

KUŞADASI KÖRFEZİ'NİN (İZMİR) KUZEY KENARI BOYUNCA JEOTERMAL SİSTEM İLE İLİŞKİLİ AKTİF FAYLAR*

Duygu DURMAZ

Danışman: Doç.Dr. Bora UZEL
Jeoloji Mühendisliği Bölümü

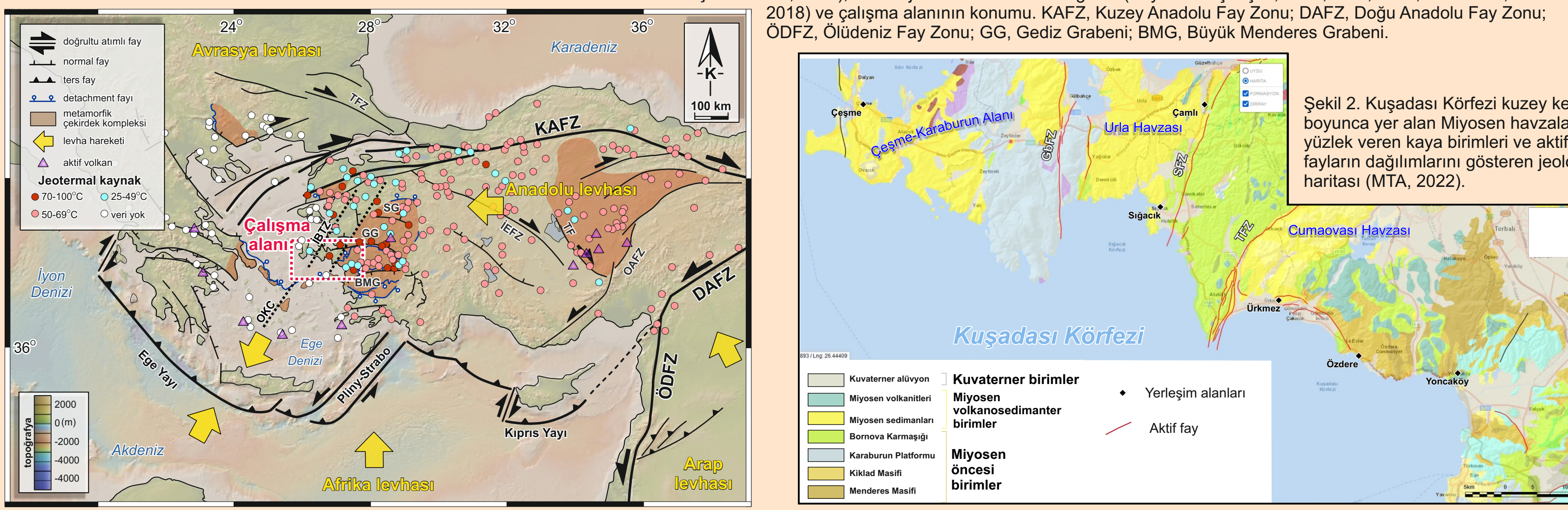


Poster No 3

*Bu çalışma 119R032 nolu 'Ege Denizi Kıta Sahalığındaki Fay Kontrollü Deniz Altı Jeotermal Kaynaklar' başlıklı TÜBİTAK projesi tarafından desteklenmiştir. Prof.Dr. Nuretdin Kaymakçı, Tolga Uyar ve Elif Çakır saha çalışmalarına katılmıştır.

ÖZ Bu çalışma, İzmir'in güneyinde bulunan Kuşadası Körfezi boyunca, yüzeydeki jeotermal emarelerin saptanması ve bölgedeki özellikle de denize doğru devamlılığı olan faylar ile ilişkilerinin ortaya konması ve bu alanlarda kinematik veriler ölçülerek paleostress koşullarının belirlenerek bölgedeki aktif jeotermal sistemin yorumlanmasını amaçlamaktadır. Bu kapsamda, Kuşadası Körfezi'nin kuzey kenarı boyunca Kuşadası ile Çeşme arasında kalan alanda detaylı jeolojik gözlemler yapılmıştır. Bu gözlemlere göre bölgede yüzlek veren kaya birimleri yaşlıdan gence doğru; (i) Miyosen öncesi birimler, (ii) Miyosen volkanosedimanter birimler, (iii) Kuvaterner birimler olarak 3 ana pakete ayrılır. Çalışma alanında gözlenen diri faylar iki farklı uzanım ve faylanma karakteri sunmaktadır. Bunlar; (i) KD uzanımlı ve sağ yanal doğrultulu atımlı fay karakterindeki Tuzla, Seferihisar, Yağcılar, Gülbahçe fayları; (ii) DB uzanımlı ve normal fay karakterindeki Gümlüdürlü Fayı'dır. Bu faylar boyunca, jeotermal alan ile ilişkili fay düzlemleri saptanarak 36 lokasyondan (K1-K20, C1-C13, S1-S15) toplam 2419 fay düzlemi verisi (doğrultu, eğim ve rake açısı değerleri) toplanmıştır. Bölgedeki jeotermal sistem ile ilişkili olan faylanmanın K65D ile K65B arasında değişen genişleme kuvvetleri ile buna dik sıkışma kuvvetleri altında oluştuğu hesaplanmıştır. Arazi gözlemlerinde hem KD, hem KB, hem de D-B uzanımlı faylar ile bu fayların keşim alanlarında gelişen çatlak sistemleri üzerinde, jeotermal akışkanlarla ilişkili olabilecek traverten ve kalsit dolguları geliştiği saptanmıştır. Özellikle, Tuzla Fayı'nın Kuşadası Körfezi'ne girdiği noktalar ile Çeşme'de deniz içerisinde aktif sıcak su çıkışları olduğu belirlenmiştir.

ÇALIŞMA ALANI



Şekil 1. Batı Türkiyeyi şekillendiren kıtasal ölçekli tektonik yapılar (Kaymakçı vd., 2003; Bıryol vd., 2011; Uzel vd., 2015), önemli jeotermal alanların dağılımı (Bayram ve Şimşek, 2005; MTA, 2005; Roche vd., 2018) ve çalışma alanının konumu. KAFZ, Kuzey Anadolu Fay Zonu; DAFZ, Doğu Anadolu Fay Zonu; ODZ, Ölüdeniz Fay Zonu; GG, Gediz Grabeni; BMG, Büyük Menderes Grabeni.

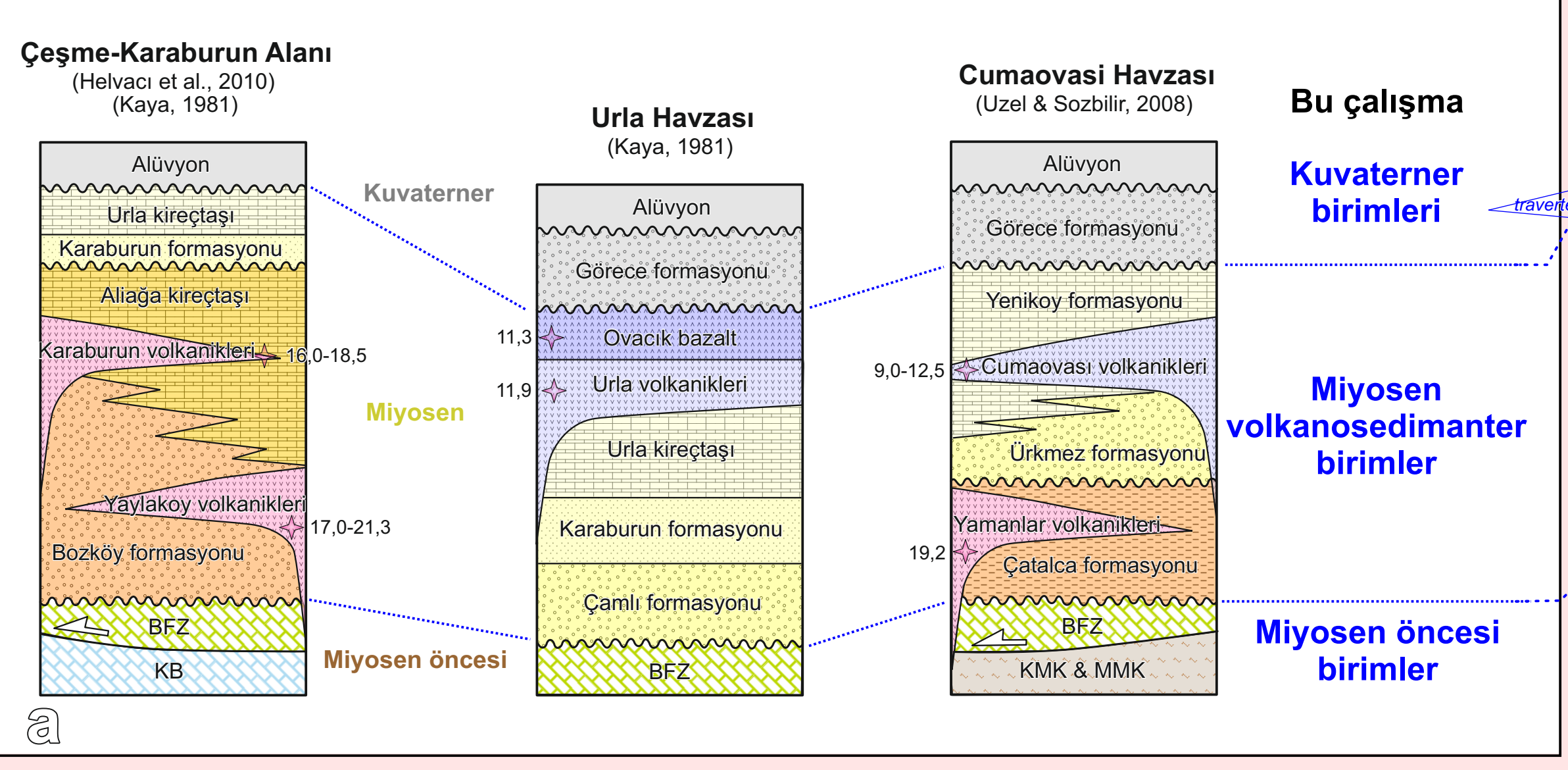
Şekil 2. Kuşadası Körfezi kuzey kenarı boyunca yer alan Miyosen havzaları, yüzlek veren kaya birimleri ve aktif fayların dağılımını gösteren jeolojik haritası (MTA, 2022).

Çalışma alanı içerisinde bulunan Batı Anadolu jeolojik olarak, Ege volkanik yayını oluşturan Helenik dalma zonunun üzerindeki üst levhanın bir parçasıdır ve Afrika levhasının Avrasya'nın altına dalmasıyla Anadolu'daki devamı Arabistan zaten doğrudan doğruya ile çarpışmakta olduğundan Anadolu'nun bazı kısımları Kuzey ve Doğu Anadolu fay sistemleri boyunca batıya doğru yanlara doğru kaymaktadır. Tektonik kaçış adı verilen bir süreçte aynı zamanda Afrika levhası kuzeyde Anadolu'nun batı kısmının altına dalar, ancak dala Afrika levhası yerçekimi tarafından çekiliyor, bu nedenle hendek ve yitim sistemi Afrika'ya doğru geri döner (Bozkurt, 2001). Yitir ve dalan levhalar arasındaki bağlantı, Afrika levhası geri çekilirken, Anadolu'nun üst levhasının ve onunla Ege'nin parçalarını güneye çekerek K-G uzantısına neden olduğu anlamına gelir (Şekil 1).

Bu çalışma, Kuşadası Körfezi'nin kuzeyindeki Kuşadası ile Çeşme arasında kalan kıyı kenar çizgisini içeren alanda gerçekleştirilen bu tez çalışmaları kapsamında, bölgedeki jeotermal alanlar ve bunların faylar ile olan ilişkilerinin saptanarak, Körfezin kara ve deniz alanındaki jeotermal potansiyelin incelenmesi amaçlanmıştır. Bunun için hem saha çalışmaları hem de ilgili yerli literatür ışığında bölgede yüzlek veren kaya birimlerinin stratigrafisi ortaya konmuş, belirlenen (aktif) fay düzlemleri boyunca ölçümler yapılmış ve elde edilen sonuçlar jeotermal sistemin yorumlanmasında kullanılmıştır. Aşağıda, saha çalışmaları öncesinde incelenen jeotermal sistem terminolojisi sunulmuş, çalışma alanının yer tanımlanmış, bu lezin çıkış noktası belirlenmiş ve bu kapsamda uygulanan yöntemler aktarılmıştır. Son olarak, çalışma alanının jeolojisi ve çalışma alanındaki jeotermal alanlar ile ilgili önceki araştırmaları içeren bilgiler sunulmuştur.

Arazide gözlemlenmiş konularda sağlık turizmi, elektrik elde edilen vb. birçok sıcak suyu kullanışlı hale getirebilen işletmeler mevcuttur. Çalışılan bölge kuzeyde İzmir Fayı güneyde Ege Denizi, doğuda Kuşadası (Aydın), batıda ise Çeşme (İzmir) ilçesi ile sınırlıdır. Bölgedeki ana vadiler kuzeyden güneye doğru denize dökülür. Çalışma alanında yer alan önemli havzalar batıdan doğuya sırasıyla şu şekildedir, Urla Havzası, Cumaovası Havzası'dır. Bölgeye ulaşım kuzeyden İzmir-Çeşme otoyolu, güneyden Kuşadası-Söke otoyolu ile sağlanmaktadır.

STRATİGRAFİ



Şekil 3.a) Çalışma alanının genişletilmiş kolon kesiti: BFZ, Bornova Fliş Zonu; KB, Karaburun Platformu; CMC, Kiklad Masifli Çekirdek Kompleksi; MMC, Menderes Masifli Çekirdek Kompleksi, moriyalardır gösterilen simge radyometrik yaşları göstermektedir (Uzel vd., 2013) b) Gözlenen kaya birimlerinin arazi fotoğrafları.



Çalışma kapsamında Kuşadası Körfezi kuzey kenarı boyunca yapılan arazi çalışmalarında yüzlek veren kaya birimleri 3 farklı kaya paketine ayrılarak incelenmiştir. Gözlemler doğrultusunda bölgedeki kaya birimleri yaşlıdan gence doğru; Miyosen öncesi temel kayalar, Miyosen yaşlı volkanosedimanter ile Kuvaterner yaşlı Alüvyon olarak tanımlanmaktadır (Şekil 4; Sözbilir vd., 2011; Uzel vd., 2013).

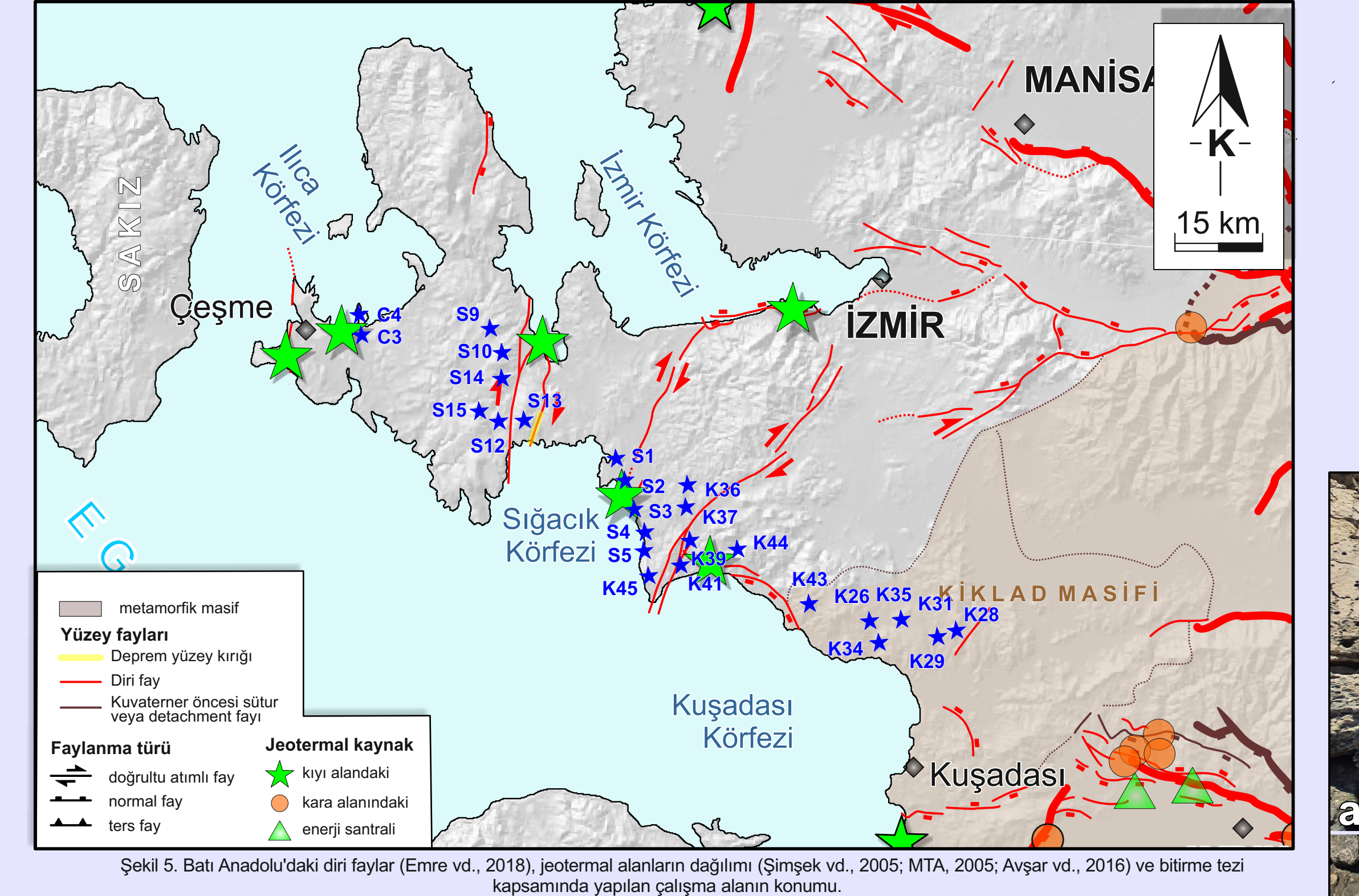
Bölgedeki en yaşlı kaya birimi olan Menderes Masifli Kompleksi ve Kiklad Masifli'nin birimlerinin üzerinde bindirme fayı ile gelen Bornova Melanj'i üzerine uyumsuz olarak Miyosen yaşlı volkanosedimanter birim oluşum göstermiştir. Çalışma alanı içerisinde yer alan ve e genç birimler olarak tanımlanan Kuvaterner ve Holosen yaşlı alüvyon birimi alta yer alan kaya birimleri üzerinde uyumsuz olarak çökelmiştir.

Çalışılan alanın stratigrafik olarak en altında bulunan Miyosen öncesi kaya birimleri, Prekambriyen – Senozoyik yaşlı Menderes ve Kiklad Masifline ait metamorfik kayalar ile Geç Kretase – Paleosen yaşlı Bornova Fliş Zonu'na ait kumtaşı-şeyli ve rekristalize kireçtaşları gözlenmektedir. (Şekil 3-g).

Miyosen yaşlı volkanosedimanter birimler, daha yaşlı birimler üzerinde uyumsuz bir dokanla gelir (Şekil 3-d). Dokanak tabanda sedimentolojik açıdan kötü dokusal olgunluğa sahip, yer yer paleotoprak seviyeleri içeren kaba çakıltaşları ve ile başlar. Miyosen yaşlı kayaların tabanını simgeleyen bu seviye; Kuşadası civarında Karatepe çakılıtaşı, Cumaovası havzasında Ürmez formasyonu, Urla havzasında Çamlı çakılıtaşı, Çeşme civarında Bozköy formasyonu olarak anılmaktadır.

Kuvaterner birimler, çalışma alanındaki güncel drenaja ait akarsuların tabanlarında, bu akarsuların Ege Denizi'ne döküldüğü kıyılarda yüzlek verir. Bu çökeller çalışma alanında stratigrafik olarak bölgedeki Miyosen yaşlı birim üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır (Şekil 3-b). Yukarı anlatılan Kuvaterner birimler ek olarak, çalışma alanın sıcak su çıkış lokasyonlarında Traverten birimi ve tuz çökeltileri gözlemlenmiştir.

YAPISAL JEOLOJİ ve PALEOSTRES



Şekil 5. Batı Anadolu'daki diri faylar (Emre vd., 2018), jeotermal alanların dağılımı (Şimşek vd., 2005; MTA, 2005; Aşvar vd., 2016) ve bitirme tezi kapsamında yapılan çalışma alanının konumu.

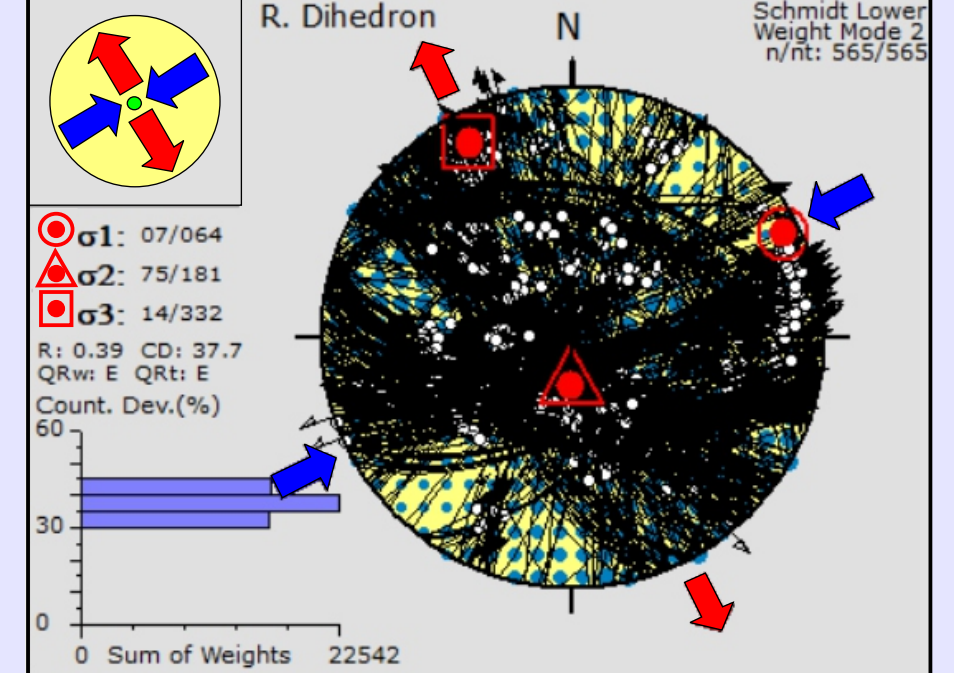
Türkiye'nin batı kesimi, genel olarak D-B uzanımlı fay sistemleri ile kontrol edilmektedir. Türkiye'nin deprem açısından en aktif bölgelerinden biri olan Ege Bölgesi birçok fay tarafından etkilenmektedir. Çalışma alanının içerisinde ise kuzeyden güneye, Gümlüdürlü Fayı, Tuzla Fayı, Seferihisar Fayı ve Yağcılar Fayı yer alır. Bu faylar ve fay zonları Ege Denizi'nin içine kadar uzanmaktadır (Şekil 5).

Karaburun Yarımadası'nın GB'sında kalan Çeşme bölgesinde yapılan gözlemler ile bölgede çok miktarda termal otel ve sıcak su çıkışı olduğu saptanmıştır. Arazi çalışmalarında doğrultulu K50D ve K75B olan ve birbirlerini kesen kalsit dolgulu açılma çatlakları, aynı şekilde bunlara paralel fay çiziklerine rastlanmıştır (Şekil 9).

Siğacık Körfezi ve çevresinde tarafımızdan yapılan gözlemlerde Bornova Fliş Zonu, Neojen yaşlı volkanosedimanter birimler ve Kuvaterner yaşlı alüvyonları kesen KD uzanımlı doğrultulu atımlı faylar ve D-B uzanımlı normal faylar saptanmıştır. Bölgede K50-60D doğrultulu denize uzanan kalsit dolgularına rastlanmıştır. Seferihisar bölgesinde yer alan K-G uzanımlı K30-40D doğrultulu atımlı fay karakterindeki Yağcılar Fay Zonu, içerisinde negatif çökek yapısı morfolojisi gözlenmektedir.

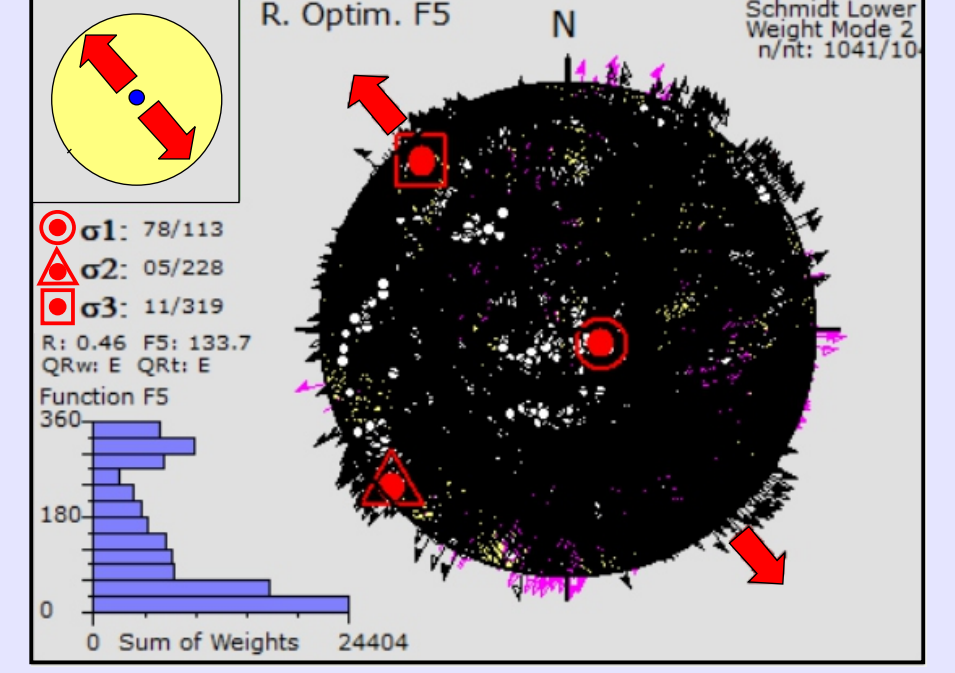
Kuşadası'nda yapılan analizlerde KB ve KD uzanımlı faylar ve birbirlerini kesen ana faya dik bir şekilde kalsit dolgulu açılma çatlaklarına rastlanmıştır. Genel olarak ana faya keşimlenen DB doğrultulu, denize doğru uzanan ve birbirlerini antiteğitli olan fay yüzlemlerinde traverten dolguları saptanmıştır (Şekil 16). Gümlüdürlü'nün batısında kalan K39 lokasyonunda çok miktarda tuz, jeotermal su çıkışları, olası Paleojeotermal, aktif jeotermal ve kalsit çökeli birbirini kesen açılma çatlaklarında gözlenmiştir (Şekil 11).

ÇEŞME



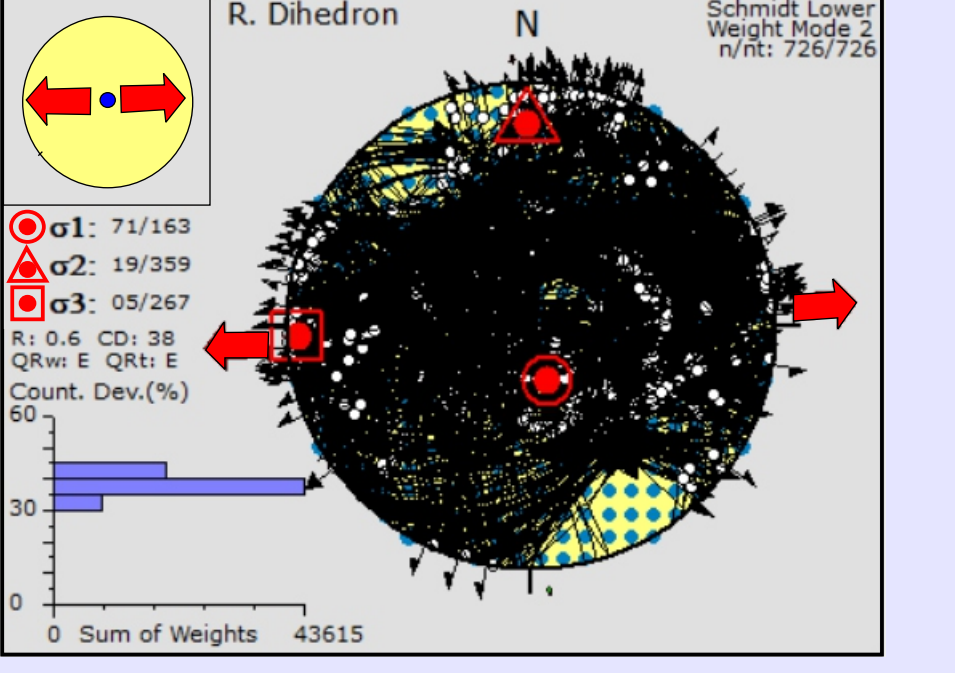
Şekil 6. Çeşme arazi ölçümü yapılan fayların lokasyonlarında paleostres konfigürasyonları (alt yarıküre, eşit alan projeksiyonları).

SEFERİHİSAR-SİĞACIK



Şekil 7. Seferihisar-Sığacık arazi ölçümü yapılan fayların lokasyonlarında paleostres konfigürasyonları (alt yarıküre, eşit alan projeksiyonları).

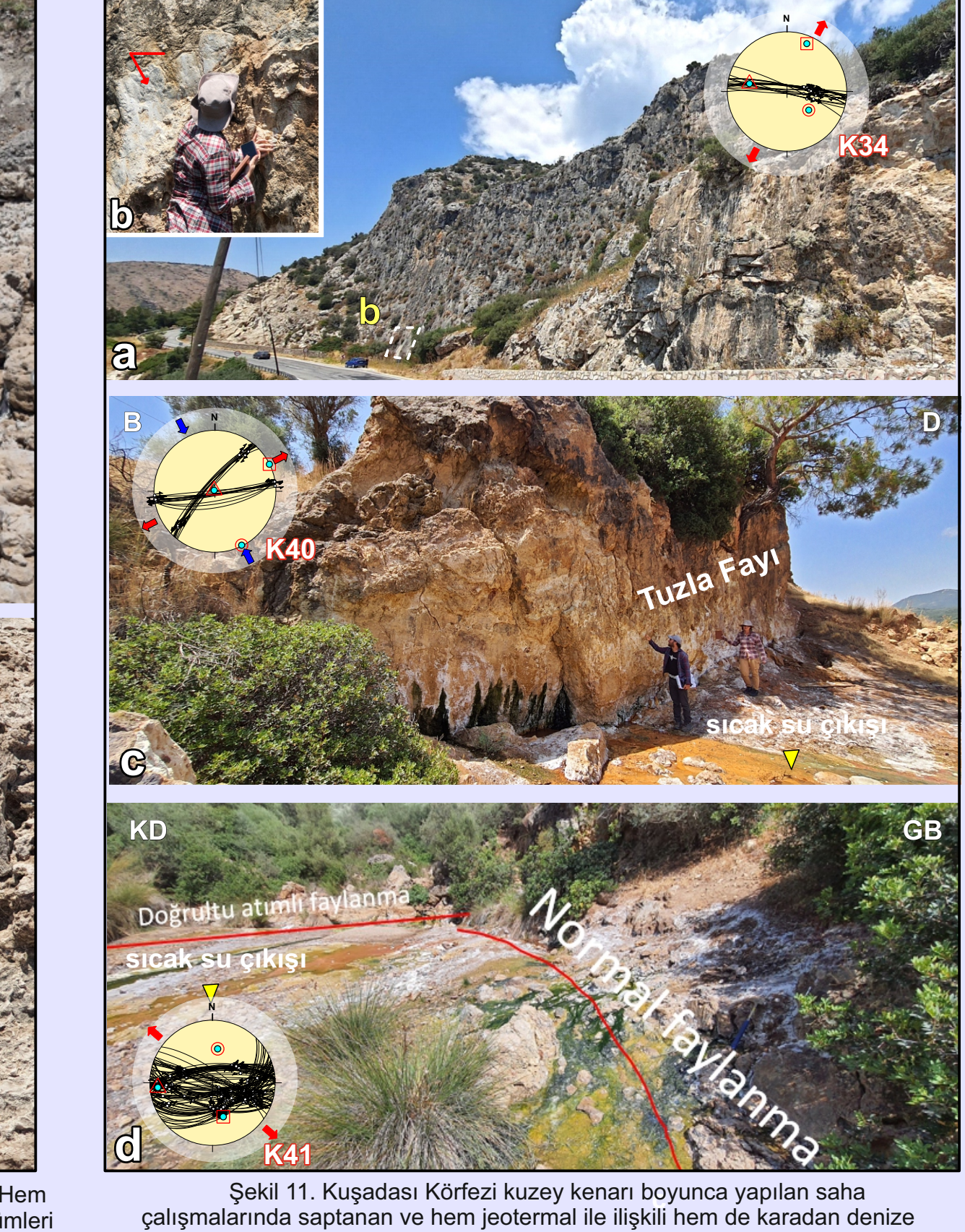
KUŞADASI-TUZLA



Şekil 8. Kuşadası-Tuzla arazi ölçümü yapılan fayların lokasyonlarında paleostres konfigürasyonları (alt yarıküre, eşit alan projeksiyonları).

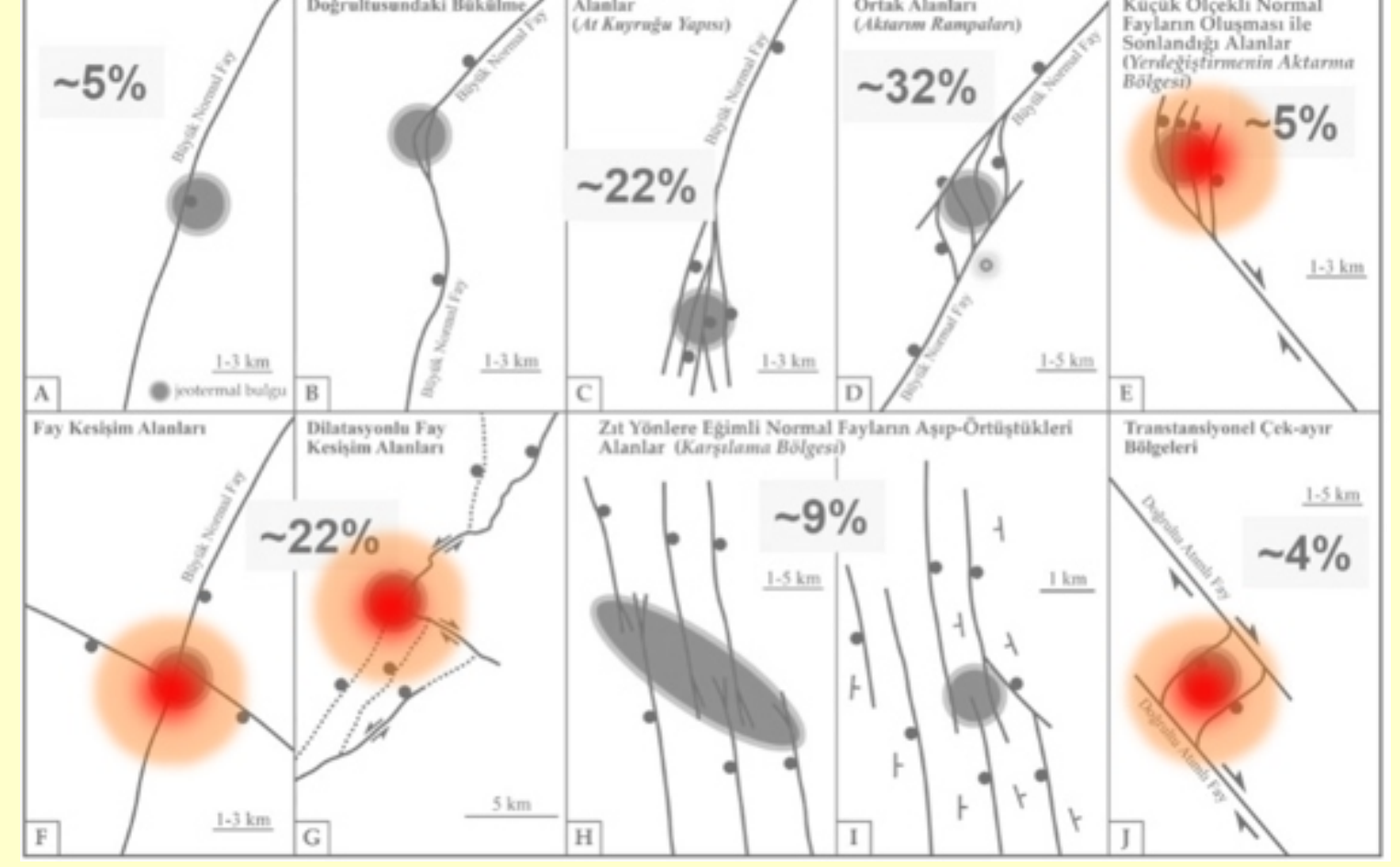


Şekil 9. Çeşme ilçesinde yapılan saha çalışmalarında saptanan ve hem jeotermal ile ilişkili hem de karadan denize doğru uzanan faylara ait arazi görüntüleri.

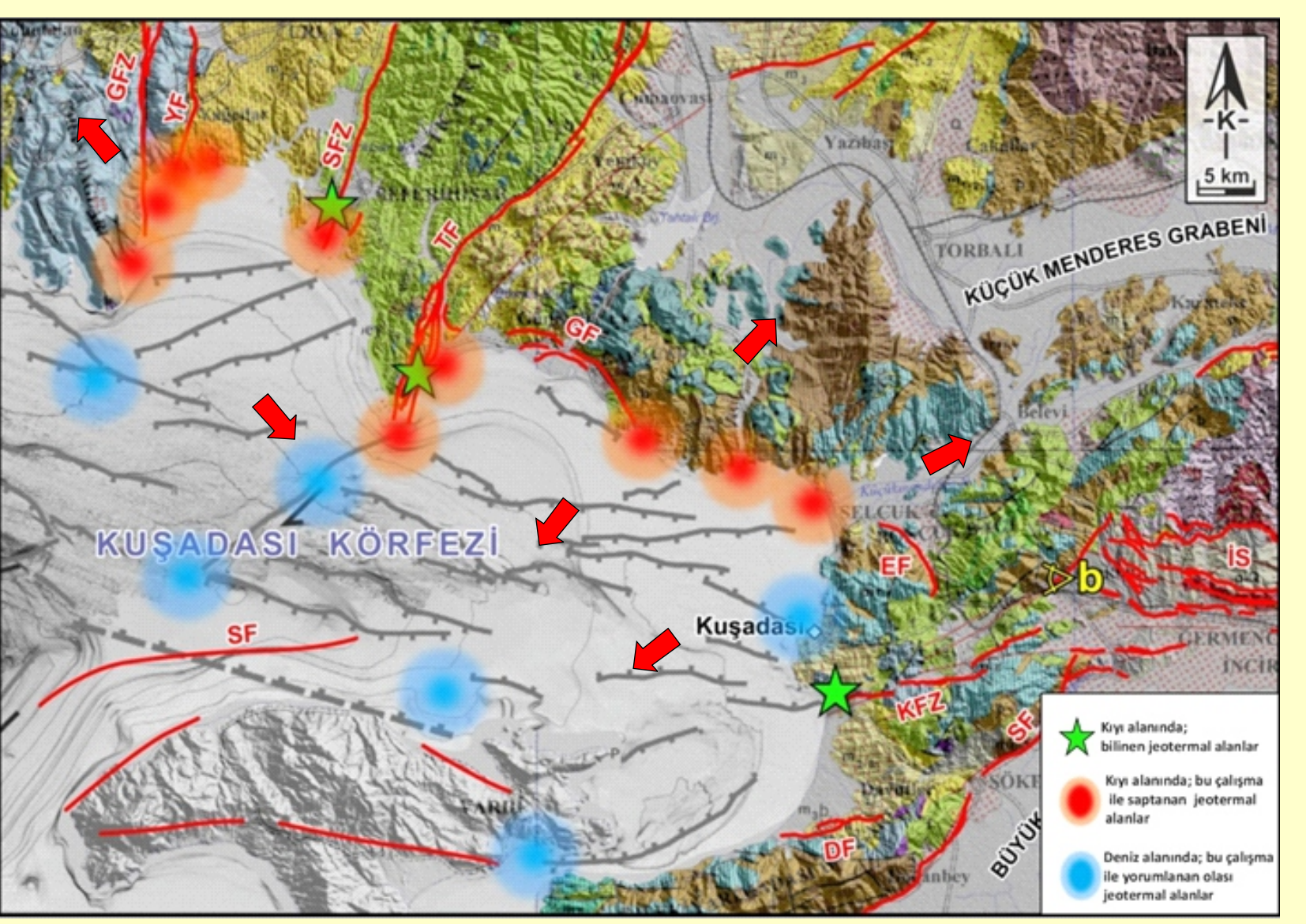


Şekil 10. a) Siğacık Körfezinde yapılan saha çalışmalarında saptanan, a) b) Hem jeotermal ile ilişkili hem de karadan denize doğru uzanan faylara ait arazi görüntüleri c) Olası paleojeotermal alan arazi görüntüleri.

SONUÇLAR



Şekil 12. Jeotermal sistemin, yapısal öğeler ile ilişkisi ve olası yüzlemler potansiyel değerleri (Fauld & Hinz, 2015). Bu tez kapsamında sahadan gözlenenler kırmızı ile belirtilmiştir.



Şekil 13. Karadağ diri fayların denize olan uzantısının jeolojik haritası: MTA (2002), Karadağ diri fayları: Emre vd. (2018), Deniz altı fayları: Bulut vd. (2021), Kırmızı oklar, jeotermal sistem ile ilişkili hesaplanan genişleme yönlerini göstermektedir.

- 1- İnceleme alanı kaya birimleri olarak 3 ana pakete ayrılır. Bunlar, yaşlıdan gence doğru: 1) Miyosen öncesi temel kaya birimleri, 2) Miyosen yaşlı volkanosedimanter birimleri, 3) Kuvaterner yaşlı alüvyondur.
- 2- Bu çalışmada diri faylar boyunca belirlenen 36 alanda toplam 2.419 fay düzlemi verisi (doğrultu, eğim ve rake açısı) toplanmıştır.
- 3- Yapılan saha gözlemlerine göre bölgede; KD uzanımlı doğrultulu atımlı faylar, ve yaklaşık D-B uzanımlı olan normal faylar olmak üzere 2 farklı türde fay bulunmaktadır. Sahada gözlenen bu fayların tümü aktif fay statüsündedir. Bu fayların keşim alanlarında ise kompleks çatlak sistemleri gelişmiştir.
- 4- Sahadan toplanan kinematik verilerin paleostres analizleri, alanlara göre değerlendirildiğinde
 - Çeşme civarındaki aktif faylanmanın, KB-GD yönlü genişleme, KD-GB yönlü sıkışma kuvvetinde oluştuğunu göstermektedir etkisi altındadır (Şekil 6).
 - Seferihisar çevresindeki fayların KB-GD yönlü genişleme, KD-GB yönlü sıkışma kuvvetleri tarafından kontrol edildiği görülür (Şekil 7).
 - Kuşadası alanındaki faylanma ise DKD-BGB yönlü sıkışma kuvvetlerinin etkisi altında olmuştur (Şekil 8)
- 5- Kuşadası Körfezi kuzey kenarı boyunca yapılan saha çalışmaları, bölgede saptanan diri faylar ve bunlar ile ilişkili çatlak sistemleri boyunca, genç traverten ve kalsit oluşukları ile aktif sıcak su çıkışları gibi birçok jeotermal emarenin varlığını ortaya koymuştur.
- 6- Bu emareler Fauld & Hinz (2015) tarafından tanımlanan fay geometrisi ile jeotermal potansiyel arasındaki ilişki kurgusu içerisinde değerlendirildiğinde fay keşim alanları, fayların uç noktaları ve örtüşen fay zonları boyunca jeotermal alanların gözlemlendiği görülür (Şekil 12).
- 7- Kuşadası Körfezi kara alanındaki (MTA, 2022; Emre vd., 2018) ve körfez içerisindeki diri faylar (Bulut vd., 2021), bölgedeki bilinen jeotermal noktalar (Şekil 13'teki yeşil yıldızlar) ve bu çalışma kapsamında yapılan yeni gözlemler bir araya getirildiğinde; bölgedeki kara alanında 10 adet potansiyel ve deniz alanında 6 adet olası potansiyel jeotermal saha tanımlanmıştır (Şekil 13).
- 8- Bu çalışma kapsamında yapılan gözlem ve analizler, aktif faylar ile jeotermal sistem arasında doğrudan bir ilişki olduğunu ve karadan Kuşadası Körfezi'ne doğru uzanan fayların bu sisteme önemli bir rol oynadığını belemektedir.

KAYNAKÇA
Bıryol, F., Doğu, A., Yatmaz, C., Yalçın, S., Ege, M., 2021. Anatomy of October 30, 2020, Samsun (Samsun)-Agopuz earthquake (Mw 6.02) and its influence on Aegean earthquake hazard. Turkish Journal of Earth Sciences, 30, 425-435.
Emre, O., Duran, T.Y., Otaç, S., Şengül, F., Olgun, S., Elmec, H., Çen, T. 2018. Active fault database of Turkey. Bull Earthquake Eng. 16, 3229-3275.
Fauld, J.E., Hinz, N.H., Kraemer, C., and Cosca, M.F., 2015. Regional patterns of geothermal activity in the Great Basin region, western USA. Geothermics for Sustainable Energy, 10, 1-12.
MTA, 2022. MTA Yer Bilimleri Portalı, http://yerbilimleri.mta.gov.tr/araştırma.aspx.
Sözbilir, H., Sarı, B., Uzel, B., Şimşek, O., 2011. Tectonic implications of transverse extensional basin development in an extension-parallel zone: the Kocaeli, Aydin, western Anatolia, Turkey. Basin Research 23, 423-448, doi:10.1111/j.1365-2117.2010.00498.x.
Uzel, B., Sözbilir, H., Otaç, M., Çakır, E., 2013. Structural evidence for strike-slip deformation in the Izmir-Balıkesir transfer zone and consequences for late Cenozoic evolution of western Anatolia (Turkey): The inner bay of Izmir, Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences 66 (2013), 94-116.