jeoloji Kurumu Yerbilimleri Özel Dizisi No:1.

Isparta İli Arazi Varlığı, (1994) T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları No:32., Ankara.

Thiessen, A. (1911). Precipitation Averages For Large Areas, **Monthly Weather Review**, 39/7: 1082-1084.

Tibaldi, A. V. (1991). Multisource Remotely Senses Data, Field Checks And Seismicity For The Definition Of Active Tectonics İn Ecuadorian Andes . **International Journal Of Remote Sensing**, 12: 2343-2358.

Tohon, D. S., Sintubin, M., Muchez, P., Vanhaverbeke, H., Verhaert, G., Ve Waelkens, M. (2005). Identification Of A Historical Morphogenic Earthquake Throughtrenching At Ancient Sagalassos (Sw Turkey). **Journal Of Geodynamics**, 40: 279–293.

Tuik, (2013). **Seçilmiş Göstergelerle Isparta.** Ankara: Türkiye İstatistik Kurumu Matbaası, Ankara.

Tunalı, S. (1988). **Türkiye'deki Göller, Baraj Gölleri, Göletleri İşleri, Buralarda Bulunan Su Ürünleri.** Eğirdir: Tarım Ve Köyişleri Bakanlığı Su Ürünleri Enstitüsü Müdürlüğü Kayıtları.

Turoğlu, H. (2011 A). *Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Esasları.* 3. Baskı, İstanbul: Çantay Kitapevi.

Turoğlu, H. (2011 B). **Buzullar Ve Buzul Jeomorfolojisi.** İstanbul:Çantay Kitapevi.

Turoğlu, H. Ve Özdemir, H., (2005). **Bartın'da Sel Ve Taşkınlar: Sebepler, Etkiler, Önleme Ve Zarar Azaltma Önerileri.** Çantay Kitabevi: İstanbul.

Türkeş, M. (2010). **Klimatoloji Ve Meteoroloji.** İstanbul: Kriter Yayınevi.

Vehaert, G., Thon, D., Vandycke, S. S., Ve Muchez, P. (2006). Different Stress States İn The Burdur-Isparta Region (Sw Turkey) Since Late Miocene Times; A Reflection Of Transient Stress Regime. **Journal Of Structural Geology**, *28*: 1067-1083.

Voldati, T. (1995). Multiple-Source Remotely Sensed Data For Lithological And Structural Mapping. **Itc Journal**, 2: 95-113.

Wang, Q. (2004). "Vegetation Mapping With Multitempora Ndvı İn North Eastern China Transect (Nect)". **International Journal Of Applied Earth Observation And Geoinformation**, *6*,:17-31.

Williams, H. (1941). Calderas And Their Origin. **Bulletin Of The Department Of Geological Sciences**, 25: 239-46.

Wintle, A. (1997). Luminescence Dating: Laboratory Procedures And Protocols. **Radiation Measurements**, 769-817.

Yağmurlu, F., Ve Şentürk, M. (2005). Güneybati Anadolu' Nun Güncel Tektonik Yapisi (Recent Tectonic Structures Of Sw Anatolia). **Proceedings Istanbul Technical University Symposium On The Quaternary**,., S. 55-61. 2005, Istanbul.

Yalçınkaya, S. (1986). **Batı Toroların Jeoloji Raporu**. Ankara: M.T.A. Genel Müdürlüğü Jeoloji Etüdleri Daire Başkanlığı .

Yalçınkaya, S. (1989). **Isparta-Ağlasun (Burdur) Dolaylarının Jeolojisi**. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktoa Tezi (Yayınlanmamış).

Yiğitbaşıoğlu, H. (2003) Santorini Volkanı Ve Minoan Püskürmesinin Türkiye'deki İzleri, **Coğrafi Bilimler Dergisi** C:1, S:1, 69-74, 2003, Ankara

Yiğitbaşıoğlu, H. (2000). **Volkanlar, Oluşumları, Jeolojik ve Jeomorfolojik Özellikleri ile Dünyadaki Dağılışları**, Bilim Yayınevi, Ankara

Web 1., (1999). **EPA** (Envinronmental Protect Acency) http://www.epa.gov. Kasım 20, 2013 tarihinde http://www.epa.gov/ttn/scram/dispersion_prefrec.htm#aermod. adresinden alınmıştır.

Web 2., (2013). **Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü**. http://www.dsi.gov.tr/. Mart 12, 2013 tarihinde http://rasatlar.dsi.gov.tr/. adresinden alınmıştır.

Web 3., (2013). **Oregon State University** http://volcano.oregonstate.edu/book/export/html/151. 30 Aralık 2013 tarihinde http://volcano.oregonstate.edu/book/export/html/151 adresinden alınmıştır.

Web 4., (2014). Pritchard, J. (2009, 03 26). Sulphuric acid general information. 01 10, 2014 http://www.hpa.org.uk/webc/hpawebfile/hpaweb_c/1202115622321 adresinden alınmıştır.

Web 5.,(2014) **Sandiego State University**, http://sci.sdsu.edu/geology/. 02 24, 2014 tarihinde http://www.geology.sdsu.edu/how_volcanoes_work/Volcanic_gases.html. adresinden alınmıştır.

Web 6., (2009). **USGS** (United States Geologic Survey) www.usgs.gov. Ocak 10, 2014 tarihinde http://volcanoes.usgs.gov/about/hazard/gas/index.php. adresinden alınmıştır.

Web 7.,(2011). **Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi** web sitesinden http://udim.koeri.boun.edu.tr/'den 20 Ocak 2011 tarihinde alınmıştır.

ÖZGEÇMİŞ

1978 İmranlı Sivas doğumludur. 2000 Yılında İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü'nden mezun oldu. Sırasıyla Mardin Midyat Yolbaşı İlköğretim Okulu ve İstanbul Fatih Atikali İlköğretim Okulu'nda Sosyal Bilgiler Öğretmeni olarak görev yaptı. Ardından Maçka Akif Tuncel Anadolu Teknik Lisesi, Nişantaşı Nuri Akın Anadolu Lisesi gibi kurumlarda coğrafya öğretmeni olarak görev yaptı. Halen Şişli Mahmut Şevket Paşa Ortaoku'lunda müdür yardımcısı olarak görevine devam etmektedir.