DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HALİTPAŞA HAVZASININ JEOLOJİSİ (ÇALDAĞI YÜKSELTİSİ KUZEYİ), MANİSA

Gülbin YARALI

Ekim, 2015
İZMİR

HALİTPAŞA HAVZASININ JEOLOJİSİ (ÇALDAĞI YÜKSELTİSİ KUZEYİ), MANİSA

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Uygulamalı Jeoloji Programı

Gülbin YARALI

Ekim, 2015

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

GÜLBİN YARALI, tarafından **PROF. DR. HASAN SÖZBİLİR** yönetiminde hazırlanan **"HALİTPAŞA HAVZASININ JEOLOJİSİ (ÇALDAĞI YÜKSELTİSİ KUZEYİ) MANİSA"** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Hasan SÖZBİLİR

Yönetici

Prof. Dr. Tahir ERLER

Jüri Üyesi

Jüri Üyesi

Prof.Dr. Ayşe OKUR

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmalarımın her aşamasında beni yönlendiren ve destekleyen, zor durumlarda bile pozitif bakış açısı ile enerji veren, tecrübelerinden yararlandığım danışmanım ve değerli hocam Prof.Dr. Hasan SÖZBİLİR'e sonsuz teşekkür ederim.

Jeolojik haritalama, yapısal jeoloji ve ağırlıklı arazi çalışmaları sırasında tecrübeleri ve yardımlarından dolayı, beraber çalışmaktan mutluluk duyduğum değerli hocam Araş.Gör. Dr. Bora UZEL'e; tüm tez yazım uslubunu ve çalışma tarzını örnek aldığım değerli hocam Yrd.Doç.Dr. Çağlar ÖZKAYMAK' a; arazi çalışmaları sırasında yardımlarını esirgemeyen ve yüksek lisans tezimin her aşamasında sağladığı destek ve teşvik edici konuşmaları ile bana güç veren sevgili nişanlım Jeo. Yük. Müh. Semih ESKİ' ye; çalışmalarım süresince manevi destek veren değerli hocam Araş.Gör. Dr. Ökmen SÜMER' e teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmaları süresince mevcut tüm imkanlarını kullanmama olanak sağlayan Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölüm Başkanlığı'na, Genel Jeoloji Anabilimdalı Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Son olarak, herzaman yanımda olarak sevgilerini, maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen sevgili annem Cemile YARALI ve babam Hasan YARALI' ya; sevgili kardeşim Büşra YARALI' ya ve ikinci ailem olan sevgili Güller ESKİ ve Recep Eski' ye teşekkür ederim.

Gülbin YARALI

HALİTPAŞA HAVZASININ JEOLOJİSİ (ÇALDAĞI YÜKSELTİSİ KUZEYİ), MANİSA

ÖZ

Bölge Geç Senozoyik evrimi yaygın bir karasal genleşme ile temsil edilir. D-B ve KD-GB uzanımlı graben ve aralarındaki horstlar bölgedeki en önemli yapıları oluştururken, KB-GD ve K-G uzanımlı faylar ise diğer yapılardır. Bu çalışmada Gediz Grabeni' nin kuzeybatı uzantısını oluşturan Halitpaşa yarı grabeni ve yakın civarında yapılan güncel jeolojik harita alımı ile yapısal ve stratigrafik analizlerin sonuçları sunulacaktır. Ayrıca Paleojen öncesi döneme ait temel kayaçlarının Geç Miyosen-Erken Pliyosen yaşlı sedimanların üzerine bindirdiği ve KB-GD uzanımlı sağ yanal doğrultu-atımlı fay kuşağının (Halitpaşa transpresif kuşağı) saha verilerini de ortaya koymaktadır.

Fay kuşağı, Geç Miyosen-Erken Pliyosen yaşlı gölsel sedimanları (Develi ve Halitpaşa formasyonları) ile geç Erken Miyosen yaşlı alüvyon konisi sedimanları (Kızıldağ Formasyonu) arasında yer alan önemli bir diskordans dönemi ile ilişkilendirilmiştir. Kinematik analiz çalışmaları sonucu günümüzde KD-GB yönlü bir genişleme olduğu görülmekte olup, Halitpaşa ve Ozanca Havzalarında oluşan graben yapılarının bu genişlemeli tektonik rejimiyle ilişkilendirmek yerinde bir karar olacaktır.

Anahtar kelimeler: Halitpaşa Havzası, Halitpaşa Fay Zonu, tektonik, Gediz Grabeni, Batı Anadolu.

GEOLOGY OF THE HALİTPAŞA BASIN (THE NORTHERN ELEVATION ÇALDAĞ), MANİSA

ABSTRACT

The Late Cenozoic evolution of the eastern Aegean is dominated by widespread continental extension. The most prominent structures are E-W and NE-SW trending grabens and intervening horsts, while NW-SE and N-S trending faults form the other less important structures. This paper documents the results of recent geological mapping and structural and stratigraphical analysis from the Halitpaşa half graben, which forms the northwestern continuation of the Gediz Graben. Field evidence for a new NW-SE trending dextral wrench-dominated fault zone (here named the Halitpaşa transpression zone), which involved the thrusting of pre-Palaeogene basement onto Upper Miocene-Lower Pliocene sediments, is presented. The fault zone is correlated with the timing of a major unconformity that separates Upper Miocene-Lower Pliocene lacustrine sediments (Develi and Halitpaşa formations) from overlying late Early Pliocene, distal alluvial-fan sediments (Kızıldağ Formation, As a result of the kinematic analysis of NE-SW direction is seen as an expansion of the graben structure formed in Halitpaşa and Poets to associate with the extensional tectonics of the basin will be an appropriate decision.

Keywords: Halitpaşa Basin, Halitpaşa Fault Zone, tectonics, extension, Gediz Graben, western Anatolia.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU ii
TEŞEKKÜR iii
ÖZ iv
ABSTRACT v
ŞEKİLLER LİSTESİ viii
TABLOLAR LİSTESİ x

BÖLÜM BİR – GİRİŞ 1

1.1 Çalışma Alanının Tanıtımı 1
1.2 Çalışmanın Amacı 6
1.3 Terminoloji, Materyal ve Yöntemler 7
1.3.1 Uzaktan Algılama Çalışmaları 8
1.3.1.1 Uydu Görüntüleri 9
1.3.1.2 Sayısal Yükseklik Modeli 10
1.3.2 Jeolojik Haritalama Çalışmaları 14
1.3.3 Yapısal Jeoloji Çalışmaları 15
1.4 Önceki Çalışmalar 16
1.4.1 Bölgenin Aktif Tektoniği 16
1.4.2 Halitpaşa Havzası' nın Jeolojisi 23

BÖLÜM İKİ – STRATİGRAFİ 30

2.1 Temel Kaya Birimleri 34
2.2 Eski Havza Dolgusu Kaya Birimleri 36
2.3 Modern Havza Dolgusu Birimleri 40

BÖLÜM ÜÇ – YAPISAL JEOLOJİ 43

3.1 Manisa Fay Zonu (MFZ) 45

3.2 Halitpaşa Fay Zonu (HFZ) 48
3.3 Ozanca Fay Zonu (OFZ) 49
3.4 Gölmarmara Fay Zonu (GFZ) 51
3.5 Miyosen Deformasyonları 52
3.6 Kinematik Analiz 57

BÖLÜM DÖRT – TARTIŞMA VE SONUÇLAR 60

KAYNAKLAR 65

EKLER 79

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 Çalışma alanının yeri 2
Şekil 1.2 Halitpaşa Havzası'nın yerini gösteren sayısal arazi modeli 5
Şekil 1.3 ASTER uydusundan elde edilen Halitpaşa Havzası' nın görüntüsü..... 10
Şekil 1.4 SRTM verileri ile Halitpaşa Havzası için oluşturulan üç boyutlu sayısal yükseklik modeli..... 13
Şekil 1.5 Halitpaşa Havzası'nda jeolojik haritalama yapılan topografik haritaların SYM üzerindeki yerlerini gösteren indeks harita..... 15
Şekil 1.6 Avrasyanın sabit olarak kabul edildiği Batı Anadolu'daki GPS verileri.... 17
Şekil 1.7 Batı Anadolu Genişleme Bölgesi' ne ait İzmir-Balıkesir Transfer Zonu' nunda bulunan fay zonlarını ve geçmişte olan depremlerin odak mekanizma çözümlerini gösteren şekil..... 20
Şekil 1.8 MTA' nın çalışma alanında yaptığı diri fay haritası..... 25
Şekil 1.9 Holosen boyunca Gediz Havzası'nda çökelen genç sediman dolgunun fasiyes dağılım modelini gösteren paleocoğrafya haritası 26
Şekil 1.10 Geç Pleistosen-Holosen sırasında Gediz Nehri havzasındaki en genç çökel dolgusu fasiyeslerinin dağılımını gösteren paleocoğrafya haritaları..... 28
Şekil 2.1 Ege Bölgesi' nin ana tektonik ve tektonostratigrafik elemanlarını ve konfigürasyonunu gösteren basitleştirilmiş haritası..... 31
Şekil 2.2 1:100.000 ölçekli Halitpaşa Havzası ve çevresinin jeoloji haritası 33
Şekil 2.3 Çalışma alanının birimlerini gösteren Jeoloji Haritası..... 35
Şekil 2.4 Temel kayalara ait serpantinit ve çört birimleri ile Develi Formasyonu' nun yapısal dokanağını gösteren arazi kesiti..... 37
Şekil 2.5 Çalışma alanının litostratigrafik kolon kesiti..... 38
Şekil 2.6 Develi Formasyonu ile Halitpaşa Formasyonu dokanağı 39
Şekil 2.7 Halitpaşa Formasyonu' nun litolojik özelliklerini simgeleyen arazi kesiti . 40
Şekil 2.8 Halitpaşa Fay Zonu önünde gelişen kolüvyal yelpaze çökelleri..... 41
Şekil 2.9 Rahmiye Fayı önünde gelişen alüvyal yelpaze çökelleri..... 42
Şekil 3.1 Çalışma alanının temel birimlerini ve yapısal elemanlarını gösteren basitleştirilmiş jeoloji haritası 44

Şekil 3.2 28 Ocak 1994 Manisa depreminin oluşum mekanizmasını gösteren blok diyagram 46
Şekil 3.3 Manisa Fay Zonu'nun doğu bölümünde yer alan ve dağönünü kontrol eden KB–GD uzanımlı ana fay segmentine ait arazi fotoğrafları 47
Şekil 3.4 Halitpaşa Fay Zonu'nun batı bölümünde yüzlek veren kaya birimlerini keserek dağ önünü kontrol eden BKB–DGD uzanımlı fay parçalarına ait arazi fotoğrafları 48
Şekil 3.5 Ozanca Fay Zonu' na ait panoramik görüntü 50
Şekil 3.6 Gölmarmara ve Halitpaşa faylarını gösteren arazi fotoğrafları 52
Şekil 3.7 Halitpaşa Formasyonu' na ait sin-sedimanter deformasyonla yapıları..... 54
Şekil 3.8 Miyosen yaşlı birimlerin içerisinde bulunan çakıllı seviyeleri öteleyen normal faylar 55
Şekil 3.9 Halitpaşa Grubu içerisinde gözlemlenen normal faylar..... 56
Şekil 3.10 Halitpaşa Formasyonu' nda bulunan senklinal yapı..... 57
Şekil 3.11 Çalışma alanında yapılan kinematik analizlerin ait olduğu fayların yerini gösteren harita 58
Şekil 3.12 Faultkin programı ile yapılan kinematik analizleri gösteren veriler..... 59

TABLOLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1 Çalışmada kullanılan ana terimlerin tanımlamalarının karşılaştırılması 8

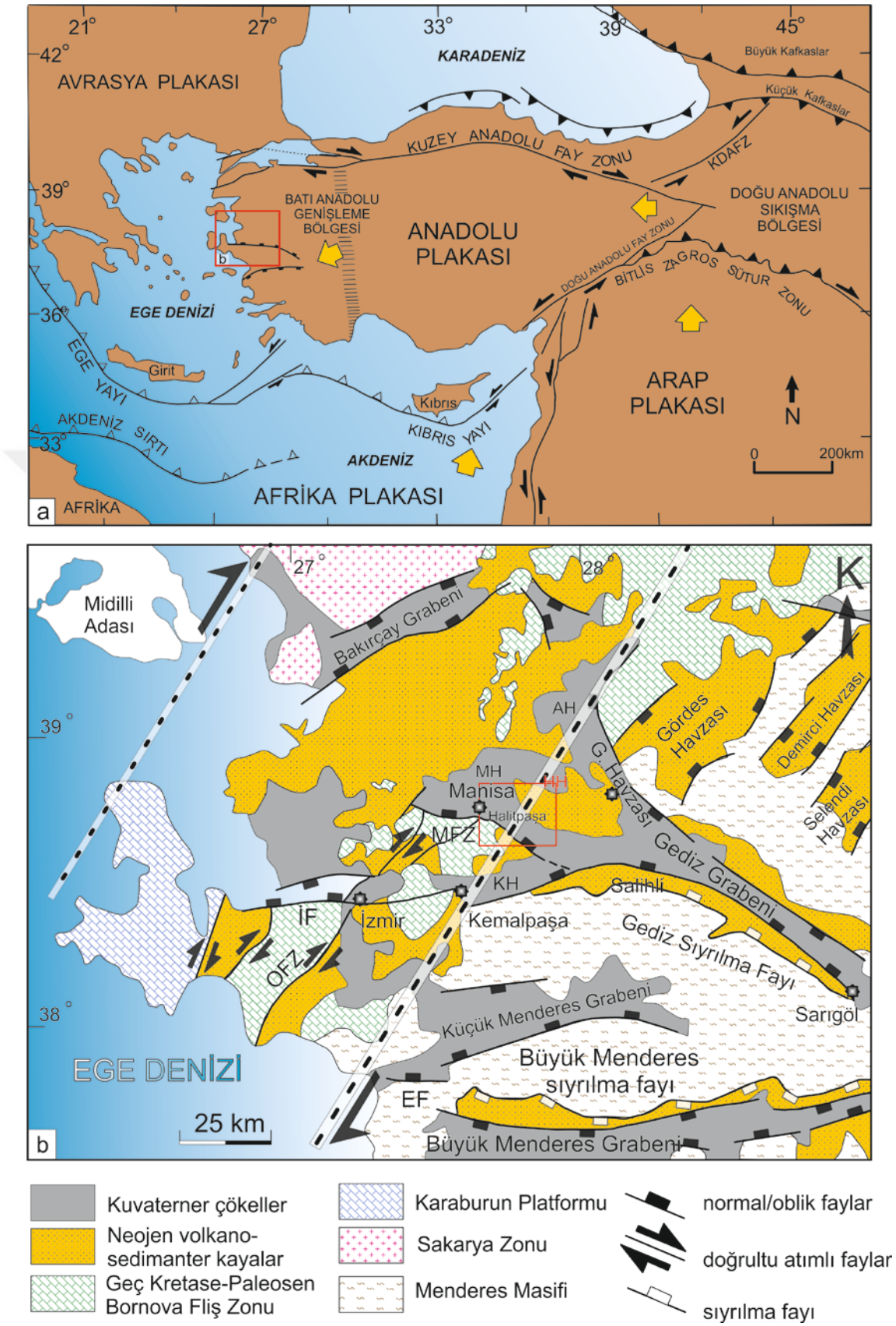
BÖLÜM BİR
GİRİŞ

1.1 Çalışma Alanının Tanıtımı

Yüksek lisans tez çalışma alanını oluşturan Halitpaşa Havzası, Gediz Grabeni'nin KB uzantısını oluşturan ve Türkiye'nin batı bölümündeki "Batı Anadolu Genişleme Bölgesi" (BAGB) (Altunel, 1999; Bozkurt, 2001; Koçyiğit ve diğer., 2001; Kaya ve diğer., 2005; Özkaymak ve diğer., 2013; Seyitoğlu ve Scottt, 1991, 1992; Sözbilir, 2001, 2002, 2005; Sözbilir ve diğer., 2009; Taymaz ve diğer., 1991) olarak bilinen bölgede yer alır (Şekil 1.1a). BAGB, Gediz, Büyük ve Küçük Menderes gibi DB uzanımlı ve Bakırçay, Söke-Milet, Cumaovası, Kocaçay gibi KD-GB uzanımlı havzalar ile karakteristiktir (Bozkurt ve Sözbilir, 2004; Çiftçi ve Bozkurt, 2007; Emre, 1996; Emre ve Sözbilir, 2007; Koçyiğit ve diğer., 1999; Özkaymak ve diğer., 2013; Seyitoğlu ve diğer., 2000, 2002; Sözbilir, 2001, 2002; Sözbilir ve diğer, 2011; Uzel ve Sözbilir, 2008; Uzel ve diğer., 2012).

Kaya ve diğer., (2004) tarafından "Halitpaşa Yarım Grabeni" olarak tanımlanan Halitpaşa Havzası, bu çalışma kapsamında bu alan "Halitpaşa Havzası" olarak ifade edilecektir.

Halitpaşa Havzası, Gediz Grabeni'nin Kuzeybatısında yeralır. (Şekil 1.1b). Havzanın güneydoğusunda Salihli, batısında Manisa, ve kuzeyinde Akhisar gibi önemli yerleşim alanları bulunmaktadır (Şekil 1.2a). Halitpaşa Havzası, jeomorfolojik olarak batısında bulunan Manisa Havzası ile bağlantılıdır; Çaldağı yükseltisinin kuzeyinde ve Gölmarmara Havzası'nın Kuzeybatısında yeralır (Şekil 1.2).



Şekil 1.1 a) Çalışma alanının Türkiye'nin tektonik haritası içindeki yeri (Bozkurt, 2001; Özkaymak, 2013' den uyarlanmıştır). Kısaltmalar: KDAFZ, Kuzeydoğu Anadolu Fay Zonu. Siyah dolgulu

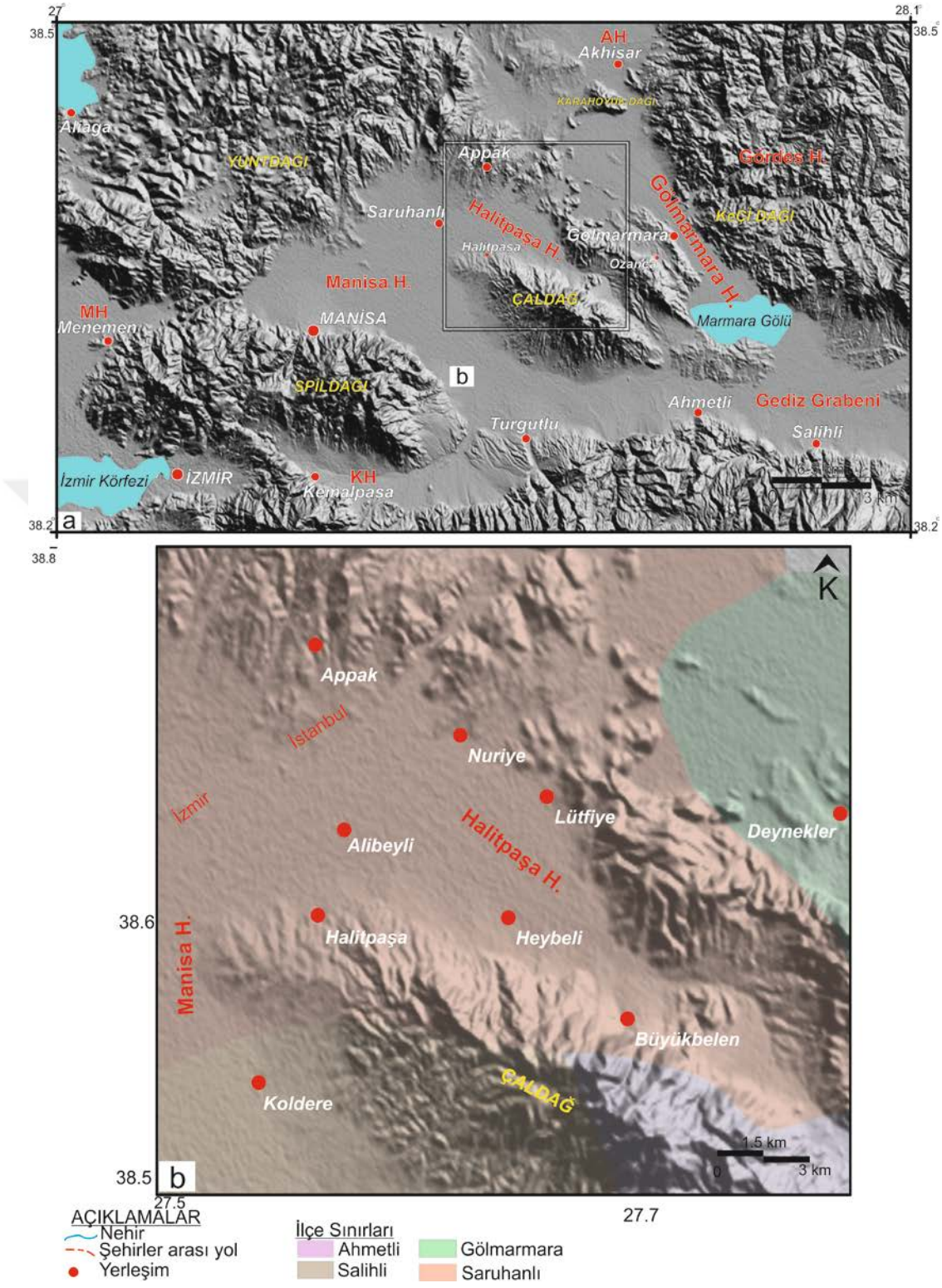
üçgenler ana kıvrım ve bindirme kuşaklarını, dolgusuz üçgenler aktif dalma-batma zonlarını göstermektedir. Üçgenlerin sivri ucu bindiren bloğu göstermektedir. Siyah dolgulu oklar doğrultu atımlı faylar ile ayrılan blokların hareket yönlerini vermektedir. Yatay çizgilerle bölünmüş alan, Batı Anadolu genişleme bölgesi ile orta Anadolu bölgesi arasındaki geçiş zonunu göstermektedir. b) Ana tektonik yapıları ve Halitpaşa Havzası'nı gösteren Batı Anadolu'nun genelleştirilmiş jeoloji haritası (Okay ve Siyako, 1993; Bozkurt, 2001; Özkaymak, 2013; Sözbilir, 2001, 2002, 2005; Bozkurt ve Sözbilir, 2004' den uyarlanmıştır). Kısaltmalar AH: Akhisar Havzası, MH: Manisa Havzası, HH: Halitpaşa Havzası, KH: Kemalpaşa Havzası, EF: Efes Fayı, MFZ: Manisa Fay Zonu, OFZ: Orhanlı Fay Zonu. Koyu renkli noktalı çizgiler İzmir-Balıkesir Transfer Zonunun lokasyonunu göstermektedir, Zon üzerindeki siyah ve beyaz dolgulu .

İnceleme alanı olarak seçilen Halitpaşa bölgesi Manisa Havzası'nın doğusunda yer almakta olup İzmir K 19 1/100.000'lik paftasında bulunmaktadır (Şekil 1.2a). Havzanın güneyi Çaldağ yükseltisi ile sınırlanırken, güneybatısında Spildağı, kuzeybatısında Yuntdağ yükseltileri, doğusunda Gölmarmara yükseltisi ve havzanın kuzeyinde Akhisar Havzası yeralır (Şekil 1.2b). Topoğrafik açıdan oldukça belirgin olan ve uydu görüntülerinden kolaylıkla tanımlanabilen bu yükseltilerden Spildağı 1500 metreden fazla rakımı ile alanın en yüksek dağını oluşturur. Bu seviyenin yaklaşık 5 km kuzeyinde, Manisa il merkezinin olduğu alanda yükseklik aniden 80 m'ye düşmektedir. Bu bölgenin topoğrafyasında Manisa Havzası'na doğru nispeten yumuşak bir eğim gözlenmektedir. Saruhanlı kuzeyinde ise Appak ile Gökçeköy arasında maksimum yüksekliği 350 metre ortalama yüksekliği ise 250 metre olan yükseltiler güncel havzayı kuzeyden sınırlar. Havzayı güneyden sınırlayan Çaldağ'ın zirve noktası ise, 1015 metredir (Şekil 1.2b).

Jeolojik anlamda havza, jeolojik zamanın belli bir devresinde çevre alanlara göre çökelme hızının daha yüksek olduğu ve daha kalın çökellerin depolandıkları alandır (Ingersoll, 1988). Böyle kalın bir çökel yığınının depolanabilmesi için de, jeolojik havzanın çevre alanlara göre tektonik denetimli bir çöküntü havzası olması beklenir (Miall, 2000). Sonuç olarak, bu havzaların en az bir kenarlarının faylarla denetlenen ya da kıvrımlanma ile gelişen dağ zinciri ile sınırlandırılması gereklidir. Böylece bu tip yükseltilerden aşınan çökeller, çeşitli olaylarla taşınarak çöküntüyü oluşturan havzada istiflenebilecektir. Batı Anadolu'da Kuvaterner döneminde gelişen jeolojik havzalar tipik olarak kıtasal rift, genişleme ve transtansiyonel havzalar olarak bilinir.

Kıtasal rift havzası veya genişleme havzasına en iyi örneklerden birini Gediz grabeni (Alaşehir Grabeni olarak da bilinir, örn. Seyitoğlu ve Scottt, 1996) oluşturur. Gediz grabeni doğuda Sarıgöl ilçesinden başlar ve batıya doğru Salihli ilçesine kadar KB-GD doğrultusunda uzanım sunar. Salihli ilçesinden itibaren Kemalpaşa Havzası, Manisa Havzası ve Gölmarmara Havzası şeklinde üç ana kola ayrılır (Şekil 1.1b) (Bozkurt, 2003; Emre ve diğer., 2005; Hakyemez ve diğer., 1999; Koçyiğit ve diğer.,1999; Paton, 1992; Seyitoğlu ve Scott, 1996).

Doğu uzantıları Gediz Grabeni ile bağlantılı olan bu kollardan, kuzeydeki Gölmarmara ile güneydeki Kemalpaşa havzaları ve bunların arasında kalan Manisa Havzası, Gediz Grabeni'nin alt havzaları olarak ifade edilebilir. Batıda, Gölmarmara ile Manisa Havzası arasında bulunan Çaldağ ve Marmara Dağı yükseltisi üzerinde kurulu olan drenaj sistemleri ile Halitpaşa'ya drene edilen dereler havza üzerinde akan ana nehirleri beslerler. (Şekil 1.2). Havza içerisindeki önemli yerleşim alanlarını Halitpaşa ilçesi dışında, Manisa yerleşimi temsil etmektedir (Şekil 1.2). Jeolojik anlamda havzanın güneyi sedimanter ve metamorfik (Çaldağ), güneybatısı sedimanter (Spildağı) ve kuzeybatısı volkanik (Yuntdağ) kökenli kayaçlar ile çevrilmiştir. Bu alanlardan aşındırılan malzemeler ilgili drenaj sistemleri ile Halitpaşa Havzası'na taşınmakta ve havzanın güncel dolgusunu oluşturmaktadır.



Şekil 1.2 a) Gediz Grabeni'nindeki önemli yerleşim yerlerini ve bu alan içerisinde bulunan Halitpaşa Havzası'nın yerini gösteren sayısal arazi modeli. Kısaltmalar: MH, Menemen Havzası; KH, Kemalpaşa Havzası; AH, Akhisar Havzası, b) Yüksek lisans tez çalışma alanını oluşturan Halitpaşa Havzası'nın coğrafi özelliklerini ve Manisa ilçeler haritasını gösteren harita.

Halitpaşa Havzası'nda Akdeniz iklimi ve bitki örtüsü baskındır, ancak kıyılara göre kısmen İç Anadolu'nun karasal iklim özelliklerini de taşır. Yükseltiye bağlı olarak ova bitkileri, makiler, kuraklığa dayanıklı ve sürekli yeşil kalabilen akdeniz bitkileri ve ormanlar şeklinde bir yayılma göze çarpar. Ormanlar yaygın olarak, Palamut, Meşe, Kızılçam, Karaçam ağaçlarından oluşur (Manisa Valiliği, 2013).

En düşük ortalama sıcaklık, 6,7 ºC (Ocak) ve en yüksek ortalama sıcaklık, 28,2 ºC (Temmuz); en düşük ortalama yağış miktarı, 9,0 kg/m^2 (Ağustos) ve en yüksek ortalama yağış miktarı, 129,5 kg/m^2 (Aralık) olarak ölçülmüştür (Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü [DMİ], 2013). Daha çok kış aylarında etkili olan yağışlara bağlı olarak, havzanın drenaj sistemleri ile havzada akan Kum Nehri'ne taşınan su miktarı, nehrin akış rejimini ve havzada depolanan alüvyon karakteristiğini etkilemektedir.

Marmara Gölü, Manisa'nın ilçesi Gölmarmara' da bulunan Salihli'nin kuzeyindeki bir alüvyal set gölüdür. Doğu kısmı Gediz Ovasına, kuzeybatı kısmı Akhisar Ovasına açık olup, buralardan alüvyon setleriyle ayrılır. Bu durum, Marmara Gölüne set gölü karakterini verir. Gediz çöküntü havzası içinde bulunan gölün seviyesi, Gediz Ovasının seviyesinden daha alçaktır. Derinliği az olan gölün yüzölçümü 44,5 km²dir (Şekil 1.2a). Gediz Nehri ile Demrek Deresinden ve kuzeydeki Kum Çayından göle 1950-1951 yıllarında DSİ'nin yaptığı çalışmalar sonucunda bir besleme kanalıyla Marmara Gölü'ne bağlanmıştır. Bu kanallar bilhassa ilkbahar sonlarında kabarık olan akarsuların sularını göle taşırlar. Göl kapalı bir çukurda olup, suları tuzludur (Arı ve Derinöz, 2011) (Şekil 1.2b).

1.2 Çalışmanın Amacı

Yüksek lisans tez çalışmasının amacı; (1) Halitpaşa Havzası'nın jeoloji haritasının oluşturularak bölgedeki Kuvaterner ve Neojen yaşlı birimlerin stratigrafik ilişkilerinin belirlenmesi ve bölgenin jeolojik istifinin ortaya çıkarılması, (2) Çalışma alanında bulunan fayların kinematik verileri incelenerek Batı Anadolu Tektoniği ile

bölgesel ölçekte karşılaştırılması. Bu amaca ulaşmak için kullanılan materyal ve yöntemler ile terminoloji aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

1.3 Terminoloji, Materyal ve Yöntemler

Tezin bu bölümünde, belirlenen hedeflere ulaşmak için kullanılan terminolojiye, materyal ve yöntemlere genel anlamda bir giriş yapılacaktır. Halitpaşa Havzası' nda yürütülen yüksek lisans tez çalışması başlıca jeolojik haritalama, yapısal jeoloji çalışmaları olmak üzere iki ana başlık altında yürütülmüştür.

Tez çalışması kapsamında, Batı Anadolu'da ve dünyanın farklı bölgelerinde mevcut olan önceki çalışmaların ve teorik veri kaynaklarının elde edilmesi amaçlanmıştır.

Jeoloji biliminde, '*Tektonik*' kavramı kısaca yerkabuğunun deformasyonu ile ilişkili olarak gelişen yapıları, süreçleri ve yerkabuğundaki oluşumları temsil eder. Herhangi bir bölgede, jeolojik geçmişte herhangi bir zamanda başlayıp niteliğini değiştirmeksizin günümüzde de süren tektonik rejime '*Neotektonik*', bu döneme de '*Neotektonik dönem*' denilmektedir. Yaygın olarak *'Deprem Jeolojisi'* terimi ile aynı anlamda kullanılmaktadır (Tablo 1.1). Türkiye'de Neotektonik dönem, Arap ve Avrasya levhalarının Bitlis-Zagros kenet kuşağı boyunca çarpışması sonrasında, Kuzey Adadolu Fay Zonu ile Doğu Anadolu Fay Zonu'nun oluşmasıyla başlamıştır (Bozkurt, 2001; Dewey ve diğer., 1986; Koçyiğit ve diğer.,2001; Şaroğlu ve Yılmaz, 1986; Şengör ve Kidd, 1979; Şengör ve Yılmaz, 1981; Yılmaz ve diğer., 1987).

Tablo 1.1 Bu çalışmada kullanılan ana terimlerin tanımlamalarının karşılaştırılması (McCalpin 2009 ve Özkaymak 2013'den düzenlenmiştir).

Neotektonik	Yerkabuğunun Miyosen sonrası yapılarını ve yapısal geçmişini inceler (Glossary of Geology, 2012)
Aktif Tektonik	Gelecek zaman içerisinde meydana gelmesi beklenen ve insan toplulukları üzerinde etki yapan tektonik hareketler (Keller ve Pinter, 2002; Wallace, 1986)
Morfotektonik	Daha çok kullanılan ve daha çok tercih edilen eşanlamı 'Tektonik jeomorfoloji' dir (Glossary of Geology, 2012).
Tektonik Jeomorfoloji	Yer kabuğunun topoğrafik veya morfolojik özelliklerini tektonik anlamda yorumlayan; morfolojinin yüzeyde gelişen erozyon ve çökelme süreçlerinden kaynaklanan kökenine nispeten tektonik veya yapısal ilişkileri ve kökeni ile ilgilenir. Daha az kullanılan ve az tercih edilen eşanlamı 'morfotektonik' tir (Glossary of Geology, 2012).
	Topoğrafyayı şekillendirmeye çalışan tektonik süreçler ile onu düzleştirmeye çalışan yüzeysel süreçler arasında devam eden sürekli bir çekişmedir (Burbank ve Anderson, 2001).

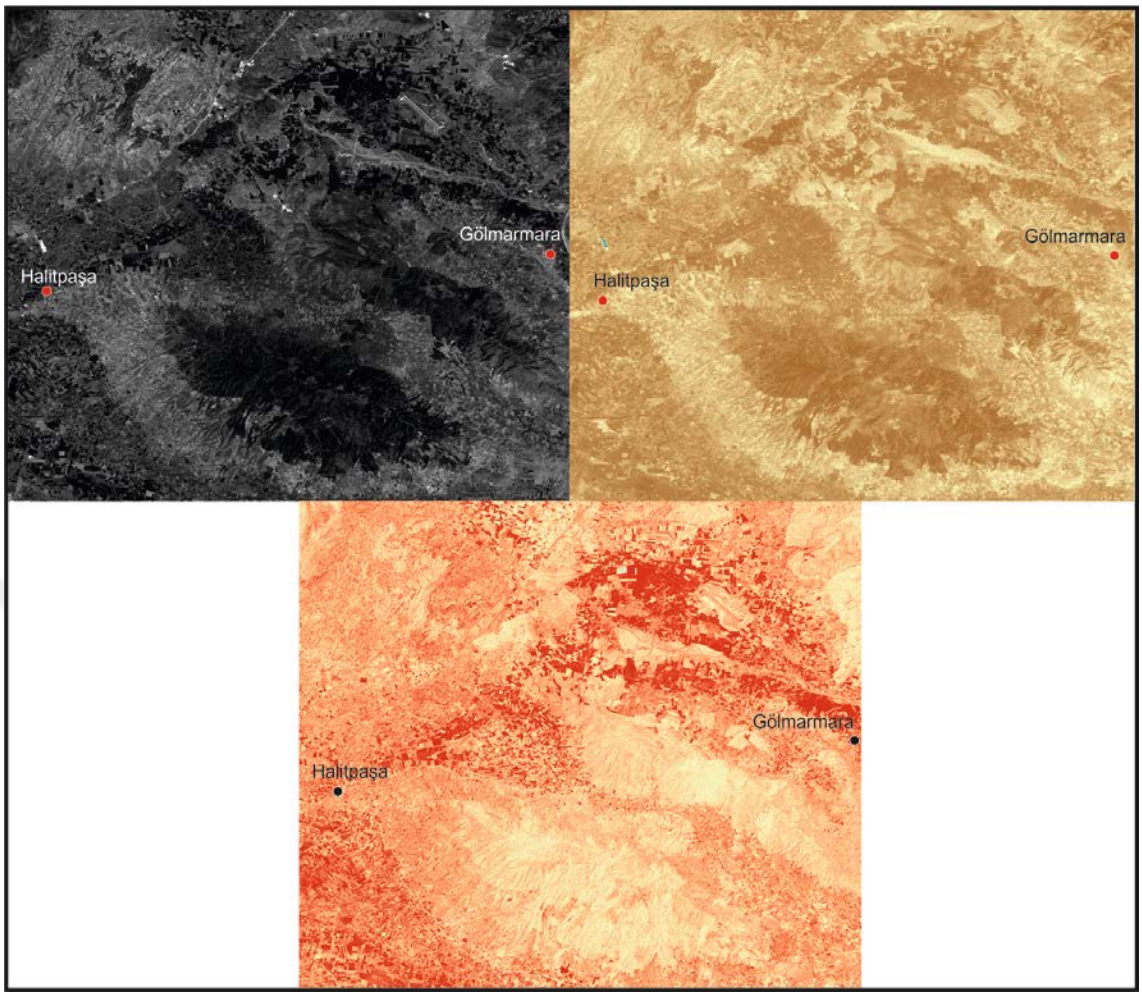
1.3.1 Uzaktan Algılama Çalışmaları

Uzaktan algılama, gerekli donanıma sahip uydu ve uçaklardan, belirli bir mesafeden yapılan yeryüzünü gözleme ve tanımlama teknolojisidir (Özkaymak, 2013). Jeolojik çalışmalarda yeryüzü şekillerinin incelenmesi, doğal afetler, yapısal jeoloji ve doğal kaynakların incelenmesi gibi önemli kullanım alanları bulunmaktadır (Sümer ve diğer., 2006). Bu teknoloji sayesinde arazi çalışmalarına başlamadan önce çalışma yapılacak alanı gözlemleme fırsatı oluşmaktadır. Bu çalışma kapsamında yapılan uzaktan algılama çalışmalarında uydu görüntüleri ve sayısal yükseklik modelleri kullanılmıştır. Halitpaşa Havzası üzerinde yürütülen tez çalışması öncesinde, ulaşım, morfolojik yapılar, çalışma alanında nokta atışı sağlayacak kolaylık ve zaman kazandırması amacı ile bölgesel çalışmalar için ASTER (3A Level 1) uydu görüntüleri kullanılmıştır (örn. Şekil 1.3). Bölgesel çalışmalarda, SRTM (Shuttle Radar Terrain Mission) verileri ile ayrıntılı çalışma gerektiren yersel alanlar için de ayrıntılı ölçekte üretilen sayısal yükseklik modelleri ile yapılan 3D çalışmalar kullanılmıştır (örn. Şekil 1.4). Sayısal yükseklik modelleri Global Mapper v15,

ArcGIS v10.1; ArcMap, ArcGlobe, ArcScene, ArcEditor coğrafik bilgi sistemleri programları ile kullanılıp yorumlanmıştır.

1.3.1.1 Uydu Görüntüleri

ASTER, (ileri uzaydan gözlem ile termal yayılım ve yansıma radyometresi) NASA'nın (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi) uydusu olan Terra üzerine monte edilmiştir ve ileri düzeyde multispektral görüntüleyicidir. Geniş bir spektral kapsama, yüksek alansal çözünürlüğe sahip, görünür kızılötesi, kısa dalga kızıl ötesi ve termal kızıl ötesi spektral alanına sahiptir. Herbir ASTER görüntüsü 60x60 km^2'lik bir alanı kapsamaktadır. Alansal çözünürlüğü dalga boylarına göre değişkenlik sunar. Buna göre, görünür ve yakın kızıl ötesi (VNIR) 15 m, kısa dalga kızıl ötesi (SWIR) 30 m ve termal kızıl ötesi (TIR) 90 metredir (Abrams, 2000; Abrams ve Hook, 2002; Özkaymak, 2013).



Şekil 1.3 a) ASTER uydu verisinden elde edilen Halitpaşa Havzası' nın görüntüsü. VNIR bantları kullanılarak üç farklı yapay renge çevrilmiştir.

Bu görüntüler ile çalışma alanında gözlenen kayaç tiplerinin, çizgisel gidişli yapıların, alüvyal yelpaze geometrisinin, üçgen yüzeylerin, eksenel nehirin, drenaj havzalarının, yanal yönde ötelenen derelerin ve sırtların (tektonik jeomorfoloji) tanımlanması mümkün olabilmektedir.

1.3.1.2 Sayısal Yükseklik Modeli

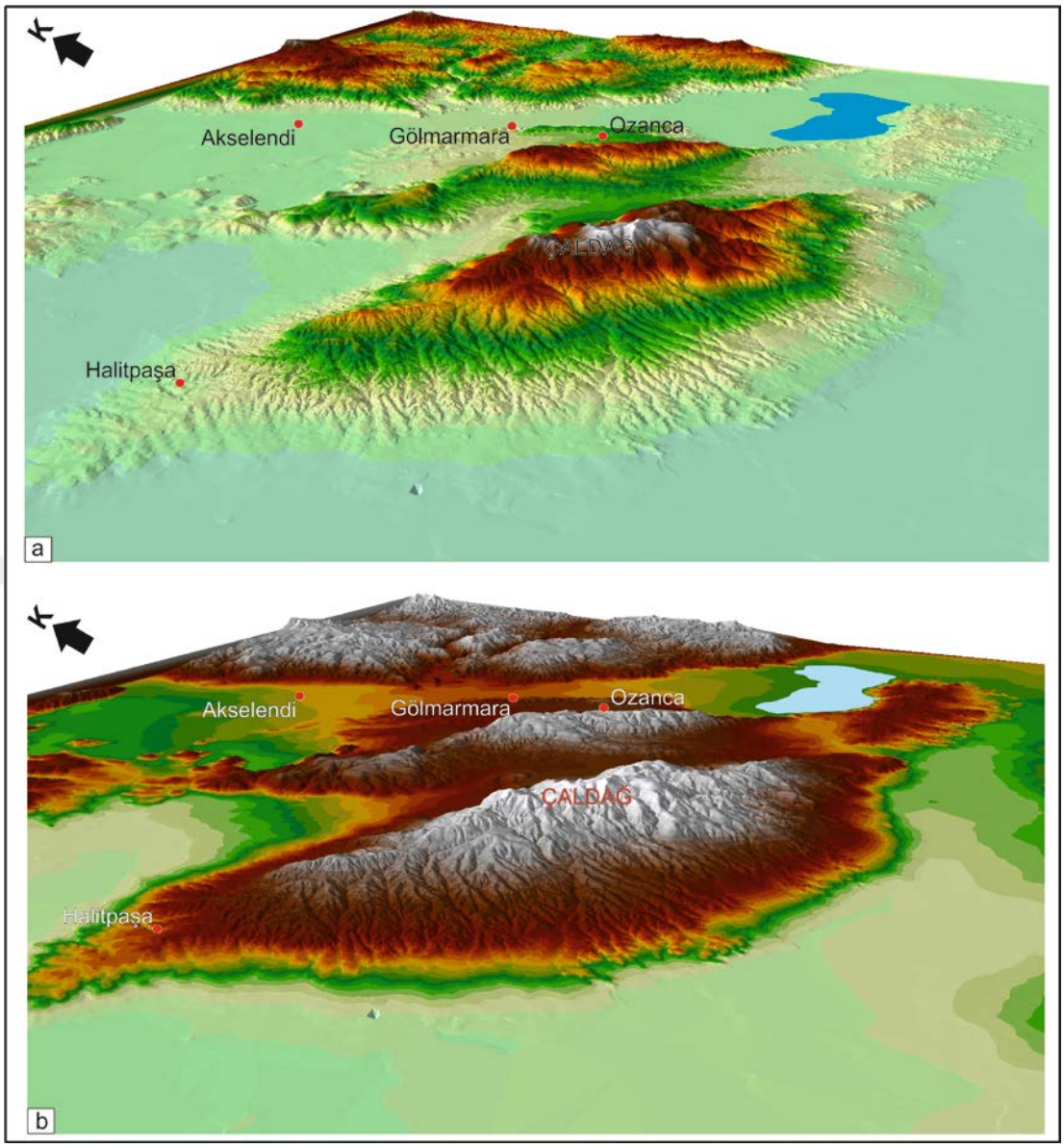
Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM) yerbilimleri çalışmalarında sıkça tercih edilen bir araçtır. Bu modellerle çalışma yapılan alanın güncel morfolojisi üzerinde üç boyutlu olarak çalışılabilmektedir. Örneğin, havzaya doğru tabanı kazıyarak akan dere kanalları ve bu kanalların taşıdıkları malzemeleri dağ önlerinde biriktirmeleri ile gelişen alüvyal yelpazelerin, dağ önlerini denetleyen aktif fayların oluşturduğu

morfoloji sayısal arazi modelleri üzerinde üç boyut teknolojisi ile tanımlanabilmekte, raster veriler topografya üzerine giydirilebilmekte ve sayısal ölçümler yapılabilmektedir. Ayrıca, bu modeller üzerinde dijital ortamda morfometrik indis hesaplamaları, topografik kesit alınabilmekte ve sayısal yükseklik modelleri oluşturulabilmektedir.

SYM oluşturmak için birçok değişik yöntem kullanılmaktadır. Son yıllarda özellikle ERS-1, ALMAZ, JERS-1 gibi aktif algılayıcı uydulara veya özel donanımlı hava araçlarına ait (TOPSAR) radar görüntüleri üzerinden (Graham, 1974; Massonet,1993; Zebker ve Goldstein, 1986) SYM oluşturmaya yönelik yöntemler geliştirilmiştir. Ancak, bu yöntemlerle kıyaslandığında, hem çok daha az teknik donanım gerektirmesi, hem veri kaynağının kolay temin edilmesi sebebi ile SRTM verileri kullanılmaya başlanmıştır. 2000 yılında, NASA tarafından fırlatılan SRTM (Mekik Radar Topoğrafya Görevi) uzay mekiği, yaklaşık 60° kuzey ve güney enlemleri arasındaki tüm karasal alanları tarayarak sayısal yükseklik verisi toplamıştır ve bu verileri kullanıcılar ile paylaşmıştır. SYM elde etmek amacı ile jeologlar tarafından sıklıkla kullanılan ve konumsal çözünürlükleri 3″ ve 30″ olan SRTM3 ve SRTM30 verileri, bir uzay mekiğine yerleştirilen radar algılayıcıları ile elde edilen yeryüzüne ait sayısal yükseklik verilerinden oluşmaktadır (Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi/Jet İtiş Gücü Laboratuarı [NASA/JPL], 2005; Özkaymak, 2013).

Bu çalışma sırasında, SRTM verilerinden elde edilen sayısal yükseklik modelleri (ölçek: 1/25. 000, 1/100.000), yapısal jeoloji ve havza analizi gibi bölgesel ölçekli çalışmalarda kullanılmıştır (Şekil 1.4). Topoğrafik haritaların sayısallaştırılması ile SYM üretilmesi yaygın şekilde tercih edilen bir yöntemdir. Söz konusu herhangi bir yöntemle oluşturulan sayısal arazi modellerinden itibaren, yerbilimlerinde jeofizik, jeoloji, hidroloji, maden ve diğer disiplinlere yönelik çok değişik amaçlı çalışmalar yapılabilmektedir. Değişik ölçekli topoğrafik haritalardan arzu edilen herhangi bir çözünürlükte SYM üretmek mümkündür. Başka bir deyişle, 1:500,000 ölçekli bir haritadan da, 1:25,000 ölçekli bir haritadan da matematiksel olarak 50 m, 100 m, 200 m, 500 m gibi piksel çözünürlüklü SYM üretilebilmektedir (Köse, 2000).

Topografik paftalardaki eşyükseklik eğrilerinin bilgisayar ortamında sayısallaştırılması ile oluşturulan SYM'ın mümkün olan en az hata, doğru ölçek ve doğru çözünürlük seçimiyle üretilebilmesi için bir ön çalışma yapılmıştır. Bu ön çalışma sırasında, sayısal arazi modeli oluşturulacak topografik haritalar üzerindeki eş yükseklik eğrilerinin belli değerleri renklendirilmiş, seyrekleştirilmiş veya kaldırılmıştır. Bunun amacı, sayısallaştırma sırasındaki kontur takibini kolaylaştırmaktır. Renklendirilen haritalar bilgisayar ortamına aktarılmış ve ArcGIS programında sayısallaştırmıştır. Sayısallaştırmalarda, oluşturulacak SYM'lerin alansal kayıplarını en aza indirgemek için UTM (Universal Transverse Mercator) koordinat sistemi kullanılmıştır.



Şekil 1.4 SRTM verileri ile Halipaşa Havzası için oluşturulan üç boyutlu sayısal yükseklik modeli. a) Eş aralık yöntemi sınıflandırmasıyla oluşturulan sayısal yükseklik modeli. b) Geometriksel aralık yöntemi sınıflandırmasıyla oluşturulan sayısal yükseklik modeli. (Görüntüde yapay ışığın kuzeyle yaptığı açı: 0, düşey abartı katsayısı: 1,5-1,7 olarak alınmıştır).

Uydu görüntülerinin yorumlanması ve SYM kullanımı ile çalışma alanında şu konularda çalışmalar yapılmıştır:

(1) Yüzey faylanması ve ilgili yeryüzü şekilleri, (2) Faylanma ile ilişkili Kuvaterner havza çökellerinin yayılım alanları, (3) Erozyonal yüzeyler, çökelme

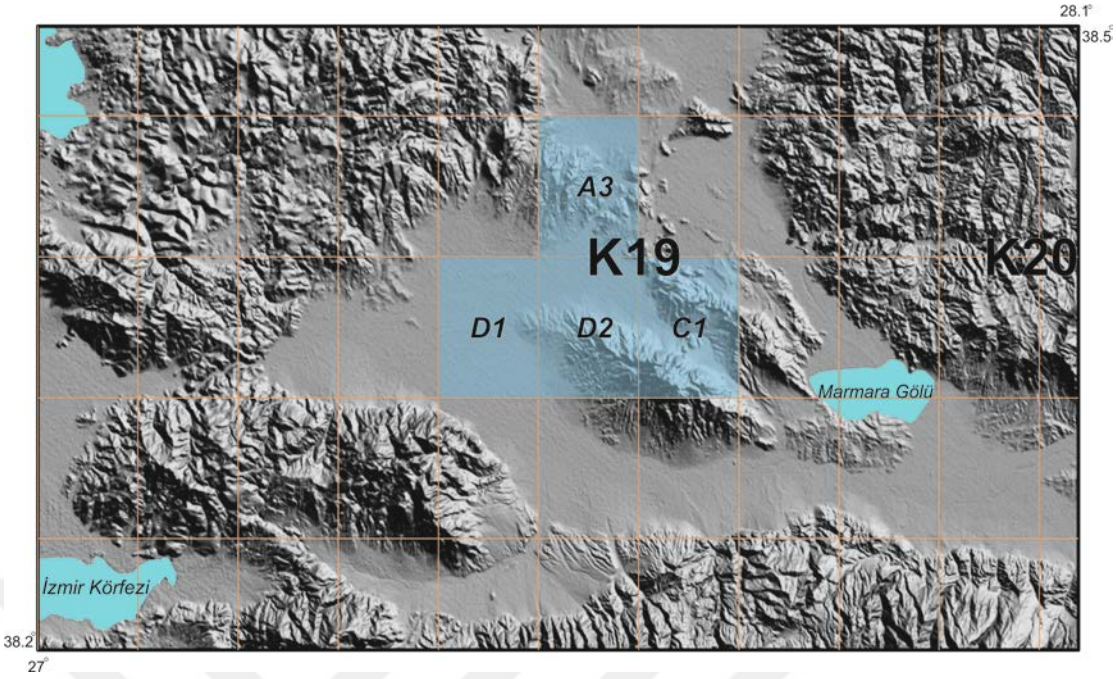
yüzeyleri (alüvyal ve flüviyal taraçalar). (4) Fay sınıflaması için kullanılabilecek çizgisel (segmentasyon) ve düzlemsel (üçgen yüzeyler) işaretler.

1.3.2 Jeolojik Haritalama Çalışmaları

Bu çalışmalar kapsamında, Halitpaşa Havzası'nda yüzeyleyen birimlerin ve yapısal unsurların 1/25 000 ölçekli jeoloji haritasının yapılması amaçlanmıştır. Jeoloji haritaları, Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden temin edilen 1/25000 ölçekli topografik haritalar üzerine işlenmiştir. Bu kapsamda Gölmarmara Havzası'nı kapsayan 6 adet topoğrafik harita üzerinde çalışılmıştır. Bu haritalar, İzmir K19 a3, d1, d2, c1 isimli 1/25000 ölçekli topografik haritalardan oluşmaktadır (Şekil 1.5).

Jeolojik haritalama çalışmaları ile, (1) bölgede yüzeyleyen birimlerin litoloijk özelliklerinin belirlenmesi, (2) havza çökellerinin birbirleri ile olan stratigrafik ilişkilerinin belirlenmesi, (3) belirlenen alanlarda havza çökellerinin ölçülü sedimantolojik/stratigrafik kesitlerinin alınması, (4) bu çökelleri denetleyen yapısal hatların tanımlanması ve kinematik özelliklerinin belirlenmesi, (5) bölgede yüzeyleyen birimlerin stratigrafik ve yapısal ilişkilerinin anlaşılmasına yardımcı olacak jeolojik kesitlerin alınması, (6) gözlenen fay ilişkili yapıların ayrıntılı analizleri, tanımlanmaları ve çalışmaları eş zamanlı olarak yürütülmüştür. Haritalama sırasında elde edilen veriler ile literatür ve uzaktan algılama çalışmaları ile toplanan veriler karşılaştırılarak denetlenmiştir.

Kuvaterner çökeller için yapılan tortul doku tanımlamaları ve sınıflamaları, Udden ve Wentworth tane boyu sınıflamasına (Pettijohn ve diğer., 1972; Udden, 1898; Wentworth, 1922) göre yapılmıştır. Bölgede haritalanan havza dolgu çökellerini temsil eden stratigrafi birimleri, litostratigrafi (kaya stratigrafi) ögelerine göre tanımlanmış ve yöntemli kaya birimi adlama koşullarına göre adlanmıştır (Norman ve diğer., 1986).



Şekil 1.5 Halitpaşa Havzası'nda jeolojik haritalama yapılan topografik haritaların SYM üzerindeki yerlerini gösteren indeks harita.

Kesit ölçümü sırasında birimin katman doğrultularına dik yönde ilerlenerek, birim içerisindeki sedimanter fasiyesler, Blikra ve Nemec (1998) tarafından tanımlanan kolüvyal fasiyes sınıflamasına göre yapılmıştır.

1.3.3 Yapısal Jeoloji Çalışmaları

Bu başlık altında yapılan çalışmalar, arazi çalışmaları sırasında saptanan faylara ait fay düzlemleri üzerinde belirlenen kinematik göstergelerin tanımlanması, ölçülmesi ve elde edilen sayısal verilerin yorumlanmasını amaçlamaktadır.

Bu çalışmalar kapsamında, (1) fay yüzeylerinin doğrultlu-eğiminin ve fay yüzeyindeki rake (yatım açısı, pitch açısı) açılarının ölçümü, (2) fay yüzeylerindeki deformasyon yapılarının ayrıntılı incelenmesi, (3) fay yüzeyinde ve stratigrafik anlamda faylarda reaktivasyona işaret eden verilerin tanımlanması, (4) diri fay önü tortullarının geometrisi ve istifsel değişimi, (5) diri faylardaki kırılma evrelerinin saptanması, (6) tavan-taban blok deformasyon özelliklerinin belirlenmesi çalışmaları eşzamanlı olarak yürütülmüştür.

Yapılan arazi çalışmalarında, bölgenin kinematik özelliklerini ve gerilme rejimi belirlemek amacı ile KD-GB ve KB-GD uzanımlı faylar üzerinde kinematik analiz çalışmaları yapılmıştır. Farklı fay setlerinin bağıl yaşları, birbirini kesen-kesilen yapı ilişkisine göre yapılmıştır. Fay yüzeyi verileri Angelier'in gerilme terslenme yöntemi (Angelier, 1984; 1991; 1994) ve Hardcastle ve Hills (1991) tarafından geliştirilen program kullanılarak incelenmiştir. Fay düzlemi ölçümlerinden dört bileşenli gerilim tensörü elde edilmiştir. Bunlar, üç asal gerilim ekseninin doğrultuları ($\sigma_1>\sigma_2>\sigma_3$) ve asal gerilme eksenleri için eksenel oran (ϕ) ile açıklanan göreceli büyüklüklerdir; $\phi = (\sigma_2 - \sigma_1)/(\sigma_3 - \sigma_1)$ ve $0< \phi <1$'dir (Angelier, 1994). Gerilme rejimi, bunlardan hangisinin düşey düzlemde olduğuna göre yapılmaktadır. En büyük asal gerilme ekseni (σ_1) düşey düzlemdeyken genişlemeli, ortaç asal gerilme ekseni (σ_2) düşey düzlemdeyken doğrultu atımlı ve en küçük asal gerilme ekseni (σ_3) düşey düzlemdeyken sıkışmalı tektonik rejimden bahsedilmektedir. Delvaux ve diğer. (1997) gerilme rejiminin 0 ile 1 değerleri arasında değişen gerilim oranının fonksiyonuna bağlı olarak değiştiğini önermektedir: dairesel genişleme (σ_1 düşeyde, $0 < \phi < 0{,}25$), saf genişleme (σ_1 düşeyde, $0{,}25 < \phi < 0{,}75$), transtansiyon (σ_1 düşeyde, $0{,}75 < \phi < 1$ ya da σ_2 düşeyde, $1 > \phi > 0{,}75$), saf doğrultu atımlı (σ_2 düşeyde, $0{,}75 > \phi > 0{,}25$), transpresyonel (σ_2 düşeyde, $0{,}25 > \phi > 0$ ya da σ_3 düşeyde, $0 < \phi < 0{,}25$), saf sıkışma (σ_3 düşeyde, $0{,}25 < \phi < 0{,}75$) ve dairesel sıkışma (σ_3 düşeyde, $0{,}75 < \phi < 1$).

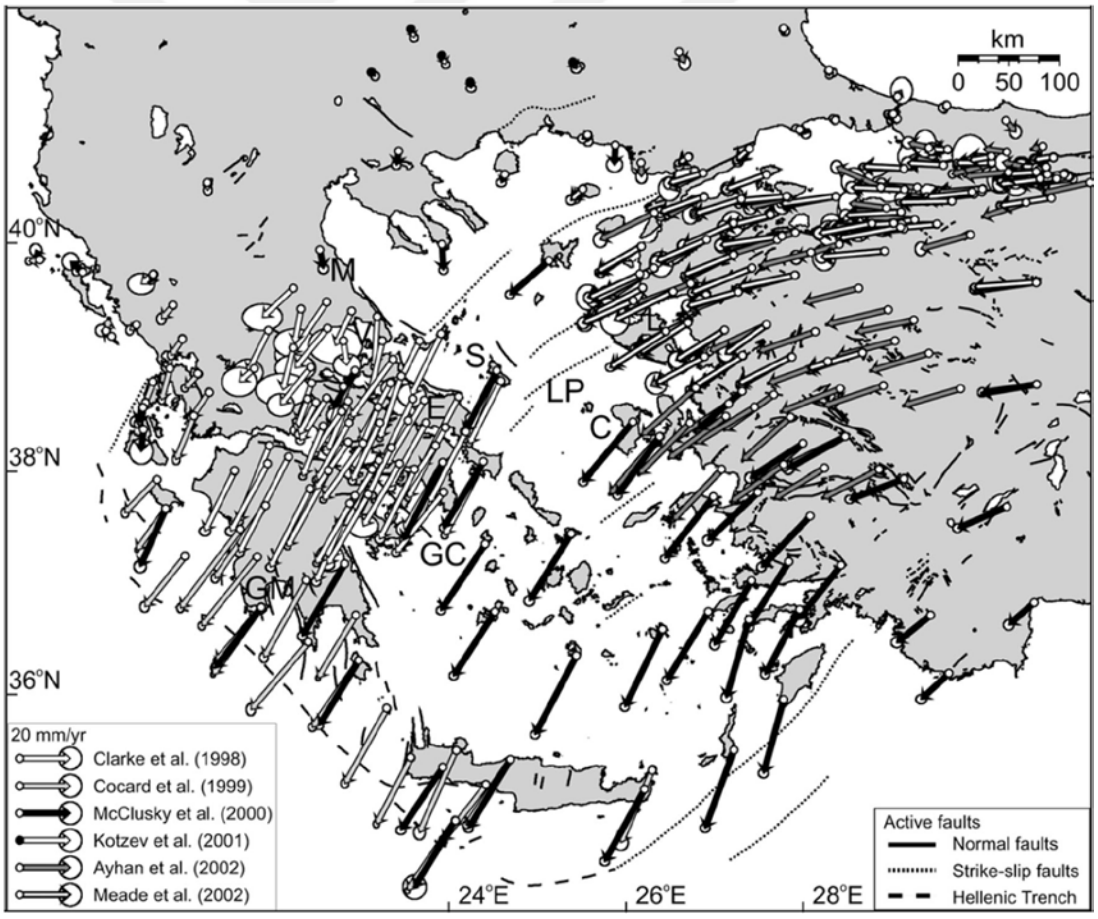
1.4 Önceki Çalışmalar

Bu başlık altında, öncelikle, çalışma alanının içinde bulunduğu Batı Anadolu Genişleme Bölgesi tanıtılacak, daha sonra Halitpaşa Havzası'nın jeolojik özellikleriyle ilgili literatür özetlenecektir.

1.4.1 Bölgenin Aktif Tektoniği

Günümüzde, 30-40 mm/yıl bir hızla (Bozkurt, 2001; Le Pichon ve diğer., 1995; Oral ve diğer., 1995) yaklaşık olarak K-G kıtasal genişleme etkisi altında şekillenen Batı Anadolu Genişleme Bölgesi (BAGB), Pliyo-Kuvaterner boyunca etkili olan K-G yönlü genişlemeli tektonizma etkisi altında gelişen KD-GB ve D-B uzanımlı

havzalar ile tipiktir. Batı Anadolu'daki bu genişleme, Anadolu bloğunun sağ yönlü doğrultu atımlı Kuzey Anadolu (KAFZ) ve sol yönlü doğrultu atımlı Doğu Anadolu (DAFZ) fay zonları boyunca B-GB'ya, Ege-Kıbrıs yay sistemine doğru olan tektonik kaçma ilişkili deformasyon modeli ile açıklanmaktadır (Dewey ve Şengör, 1979; Şengör, 1987; Şengör ve diğer., 1985). Gölmarmara havzasının içinde bulunduğu BAGB'nde yapılan GPS çalışmaları (Altıner ve diğer., 1999; Barka ve Reilinger, 1997; McClusky ve diğer., 2000; Nyst ve Thatcher, 2004; Reilinger ve diğer., 1997), günümüzde BAGB'nin güneybatı yönünde Helenik yayına doğru, saatin tersi yönünde yaklaşık 20 mm/yıl hareket ettiğini göstermektedir (Şekil 1.6). Bu hareket batıya doğru daha da hızlanarak (40 mm/yıl) devam etmektedir (Altıner ve diğer., 1999; Barka ve Reilinger, 1997; McClusky ve diğer., 2000; Mueller ve diğer., 1997; Nyst ve Thatcher, 2003; Reilinger ve diğer., 1997).

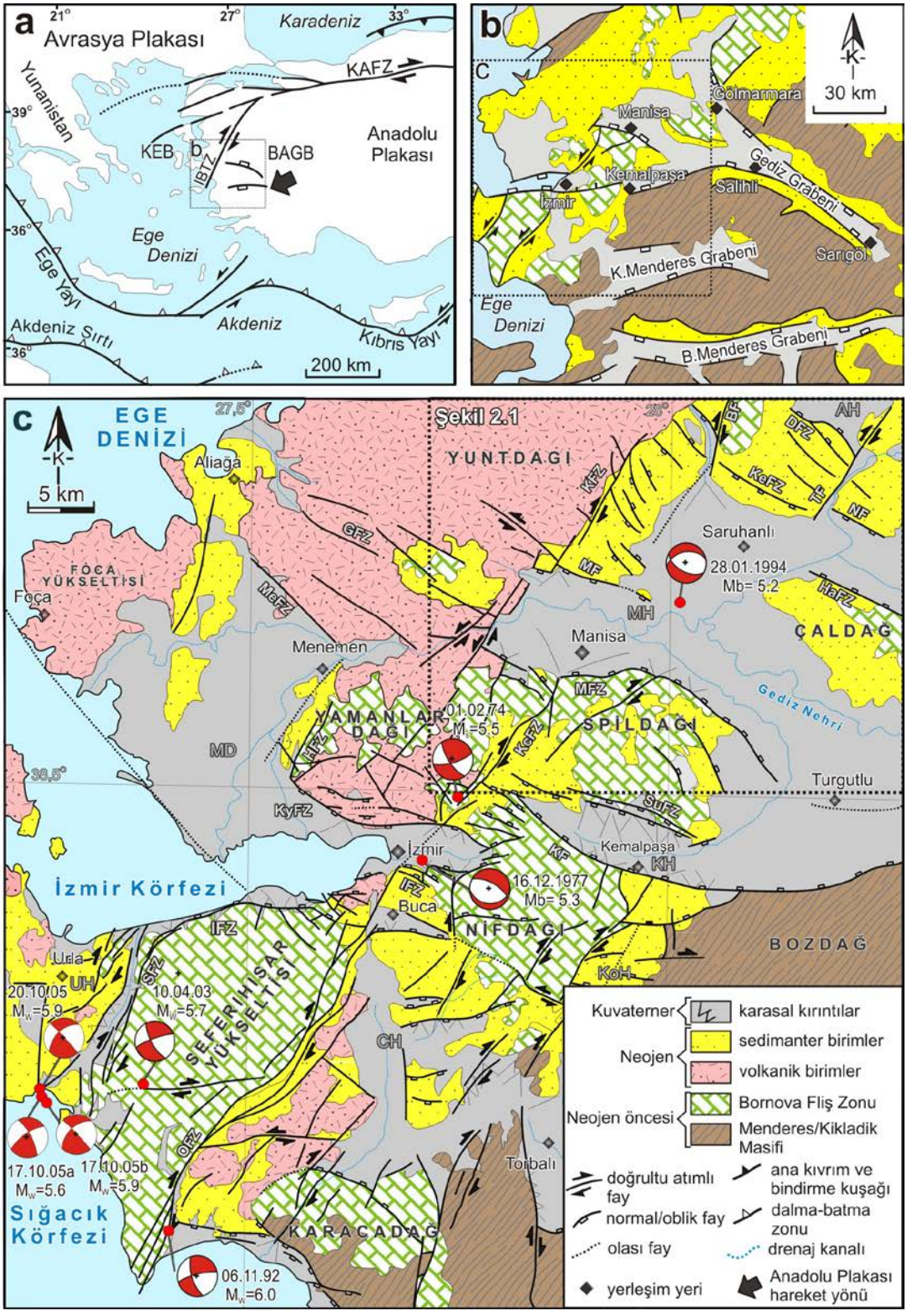


Şekil 1.6 Avrasyanın sabit olarak kabul edildiği Batı Anadolu'daki GPS verileri (Nyst veThatcher, 2004).

Özkaymak (2013) doktora tez çalışmasına göre, son zamanlarda yapılan bazı çalışmalar, Batı Anadolu'da, GPS vektörlerinin işaret ettiği GB yönüne paralel doğrultu atımlı bir zayıflık zonunun, İzmir-Balıkesir Transfer Zonu'nun (İBTZ) varlığını ortaya çıkarmıştır (Şekil 1.7) (Sözbilir ve diğer., 2007, 2011; Uzel ve Sözbilir, 2008; Uzel ve diğer., 2012). İBTZ'nun, Geç Kretase zamanında derin kabuksal transform fayı olarak oluştuğu ve Neojen boyunca transfer fay zonu olarak yeniden hareket ettiği kabul edilmektedir (Okay ve Siyako, 1993; Okay ve diğer., 1996; Ring ve diğer., 1999; Sözbilir ve diğer., 2007, 2008; 2011; Uzel ve Sözbilir, 2008; Uzel ve diğer., 2012). Batı Anadolu genişleme bölgesinin Neojen tektonik evrimi iyi çalışılmış olması ve iyi bilinmesine karşın (Bozkurt, 2000; Bozkurt ve Sözbilir, 2004; Çiftçi ve Bozkurt, 2008, 2009, 2010; Emre ve Sözbilir, 1997; Koçyiğit ve diğer., 1999; Sözbilir, 2001, 2002), söz konusu zon çevresindeki bölgenin Kuvaterner evrimi ve aktif tektonik özellikleri hakkında çok az bilgi bulunmaktadır (Bozkurt ve Sözbilir, 2006; Hakyemez ve diğer., 1999).

Bu zonun son hareketi, bölgede meydana gelen bazı depremler (1974-İzmir depremi, M_s:5.5, Zanchi ve Angelier, 1990; 1992-Doğanbey depremi, M_w: 6.0, Benetatos ve diğer., 2006; 2003-Urla depremi, M_w:5.7, Benetatos ve diğer., 2006, Aktar ve diğer., 2007 ve 17-20 Ekim 2005-Sığacık körfezi depremleri, M_w: 5.6, 5.9, ve 5.9, Benetatos ve diğer., 2006, Aktar ve diğer., 2007 ve Sözbilir ve diğer., 2009) ile kanıtlanmıştır (Şekil 1.7)(Sözbilir ve diğer., 2009). Bu depremlerin odak mekanizma sonuçları BAGB içerisinde doğrultu atımlı fayların varlığına işaret etmektedir. Bölgesel ölçekte İzmir (Gümüldür) ve Balıkesir (Bigadiç) arasındaki kuşak boyunca uzanım sunan kabuksal ölçekteki transfer zonunun varlığıyla açıklanmaktadır (Şekil 1.7) (Sözbilir ve diğer., 2003; Sözbilir ve diğer., 2005, 2007; Uzel ve Sözbilir, 2008; Sözbilir ve diğer., 2008, 2009). İBTZ, doğusundaki Batı Anadolu Genişleme Bölgesi (BAGB) ile batısındaki Kuzey Ege Bölgesi'ni (KEB) birbirinden ayırır (Şekil 1.7) (Ring ve diğer., 1999; Sözbilir ve diğer., 2011). Zonun doğu bölümü, Pliyo-Kuvaterner boyunca kenarları D-B uzanımlı yüksek açılı normal faylar tarafından denetlenen Büyük Menderes, Küçük Menderes ve Gediz Grabenleri gibi büyük ölçekli D-B uzanımlı havzalar ile karakteristiktir (Yılmaz ve diğer., 2000). Ancak, D-B uzanımlı bu havzaların batı uçlarında, Cumaovası ve Urla

havzaları gibi kenarları KD-GB uzanımlı doğrultu atımlı faylar ile denetlenen KD-GB uzanımlı Kuvaterner yaşlı havzalar bulunmaktadır (Şekil 1.7). Bunlardan Cumaovası Havzası transtansiyonel tektonizma ile açıklanan normal ve doğrultu atımlı fayların gözlendiği asimetrik bir havzadır (Uzel ve Sözbilir., 2008). Havzanın batı kenarı, 6,1 (M_w) büyüklüğündeki 1992-Doğanbey depremini (Tan ve Taymaz, 2001) üreten KD-GB uzanımlı doğrultu atımlı Orhanlı Fay Zonu (OFZ) ile denetlenmektedir (Şekil 1.7). KD-GB uzanımlı bir başka doğrultu atımlı fay zonu olan ve Urla Havzası'nın doğu kenarını denetleyen Seferihisar Fay Zonu (SFZ) üzerinde 5.7 (M_w) büyüklüğündeki 2003-Urla depremi meydana gelmiştir (Şekil 1.7). Urla Havzası'nın batı kenarı ise, üzerinde 2005 Sığacık Körfezi depremlerinin (Mw: 5,6, 5,9, 5,9) meydana geldiği Demircili-Yağcılar Fay Zonu tarafından sınırlanmaktadır (Sözbilir ve diğer., 2009).



Şekil 1.7 (Özkaymak, 2013) a) Batı Anadolu ve Ege Bölgesinin basitleştirilmiş jeoloji haritası, ana neotektonik yapıları ve neotektonik bölgeleri göstermektedir. İzmir-Balıkesir Transfer Zonu'nun (İBTZ) normal faylar ile baskın olan Batı Anadolu Genişleme Bölgesi (BAGB) ile doğrultu atımlı faylar ile baskın olan Kuzey Ege Bölgesi (KEB) arasındaki yapısal sınırı oluşturduğuna dikkat ediniz. Kısaltmalar: KAFZ, Kuzey Anadolu Fay Zonu; İBTZ, İzmir Balıkesir Transfer Zonu. (b) Batı

Anadolu'daki ana fay sistemlerini gösteren basitleştirilmiş tektonik harita. (c) İzmir ve çevresinin jeoloji haritası. Kısaltmalar: GFZ, Güzelhisar Fay Zonu; MeFZ, Menemen Fay Zonu; KyFZ, Karşıyaka Fay Zonu; SFZ, Seferihisar Fay Zonu; OFZ, Orhanlı Fay Zonu; IFZ, İzmir Fay Zonu; KF, Kemalpaşa Fayı; SuFZ, Sütçüler Fay Zonu; MFZ, Manisa Fay Zonu, KFZ, Kaleköy Fay Zonu; MF, Maltepe Fayı; BF, Bahadır Fayı; KeFZ, Kepenekli Fay Zonu; DFZ, Dilek Fay Zonu; TF, Tirkeş Fayı; NF, Nuriye Fayı; HaFZ, Halitpaşa Fay Zonu; MH, Manisa Havzası; UH, Urla Havzası; CH, Cumaovası Havzası; AH, Akhisar Havzası; KoH, Kocaçay Havzası; KH, Kemalpaşa Havzası; MD, Menemen Düzlüğü.

Holdsworth ve diğer. (1997) göre, eski zayıflık zonları kıtasal kabuktaki ardı ardına gelen gerilimleri karşılamak için yeniden aktif olmaya eğimlidirler. İzmir–Balıkesir Transfer Zonu Batı Anadolu'daki en büyük yeniden aktif olan yapıdır (Sözbilir ve diğer., 2009, 2011; Uzel ve Sözbilir, 2008). Fay zonu boyunca gelişen ilk hareket, Geç Kreatase sırasında transform zon boyunca ince–uzun (elongate) havzada fliş–tipi malzemenin çökelimi ile belirgindir (Okay ve Siyako 1993). İkinci hareket, erken Miyosen zamanındaki D–B sıkışma ile ilişkili K–G açılma rejimi sırasında gerçekleşmiştir (Ring ve diğer., 1999). Bu zaman aralığı boyunca, bu zona, havzaya yerleşen geniş yayılımlı volkanizma ve ilgili sokulumları eşlik etmiştir. Fay zonu, geç Miyosen–orta Pliyosen süresince sağ yönlü doğrultu atımlı fay zonu karakterinde yeniden hareket etmiştir ve havza çökellerini deforme etmiştir. Bununla beraber, Pliyo–Kuvaterner yaşlı ince–uzun (elongate) havzaların bu yeniden aktif olan zonların etkisinde şekillendiği de gözlenmektedir.

BAGB'deki bazı faylar üzerinde yapılan kinematik analiz çalışmaları da, fayların farklı zamanlarda yeniden aktif hale geçtiğini (reaktif yapılar olduğunu) göstermiştir. Bu yapılardan bir tanesi Küçük Menderes Grabeni'nin güneybatı kenarı üzerinde yeralan Efes Fayı'dır. Angelier ve diğer. (1981)'e göre, Efes Fayı üzerinde beş farklı faza ait hareket bulunmaktdır. Bu hareketlerden ilki fay doğrultusu boyunca sol yönlü doğrultu atımlı olarak gelişmiştir. Bunu yaklaşık saf normal faylanma izlemiştir. Üçüncü hareket geç Pliyosen boyunca graben oluşumu şeklinde devam etmiştir. Daha sonra, Efes Fayı, erken Kuvaterner zamanı boyunca saf doğrultu atımlı çalışmıştır. Pleyistosen zamanında gelişen son faz yaklaşık eğim atımlı normal faylanma ile temsil edilir. Dumont ve diğer. (1979) ise, Menderes ve Burdur grabenlerinde yaptıkları çalışmalarda dört farklı tektonik faz belirlemişlerdir: (1) Geç

Miyosen- erken Pliyosen basınç fazı (2) Pliyosen boyunca K-G yönlü genişleme (3) eski Kuvaterner basınç fazı (Menderes grabenleri bölgesinde K-G yönlü) (4) KD-GB yönlü Kuvaterner yaşlı genişleme. Batı Türkiye'deki Miyosen ve Kuvaterner zamanlarında devam eden K-G yönlü kabuksal açılma periyotları arasında etkili olan kısa süreli D-B yönlü sıkışmanın varlığı bir çok yayında bildirilmiştir (Eyidoğan ve Jackson, 1985; Yusufoğlu, 1996; Koçyiğit ve diğer., 1999; Bozkurt, 2000, 2003; Işık ve diğer., 2003; Bozkurt ve Sözbilir, 2004, 2006; Koçyiğit, 2005).

Efes Fayı'na benzer şekilde, BAGB'daki bir diğer büyük ölçekli reaktive fay Manisa Fay Zonu'dur. Bozkurt ve Sözbilir (2006), Manisa Fay Zonu'nun doğu bölümünde yaptıkları çalışmalarda, sol yönlü doğrultu atımlı faylanma ve sonra normal faylanma olmak üzere iki farklı hareketine ait veriler elde etmişlerdir. Bu fazlar, (i) Erken-orta Pliyosen zamanında yaklaşık D-B doğrultulu sıkışma (ii) güncel açılmalı tektonik ve Pliyo-Kuvaterner zamanında başlayan modern graben oluşumu ile açıklanmıştır. Gediz Grabeni'nin devamı niteliğindeki Manisa Havzası, hem doğrultu atımlı hem de eğim atımlı normal faylara ait deformasyon özelliklerine sahiptir. Miyosen zamanından beri, Gediz Grabeni'nin doğu ve orta bölümleri, K-G yönlü saf genişlemeli tektonizma ile temsil edilirken, grabenin batı bölümü İzmir-Balıkesir Transfer Zonu olarak adlandırılan KD-GB uzanımlı büyük ölçekli doğrultu atım baskın zon ile şekillenir (Özkaymak, 2013).

Batı Anadolu'daki KD-GB uzanımlı fayların üzerinde yapılan kinematik analiz çalışmaları ise oldukça azdır. Bunlardan bir tanesi KD-GB uzanımlı Orhanlı Fay Zonu üzerinde yapılmıştır (Uzel ve Sözbilir, 2008). Fay yüzeyinde yapılan ölçümler bu fayın önce K-G yönlü sıkışma kuvvetleri etkisinde sol yönlü doğrul atımlı fay karakterinde, bunu takiben K-G yönlü açılma kuvvetleri etkisinde sağ yönlü doğrultu atımlı karakterde çalıştığını göstermektedir. Son yıllarda bu fay zonu üzerinde meydana gelen depremlerin odak mekanizma sonuçları fayın son hareketinin günümüzde devam ettiğini göstermektedir (Uzel ve Sözbilir, 2008).

Bir diğer kinematik analiz çalışmaları az olan Halitpaşa Fay Zonu (Kaya ve diğer., 2004)' dur. Halitpaşa bölgesi, Gediz Grabeni'nin kuzeydeki neotektonik

yapısını oluşturur. Bölgede Paleozoyik'ten beri yüzeylemiş olan jeolojik birimleri KB-GD yönünde keser. Diğer taraftan bölgede neotektonik dönemi yansıtan bir diğer önemli jeolojik olay Pliyo-Kuvaterner yaşlı Kula volkanizması olup Batı Anadolu'daki genişlemeli tektonik rejimin en çarpıcı ürünlerinden birisini yansıtır. Bölgede etkin olan çizgiselliklerin genel yönü K 20º-30º D ve K 60º-70º D arasında bir yoğunlaşma göstermektedir. Benzer şekilde K 70º-80º B yönünde de az da olsa bir yoğunlaşma izlenmektedir. Bölgedeki kapsamlı KD-KB ve KKB-GGD doğrultulu çizgisellik sistemlerinin çoğu, Orta Miyosen döneminden sonra Batı Anadolu'nun tektonik rejimine bağlı son normal faylanma ile ilişkilidir. Öte yandan, bazı KD doğrultulu çizgisellikler Üst Kretase-Geç Eosen döneminde İzmir-Ankara okyanusunun kapanmasıyla alakalı bindirme fayları ile ilişkili olabilir. (Kavak ve Çetin, 2007)

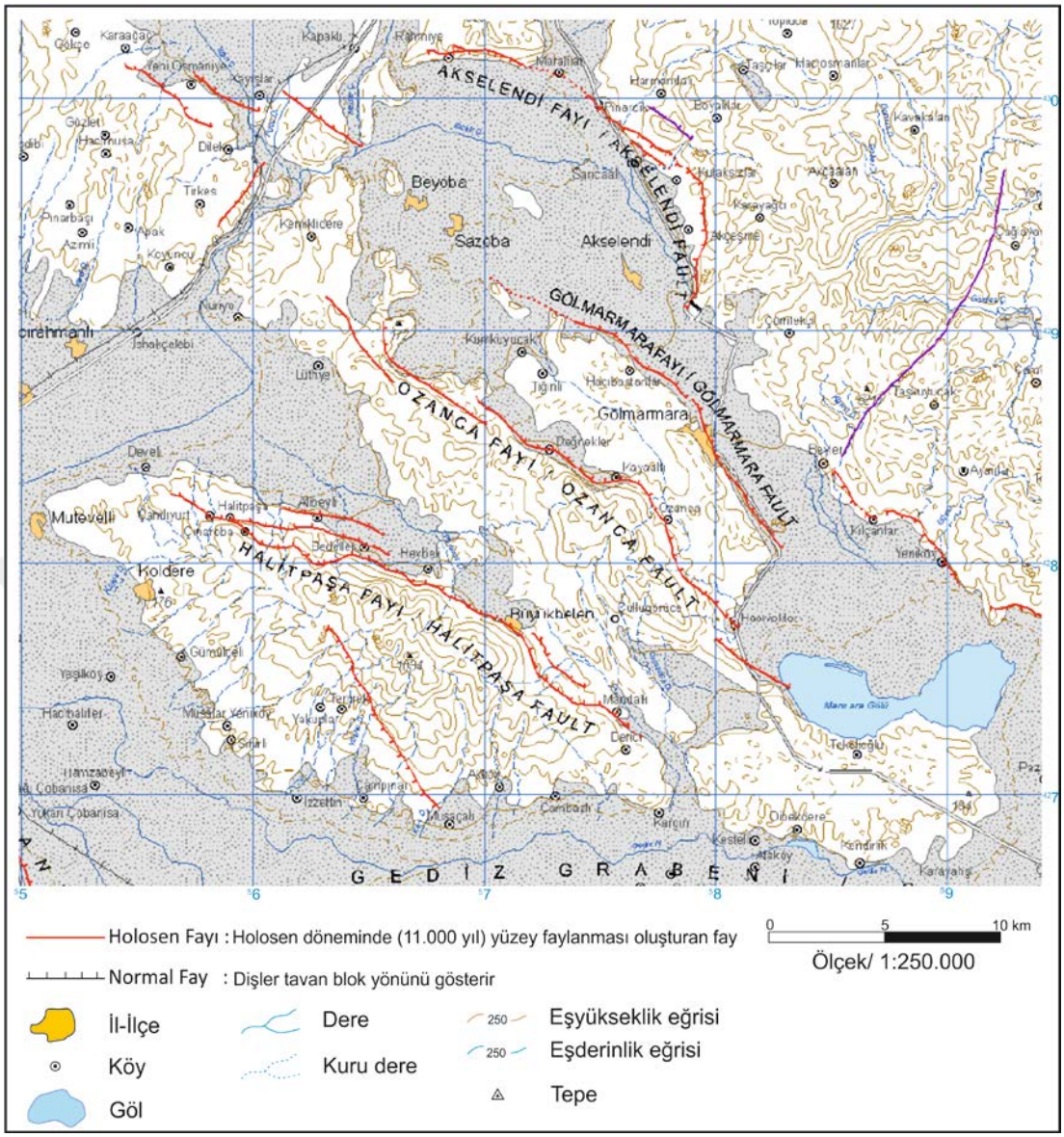
Kaya ve diğer. (2004)' e göre, Doğu Ege'nin Geç Senozoyik evrimi yaygın bir karasal genleşme ile temsil edilir. D-B ve KD-GB uzanmlı graben ve aralarındaki horstlar bölgedeki en önemli yapıları oluştururken KB-GD ve K-G uzanımlı faylar ise diğer yapılardır. Paleojen öncesi döneme ait temel kayalarınnn Geç Miyosen-Erken Pliyosen yaşlı sedimanların üzerine bindirdiği ve KB-GD uzanımlı sağ yanal doğrultu-atımlı fay kuşağının (Halitpaşa transpresif kuşağı (Kaya ve diğer., 2004)) saha verilerini de ortaya koymaktadır. Fay kuşağı Geç Miyosen-Erken Pliyosen yaşlı gölsel sedimanları (Develi ve Halitpaşa formasyonları) ile geç Erken Miyosen yaşlı alüvyon konisi sedimanları (Kızıldağ Formasyonu) arasında yer alan nemli bir diskordans dönemi ile ilişkilendirilmiştir. Saha ilişkileri ile memeli fosil verileri bu diskordansın yaşını en Erken Pliyosen olarak önermektedir. Sonuç olarak batı Turkiye'de etkin olan kıtasal gerilme dönemi içinde gelişen bir sıkışma fazının varlığını ve ilgili yapısal verilerini ilk kez ortaya koymaktadır. Bu deformasyon ege yayında varlığı bilinen Erken Pliyosen yaşlı sıkışma rejimine atfedilmiştir (Kaya ve diğer., 2004).

1.4.2 Halitpaşa Havzası' nın Jeolojisi

BAGB'ndeki iyi bilinen D-B uzanımlı çöküntü alanlarından bir tanesi olan Gediz Grabeni (Şekil 1.7 b), Erken Miyosen zamanından beri KKD-GGB yönlü

genişlemenin etkisi altında oluşmaktadır (Çiftçi ve Bozkurt, 2010). Sarıgöl ile Salihli arasında uzanan Gediz Grabeni'nin tektonik evrimi gerilim modelleri ve reolojisi farklı olan iki genişlemeli evre ile tanımlanır (Bozkurt ve Sözbilir, 2004). İlk evre, Miyosen zamanı boyunca Menderes Masifi kayalarının düşük açılı sıyrılma faylarının varlığı ile ilişkili taban blokta yüzeylenmesini sağlayan evredir. Tavan blokta ise Miyosen karasal kırıntılarının faylanma ile eşzamanlı çökelimi söz konusudur (Hetzel ve diğer., 1995; Emre, 1996; Emre ve Sözbilir, 1997; Koçyiğit ve diğer., 1999; Yılmaz ve diğer., 2000; Sözbilir, 2001, 2002; Çiftçi ve Bozkurt, 2008, 2009). İkinci evre ise, Kuvaterner boyunca baskın olarak D-B uzanımlı grabenlerin gelişmesine olanak sağlayan yüksek açılı normal faylanmalar ile tipiktir (Özkaymak 2013).

Halitpaşa Havzası' nda yapılan ve Kuvaterner dönemini konu alan jeolojik amaçlı çalışmalar oldukça sınırlıdır. Havzanın güney sınırını oluşturan Halitpaşa Fay Zonu MTA diri fay haritalama çalışmalarına göre Holosen normal fay niteliğine sahiptir (Şekil 1.8).

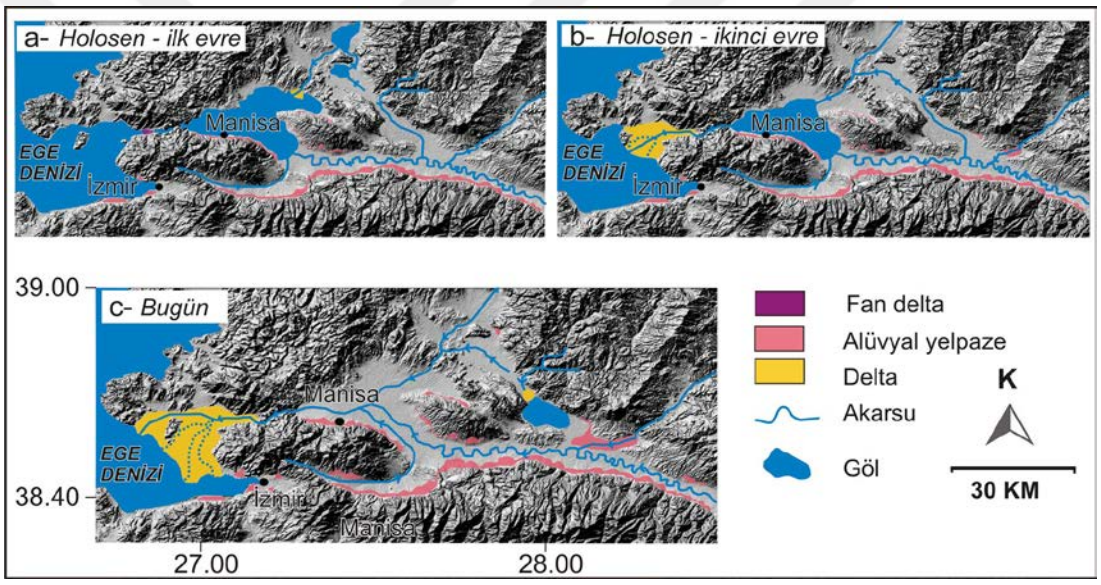


Şekil 1.8 MTA' nın çalışma alanında yaptığı diri fay haritası (MTA Diri Fay İzmir Paftası).

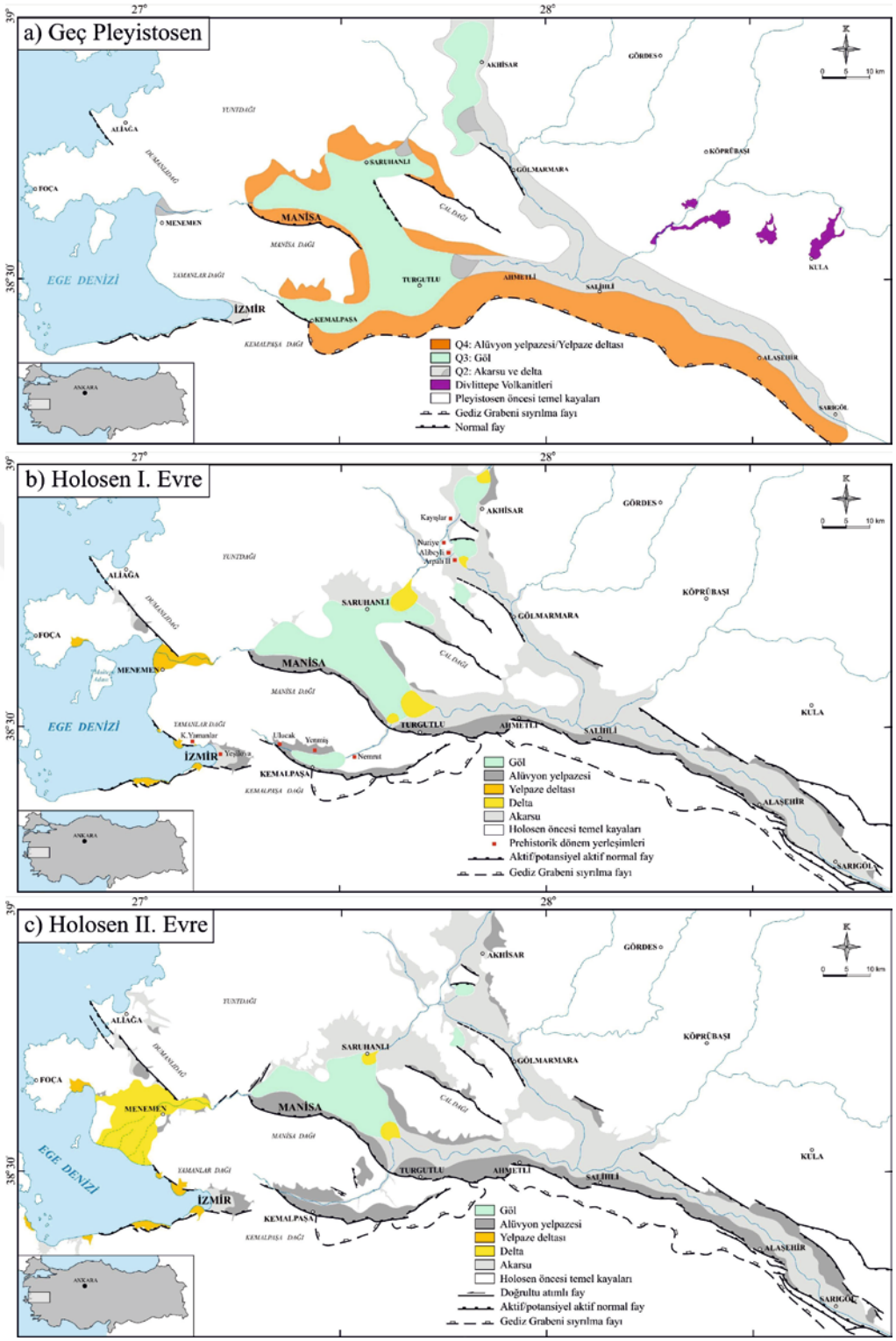
Hakyemez ve diğer. (1999) Gediz ve Büyük Menderes grabenlerinin paleocoğrafik evrimlerini karşılaştırdıkları çalışmada, havzaların Kuvaterner çökellerini fasiyeslerine ayırarak incelemişlerdir. Araştırmacılara göre, Gediz Havzası genel olarak şiddetli tektonik periyotlarla denetlenen karmaşık bir evrim göstermiştir. Araştırmacılar, Gediz ve Büyük Menderes grabenlerinin sedimanter çökellerinin fasiyeslerini ve sıralı düzenlerini tartışmış, geç Pliyosen'den günümüze kadar olan alüvyal, flüviyal, gölsel ve karasal çökeller ile doldurulmuş alanları incelemiş ve haritalamıştır. Orta Miyosen'den Pliyosen'e kadar ulaşan yaşlara sahip dolgular içeren ve özellikle Gediz Grabeni'nin kuzeyinde belirgin KD-GB uzanımlı

graben havzalarının, K-G genişlemeyle ortaya çıkan D-B ve KB-GD (çalışma alanını oluşturan Gölmarmara Grabeni) uzanımlı grabenler ile kökensel ilişkileri yoktur (Hakyemez ve diğer., 2013) .

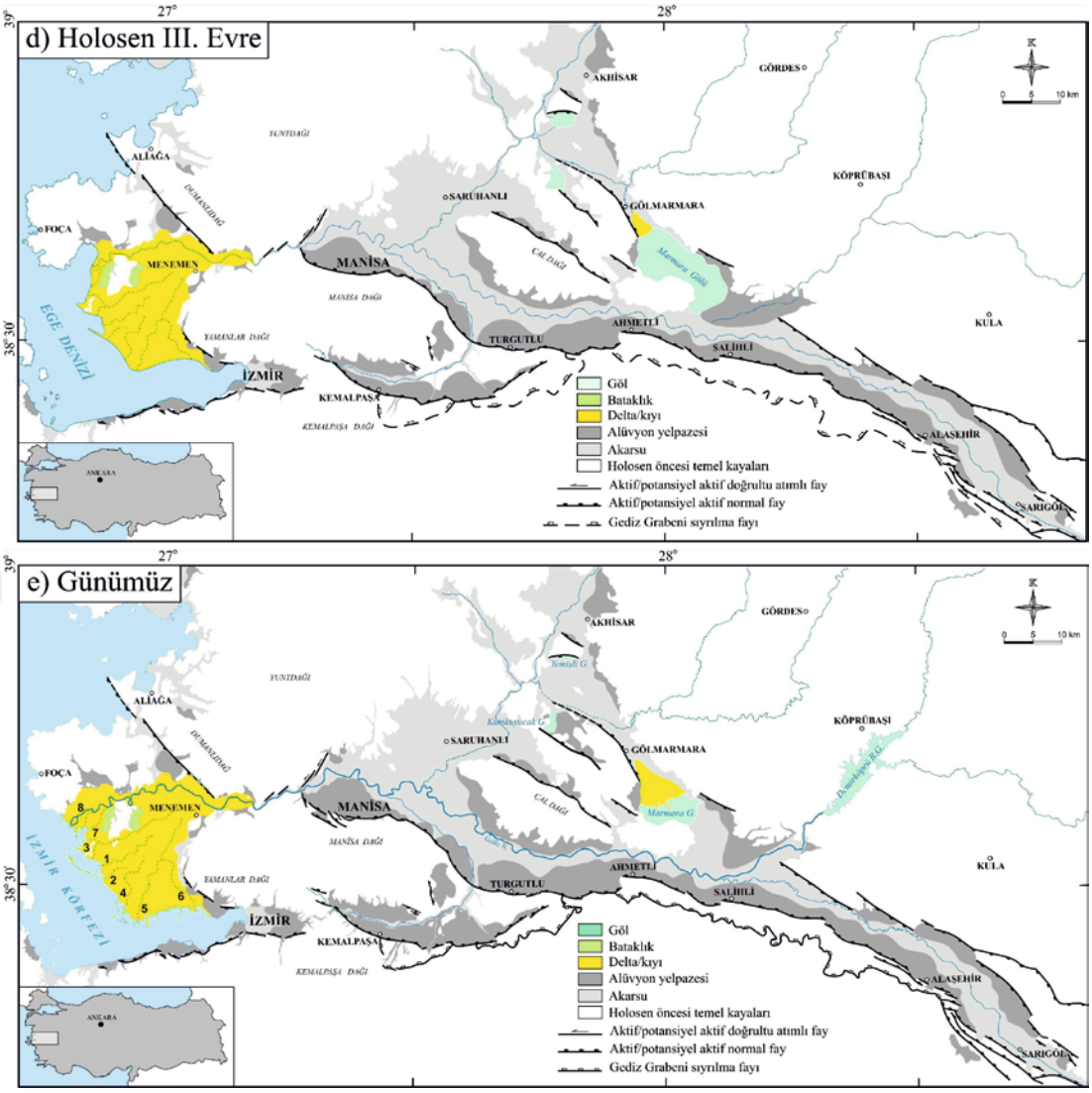
Hakyemez ve diğer. (2009;2013) bugün örgülü akarsu özelliğinde akan Gediz Nehri'nin kendisine ait eski menderesli taşkın ovası çökellerini 5 metre kadar kazıyarak aktığını, bunun sebebinin bölgesel anlamda yükselmenin varlığından kaynaklandığını ileri sürmekte olup Gediz Grabeni ve Marmara Gölü' nün Pleyistosen' den günümüze kadar olan evrimini detaylı bir şekilde evreler halinde açıklamıştır (Şekil 1.9, Şekil 1.10)



Şekil 1.9 Holosen boyunca Gediz Havzası'nda çökelen genç sediman dolgunun fasiyes dağılım modelini gösteren paleocoğrafya haritası. a) Erken Holosen zamanındaki ilk evre, b) Orta Holosen (?) zamanındaki ikinci evre ve c) bugünkü coğrafik durum (Hakyemez ve diğer., 1999; Özkaymak, 2013).



Şekil 1.10 Geç Pleistosen-Holosen sırasında Gediz Nehri havzasındaki en genç çökel dolgusu fasiyeslerinin dağılımını gösteren paleocoğrafya haritaları. a) Geç Pleyistosen dönemi, b) Holosen ilk evresi, c) Holosen ikinci evresi, d) Holosen üçüncü evresi, e) Günümüz (Rakamlar Gediz deltası üzerindeki dağıtım kanallarının göç sırasını göstermektedir) (Hakyemez ve diğer.,2013).



Şekil 1.10 Geç Pleistosen-Holosen sırasında Gediz Nehri havzasındaki en genç çökel dolgusu fasiyeslerinin dağılımını gösteren paleocoğrafya haritaları. a) Geç Pleyistosen dönemi, b) Holosen ilk evresi, c) Holosen ikinci evresi, d) Holosen üçüncü evresi, e) Günümüz (Rakamlar Gediz deltası üzerindeki dağıtım kanallarının göç sırasını göstermektedir) (Hakyemez ve diğer.,2013) (devamı).

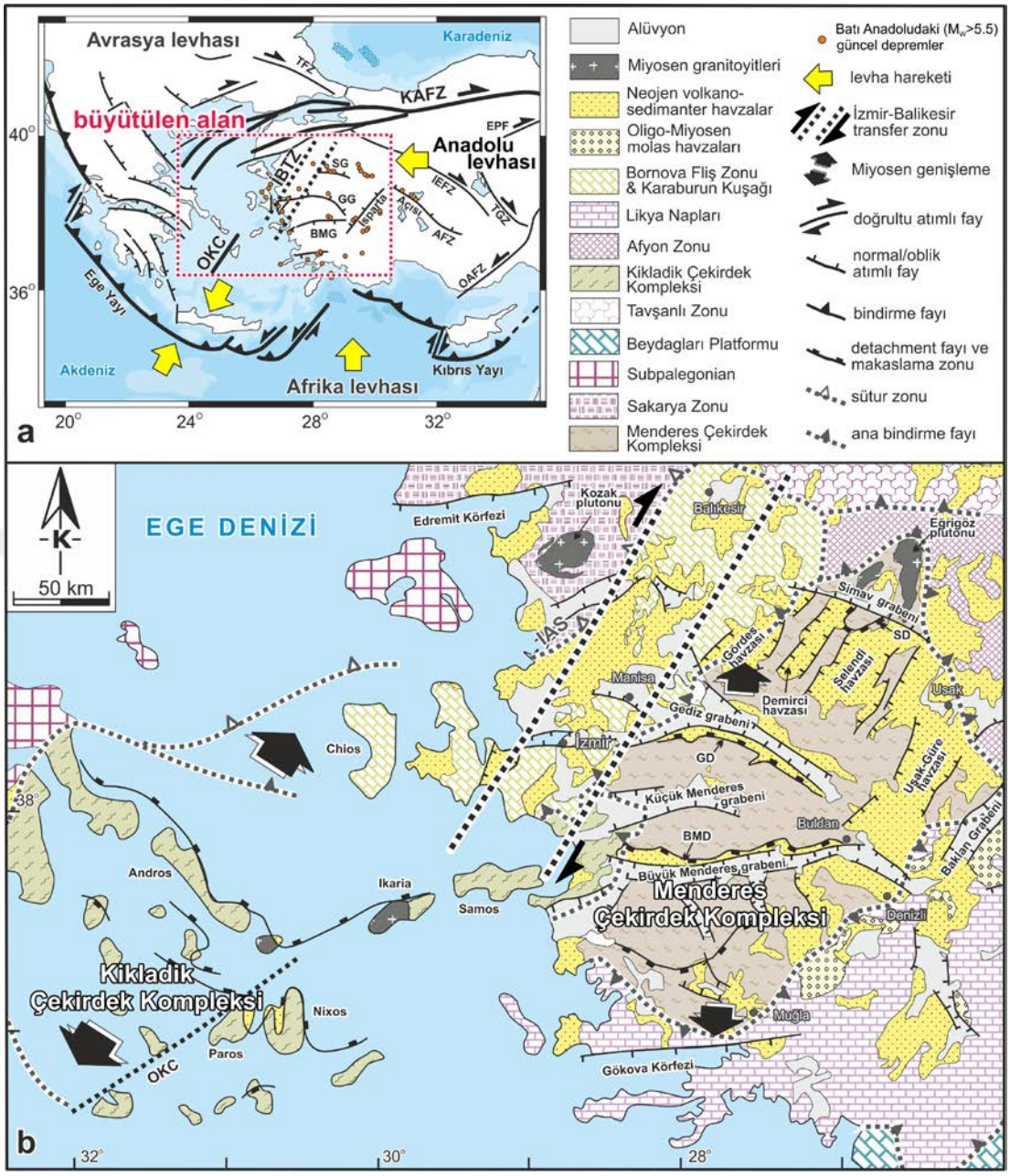
Kaya ve diğer. (2004) Manisa Havzası'nın doğusunda bulunan Çaldağ'ın kuzeybatı yamaçları üzerinde bulunan Halitpaşa ve çevresinde bir çalışma yapmışlardır. Araştırmacılar, batı Anadolu'da varlığı tartışılan erken Pliyosen sıkışma fazı ile ilişkilendirdikleri, KB-GD uzanımlı sağ yanal doğrultu atımlı fay zonunu Halitpaşa Transpresif Zonu olarak adlandırmışlardır. Halitpaşa Köyü kuzeyinde bulunan alanı da Halitpaşa Yarım Grabeni şeklinde tanımlamışlardır.

Manisa'nın doğusunda yapılan bir başka çalışmada Bozkurt ve Sözbilir (2006); zonun doğusunda bulunan fay düzlemleri üzerinde kinematik analiz çalışmaları yapmışlardır. Paleo-gerilme analizleri ışığında fayın geometrisinin ve segmentasyonunun gelişim evrelerini açıklamışlardır. Kayma düzlemi üzerinde bulunan fay çiziği setleri, oluklu yapılar, fay breşleri, fay kertikleri, yiv yapıları ve alet izleri gibi kinematik göstergeleri ayrıntılı olarak tanımlamışlardır. Bu verileri, tavan ve taban stratigrafisi ile değerlendirerek fayın kinematik geçmişini ortaya koymuşlar ve zonun Kuvaterner zamanı boyunca eğim atımlı normal fay karakterinde çalıştığını ifade etmişlerdir. Bu çalışmaya göre, Manisa Fay Zonu ilki sol yönlü doğrultu atımlı ve sonraki normal faylanmaya işaret eden iki tip fay çiziği seti içermektedir. Araştırmacılara göre, ilk faz yaklaşık D–B doğrultulu sıkışma kuvvetlerinin etkisinde erken–orta Pliosen zamanı boyunca gerçekleşmiştir. Sonraki faz ise Pliyo-Kuvaterner zamanında başlayan Batı Anadolu'daki modern graben oluşumu ile sonuçlanan açılmalı tektonik rejim ile karakterize edilmektedir. İlk tektonik fazda, fay segmentlerinin birbirinden bağımsız olarak oluştuklarını ve Pliyo-Kuvaterner sonrasında gelişen son tektonik faz ile birbirlerine aktarım rampaları ile bağlanarak tek gidişli bir karakter kazandığını ifade etmişlerdir. Ayrıca, fayın doğu kesiminin, Manisa Fayı'nı Gediz Grabeni'nin güney sınır fayına bağlayan büyük ölçekli bir aktarım rampası olabileceğini ileri sürmüşlerdir. Bozkurt ve Sözbilir (2006) tarafından yapılan çalışmada zonun batı bölümünde gelişen alüvyal yelpazeler, ilk defa, 1/25000 ölçeğinde haritalanmıştır. Yapılan çalışmada yelpazelerin karakteristik geometrileri ve sedimantolojik özellikleri ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

BÖLÜM İKİ
STRATİGRAFİ

Halitpaşa Havzası "Batı Anadolu Genişleme Bölgesi" olarak bilinen bir bölgede yer alır (Şekil 2.1)(Bozkurt, 2001). Batı Anadolu Genişleme Bölgesi'ndeki temel kayaları, İzmir-Ankara Zonu boyunca kuzeyde Pontidler ve güneyde Anatolid-Torid Platformu olmak üzere üç ana tektonik kuşaktan oluşur (Şengör ve Yılmaz, 1981). Çalışma alanının da içinde bulunduğu Anatolid-Torid Platformu deformasyona ve bölgesel metamorfizmaya uğramış tektonik zonlardan oluşmaktadır. Bunlar, kuzeyden güneye doğru; Tavşanlı Zonu, Afyon Zonu, Menderes Masifi ve Likya Napları'dır (Okay ve diğer., 1996). Birbirlerinden tektonik dokanaklarla ayrılan bu zonlar, Miyosen döneminde gelişen genişleme tektoniği sonucunda eğim atımlı ve doğrultu atımlı faylarla parçalanmış ve oluşan çöküntü alanlarında 2000-3000 metreye varan volkanik arakatkılı tortul istifler içeren havzaların oluşumu gerşekleşmiştir (Sözbilir, 2001, 2002; Bozkurt, 2003; Bozkurt ve Sözbilir, 2004).

KD-GB, KB-GD ve D-B doğrultusunda uzanım sunan bu havzalar, Neojen sonrası gelişen tektonik faz nedeniyle parçalanmış ve günümüzdeki akaçlama ağının kurulu olduğu Kuvaterner havzaların oluşumu gerçekleşmiştir (Çiftçi ve Bozkurt, 2007, 2009; Sözbilir ve diğer., 2011; Uzel ve diğer., 2012; Özkaymak ve diğer., 2012). Bu nedenle Gediz Nehrinin kapsadığı drenaj havzası içinde hem Paleotektonik ve hem de Neotektonik döneme ait kaya toplulukları yüzlek vermektedir. Özellikle havzaların Miyosen öncesi temelini oluşturan Menderes Masifi'ne ait metamorfik kayalar Manisa ile Uşak arasındaki bölgede geniş alanlar kaplamaktadır. Neojen dönemine ait volkano-sedimanter istifler ise D-B (Alaşehir (Gediz) grabeni) havzalar ile KD-GB (Uşak-Güre, Selendi, Demirci, Gördes) havzalarda yüzlek vermektedir. Kuvaterner havzalar ise Gediz Grabeni' nin modern dolgusunu oluşturmaktadır (Şekil 2.1).



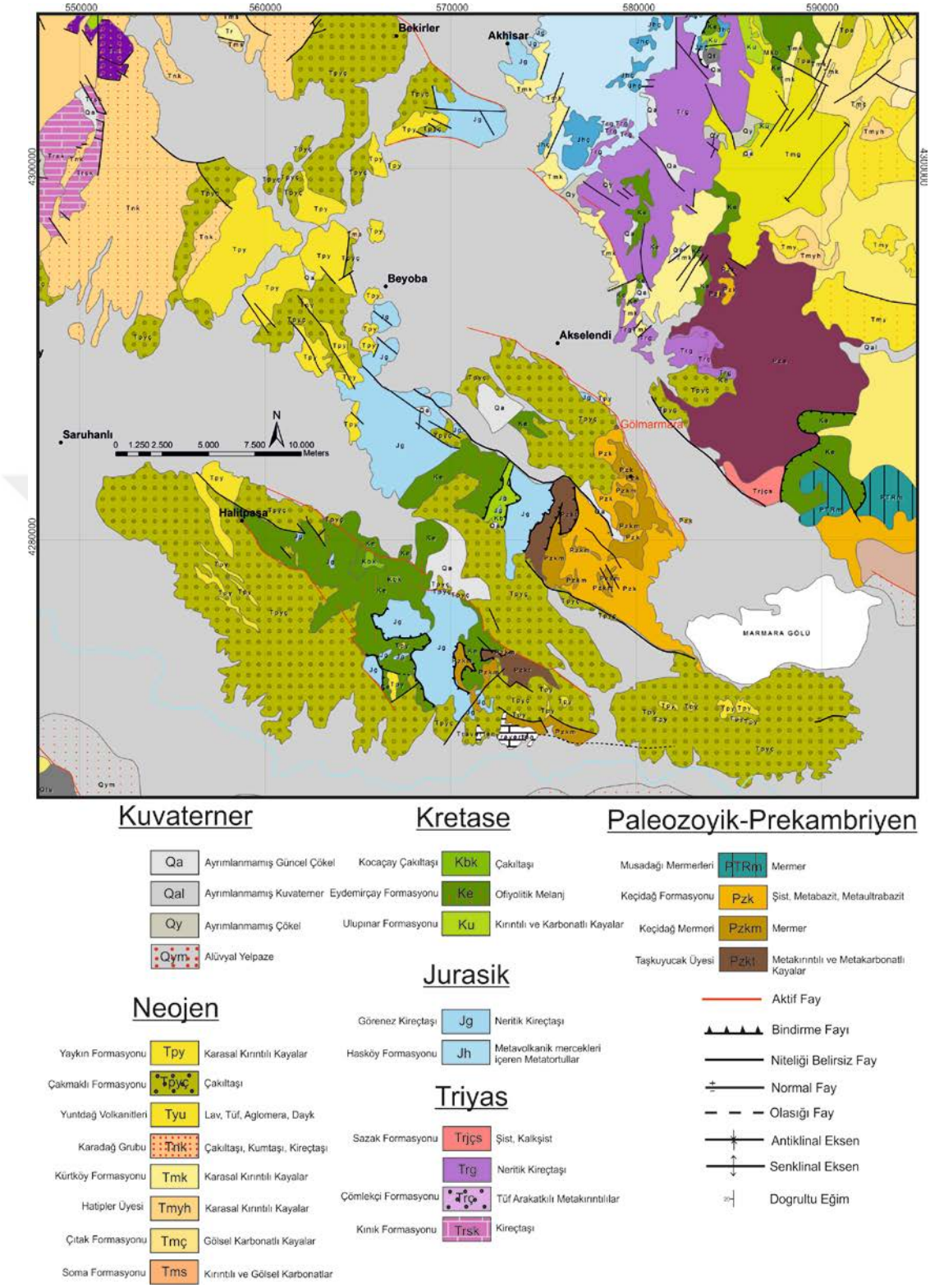
Şekil 2.1 Ege Bölgesi' nin ana tektonik ve tektonostratigrafik elemanlarını ve konfigürasyonunu gösteren basitleştirilmiş haritası (Uzel ve diğer., 2013).

Halitpaşa Havzası ve çevresi Paleozoyik' den günümüze kadar farklı yaşta kaya birimlerini içermektedir (Şekil 2.2). Halitpaşa Havzası ve çevresinde, alttan üste doğru, Menderes Masifinin örtü serisine ait Paleozoyik yaşlı metamorfikler ve bu metamorfik seriyi bindirmeli olarak üstleyen Geç Kretase–Paleosen yaşlı Bornova Fliş Zonu (Erdoğan, 1990; Okay ve diğer., 1996) ve ofiyolitik kayalar yüzlek verir. Tüm bu birimler Neojen yaşlı karasal gölsel çökeller tarafından uyumsuz olarak

örtülmüştür. Halitpaşa Havzası içinde gelişen Neojen yaşlı sedimanter kayalar bölgede yüzlek veren Kuvaterner öncesi birimlerdir. Kuvaterner yaşlı birimler üzerine yapılan çalışmalar ise oldukça azdır. Ancak, graben morfolojisi içerisinde alüvyon yelpazesi ve akarsu çökellerinden oluşan erken Kuvaterner çökellerinin, graben kenarındaki faylar tarafından kesilerek yükseltildiği ve bölgenin basamaklı bir morfoloji kazandığı, ova morfolojili graben tabanının ise Holosen çökelleriyle düzenlendiği Hakyemez ve diğer. (1999) tarafından yapılan çalışmalarda belirtilmiştir.

Halitpaşa Havzası, doğu ve güney sınırı KB-GD uzanımlı yükseltilerle sınırlı bir havza niteliğindedir (Şekil. 2.2). Havzada yapılan arazi çalışmalarında 1/25000 ölçeğinde haritalanan ve tanımlanan litostratigrafik birimler, "Temel Kaya Birimleri", "Eski Havza Dolgusu Kaya Birimleri" ve "Modern Havza Dolgusu Kaya Birimleri" başlıkları altında incelenmiştir.

İlk iki başlık, Halitpaşa Kuvaterner Havzası' nın oluşumu öncesinde bölgede varolan ve modern havza dolgusuna ait birimlere temel teşkil eden birimleri temsil etmektedir. Bu çalışmanın amacına yönelik olarak, temel birimleri aşağıda kısaca özetlenecektir. Üçüncü başlık altında, Kuvaterner dönemde Halitpaşa Havzası' nda depolanan birimlerin stratigrafisi, sedimantolojik özellikleri ve fasiyesleri ile oluşum ortamları ayrıntılı olarak tartışılacaktır.



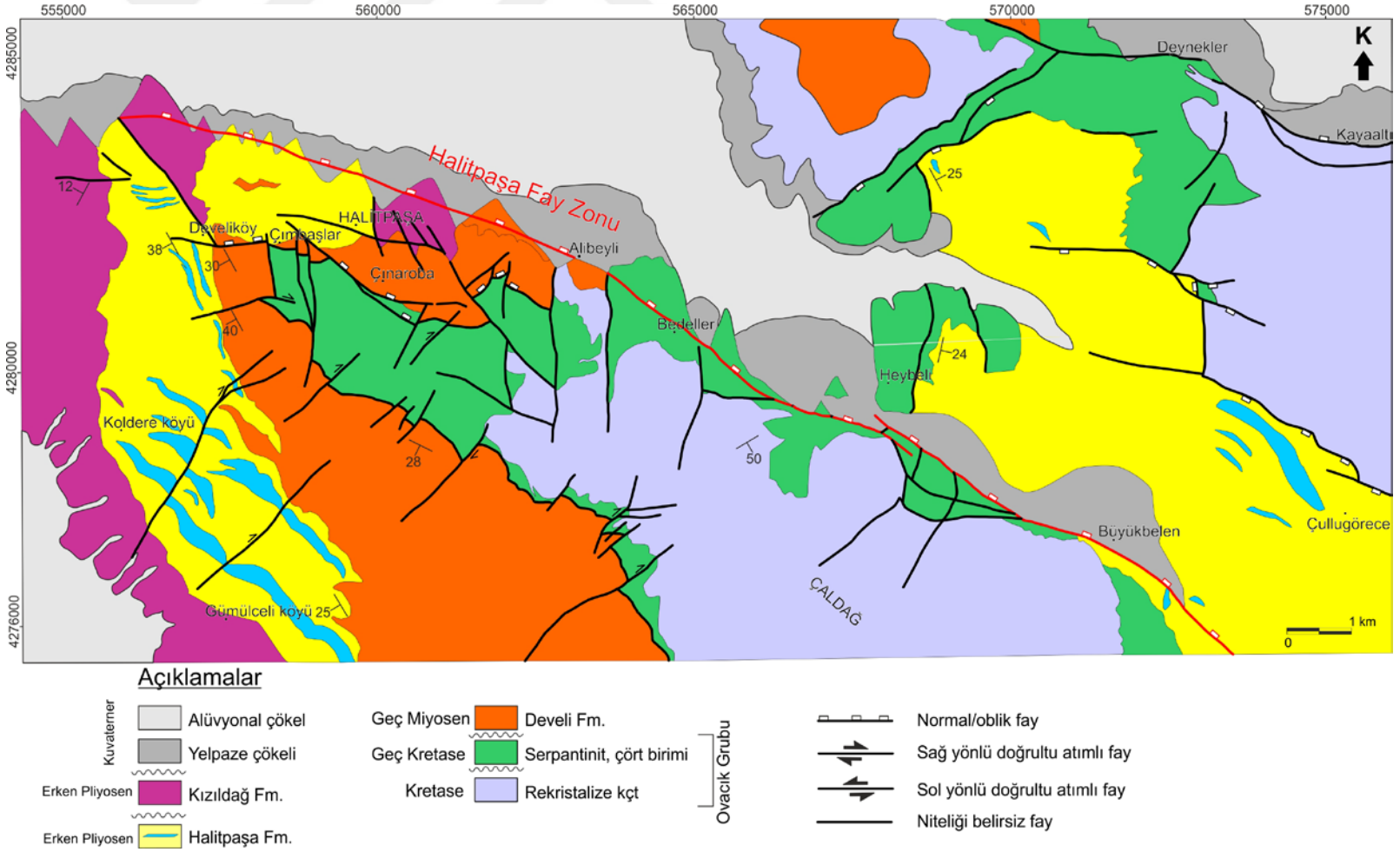
Şekil 2.2 1:100.000 ölçekli Halitpaşa Havzası ve çevresinin jeoloji haritası (MTA 1:100.000' lik jeoloji haritasından değiştirilerek).

2.1 Temel Kaya Birimleri

Çalışma alanında yüzlek veren temel kaya birimleri; Paleozoyik-Prekambriyen yaşlı **Menderes Masifi**' ne ait mermer, şist, metabazit, metaultrabazit, metakarbonatlı birimler Halitpaşa Fay zonunun yükselen bloğunda çok geniş yüzlekler vermektedir (Şekil 2.2). Son yıllarda Menderes Masifi' nin öngörülenden çok daha kompleks bir metamorfik tarihçeye sahip olduğuna yönelik bir çok yeni veri elde edilmiştir. Petrolojik bulgular, Menderes Masifi' ndeki Prekambriyen temelin Pan- Afrikan Orojenezi ile ilişkili, granulit, eklojit ve amfibolit fasiyesi koşullarında, çok evreli metamorfizmadan etkilendiğini göstermektedir (Candan ve Dora, 1998; Candan ve diğer., 1994, 1995, 2001, 2007; Oberhänsli ve diğer., 1995 a,b, 1997). Pan-Afrikan temelin en yaşlı kaya birimleri düzenli ve kesiksiz bir seri oluşturan metakırıntılılardan yapılıdır (Candan ve diğer., 2011).

Kumtaşı ve şeyl matriksi içerisine sürüklenmiş olan Mesozoik yaşlı devasa kireçtaşı, çört, denizaltı volkanitleri ve serpantinit bloklarından oluşan kayaç topluluğuna Erdoğan (1990) Bornova Karmaşığı; Okay ve Siyako (1993) ise Bornova Fliş Zonu olarak adlandırmıştır. Bu çalışmada **Bornova Fliş Zonu (BFZ)** adı altında incelenen birimler Miyosen yaşlı Develi Formasyonu birimleriyle tektonik dokanak oluşturarak birlikte bulunmaktadırlar (Şekil 2.3, 2.4). BFZ' nun yaşı Maastrihtiyen (Geç Kretase)-Paleosen zaman aralığı olarak verilmiştir (Erdoğan, 1990; Okay ve diğer., 1996). Menderes masifi ile İzmir-Ankara Kenet Zonu arasında kalan bölgede bulunan ve Alpin deformasyon zonu etkisi altında 50 ile 90 km genişliğinde ve yaklaşık 230 km uzunluğundaki tektonik zon içerisinde oluşan BFZ, çok düşük derecede metamorfizmaya uğramıştır (Erdoğan, 1990; Okay ve Altıner, 2007; Okay ve Siyako, 1993).

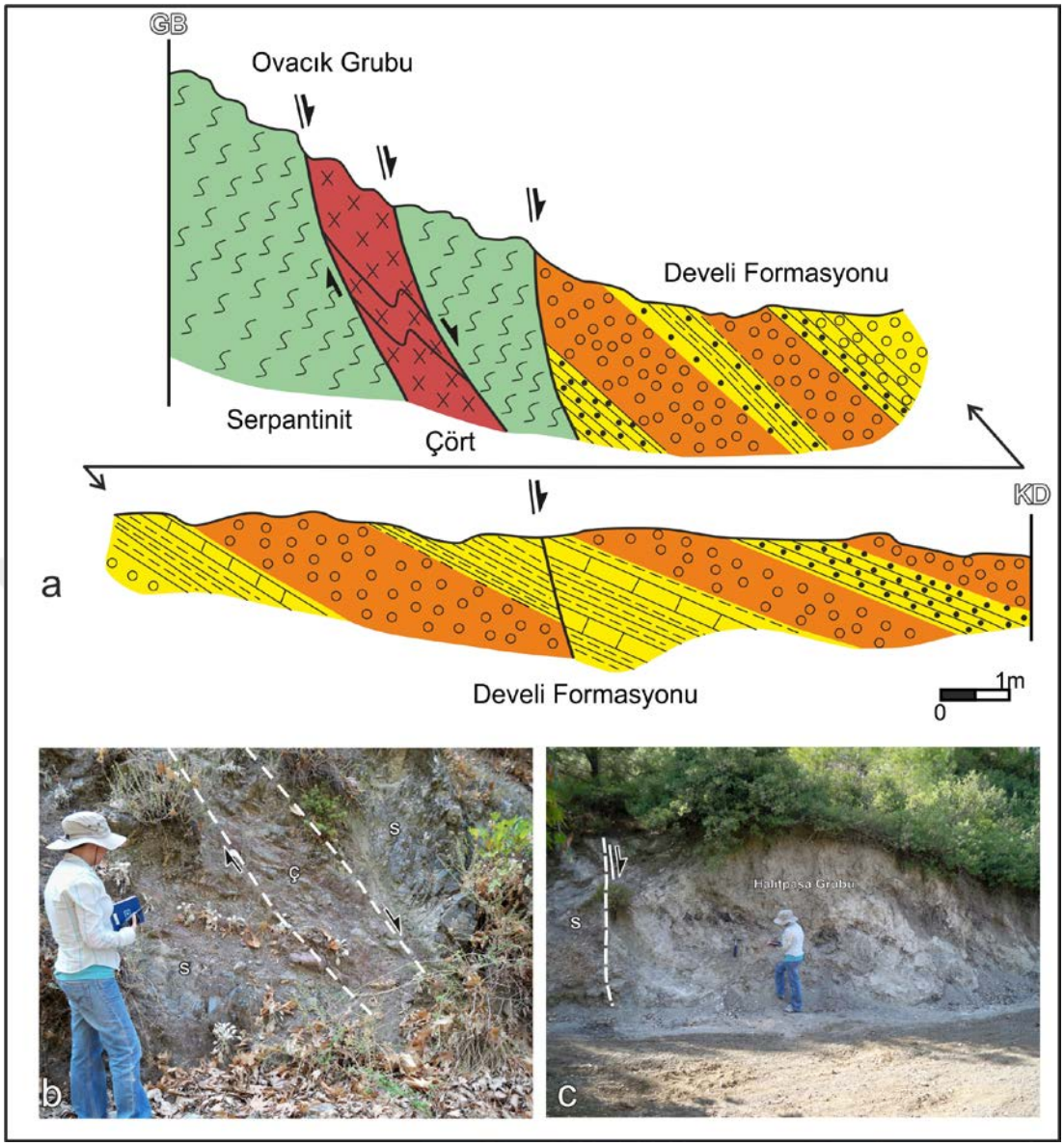
Çalışma alanında gözlenen Neojen yaşlı kayaların uyumsuz olarak üzerlediği (serpantinit, ultramafik, mafik volkanik, gri-kırmızı rekristalize kireçtaşı kayaları ve kırmızı-yeşil radyolaritlerden oluşan) **Ovacık Grubu** (Kaya, 2005) diğer bir temel kaya birimini oluşturmaktadır.



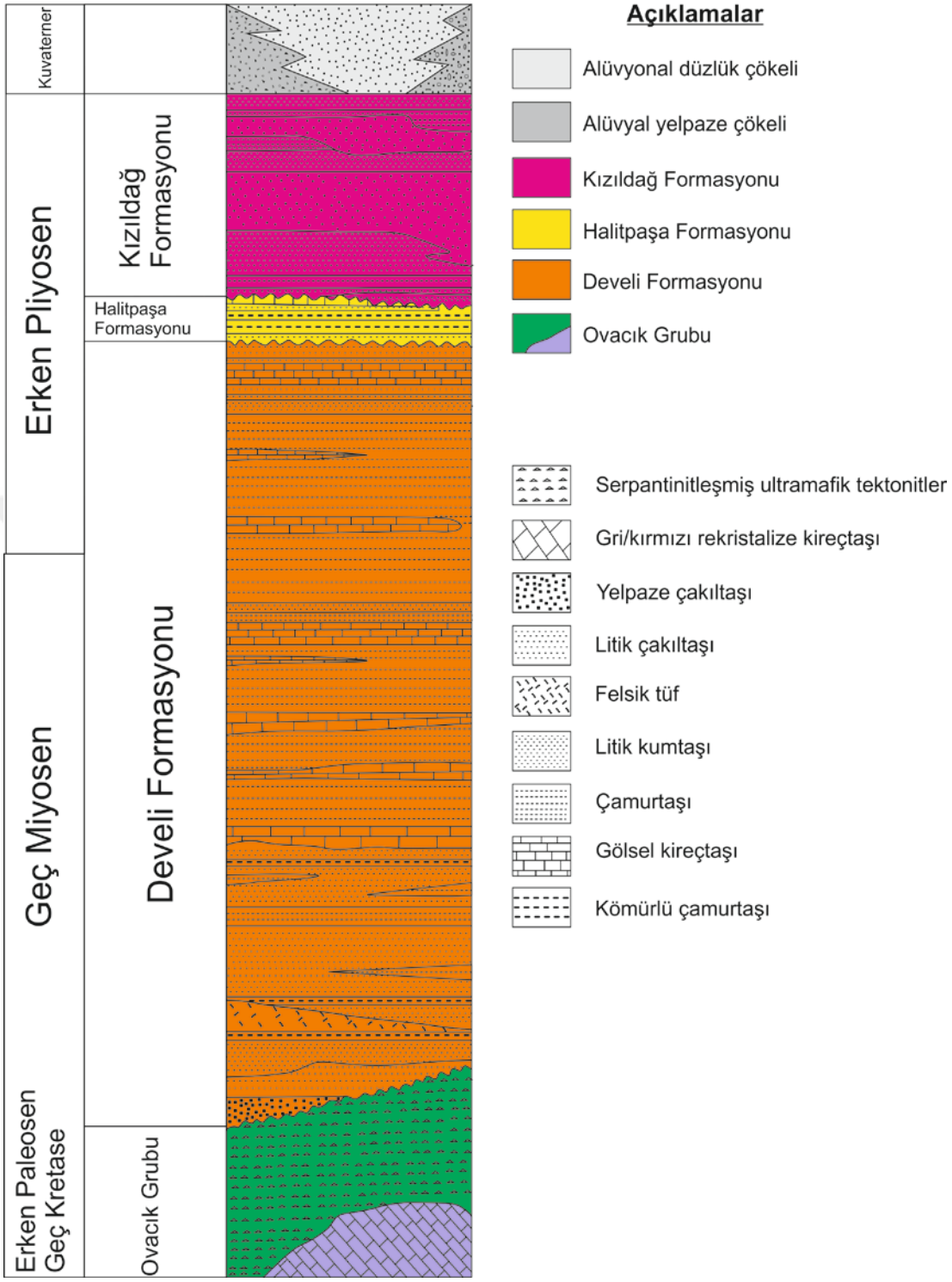
Şekil 2.3 Çalışma alanının birimlerini gösteren jeoloji haritası.

2.2 Eski Havza Dolgusu Kaya Birimleri

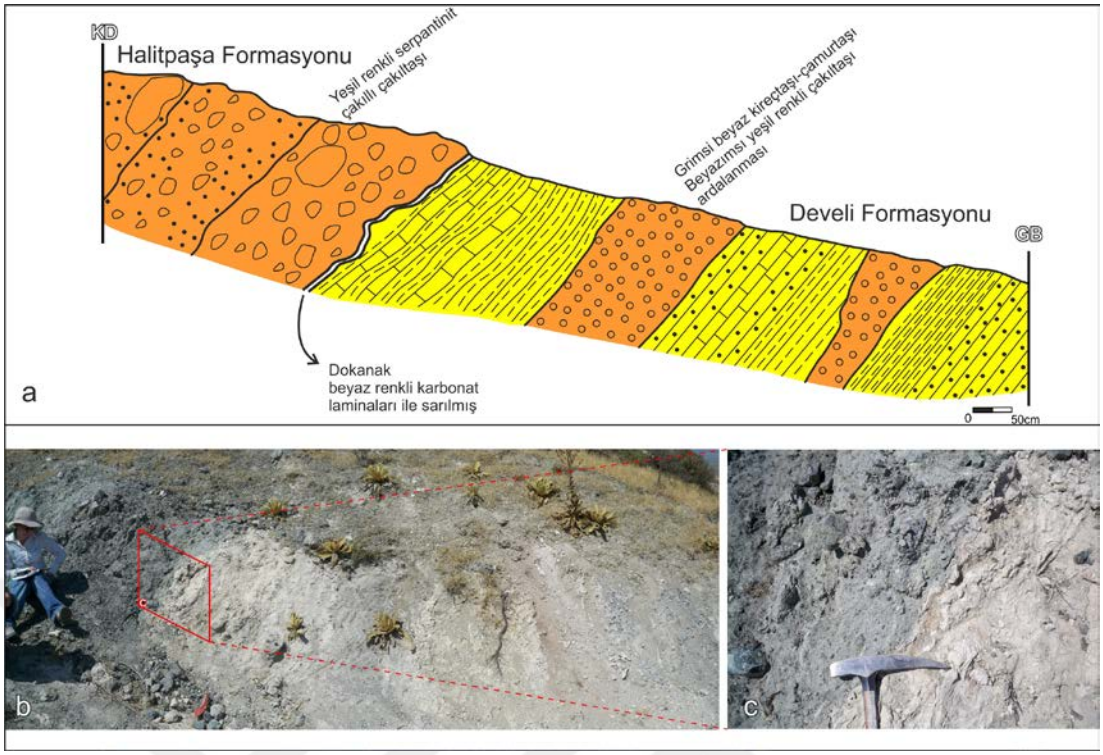
Eski havza dolgusu birimleri başlıca Neojen yaşlı ve birbirlerinden açısal uyumsuzluklarla ayrılan (Kaya, 2005) Develi, Halitpaşa ve Kızıldağ Formasyon' larından oluşmaktadır (Şekil 2.5, 2.6). Paleosen öncesi temel kayaları uyumsuzlukla üzerleyen ve Neojen sedimanter kayaların en altını oluşturan **Develi Formasyonu** dört üyeye ayrılmaktadır. Bunlar; fanglomera, konglomera-kireçtaşı, kumtaşı-çamurtaşı ve laminalı çamurtaşı üyeleridir. Yelpaze çakıltaşı üyesi; kırmızı radyolarit yelpaze çakıltaşı birincil olarak oluşur, ikincil olarak da rekriztalize kireçtaşlı yelpaze çakıltaşı oluşur. Çakıltaşı - Kireçtaşı üyesi; dokusal olgunluğa ulaşmamış, açık yeşil gri konglomeralar genel olarak altta bulunan ofiyolitik kayalardan türemiştir, tane boyu çeşitlilik göstermektedir. Yaklaşık 7 m kalınlığında felsik tüf üyenin alt kısmında ortaya çıkar. Kumtaşı - Çamurtaşı üyesi; orta kahverengi-gri, az pekleşmiş,kalın tabakalı ve dokusal olgun kumtaşı ve çamurtaşından oluşur. Kireçtaşı - Kireçli Çamurtaşı üyesi; beyaz kireçtaşı ve tatlı su kökenli kireçli çamurtaşı arakatkılı bir şekilde karakterizedir. Develi Formasyonunun ölçülen kalınlığı 175 m civarındadır (Kaya, 2005).



Şekil 2.4 Temel kayalara ait serpantinit ve çört birimleri ile Develi formasyonu' nun yapısal dokanağını gösteren a) arazi kesiti b) Çört (ç) ile serpantinit (s) arasında oluşan makaslamayı ve c) Temel kayalar ile Develi Formasyonu arasında bulunan yüksek açılı normal fayı gösteren fotoğraflar.



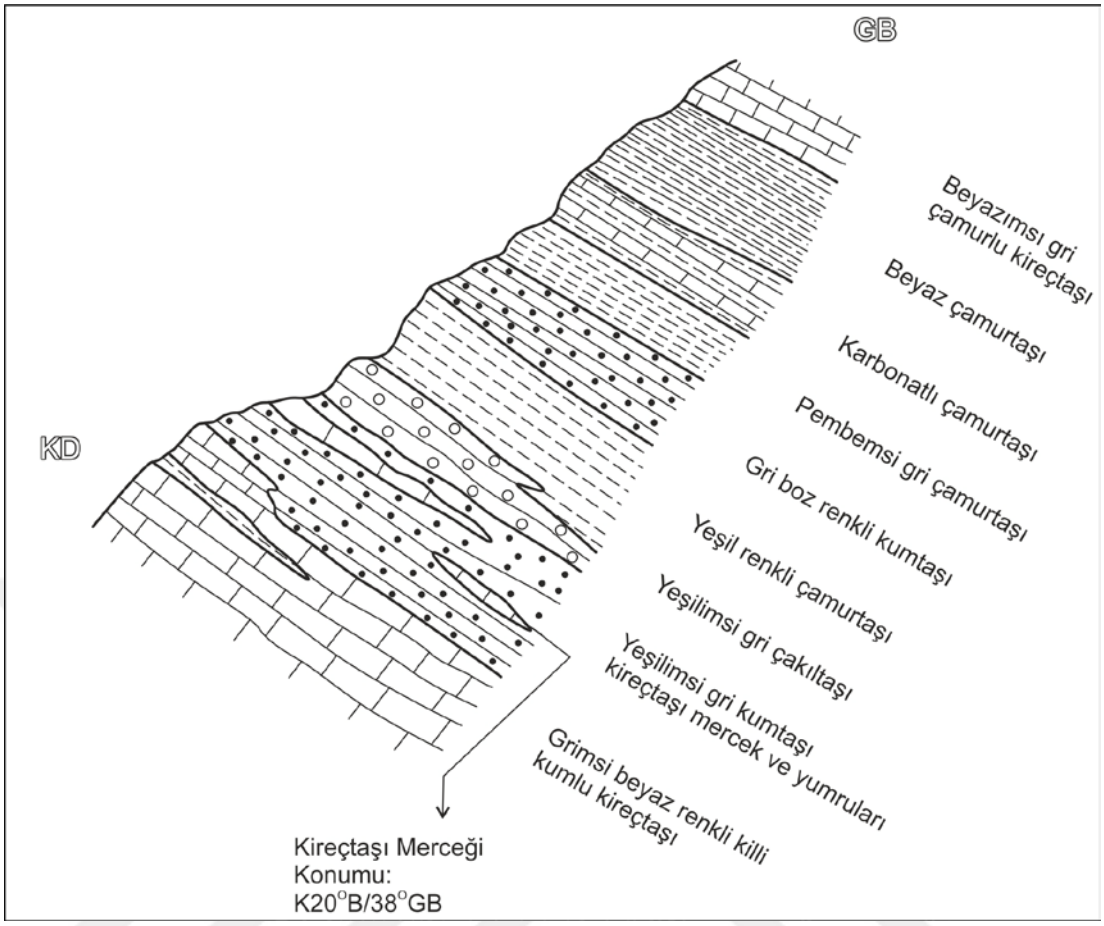
Şekil 2.5 Çalışma alanının litostratigrafik kolon kesiti (Kaya, 2005)' den düzenlenerek.



Şekil 2.6 Develi Formasyonu ile Halitpaşa Formasyonu dokanağı. b) Kesite ait fotoğrafın genel görünümü. c) Dokanağın yakın profili.

Develi Formasyonu' nu uyumsuz üzerleyen **Halitpaşa Formasyonu** (Şekil 2.7) başlıca gri-kahve litik kumtaşı, litik konglomera ve çamurtaşı, beyaz-kahrengimsi gri renkli kireçtaşlardından oluşur (Kaya, 2005). Çalışma alanının bazı yerlerinde kömürlü çamurtaşı seviyeleri görmek mümkündür. Mikro kristalin kalsit yapısıyla karakteristik olan kireçtaşı katmanları yer yer 4 m. kalınlığındadır. Kömürlü seviyelerde bulunan *Promimomys cor*, *Apodemus* sp., *Myomimus* sp., *Occitanomys* sp., *Ochotona* sp., *Prolagus* sp., *Orientalomys* sp., *Prolagus* sp., Erinaceidae, Gerbillidae (Pseudomeriones?), Leporidae, Ochotonidae, Sciuridae, Soricidae, Spalacidae fosilleri orta-Ruscinian ve Erken Pliyosen yaşı temsil etmektedir (Kaya, 2005).

Neojen birimler içerisinde en genç olan ve Halitpaşa Formasyonu' nu uyumsuzlukla üzerleyen **Kızıldağ Formasyonu**, kırmızı renkli ve ardalanmalı olarak bulunan konglomera, kumtaşı ve çamurtaş katmanlarından oluşmaktadır (Kaya, 2005).



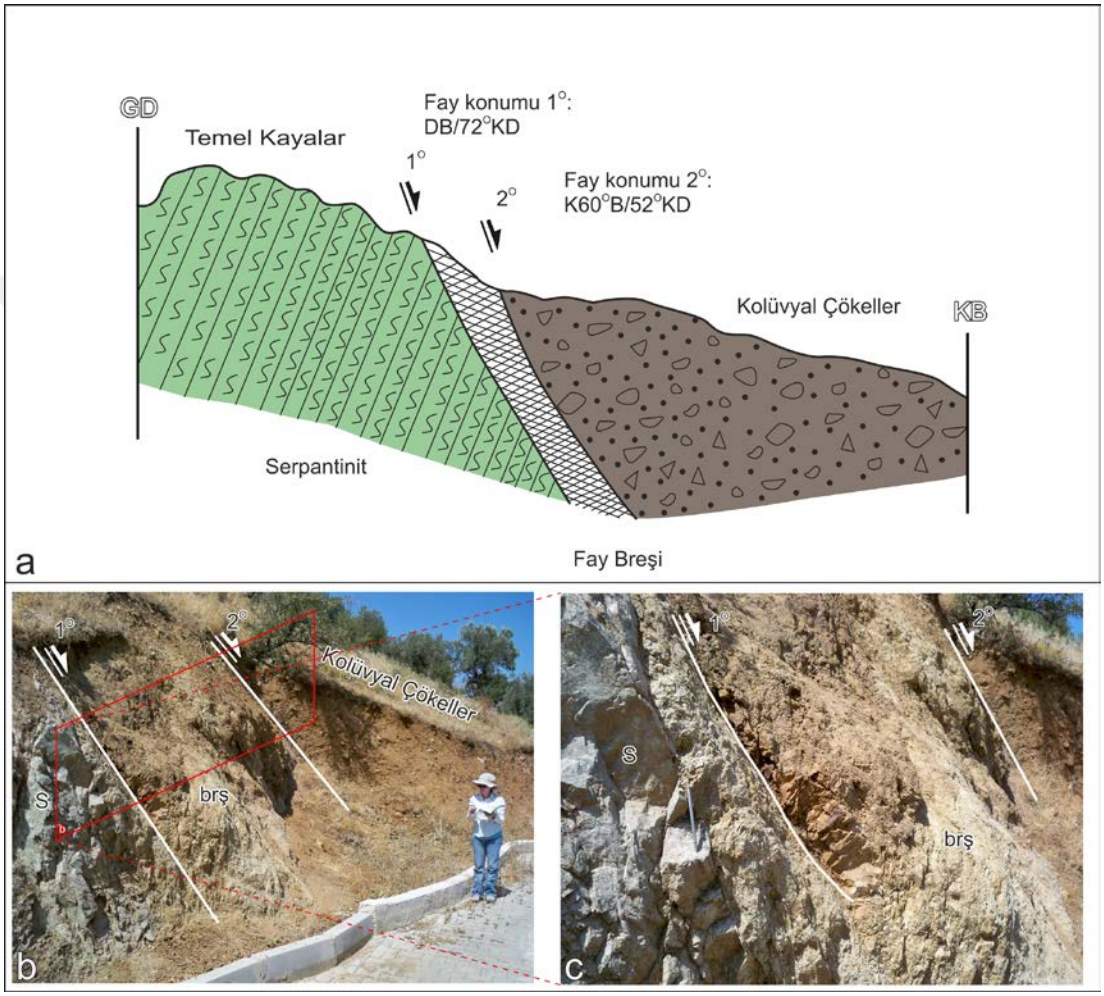
Şekil 2.7 Halitpaşa Formasyonu' nun litolojik özelliklerini simgeleyen arazi kesiti.

2.3 Modern Havza Dolgusu Birimleri

Halitpaşa Havzası'nın modern havza dolgusu baskın olarak havza kenarlarını sınırlayan aktif fayların kontrolünde gelişen kolüvyal çökeller ve alüvyal yelpazelerden ve havza düzlüklerinde biriken alüvyondan oluşmaktadır. Havzanın merkezine doğru yeryer küçük ölçekli gölsel çökeller alüvyonlarla girik halde gözlenirler. Havza kenarlarındaki kolüvyal ve alüvyal çökeller birbirleriyle geçişlidir.

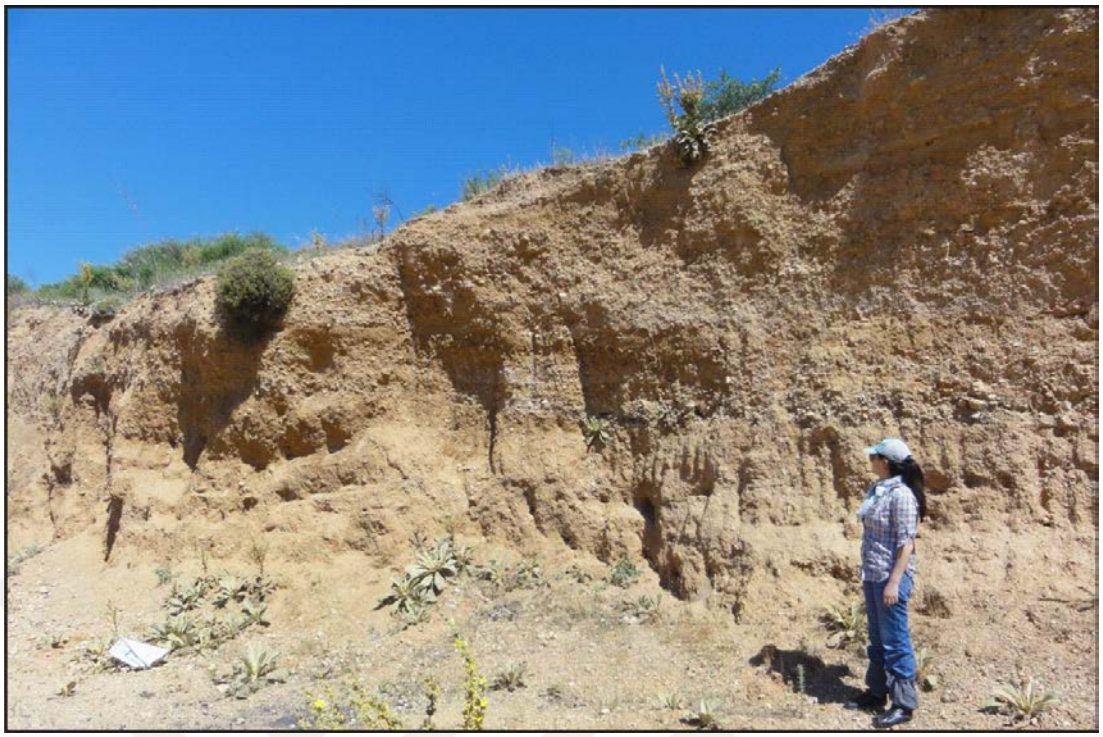
Kolüvyal çökellerin, bozunma rengi koyu gri- beyaz; taze kırık yüzey rengi kırmızımsı kahverengidir. Orta-kalın katmanlıdır. Çökeller baskın olarak köşeli, kötü boylanmış çakıl tanelerinden oluşur. Taneler baskın olarak temel kayaçlardan beslenmiştir ve sıklıkla kahverengi çamur, kumlu çamur ile bağlanmıştır.

Bölgede bulunan Halitpaşa Fay Zonu' na ait kolüvyal çökeller çalışma kapsamında incelenmiş olup havza dolgusu niteliği açısından gözlemlenmiştir (Şekil 2.8). Taneleri, çört serpantinit ve temel kayaçlardan oluşan kireçtaşlarından oluşmaktadır. Alüvyal çökeller ile girik halde bulunan HFZ önünde gelişen kolüvyal çökeller, kötü boylanmalı ve kötü yuvarlaklaşmıştır.



Şekil 2.8 Halitpaşa Fay Zonu önünde gelişen kolüvyal yelpaze çökelleri. b) Fay breşi (brş) ile kolüvyal çökel arasındaki fay. c) Temel kayalara ait serpantinit (s) ile fay breşi arasında ilişkiyi gösteren yakın çekim profil.

Alüvyal yelpaze çökelleri ise genel olarak çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşı ardalanmasından oluşmaktadır (Şekil 2.9). Katmanları genel olarak yataya yakın olan birim baskın olarak açık gri-kahverengi renklidir. Çakıllar orta-iyi boylanmış, orta yuvarlaklaşmış kumlu karbonatlı matriks ile tutturulmuştur. Taneler baskın olarak denizel ve gölsel karbonatlardan, yeryer kumtaşlarından oluşur, ince-orta katmanlı seviyeler içerir.



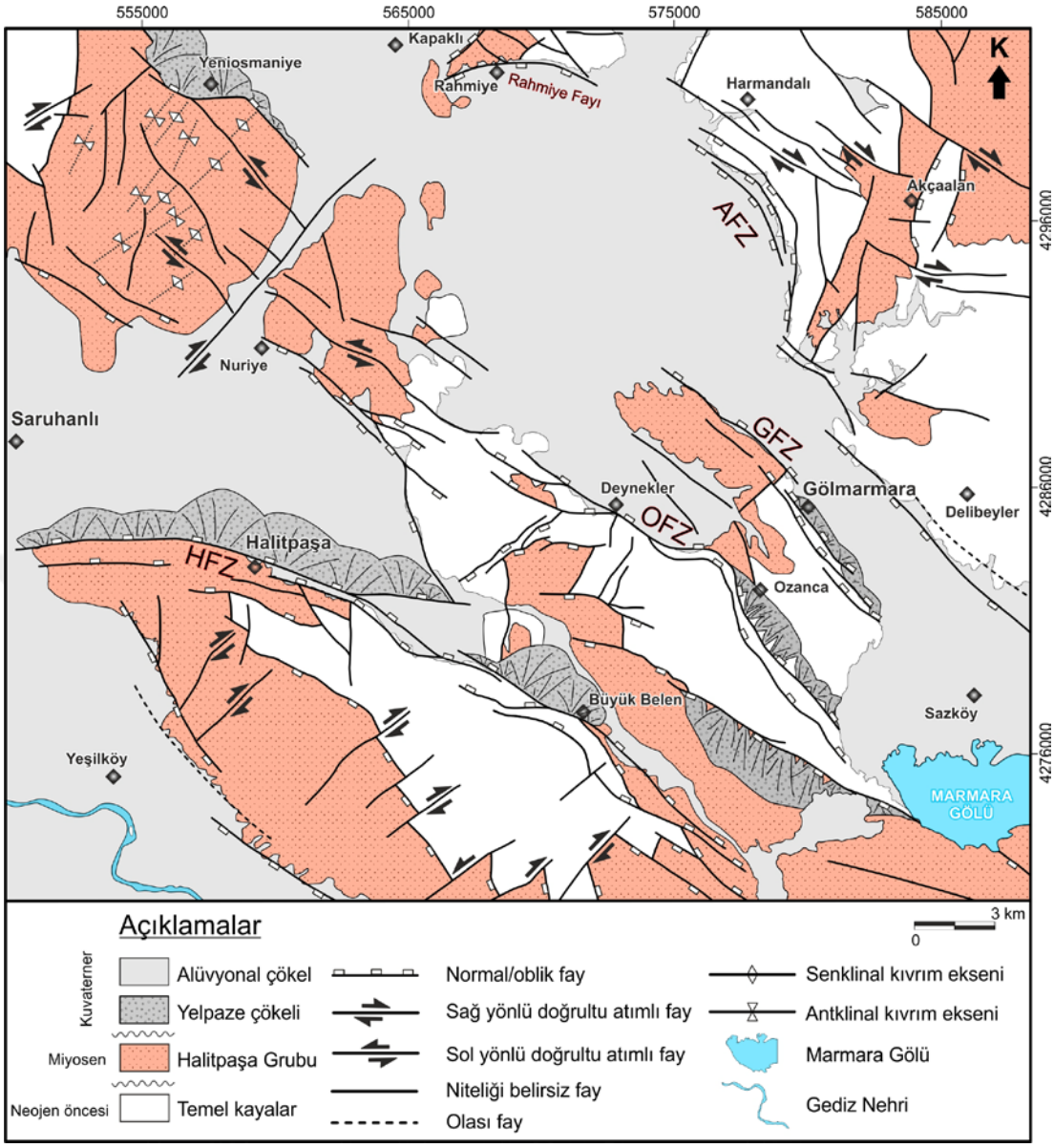
Şekil 2.9 Rahmiye Fayı önünde gelişen alüvyal yelpaze çökelleri.

BÖLÜM ÜÇ
YAPISAL JEOLOJİ

Bu bölümde, Halitpaşa Havzası' nda yapılan ayrıntılı arazi çalışmaları ile haritalanan yapısal veriler sunulacak ve havzada tanımlanan fayların kayma düzlemleri üzerinde yapılan ölçümler ile elde edilen kinematik analiz (çözüm) verileri yorumlanacaktır. Halitpaşa Havzası' nda haritalanan yapısal elemanlar ve Gediz Grabeni' nin diğer kollarını oluşturan fay zonları ve çevre alanın sismotektoniği ana başlıkları altında çalışılıp birlikte yorumlanarak komşu havzalarla olan bütünlüğü incelenmiştir .

Bölgede ana yapısal hatlar; Miyosen dönemine ait kaya toplulukları arasındaki Miyosen havza dolguları ile Miyosen öncesi temel kayaları arasındaki sıyrılma (detachment) fayları ve Miyosen sonrası gelişmiş olan eğim/oblik atımlı normal faylar ile doğrultu atımlı faylardan oluşur (Şekil 3.1).

Bindirme fayları İzmir-Ankara Zonu kayaları, Afyon Zonu ve Menderes Masifi metamorfik kayaları arasında gözlenir. Her üç tektonostratigrafik kuşak kendi içinde de bindirme faylarıyla sınırlı tektonik dilimler içerir. Sıyrılma fayları Alaşehir (Gediz) Grabeni güzey kenarı boyunca Menderes Masifi kayaları ile Neojen tortul dolgu arasında yüzlek verir. Bunun yanında yapılan son çalışmalar Uşak-Güre, Selendi ve Gördes havzalarında da metamorfik temel ile Neojen volkano-sedimanter dolgu arasındaki dokanak boyunca sıyrılma faylarının varlığını belirtmektedir (Purvis ve Robertson, 2004). Gediz Havzası içindeki son dönem yapıları olarak haritalanan doğrultu atımlı faylar ve normal faylar, Kuvaterner dönemi alt havza sınırlarını oluşturur. Doğrultu atımlı faylar İzmir-Manisa hattı üzerinde ve Gördes, Selendi havzalarında Miyosen sonrası tektoniği kontrol eder. Benzer şekilde eğim/oblik atımlı normal faylar da Gediz havzası içindeki yükseltileri (Nif Dağı, Spil Dağı, Çaldağı, Bozdağ vb. gibi) sınırlayan kenar fayları niteliğinde gelişmiştir (Özkaymak ve Sözbilir, 2008; Sözbilir ve diğer., 2011).



Şekil 3.1 Çalışma alanının temel birimlerini ve yapısal elemanlarını gösteren basitleştirilmiş jeoloji haritası. Kısaltmalar; AFZ: Akselendi Fay Zonu, GFZ: Gölmarmara Fay Zonu, HFZ: Halitpaşa Fay Zonu, OFZ: Ozanca Fay Zonu.

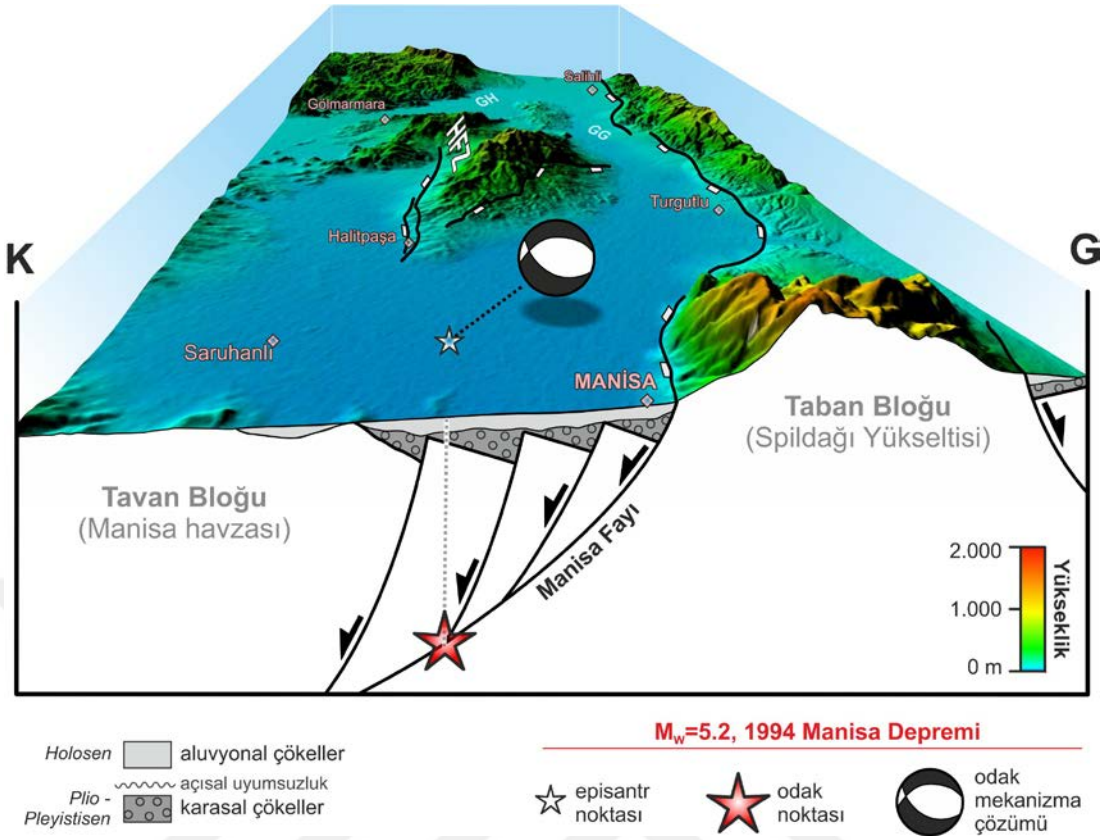
Halitpaşa havzasının içinde yer aldığı Gediz grabeninin Salihli-Alaşehir kısmıyla ilgili çok sayıda jeolojik çalışma bulunmaktadır (Arpat ve Bingöl, 1969; Emre, 1996; Emre ve Sözbilir, 1997; Koçyiğit ve diğer.,. 1999; Hakyemez ve diğer.,. 1999; Yılmaz ve diğer.,. 2000; Seyitoğlu ve diğer.,. 2002; Sözbilir, 2001;2002; Bozkurt ve Sözbilir, 2004; Çiftçi ve Bozkurt, 2007; 2008; 2009). Bunun yanında grabenin batıya doğru kollarını oluşturan Kemalpaşa Havzası (Sözbilir ve diğer., 2011) ve Manisa havzasıyla ilgili çalışmalar (Bozkurt ve Sözbilir, 2006; Özkaymak ve Sözbilir, 2008;

Özkaymak ve diğer., 2011) çok kısıtlıdır ve özellikle Plio-Kuvaterner dönemiyle ilgili ayrıntılı veriler içermektedir. Bu çalışmalarda Gediz Grabeni ve kollarını oluşturan Kemalpaşa ve Manisa havzalarının sınır faylarının aktif olduğu ve eski deprem kayıtlarını içerdikleri belirtilmiştir.

Bölgesel ölçekte fay zonlarının incelenmesi, havza oluşumu ve evriminin anlaşılması için büyük önem taşıyacağından, önceki çalışmalarla desteklenerek en büyük fay zonunu oluşturan Manisa Fay Zonu' ndan başlanarak alt başlıklar altında anlatılmıştır.

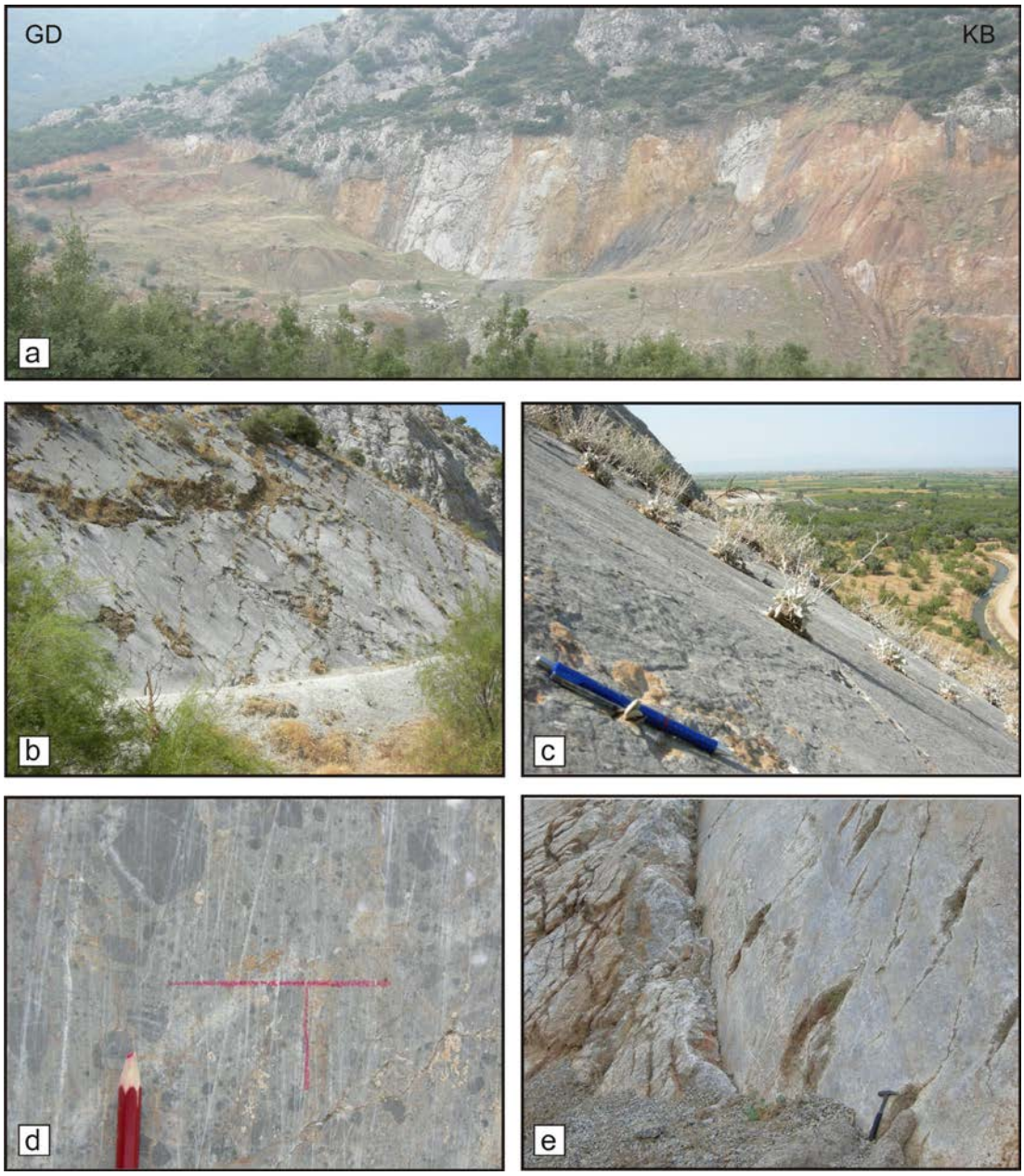
3.1 Manisa Fay Zonu (MFZ)

Batı Anadolu'daki büyük ölçekli normal faylardan birisi olan Manisa Fay Zonu (MFZ), Gediz Grabeni'ni sınırlayan ve 150 km'den fazla uzunluğa sahip olan Gediz Fay Sistemi'nin ana fay zonlarından birisidir (Özkaymak ve Sözbilir, 2008, 2012; Özkaymak ve diğer., 2011, 2013). Spildağı'nın kuzey sınırını oluşturan MFZ boyunca belirgin dağönü fay sarplıkları önemli tektonik jeomorfolojik göstergeler içerir. MFZ, Gediz Grabeni'nin batısında yeralan Manisa'nın Turgutlu ilçesi ile Manisa kent merkezi batısındaki Akgedik köyü arasında 35 km uzunluğunda kuzeye doğru kavis yapan bir yay geometrisine sahip eğim atımlı normal faydır (Şekil 3.2, Şekil 3. 3).



Şekil 3.2 28 Ocak 1994 Manisa depreminin oluşum mekanizmasını gösteren blok diyagram. HFZ: Halitpaşa Fay Zonu, GH: Gölmarmara Havzası, GG: Gediz Grabeni.

Ana hatlarıyla MFZ üç ana bölümden oluşmaktadır: (i) doğu bölümü KB–GD doğrultusunda ve yaklaşık 15 km uzunluğunda çizgisel gidişli bir yapı sunar; (ii) merkez bölüm yaklaşık 10 km uzunluğundadır ve D–B uzanımlıdır; (iii) yaklaşık 10 km uzunluğundaki batı bölüm ise genel olarak kademeli dizilimli KB–GD uzanımlı birbirine paralel/yarıparalel birkaç fay parçasından oluşur ve Manisa kent merkezi ile Akgedik köyü arasında uzanır. MFZ, sırasıyla 0,1, 0,3 ve 0,26 mm/yıl kayma hızına sahip batı, merkez ve doğu bölümler olmak üzere üç ana sismojenik zondan yapılıdır. MFZ'nun batı bölümünde gerçekleştirilen paleosismoloji amaçlı hendek çalışmalarında üç depreme ait izler saptanmıştır; bunlar sırasıyla, 926, 1595 veya 1664 ve 1845 depremlerine karşılık gelmektedir (Özkaymak ve diğer., 2011). Bu sonuç, Manisa Fay Zonu'nun Manisa ilini etkileyen tarihsel depremlerin önemli bir kısmına kaynaklık ettiğini göstermektedir.



Şekil 3.3 Manisa Fay Zonu'nun doğu bölümünde yer alan ve dağönünü kontrol eden KB–GD uzanımlı ana fay segmentine ait arazi fotoğrafları, (a) dağönünün panoramik görünümü ve bu fay düzlemi üzerindeki (b) enine çatlaklar (c) karbonatlı kayma düzlemi ve eksenel nehir, (d) normal fay çizikleri ve fay breşi, (e) fay kertikleri ve enine çatlakları göstermektedir (Özkaymak ve diğer., 2011).

3.2 Halitpaşa Fay Zonu (HFZ)

Emre ve diğer. (2011) tarafından hazırlanan 1/250.000 ölçekli Türkiye Diri Fay Haritasının İzmir paftası'na göre, Çaldağ'ın kuzey kenarı birbirine paralel bir takım diri faylar ile sınırlanmaktadır (Şekil 3.1). Özkaymak ve diğer. (2013)' e göre HFZ, kuzeyinde yeralan Nuriye Fayı ile beraber aradaki Kuvaterner yaşlı Halitpaşa Grabeninin oluşumundan sorumludur. HFZ, Çaldağ doğusunda yeralan Derici Köyünden başlayarak BKB-DGD doğrultusu boyunca Büyükbelen ve Halitpaşa yerleşim alanlarını kat ederek Çaldağ kuzeybatısında yeralan Develi Köyüne kadar devam eder. Toplam uzunluğu yaklaşık 25 km olan HFZ, eğim/oblik atımlı normal fay özelliğindedir ve kuzeye eğimlidir (Şekil 3.1, 3.2 ve 3.4).

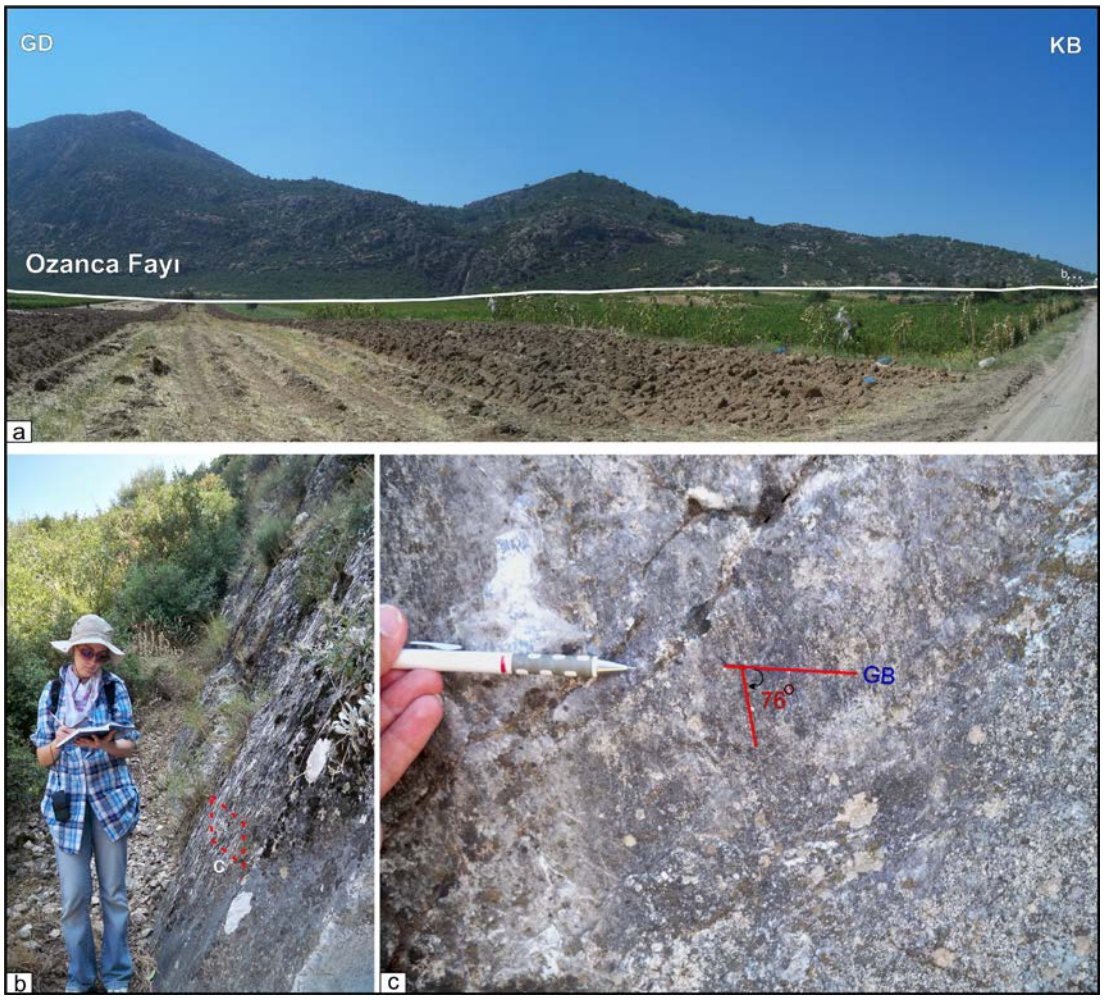


Şekil 3.4 Halitpaşa Fay Zonu'nun batı bölümünde yüzlek veren kaya birimlerini keserek dağ önünü kontrol eden BKB–DGD uzanımlı fay parçalarına ait arazi fotoğrafları; (a-b) Neojen yaşlı karasal birimlerde gözlenen düşey ötelenmeler ve (c) bu fay düzlemleri üzerindeki normal faylanmayı karakterize eden kayma çizikleri, (d) Mesozoyik yaşlı serpantinitler ile Holosen yaşlı alüvyal yelpaze çökellerinin sınırını oluşturan fay düzlemi.

Halitpaşa Fay Zonu ile temsil edilen ve topoğrafik olarak belirgin olan dağ önü boyunca, Çaldağ'dan Halitpaşa Grabenine kırıntı taşıyan derelerin oluşturduğu genç alüvyal yelpazeler tipiktir. HFZ üzerinde, zonun deprem üretme potansiyelinin yorumlanmasına olanak sağlayacak olan hendek tabanlı paleosismolojik çalışmalar bulunmamaktadır. Bu nedenle Halitpaşa Fay Zonu' nun hangi tarihsel depremlere kaynaklık ettiği konusunda bir bilgi yoktur.

3.3 Ozanca Fay Zonu (OFZ)

Gölmarmara Dağı yükseltisinin güneybatısında Ozanca Köyü' nden geçen bu zon toplam 26,6 km uzunluğunda üç ayrı segmentten oluşmaktadır (Emre ve diğer., 2012) İlk segment, Lütfiye Köyü' nün kuzeydoğusundan başlayıp KB-GD doğrultusunda yaklaşık 7,9 km boyunca Kumkuyucak Köyü' nün güneybatısına kadardır. Bu segmentte birbirine paralel havzaya eğimli faylar bulunmaktadır. Kumkuyucak' dan Deynekler Köyü' nden geçerek Kayaaltı Köyü' ne kadar birinci segmente paralel, dağ önü çizgiselliğini koruyarak yaklaşık 7,3 km boyunca devam etmektedir. Segmentin güneydoğu ucunda kavis geometrisi sunarak ilerleyen fay üçüncü segmente geçmektedir. Kayaaltı ile Ozanca Köyü' nden geçerek Marmara Gölü' nün batı çökellerine kadar yükselti içerisinde yaklaşık 11,4 km boyunca devam eden bu segment, burada son bularak Ozanca Fay Zonu' nun da sınırını oluşturmaktadır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 a) Ozanca Fay Zonu' na ait panoramik görüntü. b) Fay yüzeyinde ölçülen c) fay çizikleri.

Fay zonunun Lütfiye ve Deynekler segmentlerinde Mesozoyik yaşlı ofiyolitik ve neritik kireçtaşlarından oluşan kaya birimleri bulunmaktadır. Bu birimlerle taban bloğunda bulunan alüvyon biriminin arasında tektonik dokanak oluşturmaktadır. Basamak yapı sunan kısımların basamak aralarında ise Miyosen yaşlı karasal kırıntılı birimler dikkati çekmektedir. Ayrıca fay önlerinde gelişen ve birbirleriyle girik bir şekilde bulunan yelpazeler bulunmaktadır.

Kayaaltı Segmentinde, fay zonu Marmara Gölü' nde gözlemlenemeyecek konuma gelene kadar Paleozoyik yaşlı metamorfik temel birimleri içerisinde alüvyondan uzak konumda devam etmektedir. Yükselti içinde bulunan bu segmentte fay önü gelişen sadece metamorfik taneler içeren güncel olmayan yelpaze yapıları gözlenmektedir.

Yapılan çalışmalar sonucu Ozanca Fayı oblik atımlı normal fay niteliğine sahip olduğu anlaşılmıştır.

3.4 Gölmarmara Fay Zonu (GFZ)

Çalışma amacına göre en çok önemi arz eden ve Gölmarmara Havzası' nın güneybatı sınırını oluşturan bu zon yaklaşık 14 km uzunluğunda olup, geometrik olarak kuzeybatı doğrultulu bir geometriye sahip olan fay zonunun Marmra Gölü' nün batısından Gölmarmara ilçe merkezine kadar olan bölümü çizgisel gidişlidir. GFZ, Gölmarmara ilçe merkezinden itibaren doğrultusunu batı yönünde çevirerek KD-GB uzanım sunmaya devam eder (Şekil 3. 11). Gölmarmara Fay Zonu, taban bloğundan havza tabanına doğru, havzaya doğru eğimli olan fayların oluşturduğu basamaklı bir yapı sunar. GFZ' nin Gölmarmara ilçe merkezindeki parçasında düşey atımla ilgili daha önce bir çalışma yapılmamıştır. Ancak, bu atıma karşılık gelebilecek havza dolgusunun kalınlığıyla ilgili olarak DSİ' nin yaptığı Akhisar – Selendi Ovaları Jeofizik Rezistivite Etüd Raporu (1973)' e göre 200 m' den fazla olduğu söylenebilir. Ancak, güneyde Salihli çevresinde, Sarı ve Şalk (2006) tarafından gerçekleştirilen Bouguer gravity profilllerinin 2D analiz sonuçlarına göre, Gediz Grabeni'ndeki en yüksek tortul dolgu kalınlığı 0,5 ile 2 km arasındadır. Gediz Grabeni'nin Alaşehir bölgesindeki kalınlığı ise 3 km'yi aşmaktadır (Çiftçi ve Bozkurt, 2010).

GFZ' yi iki ayrı segmente ayırmak mümkündür. Gölmarmara İlçe Merkezi' nin kuzeyinden itibaren başlayıp kuzeybatıya doğru devam eden çizgisel hat alüvyon içerisinde örtülü fay olarak devam etmektedir. Bu segmentin Gölmarmara İlçe' sinde yükselen blokta Paleozoyik yaşlı metamorfik temel kayaları daha kuzeyinde yer yer ofiyolitik seriye ait birimler ile Miyosen yaşlı karasal kırıntılı birimler bulunmaktadır. Miyosen birimleri ile ofiyolitik birimler arasında bulunan faylı dokanak GFZ tarafından kesilerek her iki biriminde alüvyon ile dokanak halinde olmasını sağlamaktadır. Çizgisel bir şekilde devam eden hattın dağ önü çizgiselliği saf ve açık şekilde göstermesi, ütü altı yapılarının olması ve tavan bloğu önünde tavan bloğu üzerine gelişen yelpaze yapıları da belirgin morfolojik özellikleridir.



Şekil 3.6a) Gölmarmara ve b) Halitpaşa faylarını gösteren arazi fotoğrafları.

GFZ' nin güneydoğusunda kalan ikinci segment yükselen blokta bulunan Paleozoyik yaşlı metamorfik birimlerle alüvyon sınırını oluşturmaktadır. Bu segmentin yer yer yelpazelerin altında kalması yüzünden sanki çizgisel bir yapı olmadığı izlenimi gösterir.

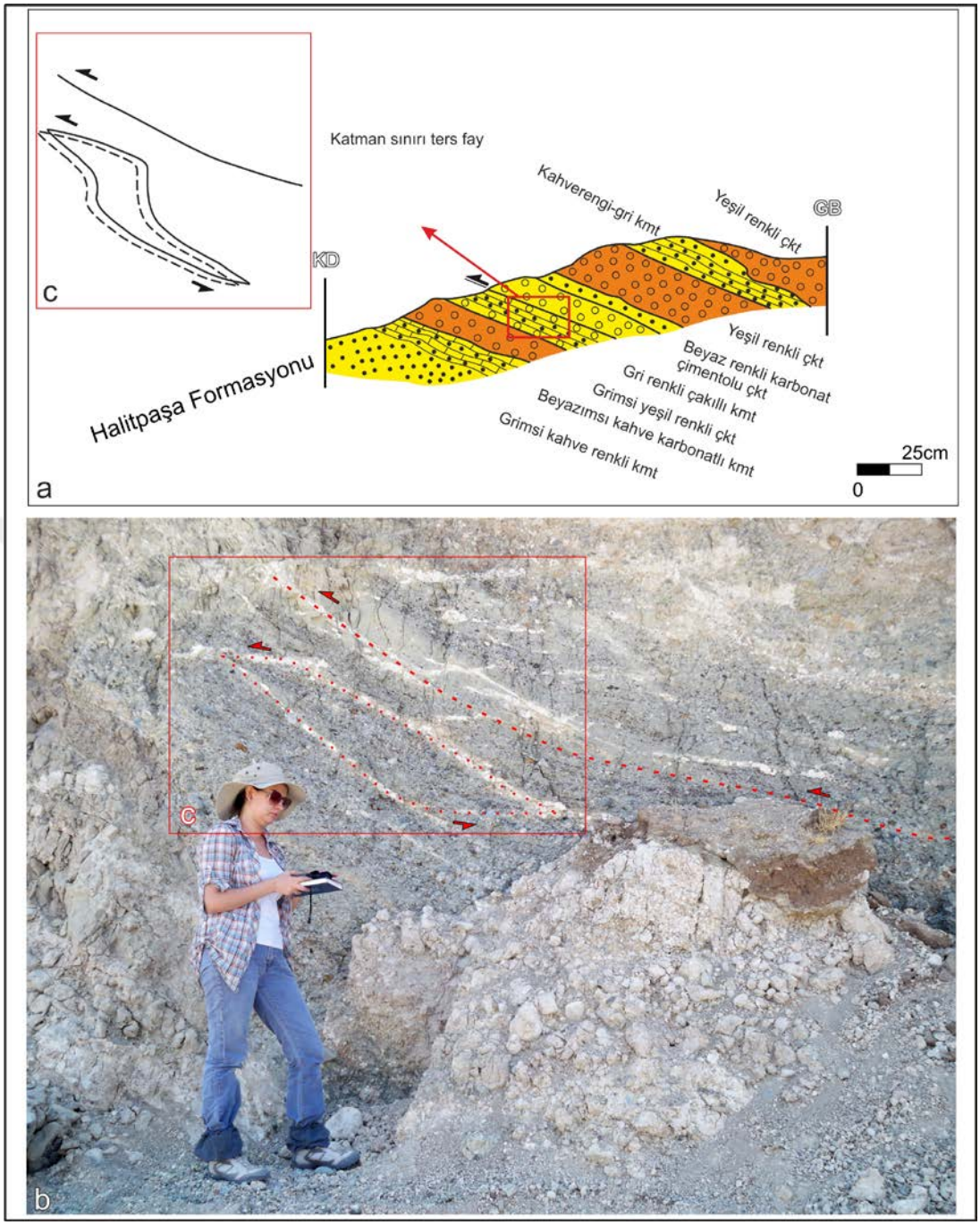
Kıyaslama yapmak gerekirse, GFZ' nin Güneybatısında bulunan ve bu zona paralel olan Ozanca Fay Zonu' nda bulunan yelpaze genişlikleri GFZ' ye göre daha büyüktür. Ayrıca OFZ' nin yükselen bloğunun rakımı GFZ' nin yükselen bloğundaki Marmara Dağı' nın rakımından daha fazladır.

3.5 Miyosen İçinde Gözlenen Deformasyonları

Havza oluşumundan günümüze kadar geçen süreçte, havzanın nasıl bir paleostress rejiminde şekillendiğini ve geliştiğini anlamanın yanında, havza modeli ve Gediz Grabeni' nde bulunan diğer havzalarla olan ilişkisini anlamak açısından, Miyosen döneminde oluşan deformasyon yapıları arazi gözlemleri ile incelenmiştir. Bu

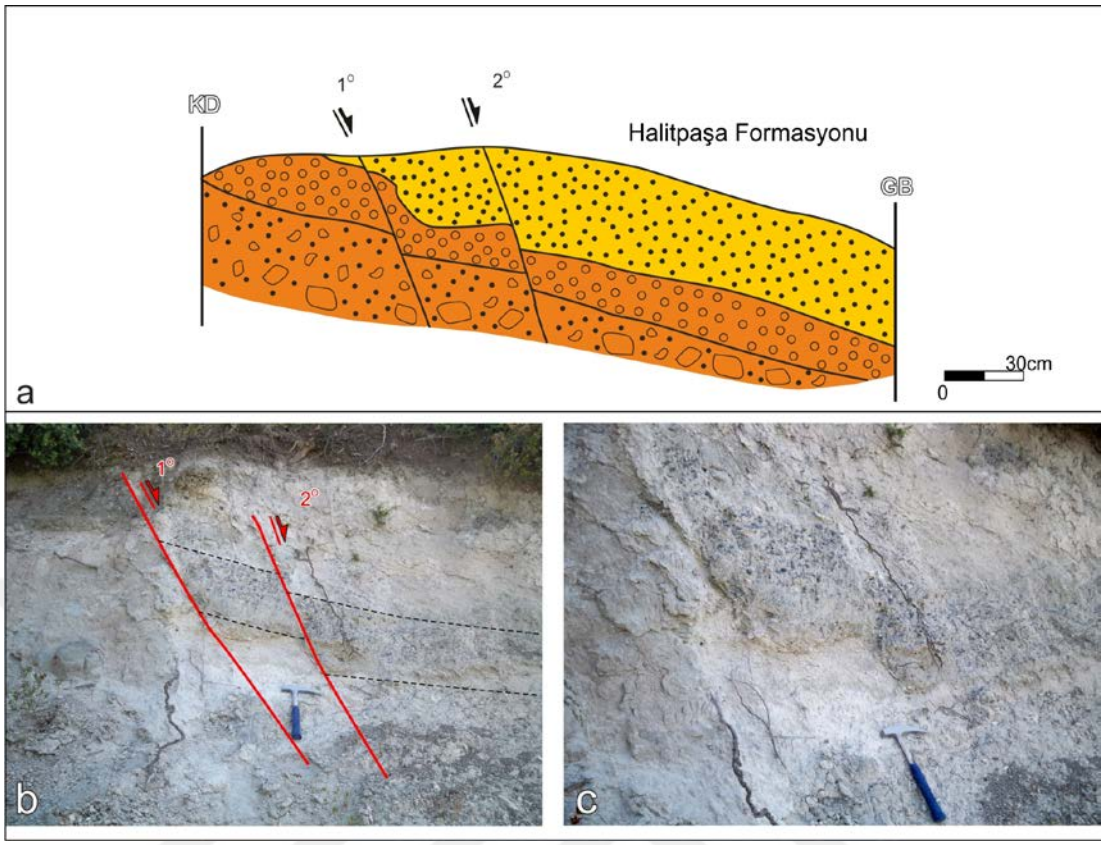
kapsamda, gözlemlenen deformasyon ve fay yapılarından arazi kesitleri alınıp fotoğraflanmıştır.

Miyosen yaşlı çökelleri bu çalışma kapsamında eski havza dolgusu olarak adlandırdıldığı önceki bölümlerde dile getirilmiştir. Eski havza dolgusu birimlerinde gözlenen sin-sedimanter deformasyonların miktarı oldukça fazla ve belirgindir (Şekil 3.7).



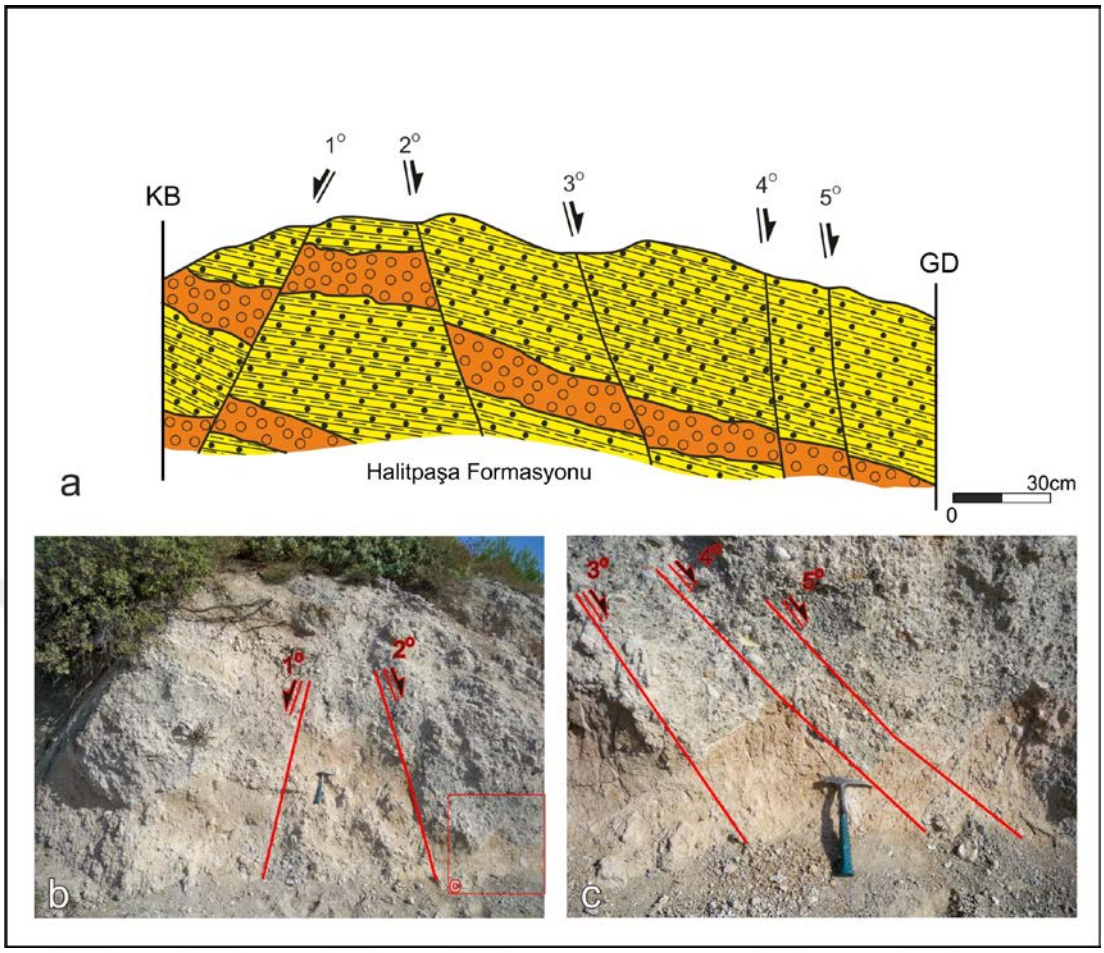
Şekil 3.7 Halitpaşa Formasyonu' na ait sin-sedimanter deformasyonla oluşan b) ters faylanma. c) Faylanma sırasında oluşan "s" yapısı.

Havza içerisinde, diyajenezi tamamladıktan sonra Miyosen yaşlı birimleri normal faylarla içerisindeki çakıllı seviyeleri kırıp öteleyen deformasyonlar bulunmaktadır (Şekil 3.8, 3.9).

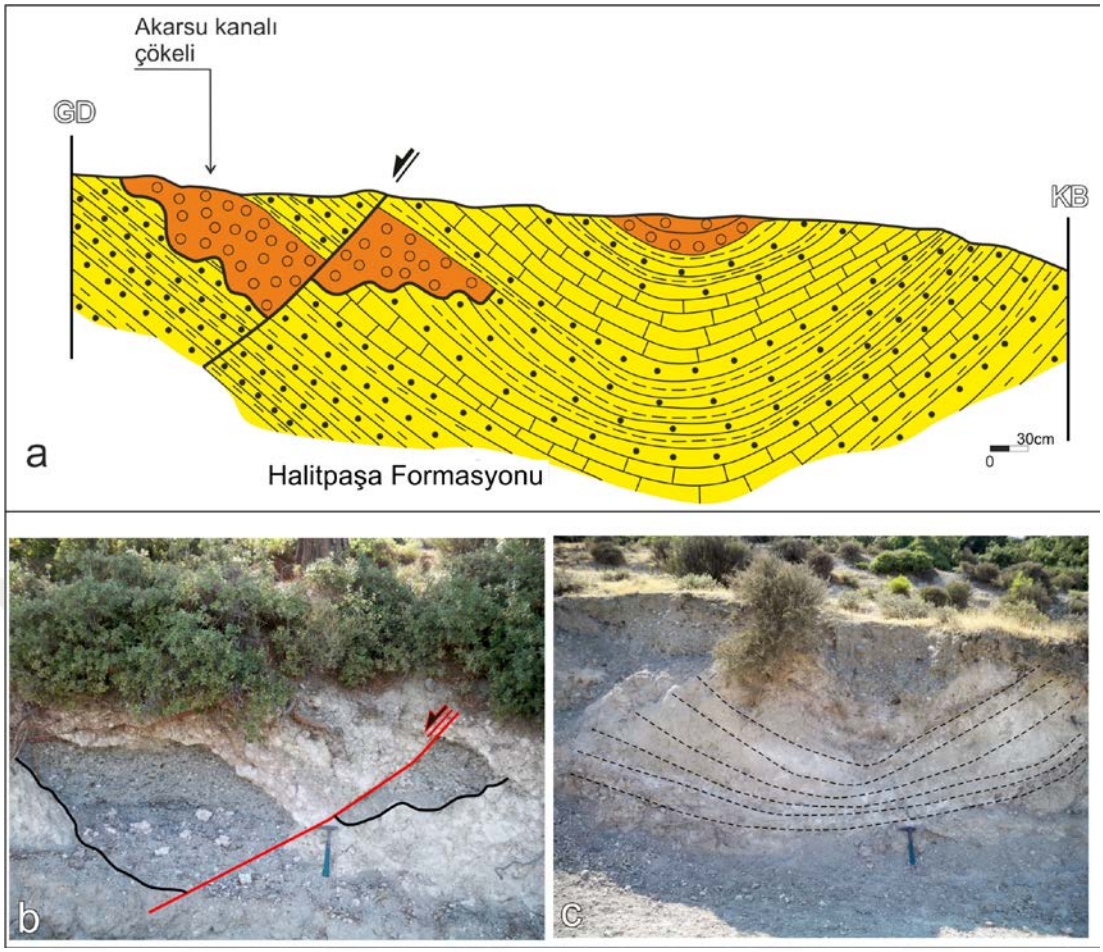


Şekil 3.8 Miyosen yaşlı birimlerin içerisinde bulunan b) çakıllı seviyeleri öteleyen normal faylar. c) Fayların yakın profil görüntüsü.

Faylanma ile oluşan ötelenmelerin yanında Develi Formasyonu' nun içerisinde haritalanamayacak kadar küçük ölçekli kıvrımlanmalar görmekte mümkündür (Şekil 3.10). Antiform ve senform yapılarının sıkça gözlemlendiği havza içerisinde bu yapıların Miyosen yaşlı birimlerde görülmesi, bu yaş aralığında sıkışmaların olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.9 Halitpaşa Formasyonu içerisinde gözlemlenen normal faylar. b) Eğim yönleri farklı faylarla oluşan küçük horst yapısı. c) Normal faylarla oluşan basamak yapıları.

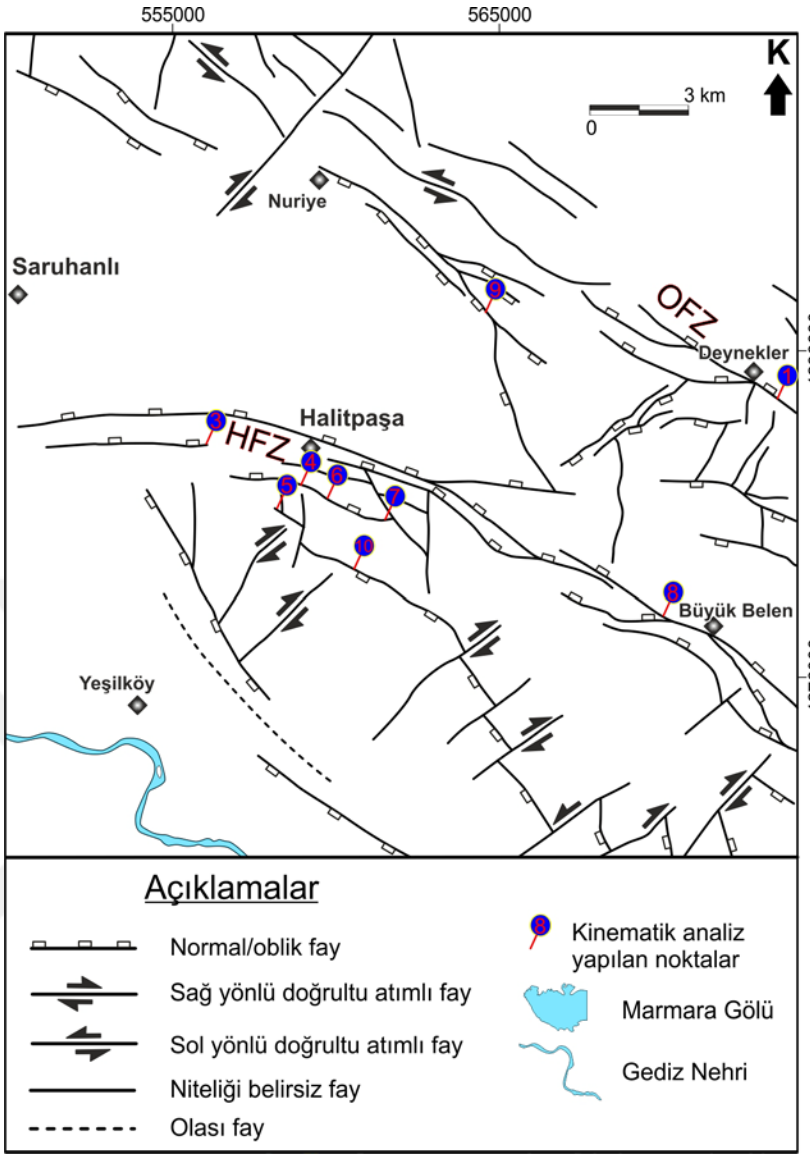


Şekil 3.10 Halitpaşa Formasyonu' nda bulunan b) senklinal yapı ve c) akarsu kanalı çökellerini (akç) öteleyen normal fay.

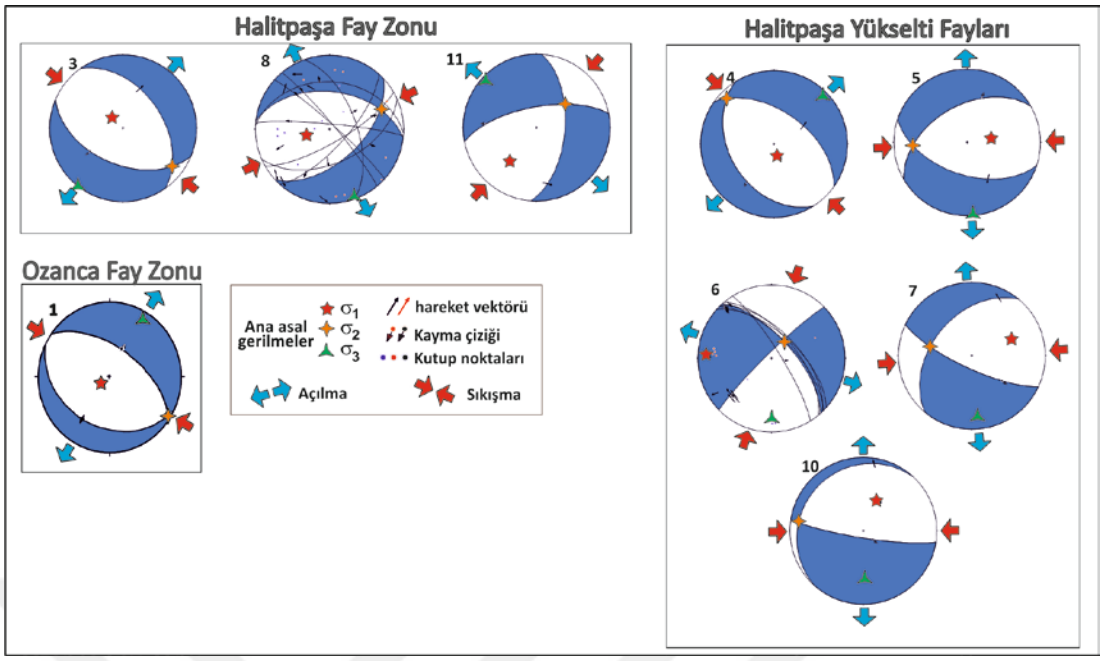
3.6 Kinematik Analiz

Halitpaşa Havzası' nda yapılan jeolojik haritalama çalışmaları, bölgedeki yapısal ilişkilerin ayrıntılı olarak incelenmesine olanak sağlamıştır. Halitpaşa Havzası' nın gelişiminde rol oynayan tektonik kuvvetlerin gerilim yönlerini hesaplamak amacıyla bölgede haritalanan ve tanımlanan faylar üzerinde ölçülen kinematik göstergelere göre kinematik analiz çalışmaları yapılmıştır (Şekil 3.11, Şekil 3.12).

Kinematik analiz çalışmalarında Faultkin 5 kullanılmış olup, sonuçlar bölgesel anlamda oluşan tektonik kuvvetlerin ve daha önce çevre havzalarda yapılan çalışmalarla karşılaştırılmıştır.



Şekil 3.11 Çalışma alanında yapılan kinematik analizlerin ait olduğu fayların yerini gösteren harita. Çözüm mekanizmaları için bkz. Şekil 3.12. Kısaltmalar; AFZ: Akselendi Fay Zonu, GFZ: Gölmarmara Fay Zonu, HFZ: Halitpaşa Fay Zonu, OFZ: Ozanca Fay Zonu.



Şekil 3.12 Faultkin programı ile yapılan kinematik analizleri gösteren veriler. Verilerin hangi faya ait olduğunu görmek için bkz. Şekil 3.11.

BÖLÜM DÖRT
TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Yüksek lisans tez çalışmasının son bölümünde, Halitpaşa Havzası' nın Batı Anadolu grabenleri içerisindeki yeri özetlenmiş, ve havzada yapılan arazi ağırlıklı çalışmalarda elde edilen stratigrafik ve yapısal sonuçlar ile önceki çalışmalar karşılaştırılarak sunulmuştur.

Gediz grabeni doğuda Sarigöl ilçesinden başlar ve batıya doğru Salihli ilçesine kadar KB-GD doğrultusunda uzanım sunar. Salihli ilçesinden itibaren Kemalpaşa Havzası, Manisa Havzası ve Gölmarmara Havzası şeklinde üç ana kola ayrılır. Doğu uzantıları Gediz Grabeni ile bağlantılı olan bu kollardan, kuzeydeki Gölmarmara ile güneydeki Kemalpaşa havzaları ve bunların arasında kalan Manisa ve Halitpaşa Havzası, Gediz Grabeni'nin alt havzaları olarak ifade edilebilir.

Halitpaşa Havzası' nda, D-B ve KD-GB uzanımlı graben ve aralarındaki horstlar bölgedeki en önemli yapıları oluştururken KB-GD ve K-G uzanımlı faylar ise diğer yapılardır.

Paleojen öncesi döneme ait temel kayaların Geç Miyosen-Erken Pliyosen yaşlı sedimanların üzerine bindirdiği ve KB-GD uzanımlı sağ yanal doğrultu-atımlı fay kuşağının (Halitpaşa transpresif kuşağı) saha verilerini de ortaya koymaktadır. Fay kuşağı Geç Miyosen-Erken Pliyosen yaşlı gölsel sedimanları (Develi ve Halitpaşa formasyonları) ile geç Erken Miyosen yaşlı alüvyon konisi sedimanları (Kızıldağ Formasyonu) arasında yer alan nemli bir diskordans dönemi ile ilişkilendirilmiştir (Kaya, 2004). Bu birimler, havzada yapılan arazi çalışmalarında "Temel Kaya Birimleri", "Eski Havza Dolgusu Kaya Birimleri" ve "Modern Havza Dolgusu Kaya Birimleri" başlıkları altında incelenmiştir.

Havzada yapılan arazi çalışmalarında 1/25000 ölçeğinde haritalanan ve tanımlanan litostratigrafik birimler, "Temel Kaya Birimleri", "Eski Havza Dolgusu

Kaya Birimleri" ve "Modern Havza Dolgusu Kaya Birimleri" başlıkları altında incelenmiştir.

Eski havza dolgusu birimleri başlıca Neojen yaşlı ve birbirlerinden açısal uyumsuzluklarla ayrılan (Kaya, 2005) Develi, Halitpaşa ve Kızıldağ Formasyon' larından oluşmaktadır.

Halitpaşa Havzası'nın modern havza dolgusu baskın olarak havza kenarlarını sınırlayan aktif fayların kontrolünde gelişen kolüvyal çökeller ve alüvyal yelpazelerden ve havza düzlüklerinde biriken alüvyondan oluşmaktadır. Havzanın merkezine doğru yeryer küçük ölçekli gölsel çökeller alüvyonlarla girik halde gözlenirler. Havza kenarlarındaki kolüvyal ve alüvyal çökeller birbirleriyle geçişlidir.

Yapılan ayrıntılı arazi çalışmalarına göre, Bölgede ana yapısal hatlar; Miyosen dönemine ait kaya toplulukları arasındaki Miyosen havza dolguları ile Miyosen öncesi temel kayaları arasındaki sıyrılma (detachment) fayları ve Miyosen sonrası gelişmiş olan eğim/oblik atımlı normal faylar ile doğrultu atımlı faylardan oluşur. Halitpaşa Fay Zonu, Çaldağ doğusunda yeralan Derici Köyünden başlayarak BKB-DGD doğrultusu boyunca Büyükbelen ve Halitpaşa yerleşim alanlarını kat ederek Çaldağ kuzeybatısında yeralan Develi Köyüne kadar devam eder. Toplam uzunluğu yaklaşık 25 km olan HFZ, eğim/oblik atımlı normal fay özelliğindedir ve kuzeye eğimlidir.

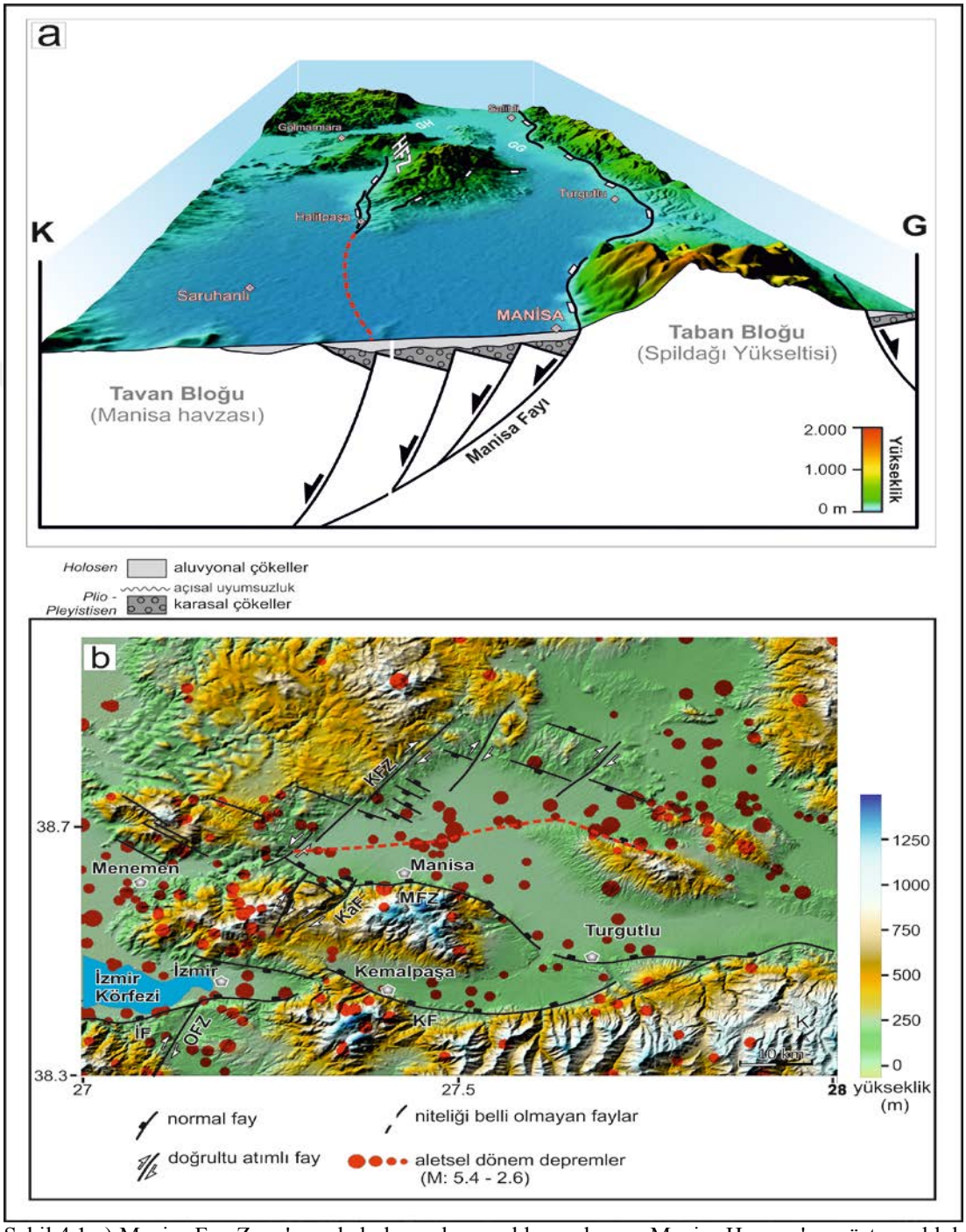
İzmir-Manisa bölgesinde son yüz yılda yıkıcı deprem yaşanmamasına karşın, tarihsel dönem deprem kataloglarında ve bazı tarihsel kayıtlarda, bu bölgedeki şehirlerin büyük depremlerden etkilendikleri ve büyük yıkımların gerçekleştiğine dair bilgiler mevcuttur. Bölgeyi ve özellikle Manisa şehrini etkileyen tarihsel dönemde meydana gelen büyük depremlerin tanımlamaları özetlenmiştir. Batı Anadolu'daki en iyi kayıtlanan tarihsel dönem depremlerden bir tanesi milattan sonra (M.S.) 17 depremidir. Bu olaydan 27 yıl sonra, M.S. 44 yılında, Magnesia ve Ephesus (Efes) antik şehirleri VIII şiddetindeki bir depremle sallandılar. Manisa

şehrini etkileyen en son yıkıcı deprem, 23 Haziran 1845 yılında meydana gelmiştir. Halitpaşa bölgesinde aletsel kayıtlara bakıldığında Halitpaşa Fay Zonu' nun ve havzayı doğudan sınırlayan kısımlarında sismik haraketlilik gözükmektedir. Elde edilen veriler açık bir şekilde Halitpaşa Fay Zonu'nun ve bölgenin Holosen aktivitesini göstermektedir.

Özkaymak ve diğer (2013)' e göre Pliyosen döneminde bölgedeki paleostress etkisiyle KB doğrultulu kırılmalarla günümüzde bulunan havzalar oluşmaya başlamıştır. Hakyemez ve diğer. (2013)' e göre Pleistosen- Holosen sırasında bu etkinin devamıyla havzaların günümüz şeklini aldığını paleocoğrafya haritalarıyla görmekteyiz. Birikim alanlarında gözlenen, Neojen ve günümüze kadar olan kayaçlara göre yapılan korelasyon sonucu Manisa, Halitpaşa, Gölmarmara ve Akhisar Havzası' nın Miyosen zamanında bir olduğu anlaşılmaktadır. Morfoloji ve havza içinde gelişen yelpazelere bakıldığında, Miyosen' de başlayan ortak çökelim alanının Pliyosende ayrılmaya başlamasıyla oluşan Halitpaşa Havzası, bu grubun arasında olduğu söylenebilir. Halitpaşa, Ozanca ve Gölmarmara' da yapılacak paleosismoloji çalışmalarının Manisa Havzası' nda daha önce yapılan çalışmalarla kıyaslanması ile bu kanının doğruluğu ortaya çıkarılabilir.

Gediz Grabeni boyunca yapılan havza analizi çalışmalarında havza evrimi ve modelinin anlaşılması için fay zonları arasında bağlantılar aranmıştır. Bu amaç doğrultusunda, daha önce çalışılmış havzalardan ve aletsel depremlerin aktarılarak yapılmış sismotektonik haritalarından yararlanılmıştır. Bunun sonucunda, Gölmarmara ve Halitpaşa Havzası' nın batısında bulunan Manisa Havzası' nın güney sınırını ve aynı zamanda Spildağı Yükseltisi' ni sınırlayan Manisa Fay Zonu ile Halitpaşa Fay Zonu arasında bir bağlantı olabileceği tespit edilmiştir. Özkaymak ve diğ., 2013' de bulunan Manisa Havzası' nı gösteren model blok diyagramda, Manisa Fay Zonu' nun havza içerisine doğru faylanmaların basamaklı yapıda olduğu söylenmiştir (Şekil 4.1a). Bu blok diyagram ile sismotektonik haritasında bulunan depremlerin merkez üsleri ile birleştirildiğinde basamak yapılarından bir tanesinin Halitpaşa Fay Zonu ile birleştiği görülmektedir (Şekil 4.1b). İleri dönemlerde

yapılacak paleosismoloji hendekleriyle fay önü çökellerinden yaşlandırmalarla bu tespitin doğruluğu daha tartışılabilir hale gelecektir.



Şekil 4.1 a) Manisa Fay Zonu' nunda bulunan basamaklı yapıları ve Manisa Havzası' nı gösteren blok diyagram (Özkaymak ve diğ., 2013). b) Çalışma alanı ve çevresinin sismotektonik haritası. Kırmızı kesikli çizgi, MFZ ile HFZ' nin tahmini birleşimini göstermektedir.

Manisa çevresinde son dönemlerde olan depremlerin episantrlarının bu basamak yapılarını takip edercesine yoğunlaşarak doğuda Halitpaşa Fay Zonu ile birleşmesi bu kanıyı kuvvetlendirmektedir.

Kinematik analiz çalışmaları sonucu olarak bölgede KD-GB yönlü bir genişleme olduğu görülmekte olup, Halitpaşa ve Ozanca Havzalarında oluşan graben yapılarının bu genişlemeli tektonik rejimiyle ilişkilendirmek yerinde bir karar olacaktır.

KAYNAKLAR

Abrams, M. (2000). The Advance Spaceborne Thermal Emission ve Reflections Radiometer (ASTER): data products for the high spatial resolution imager on NASA's Terra platform. *International Journal of Remote Sensing*, *21*, 847–859.

Abrams, M. ve Hook, S. (2002). *ASTER User Handbook* (Version 2), California.

Aktar, M., Karabulut, H., Özalaybey, S. ve Childs, D. (2007). A conjugate strike-slip fault system within the extensional tectonics of Western Turkey. *Geophysical Journal International*, *171* (3), 1363–1375.

Altıner, Y., Ayan, T., Deniz, R., Celik, R. N., Ergun, M., Kahveci, M. ve diğer. (1999). *GPS Measurements in Turkey From 1990 to 1997*, Third Turkish-German Joint Geodetic Days, 1-4Haziran 1999, İstanbul

Altunel, E. (1999). Geologic ve geomorphologic observations in relation to 20th. September 1899. Menderes earthguake, western Turkey. *Journal of the Geological Society*, *156*, 241–246.

Angelier, J. (1984). Tectonic analysis of fault slip data sets. *Journal of Geophysical Research*, *80*, 5835−48.

Angelier, J. (1991). Inversion of field data in fault tectonics to obtain regional stress. A new rapid direct inversion method by analytical means. *Geophysical Journal International*, *103*, 363−76.

Angelier, J. (1994). Fault slip analysis ve paleostress reconstruction. In *P.L.* Hancock, (Ed). *Continental Deformation* (53−100). Oxford: Pergamon Press.

Angelier, J., Dumont, J.F., Karamanderesi, İ.H., Poisson, A., Şimşek, Ş. ve Uysal, Ş. (1981). Analyses of fault mechanisms ve expansion of Soutwestern Anatolia since the Late Miocene. *Tectonophysics, 75*, T1−T9.

Arı, Y. ve Derinöz, B. (2011). Bir sulak alan nasıl yönetilmez? Kültürel ekolojik perspektif ile Marmara Gölü (Manisa) örneği. *Coğrafi Bilimler Dergisi, 9* (1).

Arpat, E. ve Bingöl, E. (1969). The rift system of the western Turkey throughts on its development. *Mineral Research ve Exploration Institute of Turkey Bulletin, 73*, 9.

Barka, A. ve Reilinger, R. (1997). Active tectonics of Eastern Mediterranean region: Deduced from GPS, neotectonic ve seismicity data, *Annali Di Geofisica, X2* (3), 587–610.

Benetatos, C., Kiratzi, A., Ganas, A., Ziazia, M., Plessa, A. ve Drakatos, G. (2006). Strike-slip motions in the Gulf of Sığacık (western Turkey): Properties of the 17 October 2005 earthquakes seismic sequence. *Tectonophysics, 426*, 263–279.

Blikra, L.H. ve Nemec, W. (1998). Postglacial colluvium in western Norway: Depositional processes, facies ve palaeoclimatic record. *Sedimentology, 45*, 909–959.

Bozkurt, E. (2000). Timing of extension on the Büyük Menderes Graben, western Turkey, ve its tectonic implications. In: E. Bozkurt, J.A. Winchester, J.D.A. Piper (Eds.). Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area. *Geological Society, London, Special Publications, 173*, 385–403.

Bozkurt, E. (2001). Neotectonics of Turkey – a synthesis. *Geodinamica Acta, 14*, 3−30.

Bozkurt, E. (2003). Origin of NE-trending basins in western Turkey. *Geodinamica Acta, 16*, 61−81.

Bozkurt, E. ve Sözbilir, H. (2004). Tectonic evolution of the Gediz Graben: field evidence for an episodic, two-stage extension in western Turkey. *Geological Magazine, 141*, 63−79.

Bozkurt, E. ve Sözbilir, H. (2006). Evolution of the large-scale active Manisa Fault, southwest Turkey: Implications on fault development ve regional tectonics. *Geodinamica Acta, 19* (6), 427−453.

Candan, O., Dora, O.O. ve Oberhänsli, R. (1994). Erster Nachweis von Granulit und Eklogit - Relikten im Menderes - Massif / Türkei. *Geology Paleontology. 5.Symposium*, 217- 220.

Candan, O. (1995). Menderes Masifindeki kalıntı granulit fasiyesi metamorfizması. *Turkish Journal of Earth Sciences, 4*,35-55.

Candan, O. ve Dora, O.O. (1998). Menderes Masifinde granulit, eklojit ve mavi şist kalıntıları: Pan-Afrikan ve Tersiyer metamorfik evrimine bir yaklaşım. *Türkiye Jeoloji Bülteni, 41/1*, 1-35.

Candan, O., Dora, O.O., Oberhanslı, R., Çetinkaplan, M., Partzsch, J.H., Warkus, F.C. ve diğer. (2001). Pan-African high-pressure metamorphism in the Precambrian basement of the Menderes Massif, Western Anatolia, Turkey. *International Journal of Earth Science, 89,* 793‑811.

Candan, O., Koralay, E., Dora, O., Chen, F., Çetinkaplan, M., Akal, C. ve diğer. (2007). Menderes Masifinin Pan-Afrikan temelin stratigrafisi ve örtü - çekirdek serilerinin ilksel dokanak ilişkisi. *Menderes Masifi Kolokyumu*, İzmir, 8-14.

Candan, O., Dora, O., Oberhanslı, R., Koralay, E., Çetinkaplan, M., Akal, C. ve diğer. (2011). Menderes Masifinin Pan-Afrikan temelin stratigrafisi ve Gondvana'nın geç Neoproterozyonik / Kambriyen evrimi ile ilişkisi. *MTA Dergisi, 142*, 25-68, 2011.

Çiftçi, N.B. ve Bozkurt, E. (2007). Anomalous stress field ve active breaching at relay ramps: a field example from Gediz Graben, SW Turkey. *Geological Magazine, 144*, 687–699.

Çiftçi, N.B. ve Bozkurt, E. (2008). Folding of the Gediz Graben fill, SW Turkey: extensional and/or contractional origin? *Geodinamica Acta, 21*, 145–167.

Çiftçi, N.B. ve Bozkurt, E. (2009). Evolution of the Miocene sedimentary fill of the Gediz Graben, SW Turkey. *Sedimentary Geology, 216*, 49–79.

Çiftçi, N.B. ve Bozkurt, E. (2010). Structural evolution of the Gediz Graben, SWTurkey: temporal ve spatial variation of the graben basin. *Basin Research, 22*, 846–873.

Delvaux, D., Moeys, R., Stapel, G., Petit, C., Levi, K., Miroshnichenko, A., Ruzhich, V. ve diğer. (1997). Paleostress reconstructions and geodynamics of the Baikal region, Central Asia. Part II: Cenozoic rifting. In: Cloetingh, S., Fernandez, M., Munoz, J.A., Sassi, W., and Horvath, F. (Editors), Structural controls on sedimentary basin formation. *Tectonophysics, 282*, 1-38.

Dewey, J.F. ve Şengör, A.M.C. (1979). Aegean ve surrounding region: Complex multiplate ve continuum tectonics in a convergent zone. *Geological Society of America Bulletin, 90*, 84−92.

Dewey, J. F., Hempton, M. R., Kidd, W. S. F., Şaroğlu, F. ve Şengör, A. M. C. (1986). Shortening of Continental Lithosphere: The Neotectonics of Eastern Anatolia-A Young Collision Zone. *Geological Society Special Publication, 19,* 3−37.

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (2013). *Manisa bölgesi iklim özellikleri*. 29 Ocak 2011, http://www.dmi.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=MANISA

Dumont, J.F., Uysal, Ş., Şimşek, Ş., Karamanderesi, İ.H. ve Letouzey, J. (1979). Formation of the grabens in southwestern Turkey. *Mineral Research ve Exploration Institute of Turkey Bulletin, 92*, 7-18.

Devlet Su İşleri (1973). *Akhisar-Selendi Ovaları Jeofizik Rezistivite Etüd Raporu*, Devlet Su İşleri İç Kaynaklar.

Emre, T. (1996). Gediz Grabeni'nin jeolojisi ve tektoniği. *Turkish Journal of Earth Sciences, 5,* 171–185.

Emre, T. ve Sözbilir, H. (1997). Field evidence for metamorphic core complex, detachment faulting ve accommodation faults in the Gediz ve Büyük Menderes Grabens (Western Turkey). In Ö. Pişkin, M. Ergün, M.Y. Savaşcın, G. Tarcan (eds). *Proceedings International Earth Sciences Colloquium on the Aegen Region,* (73–94). İzmir.

Emre, T. ve Sözbilir, H. (2007). Tectonic evolution of the Kiraz Basin, Küçük Menderes Graben: Evidence for compression/uplift-related basin formation overprinted by extensional tectonics in west Anatolia. *Turkish Journal of Earth Sciences, 16,* 441–470.

Emre, Ö., Ere, Ö., Özalp S., Doğan A., Özaksoy V., Yıldırım C. ve diğer. (2005). *İzmir Yakın Çevresinin Diri Fayları ve Deprem Potansiyelleri*. Ankara: MTA Raporu no:10754.

Erdoğan, B. (1990). İzmir-Ankara zonunun İzmir ile Seferihisar arasındaki bölgede stratigrafik özellikleri ve tektonik evrimi. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni, 2*, 1−20.

Eyidoğan, H. ve Jackson, J.A. (1985). A seismological study of normal faulting in the Demirci, Alaşehir ve Gediz earthquake of 1969-1970 in western Turkey: implications for the nature ve geometry of deformationdeformation in the continental crust. *Geophysical Journal of Royal Astronomical Society, 81*, 569–607.

Graham, L.C. (1974). Synthetic interferometer radar for topographic mapping, *Proceedings IEEE, 62*, 763-768.

Hakyemez, H.Y., Erkal, T. ve Göktaş, F. (1999). Late Quaternary evolution of the Gediz ve Büyük Menderes grabens, western Anatolia, Turkey. *Quaternary Science Reviews, 18*, 549–554.

Hakyemez, H.Y., Göktaş, F. ve Erkal, T. (2013). Gediz Grabeni' nin Kuvaterner jeolojisi ve evrimi. *Türkiye Jeoloji Bülteni, 56* (2).

Hetzel, R., Ring, U., Akal, C. ve Troesch, M. (1995). Miocene NNE-directed extensional unroofing in the MenderesMassif, southwesternTurkey. *Journal of the Geological Society of London, 152*, 639-654.

Ingersoll R.V. (1988). Tectonics of sedimentary basins. *Geological Society of America Bulletin, 100*, 1704-1719.

Işık, V., Tekeli, O. ve Seyitoğlu, G. (2003). Ductile-brittle transition along the Alaşehir detachment fault and its structural relationship with the Simav detachment fault, Menderes Massif, western Turkey. *Tectonophysics, 374*, 1−18.

Kavak, K.Ş. ve Çetin, H. (2007). A detailed geologic lineament analysis using Landsat TM data of Gölmarmara/Manisa region, Turkey. *Online Journal of Earth Sciences Online Journal of Earth Sciences, 1* (3), 145-153.

Kaya, O., Ünay, G., Eichhorn, S., Hassenrück, S., Knappe, A., Pekdeğer, A. ve diğer. (2004). Halitpaşa Transpressive Zone: Implications for an Early Pliocene compressional phase in central western Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of Earth Science, 13*, 1–13.

Kaya, O., Ünay, G., Saraç, G., Eichhorn, S., Hassenrück, S., Knappe, A. ve diğer. (2005). Halitpaşa Transpressive Zone: Implications for an Early Pliocene Compressional Phase in Central Western Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences (Turkish J. Earth Sci.), 13*,1-13.

Koçyiğit, A. (2005). The Denizli graben-horst system and the eastern limit of western Anatolian continental extension: basin fill, structure, deformational mode, throw amount and episodic evolutionary history, SW Turkey. *Geodinamica Acta, 18*, 167−28.

Koçyiğit, A., Yusufoğlu, H. ve Bozkurt, E. (1999). Evidence from the Gediz graben for episodic two stage extension in western Turkey. *Journal of the Geological Society of London, 156*, 605−616.

Koçyiğit, A., Yılmaz, A., Adamia, S. ve Kuloshvili, S. (2001). Neotectonics of East Anotolian Plateau (Turkey) ve Lesser Caucasus: İmplication for Transition From Thrusting to Strike-Slip Faulting. *Geodinamica Acta, 14*, 177-195.

Köse, O. (2000). *Kuzey Anadolu fay kuşağında tektonik gerilim birikim noktalarının uzaktan algılama teknikleri ile belirlenmesi*. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.

Le Pichon, X., Chamot-Rooke, C., Lallemant, S., Noomen, R. ve Veis, G. (1995). Geodetic determination of the kinematics of Central Greece with respect to Europe: implications for Eastern Mediterranean tectonics, *Journal of Geophysical Research*, *100*, 12675–12690.

Manisa Valiliği, (2013). *T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Manisa Valiliği İl Çevre Ve Orman Müdürlüğü Manisa İl Çevre Durum Raporu.* 673, 03 Nisan 2010, http://www2.cedgm.gov.tr/icd_raporlari/manisaicd2011.pdf

Massonet, D. (1993). Displacement fields mapped by radar interferometry. *Proceedings of the CRCM'93, Kobe*, December 6-11, 139-145

Mcclusky, S. C., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergıntav, S., Georgiev, I. ve diğer. (2000). Global Positioning System constraints on plate kinematics ve dynamics in the eastern Mediterranean ve Caucasus. *Journal of Geophysical Research*, *105*, 5695-5719.

Miall, A. D. (2000). *Principles of sedimentary basin analysis, third edition.* New York, Springer-Verlag Inc., 616.

NASA/JPL, (2005). *SRTM Documentation*. 29 Ocak 2005, http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/Documentation/SRTM_Topo.pdf

Norman T., Toker V., Altiner D., Örçen S., Demirtaşlı E. ve Korkmazer B. (1986). *Stratigrafi Sınıflama ve Adlama Kuralları*. Türkiye Stratigrafi Komitesi. MTA Genel Müdürlüğü, 28, Ankara.

Nyst, M. ve Thatcher, W. (2004). New constraints on the active tectonic deformation of the Aegean. *Journal of Geophysical Research 109*(B11), 406-430.

Okay, A. ve Siyako, M. (1993). İzmir-Balıkesir arasında İzmir-Ankara Neo-Tetis kenedinin yeni konumu. Türkiye ve Çevresinin Tektoniği-Petrol Potansiyeli. S. Turgut, (ed.), *Ozan Sungurlu Sempozyumu Bildirileri Kitabı* içinde (333-355). Ankara.

Okay, A.İ., Satır, M., Siyako, M., Monie, P., Metzger, R. ve Akyüz, S. (1996). Paleo- ve Neo-Tethyan events in northwestern Turkey: Geologic ve geochronologic constrains. In A. Yin, T.M. Harrison (eds.). *The tectonic evolution of Asia* (420−441). United States: Cambridge University Press.

Okay, A.I. ve Altıner, D. (2007). A condensed Mesozoic section in the Bornova Flysch Zone: A fragment of the Anatolide-Tauride carbonate platform.*Turkish Journal of Earth Science, 16,* 257-279.

Oral, M.B., Reilinger, R.E., Toksöz, M.N., Kong, R.W., Barka, A.A., Kınık, İ. ve diğer. (1995). Global positioning system offers evidence of plate motions in eastern Mediterranean, *EOS Transactions,* 76/9.

Özkaymak, Ç., ve Sözbilir, H. (2008). Stratigraphic and structural evidence for fault reactivation: the active Manisa fault zone, western Anatolia. *Turkish Journal of Earth Sciences 17/3,* 615‑635.

Özkaymak, Ç., Sözbilir, H., Uzel, B. ve Akyüz, H.S. (2011). Geological and palaeoseismological evidence for late Pleistocene-Holocene activity on the Manisa fault zone, western Anatolia. *Turkish Journal of Earth Sciences 20* (4), 449–474.

Özkaymak, Ç. ve Sözbilir, H. (2012). Tectonic geomorphology of the Spildağı High Ranges, western Anatolia. *Geomorphology 173–174* (2012) 128–140.

Özkaymak, Ç., Sözbilir, H. ve Uzel, B. (2012). Neogene–Quaternary evolution of the Manisa Basin: Evidence for variation in the stress pattern of the İzmir-Balıkesir Transfer Zone, western Anatolia. *Journal of Geodynamics GEOD - 1171*

Özkaymak, Ç., Sözbilir, H. ve Uzel, B. (2013). Neogene‑Quaternary evolution of the Manisa Basin: Evidence for variation in the stress pattern of the Izmir-Balıkesir Transfer Zone, western Anatolia. *Journal of Geodynamics*, 65, 117–135.

Papazachos, B. ve Papazachou, C. (1997). *The Earthquakes of Greece*. Thessaloniki: Ziti Publications.

Paton, S. (1992). Active normal faulting, drainage patterns ve sedimentation in southwestern Turkey. *Journal of the Geological Society of London, 149*, 1031–1044.

Pettijohn, F.J., Potter, P.E. ve Siever, R. (1972). *Sand and Sandstone*. Berlin Heidelberg-New York: Springer-Verlag.

Reilinger, R. E., McClusky, S. C. ve Oral, M. B. (1997). GPS measurements of present day crustal movements in the Arabia-Africa-Eurasia plate collision zone. *Journal of Geophysical Research, 102*, 9983–9999.

Ring, U., Susanne, L. ve Matthias, B. (1999). Structural analysis of a complex nappe sequence ve late orogenic basins from the Agean Island of Samos, Greece. *Journal of Structural Geology, 21*, 1575–1601.

Sarı, C. ve Şalk, M. (2006). Sediment thicknesses of the Western Anatolia graben structures determined by 2-D ve 3-D analysis using gravity data. *Journal of Asian Earth Sciences, 26*, 39-48.

Seyitoğlu, G. ve Scott, B.C. (1991). Late Cenozoic crustal extension ve basin formation in west Turkey. *Geological Magazine, 128*, 155–166.

Seyitoğlu, G. ve Scott, B. C. (1996). The age of Alaşehir graben (west Turkey) ve its tectonic implications. *Geological Journal, 31*, 1–11.

Seyitoğlu, G., Çemen, İ. ve Tekeli, O. (2000). Extensional folding in the Alaşehir (Gediz) graben, western Turkey. *Journal of the Geological Society of London, 157*, 1097–1100.

Seyitoğlu, G., Tekeli, O., Çemen, İ., Şen, Ş. ve Işık, V. (2002). The role of the flexural rotation/rolling hinge model in the tectonic evolution of the Alaşehir graben, western Turkey. *Geological Magazine, 139*, 15–26.

Sözbilir, H. (2001). Extensional tectonics ve the geometry of related macroscopic structures: Field evidence from the Gediz detachment, western Turkey, *Turkish Journal of Earth Science, 10*, 51–67.

Sözbilir, H. (2002). Geometry ve origin of folding in the Neogene sediments of the Gediz Graben, western Anatolia, Turkey. *Geodinamica Acta, 15*, 277–288.

Sözbilir, H. (2005). Oligo-Miocene extension in the Lycian orogen: evidence from the Lycian molasse basin, SW Turkey. *Geodinamica Acta, 18*(3-4), 257–284.

Sözbilir, H., İnci, U., Erkul, F. ve Sümer, Ö. (2003). *An intermittently active transform zone accommodating NS extension in Western Anatolia ve its relation to the North Anatolian Fault System*. InternationalWorkshop on theNorth Anatolian, East Anatolian ve Dead Sea Fault Systems: Recent Progress in

Tectonics ve Paleoseismology, ve Field Training Course in Paleoseismology, Ankara, Poster Session, 2/2.

Sözbilir, H., Sümer, Ö., Uzel, B., Özkaymak, Ç., Ersoy, Y., Erkül, F. ve diğer. (2007). Batı Anadolu'da İzmir-Balıkesir Transfer Zonu içinde kalan aktif doğrultu-atımlı faylarla sınırlı havzaların jeolojik özellikleri. S. Ergintav, (Ed.*), Aktif Tektonik Araştırma Grubu 11. Toplantısı bildiri özleri kitabı*, (42). Kocaeli.

Sözbilir, H., Uzel, B., Sümer, Ö., İnci, U., Ersoy, E.Y., Koçer, T. ve diğer. (2008). D-B Uzanımlı İzmir Fayı ile KD-Uzanımlı Seferihisar Fayı'nın Birlikte Çalıştığına Dair Veriler: İzmir Körfezi'ni Oluşturan Aktif Faylarda Kinematik Ve Paleosismolojik Çalışmalar, Batı Anadolu, Türkiye. *Türkiye Jeoloji Bülteni, 51* (2), 91–114.

Sözbilir, H., Sümer, Ö., Uzel, B., Ersoy, Y., Erkül, F., İnci, U. ve diğer. (2009). 17-20 Ekim 2005-Sığacık Körfezi (İzmir) depremlerinin sismik jeomorfolojisi ve bölgedeki gerilme alanları ile ilişkisi, Batı Anadolu. *Türkiye Jeoloji Bülteni, 51*(2), 217–238.

Sözbilir, H., Sarı, B., Uzel, B., Sümer, Ö. ve Akkiraz, S. (2011). Tectonic implications of transtensional supradetachment basin development in an extension-parallel transfer zone: the Kocaçay Basin, western Anatolia, Turkey. *Basin Research, 23*(4), 423-448.

Sümer, Ö., San, T. B., Gürçay, B., Pekesin, B. F., Avcı, M. K. ve Koruyucu, A. (2006). *Aster uydu verisi uygulamaları; Türkiye'den örnekler.* MTA Genel Müdürlüğü ve Japonya Uluslararası İş Birliği Ajansı özel yayın serisi 5.

Şaroğlu, F. ve Yılmaz, Y. (1986). *Doğu Anadolu'da Neotektonik dönemdeki jeolojik evrim ve havza modelleri*. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.

Şengör, A. M. C. ve Kidd, W. S. F. (1979). Post-collisional Tectonics of the Turkish Iranian Plateau and a comparison with Tibet. *Tectonophysics, 55*, 361-376.

Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. *Tectonophysics, 75*, 181–241.

Tan, O. ve Taymaz, T. (2001). Source parametres of November 6, 1992 Doganbey (İzmir) earthquake (Mw=6.0) obtained from inversion of teleseismic body-waveforms. In: *Proceedings of 4th International Turkish Geology Symposium*: Work in Progress on the Geology of Turkey and Its Surroundings, Çukurova University Publications, 171.

Taymaz, T., Jackson, J. ve Mckenzie, D. (1991). Active tectonics of the North ve Central Aegean Sea. *Geophysical Journal International, 106*, 433–490.

Uzel, B. ve Sözbilir, H. (2008). A first record of strike-slip basin in western Anatolia ve its tectonic implication: The Cumaovası basin as an example. *Turkish Journal of Earth Sciences, 17*, 559–591.

Uzel, B., Sözbilir, H. ve Özkaymak, Ç. (2012). Neotectonic evolution of an actively growing superimposed Basin in Western Anatolia: The Inner Bay of İzmir, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences, 21*, 439-471.

Uzel, B., Sözbilir H., Özkaymak, Ç., Kaymakçı, N. ve Langereisc, G. C. (2013). Structural evidence for strike-slip deformation in the İzmir‑Balıkesir transfer zone and consequences for late Cenozoic evolution of western Anatolia (Turkey). *Journal of Geodynamics, 65*, 94– 116.

Wentworth, C.K. (1922). A scale of grade ve class terms for clastic sediments. *Journal Geology, 30*, 377-392.

Yılmaz Y., Şaroğlu F. ve Güner Y. (1987). Initiation of the Neomagmatism in East Anatolia. *Tectonophysics, 134*, 177-199.

Yılmaz, Y., Genç, Ş.C., Gürer, O.F., Bozcu, M., Yılmaz, K., Karacık, Z. ve diğer. (2000). When did the western Anatolian grabens begin to develop In: Bozkurt E., Winchester J.A. ve Piper J.D.A. (eds), Tectonics ve Magmatism in Turkey ve the Surrounding Area. *Geological Society of London, Special Publication 173,* 353−384.

Yusufoğlu, H. (1996). Northern margin of the Gediz graben: Age ve evolution, west Turkey. *Turkish Journal of Earth Science, 5*, 11−23.

Zebker, H.A. ve Goldstein, R.M. (1986). Topographic mapping from interferometric synthetic aperature radar observations. *Journal of Geophysical Research, 91*, B5, 4993-4999

EKLER

SÖZLÜK

Açısal Uyumsuzluk: İki farklı kaya biriminin bir aşınma yüzeyi ile ayrılmasıdır. Yeryüzünün altındaki kayalar çökelmiş, deformasyona ve erozyona uğramıştır. Bunlar daha sonra genç kayaların üzerine bir aşınım yüzeyi ile birikmiştir. http://geology.com/dictionary/glossary-a.shtml

Aktif Fay: Son 10,000 yıl içinde hareket etmiş veya sismik aktivite göstermiş olan faylara denir.
https://en.wikipedia.org/wiki/Active_fault

Aktif Tektonik: Günümüzde meydana gelen tektonik süreçlerin nasıl olduğunu inceleyen, faylar, depremler ve yapısal elemanların kıta ve kabuk üzerinde oluşturduğu deformasyonları araştıran bilim dalıdır.
http://earthsciences.ucr.edu/group_active_tectonics.html

Alüvyal Yelpaze: Tortuların herhangi bir su akıntısı ile taşınması sırasında ortaya çıkan bir kesinti nedeniyle akıntının ağzında biriken toprak ya da kaya parçalarından oluşan yelpaze şeklindeki kama biçimi.
http://geology.com/dictionary/glossary-a.shtml

Alüvyon: Akarsular tarafından taşınan kil, kum, çakıl gibi kütle parçalarının, suyun akış hızının azalması sonucu elverişli yerlere birikmesiyle meydana gelen konsolide olmayan tortulardır.
http://geology.com/dictionary/glossary-a.shtml

Antiform: Stratigrafik dizisi bilinmeyen katmanların yukarıya doğru kıvrımlanıp kanat oluşumudur.
Robert L. Bates, Julia A. Jackson, *Glossary of Geology*, 1987.

Antiklinal: Yukarıya doğru dış bükey şekle sahip kaya katmanlarından oluşan bir yapı.
http://geology.com/dictionary/glossary-a.shtml

Bindirme Fayı: Eğimi 30^o civarında olan düşük açılı ters faylara verilen isimdir.
http://geology.com/dictionary/glossary-a.shtml

Deformasyon: Gerilme ve çeşitli iç ve dış kuvvetlerin etkisi ile kaya birimin orijinal şeklinden başkalaşmaya uğramasına denir.
http://geology.com/dictionary/glossary-a.shtml

Diyajenez: Birikim, ayrışma ve metamorfizma sonucu bir tortulda oluşan değişikliklerin tümü.
http://geology.com/dictionary/glossary-a.shtml

Doğrultu Atımlı Fay: Yeryüzünde 90 dereceye yakın dik bir konumda olan ve yalnızca birbirlerine göre yatay olarak hareket eden yanal atımlı faylardır. Bu faylar, atımlarına göre sağ ya da sol yönlü olabilirler.
http://geology.com/dictionary/glossary-a.shtml

Episantr: Deprem odak noktasına en yakın olan yer üzerindeki noktadır.Burası aynı zamanda depremin en çok hasar yaptığı veya en kuvvetli olarak hissedildiği noktadır.
http://geology.com/dictionary/glossary-a.shtml

Fasiyes: Belirgin bir çökelme ortamını yansıtan birbirlerine yakın ortamdaki kaya ve sedimentlerin birim özelliklerinin genel ismidir.
http://geology.com/dictionary/glossary-a.shtml

Fay: Kayalardaki kırık veya kırık zonu üzerindeki kayma hareketinin gerçekleşmesidir.
http://geology.com/dictionary/glossary-a.shtml

Fay Breşi: Bir fay yüzeyi üzerindeki hareket sırasında kayaların ezilmesi, parçalanması veya makaslanması ile oluşan ya da büyük bir fay ile ilişkili kopmalarla gelen sürtünme breşi.

Robert L. Bates, Julia A. Jackson, *Glossary of Geology*, 1987.

Fay Çiziği: Fay boyunca gerçekleşen harekete paralel gelişirler ve fay bloklarının gerçek hareket yönünü gösterirler. Çoğunlukla fay blokları arasında kalmış sert tanelerin veya düzgün olmayan fay yüzeyinin diğer fay bloğunu oyması veya düzleme saplanması sonucu oluşan çizik veya derin oluklar (fay olukları) şeklinde gelişebilirler.

http://yunus.hacettepe.edu.tr/~kdirik/YJ_faylar_1.pdf

Graben: Çift taraflı normal faylanma ile iki tane karşılıklı bloğun arasında alçakta kalan kütleye denir. Kabuk genişlemesi sonucu oluşur.

http://geology.com/dictionary/glossary-a.shtml

Havza: Tektonik olarak tabakaların dairesel, senklinal yapıda çökelimi. Sedimentolojik olarak belli bir alandaki geniş düzeyde tortul birikimi.

http://geology.com/dictionary/glossary-a.shtml

Horst: Çift taraflı normal faylanma ile oluşan yüksekte kalan kütleye denir.

http://geology.com/dictionary/glossary-a.shtml

Senklinal: Benzer şekilde tortul tabakanın, yan basınçların etkisi ile aşağı doğrultuda çökmesiyle oluşan kıvrım tipidir.

http://geology.com/dictionary/glossary-a.shtml

Jeomorfoloji: Dünya yüzeyindeki dağlar, vadiler, okyanuslar ve drenaj sistemleri gibi şekillerin kökeni, tanımı ve oluşum süreçlerinin açıklanmasını konu edinen bilim dalıdır.

http://geology.com/dictionary/glossary-a.shtml

Kıvrım: Kabuk hareketleri ile kaya birimlerinin bükülmesi veya eğilmesi ile oluşan kavisli litolojik yapıdır.
http://geology.com/dictionary/glossary-a.shtml

Kolüvyal Çökel: Heterojen ve bağlanmamış gevşek toprak malzemesi kütlesi ve/veya yağmur yıkamaları ile depolanan kayaç parçaları veya yamaç boyunca devamlı kayma ile genellikle haif eğimli yamaçlarda ya da tabanında toplanması sonucu oluşan birikime verilen genel bir addır.
Robert L. Bates, Julia A. Jackson, *Glossary of Geology*, 1987.

Morfotektonik: Dünya yüzeyinin morfolojik veya topografik özelliklerinin tektonik yorumlanması, onların tektonik veya yapısal ilişkileri ve kökenleri daha doğrusu erozyonun yüzeysel süreçlerinin kaynağı ve sedimantasyon ile ilgilenir.
Robert L. Bates, Julia A. Jackson, *Glossary of Geology*, 1987.

Neotektonik: Yerkabuğunun Miyosen sonrası yapılarına ve yapısal geçmişine verilen genel isimdir.
Robert L. Bates, Julia A. Jackson, *Glossary of Geology*, 1987.

Normal Fay: Fay düzlemi boyunca bir bloğun diğer bloğa göre yer çekimine uygun aşağı hareket etmesi şeklidir. Eğimleri 45^{o} den büyük, 90^{o} den küçüktür; genelde 60^{o} dir.
http://geology.com/dictionary/glossary-a.shtml

Paleosismoloji: Eski depremlerin izi olan jeolojik çöküntüleri ve kayaları inceler. Sismik tehlike hesaplaması için sismik gözlemleme de kullanılır. https://tr.wikipedia.org/wiki/Paleosismoloji

Sinform: Stratigrafik dizisi bilinmeyen katmanların aşağı doğru kıvrımlanıp kanat oluşumudur.
Robert L. Bates, Julia A. Jackson, *Glossary of Geology*, 1987.

Taban Blok: Cevher veya madeni üretimlerde, özellikle eğimli damar veya fay duvarı altında kalan taraftır.

Robert L. Bates, Julia A. Jackson, *Glossary of Geology*, 1987.

Tavan Blok: Bir cevher kütlesine, fay ya da madeni üretimlerde, özellikle eğimli damar veya fay duvarı üstüne uzanan taraftır.

Robert L. Bates, Julia A. Jackson, *Glossary of Geology*, 1987.

Tektonik: Yerkabuğunda meydana gelen büyük ölçekli hareket ve deformasyon üreten süreçlerin tümüne verilen addır.

http://geology.com/dictionary/glossary-a.shtml

Ters Fay: Fay düzlemi boyunca bir bloğun diğer bloğa göre yer çekimine zıt yönde yukarıya hareket etmesi şeklidir. Eğimleri 45^{o} den büyüktür.

http://geology.com/dictionary/glossary-a.shtml

Yapısal Jeoloji: Günümüz kaya geometrisine göre, kayaların etkisi altında kaldıkları stres ve deformasyonları hakkındaki tarihçelerini araştırmayı amaçlayan bilim dalıdır.

https://en.wikipedia.org/wiki/Structural_geology