

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



PHOENİX ANTİK KENTİNİN ARKEOSİSMOLOJİSİ (TAŞLICA, MUĞLA)

Güneş ANLIAK

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEMMUZ 2025

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



PHOENIX ANTİK KENTİNİN ARKEOSİSMOLOJİSİ (TAŞLICA, MUĞLA)

Güneş ANLIAK

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEMMUZ 2025

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PHOENİX ANTİK KENTİNİN ARKEOSİSMOLOJİSİ (TAŞLICA, MUĞLA)

Güneş ANLIAK

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEMMUZ 2025

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

PHOENİX ANTİK KENTİNİN ARKEOSİSMOLOJİSİ (TAŞLICA, MUĞLA)

Güneş ANLIAK

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez/...../2025 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Erdal KOŞUN

Prof. Dr. Mehmet Serkan AKKİRAZ

Doç. Dr. Volkan ÖZAKSOY

ÖZET

PHOENİX ANTİK KENTİNİN ARKEOSİSMOLOJİSİ (TAŞLICA, MUĞLA)

Güneş ANLIAK

Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Volkan ÖZAKSOY

Temmuz 2025; 35 sayfa

Muğla ili Marmaris ilçesine bağlı Taşlıca köyünde yer alan Phoenix Antik Kenti'nde arkeosismoloji ve jeoloji yöntemleri kullanılarak geçmişte meydana gelen depremlerin izlerinin araştırılmasını ve bölgenin hidrojeolojik özelliklerinin incelenmesini amaçlamaktadır. Türkiye, Alp-Himalaya deprem kuşağı üzerinde yer alması nedeniyle, sık sık yıkıcı depremlerin ve yüzey kırığı oluşturan aktif fay hatlarının etkisinde kalan bir coğrafyaya sahiptir. Bu nedenle, antik yerleşim alanlarında geçmiş depremlerin izlerinin tespit edilmesi, sismik risklerin değerlendirilmesi açısından büyük bir önem taşımaktadır.

Çalışma kapsamında, Phoenix Antik Kenti ve çevresinde gerçekleştirilen saha çalışmaları neticesinde, bölgenin jeolojik yapısı ile ilgili kapsamlı veriler elde edilmiştir. Araştırmada, bölgenin karstik yapısının yer altı suyu akışını etkileyerek hidrojeolojik sistemler üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Arkeosismolojik bulgular, Phoenix Antik Kenti'nin büyük bir depremden ciddi bir yapısal hasar görmediğini, ancak gözlemlenen bazı deformasyonların zamanla doğal aşınma, iklimsel süreçler ve malzeme yorgunluğuna bağlı olarak gelişmiş olabileceğini ortaya koymaktadır. Bölgenin tarih boyunca karşılaştığı en önemli problemlerden biri su kıtlığıdır. Bu çalışma, antik dönemde bölgedeki su yönetim stratejilerini inceleyerek, sarnıç ve su depolama sistemlerinin kullanımını detaylandırmaktadır. Günümüzde de devam eden su kıtlığı sorununun çözümü için sürdürülebilir su yönetimi ve modern teknolojiler gerekmektedir. Sonuç olarak, bu çalışma Phoenix Antik Kenti'nin jeolojik ve hidrojeolojik yapısına ilişkin detaylı veriler sunmakta, bölgenin sismik ve hidrojeolojik riskleri hakkında önemli katkılar sağlamaktadır. Bu veriler, bölgenin gelecekteki sismik tehlikelerine karşı alınacak önlemler ve su yönetimi stratejileri için bir temel oluşturmaktadır.

ANAHTAR KELİMELE: Arkeosismoloji, Hidrojeoloji, Phoenix Antik Kenti, Jeoloji

JÜRİ:

Prof. Dr. Erdal KOŞUN

Prof. Dr. Mehmet Serkan AKKİRAZ

Doç. Dr. Volkan ÖZAKSOY

ABSTRACT

Archaeoseismology of the Ancient City of Phoenix (Taşlıca, MUĞLA)

Güneş ANLIAK

MSc Thesis in Geological Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Volkan ÖZAKSOY

July 2025; 35 pages

This thesis aims to investigate the traces of past earthquakes and the hydrogeological features of the Phoenix Ancient City, located in the Taşlıca and Söğüt villages of Marmaris, Muğla, using archaeoseismology and geological methods. Due to Turkey's location on the Alpine-Himalayan earthquake belt, it is frequently affected by destructive earthquakes and surface-breaking active faults. Therefore, identifying the traces of past earthquakes in ancient settlements is crucial for assessing seismic risks. As part of this study, fieldwork conducted around the Phoenix Ancient City yielded comprehensive data on the geological structure of the region. The research characterizes and assesses the seismic potential of active fault lines in the area. It also highlights the significant impact of the region's karstic structure on groundwater flow, which influences the hydrogeological systems. Archaeoseismological findings suggest that the Phoenix Ancient City did not suffer major structural damage from a significant earthquake. Instead, some observed deformations are likely the result of natural erosion, climatic processes, and material fatigue over time. One of the most critical issues faced by the region throughout history has been water scarcity. This study examines ancient water management strategies, detailing the utilization of cisterns and other water storage systems. The ongoing issue of water scarcity today requires sustainable water management and modern technologies to resolve. In conclusion, this study provides detailed data on the geological and hydrogeological structure of the Phoenix Ancient City, offering significant insights into the region's seismic and hydrogeological risks. These findings lay the foundation for measures to mitigate future seismic hazards and develop effective water management strategies for the area.

KEYWORDS: Archaeoseismology, Geology, Hydrogeology, Phoenix Ancient City

COMMITTEE:

Prof. Dr. Erdal KOŞUN

Prof. Dr. Mehmet Serkan AKKİRAZ

Assoc. Prof. Dr. Volkan ÖZAKSOY

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması, Muğla ili Marmaris ilçesine bağlı Taşlıca köyünde yer alan Phoenix Antik Kenti'nde gerçekleştirdiğim arkeosismolojik araştırmaların bir ürünüdür. Çalışma boyunca antik bir yerleşimin jeolojik geçmişini, yapı deformasyonlarını ve olası sismik etkilerini incelemek, benim için hem bilimsel hem de kişisel açıdan öğretici bir deneyim olmuştur. Bu konuyu seçmemdeki temel neden, geçmişte yaşanmış depremlerin antik yapılarda bıraktığı izleri araştırarak, hem doğal afetlerin tarihsel etkilerini anlamak hem de disiplinler arası bir yaklaşımla bu alana katkı sunabilme arzusuymdu. Phoenix Antik Kenti'nin çok katmanlı tarihi ve etkileyici coğrafyası, bu yönde özgün ve anlamlı bir araştırma zemini sunmuştur. Çalışma sürecinde karşılaştığım tüm zorluklara rağmen, elde ettiğim deneyim ve veriler, akademik yolculuğumda önemli bir kilometre taşı olmuştur. Bu süreçte bilgi ve deneyimini benimle paylaşan, yol gösteren danışmanım Doç. Dr. Volkan Özaksoy'a teşekkür ederim. Aynı şekilde, Phoenix Arkeoloji Projesi başkanı Doç. Dr. Asil Yaman ve ekibine, özellikle saha çalışmalarında sundukları destek ve paylaştıkları bilgiler için içtenlikle teşekkür ederim. Ayrıca, bu süreçte her zaman yanımda olan aileme ve arkadaşlarıma sabırları ve manevi destekleri için müteşekkirim. Bu çalışmanın, arkeosismoloji alanında yapılacak yeni araştırmalara katkı sağlamasını ve Phoenix Antik Kenti üzerine gerçekleştirilecek çalışmalara ışık tutmasını dilerim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
AKADEMİK BEYAN	v
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. Phoenix Arkeoloji Projesi	1
1.2. Çalışma Alanının Tanıtılması.....	2
1.3. Çalışmanın Amacı	4
1.4. Çalışma Alanı İklimi	4
2. KAYNAK TARAMASI	7
3. MATERYAL VE METOT	9
3.1 Çalışma Alanının Jeolojisi.....	9
3.2 Bölgesel Tektonizma	10
3.3 Arkeosismoloji	11
3.4. Tarihsel Depremler	11
3.5. Phoenix Antik Kenti Yapılarında Deformasyon Analizi	13
3.6. Taşlıca Fayı	16
3.7 Çalışma Alanının Hidrojeolojisi.....	22
4. BULGULAR.....	25
5. TARTIŞMA	27
6. SONUÇ	30
7. KAYNAKÇA.....	32
8. EKLER.....	35
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Phoenix Antik Kentinin Arkeosismolojisi (Taşlıca, Muğla)” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

/07/2025

Güneş ANLIAK

İmzası

XXXXXX

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

km: Kilometre

mm: Milimetre

°C: Santigrad

Kisaltmalar

MÖ: Milattan Önce

MS : Milattan Sonra

MTA: Maden Tetkik Arama

PAP: Phoenix Arkeoloji Projesi

PPFZ: Pliny-Ptolemy-Strabo Fay Zonu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası, Google Earth görünümü.	2
Şekil 1.2. Tapınak-kilise, batı tarafı (Yaman vd. 2022).....	3
Şekil 1.3. Çalışma alanının ortalama sıcaklık ve yağış verileri grafiği (Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2025).....	5
Şekil 3.1. Türkiye'nin başlıca neotektonik yapıları ve levha sınırlarını gösteren sadeleştirilmiş harita (Bozkurt 2001).....	10
Şekil 3.5. Taşlıca Köyü'nün yaklaşık 2 km kuzeydoğusunda yer alan Kayadibi mevkiinde, Taşlıca fayının yüzeydeki morfolojik izi (kuzey batıya bakış).....	18
Şekil 3.6. (a, b) Taşlıca fay düzlemi fotoğrafları; (c) Taşlıca fayı düzlem verilerinin stereonette gösterilmesi. Fay düzlemi çözümünde FaultKinWin V. 1.2.2 programı kullanılmıştır (Marret ve Allmendinger, 1990; Allmendinger vd., 2012); (d) Kilise tapınak kapısındaki kırık köşe ile tapınak duvarındaki kaymış duvar taşlarının yönelim verilerinin gül diyagramında gösterilmesi	20
Şekil 3.7. (a) Sahada fay ölçümü yapılırken genel çalışma alanını gösteren bir görüntü; (b) Fay düzlemi üzerinde yapılan ölçümün görüntüsü; (c) Fayın uzanımı	21
Şekil 3.8. (a) Yolu kenarında bir su kuyusu; (b) Anıt ağacın yanında yer alan bir kuyu; (c) İlk kuyuyla benzer şekilde taşlarla çevrilmiş, sağlam bir yapı sergiliyor; (d) Büyük bir ağacın yakınında bulunan ve taşlarla çevrili bir kuyunun korunmuş yapısı.....	23
Şekil 3.9. Bozburun Yükseklik Haritası (QGIS Development Team, 2025).....	24

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Çalışma alanının ortalama sıcaklık ve yağış verileri (Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2025)	6
Çizelge 3.1. Bölgedeki Yıkıcı Tarihi Depremler (Dirik, 2007)	12
Çizelge 3.2. Phoenix Antik Kenti'nin batı tarafında yer alan kilise tapınak kapısındaki çatlak ve kırık köşe yönelim açısı ve tekrarlanma verileri.....	15
Çizelge 3.3. Phoenix Antik Kenti'nin batı tarafında yer alan kilise tapınak duvarındaki kaymış duvar taşlarına ait yönelim açıları	16
Çizelge 3.4. Bozburun yarımadasındaki aktif fayların parametreleri (Duman vd., 2017)	17
Çizelge 3.5. Taşlıca Fayı'nın pusula ile ölçülen konumları	19

1. GİRİŞ

Depremler, tarihsel süreç içerisinde yıkıcı etkileriyle öne çıkan jeolojik doğa olaylarının başında gelmiştir. Özellikle Türkiye gibi sık sık yıkıcı depremlerin ve yüzey kırığı oluşturan fayların bulunduğu bir coğrafyada, geçmişte meydana gelen depremlerin izlerinin araştırılması büyük önem taşımaktadır.

Bu bağlamda, Arkeosismoloji ve Paleosismoloji gibi disiplinler, antik yapılarda ve yerleşim alanlarında geçmişte meydana gelen tahrip edici depremleri belirlemek ve tarihlendirmek için kullanılan en önemli yöntemler arasındadır. Bu bilim dalları, deprem izlerini araştırarak ve bu izleri tarihlendirerek, fayların yakın geçmişteki davranışı hakkında sağlıklı bilgiler elde edilmesini sağlar. Büyük depremler çoğunlukla yüzey kırığı oluşturmakta ve morfolojide belirli izler bırakmaktadır. Bu izlerin belirlenmesi ve incelenmesi, fayların birkaç bin yıllık tarihçesini ortaya çıkartmada kritik bir rol oynamaktadır. Bu bilgiler, fayların gelecekteki davranışlarının anlaşılmasında ve gerekli durumlarda önlem alınmasında önemlidir.

Türkiye, dünyanın önemli deprem kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya Kuşağı üzerinde yer almaktadır. Karmaşık jeolojik yapısı ve jeodinamik konumu nedeniyle, Türkiye’de aktif faylar bulunmaktadır ve bu faylar sık sık yıkıcı depremler üretmektedir. Bu depremler, zengin bir tarihsel mirasa sahip olan Türkiye’nin antik kentlerinde derin izler bırakmıştır. Arkeosismoloji, bu izleri araştırarak, fayların tarihçesi ve davranışları hakkında önemli bilgiler sunar. Bu kapsamda, Marmaris’in Taşlıca köyü Phoenix Antik Kent’indeki arkeosismolojik çalışmalar, bölgenin depremselliği konusunda veriler sağlar. Muğla’nın Marmaris ilçesine bağlı Taşlıca köyünde yer alan Phoenix Antik Kenti ve çevresinde sürdürülen multidisipliner bir arkeolojik kazı araştırma projesi olan Phoenix Arkeoloji Projesi, bu kapsamda önemli bir çalışma alanı sunmaktadır. Bu projede, arkeosismoloji alanında yapılan çalışmalarla antik kentteki deprem izlerinin araştırılmış ve bölgenin jeolojik geçmişi hakkında bilgiler edinilmiştir.

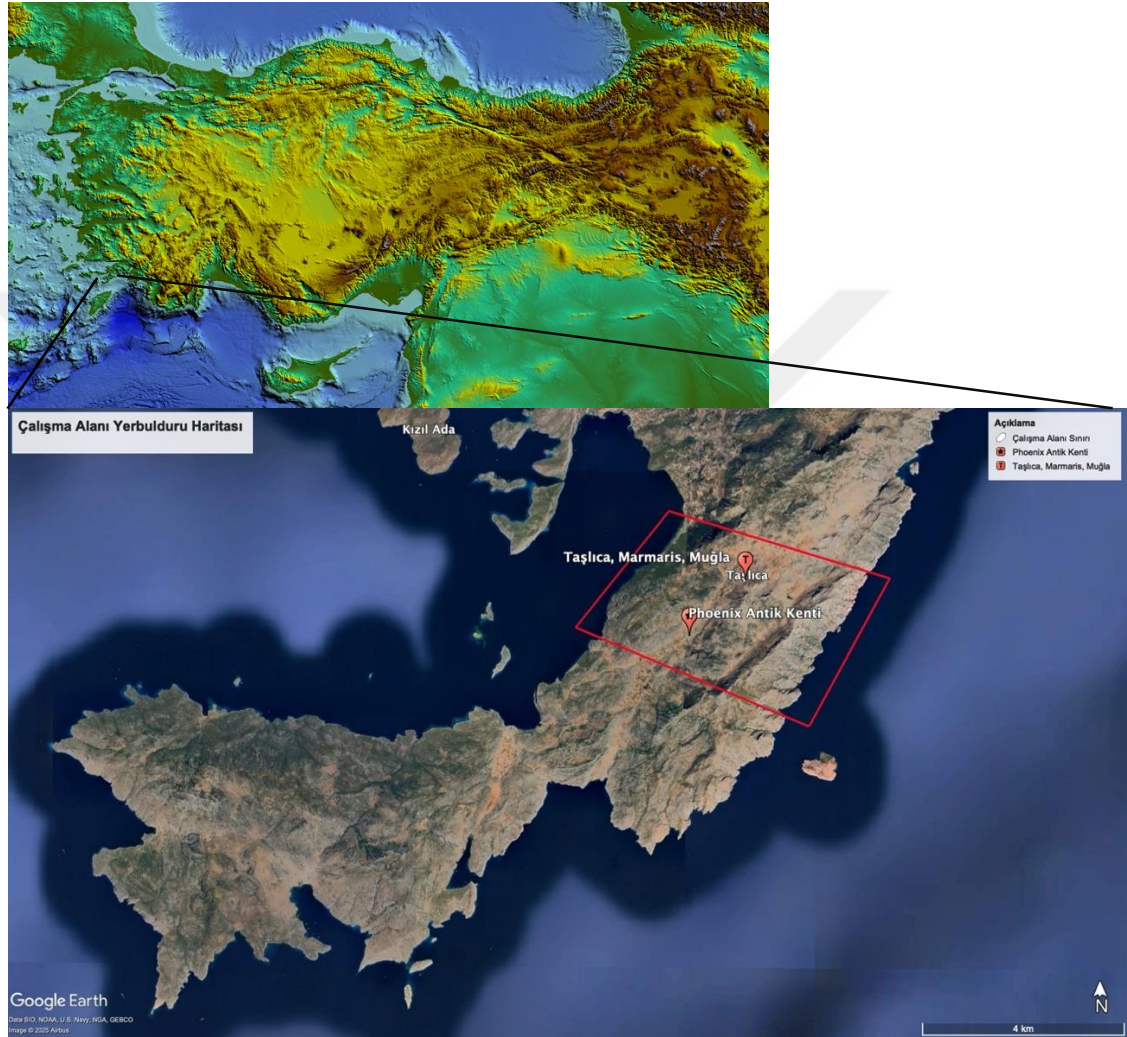
1.1. Phoenix Arkeoloji Projesi

Phoenix Arkeoloji Projesi (PAP), Marmaris’te Bozburun Yarımadası’nın kalbinde Phoenix Antik Kenti ve çevresinde multidisipliner ve yenilikçi arkeolojik yaklaşımlara dayalı, çıkar gözetmeyen bir bilimsel saha projesidir. Kültür ve Turizm Bakanlığının izniyle hayata geçen proje, çok uluslu bir iş birliği ile Taşlıca ve Söğüt çevresindeki somut ve somut olmayan kültürel mirası belirleyip belgelemek amacıyla yüzey araştırmalarını başlatmıştır (Şekil 1.2).

PAP, bilimsel arkeolojik araştırmaların yanı sıra, bölgede sürdürülebilir bir gelecek inşa etmek ve kültürel mirası koruyabilmek maksadıyla, yarımada sosyal sorumluluk projeleri ve özellikle çocuklara yönelik kültürel ve ekolojik miras eğitim programlarını hayata geçirmiştir. Tüm bu amaçlar doğrultusunda PAP Arkeoloji, Arkeometri, Tarih, Sosyoloji, Ekoloji, Kültürel Miras, Arkeosismoloji, Mimarlık ve Çağdaş Sanat gibi, disiplinler arası ve uzun vadeli sürdürülmesi planlanan alt projeleriyle 2021 yılında ilk çalışmalara başlamıştır.

1.2. Çalışma Alanının Tanıtılması

Phoenix Antik Kenti, günümüzde Muğla iline bağlı Marmaris ilçesi sınırlarında, Bozburun Yarımadası'nın güneybatısındaki Taşlıca köyü sınırlarında yer almaktadır. Antik dönemde, Karia'nın bir alt bölgesi olan 'Karia Khersonesosu'na bağlı olan bu kentin Akropolü veya Yukarı Şehri, Taşlıca köy merkezinin yaklaşık 2 kilometre güneyinde yer alır. Kent, bu stratejik merkez çevresinde zamanla gelişmiştir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası, Google Earth görünümü.

Arkeolojik bulgular, Phoenix ve çevresindeki yaşamın MÖ 6. yüzyılın ilk çeyreğinde başladığını göstermektedir (Yaman vd. 2022). Antik kentin, Arkaik dönemden itibaren 'Karia Khersonesosu' (Bozburun Yarımadası) kentleri tarafından oluşturulan siyasi, ekonomik ve dini birliğin altında yarı bağımsız olarak varlığını sürdürdüğü düşünülmektedir.

Geç Klasik dönemden itibaren, muhtemelen MÖ 4. yüzyılın ilk yarısından itibaren Hellenistik dönemin sonuna kadar Rhodos'un idaresi altına girmiş ve bu dönemde 'Birleşik Peraia' yani Karşıyaka bölgesinin bir parçası olmuştur. Epigrafik veriler, bu süre

boyunca kentin Rhodos'un Kamiros şehri tarafından kolonize edildiğini ortaya koymaktadır (Yaman vd. 2022).

Hellenistik dönemde Rhodos'un Akdeniz ticaretindeki etkin rolü ve Bozburun Yarımadası'nın hammadde kaynağı olarak kullanılmasıyla birlikte, Phoenix ve bölgenin diğer kentleri MÖ 3. yüzyılın başlarından itibaren ekonomik olarak zenginleşmiştir. Bu dönemde artan refah ve nüfus ile birlikte kent, Sindili Ovası'nda kuzey-güney yönünde yayılım göstermiş, antik tarım teraslarıyla bütünleşen çiftliklerle özgün bir yerleşim modeli oluşturmuştur. Phoenix'te tespit edilen yazıtlar, Hellenistik dönemde kentte Apollon, Zeus, Athena, Dionysos ve Aphrodite kültlerinin bulunduğunu ve bu yapıların dönem içerisinde onarıldığını göstermektedir (Yaman vd. 2022).

Phoenix Antik Kenti'nin varlığına ilk kez değinen antik kaynaklar arasında Strabon yer alır. Strabo, Phoenix dağlarını Karia'nın en yüksek dağları olarak tanımlar (Yaman vd. 2022). Roma İmparatorluk dönemi boyunca, Asya eyaletinin bir parçası olarak Phoenix'te yaşam Geç Antik Dönem boyunca kesintisiz devam etmiştir. Erken Bizans dönemine ait kiliselerin varlığı ve 6. yüzyılda yaşamış olan coğrafyacı Stephanos Byzantinos'un Phoenix'ten bir 'polis' yani şehir olarak bahsetmesi, bu sürekliliği doğrulamaktadır.

Orta ve Geç Bizans dönemlerine ait veriler, Akropol ve çevresinde 12-13. yüzyıllarda küçük bir topluluğun kastron veya iç kale tipi bir yerleşimde yaşamış olabileceğini göstermektedir (Yaman vd. 2022). Bizans döneminin sona ermesinin ardından, 14. yüzyılda Phoenix ve çevresi, Menteşe Beyliği tarafından idare edilmiştir. 1424 yılında Sultan II. Murat'ın yönetimiyle Osmanlı Devleti'ne dahil edilen bölge, Kanuni Sultan Süleyman'ın Rodos fethi sırasında stratejik önem kazanmış, fetih sonrasında ticaretin gelişmesiyle birlikte bölgeye nüfus aktarılmıştır (Yaman vd. 2022).



Şekil 1.2. Tapınak-kilise, batı tarafı (Yaman vd. 2022)

Phoenix ve çevresindeki yaşam, 1923 yılındaki nüfus mübadelesine kadar devam etmiştir. Bu dönemde, bölgenin halkı Aşağı ve Yukarı Fenaket olarak adlandırılan iki

mahallede yaşamıştır. Ancak, 1960'lara kadar süren yaşam koşulları, özellikle su sıkıntısı gibi fiziki sebeplerle, günümüzdeki Modern Taşlıca köy merkezine taşınmıştır. Köy camisi 1971 yılında inşa edilmiştir ve köy mezarlığı Orta Çağ'dan günümüze kadar Yokuşbaşı mevkiinde yer almaktadır. Modern Taşlıca köyünün temel su kaynaklarını, olasılıkla antik dönemden bu yana kullanılan ana kayaya oyulmuş 52 sarnıcın bulunduğu 'Kırkkuyular' mevki oluşturmaktadır. Günümüzde yaklaşık 500 kişinin yaşadığı köy, dış göç ve turizme bağlı asimetrik nüfus artışı gibi sebeplerle geleneksel dokusunu kaybetme tehlikesiyle karşı karşıyadır.

1.3. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın temel amacı, Muğla'nın Marmaris ilçesine bağlı Taşlıca köyünde yer alan Phoenix Antik Kenti'nde bulunan yapılardaki deformasyon izlerini belirleyerek, bu izlerin deprem kaynaklı olup olmadığını ve bölgenin jeolojik evrimini kapsamlı bir şekilde analiz etmektir. Bu doğrultuda, araştırma hem arkeosismoloji hem de jeoloji disiplinlerini bir araya getirerek, bölgedeki tektonik süreçlerin, litolojik özelliklerin ve çevresel faktörlerin yapı üzerindeki etkilerini değerlendirmeyi hedefler.

Çalışmada, deformasyon yapılarından detaylı bir şekilde ölçüm alındı ve bunların oluşum mekanizmaları incelenerek, geçmiş jeodinamik süreçlerle ilişkisi kurulmuştur. Bu kapsamda, bölgenin tektonik geçmişinin incelenmesi, deformasyonun sınıflandırılmasına ve bu tür yapısal değişimlerin oluşum mekanizmalarının daha iyi anlaşılmasına katkı sağlar.

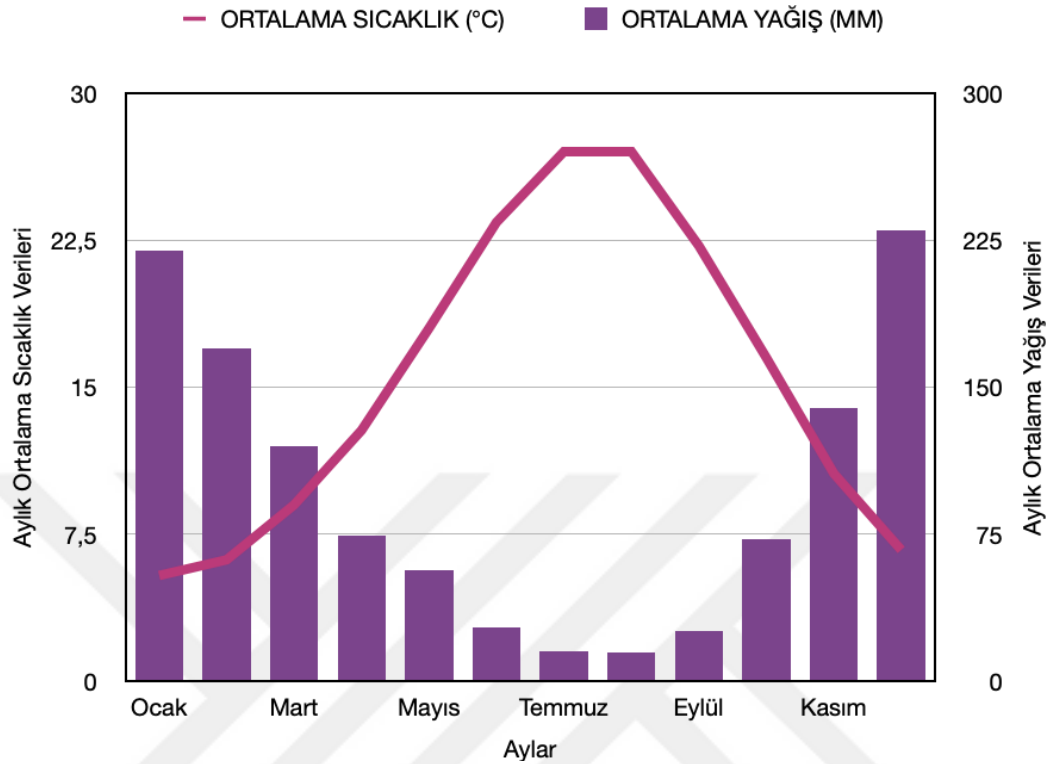
Ayrıca, araştırma kapsamında aktif fay hatlarının karakterizasyonu yer kabuğundaki deformasyon süreçlerinin anlaşılması amaçlanmaktadır. Çalışma, yalnızca bölgesel tektonik analizler için değil, aynı zamanda gelecekteki arkeosismolojik çalışmalara da bilimsel bir altyapı sunarak, antik yapıların korunması, jeolojik süreçlerin mühendislik yapıları üzerindeki etkileri ve sismotektonik değerlendirmeler açısından da önemli bir referans niteliği taşıyacaktır.

1.4. Çalışma Alanı İklimi

Çalışma alanı, genel iklim özellikleri bakımından Akdeniz iklim kuşağı içerisinde yer almaktadır. Akdeniz iklimi, karakteristik olarak yaz aylarında sıcak ve kurak, kış aylarında ise ılık ve yağışlı hava koşullarıyla tanımlanır. Bu iklim tipi, özellikle Akdeniz'e kıyısı olan bölgelerde yaygın olarak görülmekte olup, Muğla ili de bu kuşakta yer alması nedeniyle söz konusu iklimin etkilerini belirgin bir şekilde taşımaktadır.

Çalışma kapsamında, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (2025) temin edilen uzun dönemli (1991–2020 yılları arasındaki 30 yıllık periyot) aylık ortalama sıcaklık ve aylık ortalama yağış verileri değerlendirilmiştir. Bu veriler, Numbers programı kullanılarak tablo haline getirilmiş ve görsel yorumlamayı kolaylaştırmak amacıyla grafiksel olarak da sunulmuştur (Şekil 1.3). Çizelge 1.1'de yer alan bu veriler üzerinden oluşturulan grafik, Şekil 1.3'te gösterilmiştir ve bölgedeki tipik Akdeniz iklim karakteristiklerini açıkça yansıtmaktadır. Buna göre, Muğla ilinde yıllık ortalama sıcaklık 15,4°C olarak kaydedilmiştir. Sıcaklık değerleri yaz aylarında belirgin bir artış göstermekte, buna karşılık yağış miktarlarında önemli bir azalma görülmektedir.

Özellikle Temmuz ve Ağustos aylarında yüksek sıcaklıklarla birlikte oldukça düşük yağış miktarları dikkat çekmektedir.



Şekil 1.3. Çalışma alanının ortalama sıcaklık ve yağış verileri grafiği (Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2025)

Buna karşın, kış aylarında (Aralık, Ocak ve Şubat) sıcaklıkların düşmesiyle birlikte yağışlarda belirgin bir artış yaşanmakta, bu da tipik Akdeniz ikliminin "kışın yağışlı" özelliğini doğrulamaktadır. Bölgede yıllık toplam ortalama yağış miktarı ise 1165,2 mm olarak tespit edilmiştir. Bu değer, bölgenin nemli kış mevsimleri geçirdiğini ve hidrolojik döngünün aktif olduğunu göstermektedir. Bu iklimsel veriler, jeomorfolojik süreçlerin değerlendirilmesi açısından da önem arz etmektedir. Özellikle kış aylarında artan yağış miktarları, yüzey ve yer altı süreçlerini etkileyerek karstlaşma faaliyetlerini hızlandırabilir.

Akdeniz iklimi, özellikle kışları ılık ve yağışlı, yazları ise sıcak ve kurak olan karakteristik yapısıyla, çalışılan bölgenin hidrojeolojik ve jeomorfolojik dinamikleri üzerinde doğrudan etkili olmaktadır. Bu iklimsel özellikler, yıl boyunca yer altı su seviyelerinin değişkenlik göstermesine ve çözünür kayalarla etkileşen kimyasal ayrışma süreçlerinin mevsimsel olarak farklı yoğunlukta gerçekleşmesine neden olmaktadır. Özellikle kireçtaşı gibi karbonatlı kayaların yaygın olarak bulunduğu alanlarda, yağış miktarının arttığı kış ve ilkbahar aylarında infiltrasyon yoluyla yer altına sızan sular, kayalarla etkileşime geçerek çözünme süreçlerini hızlandırmaktadır. Bu süreç, karstik morfolojinin oluşumu ve evrimi açısından oldukça önemlidir.

Çizelge 1.1. Çalışma alanının ortalama sıcaklık ve yağış verileri (Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2025)

AYLAR	ORTALAMA SICAKLIK (°C)	ORTALAMA YAĞIŞ (MM)
Ocak	5,4	219,6
Şubat	6,2	169,5
Mart	9	119,6
Nisan	12,8	74,4
Mayıs	18	56,9
Haziran	23,4	27,7
Temmuz	27	15,1
Ağustos	27	14,9
Eylül	22,2	25,9
Ekim	16,5	72,8
Kasım	10,6	139,2
Aralık	6,7	229,6

Karstik şekillerin gelişimi, yüzey ve yer altı boşluklarının büyümesi, dolin, obruk ve mağara gibi tipik karstik yapılarla kendini gösterebilir. Öte yandan yaz aylarında yağışların azalması ve sıcaklıkların yükselmesi, bu kimyasal çözünme süreçlerinin hızında düşüşe neden olmakta, bazı durumlarda bu faaliyetler geçici olarak durma noktasına gelmektedir.

Buharlaşmanın artması ve toprak neminin azalması da suyun yer altına sızma kapasitesini düşürerek çözünme için gerekli suyun mevcudiyetini sınırlamaktadır. Böylece karstlaşma faaliyetleri yıl içerisinde düzensiz bir seyir izlemekte, mevsimsel geçişler bölgedeki morfolojik evrimi doğrudan etkilemektedir. İklimsel verilerle yapılan uzun dönemli analizler, bu sürecin daha iyi anlaşılmasını sağlamakta ve hem geçmişteki hem de günümüzdeki çevresel değişimlerin değerlendirilmesine olanak tanımaktadır.

2. KAYNAK TARAMASI

Bozburun Yarımadası, özellikle Güneybatı Anadolu'nun jeolojik, jeomorfolojik ve arkeolojik açıdan dikkat çeken bölgelerinden biridir. Yarımada, Ege ve Akdeniz tektonik rejimlerinin kesişiminde yer almakta olup, bu konumu nedeniyle hem tektonik hem de karstik süreçlerin etkisi altında şekillenmiştir. Aynı zamanda tarihsel süreçte birçok medeniyete ev sahipliği yapmış olması, bölgenin arkeolojik açıdan da büyük bir potansiyel taşımaya neden olmuştur. Bu çok katmanlı yapı, Bozburun Yarımadası'nı çeşitli bilimsel disiplinlerin araştırma odağı haline getirmiştir. Yapılan çalışmalar, bölgenin sadece doğal çevresini değil, aynı zamanda insan yerleşimlerinin coğrafi koşullarla olan ilişkisini anlamak açısından da önemlidir.

Koçyiğit (1984), Güneybatı Türkiye'deki levha içi tektonik hareketleri ele aldığı çalışmada, genel anlamda bölgedeki normal faylanmalar ve kabuk genişlemesi süreçlerini tartışmıştır. Bozburun Yarımadası, bu çalışmada doğrudan ele alınmasa da, yer aldığı Marmaris-Fethiye-Denizli üçgeni içindeki jeodinamik konumu itibarıyla, söz konusu tektonik rejimin etkisi altındaki alanlardan biri olarak değerlendirilebilir.

Fraser ile Bean (1954) gibi araştırmacılar da bölgedeki tarihsel yerleşimlerin ekonomik ve sosyal organizasyonunu incelemiş, su kaynaklarının yerleşim planlamasındaki belirleyici rolünü vurgulamışlardır. Bu çalışmalar, sadece arkeolojik bağlamda değil, aynı zamanda çevresel faktörlerin antik yerleşim kararları üzerindeki etkisini de ortaya koymuştur.

Sözbilir (2005), Güneybatı Anadolu'daki Likya Orojeni'nde Oligo-Miyosen dönemine ait genişlemeli tektonik süreçleri incelemiştir. Her ne kadar Bozburun Yarımadası bu çalışmada doğrudan ele alınmasa da, bölgenin genel yapısal gelişimi açısından çalışmanın ortaya koyduğu tektonik çerçeve, Bozburun ve çevresi için dolaylı bilgiler sunmaktadır.

Bozburun Yarımadası'ndaki tarımsal terasların yerleşimi ve yapısı üzerine yapılan çalışmalar, bölgenin jeolojik (litolojik) ve morfolojik özelliklerinin bu yapıları doğrudan etkilediğini göstermektedir. Örneğin, Yalçın (2013) tarafından yapılan çalışmada, terasların özellikle alüvyal ve klastik kaya birimlerinde yoğunlaştığı, kireçtaşı gibi daha dik yamaçlara sahip bölgelerde ise sınırlı olduğu vurgulanmaktadır. Aynı çalışmada, terasların sadece tarımsal değil, aynı zamanda yerleşim (çiftlik evleri) ile de ilişkili olduğu, bu bağlamda yerel üretim sistemlerinin arazi yapısı ile uyumlu olarak geliştirildiği belirtilmiştir. Bu bulgular, antropojenik arazi kullanımı ile doğal topoğrafyanın uyumuna dair önemli bilgiler sunmaktadır.

Ayrıca Oğuz ve Kırca (2014), Phoenix antik yerleşiminin mekânsal organizasyonunu inceleyerek, antik tarım terasları, su yolları ve yerleşimlerin tarihsel dönüşüm süreçleri üzerine önemli bilgiler sunmuşlardır. 2022 yılına kadar Bozburun Yarımadası'nda sürdürülen çok disiplinli arkeolojik kazılar da bölgenin antik dönemden bu yana nasıl şekillendiğine dair önemli bilgiler sunmuştur. Yaman vd. (2022) tarafından aktarılan Ambraseys (2016) verilerine göre, antik dönemde bölgedeki deprem aktivitesi önemli boyutlara ulaşmıştır. Ambraseys (2016), antik dönemde On İki Ada (Dodekanes) ve yakın Karya kıyılarında meydana gelen önemli depremleri belgeleyerek, bu bölgelerin tarihsel sismik aktivitesine dikkat çekmiştir. Bu veriler, Phoenix'in de içinde bulunduğu

Bozburun Yarımadası'nın tarihsel süreçte potansiyel olarak sismik olaylardan etkilenmiş olabileceğini düşündürmektedir.

Yaman vd. (2023), Phoenix antik kentinde yürütülen saha çalışmalarını belgeleyerek, antik dönem yerleşim düzenine dair kapsamlı veriler sağlamışlardır. Bu araştırma, Phoenix yerleşiminde su kaynaklarının kullanımı, tarım alanlarının dağılımı ve antik yolların izlenmesine dair önemli bulgular sunmaktadır. Antik yerleşimlerin sürdürülebilir kaynak yönetimi, arazi kullanımı ve doğal çevre ile kurduğu ilişki bağlamında bu veriler oldukça anlamlıdır. Ayrıca, bu tür çalışmalar, modern dönem arazi planlamaları ve kırsal kalkınma stratejileri açısından da çıkarımlar yapılmasına olanak sağlamaktadır. Bozburun Yarımadası'nın doğal ortamı, bölgedeki yerleşim modellerinin ve arazi kullanım biçimlerinin tarihsel süreç içerisinde nasıl şekillendiğini anlamada önemli bir çerçeve sunmaktadır. Son dönemlerde yapılan çalışmalar, bu bölgedeki morfolojik yapıların sadece tarımsal faaliyetleri değil, aynı zamanda doğal afet risklerini de belirlediğini ortaya koymaktadır. Coğrafi koşullar, iklimsel değişkenlikler ve hidrolojik süreçler, bölgedeki yerleşim kararlarında tarih boyunca etkili olmuş, buna bağlı olarak yerleşimlerin konumları ve yapıları şekillenmiştir. Bozburun Yarımadası'ndaki doğal afetlere karşı duyarlılığı değerlendiren çalışmalar, bölgedeki kırsal yerleşimlerin ve tarımsal yapının belirli coğrafi ve çevresel faktörlerden nasıl etkilendiğini anlamamıza yardımcı olmaktadır.

Bozburun Yarımadası'nda karstlaşma süreçlerinin anlaşılmasında sadece gözlemsel değil, nicel yöntemlerle yapılan analizlerin de önemli katkılar sunduğu görülmektedir. Ege, Özkan ve Polat (2024a), morfometrik indeksler kullanarak karstik şekiller ile tektonik yapılar arasındaki ilişkiyi ortaya koymuşlardır. Bu çalışmada, uzanım oranı (RE) ve uzanım yönü (EA α) gibi morfometrik veriler aracılığıyla polye, dolin ve uvala gibi karstik şekillerin sahadaki konumları, yükseklikleri ve eğimleri analiz edilmiştir. Araştırma, karstik şekillerin uzanımlarının büyük oranda fay hatlarının doğrultusunu takip ettiğini ve bu durumun, Bozburun Yarımadası'nda tektonik yapıların karstlaşmayı yönlendiren ana etkenlerden biri olduğunu göstermiştir. Bu yönüyle çalışma, bölgedeki karstlaşma dinamiklerinin tektonik rejimle olan ilişkisini somut biçimde ortaya koymakta ve önceki niteliksel çalışmaları desteklemektedir.

Özkan, Ege ve Polat (2024b), Bozburun Yarımadası'ndaki sel hassasiyetini, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanarak morfometrik analizler ile değerlendirmiştir. Bu çalışmada, bölgenin topografik özellikleri, eğim, akarsu yoğunluğu ve yağış rejimi gibi unsurlar, sel riski belirleyicileri olarak öne çıkmaktadır. Araştırma, özellikle Bozburun'un çeşitli havzalarındaki su taşkınlarına duyarlılığının yüksek olduğunu ve bu durumun yerleşimlerin şekillenmesinde önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Çalışmanın bulguları, bu bölgelerde tarım ve yerleşim alanlarının seçilmesinde çevresel faktörlerin etkisini ve tarihsel olarak bu risklerin nasıl yönetildiğini gözler önüne sermektedir. Ayrıca, bu tür doğal tehditlerin gelecekteki yerleşim politikalarına entegre edilmesi gerekliliği de çalışmanın önemli vurgularından biridir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Çalışma Alanının Jeolojisi

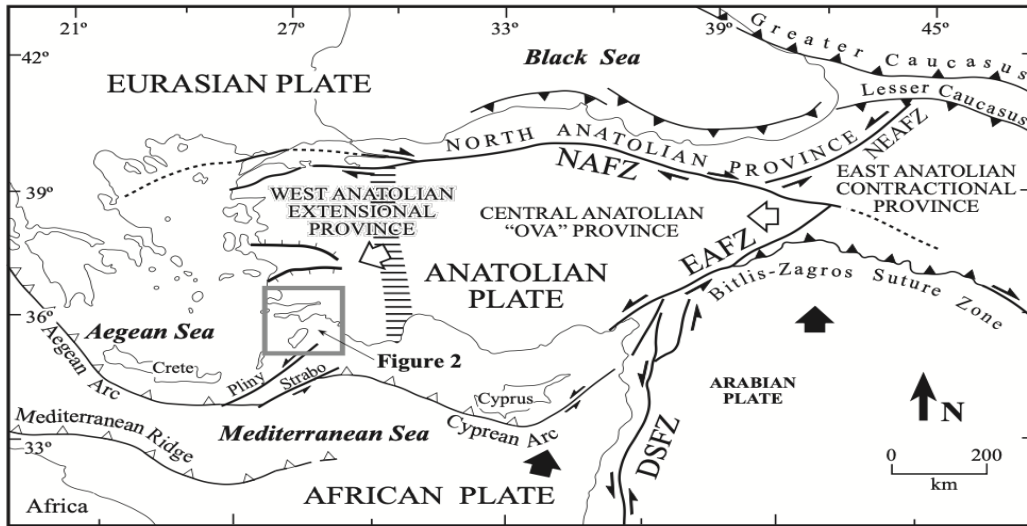
Çalışma alanı ve çevresi jeolojik olarak büyük ölçüde napların hâkim olduğu bir alan içerisinde yer alır. Bu bölgedeki naplar "Likya napları" olarak adlandırılmaktadır. İlk kez Philippson (1915) tarafından kullanılan bu terim, daha sonraki dönemlerde Bernouilli vd. (1974), Şengör ve Yılmaz (1981), Meşhur vd (1989) gibi çeşitli araştırmacılar tarafından da benimsenmiştir. Bölgede Likya naplarına ait Bodrum napı, Gülbahar napı ve Marmaris ofiyolit napı yer almaktadır. Geç Kretase, (yaklaşık 66-100 milyon yıl önce), Likya napları büyük ölçekli yatay hareketlerle kuzeyden güneye doğru kayarak Menderes Masifi'nin güneyine yerleşmiştir. Bu süreç, kıtalar arası sıkışma nedeniyle meydana gelen güçlü tektonik kuvvetlerin bir sonucudur. Alt Miyosen döneminde (yaklaşık 23-16 milyon yıl önce), Likya napları bir kez daha kuzeyden güneye doğru hareket etmiş ve bu kez doğudaki Beydağları Otoktonu'nun üzerine yerleşmiştir. Sonraki Pliyosen ve muhtemelen Üst Miyosen dönemlerinde de bölge, aktif tektonik hareketlerin etkisi altında kalmaya devam etmiştir. Bu olaylar, sıkıştırma ve bindirme hareketlerinin bölgedeki jeolojik yapıları sürekli olarak değiştirdiğini ve yeniden şekillendirdiğini gösterir. Çalışma alanı ve çevresinin jeolojik haritası QGIS 3.36 programı kullanılarak hazırlanmıştır (Ek-1). Çalışma alanında bulunan Güverdağı formasyonu, Karanasıflar formasyonu, Orluca formasyonu ve kuvaterner yaşlı alüvyon harita da gösterilmiştir. Güverdağı Formasyonu, Bilgin vd. (1997) tarafından tanımlanmıştır ve megalodon ve alg içeren kireçtaşlarından oluşur. Formasyonun alt kesimi masif veya kalın tabakalı dolomit ve dolomitik kireçtaşlarından oluşurken, orta ve üst kesiminde farklı fosil içerikleri dikkat çeker. Orta kesimde stromatolitli kireçtaşları ve gastropod, krinoid ile lamelli fosilleri bulunur. Üst kısımda ise, ammonit ve breşik yapılar içeren, bej, krem, pembe ve kırmızı renklerde kireçtaşları gözlemlenir. Formasyon, yoğun kıvrımlı ve kırıklı bir yapı sergiler (Ek-1).

Karanasıflar Formasyonu, Fethiye'nin kuzeyinde Şenel vd. (1989) tarafından tanımlanmış olup, kireçtaşı ve çört elemanlı breşlerden oluşur. Tabanında, Camialanı Formasyonu'nun eşleniği olarak kabul edilen kırmızı renkli globotruncanalı mikritler bulunur. Formasyon, gri, pembe, yeşil ve kırmızı renklerde kireçtaşı ve breşlerden oluşurken, yer yer kumtaşı ve silttaşı seviyeleri de içerir. Ayrıca, bazen bazik volkanitlere rastlanır. Güverdağı formasyonu üzerinde uyumsuz şekilde yer alan bu birim, Karaböğürtlen formasyonuna geçiş gösterir ve 700 metreye kadar kalınlaşır. Fosilsiz olup, Üst Senoniyen yaşlı kabul edilir ve deniz altı yelpazesi özellikleri sergiler (Ek-1). Orluca formasyonu kumtaşı, kiltası, kireçtaşı gibi kayaç türlerinden oluşan bu formasyon, Şenel vd. (1989) tarafından adlandırılmıştır. Meşhur vd (1989) ise bu birimi Bağlıca formasyonu olarak tanımlamıştır. Formasyon, ince-orta-kalın tabakalı, haki, yeşilimsi gri, sarımsı kahve ve kirli sarı renkte kiltası, silttaşı, killi-kumlu kireçtaşı, dolomit ve dolomitik kireçtaşlarını içerir. Formasyon içinde yer yer konglomera seviyelerine de rastlanır. Alt ilişkisi tektonik olan bu formasyon, üstte Orhaniye formasyonu ile geçişli bir ilişki gösterir ve yaklaşık 110 metre kalınlığa sahiptir. Orta-Üst Triyas yaşlı olarak kabul edilen bu formasyon (Şenel vd. 1989), türbiditik akıntıların etkili olduğu yamaç-havza ortamında birikmiştir. (Ek-1). Kuvaterner yaşlı alüvyon ise çakıl, kum ve çamurdan oluşan tortul malzemelerden meydana gelmiştir (Ek-1).

3.2 Bölgesel Tektonizma

Ege Bölgesi, Alp orojenezinin ardından gelişen karmaşık tektonik süreçlerin etkisi altında şekillenmiş, günümüzde ise aktif kıtasal genişlemenin sürdüğü bir alandır. Bu bölgedeki neotektonik evrim, Afrika, Avrasya ve Arap levhalarının karşılıklı hareketlerine bağlı olarak gelişmiştir (şekil 3.1). Arap levhasının kuzeye doğru hareketi, Anadolu bloğunun batıya kaçmasına neden olmuş; bu hareket, Afrika levhasının kuzeye dalmasıyla birleşerek Ege Denizi ve Batı Anadolu üzerinde gerilme rejimi oluşturmuştur (Şengör ve Yılmaz, 1981). McKenzie (1972), bu alanı bir geri-yay genişleme bölgesi olarak tanımlamış ve Afrika levhasının Anadolu levhası altına dalmasıyla genişlemeli tektonizmanın geliştiğini öne sürmüştür.

Sonuç olarak, bu rejim, doğu-batı uzanımlı normal faylarla sınırlı çöküntü havzalarının, yani grabenlerin oluşmasına neden olmuştur. Gediz, Büyük Menderes, Küçük Menderes ve Gökova grabenleri gibi yapılar, bu genişlemeci tektonizmanın doğrudan ürünüdür ve halen aktif faylanma ile karakterizedir (Bozkurt, 2001). Seyitoğlu vd. (2024), Bozburun Yarımadası'ndaki fay düzlemlerinden elde ettikleri yapısal verilere ve odak mekanizması çözümlerine dayanarak, daha önce Emre vd. (2011) tarafından normal fay olarak tanımlanan Selimiye, Bozburun ve Taşlıca faylarının aslında sol yanal doğrultu atımlı faylar olabileceğini ileri sürmüştür. Bu durum, bölgenin Ptolemy Pliny Strabo Fay Zonu'nun (PPSFZ) etkisi altında olduğunu savunan bir bakış açısını yansıtmaktadır. Ancak, bölgedeki yaygın normal faylanma ve topografik yapı dikkate alındığında, bu görüşün daha fazla veriyle desteklenmeye ihtiyaç duyduğu düşünülmektedir.



Şekil 3.1. Türkiye'nin başlıca neotektonik yapıları ve levha sınırlarını gösteren sadeleştirilmiş harita (Bozkurt 2001)

3.3 Arkeosismoloji

Arkeolojik alanlarda yapılan çalışmalar, geçmişteki deprem aktivitelerinin belirlenmesine ve bu aktivitelerin kültürel ve yapısal etkilerinin anlaşılmasına büyük katkı sağlar. Bu tür çalışmalar, depremin sadece doğal afet olma niteliğinin ötesine taşır ve antik medeniyetlerin deprem gibi büyük doğal olaylarla nasıl başa çıktığını anlamamıza yardımcı olur. Arkeolojik buluntular arasında, özellikle yapısal bozulmalar önemli ipuçları sunar. Ancak bu bozulmaların farklı sebeplerle ortaya çıkmış olabileceği unutulmamalıdır. Savaşlar, ihmal, zamanla yaşanan çökme, doğal afetler ve özellikle depremler, bir yapının yıkılmasına yol açabilir. Arkeolojik alanlarda görülen yapısal bozulmaların deprem kaynaklı olup olmadığını belirlemek, tarihi depremleri anlamak açısından son derece önemlidir. Depremler, sadece yapısal bozulmalara yol açmakla kalmaz, aynı zamanda bir bölgenin jeolojik yapısı, yerleşim düzeni ve hatta toplumların deprem riskine karşı geliştirdiği savunma stratejileri hakkında da bilgi verir. Bu nedenle, arkeologlar ve sismologlar, depremin tarihsel etkilerini daha iyi anlayabilmek için birlikte çalışmaktadır.

Rodríguez-Pascu vd. (2011) tarafından geliştirilen deprem arkeolojik etkilerinin sınıflandırması, birincil (coseismic) ve ikincil (postseismic) etkiler olarak ikiye ayrılır. Birincil etkiler, doğrudan depremin hemen ardından ortaya çıkan ve yapılar üzerinde doğrudan etkisi olan deformasyonlardır. Bu tür etkiler, özellikle fay hatlarının antik yerleşim alanlarını kesmesi, yer hareketleri, zemin kaymaları, heyelanlar ve kaya düşmeleri gibi olaylarla kendini gösterir. Bu tür birincil etkiler, sismik hareketlerin gücünü ve yayılma yönünü doğrudan ortaya koyar. İkincil etkiler ise daha uzun vadeli sonuçlardır. Depremin hemen ardından değil, zaman içinde gözlemlenen ve depremin etkilerinin dolaylı sonuçlarıdır. Bu tür etkiler arasında terk edilmiş binaların zamanla çökmesi, yangınların çıkması, su baskınlarının meydana gelmesi gibi olaylar yer alır. Bu tür izler, bir bölgedeki depremlerin sıklığı ve büyüklüğü hakkında önemli ipuçları verir. Bir arkeolojik alanda deprem kaynaklı yapısal bozulmaların izlerini bulmak, geçmişteki depremlerin sıklığı, büyüklüğü ve etki alanı hakkında bilgi edinmemize yardımcı olur.

Örneğin, arkeolojik kazılar sırasında kırık duvarlar, eğilmiş sütunlar, çökmüş yapılar ve yer değiştirmiş taşlar gibi buluntular, deprem tarafından oluşturulmuş deformasyonların en açık göstergeleridir. Bu tür bozulmaların yönü ve şekli, depremin şiddeti, yayılma alanı ve yönü hakkında bilgi verir. Bir yapının çökme biçimi, genellikle depremin sismik dalgalarının geliş açısı ile güçlü bir şekilde ilişkilidir. Sismik dalgalar, yer yüzeyine doğru yayılırken, belirli bir yön ve hızda hareket eder. Bu nedenle, bir deprem sonucu meydana gelen deformasyon, sismik dalgaların geliş açısına paralel olarak şekillenir. Buna karşılık, savaşlar, patlamalar veya basitçe yıkım genellikle rastgele ve düzensiz yönlere sahip yapısal çöktürelere yol açar. Bu tür yapısal bozulmalar, depremlerden kaynaklanan hasarlardan farklıdır ve genellikle insan müdahalesi sonucu oluşur. Bu nedenle, yapıların bozulma biçimini ve yönünü dikkatlice inceleyerek, bu bozulmaların doğal afetlerden mi yoksa insan müdahalesi sonucu mu ortaya çıktığını ayırt edilebilir.

3.4. Tarihsel Depremler

Dirik (2007) tarafından derlenen tarihsel veriler, Rodos ve çevresinde M.Ö. 222 yılından 19. yüzyılın sonlarına kadar birçok yıkıcı depremin meydana geldiğini

göstermektedir. Özellikle M.Ö. 222, M.Ö. 185, 155, 1304, 1481, 1493, 1843, 1856, 1863 ve 1885 yıllarında gerçekleşen bu depremler, Rodos ve Kos başta olmak üzere güneybatı Anadolu kıyıları boyunca geniş bir alanda hissedilmiş, bazıları tsunamiye neden olmuştur (Çizelge 3.1). Ancak Phoenix Antik Kenti'nde gerçekleştirilen arkeolojik incelemeler, bu tarihsel depremlerin yerleşimde doğrudan bir yıkım izi bırakmadığını ortaya koymaktadır.

Çizelge 3.1. Bölgedeki Yıkıcı Tarihi Depremler (Dirik, 2007)

Tarih	Enlem	Boylam	Konum	Şiddet
M.Ö. 222	36.5	28	Rodos (Tsunami)	X
M.Ö. 185	36	28	Rodos	IX
155	36.3	28	Rodos, Muğla, Fethiye	X
08.08.1304	36.5	27.5	Rodos, Girit	X
03.10.1481	36	28	Rodos, Güneybatı Anadolu (Tsunami)	IX
18.08.1493	36.75	27	Kos	IX
18.10.1843	36.25	27.5	Rodos, Ege Denizi	IX
12.10.1856	36.25	28	Rodos, Girit (Tsunami)	X
22.04.1863	36.5	28	Rodos	IX
29.03.1885	37.2	27.2	Ege Denizi	IX

Özellikle 155 yılında meydana gelen ve Muğla ile Fethiye çevresinde etkili olan deprem, Phoenix'e coğrafi olarak oldukça yakın olmakla birlikte, kentte Roma Dönemi yerleşiminin kesintisiz olarak devam ettiğine dair arkeolojik bulgularla çelişmektedir. Mimari süreklilik gösteren yapı kalıntıları ve bu dönemi izleyen Erken Bizans dönemine ait kilise yapılarının varlığı, deprem sonrası herhangi bir yıkım ya da terk edilme süreci yaşanmadığını göstermektedir (Fraser ve Bean 1954). Benzer şekilde, geç Ortaçağ'da meydana gelen 1304, 1481 ve 1493 tarihli depremlerin de Phoenix yerleşimi üzerinde herhangi bir arkeolojik iz bırakmadığı anlaşılmaktadır. 19. yüzyıla tarihlenen depremler ise, kentin büyük ölçüde terk edilmiş olduğu bir döneme denk geldiğinden dolayı arkeolojik katmanlarda etkisiz kalmıştır. Bu durum, bölgedeki arkeolojik araştırma

geçmişiyle de doğrudan ilişkilidir. Karia Khersonesos'u'nin kuzey ve doğu kıyılarında 1990'lardan itibaren sistemli arkeolojik yüzey araştırmaları gerçekleştirilmiş olmasına rağmen, Phoenix, Thysanous ve Kasara gibi güneybatı kıyı yerleşimleri bugüne dek sistemli bir şekilde araştırılmamış; bu bölgeler hem literatürde hem de yüzeyde büyük ölçüde ihmal edilmiştir (Atakuman vd. 2020). Phoenix özelinde yalnızca 19. yüzyıl seyyahlarının notları ve yerleşimin konumuna ilişkin epigrafik ve topografik bazı tespitler bulunmaktadır (Fraser ve Bean 1954). Dolayısıyla arkeolojik kayıtların sınırlılığı, tarihsel sismik olaylarla olan ilişkilerin net olarak ortaya konamamasına da neden olmaktadır.

Bu bağlamda değerlendirildiğinde, Dirik (2007)'te listelenen bölgesel ölçekte yıkıcı olduğu bilinen depremlerin Phoenix Antik Kenti'nde herhangi bir arkeolojik yıkım izine karşılık gelmemesi, tarihsel sismoloji çalışmalarında arkeolojik süreklilik verilerinin dikkatle yorumlanması gerektiğini ortaya koymaktadır

3.5. Phoenix Antik Kenti Yapılarında Deformasyon Analizi

Antik dönem yapılarında meydana gelen yapısal deformasyonların analizi, yalnızca arkeolojik gözlemle sınırlı kalmayıp, bu izlerin jeolojik verilerle ilişkilendirilerek daha geniş bir bağlamda değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Antik yapılarda deformasyon analizi yapabilmek için, arkeolojik yapılardaki deformasyon verilerinden oluşturulan gül diyagramı ile fayların jeolojik analizinden elde edilen eşit alan alt-yarıküre ile karşılaştırılarak genel sismik darbe yöneliminin uyumlu olup olmadığı belirlenir.

Phoenix Antik Kenti'ndeki gözlemlenen deformasyonlar, pusula yardımıyla ölçülüp veriler elde edilmiş ve bu veriler, QGIS programı kullanılarak gül diyagramlarına dönüştürülmüştür. Bu yöntem, yapısal hasarın yalnızca lokal bir etki mi yoksa bölgesel bir tektonik aktivitenin sonucu mu olduğunu ortaya koymak açısından büyük önem taşır. Böylece, geçmişte yaşanan depremlerin yönelimi ve şiddeti hakkında daha güvenilir yorumlar yapılabilirken, antik yapıların bulunduğu alanların sismik tehlike potansiyeli de daha doğru şekilde değerlendirilebilir.

Şekil 3.2'de Phoenix Antik Kenti'nin batı kesiminde yer alan kiliseye ait tapınak kapısında, sarı okla gösterilen bölgede gözlemlenen kırık hattı, üst bloğun aşağı yönde bir yer değiştirme yaşadığını ortaya koymaktadır. Aynı figürde, kırmızı okla işaretlenen alt bloğun tabanındaki deformasyon ise taşın alt kısmında bir çatlak oluştuğunu göstermektedir. Tapınak kapısının köşe bölgesinde meydana gelen kırığa ilişkin olarak, kırık düzlemlerinin yönelimlerini belirlemek amacıyla toplam 29 ölçüm gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3.2). Elde edilen bu veriler, kırıkların yönelim desenini değerlendirmek amacıyla bir gül diyagramında görselleştirilmiştir (Şekil 3.2).

Gül diyagramı, kırık düzlemlerinin belirgin bir yönelime sahip olmadığını, yönelimlerin rastlantısal biçimde dağıldığını ortaya koymaktadır. Ayrıca, kilise yapısının batı cephesindeki tapınak duvarında yerinden oynamış veya kayma göstermiş duvar taşlarına ait yönelim ölçümleri alınmış ve bunlara ilişkin tekrar sayılarıyla birlikte Çizelge 3.3'te sunulmuştur. Ölçüm tekrarı, benzer deformasyon izlerinin farklı taş bloklarda yinelenildiğini göstermektedir. Bu veriler, deformasyonların özellikle kuzey yönelimli olarak yoğunlaştığını, ikinci düzeyde ise doğu-batı doğrultusunda dağılma gösterdiğini ortaya koymaktadır (Şekil 3.3).

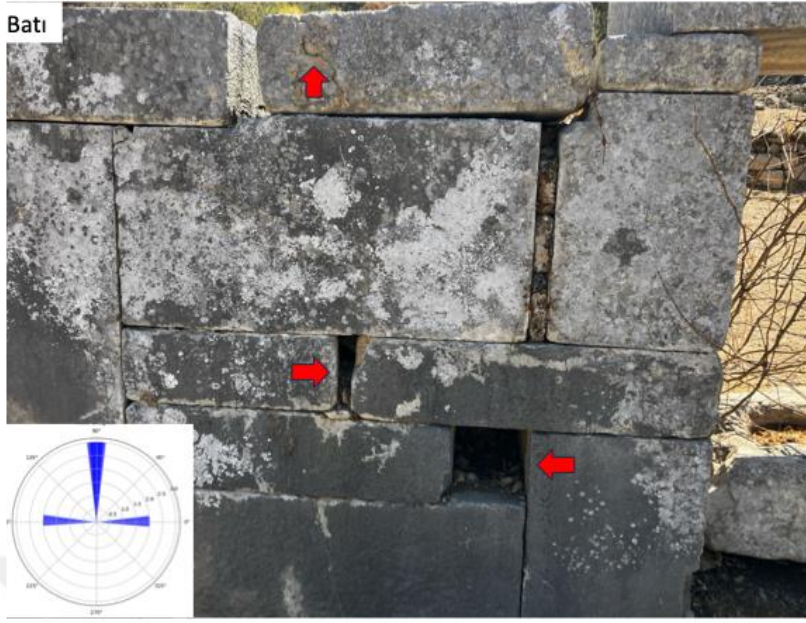


Şekil 3.2. Phoenix Antik Kenti'nin batı tarafında yer alan kilise tapınak kapısındaki çatlak (kırmızı ok) ve kırık köşe (sarı ok), pusula yardımıyla ölçülen deformasyon yönelim açılarına göre QGIS 3.36 programı üzerinde oluşturulan gül diyagramı ile görselleştirilmiştir

Phoenix Antik Kenti'ndeki yapısal deformasyonların yalnızca tektonik süreçlerle açıklanamayabileceği de dikkate alınmalıdır. Antik yapılarda kullanılan taş blokların boyutları, dizilimleri ve bağlayıcı malzeme özellikleri, deformasyon izlerinin yönelimi ve tekrarlanma biçimi üzerinde önemli etkilere sahiptir. Özellikle kuzey yönelimli çatlakların yoğunluğu, yalnızca yerel tektonik zorlamalara değil, aynı zamanda yapı üzerinde zamanla gelişen statik dengesizliklere, çevresel aşınma süreçlerine ve malzeme yorgunluğuna da işaret edebilir. Bölgedeki aktif faylara ait yönelimlerle deformasyon izleri arasındaki kısmi uyumsuzluk, bu hasarların bir bölümünün deprem dışı nedenlerle meydana gelmiş olabileceğini göstermektedir. Bu nedenle, ileride yapılacak çalışmalarda yapısal deformasyonların zamanlamasının belirlenmesine yönelik yöntemlerin (örneğin, optik olarak uyarılmış lüminesans veya radyokarbon tarihlleme) kullanılması, elde edilen verilerin daha güçlü jeokronolojik temellere oturtulmasına katkı sağlayacaktır.

Çizelge 3.2. Phoenix Antik Kenti'nin batı tarafında yer alan kilise tapınak kapısındaki çatlak ve kırık köşe yönelim açısı ve tekrarlanma verileri

Azimuth	Tekrarlanma Sayısı
15	2
20	2
25	2
30	2
90	3
95	3
100	3
170	2
175	2
180	2
185	2
275	2
280	2



Şekil 3.3. Phoenix Antik Kenti'nin batı tarafında yer alan kilise tapınak duvarındaki yerinden kaymış duvar taşları, pusula ile yönelim açıları ölçülerek QGIS 3.36 programı üzerinde oluşturulan gül diyagramı ile gösterilmiştir

Çizelge 3.3. Phoenix Antik Kenti'nin batı tarafında yer alan kilise tapınak duvarındaki kaymış duvar taşlarına ait yönelim açıları

Azımut	Tekrarlanma Sayısı
1	2
89	3
91	3
178	2

3.6. Taşlıca Fayı

Phoenix Antik Kenti'nin bulunduğu Bozburun Yarımadası, aktif normal faylarla kesilmiş bir bölgedir (Şekil 3.4). Bu faylardan biri olan Selimiye Fayı, kuzeyde yer almakta olup, 21 km uzunluğunda normal bir fay karakterine sahip olup, 6.6 büyüklüğünde bir deprem üretme potansiyeline sahiptir (Emre vd., 2011)



Şekil 3.4. Çalışma alanının aktif fay haritası (Emre vd., 2011)

Güneyinde yer alan Bozburun Fayı ise yine normal bir fay olup, 11 km uzunluğunda ve $M_w = 6.23$ büyüklüğünde deprem üretme kapasitesine sahiptir (Çizelge 3.4). Bu fay, bölgedeki diğer aktif faylarla birlikte, yerel sismik aktivitenin önemli bir kaynağını oluşturur ve çevresindeki yerleşim alanlarını etkileyebilecek potansiyel bir tehdit arz etmektedir. Çalışma alanımız olan, adını Taşlıca Köyü'nden alan Taşlıca Fayı ise 11 km uzunluğunda normal bir fay olup, $M_w = 6.23$ büyüklüğünde deprem üretme potansiyeline sahiptir (Duman vd., 2017).

Çizelge 3.4. Bozburun yarımadasındaki aktif fayların parametreleri (Duman vd., 2017)

FAY				Uzunluk	Doğrultu (RHR)		Eğim (Derece)		Derinlik (km)		Büyüklik
Segment	Tip	ID No	AC	Kilometre	Min.	Max.	Min.	Max.	1	2	Est. Mw
Selimiye Fayı	NN	64	Q	21	244	284	60	65			6, 61
Bozburun Fayı	NN	65	Q	11	250	282	60	65	13	14	6,23
Taşlıca Fayı	NN	66	Q	11	43	63	60	65			6,23



Şekil 3.2. Taşlıca Köyü'nün yaklaşık 2 km kuzeydoğusunda yer alan Kayadibi mevkiinde, Taşlıca fayının yüzeydeki morfolojik izi (kuzey batıya bakış)

Şekil 3.5'te kırmızı oklarla işaretlenmiş alanlar, arazi boyunca uzanan ve yüzeyde fayın bir yansıması olan morfolojik kırık hatlarını göstermektedir. Bu tür fay izleri, genellikle arazide belirgin bir süreklilik gösterir ve fayın uzunluğu boyunca çeşitli morfolojik özellikler barındırır. Kırık hatları, özellikle fayın hareketinin etkisiyle yer yüzeyinde meydana gelen bozulmaların izlerini taşır. Bozburun Yarımadası Taşlıca Köy 'ünde bulunan fayın izleri, yüzeydeki yer değiştirme ve deformasyonları gösteren temel öğeler olup, genellikle kayaların büyük ölçüde yer değiştirdiği ve çevredeki arazi yapısının değiştiği alanlarda yoğunlaşır. Bu tür morfolojik kırık hatları, yüzeydeki yer değiştirme ile birlikte çevredeki topoğrafyada da değişikliklere yol açar.

Fay hatlarının geçtiği yerlerde, kaya bloklarının birbirinden ayrılması ya da bir bloğun diğerinin altına kayması gibi özellikler ortaya çıkabilir. Bu kırık hatlar, yalnızca sismik aktiviteyi değil, aynı zamanda bölgenin geçmişteki jeolojik süreçlerini de anlamamıza olanak tanır.

Çalışma alanında gerçekleştirilen arazi çalışmalarında, Muğla ili sınırları içerisinde yer alan Bozburun Yarımadası'nın Taşlıca Köyü çevresi detaylı biçimde incelenmiş ve bu incelemeler kapsamında Taşlıca Fayı'nın konumu ile karakteristik özelliklerine yönelik çeşitli ölçümler gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.6). Arazi çalışmalarında pusula kullanılarak toplamda 7 farklı lokasyonda fay konumları ölçülmüş; bu veriler Faultkin yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda oluşturulan stereonet diyagramları, özellikle Taşlıca Fayı'nın yönelimi ve hareket tipi

hakkında önemli ipuçları sunmuştur. Bu analizler, Çizelge 3.5'te ayrıntılı olarak sunulmuş, görsel olarak ise Şekil 3.6 c'de temsil edilmiştir.

Çizelge 3.5. Taşlıca Fayı'nın pusula ile ölçülen konumları

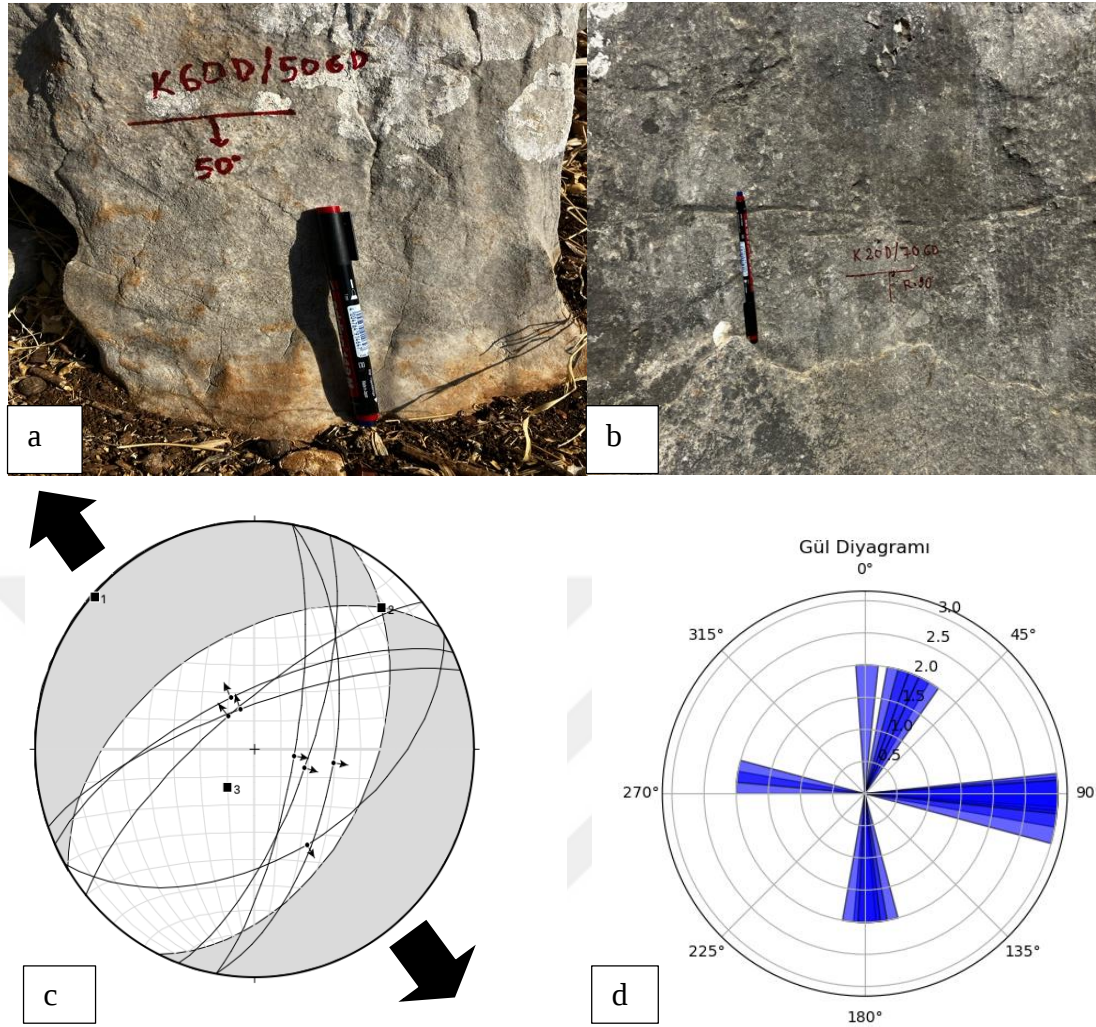
Lokasyon	Koordinat X	Koordinat Y	Doğrultu	Eğim	Eğim Yönü	Yanyatım=rake açıları
Lokasyon 1	N 36°37'58.75"	E 28°6'23.79"	K10D	75	Güneydoğu	90
Lokasyon 2	N 36°37'35.87"	E 28°5'57.96"	K20D	70	Güneydoğu	90
Lokasyon 3	N 36°37'8.14"	E 28°5'22.37"	K50D	75	Kuzeybatı	90
Lokasyon 3	N 36°36'58.43"	E 28°4'54.01"	K65D	70	Kuzeybatı	90
Lokasyon 4	N 36°36'19.23"	E 28°4'16.37"	K70D	75	Kuzeybatı	90
Lokasyon 5	N 36°36'38.21"	E 28°4'58.72"	K60D	50	Güneydoğu	90
Lokasyon 6	N 36°36'43.70"	E 28°5'3.57"	K10D	60	Güneydoğu	90

Arazi çalışmasında pusula yardımıyla ölçülen 7 adet fay konumlarıyla Faultkin üzerinde stereonet diyagramı oluşturarak Taşlıca fayının türü hakkında bilgi edinilmiştir (Şekil 3.6 c). Bölgedeki faylanma rejimi genel olarak normal faylanma baskındır. Bölgedeki tektonik rejim kuzeybatı-güneydoğu yönlü çekme kuvveti etkisiyle gelişen genişlemeli bir rejim olarak tanımlanmıştır (Şekil 3.6 c). Bu genişlemeli tektonik rejim, yer yüzeyinde normal fayların oluşumuyla doğrudan ilişkilidir ve fayların belirli bir doğrultuda yer değiştirdiği gözlemlenmiştir (Şekil 3.7).

Normal faylar, bu tür bir tektonik hareketin tipik bir sonucu olarak, gerilme etkisi altındaki bölgelerde yüzeydeki kırılmalar ve yer değiştirmeler yaratır. Bölgedeki bu tektonik hareket, yer kabuğunun genişlemesiyle birlikte gerilim hatlarının oluşmasına yol açar ve bu da yer yüzeyinde fay hatlarının belirginleşmesine neden olur (Şekil 3.7).

Tapınak kapısındaki kırık düzlemleri ile tapınak duvarındaki yerinden oynamış/kaymış taş bloklara ait deformasyon yönelimlerini birlikte gösteren gül diyagramını incelendiğinde, yapı deformasyonlarının belirli bir ekseninde yoğunlaşmadığı ve baskın bir yönelim sergilemediği gözlemlenmiştir (Şekil 3.6 d). Ancak aynı çalışma sahası içinde yer alan Taşlıca Fayı'nın bulunduğu bölgede yapılan jeolojik analizler, belirgin bir kuzeybatı-güneydoğu yönelimli çekme rejimi altında gelişmiş olan, normal fay karakterli bir tektonik sistem ortaya koymaktadır (Şekil 3.6c).

Faultkin analizleriyle desteklenen bu bulgular, bölgedeki deformasyonun belirli bir ekseninde yoğunlaşması gerektiği beklentisini doğurur. Bu bağlamda, arkeosismik veriler ile jeolojik veriler arasında açık bir tutarsızlık bulunmaktadır. Tapınak yapısında gözlemlenen deformasyon yönelimleri, eğer doğrudan tektonik kökenliyse, bölgedeki aktif fayların doğrultusuna paralel ya da onunla ilişkili yönelimler göstermeliydi. Ancak bu yönelimin gözlemlenmemesi, deformasyonların tektonik süreçlerden tamamen bağımsız veya çoklu etkenlerin sonucu olarak gelişmiş olabileceğini düşündürmektedir.



Şekil 3.3. (a, b) Taşlıca fay düzlemi fotoğrafları; (c) Taşlıca fayı düzlem verilerinin stereonette gösterilmesi. Fay düzlemi çözümünde FaultKinWin V. 1.2.2 programı kullanılmıştır (Marret ve Allmendinger, 1990; Allmendinger vd., 2012); (d) Kilise tapınak kapısındaki kırık köşe ile tapınak duvarındaki kaymış duvar taşlarının yönelim verilerinin gül diyagramında gösterilmesi

Bu durum, ilk bakışta yapıların maruz kaldığı bozulmaların doğrudan tektonik gerilme rejimiyle ilişkili olmadığını düşündürmektedir. Eğer deformasyonlar tektonik kökenli olsaydı, yönelimlerin belirli bir ekseninde gruplanması ve baskın bir doğrultu göstermesi beklenirdi.

Bunun yerine, gözlemlenen yönelimlerin rastgele dağılması, yapıların farklı yönlerde deformasyona uğradığını ve bu deformasyonların çok çeşitli etkenlerden kaynaklanmış olabileceğini göstermektedir. Dolayısıyla, elde edilen veriler, Phoenix Antik Kenti'ndeki yapı deformasyonlarının çok faktörlü bir sürecin sonucu olduğunu düşündürmekte; tektonik etkinliğin, eğer varsa, bu süreçte yalnızca sınırlı bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Bu durum, arkeosismik yorumların yapılmasında dikkatli

olunması ve çok disiplinli bir yaklaşımla diğer olası etkenlerin de göz önünde bulundurulması gerektiğini vurgulamaktadır.



Şekil 3.4. (a) Sahada fay ölçümü yapılırken genel çalışma alanını gösteren bir görüntü; (b) Fay düzlemi üzerinde yapılan ölçümün görüntüsü; (c) Fayın uzanımı

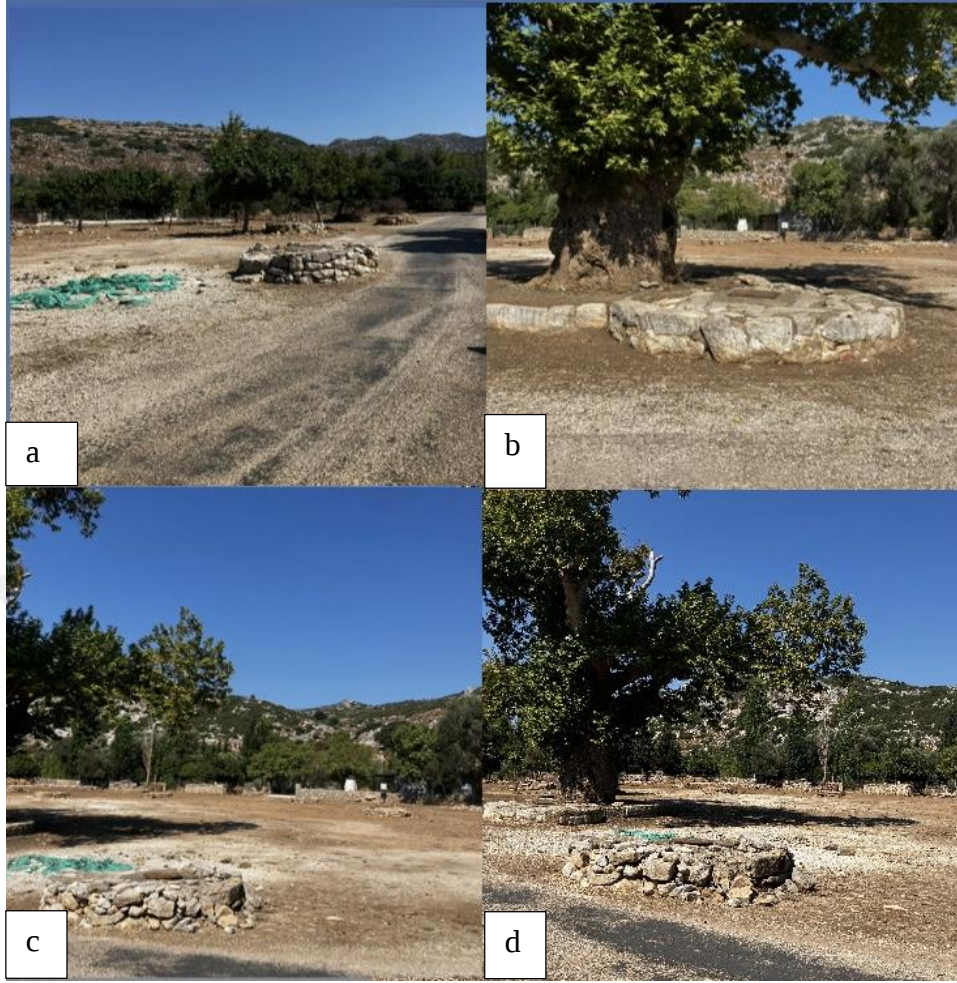
3.7 Çalışma Alanının Hidrojeolojisi

Phoenix Antik Kenti'nde, özellikle Taşlıca Köyü çevresinde yürütülen arkeosismolojik çalışmaların yanı sıra, bölgenin hidrojeolojik özelliklerinin de araştırma kapsamına dâhil edilmesi, hem antik yerleşim alanındaki su yönetim sistemlerinin anlaşılması hem de günümüzde köy halkının karşı karşıya kaldığı susuzluk problemlerinin değerlendirilmesi açısından büyük önem arz etmektedir. Bu çok disiplinli yaklaşım, antik dönemdeki su altyapısının sismik etkiler karşısında nasıl bir direnç gösterdiğini ve bu yapıların zamanla nasıl etkilendiğini ortaya koymak adına da kritik bir katkı sunar.

Arkeosismolojik perspektiften değerlendirildiğinde, su kaynaklarının antik kent içerisindeki dağılımı, kullanımı ve bu sistemlerin potansiyel sismik etkilerle olan etkileşimi, yalnızca geçmişe dair bir teknik altyapının değil, aynı zamanda toplumsal dayanıklılığın da izlerini taşır. Özellikle su yolları, kuyular, su depoları gibi hidrolik yapılar, antik dönem mühendisliğinin doğrudan göstergeleri olmakla birlikte, aynı zamanda sismik aktivitelere karşı ne ölçüde hassas olduklarının da araştırılmasına imkân tanır. Bu noktada yapılacak detaylı hidrojeolojik analizler, gerek antik döneme ait kalıntıların tespiti gerekse bu yapıların zaman içerisindeki deformasyonları açısından son derece değerli veri kaynakları sunar. Günümüzde ise Taşlıca Köyü'nün karşı karşıya olduğu su sıkıntısı, yalnızca yerel halkın yaşam kalitesini düşüren bir unsur değil, aynı zamanda bölgedeki arkeolojik kalıntıların korunmasını ve sürdürülebilir turizm kapsamında erişilebilirliğini de tehdit eden yapısal bir sorundur. Arkeolojik alanlarda yeterli nem dengesinin sağlanamaması ya da aşırı kuraklık koşulları, hem taş yapılarda mikroçatlakların oluşmasına hem de biyolojik bozulmaların hızlanmasına neden olabilir.

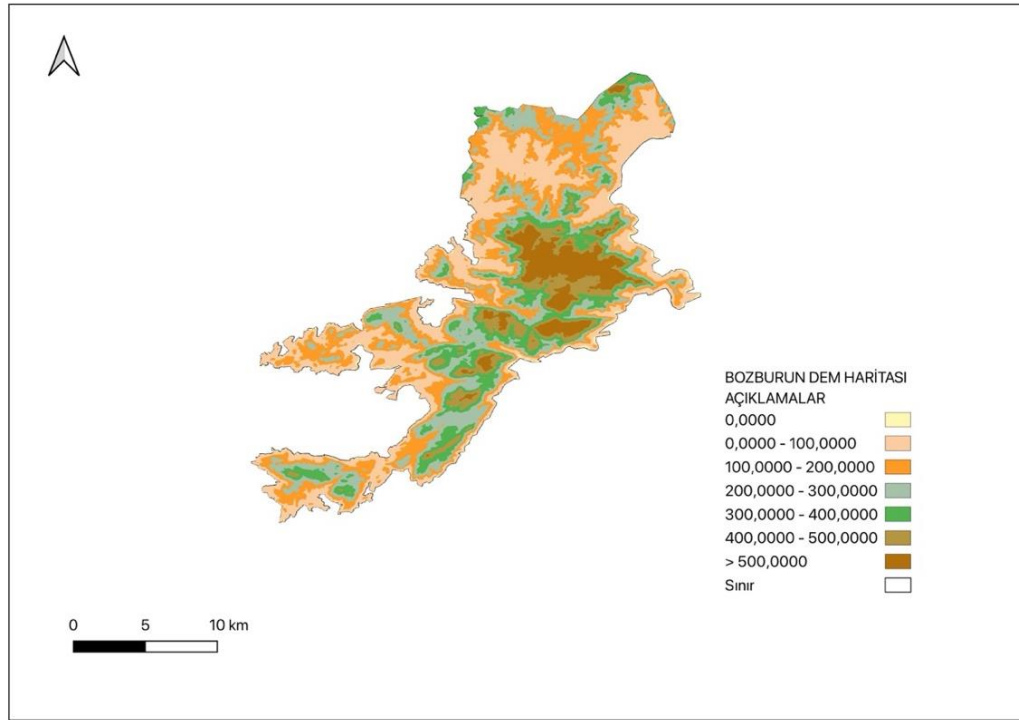
Phoenix Antik Kenti'nde, tarihsel kaynaklara ve arkeolojik bulgulara göre, suyun özellikle sternes (kapalı sarnıçlar) ve loutses (açık sarnıçlar) aracılığıyla toplandığı bilinmektedir. Bu yapılar, bölgenin kurak iklim koşulları göz önünde bulundurulduğunda, antik dönemde geliştirilen su yönetim stratejilerinin sürdürülebilirlik açısından oldukça ileri seviyede olduğunu göstermektedir. Yağışların mevsimsel ve düzensiz olduğu Bozburun Yarımadası'nda, özellikle kış aylarında düşen yağmur sularının sistematik biçimde toplanarak depolanması, suya erişimin sürekliliğini sağlamak adına kritik bir uygulamadır. Bu bağlamda, arkeosismoloji ile hidrojeolojinin kesişiminde yer alan çalışmalar, antik yapıların dayanıklılığı, çevresel değişkenlere adaptasyonu ve sürdürülebilir su yönetimi gibi çok katmanlı meselelerin bütüncül biçimde analiz edilmesine imkân tanımaktadır. Bu sistemlerin yalnızca mühendislik açısından değil, aynı zamanda yapısal bütünlük ve çevresel etkilere karşı direnç bakımından da dikkat çekici olduğu görülmektedir.

Nitekim, Şekil 3.8'de gösterilen antik su kuyularının büyük ölçüde sağlam ve korunmuş yapısı; çarpık hizalanma, taş kaymaları veya düzensiz çökmeler gibi sismik etkilerle ilişkilendirilebilecek deformasyonlara rastlanmaması, hem dönemin yapı tekniklerinin dayanıklılığını hem de bölgede uzun süre boyunca büyük ölçekli bir tektonik hareket yaşanmadığını gösterir.



Şekil 3.5. (a) Yolu kenarında bir su kuyusu; (b) Anıt ağacın yanında yer alan bir kuyu; (c) İlk kuyuyla benzer şekilde taşlarla çevrilmiş, sağlam bir yapı sergiliyor; (d) Büyük bir ağacın yakınında bulunan ve taşlarla çevrili bir kuyunun korunmuş yapısı

Su yapılarının korunmuşluğu kadar, bu yapıların nerede ve hangi jeolojik ortamda inşa edildiği de büyük önem taşımaktadır. Kentin bulunduğu bölgenin doğal yapısı, hem suya erişim stratejilerini hem de yapıların dayanıklılığını doğrudan etkilemiş olabilir. Phoenix Antik Kenti'nin bulunduğu Bozburun Yarımadası, haritalarda gösterildiği üzere, oldukça engebeli bir yapıya sahiptir. Şekil 3.9'da yer alan haritada yer alan Dijital Yükseklik Modeli haritası, bölgedeki yükseklik değişimlerini açıkça göstermektedir. Yüksekliklerin 0 metreden 500 metre ve üzerine kadar değiştiği bu bölge, antik yerleşim stratejileri açısından önemli ipuçları sunmaktadır. Phoenix Antik Kenti'nin yüksek rakımlı alanlara yakınlığı, kentin savunma amacıyla bu stratejik konumda inşa edilmiş olabileceğini düşündürmektedir. Ancak, bu yükseklik farklılıkları aynı zamanda su kaynaklarına erişimi zorlaştırmış olabilir.



Şekil 3.6. Bozburun Yükseklik Haritası (QGIS Development Team, 2025)

Bozburun Yarımadası'nda yer alan kaya birimlerinin çoğunlukla metamorfik ve karbonatlı kayalardan oluştuğu görülüyor. Karbonat kayalar (özellikle kireçtaşı ve dolomit), yeraltı suyu depolanması için uygun ortamlardır ve bu alanlar akifer olarak adlandırılmaktadır. Bölgedeki karbonat kayaların yeraltı suyu depolama ve iletim potansiyelinin yüksek olduğunu göstermektedir. Bu tür birimler, suyun kolayca hareket edebileceği boşluklara (porozite ve çatlaklara) sahiptir.

Bozburun Yarımadası, karstik kalker ve dolomit kayalardan oluşan bir yapıya sahiptir. Bu kayalar, suyun yeraltına sızmasını ve yeraltı suyu akiferlerini beslemesini sağlayan yüksek bir geçirgenliğe sahiptir. Ancak, karstik alanlarda suyun hızlı bir şekilde yeraltına geçmesi, yüzeyde su tutulmasının zorlaşmasına yol açar. Bu durum, yüzey suyu rezervlerinin yetersizliği anlamına gelir ve kurak yaz aylarında su kıtlığı riskini artırır. Bölgedeki karstik akiferler, kış aylarında düşen yağışların yeraltı suyunu beslemesiyle dolmakta ve yaz aylarında bu rezervlerden beslenmektedir. Ancak, karstik akiferlerin hızlı boşalabilmesi ve sızdırmaz yapıların sınırlı olması, suyun hızlı bir şekilde denize ulaşmasına neden olabilir. Bu durum, yaz aylarında yeraltı suyu seviyelerinin düşmesine ve su kıtlığına yol açabilir.

4. BULGULAR

Phoenix Antik Kenti ve çevresinde yürütülen arazi temelli yapısal analizler, antik dönem mimari elemanlarında mevcut deformasyonların mekansal dağılımı ve yönelimleri ile bölgesel jeodinamik parametrelerin karşılaştırmalı değerlendirilmesi çerçevesinde ele alınmıştır. Bu kapsamda elde edilen yönelim ölçümleri, stereografik projeksiyon teknikleri ve dijital veri görselleştirme araçlarıyla analiz edilmiştir. Aynı zamanda bölgeye ait aktif fay karakteristikleri ile deformasyon yönelimi arasında yapısal tutarlılık değerlendirilmiş; sonuçlar litolojik ve morfolojik etmenlerle birlikte yorumlanmıştır.

Phoenix Antik Kenti'nde özellikle tapınak-kilise kompleksine ait taş bloklarda, yapısal bütünlüğü bozan çeşitli düzlemler tanımlanmıştır. Kilise kapı bloğu ve çevresinde kırık, çatlak, kayma ve blok yer değiştirmesi türündeki deformasyonlar, pusula kullanılarak doğrultu (azimut) verileriyle belgelenmiştir. Toplam 29 ölçümden elde edilen azimut değerleri, 15° ila 280° aralığında dağılmış ve yönelimin belirgin bir ekseninde yoğunlaşmadığı saptanmıştır. Bu yönsüzlük, deformasyonların homojen bir stres rejimi tarafından oluşturulmadığını ortaya koymaktadır.

Kapıya bitişik batı duvarında yer alan bloklara ait kayma düzlemleri üzerinde gerçekleştirilen ikinci veri setinde ise, deformasyonların 89° – 91° yöneliminde kısmi yoğunlaşma gösterdiği tespit edilmiştir. Ancak bu yönelimin bölgedeki aktif fay sistemleriyle doğrudan bir paralellik sunmaması, yapısal bozulmaların tektonik gerilme dışında çok faktörlü kökenlere sahip olduğunu düşündürmektedir.

Söz konusu deformasyonların jeolojik arka planı değerlendirilirken, bölgenin egemen fay sistemi olan Taşlıca Fayı öncelikli olarak ele alınmıştır. Yaklaşık 11 km uzunluğunda olan bu fay, kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu normal bir fay karakterine sahiptir. Pusula ile alınan yedi lokasyona ait fay düzlemi ölçümleri, değişen eğim açıları ve değişen doğrultu verileriyle stereonet diyagramına aktarılmıştır. FaultKin yazılımı aracılığıyla yapılan analizlerde, fay düzlemlerinin tipik normal fay davranışı sergilediği ve bu davranışın Ege-Akdeniz genişlemeli tektonik rejimi ile uyumlu olduğu saptanmıştır. Ancak, bu doğrultuların antik yapılardaki deformasyon yönelimleriyle sistematik bir korelasyon göstermemesi, yapısal deformasyonların doğrudan aktif fay hareketiyle ilişkili olmadığını ortaya koymaktadır.

Deformasyonlara etki eden litolojik bileşenler de bu bulgulara entegre edilmiştir. Kentin üzerine kurulduğu Güverdağı Formasyonu, dolomitik kireçtaşı, mikrit ve stromatolitli karbonat kayalardan oluşmakta olup, yüksek derecede kırılgenlik ve karstlaşma eğilimi göstermektedir..

Yapısal deformasyonların dağılımı incelendiğinde, ölçüm verilerinin homojen olmaması, deformasyonların yüksek enerjili tekil sismik olaylara değil, daha çok zamana yayılmış çoklu stres mekanizmalarına bağlı olduğunu düşündürmektedir. Bu stres mekanizmaları arasında statik yüklenme, malzeme yorgunluğu, karbonat çözünmesi ve küçük ölçekli tektonik mikrodeformasyonlar yer alabilir. Söz konusu durum, yönsüz deformasyon desenlerinin yalnızca tektonik veriyle açıklanamayacağını, yapı-malzeme etkileşimini ve çevresel faktörlerden kaynaklı olabileceğini temel alan bütüncül bir yapısal değerlendirmeyi gerektirdiğini ortaya koymaktadır.

Bölgedeki litolojik birimler arasında yer alan Karanasıflar Formasyonu ve Orluca Formasyonu, mikritik ve silisli bileşenli kayalardan oluşmakta ve zaman içerisinde fiziksel ayrışma ve zayıflamaya elverişli tabakalı yapılar içermektedir. Özellikle eğimli arazide yer alan bu tabakalar, yapı temellerinde zemin stabilitesinin düşük olmasına yol açarak deformasyon riskini artıran bir zemin davranışı sergilemektedir.

Ayrıca, çalışmada değerlendirilen tarihsel deprem katalogları (Dirik, 2007) bölgenin milattan önce 3. yüzyıldan itibaren birçok depremle karşılaştığını belgelemektedir. Ancak, Phoenix Antik Kenti'nin arkeolojik tabakalarında bu depremlerle doğrudan ilişkilendirilebilecek yıkım katmanlarına veya kesintilere rastlanmamıştır. Antik yapıların kullanım sürekliliği ve mimari bütünlüğü, tarihsel depremlerin kentte ağır yapısal yıkımlara neden olmadığına işaret etmektedir.

Sonuç olarak, Phoenix Antik Kenti'ndeki yapısal deformasyonların yönsüz dağılım göstermesi, deformasyonların yalnızca bölgesel fay hareketleriyle değil, aynı zamanda yapısal zayıflık, zemin özellikleri ve çevresel aşınım süreçleriyle birlikte değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Aktif fay zonlarının morfolojik izleri ve stereografik analizlerle desteklenen jeolojik veriler, bölgedeki gerilme rejimini tanımlamada yeterli olmakla birlikte, deformasyonların oluşumunu açıklamada tek başına belirleyici değildir. Bu bağlamda, kentteki yapısal değişimlerin, zamansal olarak farklılaşan jeodinamik ve çevresel koşulların bileşkesi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

5. TARTIŞMA

Phoenix Antik Kenti'nde gerçekleştirilen yapısal analizler ve jeolojik değerlendirmeler, bölgedeki aktif fay sistemleri ile antik yapılarda tespit edilen deformasyonlar arasındaki ilişkiyi anlamaya yönelik çok disiplinli bir yaklaşımı esas almıştır. Saha çalışmaları sırasında özellikle kilise-tapınak yapısında belgelenen çatlaklar, yerinden kaymış taşlar ve köşe kırıkları, potansiyel sismik etkilerin değerlendirilmesine temel oluşturmıştır. Ancak deformasyonlara ait yönelim verilerinin analizinde, yönelimin belirgin bir doğrultuda toplanmadığı ve rastlantısal bir dağılım sergilediği tespit edilmiştir. Bu durum, yapısal bozulmaların doğrudan tek bir fay sisteminin sonucu olmadığını; daha karmaşık, çok faktörlü süreçlerin etkili olduğunu düşündürmektedir.

Phoenix Antik Kenti'nin bulunduğu Bozburun Yarımadası, aktif tektonik bir bölgede yer almakta olup, Ege-Akdeniz tektonik rejiminin etkisi altındadır. Afrika levhasının Avrasya levhası altına dalması ve Arap levhasının kuzeye hareketi, Anadolu bloğunu batıya yönlendirmekte ve Batı Anadolu'da genişlemeli (ekstansiyonel) bir tektonik rejim oluşturmaktadır. Bu bağlamda, bölgedeki başlıca faylardan biri olan Taşlıca Fayı, kuzeybatı-güneydoğu yönelimli bir normal fay olarak tanımlanmıştır. Bu fayın yönelimi ve sahadaki yüzey izleri, gerilme rejimiyle uyumlu şekilde gelişmiş ve morfolojik olarak da izlenebilir bir yapı sunmuştur. FaultKin yazılımı kullanılarak yapılan stereonet analizlerinde, fay düzlemlerinin genel olarak güneydoğuya eğimli olduğu ve normal fay davranışı gösterdiği belirlenmiştir. Ancak, antik yapı deformasyonlarına ait yönelimlerle bu fay düzlemleri arasında doğrudan bir paralellik gözlenmemiştir. Tapınak yapısındaki çatlaklar, kayma izleri ve blok yer değiştirmeleri yönsüz ya da düzensiz bir dağılım göstermektedir. Bu durum, deformasyonların tek bir sismik olaydan veya aktif faydan kaynaklanmadığını; çok yönlü, zamana yayılmış ve birikimli bir bozulma sürecine işaret ettiğini göstermektedir.

Yapısal deformasyonların tektonik kaynaklı olmaktan çok, malzeme özellikleri, çevresel etkenler ve zemin dinamikleri ile ilişkili olması, antik yapıların kırılabilirlik düzeyinin yalnızca dış stresle değil, aynı zamanda içsel faktörlerle de belirlendiğini ortaya koymaktadır. Antik yapılarda kullanılan taş blokların harçsız birleştirilmiş olması, uzun vadede statik denge kayıplarına ve mikro düzeyde kaymalara neden olabilmektedir. Ayrıca, karbonatlı kayalardan oluşan zemin birimlerinde karstik boşlukların varlığı, yapı temellerinde diferansiyel oturma gibi problemlerin gelişmesini kolaylaştırmaktadır. Bu tür zemin davranışları, yüzeydeki yapıların belirli noktalarda eğilmesine, köşelerde çatlamalara veya blok yer değiştirmelerine yol açabilir. Dolayısıyla, yapısal bozulmaların jeolojik zemin ve temel mekaniği ile olan ilişkisi göz ardı edilmemelidir.

Bölgedeki iklimsel dinamikler de deformasyon süreçlerini destekleyen önemli bir değişkendir. Phoenix Antik Kenti, tipik Akdeniz iklimi etkisi altındadır; yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılık ve yağışlı geçmektedir. Özellikle kış aylarında artan yağış miktarı, karbonatlı kayaların çözünmesini hızlandırmakta; yaz aylarında ise yüksek sıcaklık ve kuraklık, taş bloklarda termal gerilme oluşturabilmektedir. Bu termal genleşme-daralma döngüsü, yapı taşlarının yüzeyinde çatlak gelişimine ve zamanla bu çatlakların büyüyerek yapının bütünlüğünü bozmasına neden olmaktadır. Ayrıca, donma-çözülme etkisinin yüksek olduğu geçiş dönemlerinde, yapı malzemeleri içindeki suyun hacim değişimi de

çatlak genişlemelerine neden olabilmektedir. Bu süreçler, antik yapılarda zaman içinde yavaş ilerleyen fakat birikimli hasara yol açan deformasyonlara neden olmaktadır.

Tarihsel sismoloji verileri, Phoenix'in içinde bulunduğu bölgenin milattan önce 3. yüzyıldan itibaren birçok depremle karşılaştığını göstermektedir. Rodos ve çevresinde belgelenmiş olan M.Ö. 222, M.Ö. 185, M.S. 1304, 1481, 1493, 1856 ve 1885 tarihli depremler, bölgenin sismik olarak aktif bir zonda bulunduğunu teyit etmektedir. Ancak Phoenix Antik Kenti'ndeki arkeolojik kayıtlar, bu depremlerle doğrudan ilişkilendirilebilecek kesintilere, yeniden inşa izlerine veya belirgin yıkım katmanlarına işaret etmemektedir. Özellikle M.S. 155 yılında bölgeye oldukça yakın bir alanda meydana gelen büyük depremin ardından Roma Dönemi yerleşiminin kesintisiz olarak sürmüş olması, sismik etkinin ya sınırlı kaldığını ya da yapısal olarak absorbe edildiğini göstermektedir. Bu durum, antik yapıların dayanım düzeyinin sadece maruz kaldığı dış kuvvetlere değil, aynı zamanda inşa tekniklerine ve kullanılan malzemelere de bağlı olduğunu ortaya koymaktadır.

Ayrıca, Phoenix Antik Kenti'nde belgelenen su yapıları, deformasyonlara karşı daha yüksek bir dayanıklılık göstermiştir. Sarnıçlar, kuyular ve su depolama sistemleri, hem yapım teknikleri hem de konumları itibarıyla daha az deformasyon sergilemiştir. Bu yapıların büyük bölümünün günümüzde dahi ayakta olması, deprem gibi ani etkilerin bu tür mühendislik ürünleri üzerindeki etkisinin sınırlı kaldığını düşündürmektedir. Ayrıca, bu durum antik dönemde su yönetiminin yalnızca kaynakların temin edilmesi açısından değil, aynı zamanda yapısal güvenlik bağlamında da bilinçli bir şekilde planlandığını göstermektedir.

Diğer taraftan, yapı deformasyonlarının zamansal olarak ne zaman meydana geldiğini doğrudan belirleyecek bir kronolojik veri eksikliği söz konusudur. Arkeolojik katmanlarda deformasyonların yaşı genellikle dolaylı yöntemlerle tahmin edilmektedir. Bu nedenle, ilerleyen çalışmalarda optik olarak uyarılmış lüminesans (OSL), radyokarbon tarihlendirme gibi mutlak yaşlandırma yöntemlerinin yapı deformasyon izleriyle ilişkilendirilmesi, yapıların hangi dönemde ne tür bir hasar gördüğünü daha net biçimde ortaya koyacaktır. Böylece, hem depremlerin yapısal etkileri daha güvenilir şekilde değerlendirilebilecek hem de tarihsel kaynaklarla deformasyon verileri arasındaki ilişki güçlendirilebilecektir.

Phoenix Antik Kenti özelinde elde edilen bulgular, arkeosismoloji araştırmalarında dikkatli, bütüncül ve disiplinler arası bir yaklaşım gerekliliğini ortaya koymaktadır. Yapısal deformasyonların doğrudan aktif fay hareketlerine bağlanması, çoğu durumda eksik ya da yanıltıcı yorumlara yol açabilir. Bunun yerine, deformasyonların jeolojik, iklimsel, yapı-malzeme özellikleri ve zemin davranışları çerçevesinde değerlendirilmesi, daha sağlıklı sonuçlara ulaşmayı mümkün kılar. Bu bağlamda, Phoenix Antik Kenti'nde tespit edilen yönsüz deformasyonlar, aktif fayların bölgedeki varlığına rağmen, sismik bir yıkım öyküsünü zorunlu kılmamaktadır. Aksine, bu deformasyonlar; çevresel, yapısal ve zamanla birikmiş streslerin ortak etkisiyle açıklanabilir niteliktedir.

Bu çalışma, arkeosismoloji alanında yapılan araştırmalara hem yöntemsel hem de yorumlayıcı düzeyde katkı sunmayı amaçlamaktadır. Yönelim verilerinin yalnızca grafiksel olarak değerlendirilmesiyle yetinilmeyip, jeodinamik arka planla birlikte ele

alınması; yapısal hasarların oluşum nedenlerinin çok boyutlu analizini mümkün kılmıştır. Elde edilen sonuçlar, Phoenix Antik Kenti'nin geçmişte büyük ölçekli sismik yıkımlara uğramadığına, yapısal deformasyonların daha çok uzun vadeli çevresel ve zemin odaklı süreçlerin bir sonucu olduğuna işaret etmektedir. Bu bağlamda, hem antik yapıların dayanıklılığı hem de Bozburun Yarımadası'nın tektonik özellikleri açısından önemli bir örnek teşkil etmektedir. Öte yandan, Phoenix Antik Kenti'nin yer seçiminde topografyanın da önemli bir rol oynamış olabileceği düşünülmektedir. Antik kent, Bozburun Yarımadası'nın güneyinde, denize hâkim konumda, nispeten yüksek rakımlı bir arazi parçası üzerinde kurulmuştur. Bu tür yüksek, sağlam zeminli alanlar, antik dönem yerleşimlerinde hem savunma hem de yapı dayanımı açısından tercih edilmiş olabilir. Kentin bu şekilde daha rijit bir jeolojik birim üzerinde konumlanmış olması, yapısal deformasyonların sınırlı kalmasında rol oynamış olabilir. Özellikle ana kayaya doğrudan oturan yapılarda, zemin kaynaklı diferansiyel oturma ya da kayma gibi deformasyon mekanizmalarının gelişme ihtimali daha düşüktür. Bu durum, tapınak yapısı gibi bazı anıtsal mimari elemanlarda deformasyon izlerinin sınırlı olmasını kısmen açıklayabilir.

Ancak bu değerlendirmelerin tamamı, mevcut veriler ışığında yapılabilecek sınırlı yorumlara dayanmaktadır. Phoenix Antik Kenti henüz tam anlamıyla sistematik ve geniş çaplı bir arkeolojik kazıya konu olmamıştır. Yüzey araştırmaları ile sınırlı veri derlenmiş; bu da hem mimari bütünlüğün hem de olası yıkım izlerinin belgelenmesi açısından önemli bir boşluk yaratmaktadır. Bu nedenle, kentte deprem kaynaklı olabilecek deformasyonların eksik saptanmış olma ihtimali göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle yapıların temel seviyelerinde, dolgular veya yıkım katmanlarında yer alabilecek daha erken dönem hasar izleri, henüz belgelenmemiş olabilir. Arkeolojik kazıların artması ve yeni yapısal verilerin elde edilmesiyle, şu an için sınırlı kalmış olan bu değerlendirmelerin daha güvenilir bir zemine oturtulabileceği düşünülmektedir.

Bu çerçevede, eldeki veriler Phoenix Antik Kenti'nde büyük ölçekli sismik yıkımların varlığını açık biçimde desteklememektedir; ancak bu, geçmişte hiçbir sismik etkinin yaşanmadığı anlamına gelmemelidir. Mevcut deformasyonların çok faktörlü bir etkileşim sonucunda ortaya çıkmış olabileceği; bunların yalnızca tektonik süreçlerle değil, çevresel, inşaat teknolojisi ve zemin özellikleriyle birlikte şekillenmiş olabileceği akılda tutulmalıdır. Kentin topoğrafik konumu, yapılarının ana kaya üzerindeki konumlanması ve arkeolojik veri eksikliği gibi unsurlar, yorumların ihtiyatlı ve açık uçlu biçimde ele alınmasını gerektirmektedir.

6. SONUÇ

Bu çalışma kapsamında Phoenix Antik Kenti'nde gerçekleştirilen arkeosismolojik, jeolojik ve hidrojeolojik değerlendirmeler sonucunda elde edilen bulgular, antik yerleşimde gözlemlenen yapısal deformasyonların büyük oranda tektonik kökenli olmayabileceğini ortaya koymuştur. Özellikle tapınak-kilise yapısının batı cephesinde belgelenen çatlaklar, blok kaymaları ve kırık yapılar, yönelim analizlerine tabi tutulmuş; ancak deformasyon izlerinin belirli bir eksen üzerinde yoğunlaşmadığı, dolayısıyla fay doğrultusuyla uyumlu bir tektonik deformasyon modeline işaret etmediği belirlenmiştir. Bu durum, yapısal bozulmaların daha çok malzeme yorgunluğu, çevresel aşınım ve zamanla gelişen fiziksel-kimyasal etkenlerle açıklanabileceğini göstermektedir.

Bölgedeki aktif faylardan biri olan Taşlıca Fayı üzerinde gerçekleştirilen yapısal ölçümler, fayın kuzeybatı-güneydoğu yönelimli bir normal fay olduğunu ve bölgenin genişlemeli bir tektonik rejim etkisi altında bulunduğunu doğrulamıştır. Ancak antik yapılarda gözlemlenen deformasyonlarla bu aktif fayın doğrultusu arasında doğrudan bir tektonik ilişki kurulamamıştır. Ayrıca, tarihsel sismoloji verileri, Rodos ve çevresinde tarih boyunca birçok yıkıcı depremin meydana geldiğini göstermesine rağmen, Phoenix Antik Kenti'nde bu depremlere bağlı doğrudan bir yıkım izine rastlanmamıştır. Özellikle M.S. 155 yılı gibi yakın çevrede etkili olduğu bilinen büyük depremlerin ardından kentsel yerleşimin mimari süreklilik göstererek devam etmesi, bu depremlerin kent üzerinde kalıcı yıkıma yol açmadığını ortaya koymaktadır.

Çalışma kapsamında yapılan hidrojeolojik gözlemler ise, bölgenin karstik yapısının antik dönemde ve günümüzde su kıtlığı sorununa neden olduğunu, ancak bu sorunun mühendislik çözümleriyle (sarnıç ve kuyular gibi) giderilmeye çalışıldığını göstermiştir. Bu su yapılarının günümüzde de büyük ölçüde sağlamlığını koruyor olması, bölgedeki sismik aktivitenin bu yapılar üzerinde sınırlı etkili olduğunu ve dönemin mühendislik bilgilerinin dayanıklı yapılar üretmede başarılı olduğunu düşündürmektedir.

Bununla birlikte, Phoenix Antik Kenti'nin konumlandığı yüksek topoğrafik alan ve yapıların büyük ölçüde ana kaya üzerine inşa edilmiş olması, deformasyon izlerinin sınırlı olmasında etkili bir rol oynamış olabilir. Zemin kaynaklı oturmaların ya da kaymaların daha az gelişmiş olması, yapısal bütünlüğün uzun süre korunmasını desteklemiş olabilir. Ancak bu yorumlar, mevcut verilerin sınırlılığı çerçevesinde değerlendirilmeli; özellikle arkeolojik kazıların eksikliği nedeniyle, daha derin katmanlarda veya erken dönem yapılarında henüz belgelenmemiş deformasyonların var olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Genel olarak, elde edilen veriler Phoenix Antik Kenti'nde gözlemlenen yapısal bozulmaların büyük çoğunluğunun tektonik değil; çevresel koşullar ve zamanla gelişen fiziksel yıpranmalardan kaynaklandığını göstermektedir. Bölgedeki aktif faylanma süreçlerine rağmen antik yapılarda bu süreçlere doğrudan bağlı yıkıcı izlerin bulunmaması, arkeosismolojik verilerin dikkatli değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, ileride gerçekleştirilecek mikromorfolojik, arkeometrik ve jeofizik destekli çalışmalarla deformasyon süreçlerinin ve antik yapıların dayanıklılık düzeylerinin daha ayrıntılı ve kesin olarak ortaya konulabileceği değerlendirilmektedir. Yapısal bozulmaların ne zaman gerçekleştiğinin tespiti, arkeosismolojik analizlerin en

önemli bileşenlerinden biridir. Bu doğrultuda, ileride gerçekleştirilecek kazılarda O Optik Uyarılmış Lüminesans, radyokarbon ve termolüminesans gibi mutlak tarihlleme yöntemlerinin kullanılması, deformasyon olaylarının zamanlamasını saptamak adına büyük katkı sağlayacaktır. Yapı taşlarına yönelik arkeometrik analizler ile malzeme dayanımı ve bozulma mekanizmaları hakkında daha ayrıntılı veriler elde edilebilir. Phoenix'in çevresindeki antik kentlerle karşılaştırmalı çalışmalar yürütülmesi, bölgesel ölçekte daha kapsamlı sonuçlara ulaşılmasını mümkün kılacaktır. Kentte sistematik arkeolojik kazıların yapılması, yapıların alt kotlarında yer alabilecek olası yıkım izlerinin belgelenmesine katkı sağlayacaktır.



7. KAYNAKÇA

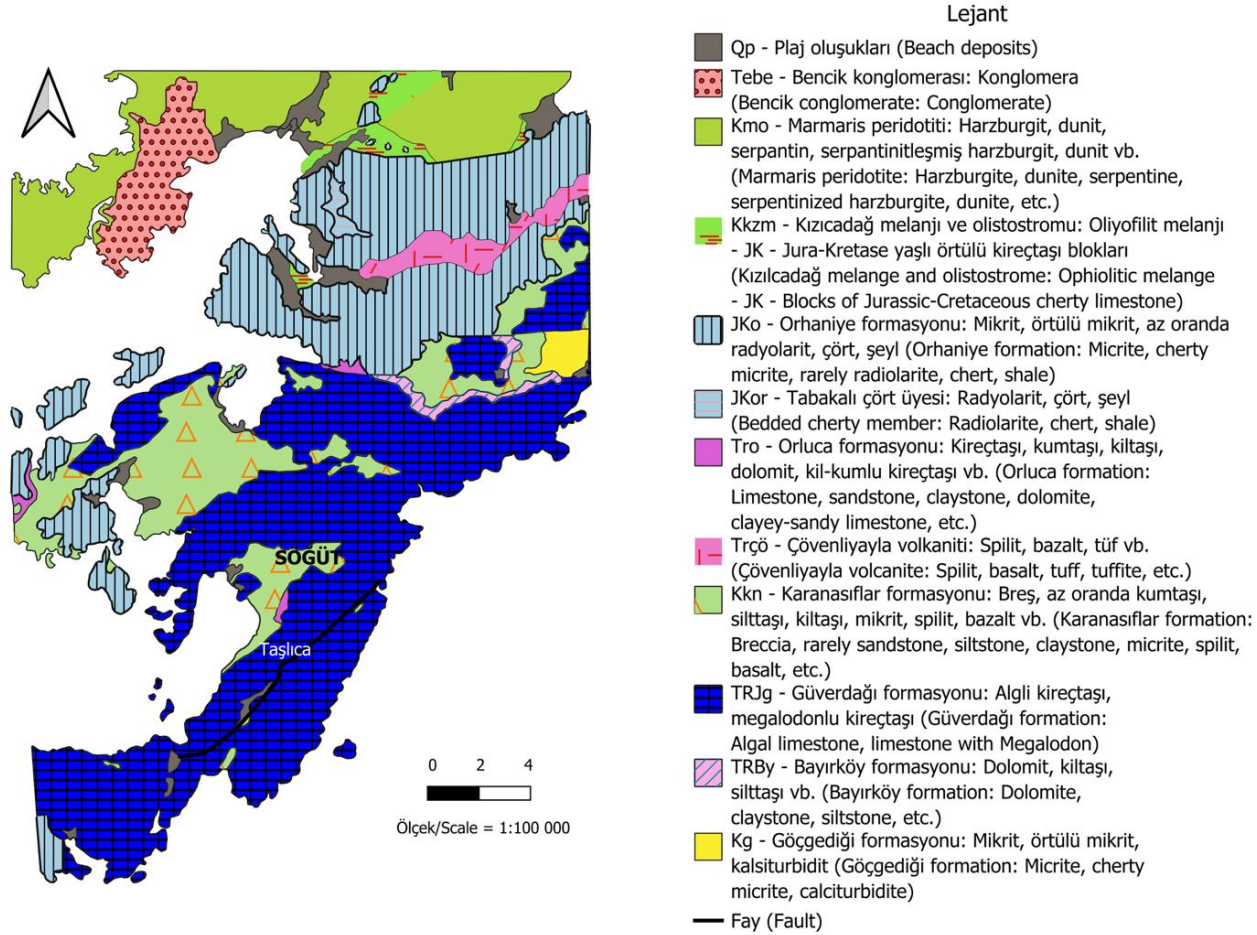
- Altunel, E., Akyüz, H. S., Karabacak, V., Yalçiner, C. C. and Yönlü, Ö. 2010. Active faults and paleoseismology studies in the Germencik-Çine Graben, Western Turkey. *Journal of Geodynamics*, 49(4): 261-273.
- Allmendinger, R. W., Cardozo, N. and Fisher, D. M. 2012. *Structural Geology Algorithms: Vectors and Tensors*. Cambridge University Press. ISBN: 9781107008912.
- Ambraseys, N. N. 2009. *Earthquakes in the Mediterranean and Middle East: A Multidisciplinary Study of Seismicity up to 1900s*. 156. Cambridge University Press. ISBN: 978-0-521-87292-8
- Apple Inc. 2023. *Numbers*, Sürüm 14.1 (7040.0.73) [Masaüstü yazılımı]. <https://www.apple.com/tr/numbers/>
- Atakuman, Ç., Başaran, G., Mergen, A., Ünlü, E. and Yıldırım, C. 2020. Prehistoric investigations in the Bozburun Peninsula: A reassessment. *TÜBA-AR*, 26, 1–33.
- Bernouilli, D., Graciansky, P. C. and Monod, O. 1974. The extension of the Lycian nappes (SW Turkey) into the southeastern Aegean Islands. *Eclo. Geol. Helv.*, 67(4), 587–611.
- Bozkurt, E. 2001. Neotectonics of Turkey – a synthesis. *Geodinamica Acta*, 14(1–3), 3–30.
- Bilgin, Z. R., Metin, Y., Çörekçioğlu, E., Bilgiç, T. ve Şan, Ö. 1997. Bozburun-Marmaris-Köyceğiz – Dalaman (Muğla) dolayının jeolojisi: MTA Rap. 10008, Ankara.
- Dirik, K. 2007. Türkiye'nin Depremselliği ve Aktif Tektonik Özellikleri. MTA Yayınları, Ankara.
- Emre, Ö., Duman, T.Y. ve Özalp, S. 2011. 1:250 000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Marmaris NJ 35-15 Paftası, Seri no: 8, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye.
- Ege, İ., Özkan, E. and Polat, S. 2024a. Determination of the relationship between tectonic and karstification using morphometric indices in Bozburun Peninsula, Marmaris, Türkiye. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*. 169 Uncorrected proof
- Fraser, P. M. and Bean, G. E. 1954. *The Rhodian Peraea and Islands*. Clarendon Press.
- Google Earth, 2024. *Taşlıca Köyü ve Phoenix Antik Kenti, Marmaris/Muğla Uydu Görüntüsü*. [Erişim Tarihi: 12 Mayıs 2025].
- Jackson, J. and McKenzie, D. 1984. Active tectonics of the Alpine-Himalayan Belt between western Turkey and Pakistan. *Geophysical Journal International*, 77(1), 185–264
- Jolivet, L., et al. (2013). Aegean tectonics: Strain localisation, slab tearing and trench retreat. *Tectonophysics*, 597–598, 1–33.
- Koçyiğit, A. 1984. Güneybatı Türkiye ve Yakın Dolayında Levha İçi Yeni Tektonik Gelişim. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 27(1), 1–10.

- Koçyiğit, A., et al. 2002. Extensional Neotectonic regime through the NE edge of outer Isparta Angle, SW Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 11(2), 61–79.
- Marret, R. A., and Allmendinger, R. W. 1990. Kinematic analysis of fault-slip data. *Journal of Structural Geology*, 12(8), 973–986.
- McKenzie, D. 1972. Active tectonics of the Mediterranean region. *Geophysical Journal International*, 30(2), 109–185.
- McClusky, S., et al. 2000. Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus. *Journal of Geophysical Research*, 105(B3), 5695–5719.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2025. *Marmaris İlçesi Uzun Yıllar İklim Verileri*. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H&m=MUGLA> (Erişim tarihi: 29.04.2025).
- Meşhur, M., Yoldemir, O., Akpınar, M., Öztaş, Y. ve Alkan, H. 1989. Batı Toroslar'ın jeolojisi ve petrol olanakları raporu: TPAO rap. Ankara [Yayımlanmamış teknik rapor].
- Oğuz-Kırca, E. D. 2014. Restructuring the Settlement Pattern of a Peraean Deme Through Photogrammetry and GIS: The Case of Phoinix (Bozburun Peninsula, Turkey). *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 14 (2), 281-313.
- Özkan, E., Ege, İ. ve Polat, S. 2024b. A practical trial example in flood susceptibility studies: Determination of flood susceptibility in Bozburun Peninsula (Marmaris/Türkiye) basins. *Scientific Reports*, 14(1), 4068009. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4068009/v1>
- Philippson, A. 1915. Reisen und Forschungen im westlichen Kleinasien. *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 61, 167.
- Rodríguez-Pascua, M. A., Pérez-López, R., Silva, P. G., Giner-Robles, J. L., Garduño-Monroy, V. H. and Reicherter, K. 2011. A comprehensive classification of earthquake archaeological effects (EAE) for archaeoseismology. *Quaternary International*, 242(1), 20–30.
- Seyitoğlu G., Kaypak, B., Tanülkü, E., Karabıyıkoglu T., et al. 2024. Influence of the Ptolemy-Pliny- Strabo Fault Zone in Bozburun Peninsula (southwest Türkiye): Evidence from structural data and focal mechanism solutions. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 67(1), 1-16.
- Sözbilir, H. 2005. Oligo-Miocene extension in the Lycian orogen: evidence from the Lycian molasse basin, SW Turkey. *Geodinamica Acta*, 18(3–4), 255–282.
- Stefanakis, Y. 2010. Archaeoseismological evidence from West Crete: A review and future perspectives. *Quaternary International*, 216 (1-2), 100-113.
- Stephanos Byzantinos. 2020. *Ethnika*. Çev. Brady Kiesling. ToposText. [Erişim: 12 Mayıs 2025]. <https://topostext.org>
- Strabo. 1924. *The Geography of Strabo*. Ed. and Trans. H. L. Jones. Loeb Classical Library, Vols. I–VIII. London: William Heinemann Ltd.

- Şenel, M., Selçuk, H., Bilgin Z.R., Şen, M., Karaman, T., Dinçer, M.A., Durukan, E., Arbas, A., Örcen, S. ve Bilgi, C. 1989. Çameli (Denizli)-Yeşilova (Burdur)-Elmalı (Antalya) ve kuzeyinin jeolojisi: M.T.A. Rap. 9429, Ankara.
- Şenel, M., Bilgin, R. Z. 2010. 1:100.000 scale geological maps of Turkey. Marmaris O20 sheet. Mineral Research and Exploration Directorate of Türkiye (MTA), Ankara.
- Şengör, A. M. C. and Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181–241.
- Şengör, A. M. C., ve Yılmaz, Y. 1983. Türkiye’de Tetis’in evrimi: Levha tektoniği açısından bir yaklaşım: Türkiye Jeol. Kur. Yerbil. Özel dizi No: 1, 75s.
- Uluğ, A., et al. (2005). Shallow seismic stratigraphy and structural features of the Gökova Gulf. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 14(1), 47–60.
- U.S. Geological Survey. (2024). *USGS National Elevation Dataset*. Retrieved from <https://www.usgs.gov/national-elevation-dataset>
- Yalçın, M. (2013). *Lithological and morphological control on the agricultural terraces in Bozburun Peninsula, Turkey*(Yüksek lisans tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi). <https://open.metu.edu.tr/handle/11511/22319>
- Yaman, A., Konuk, K., Doğan, T., Sitz, A., Yeşil, M., Alikaya, İ., Taki, D., Güçlü, A., Dinç, A., Okyay, Z., Özaydın, A., Konuk, T. and Aydemir, M. S. 2022. Preliminary report on the 2021 fieldwork at Phoenix. *Anatolia Antiqua*, 30, 185–202.
- Yaman, A. and Konuk, K. 2023. A Preliminary Report on the 2022 Fieldwork at Phoenix. *Anatolia Antiqua XXXI*, 277-297.
- QGIS Development Team. 2025. *QGIS Geographic Information System* (Version 3.36.3-Maidenhead). Open Source Geospatial Foundation Project.

8. EKLER

EK-1. Çalışma alanına ait jeoloji haritası, (Şenel ve Bilgin 2010'dan alınmıştır)



ÖZGEÇMİŞ

GÜNEŞ ANLIAK

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2022-2025	Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Lisans	Hacettepe Üniversitesi
2016-2021	Mühendislik Fakültesi, Jeoloji (Hidrojeoloji) Mühendisliği, Ankara