



T.C. İÇİŞLERİ BAKANLIĞI
AFET VE ACİL DURUM
YÖNETİMİ BAŞKANLIĞI

AFAD

TÜRK DEPREM ARAŞTIRMA DERGİSİ

Haziran
June

2022

Cilt
Volume

4

Sayı
Number

1

TURKISH
JOURNAL OF
EARTHQUAKE
RESEARCH



TUSAK
Türkiye Ulusal
Sismoloji ve Arazi
Faalığı Komisyonu
Ankara / TÜRKİYE

e-ISSN: 2687-301X

Türk Deprem Araştırma Dergisi (TDAD)

Turkish Journal of Earthquake Research
(*Turk. J. Earthq. Res.*)

(c) 2022

Cilt 4 - Sayı 1

(Volume 4 - Issue 1)

Türkiye Ulusal Sismoloji ve Arziçi Fiziği Komisyonu (TUSAK)
Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD)

National Seismology and Earth's Interior Physics Commission of Turkey (TUSAK)
Disaster and Emergency Management Authority (AFAD)

30.06.2022

Sıra (Nr)	İÇİNDEKİLER (CONTENT)	Sayfa No (Page Nr)
1	Parçacık Sürü Optimizasyonu ile Deprem Dış Merkezini belirlenmesi: Ayvacık Depremi Örneği (<i>Determining the Epicenter of an Earthquake with Particle Swarm Optimization: Ayvacik Earthquake Example</i>) Şenol Özyalın	1
2	Betonarme Dairesel Kolonların Kesme Dayanımı ile Deformasyon Kapasite Modellerinin Araştırılması (<i>Investigation of Shear Strength and Deformation Capacity Models of Reinforced Concrete Columns</i>) Saeid Foroughi ve S. Bahadır Yüksel	26
3	Ege Denizi Güney İncirli Havzası Deprem Fırtınasının Sismolojik ve Sismotektonik Özellikleri (<i>Seismological and Seismotectonic Characteristics of Earthquake Swarm in the Southern Nisyros Basin of the Aegean Sea</i>) Haluk Eyidoğan	42
4	Mevcut Bir Kamu Binasının Deprem Güvenliğinin İncelenmesi (<i>Earthquake Safety Analysis of an Existing Public Building</i>) Hande Odaman Kaya ve Ebru Alakavuk	61
5	Çanakkale Şehir Merkezi Risk Azaltma Çalışmaları ve Afet Farkındalığının Değerlendirilmesi (<i>Çanakkale Settlement Risk Reduction Studies and Evaluation of Disaster Awareness</i>) Tolga Bekler, Sait Çifçi, Feyza Nur Bekler ve Alper Demirci	73
6	Sismik Hız İle Boşluk Basıncı İlişkisi: Denizli Havzası Örneği (<i>Relationship between Seismic Velocity and Pore Pressure: Case Study of Denizli Basin</i>) Orhan Güreli	98
7	Deprem Özelinde 2010 ve 2021 Yıllarında Yayımlanan Meclis Araştırma Komisyon Raporlarının Karşılaştırmalı Analizi (<i>Comparative Analysis of the Parliamentary Research Commission Reports Published 2010 and 2021 in the Earthquake Specific</i>) Önder Bozkurt ve Halil İbrahim Çiçekdağı	137
8	Öğretmen Adaylarının Deprem Farkındalığına İlişkin Görüşleri (<i>Opinions of the Teacher Candidates Concerning Earthquake Awareness</i>) Elif Bilen ve Merve Polat	155



Determining the Epicenter of an Earthquake with Particle Swarm Optimization: Ayvacik Earthquake Example

Senol Ozyalin ¹

¹ Dokuz Eylul University, Faculty of Engineering, Department of Geophysical Engineering, Buca, Izmir, Türkiye
ORCID: 0000-0002-1401-9453

Keywords

Particle swarm optimization (PSO), Swarm Intelligence, Epicenter, Canakkale-Ayvacic, Metaheuristic

Highlights

- * The presented method PSO algorithm can be easily applied to the earthquake epicenter.
- * Application of problem solutions based on swarm intelligence in seismology
- * Few parameters controlling the algorithm

Aim

Aim of the study is to determine the epicenter of an earthquake

Location

Ayvacic, Canakkale, Turkey

Methods

Particle swarm optimization (PSO) method has been used in the frame of this study.

Results

Epicenter has been found very close to one which is published by AFAD and the mean percent relative error was determined as 0.239%.

Supporting Institutions

The author declares that this study has used location information of AFAD

Financial Disclosure: The author declares that this study has received no financial support

Peer-review

Externally peer-reviewed

Conflict of Interest: The author has no conflicts of interest to declare

Manuscript

Research Article

Received: 06.12.2021

Revised: 10.01.2022

Accepted: 11.01.2022

Printed: 30.06.2022

DOI

10.46464/tdad.1033302



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International Non-Commercial License

Corresponding Author

Senol Ozyalin

Email: senol.ozyalin@deu.edu.tr

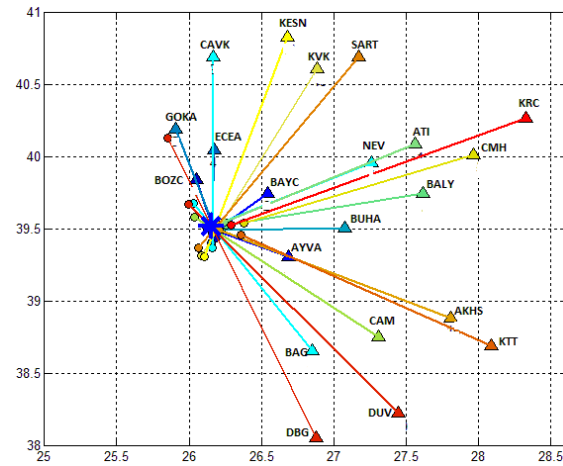


Figure
PSO solution to determine the epicentre of 12 February 2017
Ayvacik-Canakkale earthquake

How to cite:

Ozyalin S., 2022. Determining the Epicenter of an Earthquake with Particle Swarm Optimization: Ayvacik Earthquake Example, Turk. J. Earthq. Res. 4(1), 1-25, <https://doi.org/10.46464/tdad.1033302>



Parçacık Sürü Optimizasyonu ile Deprem Dış Merkezinin belirlenmesi: Ayvacık Depremi Örneği

Şenol Özyalın¹

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Buca, İzmir 35160 Türkiye
ORCID: 0000-0002-1401-9453

ÖZET

Optimizasyon problemlerinin çözümü için kullanılan birçok optimizasyon tekniği doğadaki olaylardan esinlenilerek geliştirilmiştir. Parçacık Sürüsü Optimizasyonu (PSO), yiyecek veya ortak hedef arayışında sürü (kuş sürüleri, balık sürüleri, böcekler vb.) davranışını işbirlikçi bir şekilde benimseyen, doğadan ilham alan optimizasyon algoritmalarından biridir. Sürüdeki parçacıklar (ya da ajanlar), arama uzayında kendilerini geliştirmelerinin yanı sıra komşularından da bilgi öğrenirler. Bir parçacığın arama algoritması, süreç sırasında o parçacığın en iyi konumu (bireysel öğrenme terimi) ve belirli bir yinelemede çevresindeki en iyi parçacık (sosyal öğrenme terimi) tarafından belirlenir. PSO'daki temel arama stratejisi, sürüdeki parçacıkların bilişsel bilgilerinin ve sosyal davranışlarının sürekli güncellenmesi yoluyla algoritmayı en iyi çözüme doğru yönlendirmesidir. Bu çalışmada önce yöntemin performansını sentetik model ile test edildikten sonra Çanakkale-Ayvacık depreminin dış merkezinin belirlenmesinde bu algoritmanın uygulaması gösterilmiştir. Bu çalışma sonucunda, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) tarafından yayınlanan 06.02.2017 depreminin dış merkezi (26.1351, 39.5303) ile PSO çözümü (26.03,39.50) bulunmuştur. Boylam ve enlem için yüzde bağıl hatalar sırasıyla % 0.402 ve %0.077 bulunmuş ve ortalama yüzde bağıl hata %0.239 olarak hesaplanmıştır.

Anahtar kelimeler

Parçacık Sürü Optimizasyonu, Sürü Zekâsı, Deprem dış merkezi, Çanakkale-Ayvacık, Metasezgisel

Öne Çıkanlar

- * Sunulan yöntem PSO algoritması deprem dış merkezine kolaylıkla uygulanabilir
- * Sürü zekâsına dayalı problem çözümlerinin sismolojide uygulanabilmesi
- * Algoritmayı kontrol eden parametre sayısının az olması

Makale

Araştırma Makalesi

Geliş: 06.12.2021
Düzeltilme: 10.01.2022
Kabul: 11.01.2022
Basım: 30.06.2022

DOI

10.46464/tdad.1033302

Sorumlu yazar

Şenol Özyalın
Eposta: senol.ozyalin@deu.edu.tr

Determining the Epicenter of an Earthquake with Particle Swarm Optimization: Ayvacık Earthquake Example

Senol Ozyalin¹

¹ Dokuz Eylul University, Faculty of Engineering, Department of Geophysical Engineering, Buca, Izmir 35160 Türkiye
ORCID: 0000-0002-1401-9453

ABSTRACT

Many optimization techniques used for the solution of optimization problems have been developed by being inspired by the events in nature. Particle Swarm Optimization (PSO) is one of the nature-inspired optimization algorithms that cooperatively adopts swarm behavior (e.g. flocks of birds, flocks of fish, insects, etc.) in search of food or common target. Particles (or agents) in the swarm learn information from their neighbors as well as evolve themselves in search space. A particle's search algorithm is determined by that particle's best position during the process (individual learning term) and the best particle around it at a given iteration (social learning term). The basic search strategy in PSO is to guide the algorithm towards the best solution through continuous updating of the cognitive information and social behavior of the particles in the swarm. In this study, the performance of the method was tested with a synthetic model, and then the application of these algorithms in determining the epicenter of the Canakkale-Ayvacık earthquake was demonstrated. As a result of this study, the epicenter of the 06.02.2017 earthquake published by the Disaster and Emergency Management Presidency (AFAD) and the PSO solution were found as (26.1351, 39.5303) and (26.03, 39.50), respectively. The percent relative errors for longitude and latitude are determined as 0.402%, and 0.077%, and the mean percent relative error is computed as 0.239%.

Keywords

Particle swarm optimization, Swarm Intelligence, Epicenter, Canakkale-Ayvacık, Metaheuristic

Highlights

- * The presented method PSO algorithm can be easily applied to the earthquake epicenter.
- * Implementation of problem solutions based on swarm intelligence in seismology
- * Few parameters that control the algorithm

Manuscript

Research Article

Received: 06.12.2021
Revised: 10.01.2022
Accepted: 11.01.2022
Printed: 30.06.2022

DOI

10.46464/tdad.1033302

Corresponding Author

Senol Ozyalin
Email: senol.ozyalin@deu.edu.tr

1. GİRİŞ

Parçacık Sürüsü Optimizasyonu (PSO), doğrusal olmayan ve çok boyutlu bir problemi optimize edebilen ve genellikle minimum parametre gerektiren iyi çözümlere verimli bir şekilde ulaşan bir algoritmadır. Yöntem, sürü halinde hareket eden balıklar ve böceklerden esinlenerek Kenedy ve Eberhart (1995) tarafından geliştirilmiştir. Temel olarak sürü zekâsına dayanan bir algoritmadır. Sürü halinde hareket eden hayvanların yiyecek arama ve güvenlik gibi durumlarda amaçlarına daha kolay ulaşmak için rastgele sergiledikleri hareketlerinden ilham almıştır. Her bireye parçacık denir ve parçacıklardan oluşan popülasyona da sürü denir. PSO bireyler arasındaki sosyal bilgi paylaşımını esas alır.

Algoritmanın temel amacı, arama uzayında hareket eden, amaçlarını veya bir uygunluk fonksiyonu tarafından verilen ihtiyaçlarına en uygun yeri arayan bir parçacık sürüsü yaratmaktır. Sürüdeki her parçacık için bir bellek bileşenine sahiptir. Bu yaklaşımda, her bir parçacık kendi pozisyonunu, en uygun cevaba ve/veya hesaplama sınırlamalarına varana kadar, bir önceki deneyiminden yararlanarak sürünün en iyi pozisyona sahip olan bireyine yaklaştırılmasına dayanır. Yaklaşma işlemi genetik algoritmalarda olduğu nesil sayısınca yapılır. Yaklaşma hızı rasgele gelişen durumdur ve çoğu zaman sürü içinde bulunan parçacıkları yeni hareketlerinde bir önceki pozisyonundan daha iyi pozisyona gelir (Chen ve diğ. 2017). Bir kuş sürüsünün V-şekilli uçuş modelinde gözlemlenen eşzamanlılık, kuşlar arası mesafeyi optimize etme ve enerji tasarrufunu maksimize etme çabasının bir sonucudur (Weimerskirch ve diğ. 2001). Carlisle ve Dozier (2001) tarafından yapılan çalışmada yaygın olarak kullanılan çok çeşitli kıyaslama fonksiyonları için minimumları bulmada PSO'nun başarılı bir şekilde uygulandığını gösterilmiştir.

PSO, birçok farklı mühendislik ve tıp alanında başarıyla kullanılmış bir optimizasyon tekniğidir. Yöntem, mühendislik elektromanyetikleri (Robinson ve Rahamat-Samii 2004), makine öğrenimi (Juang 2004) ve ters saçılma (Donelli ve diğ. 2006) gibi birçok konuda problemi çözmek için uygulanmıştır. Yapısal tasarım (Perez ve Behdinan 2007), güneş fotovoltaik sistemleri (Khare ve Rangnekar 2013), Sars-Cov-2'nin salgın modellemesi (Godio ve diğ. 2020), hidrojeoloji (Fernández-Martinez ve diğ. 2012), jeoteknik mühendisliği (Cheng ve diğ. 2007, Armaghani ve diğ. 2017, Yin ve diğ. 2018), rezervuar mühendisliği (Ahmadi ve diğ. 2013), bilgisayarlı görme (Jin ve diğ. 2017), yapay sinir ağları (Song ve diğ. 2012), biyomedikal mühendisliği (Wachowiak ve diğ. 2004), güç sistemleri (AlRashidi ve El-Hawary 2009), robotik ve sinyal işleme (Poli 2008) alanlarında başarıyla kullanılmıştır.

Jeofizikte ise, PSO algoritması manyetik verilerin değerlendirilmesinde (Essa ve Elhussein 2018, Liu ve diğ. 2018), gravite anomalilerin değerlendirilmesinde (Darisma ve diğ. 2017, Essa ve Geraud 2020, Essa ve Munsch 2019, Essa ve diğ. 2021, Pallero ve diğ. 2017), SP anomalilerinin değerlendirilmesinde (Essa 2020, Essa ve Elhussein 2020, Peksen ve diğ. 2011, Biswas ve Sharma 2014, Sindirgi ve Ozyalin 2021), DC çalışmalarında (Fernandez-Álvarez ve diğ. 2006, Garcia-Gonzalo ve Fernandez-Martinez 2014, Gallardo ve Meju 2003, Peksen ve diğ. 2014), MT çalışmalarda (Grandis ve Maulana 2017, Karcioğlu ve Gurer 2019, Pace ve diğ. 2019), EM çalışmalarda (Godio ve diğ. 2016), sismolojide odak mekanizması çalışmalarda (Ozyalin ve diğ. 2017a) kullanılmışlardır.

Bu yöntemler genellikle uygulamalı jeofizik alanlarına uygulanmıştır. Bu çalışmada ise yöntemin sismoloji dalında uygulanabilirliği analiz edilmiştir. (Ozyalin ve diğ. 2017b) Yapay Arı Kolonisi algoritmasını kullanarak ilksel bir çalışma yapmıştır. Sismoloji terimi, faylar ve fayların neden olduğu depremleri çağrıştırmaktadır. Biga yarımadası ve çevresinde çok sayıda fay bulunmaktadır. Bu tür faylar büyüklü küçüklü depremler yaratmaktadır. Tarihte ve yakın dönemlerde bölgede büyük depremler meydana gelmiştir. Bölgede meydana gelecek büyük bir deprem can ve mal kaybına sebep olabilir. Bu nedenle her bölge için deprem risk çalışmaları yapılması önemlidir. En fazla deprem riski taşıyan bölgeler 2019 yılından önce 1. derece deprem bölgesi olarak isimlendirilirdi. AFAD 2018 yılında maksimum ivme dağılımına

göre Türkiye Deprem Tehlike Haritası yayınlamış ve ülkeniz yeni harita 1 Ocak 2019 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Bu haritaya göre Çanakkale-Ayvacık bölgesi de maksimum ivme değeri yaklaşık 0.3g olarak alınabilir. Bu ivme değeri de küçümsenmeyecek derecede öneme sahiptir.

Ülkemizde Kuzey Anadolu Fay kuşağı, deprem üretkenliği açısından dünyadaki bilinen en önemli fay kuşaklarından birisidir. Biga yarımadası ve çevresinde genel olarak bu fay kuşağının uzantıları görülmektedir. Gelibolu ve Biga yarımadalarındaki Saroz-Gaziköy fayı, Çan-Biga fay kuşağı, Yenice-Gönen fayları aktivite göstermeleri nedeniyle bölgenin diri faylarıdır. Biga yarımadası kuzeybatı kesiminde Kuzey Anadolu Fayı, Ayvacık güneybatı kesiminde Tuzla fayı, Babakale ve Gülpınar fayı ve Edremit Körfezi kuzey kesimlerinde Edremit, Havran Balya fayları bulunmaktadır (Sözbilir ve diğ. 2017). Bu çalışmada, PSO algoritması ile 06 Şubat 2017 ve 12 Şubat 2017 tarihleri arasında Çanakkale ili Ayvacık ilçesinde meydana gelen büyüklükleri $M > 5$ olan depremlerin yaklaşık 22 istasyonda kaydedilen P ve S dalgası varış zamanlarından dış merkezinin konum belirleme çalışması yapılmıştır. Buradan elde edilen bulgular daha önce yayınlanmış olan sonuçlarla karşılaştırılmıştır

2. ÇALIŞMA ALANI

2.1) Sismotektonik Yapı

Marmara bölgesi, sismik açıdan Türkiye'nin en aktif bölgelerindedir. Bölgeye iki farklı tektonik rejim hâkimdir. Birincisi Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ile ikincisi Ege bölgesini etkileyen K-G yönlü gerilme rejimidir. KAFZ, doğrultu atım tektoniği bölgeyi etkileyen temel unsurdur. Anadolu'nun büyük bir bölümünde kısmen dar, sağ-yanal atımlı fay zonu şeklinde geçerken, Marmara'nın hemen doğusunda üç kola ayrılır. Bunlar; kuzey, orta ve güney koldur. Marmara Denizinin altından geçen Kuzey kol Saroz Körfezi'ne girer ve Orta kesimde Osmaneli-Gemlik-Bandırma Bayramiç hattından ve Güney kesiminde ise Geyve-Yenişehir-Bursa-Gönen-Edremit güzergâhı üzerinden Kuzey Ege Denize ulaşmaktadır. Bölge tektoniği KAFZ'ce kontrol edilmektedir (Taymaz ve diğ. 1991, Koukouvelas ve Aydın 2002, Nyst ve Thatcher 2004, Kurcer ve diğ. 2016).

Güney Marmara'da batıdan doğuya önemli farklılıklar sergiler. Güneydoğu Marmara bölgesi, doğrultu ve normal atımlı faylarla sınırlanan yaklaşık D-B yönlü romboidal biçimli morfolojik yapılar ile karakterize edilir. Buna karşın, güneybatı Marmara bölgesi, D-B yönlü normal faylar ve KD-GB yönlü doğrultu atımlı faylar egemendir. Bu fay sistemleri günümüzdeki sismisiteyi kontrol eder (Sengor ve diğ. 2005, Reilinger ve diğ. 2006).

Güneybatı Marmara bölgesindeki Tuzla Fayı'nın ilk haritalama çalışmaları Karacik ve Yilmaz (1995 ve 1998) tarafından yapılmıştır. Tuzla Fayı'nın, Tuzla Köyü kuzeybatı sahilinden başlayarak güneydoğu yönünde Çamiçi Köyü'nün kuzey kısmına kadar ilerlediğini, bu yapısal hattın birbirine koşut veya yarı koşut birçok fay parçasından oluştuğunu ve denizdeki uzantısıyla birlikte 15 km'lik bir segmente karşılık geldiği belirtmiştir (Kurcer ve Elmaci 2017). Bölge fayları Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1: Ayvacık civarının 1/250.000 ölçekli diri fay haritası (Sözbilir ve diğ. 2017, DAUM 2017, Emre ve Doğan 2010). ÇS: Çamköy Segmenti, PS: Paşaköy Segmenti, BF: Balabanlı Fayı, EFZ: Edremit Fay Zonu, EF: Evciler Fayı

Figure 1: Active fault map of Ayvacık area on the 1/250.000 scaled map (Sozibilir et al. 2017, DAUM 2017, Emre ve Dogan 2010). CS: Camkoy Segment, PS: Pasakoy Segment, BF: Balabanli Fault, EFZ: Edremit Fault Zone, EF: Evciler Fault

2.2) Bölgenin Depremselliği

Çanakkale ili Türkiye deprem bölgeleri haritasına göre birinci derecede deprem bölgesinde yer almaktadır. Bölgenin tektonik olarak aktif olması nedeniyle burada yer alan fay segmentleri hem tarihsel hem de aletsel dönemde büyük yıkıcı depremlere neden olan, hem can ve hem de mal kayıplarına yol açmış çok geniş bir deformasyon zonunu teşkil etmektedir. Devamlı gözlenen küçük depremlerin yanı sıra büyük depremlere de yol açmaktadır.

Marmara bölgesi 1900'lerden başlayarak günümüze kadar $M \geq 4$ büyük 500'den fazla deprem üretmiş ve bu depremlerin 15 tanesi büyük deprem sınıfına girmektedir. Bu 15 deprem $M \geq 7$ büyüklüğündedir ve 6 tanesi Marmara bölgesinden geçen fay segmentlerinde meydana gelmiştir (Ambraseys 2001, Ambraseys 2009, Nalbant ve diğ. 1998, Caputo ve diğ. 2012).

Son yüzyılda meydana gelen depremler ise, 1900 yılında ($M=5.2$) Ayvacık-Çanakkale, 1912'de ($M=7.4$) Şarköy ve Mürefte-Tekirdağ (5.2), Gelibolu-Çanakkale, 1935 yılında ($M=6.3$ ve $M=5.2$) Biga-Çanakkale, 1953 yılında Yenice-Çanakkale'de ($M=7.2$), 1968 Ezine-Çanakkale ($M=5.2$)'dir. 1980'lerden sonra 1983 ($M=5.2$) Ayvacık-Çanakkale ve 1983 ($M=5.8$) Biga-Çanakkale, 1999 ($M=7.2$) Düzce, 2013 ve 2014 yıllarında sırasıyla ($M_w=5.7$), ($M_w=6.9$) Kuzey Ege depremleri meydana gelmiştir (Kurcer ve diğ. 2016).

Yakın dönemde ise Çanakkale Ayvacık depremleri olarak bilinen 06.02.2017-12.02.2017 tarihleri arasında $M \geq 5$ ($M_w=5.3$, $M_w=5.3$, $M_w=5.2$, $M_w=5.3$) olan 4 tane deprem üretmesi bölgenin sismik yönden aktif olduğunu kanıtlamaktadır.

2.3) 2017 Çanakkale-Ayvacık Depremleri

AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı ve BÜ Kandilli Rasathanesi katalog verilerine göre, Tuzla Köyü'nün yer aldığı bölge de dâhil, 14 Ocak-16 Şubat 2017 tarihleri arasında büyüklüğü $M_w \leq 5.3$ olan 1000'e yakın deprem yer almaktadır. Depremlerin büyük bir kısmı Tuzla Fayı'nın

deformasyon zonunda (Tuzla ile Assos arasındaki bölge) fayın düşen bloğu üzerinde meydana gelmiştir. Meydana gelen 20 tane depremin büyüklüğü 4'ten büyüktür.

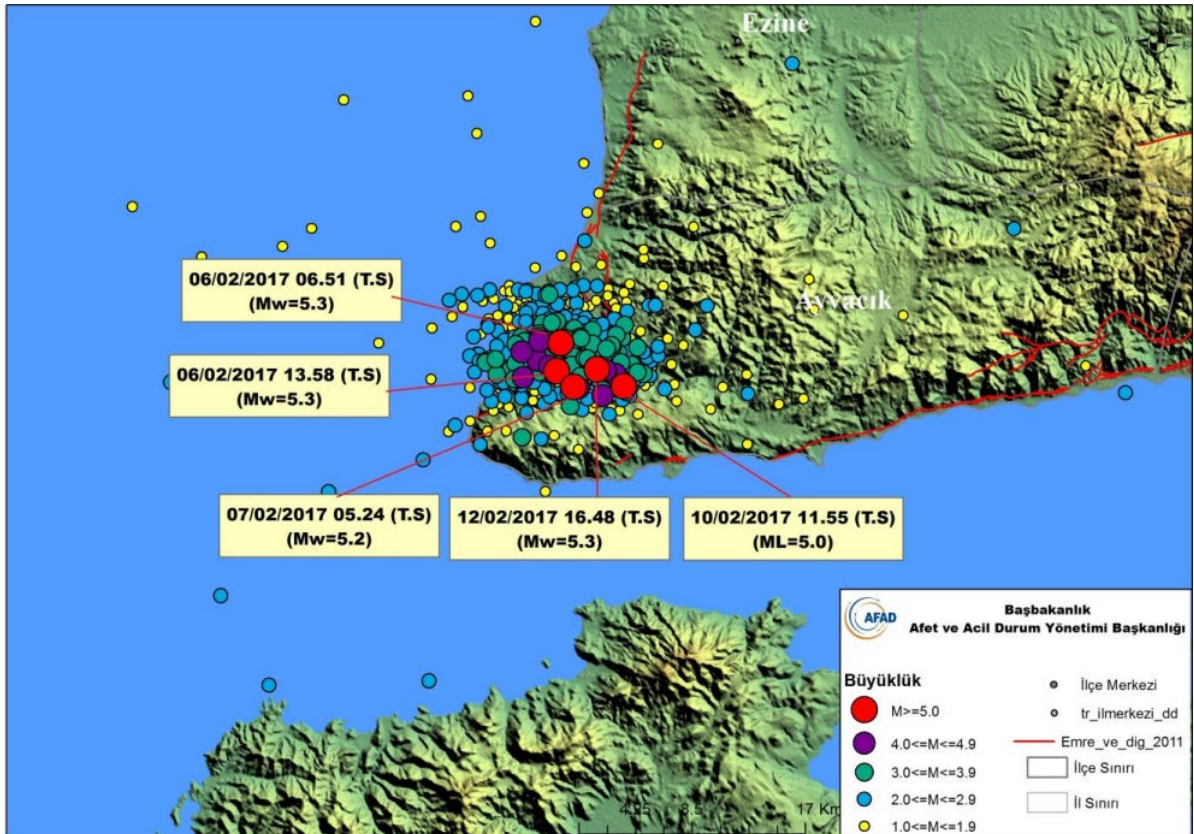
14 Ocak 2017 günü 22:38:59'de meydana gelen depremin büyüklüğü ($M_w=4.4$) belirlenmiş ve aynı gün içerisinde bu deprem öncesinde büyüklükleri 2.0 ile 3.2 arasında değişen 14 adet deprem olduğu belirlenmiştir.

15 Ocak 2017 günü 04:03'de meydana gelen depremin dış merkezinin AFAD Deprem Dairesinden yapılan açıklamaya göre Çanakkale ilinin Ayvacık ilçesinin Taşağıl Köyü'dür. Depremden hemen sonra 66 adet artçı deprem meydana gelmiş ve büyüklükleri 1.1 ile 4.3 arasında değişmektedir.

30 Ocak 2017 tarihinde Biga Yarımadası'nda Ayvacık yakın güneybatısında büyüklüğü $M=4$ olan bir deprem daha kaydedilmiştir.

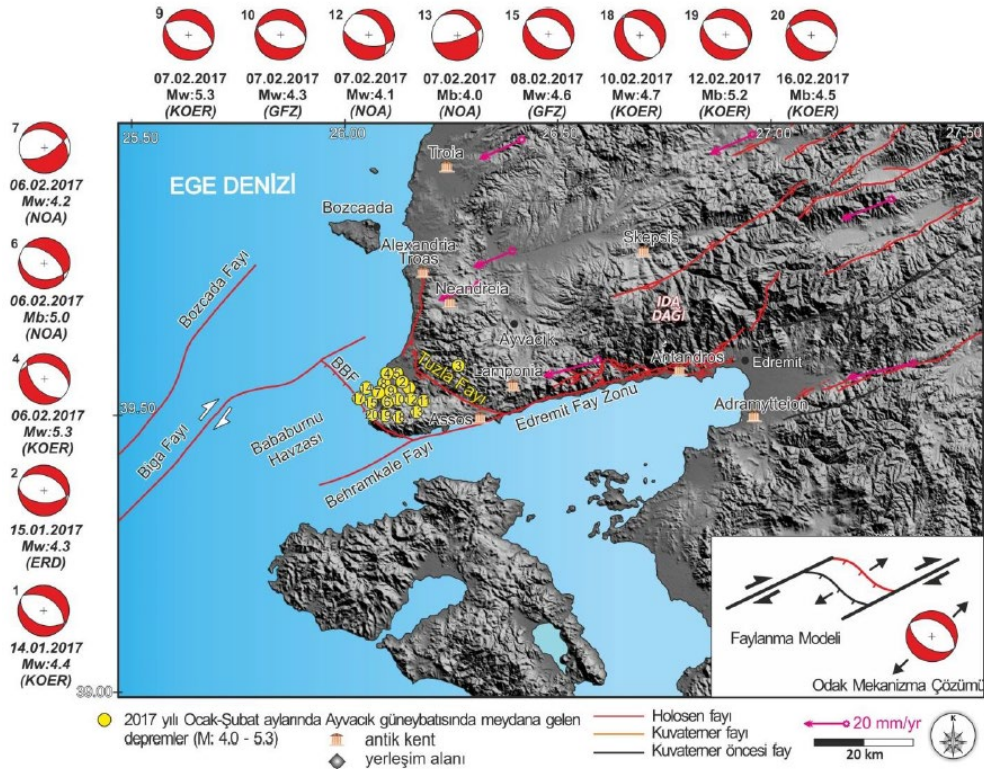
06 Şubat 2017 tarihinde, 03:51:40 UTC saatinde, büyüklüğü 5.3 (M_w) olan depremin dış merkezi Biga Yarımadası'nın batı kenarında meydana gelmiştir. 06-10 Şubat 2017 tarihleri arasında aynı bölgede büyüklükleri 4 ile 5.3 olan 13 adet daha deprem meydana gelmiştir.

12 Şubat 2017 günü, UTC saatine göre 13:48:16'de $M_w:5.3$ büyüklüğünde meydana gelen depremin dış merkezi Çanakkale-Ayvacık ilçesine bağlı Yukarıköy'dür. Bölgede, 13.02.2017 tarih ve saat 09:45 itibariyle 982 civarında artçı deprem meydana gelmiştir (Şekil 2). Bölgede olan depremlerin odak mekanizması çözümleri Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 2: 12 Şubat 2017 Çanakkale-Ayvacık depreminin ($M_w=5.3$) dış merkezi ve 06 Şubat 2017 depremi ile beraber artçı dağılımı (AFAD 2017)

Figure 2: The epicenter of the 12 February 2017 Çanakkale-Ayvacık earthquake ($M_w=5.3$) and the aftershocks with the 06 February 2017 earthquake (AFAD 2017)



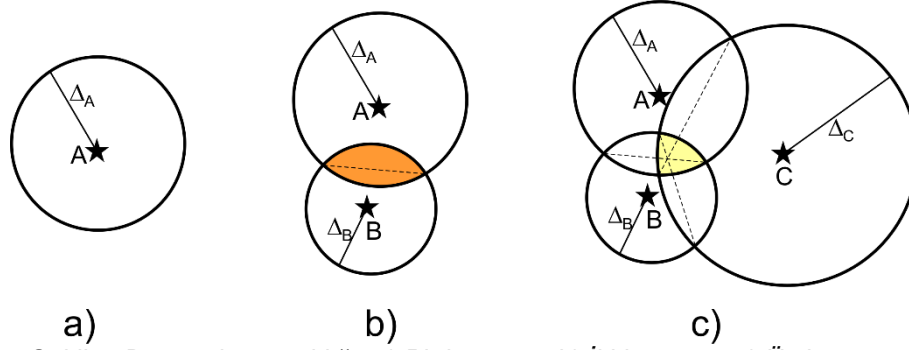
Şekil 3: Tuzla fayı ve Çanakkale-Ayvacak Depremlerinin odak mekanizma çözümleri (Sözbilir ve diğ. 2017)
Figure 3: Tuzla fault and focal mechanism solutions of Çanakkale-Ayvacak earthquakes (Sozibilir et al. 2017)

3. YÖNTEM

3.1) Üç İstasyon Yöntemi

Bir depremin dış merkezini bulmak için, en az üç istasyonda kurulmuş olan sismik kayıtçılardan elde edilmiş sismogramlardan yararlanmak gereklidir. Bir depremin meydana gelmesinden sonra, istasyondaki kayıtçılara sırasıyla hacim dalgaları (P ve S) ve Yüzey dalgaları (Love ve Rayleigh) ulaşır. Sismik ağ içinde yer alan her bir istasyona ulaşan P ve S dalgalarının varış zaman farkı belirlenerek deprem dış merkezinin istasyondan olan uzaklığı hesaplanabilir. Dış merkezini ile istasyon arasındaki uzaklık arttıkça, seyahat uzaklığına bağlı olarak P ve S dalgalarının istasyona varış zamanları artar. Bu nedenle, dalgaların olduğu deprem merkezi ne kadar uzak ise, P ve S dalgaları arasındaki zaman aralığı da o kadar uzun olacaktır (USGS 2021).

Sismik yol - zaman grafiğinden yararlanarak bir depremin istasyona olan uzaklığı saptanabilir. Örneğin, Üç istasyon (A, B ve C) sismogram kayıtlarından P ve S dalgaları varış zamanlarından yararlanarak, A istasyonu için, dış merkez uzaklığı 100 km ve Diğer (B ve C) istasyonları için de 50 km ve 200 km elde edildiğini kabul edelim. Harita düzlemi üzerinde her bir istasyon yeri merkez alınarak, elde edilen uzaklıklar yarıçap olacak şekilde çizilen dairelerin kesişme yeri yaklaşık depremin dış merkezini verir (Şekil 4). Şekil 4a'da bir istasyon olması durumunda çember üzerindeki her bir nokta dış merkez noktasına karşılık gelecektir. Şekil 4b' de iki istasyona ait dairelerin kesim noktası (turuncu bölge) ve Şekil 4c' de üç istasyona ait dairelerin kesişme bölgesi (sarı bölge) dış merkez noktasını verecektir. İstasyon sayısı ne kadar artarsa kesişme bölgesi o kadar küçülecektir.



Şekil 4: Dış merkez uzaklığı; a) Bir istasyon, b) İki istasyon, c) Üç istasyon
Figure 4: Epicentral distance for; a) One station, b) Two stations, c) Three stations

4.2) Parçacık sürü optimizasyonu

Parçacık sürü optimizasyonu (PSO), Global Optimizasyon yöntemleri olarak bilinen sürü tabanlı bir yöntemdir. Sürüdeki her bir hayvan parçacık (birey) olarak isimlendirilir. Sürü davranışı aynı türden ve bir araya toplanmış hayvanların aynı yerde gezmeleri ya da grup halinde hareket etmeleri ya da aynı yöne doğru göç etmeleri ile sergilenen toplu bir davranıştır. PSO, Kennedy ve Eberhart (1995) tarafından sürüler halinde yaşayan kurt, kuş, ateş böceği ve balık gibi canlı türlerinin sosyal davranışlarından yola çıkarak ve ayrıca yaşamlarını sürdürebilmeleri için besin ararken yaptıkları davranışları izleyerek geliştirilen sürü zekâsına sahip, topluluk temeline dayanan metasezgisel bir yöntemdir. Çoğu zaman besin kaynağının aranıp bulunması sırasında tek başlarına bir şey elde edemeyen bireylerin sürü halinde hareket ederek besin kaynağına ulaşmada daha başarılı olmuşlardır. Gözlemler göstermiştir ki sürüdeki her bir bireyin rastgele hareketi, sürü içindeki diğer bireyleri etkilediği, bu etkilenmeyle beraber sürünün ortak amacına daha kolay ulaştığı görülmüştür.

Metasezgisel yöntemler geliştirilirken matematiksel modellere dayandırılmaya çalışılır. Sürü davranışına benzeyen basit matematiksel modeller oluşturulurken bireylerin üç basit kurala uyduğu kabul edilir. Bunlar, komşularıyla aynı yöne ilerle, komşularına yakın dur ve komşularıyla çarpışmaktan kaçın gibi kuralara dayandırılır.

PSO algoritmasında, çözüm uzayı rastgele bir süreçle oluşturulmuş bir başlangıç topluluğu ile başlar. Bu yöntemde, sürüdeki bütün bireyler araştırma uzayında rastgele dağılırlar ve bireylere konum (x_i) bilgilerinin yanında bir de hız (v_i) bilgisi atanır. Yineleme işlemi her bireyin uygunluk değerinin bir amaç fonksiyonuna göre hesaplanmasıyla başlatılır. Her bir nesilde (yinelemede) hız ve konum bilgileri güncel tutularak araştırma uzayında en iyi konum değerine sahip olmaya çalışılır. Aslında sürü içinde yer alan her bir bireyin konumu jeofizikte bilinmeyen parametreler karşılık gelmektedir (Bkz. 1 ve 2 no'lu eşitlikler).

$$v_{i,d}^{t+1} = \omega * v_{i,d}^t + c_1 * r_1 * (pbest_{i,d} - x_{i,d}^t) + c_2 * r_2 * (gbest_{i,d} - x_{i,d}^t) \quad (1)$$

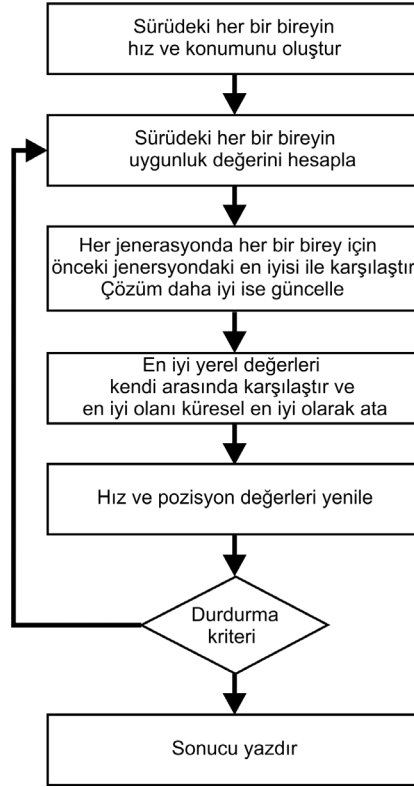
$$x_{i,d}^{t+1} = x_{i,d}^t + v_{i,d}^{t+1} \quad (2)$$

Burada yer alan katsayılar kullanıcının belirlediği parametreleridir. c_1 katsayısı bireyin bilişsel davranışını kontrol ederken c_2 bireyin sosyal davranışını kontrol eder, ω ise atalet ağırlık katsayısı ($0 < \omega < 1$) ve t nesil sayısı, r_1 , r_2 ise $[0, 1]$ arasında değişen random olarak üretilen tekdüze dağılıma sahip stokastik sayılardır. $pbest$ parçacığın en iyi konum değeri, $gbest$ sürünün en iyi konum değeridir.

Amaç fonksiyonun dayanağı sürü içindeki en iyi konum değerine sahip bireyin yerinin tespit edilmesi ve sürüdeki diğer bireylerin de o konuma doğru hareketinin sağlanmasıdır. Sürü

içerisindeki her bir bireyin konumu bir çözümü temsil eder. Her bir birey önceki konumlarını aklında tutarak karşılaştırma yapar ve bu konumlar içindeki en iyi yerel konumu belirler ve bu en iyi konuma *pbest* adı verilir. Son olarak algoritma tüm kuşların *pbest* değerlerini tek tek kontrol ederek tüm sürünün en iyi konum değerini belirler ve buna *gbest* adı verilir.

Bu süreç, önceden tanımlanmış bir nesil sayısına veya arzu edilen bir uygunluk değerine varıncaya kadar devam eder. Şekil 5'te yukarıda açıklanan algoritma adımları bir akış diyagramı şeklinde verilmektedir.



Şekil 5: PSO parametrelerinin vektör olarak gösterimi
Figure 5: Vector representation of PSO parameters

3. VERİ

PSO algoritmasında veri seti olarak AFAD kayıtlarında yer alan Çanakkale-Ayvacık ilçesinde 06 Şubat 2017 ile 12 Şubat 2017 tarihleri arasında büyüklüğü 5'ten büyük deprem kayıtları kullanılmıştır. 06.02.2017 günü, saat 10:58:02 UTC saatinde M_w :5.3 büyüklüğünde meydana gelen depremin 22 istasyondaki kayıtları ve 07.02.2017 günü, saat 02:24:02 UTC saatinde M_w :5.2 büyüklüğünde meydana gelen depremin 21 istasyondaki kayıtları kullanılmıştır. Ayrıca 10.02.2017 günü, saat 08:55:26 UTC saatinde M_w :5.0 büyüklüğünde meydana gelen depremin 12 istasyondaki kayıtları ve 12.02.2017 tarihli ve saat 13:48:16 'da M_w :5.3 büyüklüğünde meydana gelen depremin 21 istasyondaki kayıtları ele alınarak yorumlanmıştır (Tablo 1). Bu istasyonlarda elde edilen sismogramlardan P ve S varış zamanları okunarak her bir istasyona ait dış merkez yarıçapları belirlenmiştir. Bu parametreler algoritmanın girdisini oluşturmaktadır.

Tablo 1: 06.02.2017-12.02.2017 tarihleri arasında meydana gelen deprem bilgileri
 Table 1: Earthquake information between 06.02.2017-12.02.2017

Tarih	Saat	Enlem (°)	Boylam (°)	Derinlik (km)	Sembol	Büyüklik	İstasyon sayısı
06.02.2017	10:58:02	39.5303	26.1351	8.72	M _w	5.3	22
07.02.2017	02:24:04	39.5205	26.1510	6.24	M _w	5.2	21
10.02.2017	08:55:26	39.5236	26.1946	7.01	M _L	5.0	12
12.02.2017	13:48:26	39.5336	26.1700	7.00	M _w	5.3	21

4. UYGULAMA

4.1) Parametre kestirimi

Parametre kestirimini elde edebilmek için yapılan çalışmalarda hata enerjisini en küçükleme amaçlayan amaç fonksiyonunun belirlenmesi esastır. Bazı çalışmalarda, gözlenen ile hesaplanan veri arasındaki hata enerjisini hesaplayan amaç fonksiyonu kullanılırken, burada her bir istasyona ait episantr uzaklıkları arasındaki toplam uzaklığın en küçük olmasına dayanan amaç fonksiyonu kullanılmıştır (3 no'lu eşitlik).

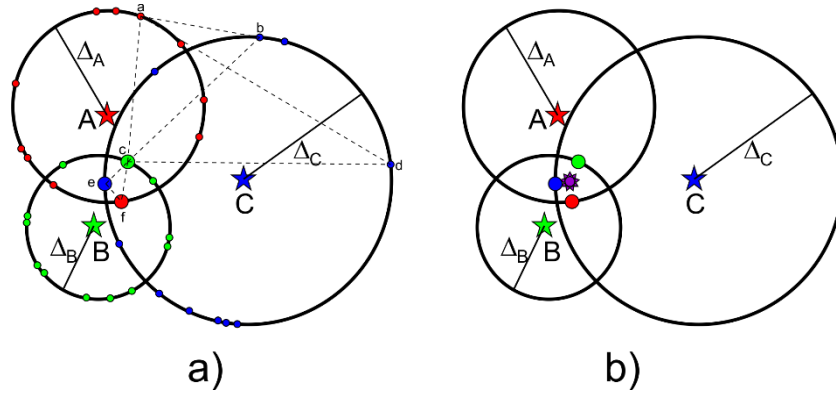
$$E = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (3)$$

Burada, M istasyon sayısını, x ve y ise o istasyona ait boylam ve enlemi ifade etmektedir. Parametre kestirimi için arama uzayının boyutlarının tanımlanması için her bir parametre için ayrı ayrı alt ve üst sınırların belirlenmesi gerekir. PSO algoritmasında önceden belirlenen parametre aralığı dikkate alınarak rastgele konumlar belirlenerek başlangıç topluluğu oluşturularak süreç başlatılır. Arama uzayında azimut açısı [0,360] derece arasında rastgele üretilerek çember üzerindeki enlem ve boylam değerleri aşağıda verilen denklem çiftiyle üretilir (3 ve 4 no'lu eşitlikler).

$$x_b = xc_b + \Delta * \cos(\alpha) \quad (4)$$

$$y_e = yc_e + \Delta * \sin(\alpha) \quad (5)$$

Burada, α azimut açısını, Δ episantr uzaklığını, xc_b ve yc_e istasyon koordinatlarını, x_b ve y_e parçacığın koordinatlarını ifade etmektedir. A çemberi üzerindeki her bir parçacık, B ve C çemberi üzerindeki tüm parçacıklar 5 denklemlerle verilen hata enerjisi hesaplanmasıyla değerlendirme süreci başlar (Şekil 6). Örneğin, a, b ve c noktaları için hata enerjisi E1; a, d ve c için hata enerjisi E2 ve son olarak ta c, e ve f noktaları için hata enerjisi E3 olduğunu varsayarsak, Şekil 6'da E3 hata enerjisinin en küçük olduğu görülmektedir (Şekil 6a). Hata enerjisinin en küçük olduğu c, e ve f noktalarına ait parametrelerinin aritmetik ortalaması depremin dış merkezini vermektedir (Şekil 6b).



Şekil 6: PSO parametrelerinin vektör olarak gösterimi
Figure 6: Vector representation of PSO parameters

4.2) Model depremin dış merkezinin PSO ile çözümü

4.2.1) Model 1

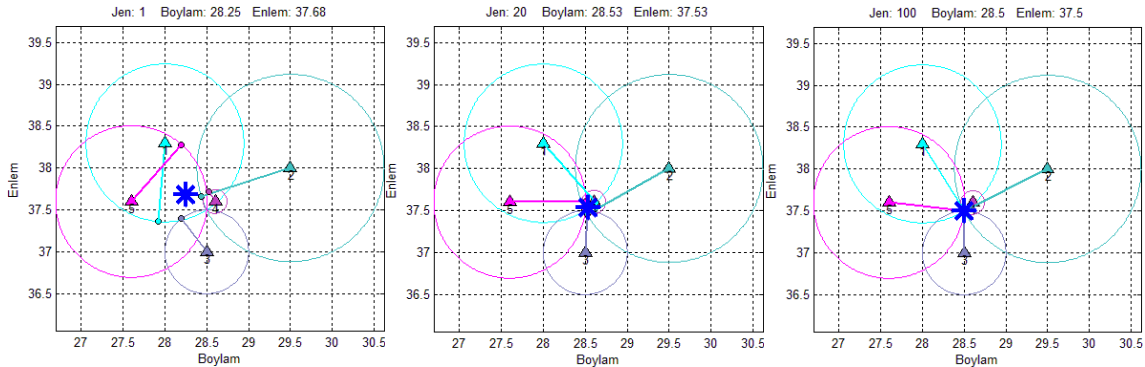
Yöntemi test etmek için varsayımsal olarak sentetik bir veri seti (her bir istasyona gelen P ve S dalgalarının varış zamanları) oluşturulmuştur. Yapay veri setinin oluşturulması bölgedeki kabuk hız modeline bağlıdır. Çeşitli araştırmacılar bölgelere göre kabuk hız modeli belirleme çalışmaları yapmışlardır (Ozer ve Polat 2017a,b). Bu çalışmada sabit kabuk hız modeli belirlenmiş olup bölgenin ortalama hız modeli $V_p=6.0$ km/sn ve $V_p/V_s=1.78$ olarak alınmıştır. Grid araştırma algoritmasını (GA) kullanılarak yapılan çalışmada bölge için sabit hız modeli alınmıştır (Gokalp 2021). Bu veri setinde 4 istasyon belirlenerek istasyonlara ait model parametreleri, ki bunlar konum (enlem, boylam) ve episantr uzaklıkları, Tablo 2'de verilmiştir. Burada model depremin dış merkezi (Boylam, Enlem) sırasıyla 28.5° ve 37.5° olarak belirlenmiş olup model oluşturma sırasında kullanılmıştır.

Tablo 2: Model 1 için istasyon konumları ve episantr uzaklıkları
Table 2: Station locations and epicenter distances for Model 1

İstasyon No	Boylam ($^\circ$)	Enlem ($^\circ$)	Episantr Uzaklığı (km)
1	28.0	38.3	104.673
2	29.5	38.0	124.094
3	28.5	37.0	55.500
4	28.6	37.6	15.651

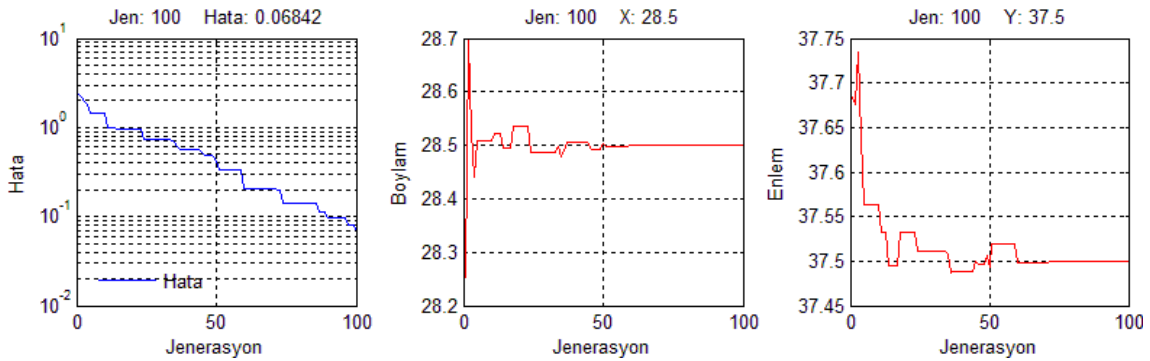
Meta-sezgisel algoritmalarının başarısı probleme göre çoğunlukla o algoritmanın katsayılarına bağlıdır. Burada model parametrelerinin kestirimi için seçilmiş olan PSO algoritmasında kullanılacak olan bu katsayılar (w , $c1$ ve $c2$) Kennedy ve Eberhart (1995) önermiş olduğu katsayılarıdır. Sırasıyla 1, 2 ve 2 olarak hesaplamalarda kullanılmıştır. Parçacık sayısı (Np) ise 40 olarak alınmıştır. Literatür çalışmalarında bu katsayılar parametre seçim (parameter tuning) çalışmaları sonucunda belirlenmektedir. Bunun belirlenmesi yöntemin yakınsama hızını artırıyor ve daha düşük nesil sayılarında çözüme ulaşmasına katkı sağlamaktadır.

Uygulamada, her biri 100 nesilden (J , jenerasyon) oluşan birbirinden bağımsız 10 ayrı bağımsız çözüm arasından en düşük hata enerjisini veren çözüm, parametre çözüm kümesi olarak atanmıştır. PSO algoritmasında yukarıda belirtilen PSO katsayıları ile $Np = 40$ ve $J = 100$ 'den oluşan değer kümesi kullanılarak program çalıştırılmıştır (Şekil 7). Şekil 7a, Şekil 7b ve Şekil 7c, sırasıyla $J=1$, $J=20$ ve $J=100$ nesillere ait çözümleri göstermektedir. $J=1$ çözümünde her bir istasyona ait en iyi konumlar çember üzerinde gösterilmiş olup, 2.214 hata enerjisi ile depremin dış merkezi (28.25,37.68) olarak elde edilmiştir. Burada çözümlerin birbirinden ne kadar uzak olduğu kolaylıkla gözlenmektedir. $J=20$ 'de 0.966 hata enerjisi ile depremin dış merkezi (28.53,37.53) olarak elde edilmiş olup çözümlerin daha da bir araya geldiği görülmektedir. Son olarak $J=100$ 'de 0.068 hata enerjisi ile depremin dış merkezi (28.50,37.50) olarak elde edilmiş olup tam doğru çözüme ulaşılmıştır. Bağlı hata, gerçek değere ne kadar yaklaşıldığının oransal bir gösteren bir hata çeşididir. Bağlı hata mutlak hatanın ($P_{ger}-P_{hes}$) gerçek değere bölümünün 100 ile çarpılarak % bağlı hata değeri (mutlak hata/ $P_{ger} * 100$) elde edilir. Burada P_{ger} ve P_{hes} sırasıyla, gerçek ve hesaplanan değerleri temsil etmektedir. Çözüme ait nesillere ait yüzde bağlı hata değeri Tablo 3'te verilmiştir.



Şekil 7: Model 1'e ait depremin dış merkezinin nesillere göre konumları a) $J=1$, b) $J=20$ ve c) $J=100$
Figure 7: Positions of the epicenter of Model 1 earthquake by generation a) $J=1$, b) $J=20$ and c) $J=100$

Parametre çözüm kümesinin değişimlerini daha iyi izleyebilmek için nesillere göre değişimi Şekil 8'de verilmiştir. Şekil 8a nesil sayısının artmasıyla hata enerjisinin azaldığını göstermektedir. Şekil 8b ve Şekil 8c'de deprem dış merkezi boylam değeri ile enlem değerinin yaklaşık 60'ıncı nesile kadar salınımlar gösterirken 60'ıncı nesilden sonra duraylanmıştır. Sonuç olarak, kuramsal model veri parametreleri ile kestirilen parametre değerleri arasında iyi bir uyum gözlenmiştir.



Şekil 8: Model 1'e ait depremin dış merkezinin nesil sayısına göre değişimi (a) Hata enerjisi değişimi, (b) Boylam değerlerinin değişimi ve (c) Enlem değerlerinin değişimi
Figure 8: Variation of the epicenter of Model 1 earthquake according to the number of generation a) Change in error energy, b) Change in longitude values, and c) Change in latitude values

Tablo 3: Model 1 için deprem dış merkezinin yüzde bağıl hata miktarları
 Table 3: Percent relative errors of the earthquake epicenter for Model 1

Nesil No	Model Boylam (°)	Model Enlem (°)	Deprem Boylam (°)	Deprem Enlem (°)	Boylam (%) Hata	Enlem (%) Hata	Ortalama (%) Hata
1	28.25	37.68	28.50	37.50	0.877	0.480	0.679
20	28.53	37.53	28.50	37.50	0.105	0.080	0.093
100	28.50	37.50	28.50	37.50	0.000	0.000	0.000

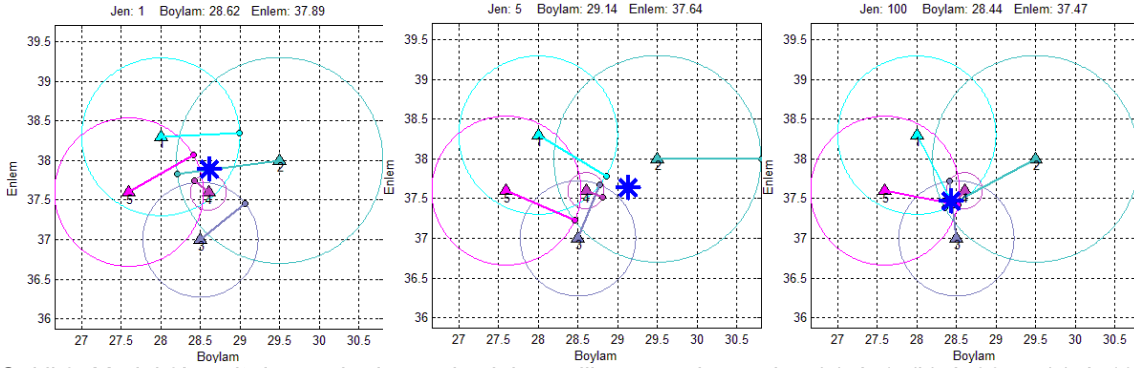
4.2.2) Model 2

Gerçek deprem parametrelerinin çözüm çalışmaları sırasında P ve S dalgası geliş zamanlarının gürültüden dolayı yanlış tespit edilmesi veya buna bağlı olarak episantr uzaklığının hatalı belirlenmesi nedeniyle deprem dış merkezinin yerinin belirlenmesinde hatalara yol açabilmektedir. Bu çalışmada ise gürültünün çözümleri ne kadar etkilediğini test etmek için veriye gürültü eklenmiştir. Model 1’de kullanılan istasyon konumları ile deprem dış merkezi aynı alınmıştır. Kuramsal olarak episantr uzaklıklarının bulunması sırasında aritmetik ortalaması sıfır olan ve ± 15 km standart sapmaya sahip olan rastgele (pseudo random) sayı eklenerek elde edilen gürültülü veri kümesi yaratılmıştır. İstasyon konumları ile gürültülü olarak elde edilen episantr uzaklıkları, Tablo 4’te verilmiştir. Yine benzer şekilde PSO algoritmasının çalıştırılmasında gerekli olan parametreler model 1’de kullanılan parametreler aynen kullanılmış olup model 2 çözümleri Şekil 9’da gösterilmiştir.

Tablo 4: model 2 için istasyon konumları ve episantr uzaklıkları
 Table 4: Station positions and epicenter distances for model 2

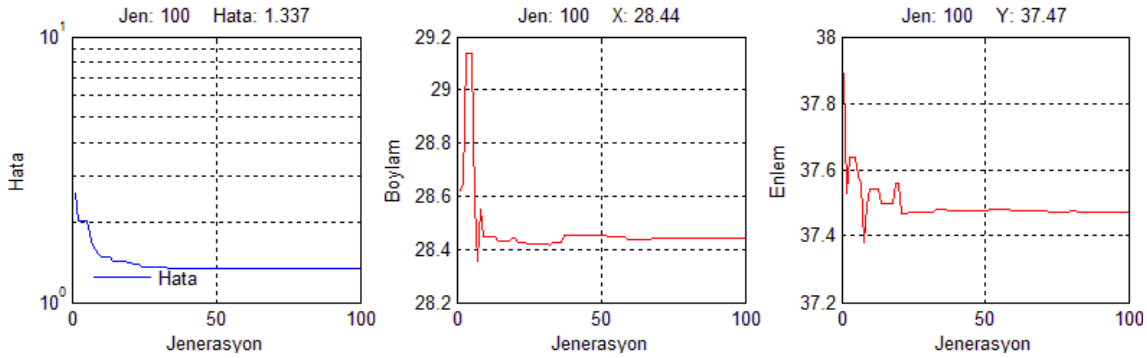
İstasyon No	Boylam (°)	Enlem (°)	Episantr Uzaklığı (km)
1	28.0	38.3	110.685
2	29.5	38.0	144.458
3	28.5	37.0	80.573
4	28.6	37.6	2.5268

Şekil 9a, Şekil 9b ve Şekil 9c, sırasıyla J=1, J=20 ve J=100 nesillere ait çözümleri göstermektedir. J=1 çözümünde her bir istasyona ait en iyi konumlar çember üzerinde gösterilmiş olup, 2.653 hata enerjisi ile depremin dış merkezi (28.62,37.89) olarak elde edilmiştir. Burada çözümlerin birbirinden ne kadar uzak olduğu kolaylıkla gözlenmektedir. J=20’de 1.389 hata enerjisi ile depremin dış merkezi (28.14,37.64) olarak elde edilmiş olup çözümlerin daha da bir araya geldiği görülmektedir. Son olarak J=100’de 1.337 hata enerjisi ile depremin dış merkezi (28.44,37.47) olarak elde edilmiş olup tam doğru çözüme ulaşılmıştır. Çözüme ait nesillere ait yüzde bağıl hata değeri Tablo 5’te verilmiştir.



Şekil 9: Model 2'ye ait depremin dış merkezinin nesillere göre konumları (a) $J=1$, (b) $J=20$ ve (c) $J=100$
 Figure 9: Positions of the epicenter of the Model 2 earthquake by generations a) $J=1$, b) $J=20$, and c) $J=100$

Parametre çözüm kümesinin değişimlerini daha iyi izleyebilmek nesillere göre değişimi Şekil 10'da verilmiştir. Şekil 10a nesil sayısının artmasıyla hata enerjisinin azaldığını göstermektedir. Şekil 10b ve Şekil 10c'de deprem dış merkezi boylam değeri ile enlem değerinin yaklaşık 60'ıncı nesile kadar salınımlar gösterirken 60'ıncı nesilden sonra duraylanmıştır. Sonuç olarak, kuramsal model veri parametreleri ile kestirilen parametre değerleri arasında iyi bir uyum gözlenmiştir.



Şekil 10: Model 2'ye ait depremin dış merkezinin nesil sayısına göre değişimi (a) Hata enerjisi değişimi, (b) Boylam değerlerinin değişimi ve (c) Enlem değerlerinin değişimi
 Figure 10: Variation of the epicenter of Model 2 earthquake according to the number of generation a) Change in error energy, b) Change in longitude values, and c) Change in latitude values

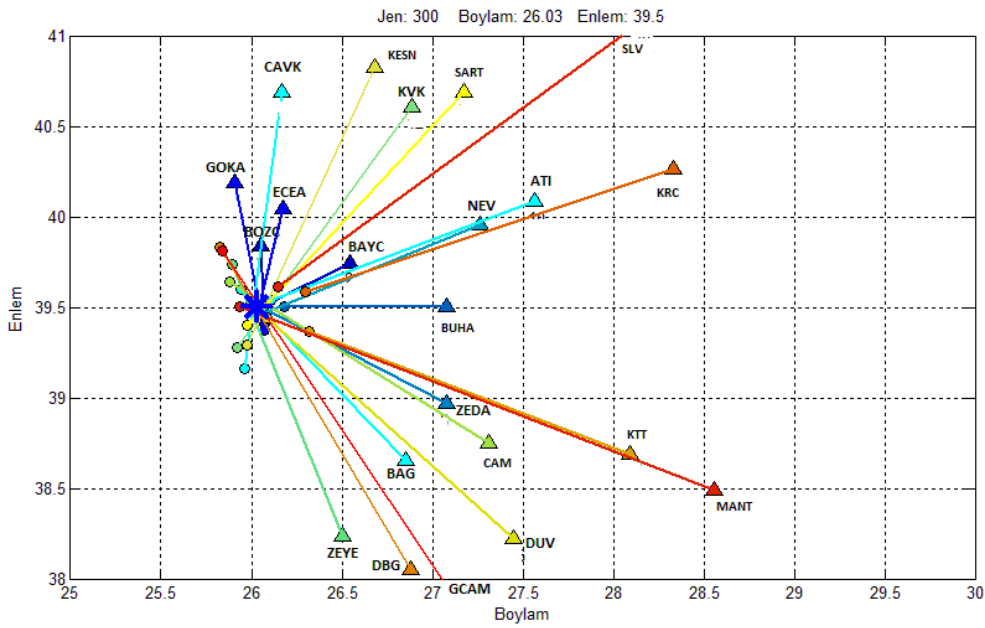
Tablo 5: Model 2 için deprem dış merkezinin yüzde bağıl hata miktarları
 Table 5: Percent relative error amounts of the earthquake epicenter for Model 2

Nesil No	Model Boylam (°)	Model Enlem (°)	Deprem Boylam (°)	Deprem Enlem (°)	Boylam (%) Hata	Enlem (%) Hata	Ortalama (%) Hata
1	28.52	37.76	28.50	37.50	0.070	0.693	0.382
20	28.65	37.42	28.50	37.50	0.561	0.213	0.370
100	28.44	37.47	28.50	37.50	0.211	0.080	0.145

4.3) Çanakkale-Ayvacık Depremlerinin Dış Merkezinin PSO ile Çözümü

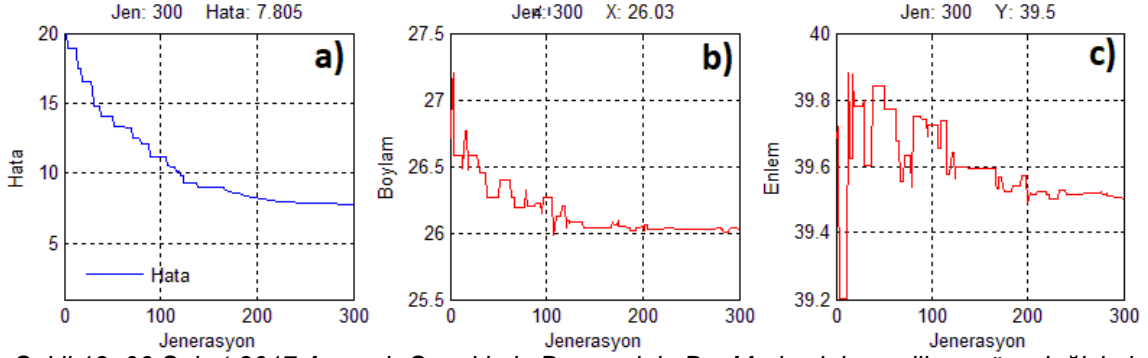
4.3.1) 06.02.2017 Çanakkale-Ayvacık Depremi

06.02.2017 günü, saat 10:58:02 UTC saatinde M_w :5.3 büyüklüğünde meydana gelen depremin 22 istasyondaki kayıtları kullanılmıştır (Tablo 1). Bu istasyonlarda elde edilen sismogramlardan P ve S varış zamanları okunarak her bir istasyona ait dış merkez yarıçapları belirlenmiştir. Bu parametreler algoritmanın girdisini oluşturmaktadır. Model çalışmalarında olduğu gibi Çanakkale-Ayvacık depreminin değerlendirilmesinde de $w=1$, $c_1=2$ ve $c_2=2$ olarak seçilmiştir. Ayrıca, parçacık sayısı 100 ve jenerasyon sayısı 300 olarak belirlenmiştir (Şekil 11). Şekil 11 incelendiğinde istasyonların deprem dış merkezine kuzey, doğu ve güneyinde yer aldığı batısının deniz olması nedeniyle istasyon olmadığı gözlenmektedir. Depremin dış merkezi 300 nesil sonra enlemi 39.50° ve boylamı 26.03° elde edilmiştir.



Şekil 11: 06 Şubat 2017 Ayvacık-Çanakkale Depreminin Dış Merkezine PSO çözümü
Figure 11: PSO solution of the epicenter of the 06 February 2017 Ayvacık-Çanakkale earthquake

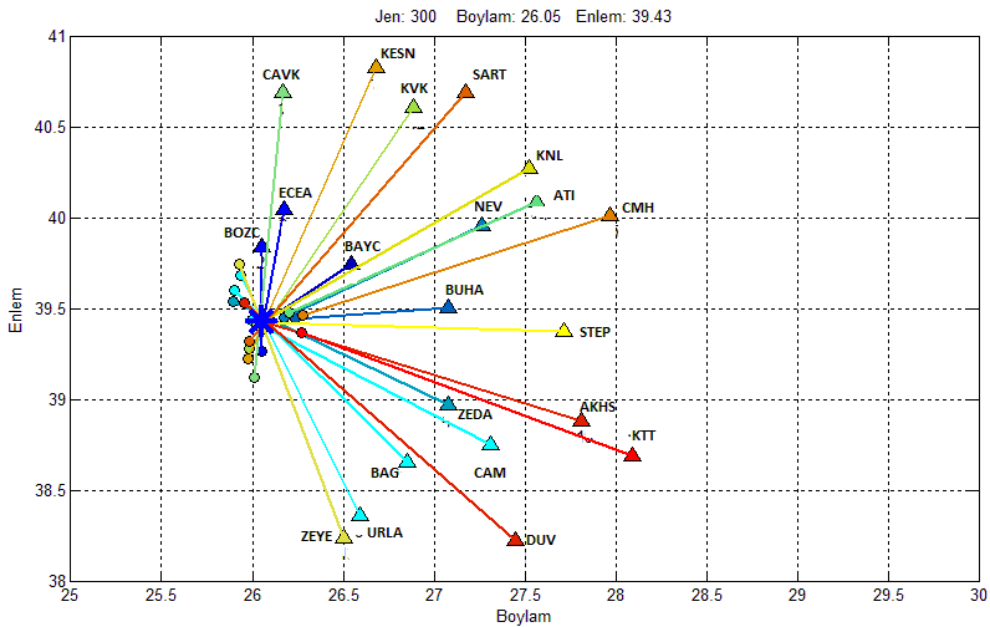
Şekil 12a nesillere göre hata enerjisini göstermekte olup başlangıçta 20 hata enerjisinde başlayıp 300 nesil sonra 7.8 hata enerjisine sahip olduğu görülmektedir. Hata enerjisi 120 nesile kadar hızlı bir düşüş sergilerken 200 nesilden sonra duraylanmıştır. Şekil 12b boylam değerinin nesillere göre değişimini göstermektedir. 27.2° değerinden başlayıp 120 nesilden duraylandığı ve 300 nesilden 26.03° değerine ulaşmıştır. Şekil 12c enlem değerinin nesillere göre değişimini göstermektedir. Başlangıçta 39.2° ile 39.9° arasında salınım gösterirken 200 nesilden sonra duraylanarak 39.50° değerine ulaşmıştır.



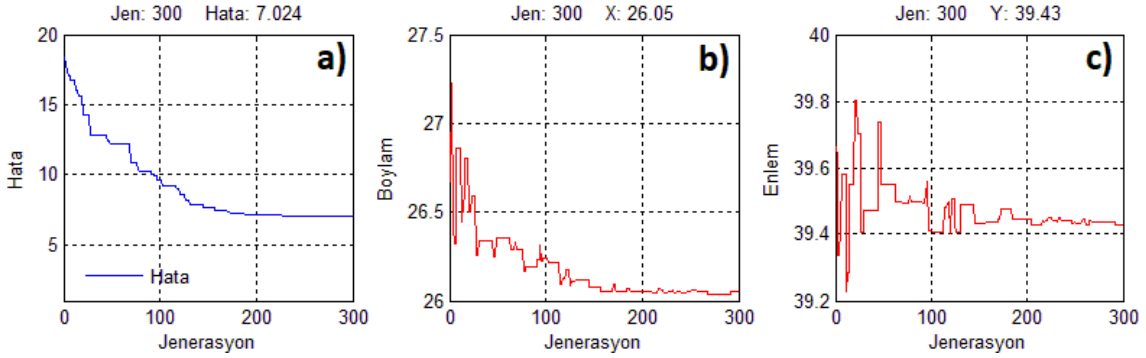
Şekil 12: 06 Şubat 2017 Ayvacık-Çanakkale Depreminin Dış Merkezinin nesillere göre değişimi
Figure 12: Change in the epicenter of 06 February 2017 Ayvacik-Canakkale earthquake according to generations

4.3.2) 07.02.2017 Çanakkale-Ayvacık Depremi

07.02.2017 günü, saat 02:24:02 UTC saatinde M_w :5.2 büyüklüğünde meydana gelen depremin 21 istasyondaki kayıtları kullanılmıştır (Şekil 12). PSO değerlendirme kriterleri yine aynı alınmıştır. Depremin dış merkezi 300 nesil sonra enlemi 39.50° ve boylamı 26.03° elde edilmiştir (Şekil 13). Şekil 14a nesillere göre hata enerjisini göstermekte olup eksponransiyel bir azalma göstermektedir. Başlangıçta 17 hata enerjisiyle başlayıp 300 nesil sonra hata enerjisinin 7.0'lere kadar düşmüştür. Şekil 14b boylam değerinin nesillere göre değişimini göstermektedir. 27.2° değerinden başlayıp 150 nesilden duraylandığı ve 300 nesilden 26.05° değerine ulaşmıştır. Şekil 14c enlem değerinin nesillere göre değişimini göstermektedir. Enlemlerinin değişimi boylam değişimine göre daha salınımlı bir durum sergilemektedir. 200 nesilden sonra duraylanarak 300 nesil sonunda 39.43° değerine ulaşmıştır.



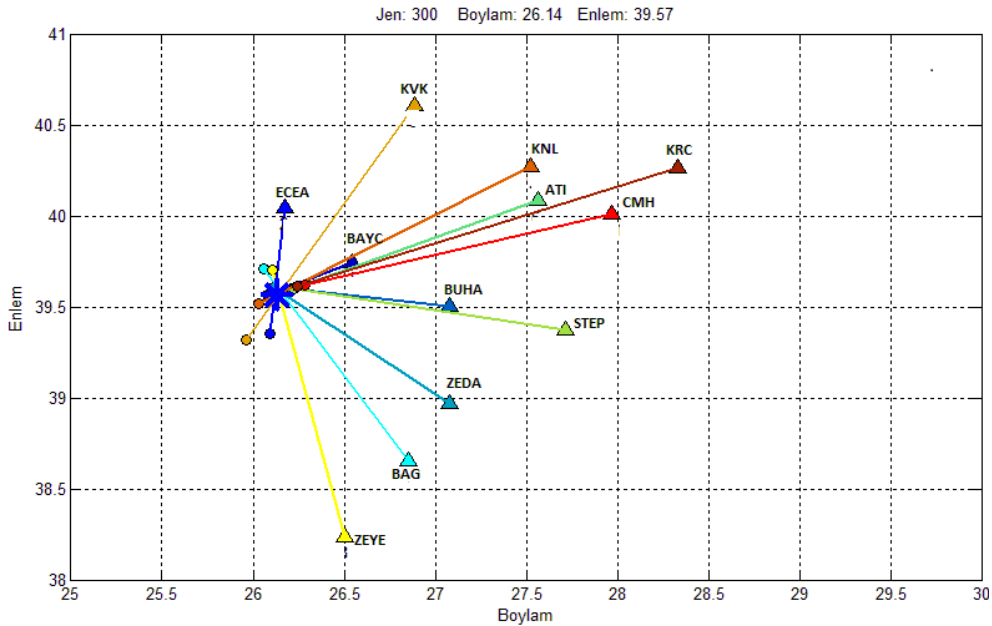
Şekil 13: 07 Şubat 2017 Ayvacık-Çanakkale Depreminin Dış Merkezinin PSO çözümü
Figure 13: PSO solution of the epicenter of 07 February 2017 Ayvacik-Canakkale earthquake



Şekil 14: 07 Şubat 2017 Ayvacık-Çanakkale Depreminin Dış Merkezinin nesillere göre değişimi
Figure 14: Change in the epicenter of 07 February 2017 Ayvacık-Canakkale earthquake according to generations

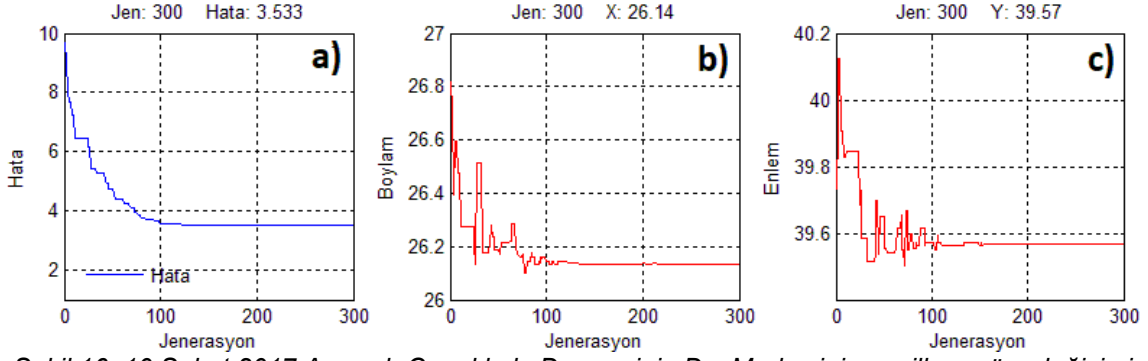
4.3.3) 10.02.2017 Çanakkale-Ayvacık Depremi

10.02.2017 günü, saat 08:55:26 UTC saatinde M_w :5.0 büyüklüğünde meydana gelen depremin 12 istasyondaki kayıtları kullanılmıştır (Şekil 13). PSO değerlendirme kriterleri yine aynı alınmıştır. Depremin dış merkezi 300 nesil sonra enlemi 39.57° ve boylamı 26.14° elde edilmiştir (Şekil 15).



Şekil 15: 10 Şubat 2017 Ayvacık-Çanakkale Depreminin Dış Merkezinin PSO çözümü
Figure 15: PSO solution of the epicenter of 10 February 2017 Ayvacık-Canakkale earthquake

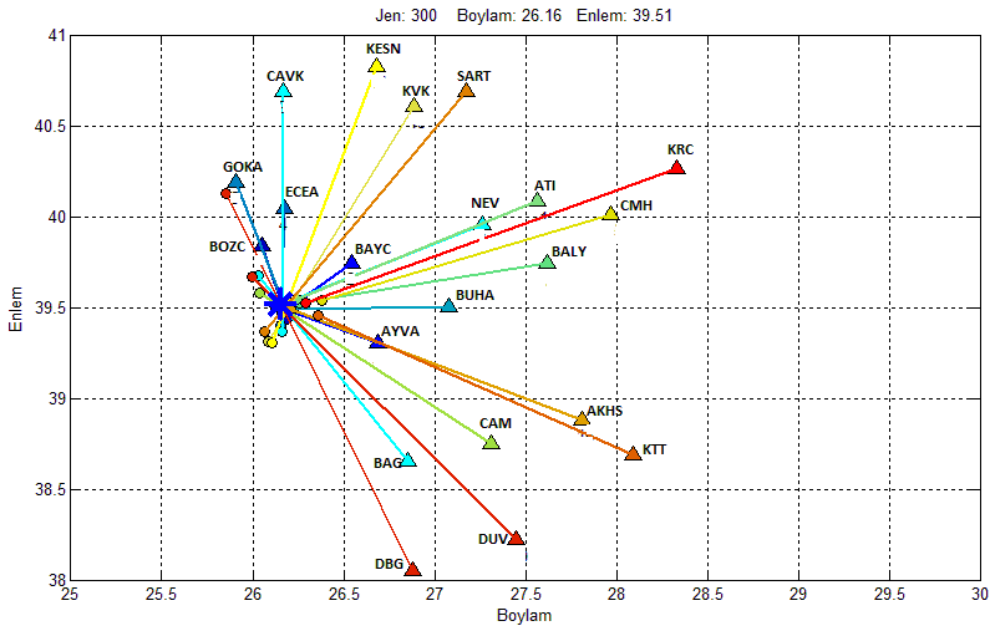
Şekil 16a nesillere göre hata enerjisini göstermekte olup eksponrasiyel bir azalma göstermektedir. Başlangıçta 9 hata enerjisiyle başlayıp 100 nesilden sonra duraylanmış olup ve 300 nesil sonra hata enerjisinin 3.3'lere kadar düşmüştür. Şekil 16b boylam değerinin nesillere göre değişimini göstermektedir. 26.8° değerinden başlayıp 100 nesilden duraylandığı ve 300 nesilden 26.14° değerine ulaşmıştır. Şekil 16c enlem değerinin nesillere göre değişimini göstermektedir. Başlangıçta 40.1° ile başlayıp 100 nesilden sonra duraylanarak 300 nesil sonunda 39.57° değerine ulaşmıştır.



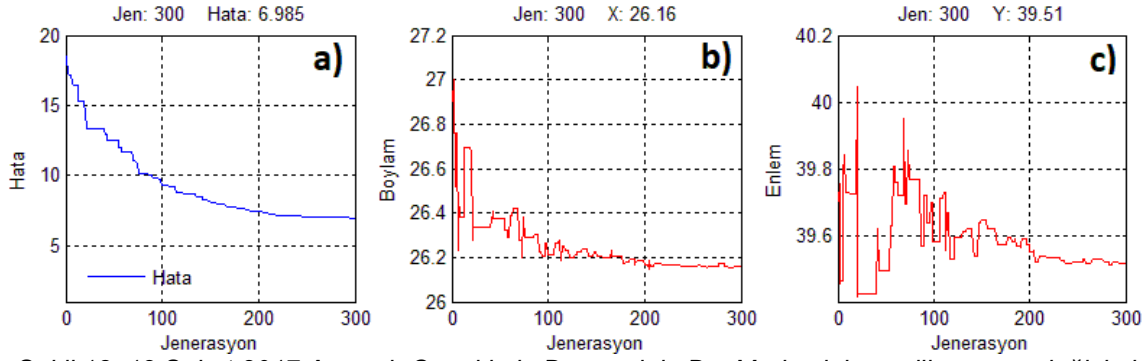
Şekil 16: 10 Şubat 2017 Ayvacık-Çanakkale Depreminin Dış Merkezinin nesillere göre değişimi
Figure 16: Change in the epicenter of 10 February 2017 Ayvacik-Canakkale earthquake according to generations

4.3.4) 12.02.2017 Çanakkale-Ayvacık Depremi

12.02.2017 tarih, saat 13:48:16'de M_w :5.3 büyüklüğünde meydana gelen depremin 21 istasyondaki kayıtları kullanılmıştır. Depremin dış merkezi 300 nesil sonra enlemi 39.51° ve boylamı 26.16° elde edilmiştir (Şekil 17). Şekil 18a nesillere göre hata enerjisini göstermekte olup eksponransiyel bir azalma göstermektedir. Başlangıçta 17 hata enerjisiyle başlayıp 300 nesil sonra hata enerjisinin 3.9'lere kadar düşmüştür. Şekil 18b boylam değerinin nesillere göre değişimini göstermektedir. 27.0° değerinden başlayıp 100 nesilden duraylandığı ve 300 nesilden 26.16° değerine ulaşmıştır. Şekil 18c enlem değerinin nesillere göre değişimini duraylı olmadığını göstermektedir. 300 nesil sonunda 39.51° değerine ulaşmıştır.



Şekil 17: 12 Şubat 2017 Ayvacık-Çanakkale Depreminin Dış Merkezinin PSO çözümü
Figure 17: PSO solution of the epicenter of 12 February 2017 Ayvacik-Canakkale earthquake



Şekil 18: 12 Şubat 2017 Ayvacık-Çanakkale Depreminin Dış Merkezinin nesillere göre değişimi
Figure 18: Change in the epicenter of 12 February 2017 Ayvacik-Canakkale earthquake according to generations

4. BULGULAR

Çanakkale-Ayvacık bölgesinde 06.02.2017-12.02.2017 tarihleri arasında meydana gelen büyüklüğü 5'ten büyük 4 adet depremin yaklaşık 12 ile 22 adet arasında istasyonda kaydedildiği deprem kayıtları kullanılmıştır. Bu verilerden depremin dış merkezi PSO algoritması yöntemi kullanılarak yapılan değerlendirme sonuçları Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3'te görüleceği üzere 4 adet depremin dış merkezinin PSO algoritması yöntemi kullanılarak yapılan çözüm sonuçları ile AFAD'ın yayınladığı çözüm sonuçları birbirlerine çok yakındır. Yayımlanan 06.02.2017 depreminin dış merkezi (26.1351, 39.5303) ile PSO çözümü (26.03,39.50) bulunmuş olup boylam için yüzde bağıl hata % 0.402, enlem için yüzde bağıl hata %0.077 ve ortalama yüzde bağıl hata %0.239 olarak belirlenmiştir.

Benzer şekilde, 07.02.2017 depreminin dış merkezinin boylam için yüzde bağıl hata %0.386, enlem için yüzde bağıl hata %0.229 ve ortalama yüzde bağıl hata %0.308'dir. Sonuç incelendiğinde küçüğe olsa bir farklılık gözlenmiştir

10.02.2017 depremi için değerlendirme sonuçlarına bakıldığında boylam için yüzde bağıl hata %0.208, enlem için yüzde bağıl hata %0.117 ve ortalama yüzde bağıl hata %0.163 bulunmuştur.

Son olarak ta 12.02.2017 depremi için boylam için yüzde bağıl hata %0.038, enlem için yüzde bağıl hata %0.060 ve ortalama yüzde bağıl hata %0.049 elde edilmiştir.

Tablo 6: Çanakkale-Ayvacık depremlerinin dış merkez sonuçlarının yüzde bağıl hataları
Table 6: Percent relative errors of the epicenter results of the Canakkale-Ayvacik earthquakes

Çanakkale (Ayvacık) Depremleri	Deprem Boylam (°)	Deprem Enlem (°)	Hesap. Boylam (°)	Hesap. Enlem (°)	Boylam (%) Hata	Enlem (%) Hata	Ortalama (%) Hata
06.02.2017	26.1351	39.5303	26.03	39.50	0.402	0.077	0.239
07.02.2017	26.1510	39.5205	26.05	39.43	0.386	0.229	0.308
10.02.2017	26.1946	39.5236	26.14	39.57	0.208	0.117	0.163
12.02.2017	26.1700	39.5336	26.16	39.51	0.038	0.060	0.049

5. SONUÇLAR

Bu makalede deprem dış merkezinin bulunması için bir yöntem önerilmiştir. Yapılan çalışmanın sonucunda kullanılan yöntemin depremin dış merkezini bulma konusunda başarılı olduğu görülmektedir. Özellikle yapay veri kümesi oluşturulmuş ve çözüm sonucunun yüzde bağıl hatası %0 değeriyle %100'lik bir başarı elde edilmiştir.

Gerçek bir depremin değerlendirilmesi durumunda P ve S kayıtlarındaki olası okuma hataları, buna bağlı olarak episantr uzaklığının yanlış hesaplanması nedeniyle hatalı çözüm sonuçlarının üretilmesi olasıdır. Bu durumu simule etmek için, aynı yapay veri kümesi aritmetik ortalaması sıfır ve ± 15 km standart sapmaya sahip rastgele gürültü eklenerek çözüm yapılmış ve yüzde bağıl hatası %0.145 değeriyle başarılı sonuç elde edilmiştir.

PSO algoritması Çanakkale-Ayvacık depremlerine uygulanmıştır. Depremlerin çözümünden elde edilen deprem dış merkez sonuçları kurumlar tarafından açıklanan sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Depremlere ait dış merkez koordinatlarının (enlem, boylam) yüzde bağıl hataları ayrı ayrı hesaplanmış ve dört depremde de ortalama yüzde bağıl hata değerleri %0.3 (binde 3) altında olduğu görülmüştür.

Yapılan analizlerde, yüzde bağıl hata oranlarına bakıldığında, PSO algoritması ve diğer çözüm yöntemleriyle elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında sonuçların uyum içinde olduğu, birbirine oldukça yakın ve yüzde bağıl hata oranlarının oldukça düşük olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak optimizasyon yöntemlerinin depremlerin dış merkezinin çözümünde alternatif bir yöntem olarak PSO algoritmasının kullanılması avantaj sağlayacağı söylenebilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada kullanılan Çanakkale-Ayvacık depremlerine ait değişik istasyonlardan elde edilen P ve S dalgası varış zaman okumaları AFAD Deprem Dairesi Başkanlığının internet veri tabanından alınmıştır. Veri tabanını erişime açtığı ve kullanıma izin verdiği için AFAD'a teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

AFAD, 2017. 12.02.2017 Ayvacık-Çanakkale Depremi Raporu
Erişim adresi: <http://tdvm.afad.gov.tr>

Ahmadi M.A., Zendeheboudi S., Lohi A., 2013. Reservoir permeability prediction by neural networks combined with hybrid genetic algorithm and particle swarm optimization: reservoir permeability prediction by neural networks, *Geophys Prospect* 61, 582-598

AlRashidi M.R., El-Hawary M.E., 2009. A survey of particle swarm optimization applications in electric power systems, *IEEE Trans. Evol. Comput.* 13, 913-918

Ambraseys N. ,2001. The earthquake of 1509 in the Sea of Marmara, Turkey, revisited, *Bulletin of the Seismological Society of America* 91(6), 1397-1416

Ambraseys N. 2009. Earthquakes in the Mediterranean and Middle East, a multidisciplinary study of seismicity up to 1900, Cambridge University Press, UK, 947p.

Armaghani D.J., Mohamad E.T., Narayanasamy M.S., 2017. Development of hybrid intelligent models for predicting TBM penetration rate in hard rock condition, *Tunn. Undergr. Space Technol.* 63, 29-43

Biswas A., Sharma S.P., 2014. Optimization of self-potential interpretation of 2-D inclined sheet-type structures based on very fast simulated annealing and analysis of ambiguity, *Journal of Applied Geophysics* 105, 235-247

Caputo R., Chatzipetros A., Pavlides S., Sboras S., 2012. The Greek database of seismogenic sources (GreDaSS): state-of-the-art for northern Greece, *Ann Geophys.* 55(5),859-894

Carlisle A., Dozier G., 2001. An off-the-shelf PSO: Proceedings of the Workshop on Particle Swarm Optimization, April, Indianapolis, p1-6.

Erişim adresi: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.589.485>

Chen Z., Zhu B., He Y., 2017. A PSO based virtual sample generation method for small sample sets: Applications to regression datasets, *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 59, 236-243

Cheng Y.M., Li L., Chi S., Wei W.B., 2007. Particle swarm optimization algorithm for the location of the critical non-circular failure surface in two-dimensional slope stability analysis, *Comput. Geotech.* 34, 92-103

Darisma D., Said U., Srigutomo W., 2017. 2D gravity inversion using particle swarm optimization method. In: 23rd European meeting of environmental and engineering geophysics. European Association of Geoscientists and Engineers, Malmö, Sweden, p 1-5.

Erişim adresi: <https://www.semanticscholar.org/paper/2D-Gravity-Inversion-Using-Particle-Swarm-Method-Darisma-Said/e32ae8e42b8895a679f898572889dd3713f8d30c>

DAUM, 2017. Ayvacik Depremi Değerlendirme Raporu, Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 22 p.

Erişim adresi: <http://daum.deu.edu.tr>

Donelli M., Franceschini G., Martini A., Mass A., 2006. An integrated multiscaling strategy based on a particle swarm algorithm for inverse scattering problems, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 44, 298-312

Emre O., Dogan A., 2010. 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritaları Serisi, Balıkesir Ayvalık (NJ 35-2) Paftası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

Essa K.S., 2020. Self potential data interpretation utilizing the particle swarm method for the finite 2D inclined dike mineralized zones delineation, *Acta Geod. Geophys.* 55, 203-221

Essa K.S., Elhussein M., 2018. PSO (particle swarm optimization) for interpretation of magnetic anomalies caused by simple geometrical structures, *Pure Appl. Geophys.* 175, 3539-3553

Essa K.S., Elhussein M., 2020. Interpretation of magnetic data through particle swarm optimization mineral exploration cases studies, *Nat. Resour. Res.* 29, 521-537

Essa K.S., Geraud Y., 2020. Parameters estimation from the gravity anomaly caused by the two-dimensional horizontal thin sheet applying the global particle swarm algorithm, *J. Petrol Sci. Eng.* 193, 2-14

Essa K.S., Munsch M., 2019. Gravity data interpretation using the particle swarm optimisation method with application to mineral exploration, *J. Earth Syst. Sci.* 128, 123

Erişim adresi: <http://doi.org/10.1007/s12040-019-1143-4>

Essa K.S., Mehane S.A., Elhussein M., 2021. Gravity data interpretation by a two-sided fault-like geologic structure using the global particle swarm technique, *Phys. Earth Planet Inter.* 311, 106631

Fernandez-Alvarez J.P., Fernandez-Martinez J.L., Garcia-Gonzalo E., Menendez-Perez C.O., 2006. Application of a Particle Swarm Optimisation (PSO) algorithm to the solution and appraisal of the VES inverse problem, Liege, Belgium, 12-17.

Fernandez Martinez J.L., Mukerji T., Garcia Gonzalo E., Suman A., 2012. Reservoir characterization and inversion uncertainty via a family of particle swarm optimizers, *Geophysics* 77, 1-16.

Garcia-Gonzalo, E., Fernandez-Martinez, J. L., 2014. Convergence and stochastic stability analysis of particle swarm optimization variants with generic parameter distributions, *Applied Mathematics and Computation* 249, 286-302.

Gallardo L.A., Meju M.A., 2003. Characterization of heterogeneous near-surface materials by joint 2D inversion of dc resistivity and seismic data, characterization of heterogeneous near-surface materials, *Geophysical Research Letters* 30(13), 1658-1658

Godio A., Massarotto A., Santilano A., 2016. Particle swarm optimisation of electromagnetic soundings, 78th Annual international conference and exhibition, European Association of Geoscientists and Engineers, Barcelona, Spain, 1-5.

Erişim adresi: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/62/1/012033/pdf>

Godio A., Pace F., Vergnano A., 2020. SEIR modeling of the Italian epidemic of SARS-CoV-2 using computational swarm intelligence. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 17, 3535, 1-19

Gokalp H., 2021. Grid araştırma yöntemi ile yerel ve bölgesel depremlerin konumlarının belirlenmesi, *Pamukkale Univ. Muh. Bilim. Dergisi* 27(3), 393-409

Erişim adresi: <https://doi.org/10.5505/pajes.2020.69922>

Grandis H., Maulana Y., 2017. Particle swarm optimization (PSO) for magnetotelluric (MT) 1D inversion modeling, *IOP Conf. Ser. Earth. Environ. Sci.* 62, 012033

Erişim adresi: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/62/1/012033>

Jin X., Liu S., Baret F., 2017. Estimates of plant density of wheat crops at emergence from very low altitude UAV imagery, *Remote Sens. Environ.* 198, 105-114

Juang, C.F., 2004. A hybrid genetic algorithm and particle swarm optimization for recurrent network design, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics* 34, 997-1006

Karacik Z., Yilmaz Y., 1995. Geology of the Ignimbrite Eruptions of Ezine-Ayvacik region, NW Anatolia, Int. Earth Sci. Colloquium on the Aegean Region (IESCA), 415-427

Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/292608313_Geology_of_the_ignimbrite_eruptions_of_Ezine_-_Ayvacik_region_NW_Anatolia

Karacik Z. Yilmaz Y., 1998. Geology of the ignimbrites and the associated volcanoplutonic complex of the Ezine area, Northwestern Anatolia, *J. Volcanol. Geoth. Res.* 85, 1-4

Karcioglu G., Gurer A., 2019. Implementation and model uniqueness of Particle Swarm Optimization method with a 2D smooth modeling approach for Radio-Magnetotelluric data, *J. Appl. Geophys.* 169, 37-48

Kennedy J., Eberhart R.C., 1995. Particle swarm optimization, *IEEE International Conf. on Neural Networks (Perth Australia)*, IEEE Service Center, Piscataway, NJ, 1942-1948

Khare A., Rangnekar S., 2013. A review of particle swarm optimization and its applications in Solar Photovoltaic system, *Appl. Soft. Comput.* 13, 2997-3006

Koukouvelas I.K., Aydin A., 2002. Fault structure and related basins of the North Aegean Sea and its surroundings, *Tectonics* 21(5), 1046

Kurcer A., Yalcin H., Utkucu M., Gulen, L., 2016. Seismotectonics of the Southern Marmara Region, NW Turkey, *Bulletin of the Geological Society of Greece* 50(1), 173-181

Erişim adresi: <https://doi.org/10.12681/bqsg.11717>

Kurcer A., Elmaci H., 2017. 06-14 Şubat 2017 Ayvacık (Çanakkale) deprem fırtınası saha gözlemleri ve değerlendirme raporu, MTA, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara, 26 s.

Liu S., Liang M., Hu X., 2018. Particle swarm optimization inversion of magnetic data: Field examples from iron ore deposits in China, *Geophysics* 83(4), 43-59

Nalbant S.S., Hubert A., King, G.C.P., 1998. Stress coupling between earthquakes in northwest Turkey and the north Aegean Sea, *J. Geophys. Res.* 103(24), 469-486

Nyst M., Thatcher W., 2004. New constraints on the active tectonic deformation of the Aegean, *J. Geophys. Res.* 109, B11406

Özer C., Polat O., 2017a. İzmir ve Çevresinin 1-B (Bir-Boyutlu) Sismik Hız Yapısının Belirlenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi* 19(55), 147-168

Erişim adresi: <https://doi.org/10.21205/deufmd.2017195512>

Ozer C., Polat O., 2017b. 3-D crustal velocity structure of izmir and surroundings, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University* 32(3), 733-747

Erişim adresi: <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.337620>

Özyalin S., Kartal R.F., Polat O., 2017a. Odak mekanizmasının parçacık sürü optimizasyonu (pso) ile çözümü, 4.Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 11-13 Ekim 2017, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir

Erişim adresi: [http://www.tdmd.org.tr/TR/pdf/BildiriOzetleriKitabi\(abstracts\).pdf](http://www.tdmd.org.tr/TR/pdf/BildiriOzetleriKitabi(abstracts).pdf)

Özyalin S., Özer Ç., Polat O., 2017b. Yapay Ari Kolonisi yardımıyla episantr tayini: ilksel sonuçları. 4.Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 11-13 Ekim 2017, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir

Erişim adresi: [http://www.tdmd.org.tr/TR/pdf/BildiriOzetleriKitabi\(abstracts\).pdf](http://www.tdmd.org.tr/TR/pdf/BildiriOzetleriKitabi(abstracts).pdf)

Pace F., Santilano A., Godio A., 2019. Particle swarm optimization of 2D magnetotelluric data, *Geophysics* 84, 125-141

Pallero J.L.G. Fernández-Martinez J.L., Bonvalot S., Fudym O., 2017. 3D gravity inversion and uncertainty assessment of basement relief via Particle Swarm Optimization, *J. Appl. Geophys.* 139, 338-350

Peksen E., Yas T., Kayman A.Y., Ozkan C., 2011. Application of particle swarm optimization on self-potential data, *J. Appl. Geophys.* 75, 305-318

Peksen E., Yas T., Kiyak A., 2014. 1-D DC resistivity modeling and interpretation in anisotropic media using particle swarm optimization, *Pure Appl. Geophys.* 171, 2371-2389

Perez R.E., Behdinan K., 2007. Particle swarm approach for structural design optimization, *Comput. Struct.* 85, 1579-1588

Poli R., 2008. Analysis of the Publications on the Applications of Particle Swarm Optimisation, *Journal of Artificial Evolution and Applications* 2008(685175)
Erişim adresi: <https://doi.org/10.1155/2008/685175>

Reilinger R., McClusky S., Vernant P., Lawrence S., Ergintav S., Cakmak R., et al., 2006. GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions, *Journal of Geophysical Research* 111, B05411

Robinson J., Rahmat-Samii Y., 2004. Particle swarm optimization in electromagnetics, *IEEE Trans. Antennas Propag.* 52, 397-407

Sindirgi P., Ozyalin S., 2021. A Comparison of the Model Parameter Estimations from Self-Potential Anomalies by Levenberg-Marquardt (LM), Differential Evolution (DE) and Particle Swarm Optimization (PSO) Algorithms: An Example from Tamis-Canakkale, Turkey. (In: Self-Potential Method: Theoretical Modeling and Applications in Geosciences, Editor: Arkoprovo Biswas, Springer CHAM, Berlin/Heidelberg-Germany, 314 p.), 133-153 p.

Song X., Tang L., Lv X., 2012. Application of particle swarm optimization to interpret Rayleigh wave dispersion curves, *J. Appl. Geophys.* 84, 1-13

Sözbilir H., Sümer O., Uzel B., Softa M., Tepe C., Eski S., Özkaymak C., Baba A., 2017. 14 Ocak-16 Şubat Çanakkale Ayvacık Depremleri Değerlendirme Raporu, Dokuz Eylül Üniversitesi Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi Diri Fay Araştırma Grubu, İzmir

Sengor A.M.C., Tuysuz O., Imren C., Sakinc M., Eyidogan H., Gorur N., Le Pichon X., Rangin C., 2005. The North Anatolian Fault: A new look. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 33, 37-112.

Taymaz T., Jackson J., McKenzie D., 1991. Active tectonics of the north and central Aegean Sea, *Geophys. J. Int.* 106, 433-490.

USGS, 2021.

Erişim adresi: <https://www.usgs.gov/media/images/triangulation-locate-earthquake>

Yin Z.Y., Jin Y.F., Shen J.S., Hicher P.Y., 2018. Optimization techniques for identifying soil parameters in geotechnical engineering: comparative study and enhancement, *Int. J. Numer. Anal. Methods Geomech.* 42, 70-94.

Wachowiak M.P., Smolikova R., Zheng Y., 2004. An approach to multimodal biomedical image registration utilizing particle swarm optimization, *IEEE Trans. Evol. Computat.* 8, 289-301

Weimerskirch H., Martin J., Clerquin Y., Alexandre P., Jiraskova S., 2001, Energy savings in flight formation, *Nature (London)* 413, 697-698

ARAŞTIRMA VERİSİ (*Research Data*)

Çalışma kapsamında Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından çözümlenen deprem lokasyon bilgileri kullanılmıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI / İLİŞKİSİ (*Conflict of Interest / Relationship*)

Araştırma kapsamında herhangi bir kişiyle ve/veya kurumla çıkar çatışması/ilişkisi bulunmamaktadır.

YAZARLARIN KATKI ORANI BEYANI (*Author Contributions*)

- Çalışmanın tasarlanması (*Designing of the study*): Ş.Ö.
- Literatür araştırması (*Literature research*): Ş.Ö.
- Saha çalışması, veri temini/derleme (*Fieldwork, collection/compilation of data*): Ş.Ö.
- Verilerin işlenmesi/analiz edilmesi (*Processing/analysis of data*): Ş.Ö.
- Şekil/Tablo/Yazılım hazırlanması (*Preparation of figures/tables/software*): Ş.Ö.
- Bulguların yorumlanması (*Interpretation of findings*): Ş.Ö.



Investigation of Shear Strength and Deformation Capacity Models of Reinforced Concrete Columns

Saeid Foroughi¹, S. Bahadır Yuksel¹

¹ Konya Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Civil Engineering, Konya, Türkiye
ORCID: 0000-0002-7556-2118, 0000-0002-4175-1156

Keywords

Reinforced concrete structures, Shear strength, Displacement ductility, Seismic evaluation, Axial load

Highlights

* To classify a reinforced concrete column as a ductile element, the flexural and shear strength must be estimated and the collapse type must be defined.

* With increasing displacement ductility, both the concrete and the reinforcement and the interaction between concrete and reinforcement contributed to the progression of strength degradation.

* To define the shear strength of reinforced concrete members, the seismic performance level and the imposed force-displacement history must be specified.

Aim

The shear strength and deformation capacity relations of reinforced concrete circular columns were investigated according to different design parameters.

Location

--

Methods

The shear behavior and deformation capacity of the designed reinforced concrete columns were investigated according to the models proposed by ASCE/SEI-41 (2017) and the researchers.

Results

It is seen that the shear strength obtained from the analysis for reinforced concrete columns is affected by the axial load level, concrete compressive strength, spiral reinforcement ratio, and displacement ductility values.

Supporting Institutions

--

Financial Disclosure: The author declares that this study has received no financial support.

Peer-review

Externally peer-reviewed

Conflict of Interest: The author has no conflicts of interest to declare

How to cite:

Foroughi S., Yuksel S., 2022. Investigation of Shear Strength and Deformation Capacity Models of Reinforced Concrete Columns, Turk. J. Earthq. Res. 4(1), 26-41, <https://doi.org/10.46464/tdad.1008476>

Manuscript

Research Article

Received: 12.10.2021

Revised: 24.12.2021

Accepted: 01.02.2022

Printed: 30.06.2022

DOI

10.46464/tdad.1008476



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International Non-Commercial License

Corresponding Author

Saeid Foroughi

Email: saeid.foroughi@yahoo.com

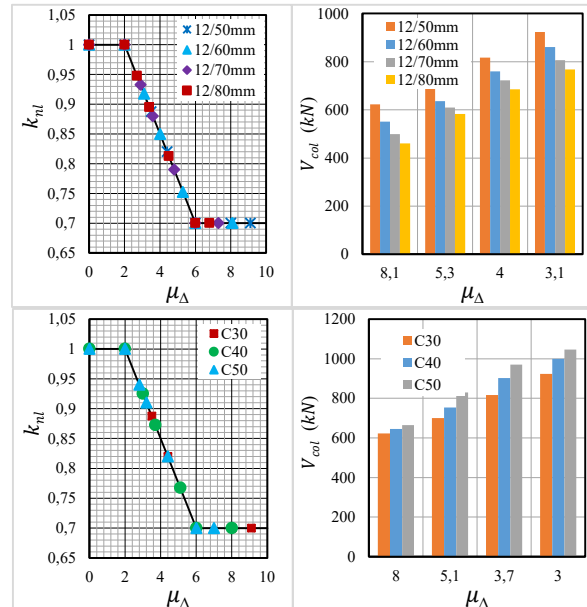


Figure
Shear strength and deformation capacity relations of reinforced concrete columns



Betonarme Dairesel Kolonların Kesme Dayanımı ile Deformasyon Kapasite Modellerinin Araştırılması

Saeid Foroughi¹, S. Bahadır Yüksel¹

¹ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye
ORCID: 0000-0002-7556-2118, 0000-0002-4175-1156

ÖZET

Göçme öncesi sismik performans seviyesinde, kesmeye maruz betonarme kolonların yatay yük ve eksenel yük taşıma kapasitelerindeki azalmayı ve bu davranışların tüm yapıya etkilerini modellemeye ve tahmin etmeye ihtiyaç vardır. Kesme dayanımı ile deformasyon kapasite davranışlarının incelenmesi için farklı beton basınç dayanımı, eksenel yük seviyesi ve spiral donatı oranlarında betonarme dairesel kolon modelleri tasarlanmıştır. Tasarlanan betonarme kolonların kesme davranışı ile deformasyon kapasiteleri, ASCE/SEI 41 (2017) ve araştırmacılar tarafından önerilen modellere göre araştırılmıştır. Betonarme kolonların moment-eğrilik ilişkilerinden elde edilen karakteristik değerlere göre elastik, plastik ve toplam yer değiştirme değerleri hesaplanarak yer değiştirme süneklik ilişkileri incelenmiştir. Betonarme kolonlar için analizlerden elde edilen kesme dayanımlarının eksenel yük seviyesi, beton basınç dayanımı, spiral donatı oranı ve yer değiştirme süneklik değerlerinden etkilendiği görülmektedir.

Anahtar kelimeler

Betonarme yapılar, Kesme mukavemeti, Yer değiştirme sünekliği, Sismik değerlendirme, Eksenel yük

Öne Çıkanlar

- * Betonarme kolonu sünek eleman olarak sınıflandırmak için, eğilme ve kesme dayanımı tahmin edilmeli ve göçme tipi tanımlanmalıdır.
- * Artan yer değiştirme sünekliği ile hem beton hem de donatı ve beton ile donatı arasındaki etkileşimin dayanım kaybının ilerlemesine katkıda bulunduğu kaydedilmiştir.
- * Betonarme elemanların kesme dayanımını tanımlamak için sismik performans seviyesi ve empoze edilen kuvvet- yer değiştirme geçişinin belirtilmesi gerekir.

Makale

Araştırma Makalesi

Geliş: 12.10.2021
Düzeltilme: 24.12.2021
Kabul: 01.02.2022
Basım: 30.06.2022

DOI

10.46464/tdad.1008476

Sorumlu yazar

Saeid Foroughi
Eposta:
saeid.foroughi@yahoo.com

Investigation of Shear Strength and Deformation Capacity Models of Reinforced Concrete Columns

Saeid Foroughi¹, S. Bahadır Yüksel¹

¹ Konya Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Civil Engineering, Konya, Türkiye
ORCID: 0000-0002-7556-2118, 0000-0002-4175-1156

ABSTRACT

At the pre-collapse seismic performance level, there is a need to model and estimate the decrease in the lateral load and axial load carrying capacities of the shear-sensitive reinforced concrete columns the effects of such behavior on the entire structure. In order to investigate the shear strength and deformation capacity behaviors, reinforced concrete circular column models with different concrete compressive strength, axial load level and spiral reinforcement ratios were designed. The shear behavior and deformation capacity of the designed reinforced concrete columns were investigated according to the models proposed by ASCE/SEI 41 (2017) and the researchers. According to the characteristic values obtained from moment-curvature relations of reinforced concrete columns, elastic, plastic and total displacement values were calculated and the displacement ductility relations were examined. It is seen that the shear strength obtained from the analysis for reinforced concrete columns is affected by the axial load level, concrete compressive strength, spiral reinforcement ratio and displacement ductility values.

Keywords

Reinforced concrete structures, Shear strength, Displacement ductility, Seismic evaluation, Axial load

Highlights

- * To classify a reinforced concrete column as a ductile element, the flexural and shear strength must be estimated and the collapse type must be defined.
- * With increasing displacement ductility, both the concrete and the reinforcement and the interaction between concrete and reinforcement contributed to the progression of strength degradation.
- * To define the shear strength of reinforced concrete members, the seismic performance level and the imposed force-displacement history must be specified.

Manuscript

Research Article

Received: 12.10.2021
Revised: 24.12.2021
Accepted: 01.02.2022
Printed: 30.06.2022

DOI

10.46464/tdad.1008476

Corresponding Author

Saeid Foroughi
Email:
saeid.foroughi@yahoo.com

1. GİRİŞ

Betonarme yapılarda, betonarme kolonlar deprem yükleri altında en önemli taşıyıcı sistemlerden biridir. Kolon mekanizmaları depremlerde toptan çökmeyi önlemek için çok önemlidir (Dok ve diğ. 2017). Betonarme yapılarda depremler sonrası kolonlarda oluşan hasarlar nedeniyle yapıların objektif performans seviyeleri sağlanamamaktadır. Bu nedenle, depreme dayanıklı yapı tasarım için yapısal elemanların davranışlarının iyi bilinmesi gerekmektedir (Foroughi ve Yuksel 2019). Kolonlar aksel yükleri taşıyacak şekilde tasarlanır, ancak deprem gibi yanal yüklerin bir sonucu olarak, olası kesme kırılmalarını önleyecek şekilde tasarlanmalıdır (Fiore ve diğ. 2014). Betonarme kolonların kesme dayanımı ve deformasyon kapasiteleri, kolonların tasarım ve yapımında kullanılan donatı çeliğinin ve betonun malzeme özelliklerinden etkilenir. Bir deprem sırasında bir yapıya uygulanan döngüsel yanal yüklemenin eklenmesi, yük döngüleri devam ederken kesme mukavemetinde ve süneklilikte ciddi hasarlara neden olabilir. Kolonun kesme kırılması nispeten düşük deformasyonlarda meydana geldiğinden ve yapının yanal yüklemeye direnme kabiliyetini önemli ölçüde etkileyebildiğinden, bu durum performansı tahmin etmenin karmaşıklığını daha da artırabilir.

Düşük deformasyonlarda kesme göçmesi olasılığının yüksek olması nedeniyle, düşük yer değiştirme seviyelerinde aşırı muhafazakâr sonuçlar elde edilir ve daha yüksek deformasyon seviyelerinde oldukça muhafazakâr olmayan sonuçlar görülür (Gordon 2015). Daha yakın zamanlarda, yer değiştirme ve döngüsel yükleme ile ilişkili kesme mukavemeti azalmasını içeren yeni modeller geliştirilmiştir. Bu modeller genellikle deneysel sonuçlara dayalı olarak kesme dayanımına beton katkısını etkileyen bir katsayı tanımlayarak kesme dayanımının azalmasını ele alır. Bu katsayı, yapısal bir elemanın yer değiştirme sünekliliğini, genellikle akma durumu için yer değiştirmenin, göçme durumunda nihai yer değiştirmesine oranı olarak tanımlar. Sünek kırılma, depreme dayanıklı yapı tasarım için amaçlanmıştır ve performans dayalı deprem mühendisliğinin temel gerekliliğidir. Bir elemanı sünek eleman olarak sınıflandırmak için, eğilme ve kesme dayanımı tahmin edilmeli ve göçme tipi tanımlanmalıdır.

Betonarme kolonlarda kesme kırılması, eğilme kırılması ve eğilme-kesme kırılması olarak üç tür kırılma modu tanımlanır. Kesme kırılması, istenmeyen ve ani kırılma modunun gevrek bir türüdür. Bir kolonun kesme mukavemeti, eğilme mukavemetinin gelişebilmesi için yeterli değilse, bu kolon neredeyse hiç deforme olmadan bir kesme kırılması oluşur. Hâkim eğimli bir çatlak açılır ve aynı anda yanal ve aksel kapasitelerde ani kayıp meydana gelene kadar genişler. Deneysel test sonuçları, kesme aralığının derinlik oranına (a/d), ikiden küçük veya a/d oranına bakılmaksızın yetersiz enine donatı oranına sahip kolonların kesme kırılmasına duyarlı olduğunu ortaya koymuştur. Eğilme kırılma modu genellikle sünek bir kırılma türüdür. Kolon yeterli kesme dayanımına sahip olduğunda, eleman yüksek kesme talepleri altında kırılmadan önce eğilme dayanımına ulaşabilir. Kolon, detaylandırılmasının uygun olması koşuluyla, yük taşıma kapasitesinde önemli bir kayıp olmaksızın en yüksek moment bölgelerinde elastik olmayan deformasyonlar oluşur. Çatlama momentinin aşıldığı bölgelerde eğilme çatlakları görülmektedir. Test veri tabanı incelendiğinde (Saatcioglu ve Ozcebe 1989, Lynn ve diğ. 1996, Sezen 2002, Elwood 2003) 3.5'ten büyük a/d oranına sahip ve yeterli enine donatıya sahip kolonlarda eğilme kırılması yaşandığı görülmektedir. Kırılma modunun üçüncü tipi, eğilme-kesme kırılması olarak adlandırılır. Enine donatı miktarı, betondaki ana çekme gerilmelerinin yatay bileşenini taşımaya yeterli değildir. Eleman gövde çatlamasına neden olan diyagonal çekme kuvvetinin dikey bileşeni, diyagonal çatlaklar arasındaki diyagonal basınç desteğinin basınç kapasitesinden daha büyüktür. Eleman gövde çatlamasına neden olan çapraz çekme kuvvetinin dikey bileşeni, boyuna donatının dayanımından daha büyüktür. Bu tür bir kırılma, kesme kırılması kadar gevrek değildir. Test sonuçları, eğilme-kesme kırılmasının çoğunlukla 2 ile 3.5 arasında bir kesme aralığının derinlik oranına (a/d), sıfır ile 0.018 arasında değişen hacimsel enine donatı oranına ve dengeli yüke yakın veya altında bir aksel yük seviyesine sahip kolonlarda meydana geldiğini göstermektedir (Ergüner 2009). Betonarme binaların performans dayalı değerlendirme işlemlerinin en önemli adımlarından

biri, doğrusal olmayan yapısal analizlerden (statik veya dinamik) elde edilen deformasyonların performans limitleri veya diğer bir deyişle kabul kriterleri ile karşılaştırılmasına dayanır (Xinxian 2016). Sismik yüklere maruz kalan betonarme elemanların davranışı, esas olarak betonun nihai dayanımına ve sünekliğine dayanmaktadır. Süneklik, yapıların sismik tepkisinin tasarlandıkları ilk hedeflere uygun olup olmadığının belirlenmesine yol açan önemli bir özelliktir (Yuksel ve Foroughi 2019). Yer değiştirme sünekliği, yapıların sismik tepkisini karakterize eden bir parametredir. Ayrıca, belirli sismik yönetmeliklere göre yapılan bir yapısal tasarımın sismik tasarımın ana amacına ulaşip ulaşamayacağını belirlemek için yer değiştirme sünekliği kullanılabilir (Perez ve Mulder 2018). Bir betonarme elemanın kesme dayanımı; basınç dayanımı, kemer etkisi (a/h), eksenel yük seviyesi, yer değiştirme sünekliği, enine donatı oranı, boyuna donatı oranı, sismik performans seviyesi ve uygulanan kuvvet- yer değiştirme geçmiş gibi birçok parametreye bağlıdır (Sasani 2007).

2. BETONARME KOLONLARIN DAYANIMI İÇİN ÖNERİLEN MODELLER

Betonarme kolonların kesme dayanımı, son yıllarda araştırmalarda büyük ilgi görmektedir. Yeni binaların tasarımı ve mevcut binaların değerlendirilmesi için betonarme kolonların kesme dayanımı için çeşitli modeller önerilmiş ve kullanılmıştır. Betonarme elemanda eğilme kırılmasının olmasını sağlamak için kesme donatıları kullanılır. Kesme donatıları, çatlaklar boyunca çekme gerilmelerini karşılar, sarılma bölgesi betonunu sınırlayarak kesme kapasitesini artırır. Bu bölümde, betonarme kolonlar için ASCE/SEI 41 (2017) ile Sezen ve Moehle (2004) tarafından önerilen kesme dayanımı modellerinin incelemesi yapılmıştır. Betonarme kolonların kesme davranışı ile deformasyon kapasitesi araştırılmış ve elde edilen sonuçlar irdelenmiştir. Önerilen bağıntılar ile ilgili açıklamalar aşağıda detaylı olarak özetlenmiştir.

2.1) Sezen ve Moehle (2004)

Bazı çalışmalarda kesme dayanımına beton katkısının artan yer değiştirme süneklik talebi ile azaldığı kesme dayanımı modelleri önermiştir. Bazı çalışmalarda ise kolon kesme dayanımının yer değiştirme süneklik talebinden bağımsız olduğunu bulmuşlardır. Daha önce yapılan çalışmalardan elde edilen gözlemlere dayanarak, artan yer değiştirme sünekliği ile hem beton hem de donatı ve beton arasındaki etkileşimin mukavemet azalmasına sebep olduğu kaydedilmiştir. Bu nedenle, kesme dayanımına hem beton hem de donatı katkılarına bir dayanım azaltma faktörü uygulanır. Önerilen kesme dayanımı modeli Denklem (1a ve 1b) ile ifade edilir. Denklem (1a ve 1b), süneklikle ilişkili dayanım azalmasını hesaba katmak için k faktörünü içeren kesme dayanımı modelini ifade eder.

$$V_c = k \left(\frac{0.5\sqrt{f'_c}}{a/d} \sqrt{1 + \frac{P}{0.5\sqrt{f'_c} A_g}} \right) 0.8A_g \quad (1a)$$

$$V_s = k \left(\frac{A_v f_y d}{s} \right)$$

$$V_n = k (V_s + V_c)$$

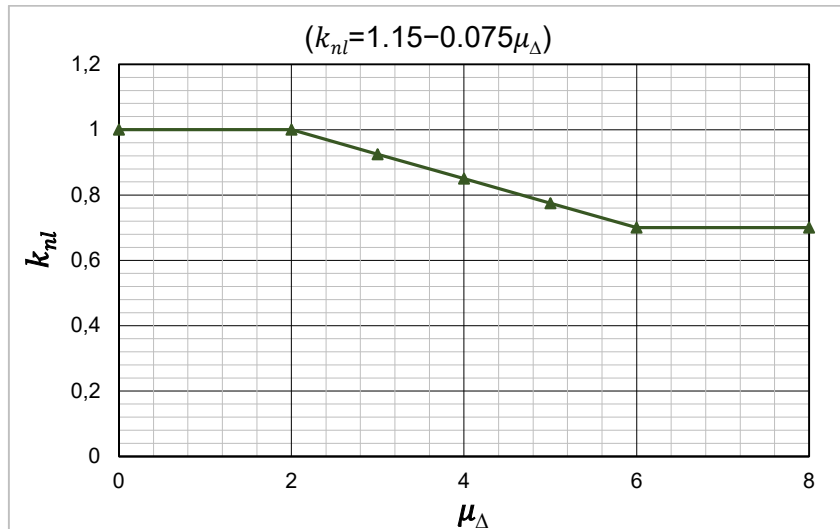
$$V_n = k \left[\left(\frac{A_v f_y d}{s} \right) + \left(\frac{0.5\sqrt{f'_c}}{a/d} \sqrt{1 + \frac{P}{0.5\sqrt{f'_c} A_g}} \right) 0.8A_g \right] \quad (1b)$$

2.2) ASCE Standard (2017)

Betonarme kolonların kesme dayanımı ve deformasyon kapasiteleri, kolonların tasarımında ve yapımında kullanılan donatı çeliği ve betonun malzeme özellikleriyle ilgili çok sayıda değişkenden etkilenir. Bir betonarme kolonun deformasyon kapasitesini belirlemek için ASCE/SEI 41 (2017), kolonları düşük süneklik talebindeki kesme dayanımının (V_0) plastik kesme talebi (V_p) oranına bağlı olarak üç farklı göçme modunda sınıflandırır. Plastik kesme talebi (V_p), plastik mafsalların eğilme akmasına karşılık gelen kesme kuvvetidir. V_p , kesit analizinden elde edilen maksimum moment dayanımının kesme açıklığına ($a = L/2$) bölünmesiyle hesaplanır ($V_p = 2M_p/L$). ASCE/SEI 41 (2017), Sezen ve Moehle (2004) tarafından geliştirilen kesme dayanımı modelini benimser ve Denklem (2)'de gösterildiği gibi beton (V_c) ve enine donatının (V_s) katkısını toplayarak kolon kesme dayanımının (V_{Col}) hesaplanmasını önerir. $V_{Col0} = V_{Col}/k_{nl}$ süneklik talebiyle ilgili indirgeme faktörü hariç kolon kesme dayanımıdır.

$$V_{Col} = k_{nl}V_{Col0} = k_{nl} \left[\alpha_{Col} \left(\frac{A_v F_{ytL/E} d}{s} \right) + \lambda \left(\frac{0.5 \sqrt{f'_{cL/E}}}{M_{UD} / V_{UD} d} \sqrt{1 + \frac{N_{UG}}{0.5 A_g \sqrt{f'_{cL/E}}}} \right) 0.8 A_g \right] (MPa) \quad (2)$$

Denklem (2)'de, V_{Col} kuvvet kontrollü veya deformasyon kontrollü davranışlar için geçerli olan alt sınır veya beklenen malzeme özellikleri kullanılarak değerlendirilen betonarme kolonların kesme dayanımıdır. V_{Col0} , 2.0'yi geçmeyen bir yer değiştirme süneklik talebinde betonarme kolonların kesme dayanımıdır. Yer değiştirme sünekliğinin 2'ye eşit veya daha az olduğu bölgelerde $k_{nl} = 1.0$, yer değiştirme sünekliğinin 6'ya eşit veya daha büyük olduğu bölgelerde $k_{nl} = 0.7$ ve yer değiştirme sünekliği için 2 ile 6 arasında doğrusal olarak değişir (Şekil 1). $s/d \leq 0.75$ sınırı için $\alpha_{Col} = 1$, $s/d \geq 1$ için $\alpha_{Col} = 0$ ve 0.75 ile 1.0 arasında s/d için doğrusal olarak değişir. A_v kesme donatısı alanıdır, $F_{ytL/E}$ enine donatıların beklenen akma dayanımıdır, $f'_{cL/E}$ beklenen beton basınç dayanımıdır, d en dış basınç lifinden çekme donatısının ağırlık merkezine olan mesafe (faydalı yükseklik), s kesme donatı aralığı ve A_g betonarme kolonun bürüt en-kesit alanıdır. Hafif agregalı beton için $\lambda = 0.75$ ve normal agregalı beton için $\lambda = 1.0$. N_{UG} eksenel basınç kuvvetidir ve $M_{UD}/(V_{UD} d)$ 4'ten büyük veya 2'den az olarak alınmamalıdır.



Şekil 1: $k_{nl} - \mu_{\Delta}$ ilişkisi
Figure 1: Relationship between $k_{nl} - \mu_{\Delta}$

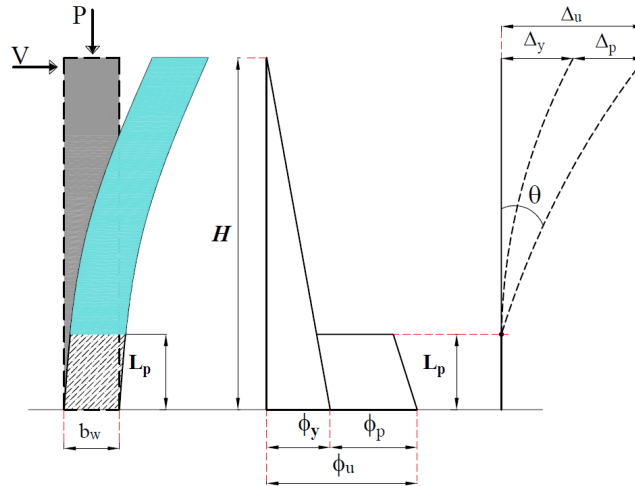
3. BETONARME KOLONLARDA DOĞRUSAL OLMAYAN YER DEĞİŞTİRME KAPASİTESİ

Yanal kuvvetlere dayanaklı elemanlar olarak, betonarme kolonların sünek deformasyon kapasitesi, yapılarda daha iyi bir sismik performans elde etmek için önemli bir faktördür. Performans/yer değiştirme tabanlı sismik tasarımın geliştirilmesiyle, yapısal deformasyon kapasitesi önemli ölçüde dikkat çekmiştir. Kolonlar tipik olarak yapıların gevrek kırılmaya karşı koruması için yeterli süneklilikte tasarlanmalıdır. Yapısal sismik tasarım yalnızca dayanıma odaklanmamalı, aynı zamanda sünekliliği de hesaba katmalıdır. Sünek sismik tasarımın daha iyi anlaşılması ve gerçekleştirilmesi için şiddetli depremler altında yapısal deformasyon kapasitesinin tahmin edilmesi gerekir. Plastik mafsal analizinde, bir konsolun toplam tepe yer değiştirmesi (Δ_u), akma yer değiştirmesi (Δ_y) ve plastik yer değiştirmesi (Δ_p) bileşeninin toplamı olarak elde edilir (Denklem 3). Denklemlerde H_w , kolon yüksekliğidir. $(\phi_u - \phi_y)L_p$ terimi, plastik dönmeyi ifade eder ve plastik eğriliğin eşdeğer plastik mafsal uzunluğunun (L_p) merkezinde toplandığı varsayımına dayanır. Plastisitenin yayıldığı gerçek fiziksel uzunluk daha büyüktür ve plastik bölge olarak adlandırılır. Plastik bölge üzerindeki kolonlarda elastik olmayan eğriliklerin doğrusal olarak değiştiği varsayılmaktadır. Her iki yer değiştirme hesaplandıktan sonra, yer değiştirme sünekliliği (μ_Δ) tepe yer değiştirmesinin akma yer değiştirmesine oranı (Δ_u/Δ_y) olarak belirlenir. Yiğil plastik davranış modelinde iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekil değiştirmelerin düzgün yayılı biçimde olduğu varsayılmaktadır. Plastik mafsal boyu olarak adlandırılan plastik şekil değiştirme bölgesinin uzunluğu (L_p), çalışan doğrultudaki kesit boyutunun (h) yarısına eşit alınacaktır ($L_p = 0.5h$).

$$\Delta_u = \Delta_y + \Delta_p$$

$$\Delta_y = (\phi_y H^2) / 3, \quad \Delta_p = \theta_p (H - 0.5L_p) \quad (3)$$

$$\theta_p = (\phi_u - \phi_y) L_p$$



Şekil 2: Betonarme kolonun doğrusal olmayan davranış ve moment-eğrilik-tepe yer değiştirme ilişkisi
Figure 2: Nonlinear behavior and displacement relationship for moment-curvature-peak of reinforced concrete column

Bu çalışmada, Denklem (3)'te verilen akma ve nihai eğrilik değerleri, Mander sargısız ve sargılı beton modeli (Mander ve diğ. 1988) ve donatı çeliği modelleri dikkate alınarak moment-eğrilik analizlerinden hesaplanmıştır. Mevcut eğilme momentini ve sünekliliği gösteren betonarme kolonlar için teorik moment-eğrilik analizi hem beton hem de çelik için gerilme-şekil değiştirme ilişkilerinin bilinmesi şartıyla yapılabilir. Akma eğriliği, donatı çeliğinin akması veya betonun

maksimum gerilmeye karşı gelen birim şekil değiştirme değeri 0.002'ye ulaştığı varsayılarak hesaplanır (hangisi önce ulaştıysa). Nihai eğrilik, sargılı betondaki maksimum basınç gerilmesinin, enine donatının sargı etkilerini açıklayan en büyük birim şekil değiştirme değerine (ε_{cu}) ulaştığını varsayarak hesaplanır. Betondaki en büyük birim şekildeğiştirme değeri ε_{cu} enine donatıda oluşan ilk kopma anındaki değere karşılık gelir. Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekil değiştirmesi ε_{cu} Denklem (4)'ten hesaplanabilmektedir. Denklemde ρ_s toplam enine donatının hacimsel oranını, f_{yw} ; enine donatı akma dayanımı ifade etmektedir (Paulay ve Priestley 1992). Etkili sargı basıncı, sargısız beton basınç dayanımı ifadelerinin de bilinmesi ile birlikte, sargılı beton basınç dayanımı (f'_{cc}) için Denklem (5) kullanılmaktadır (Mander ve diğ. 1988).

$$\varepsilon_{cu} = 0.004 + \frac{1.4\rho_s f_{yw} \varepsilon_{su}}{f'_{cc}} \quad (4)$$

$$f'_{cc} = f'_{co} \left(-1.254 + 2.254 \sqrt{1 + \frac{7.94 f'_l}{f'_{co}}} - 2 \frac{f'_l}{f'_{co}} \right) \quad (5)$$

4. MATERYAL ve YÖNTEM

Dairesel kolonlar, rüzgâr ve sismik yükler altındaki mukavemet özelliklerinin herhangi bir yönde benzer olması nedeniyle yapılarda kolon tasarımı için popülerdir. Dairesel elemanlar ayrıca binalarda kolonlar olarak, temeller için kazıklar veya diyafram duvarlar için yaygın olarak kullanılır (Fiore ve diğ. 2014). Uygulamada sık sık ortaya çıkmalarına rağmen, betonarme dairesel elemanların kesme davranışı üzerine sadece sınırlı araştırma yapılmıştır. Kesme dayanımı ile deformasyon kapasite modellerinin araştırılması için farklı tasarım parametrelerinde dairesel betonarme kolon modelleri tasarlanmıştır. Farklı tasarım parametreleri; beton basınç dayanımı, spiral donatı oranı ve eksenel yük seviyeleridir. Betonarme kolonların elastik ve plastik yer değiştirmeleri ile toplam yer değiştirme değerlerinin hesaplanması için kolonların moment-eğrilik ilişkileri elde edilerek karakteristik değerleri hesaplanmıştır. Karakteristik değerlere ait yer değiştirme değeri elde edilerek yer değiştirme süneklikleri hesaplanmıştır. Analizlerden elde edilen değerler farklı parametrelere göre incelenerek yorumlanmıştır.

Dairesel en-kesitli betonarme kolonların tasarımında TBDY (2018) ve ACI318 (2014) yönetmelikleri dikkate alınmıştır. 565mm çapında dairesel en-kesit boyutlarına sahip kolon modellerinin kesit özellikleri Şekil 3'te verilmiştir. Betonarme kolon kesitlerinde spiral donatı çapları; $\Phi 10$ mm ve $\Phi 12$ mm ve spiral aralığı 50mm, 60mm, 70mm ve 80mm olarak seçilmiştir. Tüm modellerde kolon boyuna donatısı $8\Phi 20$ mm olarak dikkate alınmıştır. Kolon modelleri için C30, C40 ve C50 beton sınıfı ve B420C donatı çeliği seçilmiştir. Moment-eğrilik analizlerinde, beton ve donatı çeliği için malzeme modelleri Şekil 4'te verilmiştir.

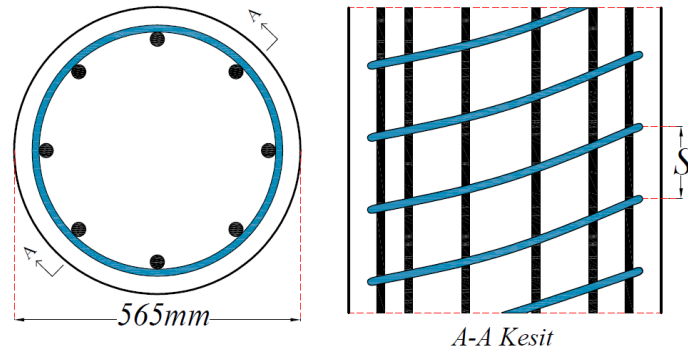
Spiral donatısı, özellikle şiddetli yer hareketine maruz kaldıklarında kolonların mukavemetinin ve sünekliğinin iyileştirilmesinde önemli bir rol oynar. Betonarme kolonlardaki spiral donatı, kesme kuvvetlerini karşılamak, ani kesme kırılmalarını önlemek, mukavemet ve sünekliği artırmak için betonu sınırlamak amacı ile kullanılabilir. Dairesel kolon modellerinde spiral donatının hacimsel oranı ve minimum hacimsel oranı TBDY (2018) ve ACI318 (2014) yönetmeliklerine göre hesaplanmıştır. TBDY (2018) ve ACI318 (2014), spiral donatı oranının Denklem (6)'dan az olmayacağını belirtir.

$$\rho_s \geq 0.45 \left[\left(\frac{A_c}{A_{ck}} \right) - 1 \right] \left(\frac{f_{ck}}{f_{yw}} \right) \quad (6)$$

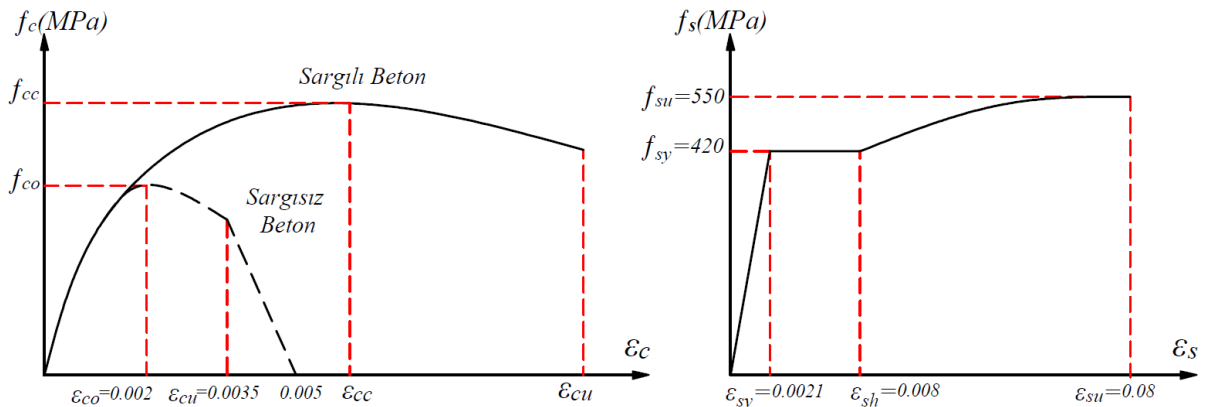
$$\rho_s \geq 0.12 \left(\frac{f_{ck}}{f_{yw}} \right)$$

Düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eksenel basınç kuvvetlerinin en büyüğü olmak üzere, $A_c \geq N_{dmax}/0.40f_{ck}$ koşulu sağlanmalıdır (TBDY 2018). Betonarme kolon kesitlerinde, $N_{max} = A_c \times f_{ck}$ olmak üzere N/N_{max} oranının 0.10, 0.20, 0.30 ve 0.40 değerleri için moment-eğrilik ilişkileri SAP2000 programı ile elde edilmiştir. Farklı parametrelere göre moment-eğrilik ilişkilerinden akma ve kırılma koşulları için moment (M_y , M_u) ve eğrilik (ϕ_y , ϕ_u) değerleri hesaplanmıştır. Plastik mafsal uzunluğuna göre, betonarme kolonların akma yer değiştirme (Δ_y) ve plastik yer değiştirme (Δ_p) değerleri hesaplanarak kolonlarının toplam tepe yer değiştirme (Δ_u) değerleri elde edilmiştir. Yer değiştirme sünekliği (μ_Δ), yapısal bir sistem veya eleman konfigürasyonu ve kesit sünekliği ile ilgilidir ve yük- yer değiştirme eğrisine dayanır. Moment-eğrilik ilişkisindeki ϕ_y ve ϕ_u değerlerine ait yer değiştirme değeri hesaplanmıştır. Farklı eksenel yük seviyelerine göre, μ_Δ değerleri betonarme kolonlarının Δ_y , Δ_p ve Δ_u değerleri elde edilerek hesaplanmıştır.

Bazı araştırmacılar ve yönetmelikler (Sezen ve Moehle 2004, ASCE/SEI 41 2017), kesme dayanımına beton katkısının artan yer değiştirme süneklik talebi ile azaldığı kesme dayanımı modelleri önermişlerdir. Bazı yönetmelikler (TBDY 2018, ACI318 2014) ise betonarme kolonların kesme dayanımının yer değiştirme süneklik talebinden bağımsız olduğunu bulmuşlardır. Kolon kesitlerinden elde edilen kesme dayanımı bağıntılarına dayanarak, artan yer değiştirme sünekliği ile hem beton hem de donatı ve beton arasındaki etkileşimin dayanım kaybının ilerlemesine katkıda bulunduğu kaydedilmiştir. Böylece, kesme dayanımına hem beton hem de donatı katkılarına bir dayanım azaltma faktörü uygulanır. Bazı bağıntılarda ve yönetmeliklerde (Sezen ve Moehle 2004, ASCE/SEI 41 2017), süneklikle ilişkili dayanım azalmasını hesaba katmak için k faktörünü içeren kesme dayanımı modeli ifade edilmektedir.



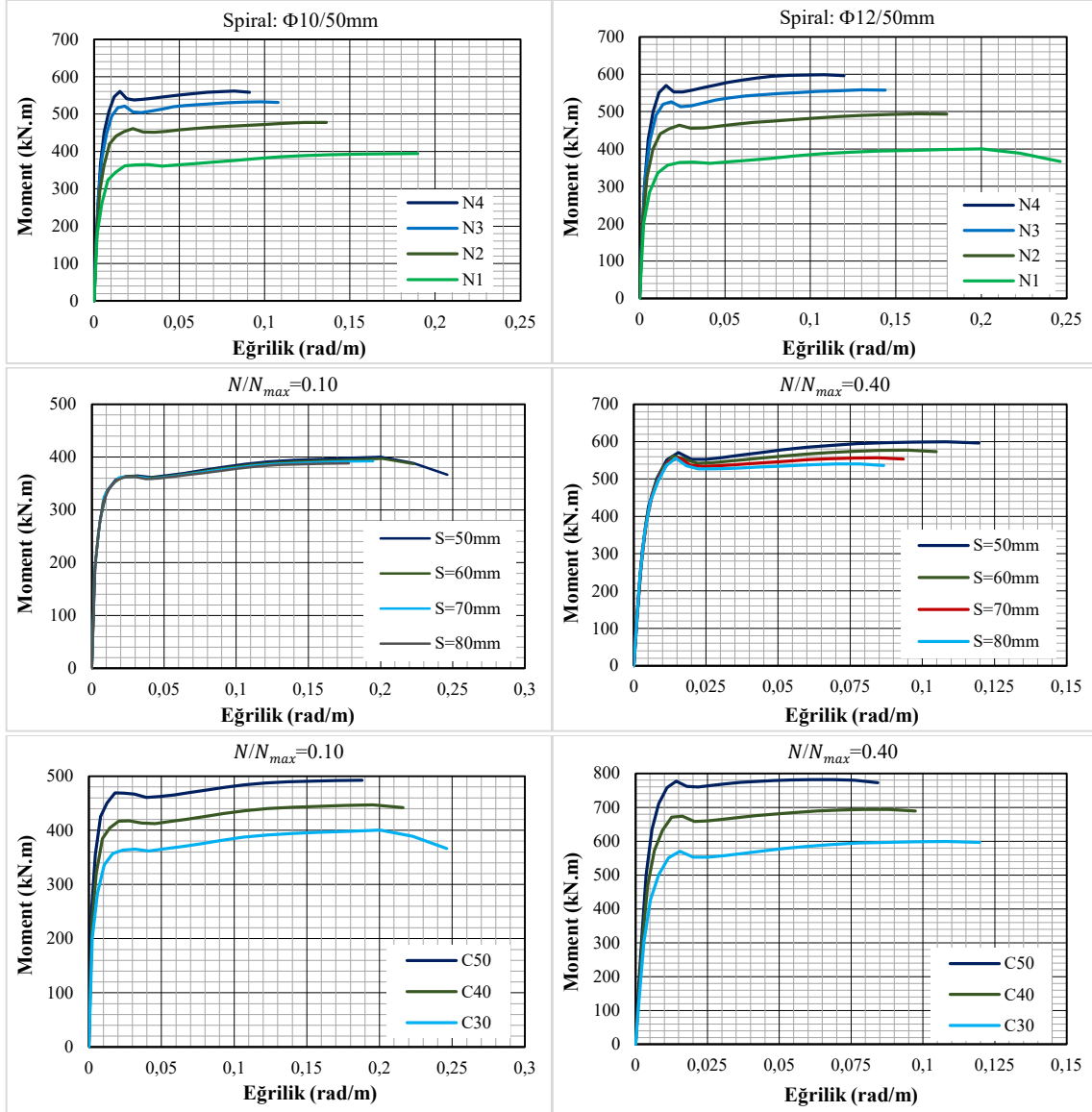
Şekil 3: Tasarlanan betonarme kolonların kesit geometrisi ve donatı yerleşim görünüşü
Figure 3: Sectional geometry and reinforcement layout view of the designed reinforced concrete columns



Şekil 4: Beton ve donatı çeliği için gerilme-şekil değiştirme ilişkileri (TBDY 2018)
Figure 4: Stress-strain relationships for concrete and reinforcement steel (TBDY 2018)

5. SAYISAL ÇALIŞMA

Betonarme dairesel kolon modellerinin moment-eğrilik ilişkilerinde incelenen parametreler spiral donatı çapı, spiral donatı aralığı, beton basınç dayanımı ve eksenel yük seviyeleridir. Analitik sonuçlardan elde edilen moment-eğrilik ilişkileri farklı tasarım parametrelerine göre karşılaştırmalı olarak sunulmuştur (Şekil 5).



Şekil 5: Farklı spiral donatı oranı, beton sınıfı ve eksenel yük seviyeleri için moment-eğrilik ilişkileri
Figure 5: Moment-curvature relations for different spiral reinforcement ratio, concrete grade and axial load levels

Bazı bağıntılarda ve yönetmeliklerde (Sezen ve Moehle 2004, ASCE/SEI 41 2017), süneklik ilişkili dayanım azalmasını hesaba katmak için k faktörünü içeren kesme dayanımı modeli kullanılmaktadır. Yer değiştirme süneklik taleplerine bağlı kesme dayanımını hesaplamak için kolon modellerinin akma eğriliği ile plastik mafsallara göre akma yer değiştirme ve plastik yer değiştirme değerleri hesaplanarak tepe yer değiştirme değeri elde edilmiştir. Hesaplanan akma yer değiştirme ile tepe yer değiştirme değerlerine göre yer değiştirme süneklik değerleri hesaplanmıştır. Yer değiştirme süneklik değerlerine göre dayanım azaltma

faktörünün değerleri hesaplanarak kolonların kesme dayanımları hesaplanmıştır. Betonarme dairesel kolon elemanların Δ_y , Δ_p , Δ_u ve μ_Δ değerleri plastik mafsallı uzunlukları farklı parametrelere göre hesaplanmıştır (Tablo 1, Tablo 2, Tablo 3). Farklı parametrelerin yer değiştirme sünekliliği üzerindeki etkisi Şekil 6'da karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tablo 1: Farklı spiral çapı için betonarme dairesel kolonların yer değiştirme değerleri
Table 1: Displacement values of reinforced concrete circular columns for different spiral diameters

Malzeme	Spiral	ρ_s	N/N_{max}	Δ_y	Δ_p	Δ_u	μ_Δ
C30	Φ10/50mm	0.0124	0.10	28.2	173.5	201.7	7.2
			0.20	32.3	121.8	154.1	4.8
			0.30	36.8	93.9	130.7	3.6
			0.40	42.5	76.6	119.0	2.8
	Φ12/50mm	0.0180	0.10	28.2	227.1	255.2	9.1
			0.20	32.7	163.1	195.8	6.0
			0.30	37.2	127.8	165.0	4.4
			0.40	42.1	103.8	145.9	3.5

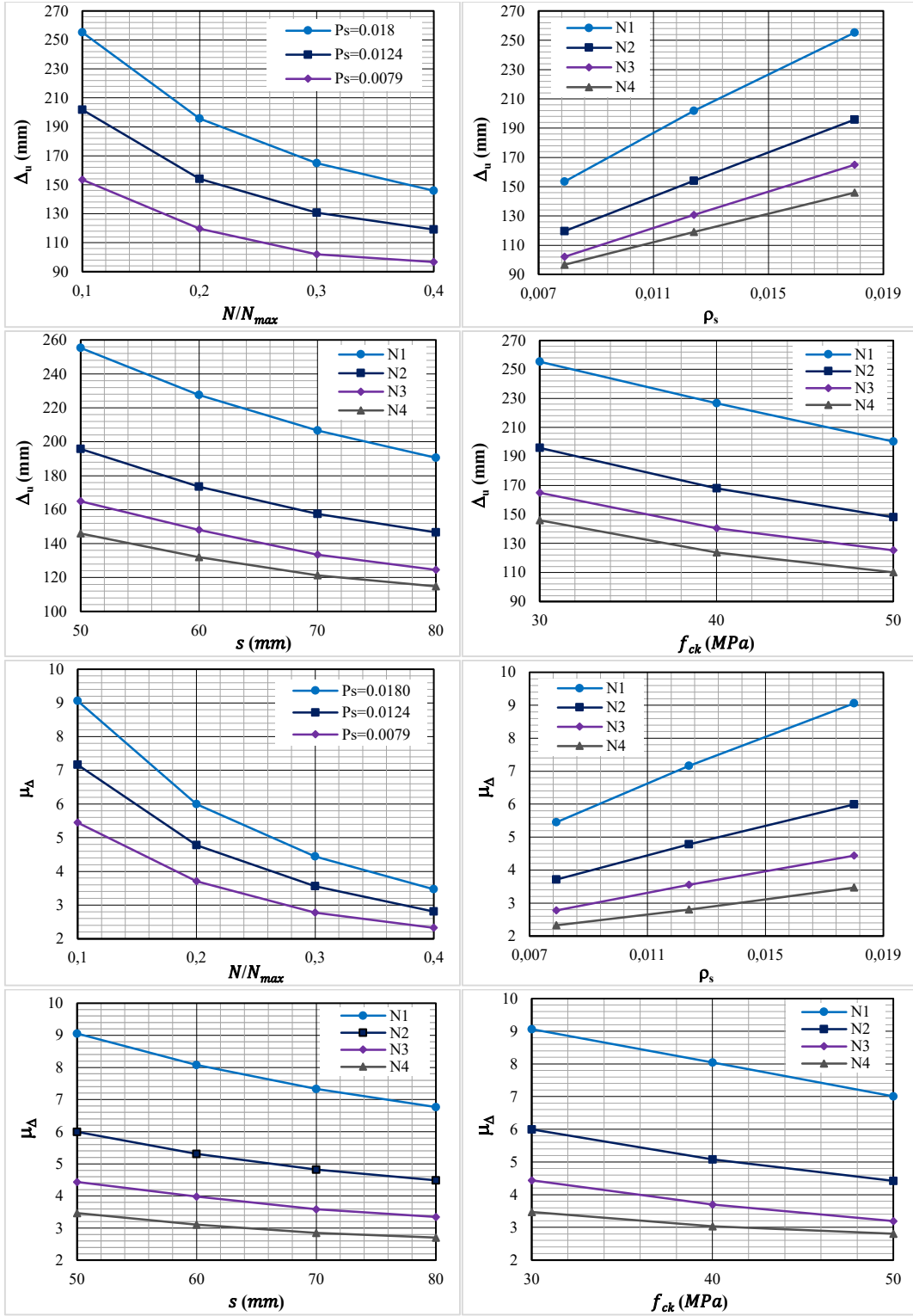
Tablo 2: Farklı spiral aralığı için betonarme dairesel kolonların yer değiştirme değerleri
Table 2: Displacement values of reinforced concrete circular columns for different spiral spacing

Malzeme	Spiral	ρ_s	N/N_{max}	Δ_y	Δ_p	Δ_u	μ_Δ
C30	Φ12/60mm	0.0150	0.10	28.2	199.4	227.5	8.1
			0.20	32.7	140.9	173.6	5.3
			0.30	37.2	110.8	148.0	4.0
			0.40	42.5	89.6	132.0	3.1
	Φ12/70mm	0.0128	0.10	28.2	178.4	206.6	7.3
			0.20	32.7	124.9	157.5	4.8
			0.30	37.2	96.2	133.4	3.6
			0.40	42.5	78.8	121.2	2.9
	Φ12/80mm	0.0112	0.10	28.2	162.4	190.6	6.8
			0.20	32.7	113.9	146.5	4.5
			0.30	37.2	87.4	124.5	3.4
			0.40	42.5	72.3	114.8	2.7

Tablo 3: Farklı eksenel yük seviyesi ile beton basınç dayanımı için betonarme dairesel kolonların yer değiştirme değerleri

Table 3: Displacement values of reinforced concrete circular columns for concrete compressive strength with different axial load level

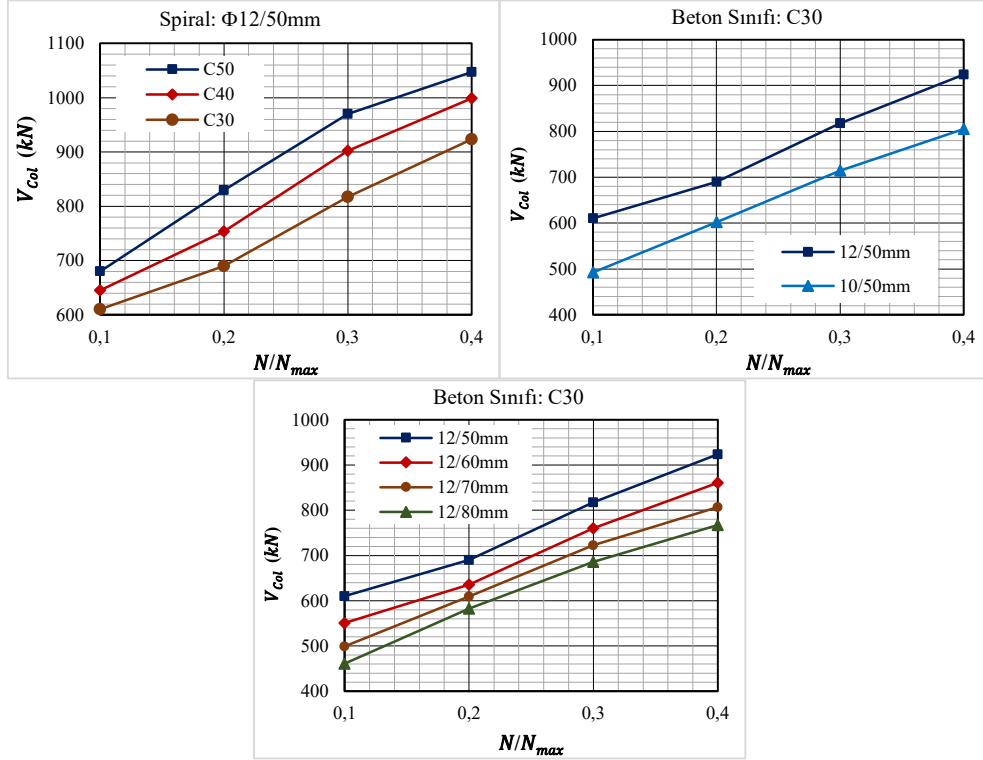
N/N_{max}	Spiral	ρ_s	Malzeme	Δ_y	Δ_p	Δ_u	μ_Δ
0.10	Φ12/50mm	0,0180	30	28.2	227.1	255.2	9.1
			40	28.2	198.5	226.7	8.0
			50	28.6	171.6	200.2	7.0
0.20			30	32.7	163.1	195.8	6.0
			40	33.1	134.8	167.9	5.1
			50	33.5	114.6	148.1	4.4
0.30			30	37.2	127.8	165.0	4.4
			40	38.0	102.4	140.4	3.7
			50	39.2	86.0	125.2	3.2
0.40	30	42.1	103.8	145.9	3.5		
	40	40.8	82.8	123.7	3.0		
	50	39.2	70.9	110.1	2.8		



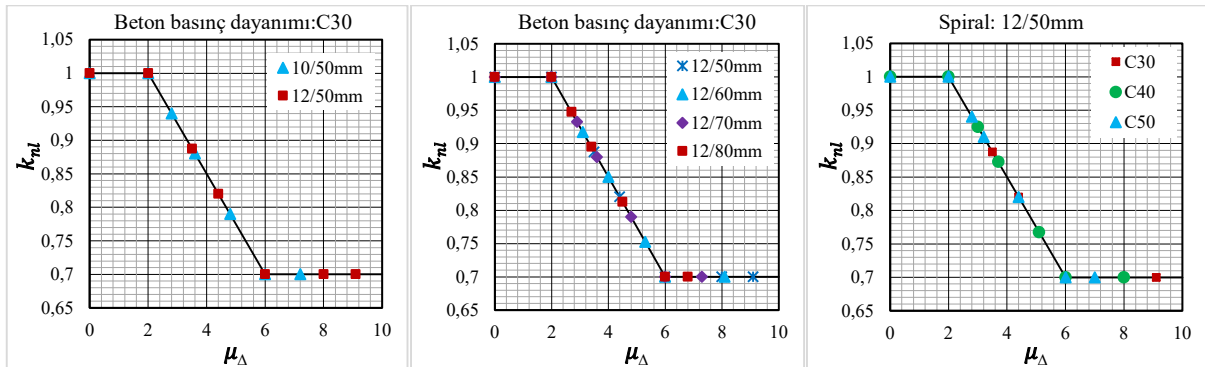
Şekil 6: Farklı parametrelerin yer değiştirme sünekliği üzerindeki etkisi
Figure 6: Effect of different parameters on displacement ductility

Sayısal çalışmanın bu bölümünde analiz sonuçlarından farklı parametrelerde tasarlanan dairesel en-kesitli betonarme kolonların ASCE/SEI 41 (2017)'ye göre kesme dayanımına eksenel yük seviyesinin, beton basınç dayanımının, spiral donatı oranının ve yer değiştirme sünekliğinin etkisi elde edilmiştir. Analiz sonuçları farklı parametrelere göre karşılaştırmalı

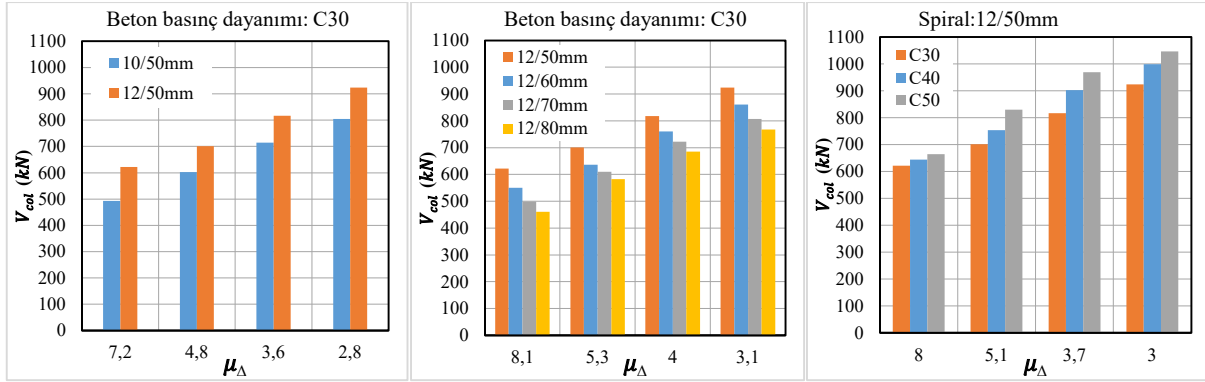
olarak aşağıda sunulmuştur (Şekil 7, Şekil 8, Şekil 9, Şekil 10). TBDY (2018) ve ACI318 (2014) yönetmeliklerinde kesme dayanımı için önerilen ilişkilerin yer değiştirme sünekliliğinden bağımsız oluşu ve ASCE/SEI 41 (2017), Sezen ve Moehle (2004) tarafından geliştirilen kesme dayanımı modelini benimsediği için bu bölümde ASCE/SEI 41 (2017) yönetmeliği dikkate alınmıştır.



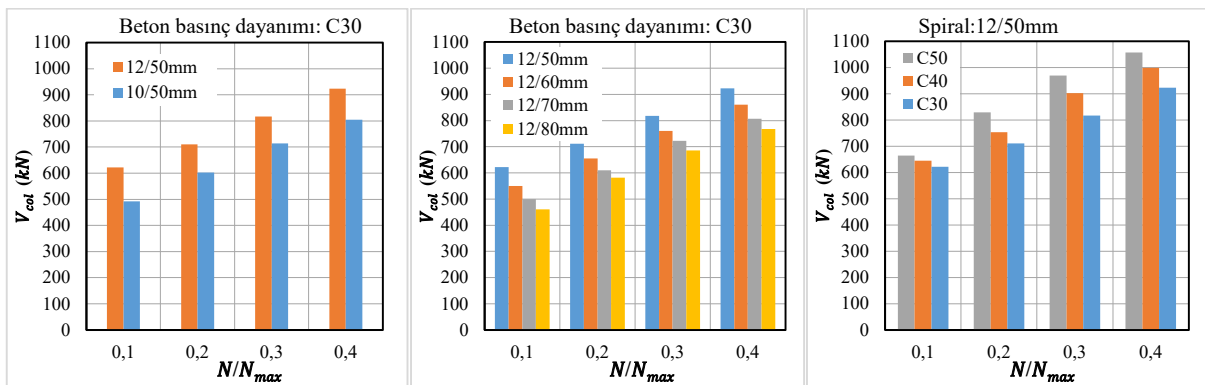
Şekil 7: Betonarme kolonların farklı parametrelere göre elde edilen $V_{Col} - N/N_{max}$ ilişkileri
Figure 7: $V_{Col} - N/N_{max}$ relations of reinforced concrete columns obtained according to different parameters



Şekil 8: Betonarme kolonların farklı parametrelere göre elde edilen $k_{nl} - \mu_{\Delta}$ ilişkileri
Figure 8: $k_{nl} - \mu_{\Delta}$ relations of reinforced concrete columns obtained according to different parameters



Şekil 9: Betonarme kolonların farklı parametrelere göre elde edilen $V_{col} - \mu_{\Delta}$ ilişkileri
 Figure 9: $V_{col} - \mu_{\Delta}$ relations of reinforced concrete columns obtained according to different parameters



Şekil 10: Betonarme kolonların farklı parametrelere göre elde edilen $V_{col} - N/N_{max}$ ilişkileri.
 Figure 10: $V_{col} - N/N_{max}$ relations of reinforced concrete columns obtained according to different parameters

6. SONUÇLAR

Betonarme kolonların kesme dayanımı ve deformasyon kapasiteleri, kolonların tasarım ve yapımında kullanılan donatı çeliğinin ve betonun malzeme özellikleriyle ilgili çok sayıda değişken tarafından etkilenir. Bu tür yapısal elemanlar için kesme dayanımı ve süneklik tahmini, farklı tasarım parametrelerinden elde edilmiştir.

Analiz sonuçları incelendiğinde, eksenel yük, spiral donatı çapı ve spiral donatı aralığının değişiminin betonarme dairesel kolonların moment-eğrilik davranışı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Eksenel yük, spiral donatı çapı ve aralığı, kesitin sünekliğini etkileyen çok önemli parametrelerdir. Spiral donatı oranı arttıkça dairesel kolon kesitlerin akma ve nihai moment kapasiteleri artar. Spiral donatı oranının artmasıyla kesit sünekliği ve eğrilik sünekliğinin önemli ölçüde arttığı gözlemlenmiştir.

Farklı eksenel yük seviyelerine göre hesaplanan akma eğriliği, maksimum eğrilik, akma yer değiştirmesi, plastik yer değiştirme, toplam tepe yer değiştirmesi ve yer değiştirme süneklik değerlerinde farklılıklar bulunmaktadır. Eksenel yük seviyeleri arttıkça plastik yer değiştirme, toplam tepe yer değiştirmesi ve yer değiştirme süneklik değerleri azalır. Spiral donatı çapı arttıkça toplam tepe yer değiştirmesi ve yer değiştirme süneklik değerleri artar. Spiral aralığının artmasıyla toplam tepe yer değiştirmesi ve yer değiştirme süneklik değerleri azalmaktadır. Yer değiştirme süneklik değeri, akma yer değiştirme değerlerinin artması ve toplam tepe yer değiştirme değerlerinin azalması ile azalmaktadır.

$\mu_{\Delta} \leq 2$ ve $\mu_{\Delta} \geq 6$ değerleri için dayanım azalma faktörü (k_{nl}) sabit bir değer ve yer değiştirme sünekliği 2 ile 6 arasında doğrusal olarak azalmaktadır. Betonarme kolonlar için analizlerden elde edilen kesme dayanımlarının eksenel yük seviyesi, beton basınç dayanımı, spiral donatı oranı ve yer değiştirme süneklik değerlerinden etkilendiği görülmektedir. Betonarme dairesel kolon için hesaplanan yer değiştirme sünekliğinin artması durumunda, hesaplanan kesme dayanımı değerleri doğrusal olarak azalmaktadır. Spiral çapının, beton basınç dayanımının ve eksenel yük seviyesinin artması ile kesme dayanım değerleri artmaktadır. Spiral aralığının artması ile hesaplanan kesme dayanım değerleri azalmaktadır. Eksenel yük seviyesinin artması ile yer değiştirme süneklik değerleri azaldığı için k_{nl} değeri artmakta, buna göre kesme dayanım değerleri artmaktadır. Spiral donatı aralığı ve beton basınç dayanımının artması ile k_{nl} değeri artmakta, spiral donatı çapının artması ile k_{nl} değeri azalmaktadır.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, zaman ayırdıkları, kıymetli yorum ve önerilerde buldukları için makaleyi değerlendiren hakemlere teşekkür etmektedir.

KAYNAKLAR

ASCE/SI 41, 2017. Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings, (ASCE/SEI 41), Published by the American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, USA, 576 p.

Erişim adresi: <https://searchworks.stanford.edu/view/12367863>

ACI318, 2014. Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary, American Concrete Institute, USA, 520 p.

Erişim adresi: <https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=318U14&Language=English>

Dok G., Ozturk H., Demir A., 2017. Determining moment-curvature relationship of reinforced concrete columns, *The Eurasia Proceedings of Science, Technology, Engineering and Mathematics* 1, 52-58.

Ergüner K., 2009. Analytical examination of performance limits for shear critical reinforced concrete columns, Master of Science Thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, 127 p.

Erişim adresi:

https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=15WslwLDhr_mAmafP9wUUQ&no=Z7uBEeFp_AUTRS0qYIFNiQ

Elwood J.K., 2003. Shake table tests and analytical studies on the gravity collapse of reinforced concrete frames, Ph.D. Thesis, University of California at Berkeley, Berkeley, California, 346 p. Erişim adresi: <https://searchworks.stanford.edu/view/5579258>

Foroughi S., Yuksel S.B., 2019. Betonarme kolonların şekil değiştirme esaslı hasar sınırlarının araştırılması, *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi* 11(2), 584-601.

Fiore A., Marano G.C., Laucelli D., Monaco P., 2014. Evolutionary modeling to evaluate the shear behavior of circular reinforced concrete columns, *Advances in Civil Engineering* 2014(1), 1-14. Erişim adresi: [1008476-SF-sayı7-sonkapaklı-c.docx](https://www.researchgate.net/publication/261711111)

Gordon N.P., 2015. Prediction of shear strength and ductility of cyclically loaded reinforced concrete columns using artificial intelligence. Master of Science in Engineering-Civil and Environmental Engineering. University of Nevada, Las Vegas, 76 p.

Erişim adresi: <http://dx.doi.org/10.34917/7645900>

Lynn A.C., Moehle J.P., Mahin S.A., Holmes W.T., 1996. Seismic evaluation of existing reinforced concrete building columns, *Earthquake Spectra* 124(4), 715-739.

Mander J.B., Priestley M.J.N., Park R., 1988. Theoretical stress-strain model for confined concrete, *ASCE Journal of Structural Engineering* 114(8), 1804-1826

Paulay T., Priestley M.J.N., 1992. Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings, John Wiley and Sons, Inc, New York, USA., 744 p.
Erişim adresi: <http://dx.doi.org/doi:10.1002/9780470172841>

Perez J.C.V., Mulder M.M., 2018. Improved Procedure for Determining the Ductility of Buildings under Seismic Loads, *Revista Internacional de Metodos Numericos para Calculo y Diseno en Ingenieria* 34(1), 9-27.

Saatcioglu M., Ozcebe G., 1989. Response of reinforced concrete columns to simulated seismic loading, *ACI Structural Journal* 86(1), 3-12.

SAP2000., 2020. Structural Software for Analysis and Design, Version 20.2.0, Computers and Structures, USA, (2020).

Sasani M., 2007. Life-safety and near-collapse capacity models for seismic shear behavior of reinforced concrete columns , *ACI Structural Journal* 104(1), 30-38.

Sezen H., 2002. Seismic behavior and modeling of the reinforced concrete building columns, Ph.D. Thesis, University of California at Berkeley, California, USA, 670 p.

Erişim adresi:

<http://www.proquest.com/openview/67b8d565762e463699fa8fd7ead54d5f/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>

Sezen H., Moehle J., 2004. Shear strength model for lightly reinforced concrete columns, *ASCE Journal of Structural Engineering* 130(11), 1692-1703.

TBDY, 2018. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.

Xinxian Z., Xiaolei H., Jing Ji., Yongle Qi., Chao H., 2016. Component-level Performance-based Seismic Assessment and Design Approach for Concrete Moment Frames, *The Open Civil Engineering Journal* 10, 25-39.

Yuksel S.B., Foroughi S., 2019. Betonarme Kolonların Sargısız ve Sargılı Beton Dayanımının Analitik Olarak Araştırılması, *Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi* 7(3), 611-629.

ARAşTIRMA VERİSİ (Research Data)

Çalışma kapsamında yapılan modelleme ve analizler doktora tezi olarak çalışılmakta ve gereken veriler doktora Tik çalışmasından alınmaktadır. Yapılan bu çalışmadan elde edilen analiz sonuçları ve analiz verileri doktora tezinde yer alacaktır.

ÇIKAR ÇATIşMASI / İLİşKİSİ (Conflict of Interest / Relationship)

Araştırma kapsamında herhangi bir kişiyle ve/veya kurumla çıkar çatişması/ilışkisi bulunmamaktadır.

YAZARLARIN KATKI ORANI BEYANI (*Author Contributions*)

- Çalışmanın tasarlanması (*Designing of the study*): S.F., B.Y.
- Literatür araştırması (*Literature research*): S.F., B.Y.
- Saha çalışması, veri temini/derleme (*Fieldwork, collection/compilation of data*): S.F., B.Y.
- Verilerin işlenmesi/analiz edilmesi (*Processing/analysis of data*): S.F., B.Y.
- Şekil/Tablo/Yazılım hazırlanması (*Preparation of figures/tables/software*): S.F., B.Y.
- Bulguların yorumlanması (*Interpretation of findings*): S.F., B.Y.



Seismological and Seismotectonic Characteristics of Earthquake Swarm in the Southern Nisyros Basin of the Aegean Sea

Haluk Eyidogan ¹

¹ Saksili Sok., Deniz Apt., 3/1, D.2, Heybeliada, Adalar, 34970, İstanbul, Türkiye
ORCID: 0000-0003-4218-5106

Keywords

Earthquake swarm, Extensional tectonics, Completeness magnitude, *b*-value, Active fault

Highlights

- * Earthquake swarm of the Southern Nisyros Basin in the Aegean Sea.
- * Spatial and temporal change of seismicity and Gutenberg-Richter (G-R) parameters.
- * Relationship of focal mechanism solutions and earthquake parameters with active tectonic.

Aim

Aim of the study is to investigate temporal and spatial changes of Nisyros Basin in the Aegean Sea.

Location

Nisyros Basin, Aegean Cycladic Volcanic Arc .

Methods

Gutenberg-Richter method has been used to map *Mc*, *a*- and *b*-variables of the study area.

Results

Mc was found as $Mc=2.7$ and the Gutenberg-Richter (G-R) equation was computed to be $\text{LogN}(M_L)=0.86 \cdot M_L - 5.55$ for the annual *a*-value in the study area.

Supporting Institutions

This study has used location information of National Observatory of Athens (NOA).

Financial Disclosure: The author declares that this study has received no financial support.

Peer-review

Externally peer-reviewed

Conflict of Interest: The author has no conflicts of interest to declare.

Manuscript

Research Article

Received: 16.11.2021

Revised: 11.02.2022

Accepted: 19.02.2022

Printed: 30.06.2022

DOI

10.46464/tdad.1024334



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International Non-Commercial License

Corresponding Author

Haluk Eyidogan

Email: eyidogan@itu.edu.tr

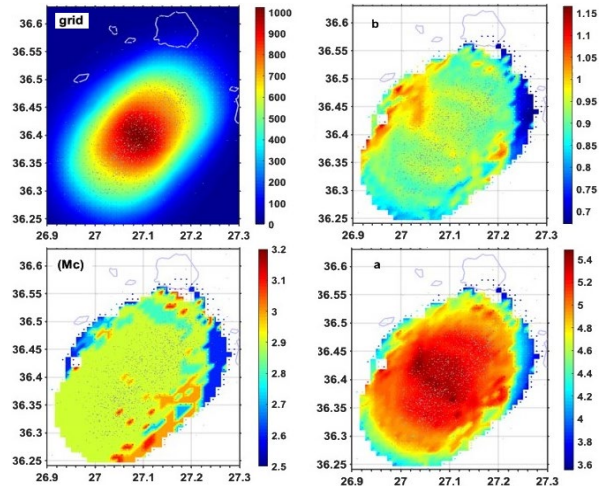


Figure
Spatial distribution of *Mc*, *b* and *a* values and number of events per grid area in two different periods

How to cite:

Eyidogan H., 2022. Seismological and Seismotectonic Characteristics of Earthquake Swarm in the Southern Nisyros Basin of the Aegean Sea, Turk. J. Earthq. Res. 4(1), 42-60, <https://doi.org/10.46464/tdad.1024334>



TÜRK DEPREM ARAŞTIRMA DERGİSİ

TURKISH
JOURNAL OF
EARTHQUAKE
RESEARCH



Ege Denizi Güney İncirli Havzası Deprem Fırtınasının Sismolojik ve Sismotektonik Özellikleri

Haluk Eyidoğan¹

¹ Saksılı Sok., Deniz Apt., 3/1, D.2, Heybeliada, Adalar 34970, İstanbul, Türkiye
ORCID: 0000-0003-4218-5106

ÖZET

Bu çalışmada, Ege Kiklad Volkan Yayını'nın doğusunda yer alan Güney İncirli Havzası'nda 1 Nisan 2021-4 Ekim 2021 tarihleri arasında KD-GB doğrultusunda oluşan deprem fırtınasının sismolojik özelliklerinin zaman ve mekânda değişimi incelenmiştir. İlgili tarihler arasında büyüklüğü $M_L \geq 4.0$ olan 20 depremin odak mekanizması çözümleri, KB-GD yönündeki tektonik genişlemenin havza boyunca aktif olduğunu göstermektedir. Havzanın her iki tarafını denetleyen normal fayların deprem fırtınasından sorumlu olduğu saptanmıştır. Deprem fırtınasını temsil eden tamlik büyüklüğü $M_c=2.7$, Gutenberg-Richter (G-R) denklemi ise yıllık a -değeri için $\text{LogN}(M_L)=0.86 \cdot M_L - 5.55$ olarak bulunmuştur. 1 Nisan 2021 öncesi ve sonrası dönemde bölgedeki deprem etkinliğinin ve G-R değişkenlerinin zamansal ve mekânsal dağılımları kıyaslandığında, deprensellik örüntüleri ve G-R değerleri önemli farklılıklar göstermiştir. 1 Nisan 2021 sonrası deprem etkinliğinin daha önceki dönemde gelişen düşük b -değeri (yüksek gerilim) ve yüksek b -değeri (düşük gerilim) arasında kalan bir alanda oluştuğu gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler

Deprem fırtınası, Genişleme tektoniği, Deprem büyüklüğü tamlığı, b -değeri, Aktif fay

Öne Çıkanlar

- * Ege Denizi Güney İncirlik Havzası deprem fırtınası.
- * Deprenselliğin ve G-R değişkenlerinin zaman ve mekânda değişimi.
- * Odak mekanizma çözümlerinin ve deprem parametrelerinin aktif tektonik ile ilişkileri.

Makale

Araştırma Makalesi

Geliş: 16.11.2021
Düzeltilme: 11.02.2022
Kabul: 19.02.2022
Basım: 30.06.2022

DOI

10.46464/tdad.1024334

Sorumlu yazar

Haluk Eyidoğan
Eposta:
eyidoğan@itu.edu.tr

Seismological and Seismotectonic Characteristics of Earthquake Swarm in the Southern Nisyros Basin of the Aegean Sea

Haluk Eyidoğan¹

¹ Saksılı Sok., Deniz Apt., 3/1, D.2, Heybeliada, Adalar, 34970, İstanbul, Türkiye
ORCID: 0000-0003-4218-5106

ABSTRACT

In this study, the temporal and spatial characteristics of the seismological parameters of the earthquake swarm occurred in the NE-SW direction on the Southern Nisyros Basin in east of the Aegean Cycladic Volcanic Arc between 1 April 2021 and 4 October 2021 was investigated. The focal mechanism solutions of 20 earthquakes with magnitude $M_L \geq 4.0$ between the relevant dates show that the NW-SE direction tectonic extension is active throughout the basin. It has been determined that the normal faults controlling both sides of the basin are responsible for the swarm. The completeness magnitude representing the earthquake swarm was $M_c=2.7$, and the Gutenberg-Richter (G-R) equation was found to be $\text{LogN}(M_L)=0.86 \cdot M_L - 5.55$ for the annual a -value. In the comparison of the temporal and spatial patterns of the earthquake activity and G-R variables in the region before and after April 1, 2021, the seismicity patterns and G-R values showed significant differences. It was observed that the earthquake swarm after 1 April 2021 occurred in an area between low b -value (high stress) and high b -value (low stress) that developed in the previous period.

Keywords

Earthquake swarm, Extensional tectonics, Completeness magnitude, b -value, Active fault

Highlights

- * Earthquake swarm of the Southern Nisyros Basin in the Aegean Sea.
- * Spatial and temporal change of seismicity and Gutenberg-Richter (G-R) parameters.
- * Relationship of focal mechanism solutions and earthquake parameters with active tectonic.

Manuscript

Research Article

Received: 16.11.2021
Revised: 11.02.2022
Accepted: 19.02.2022
Printed: 30.06.2022

DOI

10.46464/tdad.1024334

Corresponding Author

Haluk Eyidoğan
Email:
eyidoğan@itu.edu.tr

1. GİRİŞ

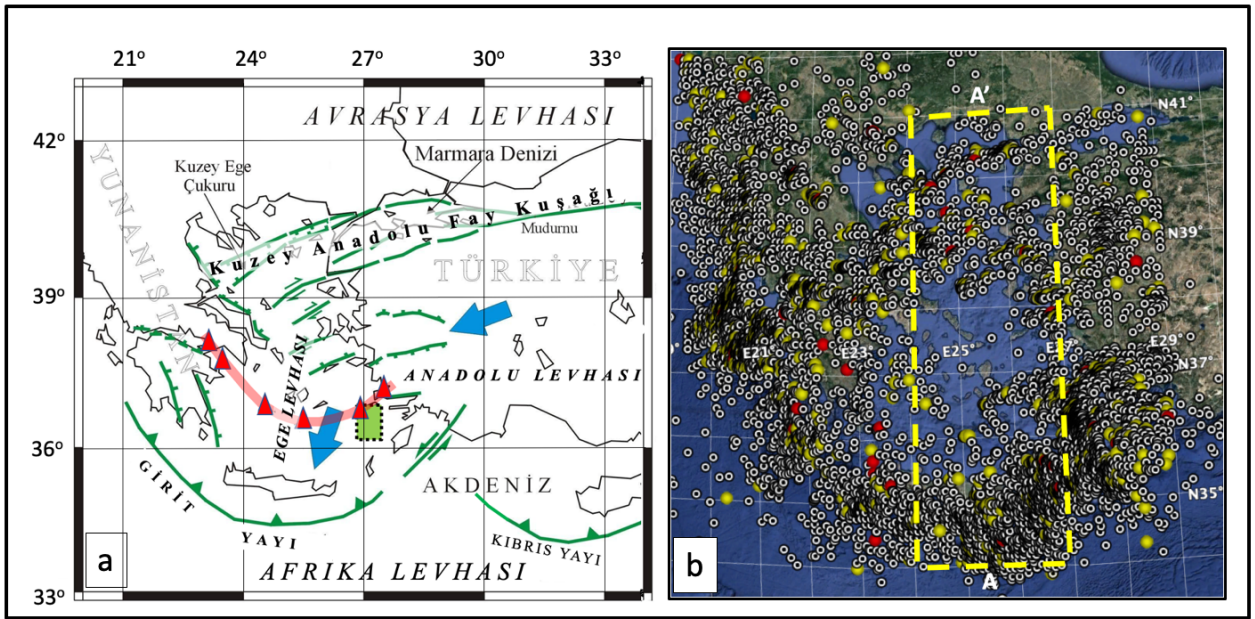
Deprem kümelenmesi veya deprem fırtınası olarak adlandırılan sismik etkinlikler öncü deprem, ana deprem ve artçı deprem silsilesinden farklı bir oluşum süreci izler. Deprem fırtınaları çok sayıda hafif ve orta büyüklükte depremlerden oluşur. Deprem fırtınaları gün, ay veya hatta yıllarca sürebilir. Böyle bir sismik enerji salınımı, genellikle ansızın başlayan çok sayıda sarsıntıdan oluşur ve büyük depremin artçı sürecinden farklı seyrederek. Küme veya fırtına türündeki depremler çoğunlukla güncel tektonik hareketlerin, volkanik ve jeotermal etkinliklerin ve okyanus ortası yarıkların bulunduğu alanlarda görülmektedir (Fischer ve diğ. 2010, Chiba ve Shimizu 2018, Eyidogan 2020). Ayrıca, baraj su düzeyi değişimleri, yeraltına sıvı ve gaz enjeksiyonu, madencilik ve petrol/gaz üretimi gibi insan kaynaklı endüstriyel girişimlerin de deprem kümelenmeleri yarattığı bilinmektedir (Heinicke ve diğ. 2018, Hicks ve diğ. 2019).

Bu çalışmada deprem etkinliği incelenen Güney İncirli Havzası, Ege Denizi ve çevresinin bugünkü coğrafik, jeolojik, sismolojik ve sismotektonik özelliklerini belirleyen ana tektonik rejimin etkisi altında gelişen bir alandır. Ege Denizi ve çevresinin jeolojik ve tektonik yapısı, Afrika-Nubia Levhası ile Avrasya Levhası'nın çarpışması ile gerçekleşen Neo-Tetis Okyanusu'nun kapanması sonrası (Geç Triyas) bugüne kadar gelişen sürecin ürünüdür (Sengor ve diğ. 2005). Afrika-Nubia Levhası'nın Ege ve Anadolu levhalarının güneyinde oluşturduğu dalma-batma kuşağı ve Anadolu Levhası'nın batıya hareketi bölgenin tektonik gelişimini belirleyen önemli tektonik olgulardır (Şekil 1a). Bugüne kadar yapılan sismolojik, jeolojik, jeofizik ve jeodezik (GPS) araştırmalar sonucunda, Afrika-Nubia ve Avrasya levhaları arasında kalan bölgenin yoğun ve karmaşık tektonik deformasyonunu açıklayan farklı tektonik modeller önerilmiştir. McClusky ve diğ. (2000)'nin çalışmalarından esinlenen Nyst ve Thatcher (2004), merkezi Yunanistan, Anadolu, Güney Ege ve Güney Marmara adlı dört mikro-kıtadan oluşan farklı bir tektonik deformasyon modeli önermiştir. Önceki bazı araştırma sonuçlarından yararlanan Vernant ve diğ. (2014), 11 bloktan oluşan bir tektonik deformasyon modelinin Ege Bölgesi'ndeki güncel yer bilim bulgularını daha iyi açıkladığını savunmuştur (Meade ve Hager 2005, Reilinger ve diğ. 2006, Hollenstein ve diğ. 2008, Aktug ve diğ. 2009, Floyd ve diğ. 2010, Shaw ve Jackson 2010, Nocquet 2012).

Ege Bölgesi'nde levha hareketlerinin neden olduğu topoğrafya, tektonik yapı ve deprensellik, bölgenin genişleme türü kıtasal deformasyona maruz kaldığının kanıtlarını sergiler. Ayrıntılı GPS ölçümleri, Ege ve Batı Anadolu levhalarının KD-GB doğrultusunda genişleyerek güneybatıya doğru hareket ettiğini, Ege Levhası'nın kayma hızının kuzeyden güney doğru artarak 30 mm/yıl değerine ulaştığını göstermektedir (McClusky ve diğ. 2000, Nyst ve Thatcher 2004, Reilinger ve diğ. 2006, Aktug ve diğ. 2009, Nocquet 2012). Sismoloji ve deniz jeofiziği çalışmaları, Ege Levhası'nda çok sayıda ve farklı tür ve uzunluklarda fayların aktif olduğunu göstermiştir (Nyst ve Thatcher 2004, Mountrakis 2005, Ocakoglu ve diğ. 2005, Chatzipetros ve diğ. 2013). D-B, KD-GB ve KB-GD doğrultularında uzanan aktif normal faylar ve bu normal faylar arasında gelişen doğrultu atımlı faylar (accommodation fault) tüm Ege'de baskın olan KD-GB doğrultulu tektonik genişleme hareketlerinin bir ürünüdür. Ege'de gelişen tüm bu aktif tektonik süreç sırasında büyük ve kuvvetli depremler yanı sıra birçok alanda yoğun ve uzun süren deprem fırtınaları oluşmaktadır (Chatzipetros ve diğ. 2013).

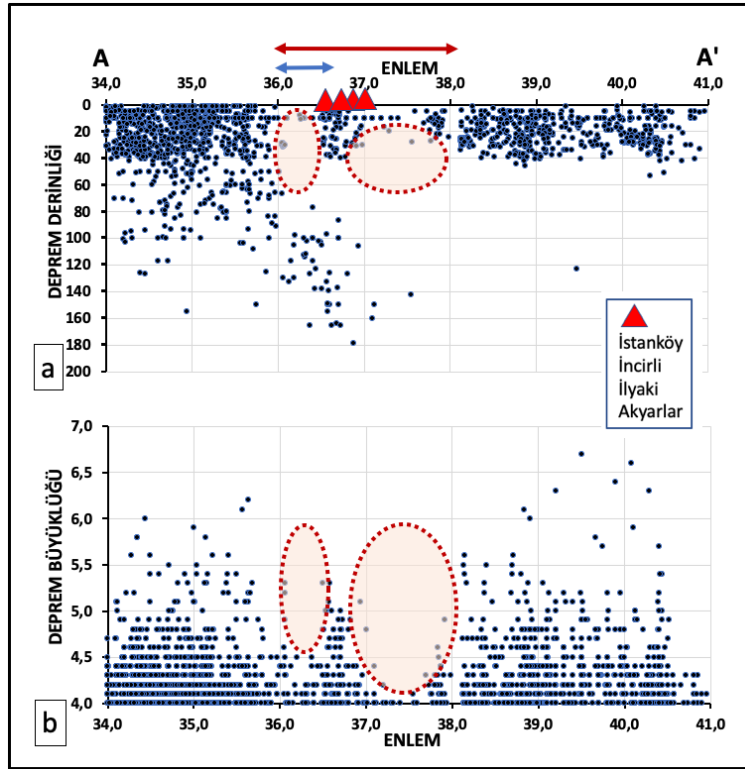
Afrika-Nubia Levhası'nın Ege Levhası ile çarpışma sınırı olan Girit Yayı önünde çeşitli boyutlarda birçok ada oluşmuştur. Bu adaların bir bölümü volkanik kökenlidir ve Yunanistan'ın Saronic Körfezi'nden itibaren bir yay çizerek (Şekil 1a) Methana, Poros, Değirmenlik (Milos), Santorini, İstanköy (Kos), İncirli (Nisyros) ve İlyaki (Tilos) adaları üzerinden Türkiye'de Bodrum Akyarlar volkanına uzanır (Dietrich ve Lagios 2018). Kiklad (Cyclades) volkan yayı olarak adlandırılan bu kuşak boyunca çok sayıda denizaltı volkanları yer alır. Pe-Piper ve Piper (2005) Kiklad volkan yayının doğu ve batısındaki magmatik petrojenezin farklı olduğunu ve doğu bölümdeki petrojenezin daha genç olduğunu belirtmişlerdir. Volkanlar Geç Pleistosen-Holosen dönemlerinde aktif olmuşlardır. Ege Levhası'nın birçok yerinde yer kabuğu yapısı ile ilgili olarak çok sayıda jeolojik ve jeofizik araştırmalar yapılmıştır. Ege Levhası'nda Moho sınırı derinliği 18

km ile 30 km arasında değişmektedir. Moho derinliğinin en az olduğu alan Girit Adası kuzeyinde yer almaktadır (Zhu ve diğ. 2006, Cossette ve diğ. 2016). İki ve üç boyutlu sismik tomografi çalışmaları, Kiklad volkan yayının (Şekil 1a) altında yer kabuğunun ve litosfer tabakasının 40-50 km'ye kadar incelendiğini ve astenosferde ise sismik hızların azaldığını göstermiştir (Papazachos ve diğ. 2005, Endrun ve diğ. 2008). Sismik hızın azalmasına neden olan fiziksel koşulun, Ege Levhası ile dalan Afrika Levhası arasında üst mantoda oluşan kama şeklindeki bölgede 1000°C sıcaklığa ulaşan bir "kısmi ergime" süreci olduğu belirtilmiştir. Kiklad volkan yayının kuzeyine denk gelen bu sıcak bölgede büyüklüğü 4.0 ve daha büyük olan deprem aktivitesinin 36.0°-38.0°K enlemleri arasında çok azaldığı ve "sismik boşluk" benzeri bir bölgeye dönüştüğü gözlenmektedir (Şekil 1b, Şekil 2). Bu özellik farklı deprem veri merkezlerinin (Uluslararası Sismoloji Merkezi-ISC, Avrupa-Akdeniz Sismoloji Merkezi-CSEM) yayınladığı deprem verileriyle de teyit edilmektedir. Bu makalede incelenen alan Kiklad volkan yayının doğu ucunda kalmaktadır (36.16°-36.66°K, 26.83°-27.31°D, Şekil 1a).



Şekil 1: a) Ege Levhası'nın tektonik özellikleri (Üzerinde üçgenler bulunan kırmızı kuşak Ege Levhası'nda yer alan Kiklad volkanik yayını, oklar ise Anadolu ve Ege levhalarının hareket yönlerini gösterir. Noktalı çizgiyle belirlenen yeşil renkli küçük alan İncirli-İlyaki deprem fırtınasının oluştuğu alandır.) b) Ege Levhası ve civarında 7 Aralık 1965-1 Ekim 2021 tarihleri arasında oluşan ve büyüklüğü 4.0 ve daha fazla olan depremlerin dış merkez konumları (Sarı kesik çizgiyle belirlenen alan (34°-41°K ve 24°-26.8°D) Şekil 2'de verilen deprem iç merkez dağılım grafiğindeki depremleri kapsar. Beyaz noktalar büyüklüğü 4.0-4.9, sarı noktalar büyüklüğü 5.0-5.9 ve kırmızı noktalar ise büyüklüğü 6.0 ve daha fazla olan depremleri gösterir. Deprem verileri Atina Ulusal Gözlemeviden alınmıştır (NOA 2021).)

Figure 1: a) Tectonic features of the Aegean Plate (The red belt with triangles shows the Cycladic volcanic arc located in the Aegean Plate, and the arrows show the motion directions of the Anatolian and Aegean plates. The small green area defined by the dotted line is the area where the Nisyros-Tilos earthquake swarm occurred.) b) Epicentral locations of earthquakes for magnitude greater or equal to 4.0 that occurred between 7 December 1965 and 1 October 2021 surrounding the Aegean Plate (The area shown by the yellow dashed line (34°-41°N and 24°-26.8°E) covers the hypocentral distribution given in the plot of Figure 2. White, yellow and red dots indicate the earthquakes of magnitude 4.0-4.9, 5.0-5.9 and 6.0 or greater, respectively. Earthquake data were accessed from National Observatory of Athens (NOA 2021).)



Şekil 2: NOA veri merkezinin 7 Aralık 1965-4 Ekim 2021 tarihleri arasında rapor edilmiş deprem verisinden 34° - 41° K enlemleri ve 24° - 26.8° D boylamları arasında kalan bölgede (Şekil 1b'de sarı kesikli çizgili alan) kuzey-güney doğrultusunda alınmış kesitte, a) büyüklüğü 4.0 ve daha büyük olan deprem derinliklerinin ve b) deprem büyüklüklerinin enlemler boyunca dağılımı (Bu makalede incelenen alan çift taraflı mavi okla, Ege Levhası'ndaki sismik boşluk alanı ise kırmızı okla gösterilmiştir. 36° - 38° K enlemleri arasında deprem etkinliğinin azaldığı bir alanın (sismik boşluk) varlığı dikkat çekmektedir (noktalı elips). İstanköy, İncirli, İlyaki Adaları ve Bodrum Akyarlar volkanlarının konumları üçgenle gösterilmiştir.)

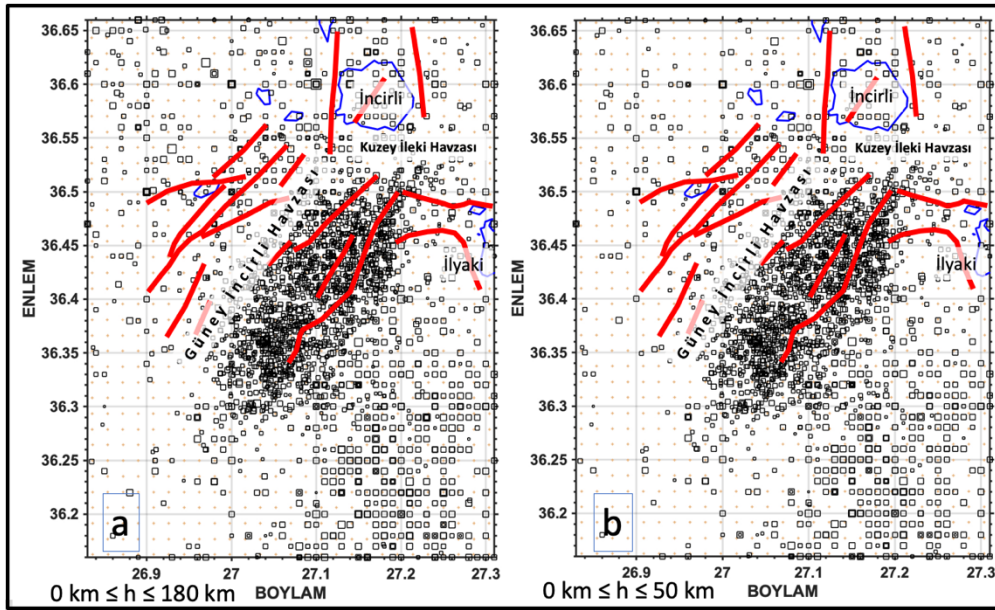
Figure 2: North-south cross-section for the region between 34° - 41° N latitude and 24° - 26.8° E longitude (yellow dashed area in Figure 1b) according to NOA earthquakes for magnitudes greater or equal to 4.0 between 7 December 1965 and 4 October 2021 across latitudes. a) Depth cross-section, b) distribution of earthquake magnitudes (The region studied in this article is indicated by double-head arrow (shown as blue color and horizontal), and the seismic gap region in the Aegean Plate is indicated by a double-head arrow (shown as red color and horizontal). It is noteworthy that there is a seismic gap (dotted ellipses) where the earthquake activity decreases between 36° - 38° N latitudes. Locations of the Kos, Nisyros, Tilos Islands and Bodrum Akyarlar volcanoes are shown with triangles.)

2. GÜNEY İNCİRLİ HAVZASI'NIN DEPREM ETKİNLİĞİNİN VERİ ANALİZİ VE ZAMAN VE MEKÂNDAN DEĞİŞİM ÖZELLİKLERİ

Ege Levhası'nın altında gelişen dalma-batma kuşağı nedeniyle derin ve sığ depremler bir aradadır (Şekil 1b, Şekil 2) ve bu durum bölgenin genel sismotektonik karakterini yansıtır. Ege Levhası'nın altına dalan Afrika Levhası üzerindeki depremler inceleme bölgesinde 180 km derinliklere ulaşmaktadır. Bu çalışmada kullanılan deprem derinlikleri için yeniden derinlik hesabı yapılmamış, Atina Ulusal Gözlemevi (NOA) veri merkezinin raporladığı değerler kullanılmıştır (NOA 2021). İnceleme alanının sınırları (36.16 - 36.66° K, 26.83 - 27.31° D) yoğun deprem etkinliğini içerisine alacak şekilde belirlenmiştir. Bu alan içerisinde kaydedilen deprem verileri için CSEM ve NOA sismoloji merkezlerinin arşivleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. CSEM'e ait deprem verileri 2004 yılından sonrası için, NOA'ya ait deprem verileri ise 1964 yılından sonrası için sunulmaktadır. Her iki merkez de diğer tüm merkezlerin verilerini birleştirmekte ve deprem parametrelerini yeniden hesaplamaktadır. Bu yaklaşım daha fazla deprem kaydının bir araya getirilmesini ve böylece enlem, boylam, dış merkez derinliği ve oluş

zamanı gibi deprem parametrelerinin daha duyarlı olarak hesaplanmasını sağlamaktadır. 24 Şubat 1964 yılından itibaren verilerin raporlanmış olması ve bölgede depremlerin etkinliğini daha geniş zaman aralığında inceleme ve değerlendirme olanağı sağlaması ve büyüklük değerlerinin yerel büyüklüğe (M_L) göre homojenleştirilmiş olması nedeniyle NOA verisinin bu çalışmada kullanılmasına karar verilmiştir.

İnceleme alanında Güney İncirli Havzası ve çevresinde 7 Aralık 1965-4 Ekim 2021 tarihleri arasında olmuş derin depremler dâhil tüm depremlerin dış merkezleri Şekil 3a'da, derinliği 50 km'ye kadar olan depremlerin dış merkez dağılımları ise Şekil 3b'de gösterilmiştir. Bu çalışmada, 50 km ve daha sığ deprem etkinliğinin zaman ve mekânda dağılımları incelenmiş ve sismolojik karakteristikleri saptanmıştır. 50 km ve daha sığ depremlerin sayısı 2.468 adet olup, büyüklükler $1.5 \leq M_L \leq 6.1$ arasında değişmektedir.

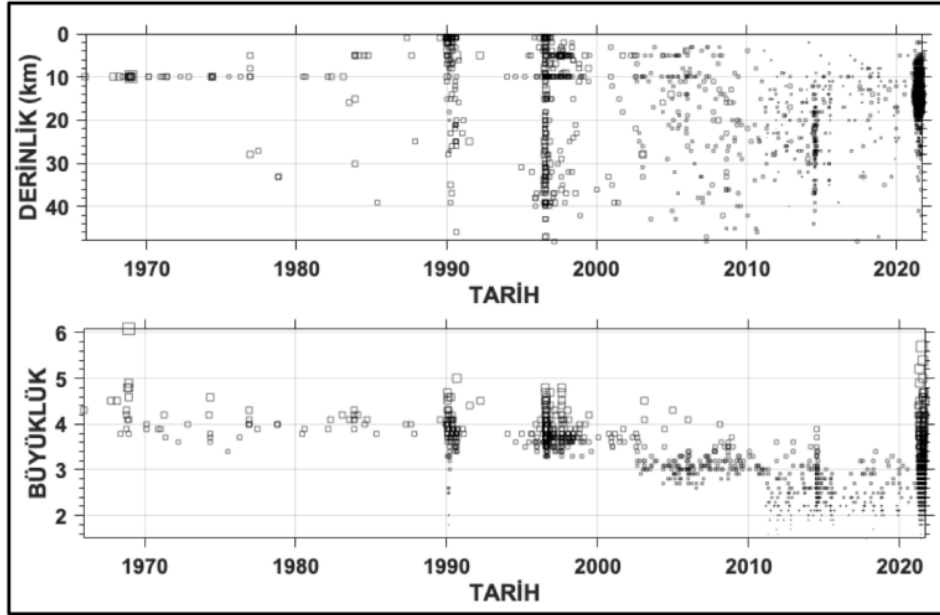


Şekil 3: İnceleme alanında 7 Aralık 1965-4 Ekim 2021 tarihleri arasındaki a) tüm odak derinlikleri ve b) maksimum 50 km odak derinliği için saptanmış ve rapor edilmiş tüm depremlerin episantr dağılımları (Kırmızı renkli çizgiler aktif fayları gösterir (Nomikou ve Papanikolaou 2010).)

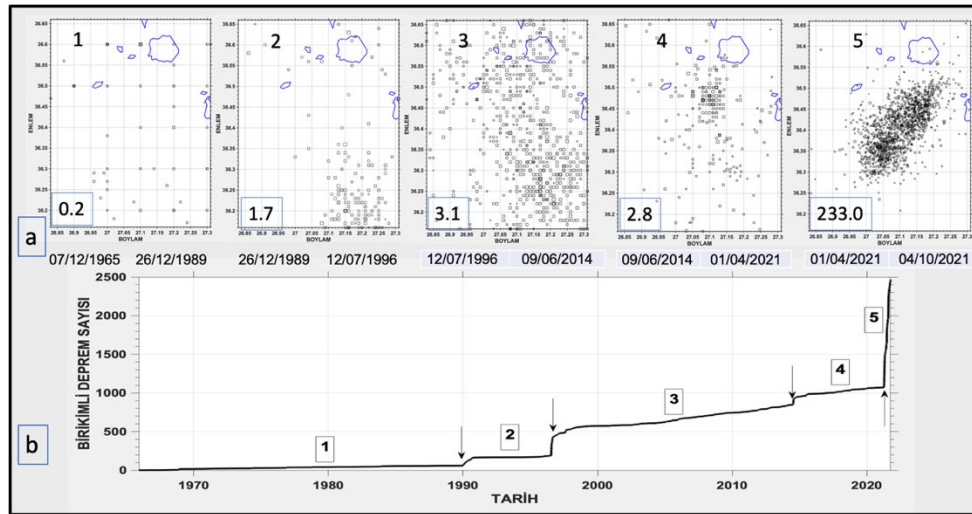
Figure 3: Epicenter distributions of earthquakes detected and reported for; a) all focal depths, and b) maximum 50 km focal depth, between 7 December 1965 and 4 October 2021 in the study area (Red lines indicate active faults (Nomikou and Papanikolaou 2011).)

2.1) Deprem Etkinliğinin Zaman ve Mekânda Değişimi

7 Aralık 1965-4 Ekim 2021 tarihleri arasında NOA tarafından raporlanan ve derinlikleri 50 km'ye kadar olan depremlerin derinliklerinin ve büyüklüklerinin zamana göre dağılımı incelendiğinde bazı tarih aralıklarında birbirinden farklı beş farklı deprem etkinlik dönemi gözlenmektedir (Şekil 4). 2000 yılından sonra deprem etkinliğindeki küçük deprem sayısının sistematik bir biçimde arttığı gözlenmektedir. Ağustos 2011 tarihinden sonra bölgede büyüklüğü 3.0'ten küçük deprem sayısında bir artış vardır. Küçük depremlerin sayısının zamanla artışının olası nedeni olarak bölgedeki deprem kayıt performansının artması, dolayısıyla küçük depremleri saptanma kabiliyetinin gelişmiş olduğu düşünülmektedir. Şekil 4'ten faydalanarak saptanan tarih aralıklarına göre hazırlanan dış merkez dağılım örüntüleri incelendiğinde (Şekil 5), depremlerin zamanla yer değiştirdiği ve etkinlik düzeyinin önce beş farklı dönemde ele alınabileceği anlaşılmaktadır.



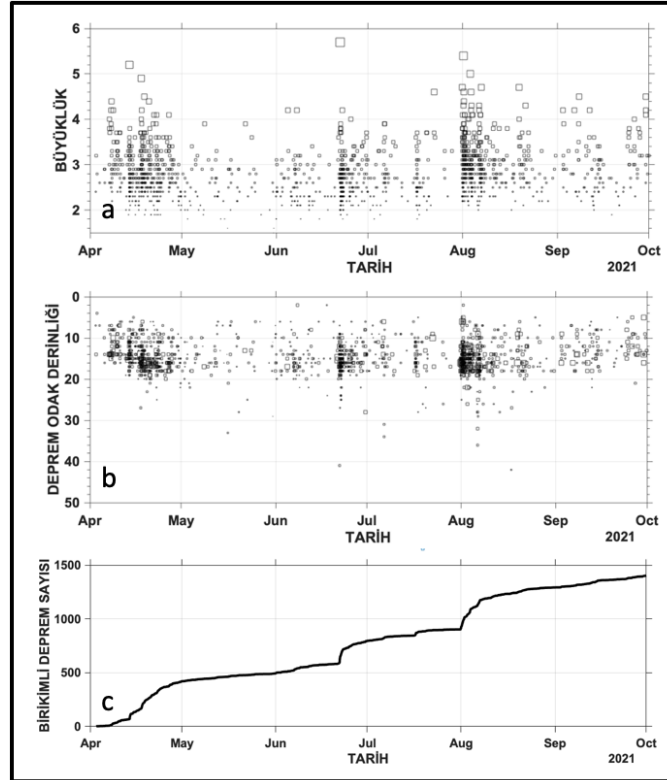
Şekil 4: İnceleme alanında (36.16° - 36.66° K, 26.83° - 27.31° D) derinliği 50 km'ye kadar olan depremlerin derinliklerinin ve büyüklüklerinin zamanla değişimi
 Figure 4: The variation of depths and magnitudes of earthquakes down to 50 km depths in the study area (36.16° - 36.66° N, 26.83° - 27.31° E)



Şekil 5: a) Güney İncirli Havzası'nda 50 km'den daha şif olan depremlerin beş farklı dönemdeki dış merkez dağılımları (Haritaların sol alt köşesindeki sayılar ay başına düşen deprem oranını gösterir.) b) İlgili etkinlik dönemlerinde oluşan depremlerin birikimli sayılarının zamanda değişimi
 Figure 5: Epicentral distributions of earthquakes shallower than 50 km in the Southern Nisyros Basin in five different time periods (The numbers in the lower left corner of the maps show the number of earthquakes per month.) b) Temporal change of the cumulative numbers of earthquakes occurring during the relevant activity periods

288 ay süren birinci dönemde 6.1 büyüklüğünde bir deprem yanı sıra büyüklüğü 3.5 ve daha büyük olan az sayıda deprem olmuştur. Bu depremlerin bir bölümü artçı depremler olabilir. O dönemde kayıt olanaklarının yetersizliği nedeniyle çok sayıda küçük depremin kaydedilemediği düşünülmektedir. İkinci dönemde deprem etkinliği alanın güneyinde yoğunlaşmış ve etkinlik 79 ay sürmüştür. 214 ay süren üçüncü dönemde, deprem etkinliğinin inceleme alanının tümünde yaygın ve dağınık olduğu görülmektedir. Dördüncü dönemde deprem etkinliği İncirli Adası'nın yakın güneyinde dar bir alanda yoğunlaşmış, 81 ay süren

durağan bir deprem etkinliği oluşmuştur. Bu dönemdeki etkinlik kümesinde 3.5'den daha büyük deprem yoktur. Şekil 4 ve Şekil 5'teki deprem etkinliğinin ilk dört dönemdeki örüntüler incelendiğinde, 1 Nisan 2021 tarihinde başlayan beşinci dönem deprem etkinliğinin 6 ay gibi bir sürede büyüklükleri 1.5 ile 5.7 arasında değişen 1.398 adet deprem içerdiği gözlenmiştir. Şekil 4'te dikkati çeken diğer önemli bir örüntü daha vardır. 2002 yılı sonrası büyüklüğü 3.0 ve daha küçük deprem etkinliği artarken, 4.0 ve daha büyük kuvvetli deprem etkinliğinde belirgin bir azalma başlamış ve azalma eğilimi 2020 yılının sonuna kadar sürmüştür. Büyüklüğü 4.0 ve daha büyük depremler mevcut deprem kayıtçıları tarafından kaçırılmayıp mutlaka raporlanacağı için Şekil 4'te ortaya çıkan bu örüntünün, deprem istasyonu kayıt performansı ile ilişkili olmadığı, gerçek bir sismolojik bir olgu olduğu düşünülmektedir. 2002 yılından sonra gözlenmeye başlanan bu "kuvvetli deprem azlığı" örüntüsü ayrıca incelenecek bir konuyu oluşturmaktadır. Şekil 4 ve Şekil 5'teki bulgular, Güney İncirli Havzası'nda 1 Nisan 2021'de başlayan deprem etkinliğinin, önceki dönem etkinliklerden zaman ve mekânda farklı bir örüntü sergileyerek deprem fırtınası karakteri kazandığını göstermiştir. 1 Nisan 2021-4 Ekim 2021 tarihleri arasında oluşan depremlerin zamana göre derinlik, büyüklük ve birikimli deprem sayısı değişimi Şekil 6'da gösterilmiştir. Çok sayıda küçük ve orta kuvvette, zaman zaman azalan ya da artan bu yoğun deprem etkinliğinin (Şekil 5a, Şekil 6c) sismolojik ve sismotektonik özellikleri ayrıntılı araştırılmıştır.



Şekil 6: 1 Nisan 2021-4 Ekim 2021 tarihlerinde İncirli-İlyaki adaları arasındaki alanda meydana gelen deprem fırtınasının; a) deprem derinliklerinin, b) deprem büyüklüklerinin ve c) birikimli deprem sayısının zamanla değişimi

Figure 6: Time variation of earthquake cluster that occurred in Nisyros-Tilos Islands between 1 April 2021 and 4 October 2021 with; a) earthquake depths, b) earthquake magnitudes, and c) cumulative number of earthquakes

1 Nisan 2021'de başlayan deprem etkinliğinin iç merkez derinlikleri önceki dönemdeki depremlere kıyasla daha sığdır ve genelde 20 km'den daha az derinliklerde yoğunlaşmıştır (Şekil 6b). Deprem etkinliği, 2021 yılının Mayıs, Haziran ve Ağustos aylarında hafif artışlar göstererek sürmüştür (Şekil 6c).

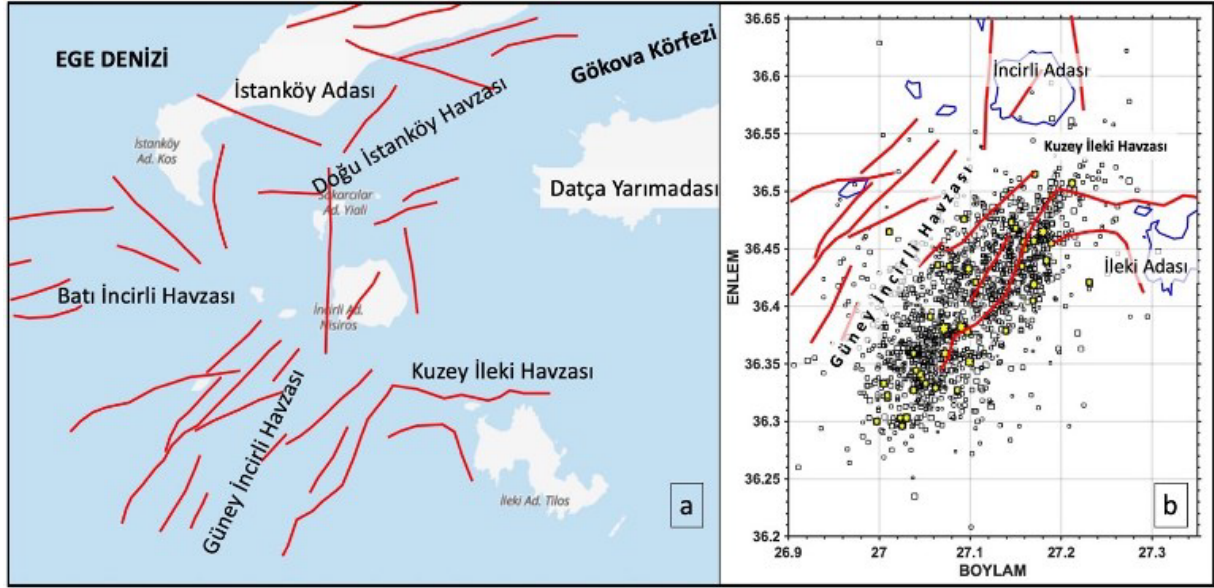
2.2) Güney İncirli Havzası Sismotektonik Yapısı

Şekil 3’de gösterilen inceleme alanının büyük bir bölümünü volkanik İstanköy Adası’ndan İlyaki Adası’na kadar olan denizaltı bölgesi kapsar. Çevredeki diğer ufak volkanik adalar yanı sıra deniz tabanında volkanik havzalar oluşmuştur. Volkanik yapılar çeşitli yüksekliklerde olup bölgede geniş alanlara yayılmıştır ve karmaşık bir morfoloji göstermektedir (Nomikou ve Papanikolaou 2011, Nomikou ve diğ. 2013). Denizaltı jeolojisi ve jeofiziği bulguları, Kiklad volkan yayının doğu tarafının günümüzde yoğun jeodinamik süreçler geçirdiğini göstermektedir. Kiklad volkan yayının batı ucundaki devamında Bodrum İlçesi’ndeki Akyarlar Volkanı yer almaktadır (Şekil 7).



Şekil 7: Muğla, Bodrum Akyarlar Volkanı
Figure 7: Akyarlar Volcano, Bodrum, Muğla, Türkiye

Bölgede volkanik etkinlik Orta Pleistosen döneminde başlamış ve Holosen’de sürmüştür (Dietrich ve Lagios 2018, Nomikou ve diğ. 2021). İstanköy-İncirli volkan sahasının genel tektonik yapısı, KB’da İstanköy ve GD’da İlyaki adalarına bitişik tektonik yükseltiler (horst) ile sınırlanan, DKD-BGB doğrultulu genç tektonik çöküntü havzalarını kapsar. İncirli ve İlyaki adaları arasında normal fay denetimli ve ortalama 600 m derinliğe sahip Güney İncirli Havzası yer almaktadır. Bu çalışmada incelenen 1 Nisan 2021-4 Ekim 2021 tarihleri arasında oluşan deprem fırtınasının dış merkez dağılım örüntüsü, İncirli-İlyaki adaları çevresinde gelişen ve Güney İncirli Havzası’nı sınırlayan aktif normal fay yapılarının etkinleştirdiğini göstermektedir (Şekil 8).



Şekil 8: a) Volkanik İstanköy-İncirli-İlyaki adaları çevresindeki normal faylar (kırmızı çizgi) ve çöküntü havzası (graben) konumları b) 1 Nisan 2021 tarihinde başlayan deprem fırtınası Güney İncirli Havzası içerisinde, havza sınırını denetleyen normal faylarla benzer doğrultuda konumlanmıştır (Nomikou ve Papanikolaou, 2011) (1 Nisan 2021-4 Ekim 2021 tarihlerindeki deprem fırtınasında büyüklüğü 1.5 ve daha fazla olan toplam 1.398 adet deprem rapor edilmiştir. Dış merkez haritasında sarı yıldızla gösterilen depremlerin büyüklüğü 4.0 ve daha fazladır.)

Figure 8: a) Locations of normal faults (red lines) and grabens around the volcanic Kos-Nisyros-Tilos Islands b) The earthquake swarm that started on April 1, 2021 is located in the Southern Nisyros Basin in a similar direction to the normal faults that control the basin boundary (Nomikou ve Papanikolaou, 2011) (A total of 1.398 earthquakes with magnitudes greater or equal to 1.5 were reported in earthquake swarm activity between April 1, 2021 and October 4, 2021. Events with a yellow star on the epicentral map have magnitude 4.0 or greater.)

2.3) Deprem Odak Mekanizması Çözümleri

Deprem odak mekanizması çözümleri, depremlerle ilişkili aktif fayların türlerini tanıma ve tektonik deformasyon özelliklerinin anlaşılmasında önemli kanıtlar sunarlar. Bu amaçla, 1 Nisan 2021-4 Ekim 2021 tarihleri arasında oluşan deprem fırtınası içerisinde yer alan ve büyüklükleri 4.0 ve daha fazla olan depremlerin odak mekanizması çözümleri incelenmiştir. NOA veri merkezinden derlenen odak mekanizması çözümleri Tablo 1’de sunulmuştur.

Odak mekanizması çözümleri ve bölgedeki aktif normal faylar deprem dış merkez haritası üzerine aktararak yorumlanmıştır (Şekil 9). Elde edilen bulgular bir arada yorumlandığında, KD-GB doğrultulu normal faylarla denetlenen Güney İncirli Havzası’nın çok etkinleştiği, KB-GD yönünde genişleme hareketinin çok güçlü olduğu ve havzanın büyüdüğü anlaşılmaktadır.

Odak mekanizması çözümlerinden elde edilen çekme gerilimi eksen (T) azimutu ortalaması 103° olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç, Ege Denizi’nin doğusunda önemli bir havza olan Güney İncirli Havzası’nın KB-GD yönlü genişleme sürecinin ve havza oluşumunun günümüzde etkin olarak sürdüğünü göstermektedir.

Bölgenin çok genç bir volkanik kuşak olduğu düşünüldüğünde mevcut volkan yapıları ve deprem fırtınası arasında ilişkilerin ayrıca araştırılması yararlı olacaktır.

Tablo 1: 1 Nisan 2021-4 Ekim 2021 tarihleri arasında oluşan Güney İncirli Havzası'nda oluşan deprem fırtınasında, büyüklüğü 4.0 ve daha fazla olan 20 depremin odak mekanizması çözüm parametreleri (Çözümler Şekil 9'da gösterilmiştir.)

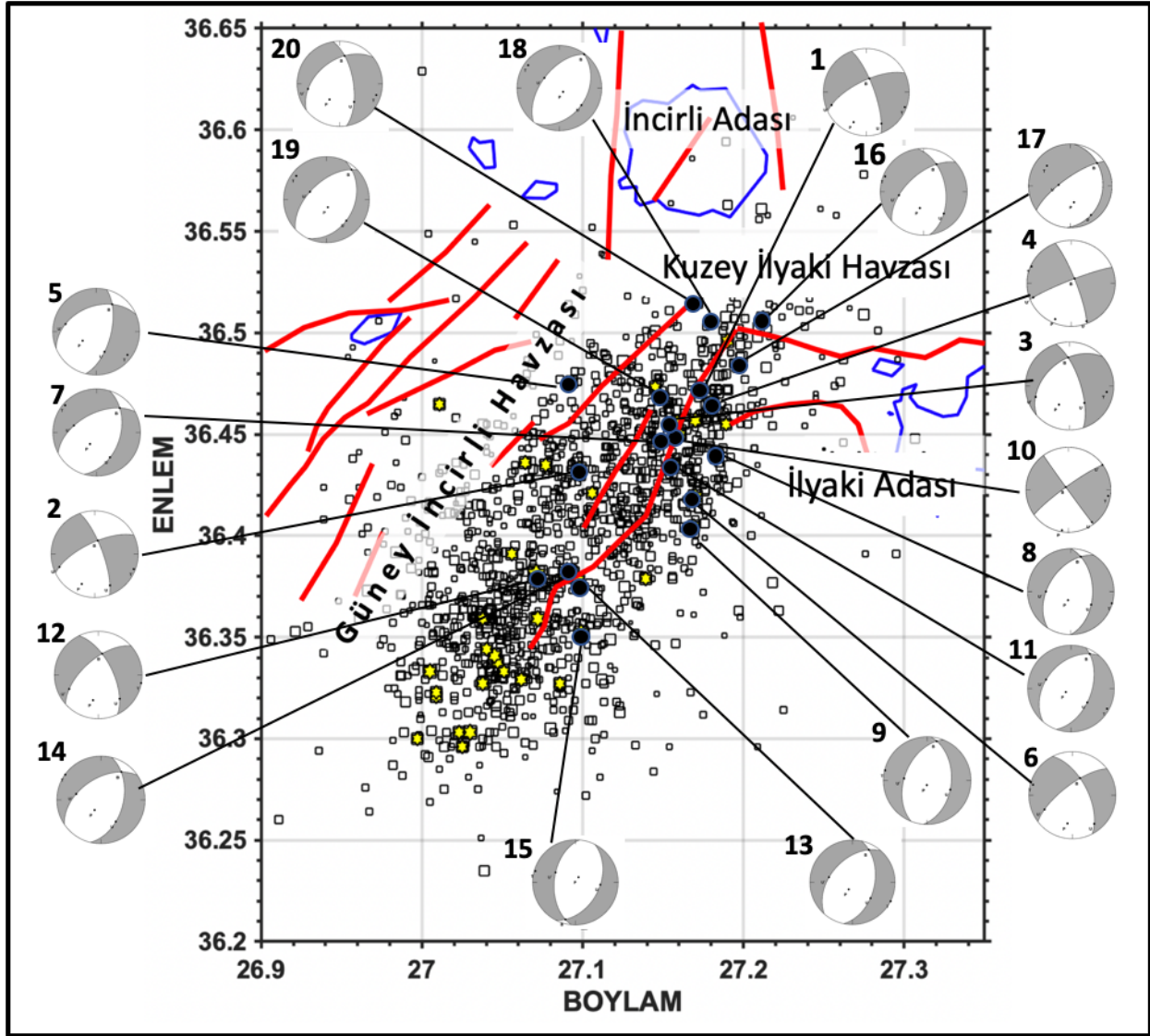
Table 1: The focal mechanism parameters of 20 earthquakes with magnitude of 4.0 or greater in the earthquake cluster that occurred in the Southern Nisyros Basin between 1 April 2021 and 4 October 2021 (Focal mechanism solutions are shown in Figure 9.)

No	Tarih (g.ay.yıl)	Zaman-UTC (sa:dk)	Enlem (°)	Boylam (°)	Derinlik (km)	Büyüklük (M_L)	Doğrultu Açısı	Eğim Açısı	Kayma Açısı
1	07.04.2021	07:08	36.474	27.174	6	4.0	340	75	-158
2	08.04.2021	00:33	36.456	27.159	8	4.4	331	80	-166
3	08.04.2021	15:23	36.430	27.098	8	4.4	342	70	-128
4	13.04.2021	20:28	36.465	27.180	8	5.1	339	81	-174
5	17.04.2021	17:08	36.419	27.170	7	4.9	14	62	-122
6	17.04.2021	20:57	36.476	27.093	7	4.2	333	61	-159
7	18.04.2021	16:26	36.457	27.170	6	4.4	17	45	-125
8	20.04.2021	05:09	36.440	27.184	6	4.6	0	48	-113
9	22.04.2021	19:49	36.405	27.169	8	4.2	5	44	-102
10	26.04.2021	19:58	36.450	27.161	8	4.0	144	89	173
11	04.06.2021	20:23	36.435	27.157	9	4.1	20	51	-103
12	21.06.2021	22:14	36.381	27.071	12	5.4	334	63	-148
13	22.07.2021	14:16	36.378	27.097	10	4.4	12	47	-111
14	01.08.2021	04:31	36.382	27.090	6	5.4	14	48	-121
15	03.08.2021	12:38	36.352	27.099	10	5.0	27	43	-74
16	08.09.2021	01:40	36.507	27.212	8	4.3	352	48	-134
17	26.09.2021	04:40	36.488	27.199	4	4.3	5	23	-137
18	29.09.2021	22:22	36.473	27.145	7	4.3	34	35	-93
19	29.09.2021	23:27	36.515	27.171	6	4.0	26	35	-107
20	04.10.2021	14:03	36.510	27.180	7	4.3	351	64	-128

3. GUTENBERG-RICHTER (G-R) DEĞİŞKENLERİNİN ZAMANDA VE MEKÂNDA DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ

Güney İncirli Havzası ve çevresinde 7 Aralık 1965-4 Ekim 2021 tarihleri arasında olan depremlerin Gutenberg-Richter (G-R) değişkenleri olan M_c , a -değeri ve b -değeri beş farklı zaman aralığı için (Şekil 5) hesaplanmıştır. Analiz için ZMAP yazılımı kullanılmıştır. Tamlik büyüklüğü olarak adlandırılan M_c değeri, verilen bir deprem büyüklüğü için bulunan birikimli deprem sayısı ile büyüklük değer dağılımının oluşturduğu eğrinin en büyük olduğu noktadaki değer (maximum curvature) yöntemi ile hesaplanmış ve b -değeri için en yüksek olasılık yöntemi (maximum likelihood) kullanılmıştır (Wiemer ve Wyss 2000, Wiemer 2001).

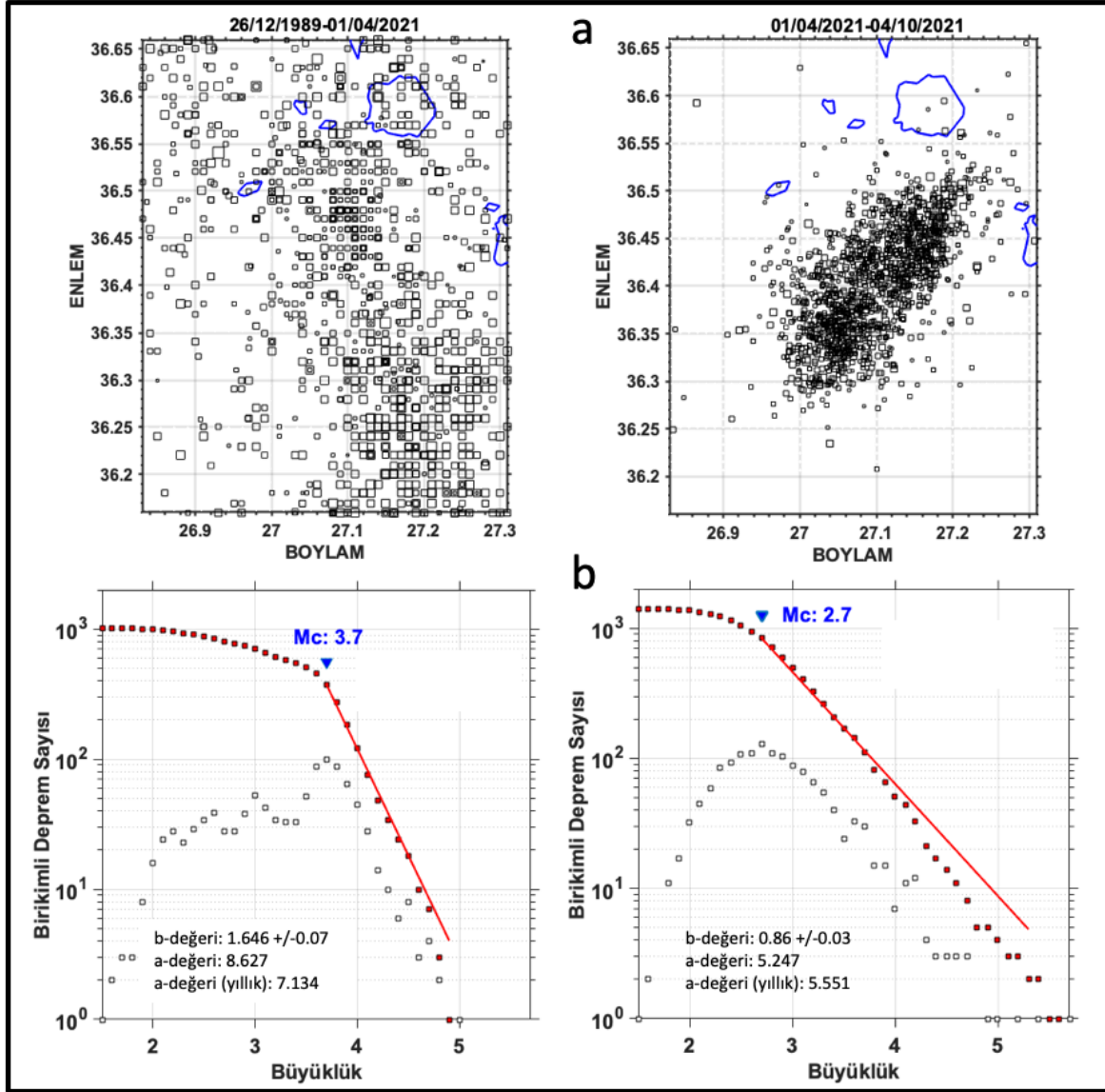
7 Aralık 1965-4 Ekim 2021 tarihleri arasında olan depremler için ortalama M_c , b - ve a -değerlerinin mekânsal özelliklerini saptamak amacıyla, alanda belirlenen her grid noktasında hareket edecek dairesel mekân penceresinin yarıçap büyüklüğü (R_m) ve her pencere alanına düşen en az deprem sayısı için çeşitli değerler denenmiş ve en az standart sapmayı temsil eden ölçütler belirlenmiştir. Farklı ölçütler için elde edilen sonuçlar çok farklı olmamakla birlikte çalışma alanında grid aralığı sabit 1.0 km x 1.0 km, pencere içerisine düşen minimum deprem sayısı en az $N=50$, kayan pencere için yarıçap sabit $R_m=10$ km olarak kabul edilmiştir.



Şekil 9: Güney İncirli Havzası'nda oluşan deprem fırtınası alanında yer alan 20 orta büyüklükteki depremin odak mekanizması çözümleri (Odak mekanizması çözümleri alt yarım küre projeksiyonuna göre yapılmıştır. Sarı renkli yıldızlar büyüklüğü $M_L \geq 4.0$ olan depremleri gösterir.)

Figure 9: Focal mechanism solutions of 20 medium-sized earthquakes in the earthquake swarm area in the Southern Nisyros Basin (Focal mechanism solutions are computed according to the lower hemisphere projection. Yellow colored stars indicate earthquakes with magnitude $M_L \geq 4.0$.)

7 Aralık 1965-26 Aralık 1989 döneminde içerisinde 6.1 büyüklüğünde deprem olması ve buna rağmen artçı depremler dâhil çok az sayıda (59) deprem etkinliği oluşması nedeniyle, bu dönemdeki deprem etkinliği için G-R değişkenlerinin değerlendirilmesi yapılmamıştır. Deprem dış merkezlerinin ve deprem büyüklüklerinin zaman içerisindeki örüntülerindeki farklılıklar nedeniyle, inceleme alanındaki depremlerin G-R değişkenlerinin 26 Aralık 1989-1 Nisan 2021 tarihleri arası ve 1 Nisan 2021-4 Ekim 2021 tarihleri arası iki dönem için saptanmasına karar verilmiştir. Bu karar doğrultusunda her iki dönem için elde edilen birikimli deprem sayısı-büyüklük grafiklerinde (FMD) önemli farklılıklar bulunmuştur (Şekil 10). Dış merkez haritaları incelendiğinde depremlerin Güney İncirli Havzası'nın güneyinde ve kuzeyinde daha yoğun olduğu gözlenmektedir. 26 Aralık 1989-1 Nisan 2021 tarihleri arası oluşan etkinlikteki toplam deprem sayısı 1.011, tamlik büyüklüğü $M_c=3.7$ ve b -değeri=1.65 olarak saptanmıştır. Bu tarih aralığı içerisinde tamlik büyüklüğünün kararsızlığı G-R grafiğinde gözlenmektedir.

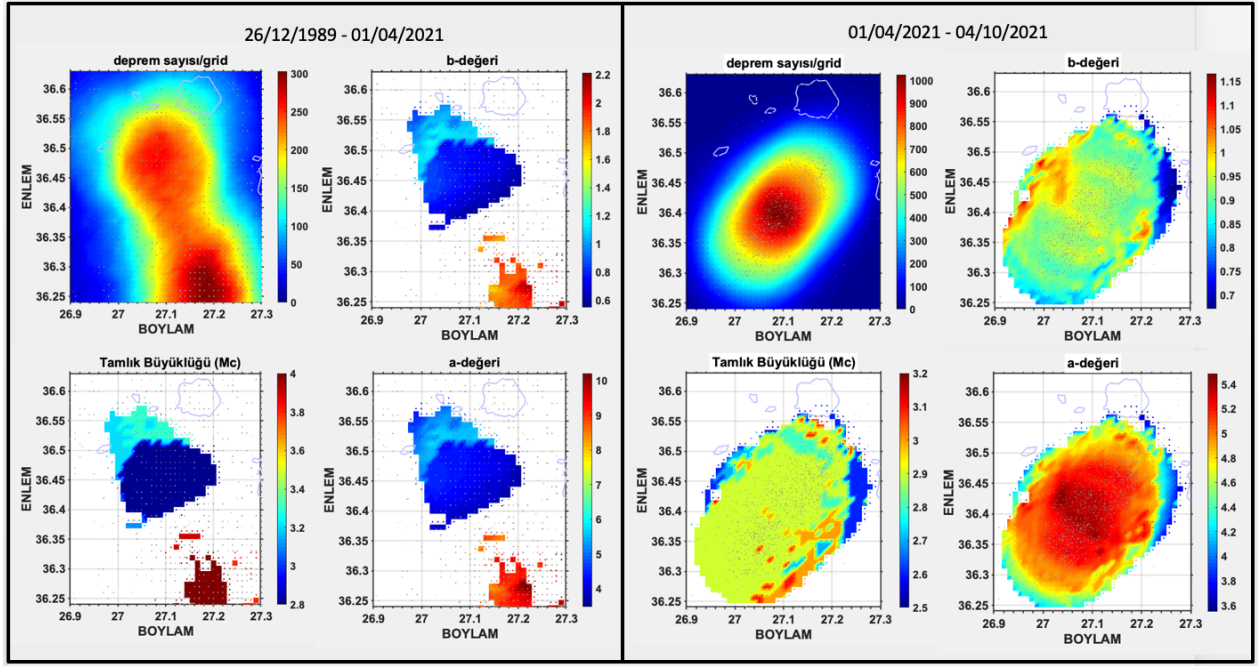


Şekil 10: a) 26 Aralık 1989-1 Nisan 2021 tarihleri ile 1 Nisan 2021-4 Ekim 2021 tarihleri arasındaki farklı iki dönem için elde edilen deprem etkinliğinin dış merkez dağılım haritası ve b) birikimli deprem sayısı-büyüklik ilişkisi

Figure 10: a) Epicentral distribution map of earthquake activity obtained for two different periods between 26 December 1989-1 April 2021 and 1 April 2021-4 October 2021 and b) frequency-magnitude distribution

Şekil 4'teki grafikten de görüleceği gibi, bunun nedeninin, büyüklüğü 3.0'ten küçük depremlerin 2011 yılına kadar rapor edilememesi olduğunu söyleyebiliriz. 1 Nisan 2021-4 Ekim 2021 tarihleri arasındaki deprem fırtınasını oluşturan 1.398 deprem için tamlik büyüklüğü $M_c=2.7$, yıllık a -değeri ve yerel büyüklükler M_L olmak üzere G-R bağıntısı $\text{Log}N(M_L)=5.55-0.86 \cdot M_L$ olarak saptanmıştır (Şekil 10). İkinci dönem için kayıt performansı küçük depremler için yetersiz olduğu varsayılarak $M_c=3.7$ için G-R değişkenleri hesaplandığında, kalan 111 adet deprem için b -değeri=1.13 \pm 0.11 ve yıllık a -değeri: 6.53 olarak elde edilmektedir. Ancak, daha az sayıda deprem nedeniyle elde edilen G-R değişkenlerinin, alandaki sismolojik karakteri değerlendirmede sağlıklı sonuç vermesi beklenmemelidir.

26 Aralık 1989-1 Nisan 2021 tarihleri ile 1 Nisan 2021-4 Ekim 2021 tarihleri arasındaki farklı iki dönemdeki deprem etkinliğinin M_c , a -değeri ve b -değeri ile birim alan başına düşen deprem sayısının mekânsal dağılımı karşılaştırmalı olarak hesaplanmış ve yorumlanmıştır (Şekil 11).



Şekil 11: 26 Aralık 1989-1 Nisan 2021 tarihleri (375 ay) ile 1 Nisan 2021-4 Ekim 2021 tarihleri (6 ay) arasındaki farklı iki dönemde grid alanı başına düşen M_c , b - ve a -değerlerinin ve olay sayısının mekânsal dağılımı (Kırmızı renk en yüksek değeri, mavi renk en düşük değeri gösterir.)

Figure 11: Spatial distribution of M_c , b and a values and number of events per grid area in two different periods from 26 December 1989 to 1 April 2021 (375 months) to 1 April 2021 to 4 October 2021 (6 months) (Red and blue colors indicate the highest and lowest values, respectively.)

1 Nisan 2021 öncesi bölgedeki deprem etkinliğinin KKB-GGD doğrultusunda iki farklı deprem etkinlik kümesi oluşturduğu görülmektedir. KB'daki etkinlikte M_c , a -değeri ve b -değeri sırasıyla 2.8, 4.0 ve 0.7 düzeyindedir. GD'daki etkinlikte ise M_c , a -değeri ve b -değeri sırasıyla 3.9, 4.0 ve 2.0 düzeylerinde gerçekleşmiştir. Güney İncirli Havzası'nda 1 Nisan 2021-4 Ekim 2021 tarihleri döneminde oluşan deprem fırtınasının yoğunlaşma alanı önceki dönemdeki deprem etkinliğinin en az olduğu $36.4^\circ\text{K}-27.1^\circ\text{D}$ koordinatı civarında yoğunlaştığı (Şekil 11) görülmektedir. Bu alanda M_c büyüklüğünün 2.9, a -değerinin 4.5 ve b -değerinin 0.9 düzeyine ulaştığı gözlenmiştir.

26 Aralık 1989-1 Nisan 2021 tarihleri arasındaki 375 aylık süredeki deprem dış merkez örüntüsü iki ana etkinlik alanı oluşturmaktadır. Bu alanlardan KB'da olanda b -değeri: 0.7, GD'da olanda ise b -değeri: 2.0 düzeyinde bulunmuştur. Bu analiz sırasında elde edilen sonuçlardan biri de, 1 Nisan 2021 sonrası başlayan deprem fırtınasının bu iki farklı b -değeri arasındaki geçiş bölgesinde ortaya çıkmış olmasıdır (Şekil 11). Eğer b -değerini 'gerilim (stres) ölçer' gibi yorumlarsak (Scholz 2015, Chiba ve Shimizu 2018) deprem fırtınasının yüksek gerilim (düşük b -değeri) ile düşük gerilim (yüksek b -değeri) arasında harekete geçen normal faylanma sürecinin bir sonucu olduğunu düşünebiliriz. Diğer bir ifadeyle, 1 Nisan 2021 öncesi dönemde bölgenin KB'sında çok belirgin olarak gelişen düşük b -değeri alanının (Şekil 11), normal fayların hareketini başlatacak yüksek gerilim koşullarını sağladığı söylenebilir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada Ege Denizi, Kıklad volkanik ada yayının doğusunda yer alan İncirli ve İlyaki adalarının çevresindeki deprem etkinliği incelenmiştir. Adalar, Pleistosen-Holosen zamanında volkanik etkinlik göstermiştir. İncirli ve İlyaki adaları arasında KD-GB doğrultusunda yer alan Güney İncirli Havzası ve onu sınırlayan normal fayların üzerinde 1 Nisan 2021'de başlayan deprem etkinliği bir süre sonra deprem fırtınasına dönüşmüştür. Deprem fırtınasının sismolojik ve sismotektonik özelliklerinin zamana ve mekâna bağlı değişimleri 36.16° - 36.66° K ve 26.83° - 27.31° D koordinatları arasında kalan alanda ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu amaçla, NOA deprem arşivindeki veriler derlenmiş ve inceleme alanında 7 Aralık 1965-4 Ekim 2021 tarihleri arasında olan tüm depremler değerlendirmeye alınmıştır. Afrika-Nubia dalma-batma kuşağının oluşturduğu derin depremler elenmiş ve 50 km ve daha sığ olan depremler bu çalışmada kullanılan veri tabanını oluşturmuştur. Belirlenen alanda incelemeye alınan tüm deprem sayısı 2.468, deprem büyüklükleri ise 1.5 ile 6.1 arasında değişmektedir. 7 Aralık 1965-4 Ekim 2021 tarihleri arasında oluşan deprem etkinliği zamanda ve mekânda beş farklı dönem halinde farklılıklar göstermiştir (Şekil 4, Şekil 5). Belirlenen zaman aralığındaki dönemlerde deprem etkinliklerinin mekânsal örüntülerinin sismolojik özellikleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Buna göre, 6.1 büyüklüğünde bir depremle birlikte 59 depremin yer aldığı birinci dönem deprem etkinliği değerlendirme dışına çıkarılmış, 26 Aralık 1989-1 Nisan 2021 tarihleri ile 1 Nisan 2021-4 Ekim 2021 tarihleri arasındaki iki ana etkinlik dönemi için oluşturulan deprem verileri sismolojik ve sismotektonik değerlendirmeye alınmıştır.

1 Nisan 2021-4 Ekim 2021 tarihleri arasında oluşan deprem fırtınasında, büyüklüğü 4.0 ve daha fazla olan 20 deprem için NOA tarafından rapor edilen odak mekanizması çözümleri, bölgede KD-GB doğrultusunda normal fay hareketlerinin çok etkin olduğunu göstermektedir (Şekil 9). Güney İncirli Havzası'nın doğusunu ve batısını sınırlayan normal faylar birbirleriyle etkileşimli olarak uzun süren ve oldukça etkin olan bir deprem fırtınası oluşturmuştur. Odak mekanizması çözümlerinden elde edilen çekme gerilmesi ekseninin, normal faylara dik yönde ve ortalama azimutu 103° olarak konumlandığı bulunmuştur. Depremlerin dış merkez dağılım örüntüsü, odak mekanizması çözümleri ve bölgenin aktif fay özellikleri birlikte değerlendirildiğinde, Güney İncirli Havzası'nın KB-GD yönünde genişleme hareketinin günümüzde baskın olarak sürdüğü anlaşılmaktadır.

26 Aralık 1989-1 Nisan 2021 tarihleri arası ve 1 Nisan 2021-4 Ekim 2021 tarihleri arası dönemler için birikimli deprem sayısı-büyükölçüm grafiklerinde (FMD) tamlık büyüklüğü M_c : 3.7, yıllık a -değeri: 7.13 ve b -değeri: 1.65 olarak saptanmıştır (Şekil 10). Bu tarih aralığı içerisinde tamlık büyüklüğünün kararsızlığı G-R grafiğinde gözlenmektedir. Bunun ana nedenlerinden birinin, büyüklüğü 3.0'den küçük depremlerin 2011 yılına kadar rapor edilememesidir (Şekil 4). Güney İncirli Havzası'nda deprem fırtınası örüntüsünü oluşturan etkinliğin sürdüğü 1 Nisan 2021-4 Ekim 2021 tarihleri arasında tamlık büyüklüğü M_c : 2.7, b -değeri: 0.86 ve yıllık a -değeri: 5.55 bulunmuştur. 1 Nisan 2021 sonrası dönemdeki b -değeri ile önceki dönemdeki b -değerini kıyaslamak için M_c : 3.7 değerine sabitlendiğinde (Şekil 10b), b -değeri: 1.13 ve yıllık a -değeri: 6.53 olarak elde edilmiştir. Buna rağmen, b -değerinin önceki dönemdeki 1.65 değerine kıyasla daha düşük değerlerde kalacağı ve bölgede göreceli olarak yüksek gerilim düzeyinin sürdüğü anlaşılmaktadır.

Güney İncirli Havzası'nda 26 Aralık 1989-1 Nisan 2021 tarihleri arasındaki deprem etkinliğinin mekânsal analizinde KKB-GGD doğrultusunda ayrıık iki farklı deprem etkinlik kümesi oluştuğu gözlenmiştir (Şekil 11). KB'daki depremler için M_c , a -değeri ve b -değeri sırasıyla 2.8, 4.0 ve 0.7 olarak elde edilirken, GD'daki depremler için bu değerler sırasıyla 3.9, 4.0 ve 2.0 düzeylerinde bulunmuştur. 1 Nisan 2021 tarihinde başlayan ve 6 ay gibi bir sürede deprem fırtınasına dönüşen etkinlik önceki dönemdeki depremler için bulunan farklı iki b -değeri bölgesi arasındaki geçiş alanında ortaya çıkmıştır. 26 Aralık 1989-1 Nisan 2021 tarihleri arasında İncirli ve İlyaki adaları arasında gelişen yüksek gerilim (düşük b -değeri) alanı (Şekil 11), Güney İncirli Havzası'ndaki KD-GB doğrultusunda bulunan normal fayların hareket sürecini başlatmış olan

bir mekanizma olarak önerilebilir. *b*-değeri ile aktif tektonik ortamlarda gelişen gerilim değerlerinin değişimi arasında doğrudan bir bağlantı olduğu kabul edilmektedir. Depremlerin *b*-değeri, tektonik ortamdaki yapısal heterojenlikten, termal değişimlerden, gerilim ve gerinim değişiminden vb. etkilenmektedir (Scholz 2015, Ozturk 2019). Durağan tektonik bölgelerde *b*-değeri genellikle ortalama 1.0'e eşittir. Yüksek *b*-değerlerinin ($\geq 1,5$) yerel gerilimin yüksek olduğuna, yer kabuğunda heterojenliğin fazlalığına veya termal ve magmatik akışkan hareketlerin yoğunluğuna; düşük *b*-değerlerinin ise ($\leq 1,0$) yer kabuğunda yüksek gerilim birikimine ve düşük heterojen yapıya işaret ettiği kabul edilir. Japonya'da 2000 yılında olan 7.3 büyüklüğündeki Tottori depremi öncesi, çevrede olan deprem fırtınaları için hesaplanan *b*-değerleri oldukça düşük değerlerde (0.51-0.67) elde edilmiştir (Shibutani ve diğ. 2002). Chiba ve Shimizu (2018) volkanik alanlardaki yüksek *b*-değerlerinin ($\geq 1,4$) volkanik püskürme öncesi ortamda oluşan kırıkların artması ile ilgili olduğunu, püskürme sonrası ise *b*-değerinin azaldığını (0.6-0.9) belirtmiştir.

Mekânsal dağılım haritasına göre, Güney İncirli Havzası deprem fırtınasının en yoğun olduğu alanda tamlik büyüklüğü değeri M_c : 2.9, *a*-değeri: 5.3 ve *b*-değeri: 0.9 olarak saptanmıştır ve bu değerler Şekil 10b'de saptanan G-R grafiğindeki değerlerle uyumludur. Güney İncirli Havzası'nda 1 Nisan 2021 deprem fırtınası için bulunan *b*-değerinin, alanda halen tektonik gerilimin yüksek olduğunu ve deprem etkinliğinin biraz daha sürebileceğine dair bir bulgu olabileceğini söyleyebiliriz.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada kullanılan veriler Atina Ulusal Gözlemevi (NOA) internet veri tabanından alınmıştır. Veri tabanını erişime açtığı ve kullanıma izin verdiği için NOA'ya teşekkür ederim. Yazar, değerli eleştirileri ile makalenin gelişmesine katkı sunan Editörler Orhan Polat ve Şakir Şahin'e ve makaleyi değerlendiren hakemlere teşekkür eder.

KAYNAKLAR

- Aktug B., Nocquet J.M., Cingoz A., Parsons, Erkan Y., England P., Lenk O. Gurdal M.A., Kilicoglu A., Akdeniz H., Tekgul A., 2009. Deformation of western Turkey from a combination of permanent and campaign GPS data: Limits to block-like behavior, *J. Geophys. Res.* 114, B10404, 1-22
- Chatzipetros A., Kiratzi A.A., Sboras S., Zouros N., 2013. Active faulting in the north-eastern Aegean Sea Islands, *Tectonophysics* 106, 597-598
- Chiba K., Shimizu H., 2018. Spatial and temporal distributions of *b*-value in and around Shinmoe-dake, Kirishima volcano, Japan. *Earth Planets and Space*, 70(1), art. no. 122
- Cossette E., Audet P., Schneider D., Grasemann B., 2016. Structure and anisotropy of the crust in the Cyclades, Greece, using receiver functions constrained by in situ rock textural data, *J. Geophys. Res. Solid Earth* 121, 2661-2678
- Dietrich V., Lagios E., 2018. Nisyros Volcano: The Kos-Yali-Nisyros Volcanic Field; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 339 p.
- Endrun B., Meier T., Lebedev S., Bohnhoff M., Stavrakakis G., Harjes H.P., 2008. S-velocity structure and radial anisotropy in the Aegean region from surface wave dispersion, *Geophys. J. Int.* 174, 593-616
- Eyidogan H., 2020. Investigation of the temporal and spatial properties of earthquake activity and Gutenberg- Richter parameters in the vicinity of Manisa Akhisar, *Turk. J. Earthq. Res.* 2(2), 138-159

Fischer T., Horalek J., Michalek J., Bouskova, A., 2010. The 2008 West Bohemia earthquake swarm in the light of the WEBNET network, *J. Seism.* 14(4), 665-682

Floyd M.A., Billiris H., Paradissis D., Veis G., Avallone A., Briole P., McClusky S., Nocquet J.M., Palamartchouk K., Parsons B., England, P. C., 2010. A new velocity field for Greece: Implications for the kinematics and dynamics of the Aegean, *J. Geophys. Res.* 115, B10403, 1-25

Heinicke J., Woith H., Alexandrakis C., Buske S., Telesca, L., 2018. Can hydroseismicity explain recurring earthquake swarms in NW-Bohemia, *Geophys. J. Int.* 212(1), 211-228

Hicks S.P., Verdon J., Baptie B., Lockett R., Mildon Z.K., Gernon T., 2019. A shallow earthquake swarm close to hydrocarbon activities: discriminating between natural and induced causes for the 2018-2019, Surrey, United Kingdom, Earthquake Sequence, *Seismol. Res. Lett.* 90(6), 2095-2110

Hollenstein C., Müller M.D., Geiger A, Kahle H-G., 2008. Crustal motion and deformation in Greece from a decade of GPS measurements, 1993-2003, *Tectonophysics* 449(1), 17-40

Mcclusky S., Balassanian S., Barka A, Demir C., Ergintav S., Georgiev I., Gurkan O, Hamburger M., Hurst K., Kahle H., Kastens K., Kekelidze G., King R., Kotzev V., Lenk O., Mahmoud S., Mishin A., Nadariya M., Ouzounis A., Paradissis D., Peter Y., Prilepin M., Reilinger R., Sanli I., Seeger H., Tealeb A., Toksöz M.N., Veis G., 2000. Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus, *J. Geophys. Res.* 105(B3), 5695-5719

Meade, B.J., Hager B.H., 2005. Block models of crustal motion in southern California constrained by GPS measurements, *J. Geophys. Res.* 110, B03403, 1-19

Mountrakis D., 2005. Tertiary and Quaternary tectonics in Aegean area, *Developments in Volcanology* 7, 1-10

NOA, 2021. Institute of Geodynamics, National Observatory of Athens, NOAIG-Catalogue (1964 up to today). Erişim adresi: <https://www.gein.noa.gr/en/services-products/earthquake-catalogs/>

Nocquet J.M., 2012. Present-day kinematics of the Mediterranean: A comprehensive overview of GPS results. *Tectonophysics* 579, 220-242

Nomikou P., Bell K.L.C., Papanikolaou D., Livanos I., Fero Martin, J., 2013. Exploring the Avyssos-Yali-Strogyli submarine volcanic complex at the eastern edge of the Aegean Volcanic Arc, *Zeitschrift für Geomorphologie* 57(3), 125-137

Nomikou P., Krassakis P., Kazana S., Papanikolaou D., Koukouzas N., 2021 The volcanic relief within the Kos-Nisyros-Tilos tectonic graben at the eastern edge of the Aegean Volcanic Arc, Greece and Geohazard Implications, *Geosciences* 11, 231, 1-22

Nomikou P., Papanikolaou D., 2011. Extension of active fault zones on Nisyros Volcano across the Yali-Nisyros channel based on onshore and offshore data, *Marine Geophysical Research* 32(1-2), 181-192

Nyst M., Thatcher W., 2004. New constraints on the active tectonic deformation of the Aegean, *J. Geophys. Res.* 109, B11406, 1-23

Ocakoglu N., Demirbag E., Kuscu I., 2005. Neotectonic structures in the area offshore of Alacati, Doganbey, and Kusadasi (western Turkey): evidence of strike-slip faulting in the Aegean extensional province, *Tectonophysics* 391, 67-83

Ozturk S., 2019. Region-Time-Magnitude Analyses of the Seismicity in and around the Central Anatolian Region and Current Earthquake Potential, *Turk. J. Earthq. Res.* 1(2), 148-166

Papazachos B.C., Dimitriadis S.T., Panagiotopoulos D.G., Papazachos C.B., Papadimitriou E.E., 2005. Deep structure and active tectonics of the southern Aegean volcanic arc, *Developments in Volcanology* 7, 47-64

Pe-Piper G., Piper D.J.W., 2005. The South Aegean active volcanic arc: Relationships between magmatism and tectonics, *Developments in Volcanology* 7, 113-133

Reillinger R., McClusky S., Vernant P., et al., 2006. GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions, *J. Geophys. Res.* 111, B05411, 1-26

Scholz C.H., 2015. On the stress dependence of the earthquake b value. *Geophys. Res. Lett.* 42, 1399-1402

Sengor A.M.C, Tuysuz O., Imren C., Sakinc M., Eyidogan H., Gorur N., Le Pichon X., Rangin C., 2005. The North Anatolian Fault: A New Look, *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 33, 37-112

Shaw B., Jackson J., 2010. Earthquake mechanisms and active tectonics of the Hellenic subduction zone, *Geophys. J. Int.* 181(2), 966-984

Shibutani T., Nakao S., Nishida R., Takeuchi F., Watanabe K., Umeda Y., 2002. Swarm-like seismic activity in 1989, 1990 and 1997 preceding the 2000 Western Tottori earthquake, *Earth Planets and Space*, 54, 831-845

Vernant P., Reillinger R., McClusky S., 2014. Geodetic evidence for low coupling on the Hellenic subduction plate interface, *Earth and Planetary Science Letters* 385, 122-129

Wiemer S., 2001. A software package to analyze seismicity: ZMAP, *Seismol. Res. Lett.* 72(3), 373-382

Wiemer S., Wyss M., 2000. Minimum magnitude of completeness in earthquake catalogs: examples from Alaska, the western United States, and Japan, *Bull. Seism. Soc. Am.* 90(4), 859-869

Zhu L., Mitchell B. J., Akyol N., Cemen I., Kekovali K., 2006. Crustal thickness variations in the Aegean region and implications for the extension of continental crust, *J. Geophys. Res.* 111, B01301, 1-10

ARAŞTIRMA VERİSİ (Research Data)

Çalışma kapsamında Atina Ulusal Gözlemevi (NOA) tarafından çözümlenen deprem lokasyon bilgileri kullanılmıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI / İLİŞKİSİ (Conflict of Interest / Relationship)

Araştırma kapsamında herhangi bir kişiyle ve/veya kurumla çıkar çatışması/ilşkisi bulunmamaktadır.

YAZARLARIN KATKI ORANI BEYANI (*Author Contributions*)

- Çalışmanın tasarlanması (*Designing of the study*): H.E.
- Literatür araştırması (*Literature research*): H.E.
- Saha çalışması, veri temini/derleme (*Fieldwork, collection/compilation of data*): H.E.
- Verilerin işlenmesi/analiz edilmesi (*Processing/analysis of data*): H.E.
- Şekil/Tablo/Yazılım hazırlanması (*Preparation of figures/tables/software*): H.E.
- Bulguların yorumlanması (*Interpretation of findings*): H.E.



Earthquake Safety Analysis of an Existing Public Building

Hande Odaman Kaya ¹, Ebru Alakavuk ²

¹ Kayapim Architecture Engineering and Construction Company, Bayrakli 35535 Izmir, Türkiye
² Yasar University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, Bornova 35100 Izmir, Türkiye
ORCID: 0000-0002-4450-6922, 0000-0001-7482-8116

Keywords

Earthquake safety, reinforced concrete construction, strengthening, construction cost, Strengthening cost

Highlights

- * Performance analysis of an existing public building is carried out
- * Strengthening proposal is developed for the building
- * Strengthening and reconstruction possibilities are discussed through cost estimations

Aim

The study aims to provide data for the decision making on strengthening or demolishing an existing public building.

Location

Alsancak, Izmir, Türkiye

Methods

Non-linear analysis method is used.

Results

The existing public building performance is calculated as it is in the border of collapsing, and its strengthening or demolishing possibilities are considered and discussed.

Supporting Institutions

The authors declare that this study has used no support data from other institutions

Financial Disclosure: The authors declare that this study has received no financial support.

Peer-review

Externally peer-reviewed

Conflict of Interest: The author has no conflicts of interest to declare.

Manuscript

Research Article

Received: 17.09.2021

Revised: 17.02.2022

Accepted: 07.04.2022

Printed: 30.06.2022

DOI

10.46464/tdad.995988



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International Non-Commercial License

Corresponding Author

Hande Odaman Kaya
Email: hodamankaya@gmail.com

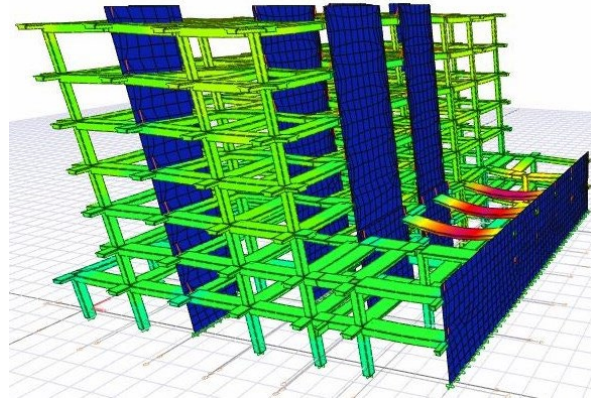


Figure
Performance analysis of an existing public building

How to cite:

Kaya H.O., Alakavuk H., 2022. Earthquake Safety Analysis of an Existing Public Building, Turk. J. Earthq. Res. 4(1), 61-72, <https://doi.org/10.46464/tdad.995988>



Mevcut Bir Kamu Binasının Deprem Güvenliğinin İncelenmesi

Hande Odaman Kaya¹, Ebru Alakavuk²

¹ Kayapim Mimarlık Mühendislik ve İnşaat Şti, Bayraklı 35535 İzmir

² Yaşar Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Bornova 35100 İzmir
ORCID: 0002-4450-6922, 0000-0001-7482-8116

ÖZET

Deprem can kayıplarına neden olmadığı, binaların neden olduğu gerçeğiyle binalarda deprem güvenliğinin önemi daha net anlaşılabilir. Bu çalışmada İzmir il'inde bulunan Ege Gümrük İl Müdürlüğü Binası için yapılan deprem güvenliği incelemesi ele alınmıştır. Yapılan performans analiziyle binanın 'göçme' durumunda çıkması üzerine mevcut bina için geliştirilen güçlendirme önerisi ve binanın yıkılıp yerine yeni bina yapılma olasılıkları irdelenmiştir. Her iki durum için uygulama maliyeti hesaplanmıştır; Ege Gümrük Binasının güçlendirme maliyeti yeniden yapım maliyetinin %60'ı kadardır. Sonuçta binayı korumaya veya yıkıp yeniden inşa etmeye karar vermek için veri oluşturulmuştur.

Anahtar kelimeler

Deprem güvenliği, Betonarme yapı, Güçlendirme, Yapım maliyeti, Güçlendirme maliyeti

Öne Çıkanlar

- * Mevcut yapının deprem güvenliğinin performans analizi yöntemiyle incelenmesi.
- * Mevcut yapı için güçlendirme projesi geliştirilmesi.
- * Mevcut yapının güçlendirilmesi veya yıkılıp yeniden yapılması durumlarının karşılaştırılması.

Makale

Araştırma Makalesi

Geliş: 17.09.2021

Düzeltilme: 17.02.2022

Kabul: 07.04.2022

Basım: 30.06.2022

DOI

10.46464/tdad.995988

Sorumlu yazar

Hande Odaman Kaya

Eposta:

hodamankaya@gmail.com

Earthquake Safety Analysis of an Existing Public Building

Hande Odaman Kaya¹, Ebru Alakavuk²

¹ Kayapim Architecture Engineering and Construction Company, Bayraklı 35535 İzmir, Türkiye

² Yasar University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, Bornova 35100 İzmir, Türkiye
ORCID: 0002-4450-6922, 0000-0001-7482-8116

ABSTRACT

The importance of earthquake safety in buildings can be understood clearly with the fact that earthquakes don't cause loss of life, but buildings. This study, investigates earthquake safety of Aegean Customs Provincial Directorate Building located in İzmir Province. After performance analysis, strengthening proposal developed for the existing building and possibility of demolishing and constructing a new building were examined. The implementation cost for both cases was calculated as; strengthening cost of Aegean Customs Building is 60% of reconstruction cost. So, data is developed to make a decision for protecting the building or to demolish and rebuild it.

Keywords

Earthquake safety, Reinforced concrete construction, Strengthening, Construction cost, Strengthening cost

Highlights

- * Performance analysis of an existing public building is carried out.
- * Strengthening proposal is developed for the building.
- * Strengthening and reconstruction possibilities are discussed through cost estimations.

Manuscript

Research Article

Received: 17.09.2021

Revised: 17.02.2022

Accepted: 07.04.2022

Printed: 30.06.2022

DOI

10.46464/tdad.995988

Corresponding Author

Hande Odaman Kaya

Email:

hodamankaya@gmail.com

1. GİRİŞ

Türkiye'nin dünyadaki aktif deprem kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya Deprem Kuşağı üzerinde yer alması, ülkemiz için depremi kaçınılmaz kılar. Ülkemizde hızlı kentleşme sonucunda nüfusun çoğunluğu metropollerde yaşamaktadır ve sanayinin de merkezi olan metropoller büyük deprem tehdidi altındadır. Bu sebeple olası bir deprem durumunda ortaya çıkabilecek hasarların öngörülebilmesi ve gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Yapıların maruz kalabileceği dış etkilerin en önemlilerinden biri olan depremin bir yapıya nasıl zarar vereceği önceden tam olarak bilinemez fakat yapıların içindekileri koruyabilecek kadar depreme dayanıklı olması beklenir. Deprem afeti nedeniyle meydana gelen toplumsal kayıplar, çok ciddi tedbirlerin alınması gerektiğini göstermektedir. Bu bağlamda deprem güvenliği konusu önem kazanmaktadır. Depremle ilgili bildiğimiz en önemli bilgi depremin kendisinin can kaybına sebep olmadığı, binaların sebep olduğudur. Bu da depreme dayanıklı yapılar yapmanın önemini ortaya koymaktadır. (Şengezer 1999, Hünük 2006, Küçük 2006)

Mevcut bir betonarme yapının maruz kalabileceği düşey yükler ve olası deprem yükleri altında göstereceği davranışın ve güvenlik durumunun öngörülebilmesi için olası yükler, yapının malzemeleri ve taşıyıcı sistem elemanlarına dair kabullerin yapılması, taşıyıcı sistemin çözümlenmesi ve güvenlik durumunun belirlenmesi gerekir (İlki ve Celep 2011). Mevcut bir binanın deprem güvenliği 3 adımda belirlenebilir;

1. İlk olarak deprem etkisine maruz kalacak olan binanın taşıyıcı sisteminin kapasitesi belirlenir. Bunun için sistem elemanlarının geometrik ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi gerekir.
2. Sonrasında olası bir depremin etkisiyle binada meydana gelebilecek olan kesit etkileri, şekil değişiklikleri ve yer değiştirmelerin hesaplanması gerekir.
3. Mevcut kapasite ve olası bir deprem etkisi altında binada oluşacak talebin karşılaştırılmasıyla oluşması beklenen hasar durumunun ortaya konması gerekir. Sonuç olarak da ortaya çıkacak hasar durumu deprem güvenliği açısından değerlendirilerek kara verilmesi gerekir (İlki ve Celep 2011).

Bir binanın deprem güvenliği açısından durumunun saptanabilmesi için yeterli veri olmalıdır. Bu veriler 2007 Deprem Yönetmeliğinin (DBYBHY 2007) yedinci bölümü çerçevesinde sunulan kriterlerin sağlanması açısından da gereklidir. Bu kriterler;

1. Bilgi düzeyinin belirlenmesi (sınırlı, orta veya kapsamlı),
2. Eleman kritik kesitlerinin dayanımlarının hesaplanması (eğilme, kesme),
3. Betonarme elemanların kırılma türlerinin belirlenmesi (sünek veya gevrek),
4. Eleman hasar sınırlarının belirlenmesinde gerekli olan eğilme ve sargı donatısı miktarlarının ve detaylarının belirlenmesi olarak sıralanmaktadır. (Sucuoğlu 2008)

Binaların deprem performansı, yapıya etkiyen düşey sabit ve hareketli yükler ile deprem kuvvetlerinin birleşik etkileri altında değerlendirilir. Yapının taşıyıcı sistemi, deprem enerjisini önemli düzeyde yutarak, bu sırada büyük yer değiştirmeler, büyük şekil değiştirme ve büyük çatlaklar oluşmaksızın, yüklerini temele emniyetle aktarabilmelidir. Yapının deprem etkisi altındaki davranışında yapı ağırlığı, taşıyıcı elemanların konumu, boyutları, zemin durumu gibi etkilerin yanı sıra mimari tasarımın da etkileri olmaktadır. Yapılarda burulma tesirlerinin oluşmaması için, planda yapı mümkün olduğunca simetrik yapılmalıdır (Gümrükçü 2002).

Binaların deprem performansından bahsederken belirli performans seviyeleri göz önünde bulundurulmalıdır. Bu performans seviyeleri, deprem etkisiyle binada oluşması öngörülen hasar miktarının sınır durumlarıdır. Bu seviyelerin temel belirleyicileri; binadaki taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlardaki hasarın miktarına, bu hasarın can güvenliği bakımından bir tehlike oluşturup oluşturulmamasına, deprem sonrasında binanın kullanılıp kullanılmamasına ve hasarın neden olduğu ekonomik kayıplara bağlı olarak belirlenir.

Bir yapının hasarının giderilmesi temel olarak iki düzeyde ele alınır. Yapı elemanı veya yapı hasar almadan önceki dayanımına eşdeğer bir duruma getiriliyorsa buna onarım denir. Yapı veya yapı elemanı hasar almadan önceki durumundan daha yüksek dayanımlı bir duruma getiriliyorsa da yapılan uygulama güçlendirme olarak tanımlanabilir (Demir 1999). Onarım ve/veya güçlendirme sürecinin işleyişi aşağıda maddeler halinde yer almaktadır:

- Yapının şimdiki halinin belirlenmesi,
- Onarım ve/veya güçlendirme gereklerinin belirtilmesi,
- Bir onarım ve/veya güçlendirme programı hazırlanması,
- Onarım ve takviyeden sonra yapıda temin edilmesi istenen hedef ve şartların belirlenmesi,
- Hatıra gelen ve önerilen onarım ve/veya güçlendirme sistemlerinin uygunluğunun ve uygunluk derecesinin belirtilmesi,
- Kalitenin tutturulabilmesi için iş mahallinde gözetim ve kontrolde bulunulması,
- Yapıların bir daha gözden geçirilmesi ve kontrolü aşamalarından oluşur (Celep ve Kumbasar 2000).

Bir yapıda onarım veya güçlendirme yapılacaksa öncelikle mevcut durum incelenerek oluşan hasarın tespiti ve değerlendirilmesi yapılmalıdır. Bunun için mimari röleve, taşıyıcı sistem rölevesi ve hasar rölevesi hazırlanmalıdır. Binanın beton kalitesi, donatı kalitesi ve düzeninin yanı sıra geoteknik bilgilerinin elde edilmesi gerekir.

Tüm bu veriler ışığında değerlendirilen mevcut binanın taşıyıcı sistemi için güçlendirilme çözümü yapılır. Elde edilen çözüm sonuçları esas alınarak, mevcut taşıyıcı sistemle, güçlendirme sistemi arasındaki kuvvet akışının sağlandığı gösterilmelidir. Perde uç donatılarının katlar arası sürekliliğinin sağlanması, deprem yüklerinin kat kirişlerinden perdelerle geçmesi ve kolonlarla perdenin bütünleşmesinin sağlanması gibi, (Öztürk ve diğ 2020).

Mevcut taşıyıcı sistemin deprem güvenliğini arttırmak ve sistemdeki yanal yer değiştirmeleri sınırlandırmak için dolgu duvarların taşıyıcı perdelerle çevrilmesi en çok uygulanan yöntemdir. Taşıyıcı sisteme eklenen perdelerin mevcut sistemle bir bütün olarak çalışması ve kuvvet geçişinin kesintiye uğramaması için oluşan ara bölgelerin detaylı projelerinin hazırlanması önemlidir. Sisteme eklenen yatay donatılar kolon içine ankrajlanan filiz demirlerine bağlanırken, düşey donatıların kirişlerde açılan deliklerden geçirilerek yapı yüksekliği boyunca devam etmesi beklenir. Güçlendirme perdelerinin her katta devamlılığı beklenirken boyutlarında değişiklik kabul edilebilmektedir. Eklenen perdelerin her katta devamlılığı önemlidir çünkü kesilmesi durumunda gerilme yığılması ve ani rijitlik değişimi yaratarak risk oluşturma olasılığı bulunur (TBDY 2018, ÇŞB 2018).

Bu çalışmada bir kamu binası olan Ege Gümrük Binası'nın depreme dayanımı üzerine yapılmış olan incelemeler anlatılmıştır. Bu amaçla yapılan performans analizi sonucu; bina performansı "göçme" olarak çıkmış ve önerilen güçlendirme uygulaması detaylı olarak anlatılmıştır. Güçlendirme uygulamasının maliyeti ve binanın yeniden inşa edilmesi durumunda ortaya çıkacak maliyet hesaplanmış ve karşılaştırması yapılmıştır.

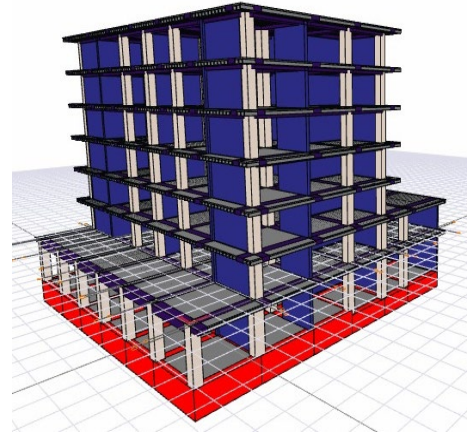
2. MEVCUT YAPI PERFORMANS ANALİZİ

Çalışmanın bu bölümü Ege Gümrük Binası'nın depreme karşı dayanıklı olup olmadığını Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2018, ÇŞB 2020) esaslarına göre incelemeyi amaçlayan 'Performans Analizi'ni içermektedir. Performans Analizi yapısal sistemin tanımlanması ile başlayan bir süreçtir. Ege Gümrük Binası; zemin ve 6 normal kattan oluşan bir yapıdır. Zemin kat yüksekliği 4.30 m, normal katlar 3.35 m olup, toplam yapı yüksekliği 24.40 m'dir. Binanın taban alanının ölçüleri 35.15 x 35.80 m'dir. Zemin kat 1258 m², normal

katlar ise 750 m² olmak üzere toplam yapı alanı 6156 m²'dir. Binanın 1'inci ve 2'nci katlarında dilatasyon olduğu, 2.kat itibariyle de kitlenin küçülerek devam ettiği gözlemlenmiştir (Şekil 1a).



a)



b)

Şekil 1: Ege gümrük binası a) Mevcut bina, b) Mevcut bina taşıyıcı sistem modeli
Figure 1: Aegean customs building a) Existing building, b) Support system model of existing building

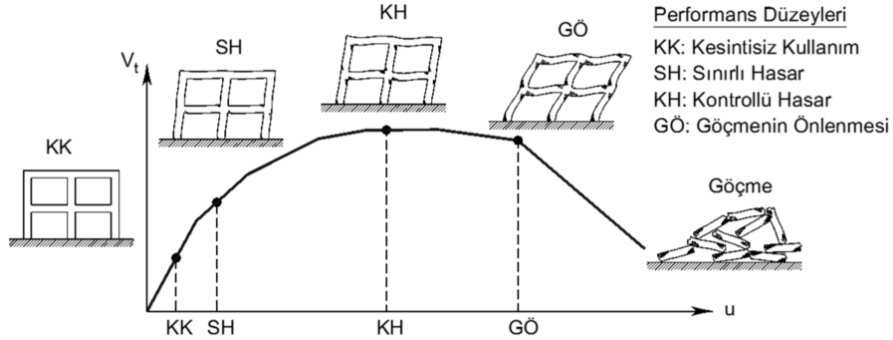
Öncelikle gözleme dayalı olarak mevcut yapı ve ruhsatlı proje karşılaştırılmış, mimari uygulamadaki değişiklikler işlenerek AutoCAD çizim ortamında mimari röleve çizimi hazırlanmıştır. Mimari röleve çizimi ile birlikte bina taşıyıcı sistemini oluşturan kolon, kiriş, döşeme ve temel bilgileri de AutoCAD çizim ortamında işlenerek statik röleve çizimleri hazırlanmıştır. Şekil 1b'de görülen taşıyıcı sistem modeli; yapının betonarme kalıp planları ve donatılarına ait verilerin ideCAD Statik programına aktarılmasıyla oluşturulmuştur.

Performans Analizi için zemin sınıfı ZE olarak alınarak, binaya güçlendirme yapılması durumunda zemin etüd çalışması yapılmasına karar verilmiştir. Ege Gümrük Binası bir kamu yapısı olarak, TBDY (2018)'de "Deprem sonrası hemen kullanılması gerekli binalar" olarak sınıflandığından bina önem katsayısı 1.5 alınmıştır. Binayı kullanan kurum tarafından 25.09.2018 tarihinde, binanın statik durumunu saptamak amacıyla bir dizi inceleme yaptırılmıştır. Bu incelemeler; binanın kolon, kiriş ve döşemelerinde uygulanan test çekici, karot, sıyırma ve tarama işlemlerini kapsamaktadır. Binanın güçlendirilmesine ya da yeniden yapılmasına karar vermek amacıyla yapılmış olan bu çalışmada da 2018 tarihinde yapılan incelemelerden edinilen raporlar kullanılmıştır.

Bu raporlarda yer alan, karot çalışmalarının sonucunda, bodrum kattan alınan 3 adet karot numunesinin beton dayanımı ortalama 25.30 N/mm²(MPa) ve zemin kattan alınan 3 adet karot numunesinin beton dayanımı 16.30 N/mm²(MPa) çıkmıştır. Sıyırma testi sonucunda, demirlerin nervürsüz olduğu anlaşılmıştır. Yapılan tarama (röntgen) sonucunda kalıp planları ve demirlerin proje ile uyumlu olduğu saptanmıştır. ideCAD programı kullanılarak oluşturulan modelde nervürsüz demir kullanımı ve etriye detayları tanımlanmış, yazılımın hesap raporu gerçek verilerle karşılıklı kontrol edilmiştir.

Performans analizi için kullanılan ideCAD Statik programı; yapıdaki taşıyıcı elemanların olası bir depremde alacağı hasar durumunu raporlamaktadır. Programda tanımlanan deprem hareketi sonucunda yatay ve düşey taşıyıcı elemanlarda oluşması öngörülen hasar seviyeleri yüzdelere göre bina performans düzeyleri Şekil 2'de verilmektedir. Yapının performans durumunun az hasar, belirgin hasar, ileri hasar ya da göçme olacağı tespit edilebilmektedir.

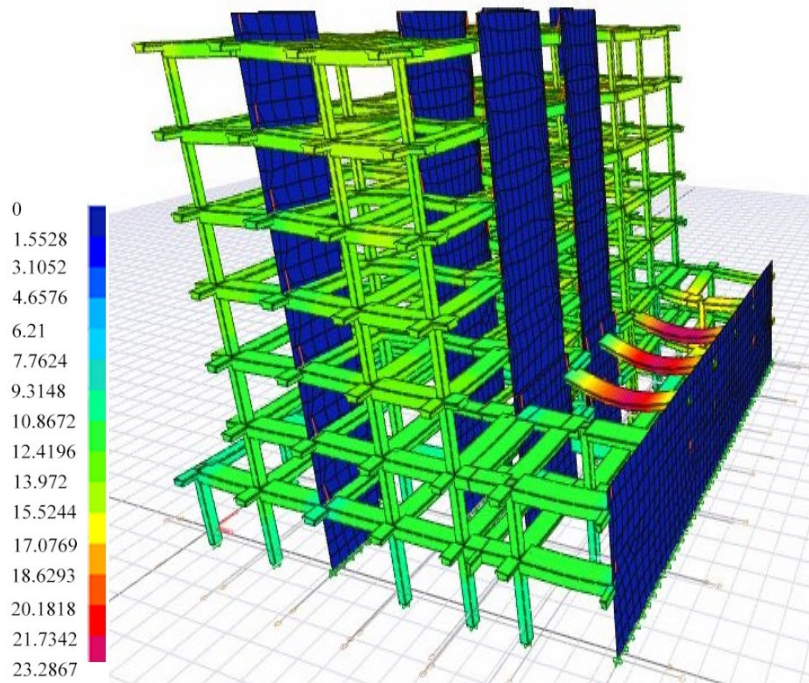
TBDY (2018) madde 3.5.1'e göre normal performans hedefi kontrollü hasar, tasarım yaklaşımının ise şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım olması gerekmektedir.



Şekil 2: Bina performans düzeyleri (TBDY 2018, bölüm 3.4)
Figure 2: Building performance levels (TBDY 2018, section 3.4)

Örnek binanın performans analizini yapmak için binaya ait laboratuvar sonuçları, kurumdan alınan projeler ve yerinde yapılan gözlemlerden edinilen veriler ideCAD Statik programına girilmiştir. Bina, TBDY (2018)'de belirtilen bölgesel deprem spektrumu değerleri referans alınarak deprem etkisine maruz bırakılmıştır.

Mevcut yapının performans analizi TBDY (2018)'de tanımlı; 'Doğrusal Hesap Yöntemleri'nden biri olan "Mod Birleştirme Yöntemi" kullanılarak yapılmıştır. Mevcut yapının gösterdiği davranış Şekil 3'teki üç boyutlu model üzerinden sunulmuştur. Deprem etkisi karşısında yapı elemanlarında meydana gelen deformasyon düzeylerine ait sayısal veriler (mm) mavi renkten kırmızı renge doğru yükselmektedir. Model üzerinden de okunabildiği gibi; yapının perdelerinde 0-1.5 mm aralığında, kolon-kiriş sisteminde 10-15 mm aralığında, dilatasyonun bittiği 1.kattaki 3 kirişte ise 20-23 mm aralığında deformasyon görülmektedir.

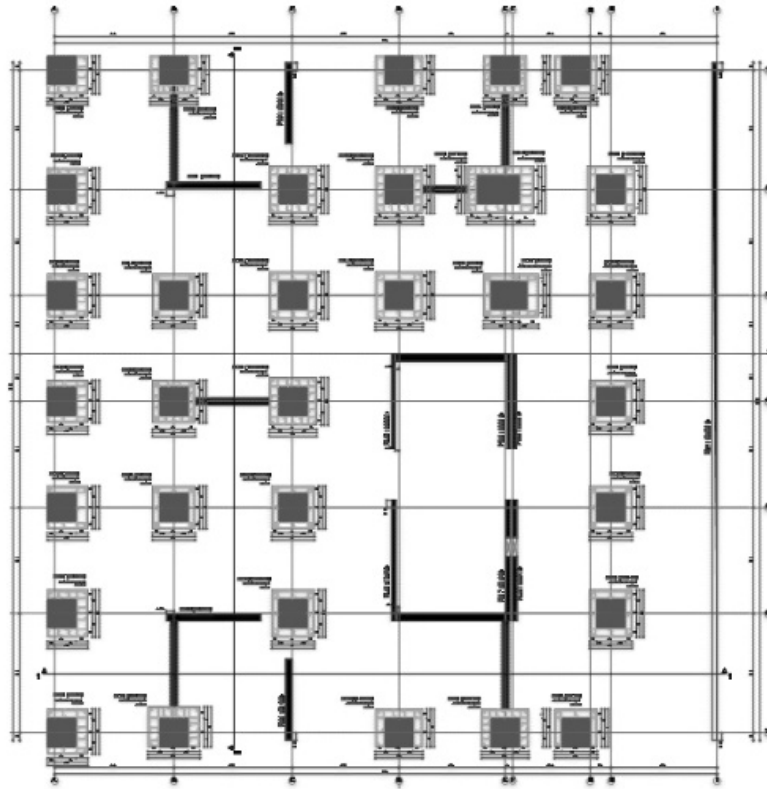


Şekil 3: Mevcut yapı performans analizi
Figure 3: Performance analysis of existing building

Yapılan performans analizi sonucunda mevcut yapının performans düzeyinin 'göçme' olduğu saptanmıştır. Olası bir depremde yapının 'kontrollü hasar' düzeyine ulaşip insan can güvenliğini sağlayacak bir duruma gelmesi için güçlendirme yapılması önerilmiştir.

3. GÜÇLENDİRME ÖNERİSİ

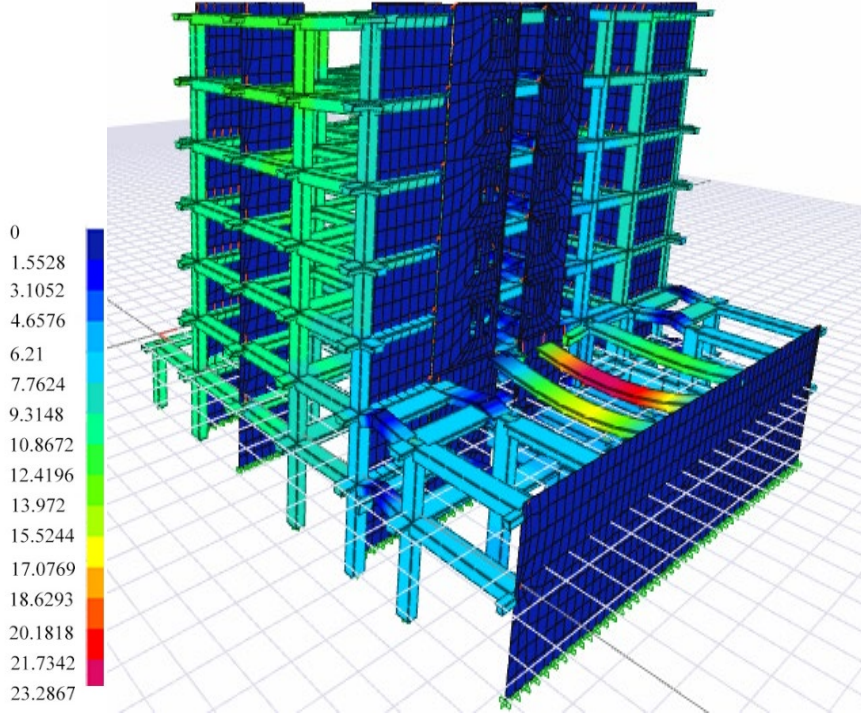
Hazırlanan güçlendirme projesinde; yapının tamamında X ve Y yönünde 4'er tane; toplamda 8 adet güçlendirme perde ilavesi ve tüm kolonlarda mantolama önerilmiştir. Mevcut yapıya ait olan sürekli temel tamamen açılarak epoksi uygulaması ile demir ilavesi yapılarak radye temel sistemine geçilmesi planlanmıştır. Şekil 4'te binanın zemin katına ait güçlendirilmiş taşıyıcı sistem planı verilmiştir. Burada da görüldüğü gibi mevcut kolonların etrafında bohçalama uygulaması vardır. Yapıdaki kolonların büyük çoğunluğu ileri hasar bölgesinde kaldığı için; yapının rijitlik ve kütle merkezi dikkate alınarak bohçalama tüm kolonlara önerilmiştir.



Şekil 4: Güçlendirilmiş yapı taşıyıcı sistem planı
Figure 4: Supporting system plan of reinforced building

Önerilen güçlendirme projesinin uygulanması durumunda yapının sergileyeceği performansı görmek için ideCAD ortamında 'Doğrusal Hesap Yöntemleri'nden biri olan 'Mod Birleştirme Yöntemi'yle analiz yapılmıştır.

Yapının, bölgesel deprem spektrumu değerlerine göre deprem etkisine maruz bırakıldığında gösterdiği davranış Şekil 5'teki üç boyutlu modelde sayısal verilerle (mm) sunulmaktadır. Güçlendirilmiş yapının perdelerinde 0-1.5 mm aralığında, kolon-kiriş sisteminde 4-10 mm aralığında, dilatasyonun bittiği 1.katta da yalnızca 1 kirişte 20-23 mm aralığında deformasyon görülmektedir.

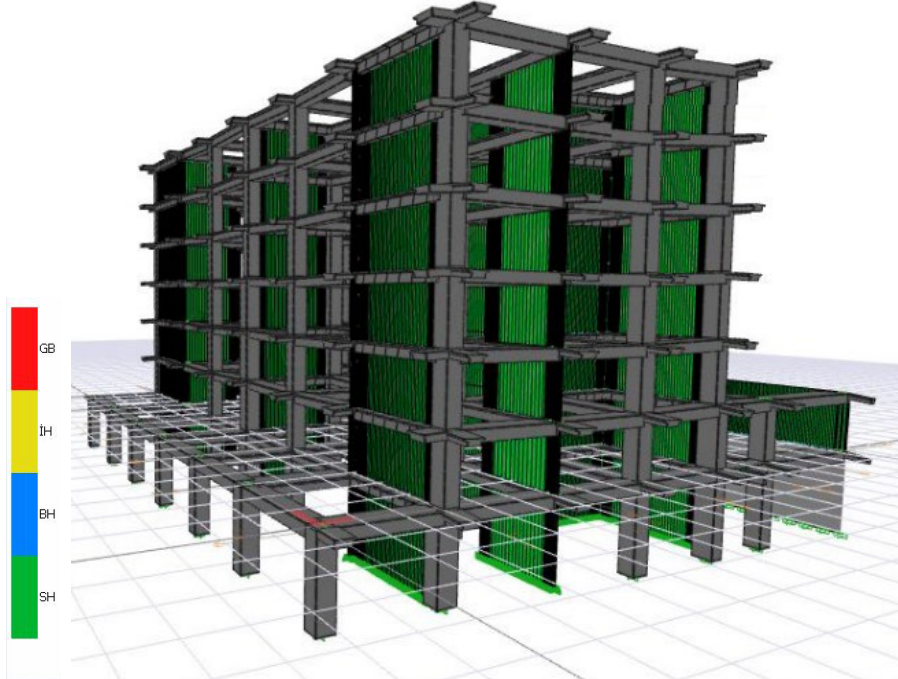


Şekil 5: Güçlendirilmiş yapı doğrusal performans analizi
Figure 5: Linear performance analysis of reinforced building

Bir yapının performans analizinde doğrusal hesap yöntemlerinin kullanımının kabul görmesi için yönetmeliğin 15.5.3.1 maddesinde 'Doğrusal Hesap Yöntemlerinin Uygulama Sınırları' aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

- Bina yükseklik sınıfının 5'den küçük olması ($BYS < 5$),
- Binada 3.7.2.4'de belirtilen B3 düzensizliğinin bulunması,
- Betonarme binalarda, binanın üst katı haricindeki herhangi bir katında, her bir deprem doğrultusu için düşey sünek elemanların (kolon, perde ve güçlendirilmiş bölme duvarlar) ortalama EKO (Etki/kapasite oranı) değerinin deprem yönündeki kirişlerin ortalama EKO değerinden büyük olması,
- Binanın üst katı haricindeki herhangi bir katında, her bir deprem doğrultusu için düşey sünek elemanların (kolon, perde ve güçlendirilmiş bölme duvarlar) kesme kuvveti ile ölçeklendirilmiş ortalama EKO değerinin 2'den büyük olması,
- Binanın üst katı haricindeki herhangi bir katında, her bir deprem doğrultusundaki sünek kirişlerin ortalama EKO değerinin 3.5'den büyük olması şeklindedir.

Doğrusal Hesap Yöntemi kullanılarak yapılan analiz sonuçlarına göre çalışmaya konu olan yapı (a) ve (b) şartlarını sağlıyor olsa da (c), (d) ve (e) şartları sağlanamamıştır. Bu nedenle ideCAD ortamında 'Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri'nden biri olan 'Çok Modlu İtme Yöntemi' kullanılarak analiz tekrarlanmıştır.



Şekil 6: Güçlendirilmiş yapı doğrusal olmayan performans analizi
Figure 6: Non-linear performance analysis of reinforced building

Yapılan çalışmanın sonucunda mevcut yapının ve güçlendirilmiş yapının simülasyon ortamında maruz kaldıkları eşdeğer deprem etkisine karşı gösterdikleri davranış incelenmiştir. Bu davranışın üç boyutlu model üzerinden okuması yapılarak, olası bir depremde mevcut yapı ve güçlendirilmiş yapıda oluşması beklenen deformasyon düzeyleri ortaya konmuştur. Mevcut yapının 'Doğrusal Hesaplama Yöntemi' kullanılarak elde edilen performans analizi sonuçları ve güçlendirme önerisi sonrası ortaya çıkan yapının 'Doğrusal Hesaplama Yöntemi' ve 'Doğrusal Olmayan Hesaplama Yöntemi' kullanılarak elde edilen performans analizi sonuçlarının değerlendirilmesi Tablo 1'de özet olarak verilmektedir.

Tablo 1'deki kriterlere bakıldığında; mevcut yapının 'Sınırlı Hasar' ve 'Kontrollü Hasar' düzeylerine erişemediği, 'Göçmenin Önlenmesi' düzeyi için dahi gerekli olan kriterlerden yalnızca birini sağladığı görülmektedir. Yapıda Diğer taşıyıcı elemanların tümü Sınırlı, Belirgin ya da İleri Hasar Bölgesi'nde değildir ve Belirgin Hasar Sınırı aşılmış olan düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvveti oranı %30'u aşarak %35.1 oranına ulaşmaktadır.

Önerilen güçlendirme projesi uygulanmış yapının 'Doğrusal Hesaplama Yöntemi' kullanılarak elde edilen performans analizi sonuçlarına bakıldığında ise olası bir deprem senaryosunda yapının 'Kontrollü Hasar' performans düzeyinde kalacağı görülmektedir. Fakat daha önce de belirtildiği gibi analiz TBDY (2018) madde 15.5.3.1 uyarınca "Doğrusal Olmayan Hesaplama Yöntemi" kullanılarak tekrarlanmıştır. Güçlendirme önerisi uygulanmış yapının; "Çok Modlu İtme Yöntemi" kullanılarak yapılan analiz sonucunda da "Kontrollü Hasar" performans düzeyinde kalacağı sonucuna varılmıştır.

Tablo 1: Yapı performans değerlendirmesi
Table 1: Building performance evaluation

Sınırlı hasar performans düzeyi değerlendirmesi:	Mevcut Yapı		Güçlendirilmiş Yapı (Doğrusal)		Güçlendirilmiş Yapı (Doğrusal Olmayan)	
	Sonuç	Kontrol	Sonuç	Kontrol	Sonuç	Kontrol
Kriter						
Herhangi bir katta kirişlerin en fazla %20'si Belirgin Hasar Bölgesine geçebilir.	100%	X	100%	X	71.1%	X
Diğer taşıyıcı elemanların tümü Sınırlı Hasar Bölgesinde olmalıdır.		X		X		X
Kontrollü hasar performans düzeyi değerlendirmesi:	Mevcut Yapı		Güçlendirilmiş Yapı (Doğrusal)		Güçlendirilmiş Yapı (Doğrusal Olmayan)	
Kriter	Sonuç	Kontrol	Sonuç	Kontrol	Sonuç	Kontrol
Herhangi bir katta kirişlerin en fazla %35'i İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir	0%	✓	0%	✓	0%	✓
İleri Hasar Bölgesi'ndeki düşey elemanların kesme kuvvetine katkısı %20'nin altında olmalıdır.	53.2%	X	0%	✓	0%	✓
En üst katta İleri Hasar Bölgesi'ndeki düşey elemanların kesme kuvvetine katkısı %40'ın altında olmalıdır.	39.5%	✓	0%	✓	0%	✓
Belirgin Hasar Sınırı aşılmış olan düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvveti oranı %30'u aşmamalıdır.	35.1%	X	0%	✓	0%	✓
Diğer taşıyıcı elemanların tümü Sınırlı ya da Belirgin Hasar Bölgesi'nde olmalıdır.		X		✓		✓
Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi değerlendirmesi:	Mevcut Yapı		Güçlendirilmiş Yapı (Doğrusal)		Güçlendirilmiş Yapı (Doğrusal Olmayan)	
Kriter	Sonuç	Kontrol	Sonuç	Kontrol	Sonuç	Kontrol
Herhangi bir katta kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir.	0%	✓	0%	✓	0%	✓
Diğer taşıyıcı elemanların tümü Sınırlı, Belirgin ya da İleri Hasar Bölgesi'nde olmalıdır.		X		✓		✓
Belirgin Hasar Sınırı aşılmış olan düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvveti oranı %30'u aşmamalıdır.	35.1%	X	0%	✓	0%	✓

4. YAPININ YENİDEN İNŞASI

Binanın güçlendirilmesi yanında yıkılıp baştan yapılma alternatifi de mevcuttur. Güçlendirme kararı verilmesi aşamasında, bu alternatifin de değerlendirilmesi gerekmektedir. Karşılaştırma yapılırken maliyet her ne kadar belirleyici bir unsur olsa da zaman da önemli bir kriter olarak karşımıza çıkmaktadır. Binanın yıkılıp tekrar inşa edilmesi aşamalarında, binadaki faaliyetlerin başka bir yere taşınması gerekir. Fakat güçlendirme çalışmaları için bölgesel çalışmalar yapılabileceğinden tamamen taşınma söz konusu olmayabilir.

Güngör (2017) tarafından yapılan akademik araştırmalar doğrultusunda, bir binanın ekonomik ömrü 50 yıl kabul edilerek; 25 yıllık bir binada güçlendirme yapılırsa ortaya çıkacak maliyetin binanın yıkılıp yeniden yapılması durumunda ortaya çıkacak maliyete oranının %40 olduğu ifade edilmektedir. Bu maliyet oranı 40 yıllık bir bina için %25 iken 10 yıllık bir binada %67 olarak kabul edilmektedir. Bayülke (1984) tarafından yapılan çalışmada ise; 10 yıllık bir binada bu oran %45 ise yıkılmasının ekonomik olarak uygun olmadığı, 40 yıllık bir binada ise %25 olduğu takdirde bile ekonomik açıdan yıkılmasının uygun olduğu ifadelerine yer verilmektedir. Ayrıca bu değerlendirmelerin, binanın tüm özellikleri göz ardı edilip yalnızca ekonomik açıdan yapıldığı önemle vurgulanmaktadır.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada İzmir İli'nde bulunan Ege Gümrük Binası için yapılmış olan performans analizi ve güçlendirme proje önerisi özetlenmiştir. Elde edilen performans analizi sonuçlarına göre Ege Gümrük Binası için güçlendirme önerisinin yansira, yapının yıkılarak yeniden inşa edilmesi alternatifi de sunulmuştur

Yeni bir yapı inşa edilmesi durumunda olacağı gibi; önerilen güçlendirme projesinin hayata geçirilmesi durumunda da yapı elemanlarının tamamının taşıma kapasitesi TBDY (2018)'e göre revize edilmiş olacaktır. Her iki durumda da tüm proje takımı hazırlanarak yapı tekrar ruhsatlandırılacaktır.

Öncelik olan can güvenliğinin iki durumda da sağlanabildiği göz önüne alındığında karar vermek adına maliyet kıyaslamasına gidilmiştir. Zemin üzerine 6 kattan oluşan 24.40 yüksekliğinde, toplam yapı alanı 6156m² olan 4A sınıfı bir yapının 2020 yılı yapı yaklaşık birim maliyet hesabına göre (ÇŞB 2020) inşaat maliyeti 9.541.800 TL ve güçlendirme maliyeti 5.764.909 TL'dir.

Bu hesaba göre güçlendirme maliyeti yeni yapı maliyetinin %60'ına denk gelmektedir. Bu bağlamda binanın güçlendirilmesi veya yıkılıp yeniden yapılması aşamalarında karar verme sürecinde maliyet-fayda analizinin yapılması doğru bir yaklaşım olacaktır.

KAYNAKLAR

Bayülke N., 1984. Depremlerde hasar gören yapıların onarımı ve güçlendirilmesi, T.M.M.O.B. İnşaat Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara, 95 s.

Celep Z., Kumbasar N., 2000. Deprem mühendisliğine giriş ve depreme dayanıklı yapı tasarımı. İhlas Matbaacılık, İstanbul, 727 s.

ÇŞB, 2020. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak 2020 Yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ, *Resmî Gazete* 31064. Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2020/03/20200310-7.htm>

DBYBHY, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Erişim adresi: <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2007/03/20070306-3-1.pdf>

Demir H., 1999. Depremlerden hasar görmüş betonarme yapıların onarım ve güçlendirilmesi. Emlak Pazarlama Proje Yönetimi ve Servis A.Ş., İstanbul, 2. bs. 152 s.

Gümrükçü A., 2002. Depreme Dayanıklı Yüksek Yapı Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 238 s.

Güngör A., 2017. Güçlendirme Projelerinde Maliyet ve Kazanç İlkeleri. İzmir ve Deprem Konferansı, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, 28-29 Eylül 2017
Erişim adresi: https://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/18036_13_38.pdf

Hünük T. N., 2006. Betonarme yapılarda depreme dayanıklılığı sağlayan mimari tasarım ölçütlerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 110 s.

İlki A., Celep Z., 2011. Betonarme yapıların deprem güvenliği, Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 11-14 Ekim 2011, ODTÜ, Ankara.
Erişim Adresi: http://www.tdmd.org.tr/TR/Genel/21.Oturum/Tema_A.Ilki.pdf

Küçük D., 2006. Deprem zararlarını azaltma çalışmalarında mimarlık eğitiminin yeri, Yüksek Lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 165 s.

Öztürk M., Sezer R., Köken A., 2020. Yapıların deprem güvenliği, güçlendirme ilkeleri ve 11 katli bir yapıda güçlendirme uygulaması. Selçuk Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya, 13s.

Erişim adresi:

<https://docplayer.biz.tr/4389742-Yapilarin-deprem-guvenligi-guclendirme-ilkeleri-ve-11-katli-bir-yapida-guclendirme-uygulamasi.html>

Sucuoğlu H., 2008. Mevcut Yapılarda Durum Saptaması, Bizim Büro Basımevi, Ankara.

Şengezer B.S., 1999. 13 Mart 1992 Erzincan depremi hasar analizi ve Türkiye’de deprem sorunu, Yıldız Teknik Üniversitesi Basın Yayın Merkezi, İstanbul, 412 s.

TBDY, 2018. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara

ARAŞTIRMA VERİSİ (*Research Data*)

Çalışma kapsamında farklı kurumlara ait veri kullanılmamıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI / İLİŞKİSİ (*Conflict of Interest / Relationship*)

Araştırma kapsamında herhangi bir kişiyle ve/veya kurumla çıkar çatışması/ilişkisi bulunmamaktadır.

YAZARLARIN KATKI ORANI BEYANI (*Author Contributions*)

- Çalışmanın tasarlanması (*Designing of the study*): H.O.K., E.A.
- Literatür araştırması (*Literature research*): E.A.
- Saha çalışması, veri temini/derleme (*Fieldwork, collection/compilation of data*): H.O.K., E.A.
- Verilerin işlenmesi/analiz edilmesi (*Processing/analysis of data*): H.O.K.
- Şekil/Tablo/Yazılım hazırlanması (*Preparation of figures/tables/software*): H.O.K.
- Bulguların yorumlanması (*Interpretation of findings*): H.O.K.
- Makale yazımı, düzenleme, kontrol (*Writing, editing and checking of manuscript*): H.O.K., E.A.



Canakkale Settlement Risk Reduction Studies and Evaluation of Disaster Awareness

Tolga Bekler ^{1,2,4}, Sait Cifci ², Feyza Nur Bekler ^{1,3}, Alper Demirci¹

¹ Canakkale Onsekiz Mart University, Engineering Faculty, Geophysical Engineering Department, Canakkale, Türkiye

² Canakkale Onsekiz Mart University, School of Graduate Studies, Department of Risk Management of Natural Disaster, Canakkale, Türkiye

³ Canakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Health Sciences, Department of Emergency Aid and Disaster, Canakkale, Türkiye

⁴ Canakkale Onsekiz Mart University, Earthquake Research Center, Canakkale, Türkiye

ORCID: 0000-0002-9475-8626, 0000-0001-7522-7881, 0000-0001-9941-8105, 0000-0002-8710-623

Keywords

Canakkale, Disaster awareness, Risk reduction

Highlights

- * Disaster awareness level was evaluated in Çanakkale
- * Types of natural disasters in Çanakkale were examined
- * Statistical studies were carried out in the evaluation of disaster awareness

Aim

Disaster awareness level was evaluated by disaster management system field surveys

Location

Çanakkale (Dardanelles), NW Turkey, Türkiye

Methods

Random Sampling Technique and Post-Hoc Tukey test

Results

The rate of those who know that Çanakkale is in a high-hazard earthquake region was determined as 70%. It has been concluded that individuals do not trust themselves about disasters and this insecurity stems from not trying and not having the enthusiasm to learn

Supporting Institutions

Canakkale Onsekiz Mart University

Financial Disclosure: The authors declare that this study has received no financial support.

Peer-review

Externally peer-reviewed

Conflict of Interest: The author has no conflicts of interest to declare.

Manuscript

Research Article

Received: 24.12.2021

Revised: 09.04.2022

Accepted: 09.04.2022

Printed: 30.06.2022

DOI

10.46464/tdad.1041575



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International Non-Commercial License

Corresponding Author

Tolga Bekler

Email: tbekler@comu.edu.tr

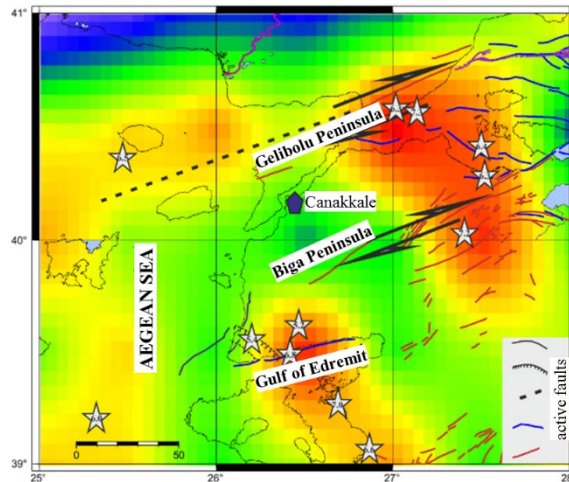


Figure
Canakkale province earthquake hazard (within 50 years)
perceptibility for M>6.0

How to cite:

Bekler T., Cifci S., Bekler F.N., Demirci A., 2022. Canakkale Settlement Risk Reduction Studies and Evaluation of Disaster Awareness, Turk. J. Earthq. Res. 4(1), 73-97, <https://doi.org/10.46464/tdad.1041575>



Çanakkale Şehir Merkezi Risk Azaltma Çalışmaları ve Afet Farkındalığının Değerlendirilmesi

Tolga Bekler ^{1,2,4}, Sait Çifçi ², Feyza Nur Bekler ^{1,3}, Alper Demirci ¹

¹ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Çanakkale

² Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Doğal Afetlerin Risk Yönetimi Anabilim Dalı, Çanakkale

³ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Acil Yardım ve Afet Yönetimi Bölümü, Çanakkale

⁴ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Deprem Araştırma Uygulama ve Araştırma Merkezi, Çanakkale

ORCID: 0000-0002-9475-8626, 0000-0001-7522-7881, 0000-0001-9941-8105, 0000-0002-8710-623

ÖZET

Afetlere karşı önlemlerin alınması ve görevlerin uygulanması iyi bir planlama ile mümkün olmaktadır. Planlamaya sahip olunmayan durumlarda, afetlerden zarar görebilme riski ortaya çıkmaktadır. Türkiye’de afetler nedeniyle verilen kayıplar oldukça fazladır. Bu nedenle önlemlerin alınması yönünde ilk olarak kayıpları azaltmak ve önlem almak için gerekli unsurlardan biri de halkın bilinçlendirilmesidir. Afet kavramı denilince akla ilk olarak deprem gelse de ülkemizde farklı türlerde afetler de görülmektedir. Çanakkale’de en çok gerçekleşen doğa kaynaklı afet türleri; deprem, sel, yıldırım düşmesi, heyelan ve orman yangınlarıdır. Bu çalışmada Çanakkale ve çevresinde gerçekleşen doğa kaynaklı afetler tanımlanmış bu afetlerdeki kayıpların risk azaltma çalışmalarıyla en az seviyede gerçekleşmesine yönelik birey temelli yansımalar ve tepkiler, anket çalışması ile araştırılmıştır. Bu amaca ulaşmak için afet yönetimi ve risk azaltma ile ilgili temel tanım ve kavramlar bazında Çanakkale’de afet yönetim sistemi saha anket çalışmaları ile afet bilinç seviyesi değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler

Çanakkale, Afet farkındalığı, Risk azaltma

Öne Çıkanlar

- * Çanakkale’de afet bilinç seviyesi değerlendirilmiştir.
- * Çanakkale’de doğa kaynaklı afet türleri irdelenmiştir.
- * Afet bilinç seviyesi ve farkındalığının değerlendirilmesinde istatistik çalışma yapılmıştır.

Makale

Araştırma Makalesi

Geliş: 24.12.2021
Düzeltilme: 09.04.2022
Kabul: 09.04.2022
Basım: 30.06.2022

DOI

10.46464/tdad.1041575

Sorumlu yazar

Tolga Bekler
Eposta:
tbekler@comu.edu.tr

Canakkale Settlement Risk Reduction Studies and Evaluation of Disaster Awareness

Tolga Bekler ^{1,2,4}, Sait Cifci ², Feyza Nur Bekler ^{1,3}, Alper Demirci ¹

¹ Canakkale Onsekiz Mart University, Engineering Faculty, Geophysical Engineering Department, Canakkale, Türkiye

² Canakkale Onsekiz Mart University, School of Graduate Studies, Department of Risk Management of Natural Disaster, Canakkale, Türkiye

³ Canakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Health Sciences, Department of Emergency Aid and Disaster, Canakkale, Türkiye

⁴ Canakkale Onsekiz Mart University, Earthquake Research Center, Canakkale, Türkiye

ORCID: 0000-0002-9475-8626, 0000-0001-7522-7881, 0000-0001-9941-8105, 0000-0002-8710-623

ABSTRACT

Taking precautions against disasters and implementing tasks is possible with a good planning. In cases where there is no planning, there is the risk of being damaged by disasters. Losses due to disasters in Turkey are quite high. For this reason, one of the necessary elements to reduce losses and take precautions to take measures is to raise awareness of the public. Although earthquake comes to mind first when the concept of disaster is mentioned, it is seen in different types of disasters in our country. The most common natural disasters in Canakkale are earthquakes, floods, lightning strikes, landslides and forest fires. In this study, it is aimed to define the natural disasters that occurred in Canakkale and its vicinity and to minimize the loss of life and property in these natural disasters with risk reduction studies with respect the surveys. To achieve this aim, disaster awareness level was evaluated by statistical surveys of the disaster management system in Canakkale based on basic definitions and concepts related to disaster management and risk reduction.

Keywords

Canakkale, Disaster awareness, Risk reduction

Highlights

- * Disaster awareness level was evaluated in Canakkale
- * Types of natural disasters in Canakkale were examined
- * Statistical studies were carried out in the evaluation of disaster awareness

Manuscript

Research Article

Received: 24.12.2021
Revised: 09.04.2022
Accepted: 09.04.2022
Printed: 30.06.2022

DOI

10.46464/tdad.1041575

Corresponding Author

Tolga Bekler
Email:
tbekler@comu.edu.tr

1. GİRİŞ

Doğa veya insan/teknoloji kaynaklı bir olayın afet olarak nitelendirilmesi ancak bu olayın sosyal, çevresel ve ekonomik kayıplar sonucu değerlendirilmesi ile mümkündür (Altun 2018). Afetin ne zaman ve nerede meydana geleceği önceden tahmin edilemeyeceği için ülkelerin önleyici, zararı azaltıcı ve afet meydana geldiğinde canlılar için fiziksel kayıp başta olmak üzere sosyal, çevresel ve ekonomik kaybın en aza indirgeyici tedbirlerin alınması, afet politikalarının sağlıklı bir şekilde sürdürülebilir olmasına bağlıdır. Güvenli ve yaşanabilir bir toplum oluşturma ve bu dengeyi koruma amacıyla afet yönetim aşamaları eksiksiz uygulanmalıdır. Afet yönetimi, zarar azaltma, hazırlık, müdahale ve iyileştirme olmak üzere dört evreden oluşmaktadır. Afet yönetim süreci, ülke imkânlarının en etkili şekilde kullanılmasını ve stratejik plan doğrultusunda hareket edilmesini gerektirir. Planlama, afet zararlarını azaltma amacıyla yapılacak faaliyetlerin belirlenmesini ifade eden kavramdır (Şahin ve Üçgül 2019). Stratejik plan yapılmadığı durumlarda afetin zarar verme kapasitesi artmaktadır (Azimli 2018). Planlamanın başında ise halkın bilinçlendirilmesi, farkındalık seviyesinin artırılması yer almaktadır. Bilinçsiz toplum, afetlere karşı savunmasız toplum anlamına gelmektedir. Türkiye’de başta deprem olmak üzere sel, heyelan, kaya düşmesi gibi afetler yaşanmaktadır. Yaşanan afetlerin türleri bölgesel olarak farklılık gösterir (AFAD 2018). Bu çalışmada Çanakkale özelinde meydana gelmiş doğa kaynaklı afetler incelenmiş ve risk azaltma çalışmalarıyla ilgili halkın bilinç seviyesi ortaya konmuştur.

Birçok araştırmacı afet farkındalık ve bilinç düzeyini ölçmek için öğrenciler, öğretmenler, sağlık çalışanları olmak üzere toplumun belirli bir kesimine veya belirli kriterler gözetilerek tamamına anket uygulaması gerçekleştirmiştir. Gerek bu çalışmalarda gerekse mevcut çalışmada amaç afet bilincini ve farkındalık düzeyini ölçmek ve eksiklerin hangi seviye olduğunu belirlemeye yönelik istatistik bir çalışmanın sonuçları göstermek olmuştur. Dökmeci ve Merinç (2018), yürüttükleri çalışmada lisans ve önlisans programlarında eğitim gören öğrencilerin, afet bilinci ve farkındalık düzeylerinin belirlenmesi amacıyla anket uygulanmıştır. Araştırmanın sonucunda lisans öğrencilerinin afet bilinç ve farkındalık düzeylerinin, önlisans öğrencilerine göre fazla olduğu görülmüştür. Sapsağlam (2019)’un çalışmasında okul öncesi eğitimi alan çocukların doğa kaynaklı afetler hakkındaki bilgileri ve farkındalık düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Yaş faktörünün doğa kaynaklı afetleri tanıma konusunda etkili olduğu, daha büyük yaşta çocukların farkındalık düzeylerinin arttığı gözlemlenmiştir. Avcı ve diğ. (2020), hemşirelik bölümü okuyan üniversite öğrencilerinin afet hakkındaki bilgi ve bilinç düzeylerinin belirlenmesi amacıyla araştırma yapmıştır. Şen ve Ersoy (2017), hastane afet planını uygulama konusunda görevlendirilen çalışanların, hastane afet planı hakkındaki bilgi düzeylerinin ölçülmesini çalışmanın temel amacı olarak belirlemişlerdir. Hastane afet planı hakkında yeterli bilgiye sahip olmayan kişi sayısının fazla olduğu ve tatbikatlara katılmanın bilgi düzeyini arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Dikmenli ve Yakar (2019) tarafından öğretmenlerin afet bilincini ölçmeyi amaçlayan çalışma yapılmıştır. Öğretmen adaylarının afet bilinç düzeylerinin orta seviyede olduğu, son sınıf öğrencilerinin birinci sınıf öğrencilerine göre afet bilinçlerinin yüksek düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Öğrencilerin afetler hakkında bilgiye sahip olduğu fakat afetlere karşı hazırlıklarının bulunmadığı, son sınıf öğrencilerinin ise afet eğitim düzeylerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ünal ve diğ. (2017) tarafından Ulusal Medikal Kurtarma Ekibi’nde (UMKE) yer alan 105 kişinin katılımıyla gerçekleştirilen çalışmada afetlere hazırlık konusu araştırılmıştır. Ekibin afete yeterli düzeyde hazır olmadığı görülmüştür. Genel olarak literatür incelendiğinde çalışmaların kısıtlı kesim üzerinde yapıldığı, afet bölgesinde yer alan bireyler üzerinde yapılmadığı görülmüştür.

Çanakkale ve çevresinin deprem üreten aktif faylara yakın olması ve tarihsel-aletsel dönemde yıkıcı depremlere maruz kalması gibi tehlike oluşturabilecek unsurlar dikkate alındığında, yerleşim ve kullanım alanları yüksek deprem tehlikesi altında olan Çanakkale il merkezi, çalışmanın temel sınırlarını oluşturmuştur. Hazırlanan anketlerin bireyler üzerinde uygulanması ve bilgi seviyelerinin belirlenmiş olması ile literatürdeki bu eksikliğin giderilmesi amaçlanmıştır.

2. AFET ÇEŞİTLİLİĞİ

Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü'ne (AFAD 2014) göre afet, toplumlar üzerinde fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplara neden olan, normal yaşamı kesintiye uğratarak durma noktasına getiren ve toplum kaynaklarının yetersiz kaldığı olaylardır. Uluslararası Afet Veri Tabanına (Emergency Events Database, EM-DAT 2021) göre ise meydana gelen her olay afet değildir ancak her afet bir olay olarak nitelendirilmektedir. Genel olarak ülkelerin ekonomik, teknolojik ve toplumsal bilinç ve farkındalık seviyesine göre afetten etkilenme oranı da azalmaktadır (Toya ve Skidmore 2007). Doğa kaynaklı afetler, insan yaşamını etkilediği gibi diğer canlı varlıkların da yaşamını doğrudan tehdit edebilmektedir. Doğa kaynaklı afetleri yavaş gelişen ve ani gelişen doğa kaynaklı afetler olarak ikiye ayırmak mümkündür (AFADEM 2014). Afet zararlarının azaltılması, risk yönetimi ve iyileştirme çalışmalarının daha verimli yapılmasında tutarlı bir veri tabanı oluşturulmasını gerektirir. Bu amaçla ülkemizde AFAD tarafından hayata geçirilen Türkiye Afet Bilgi Bankası (TABB) ile doğa kaynaklı afetler konusunda bilgi portalı oluşturularak zarar azaltma ve risk yönetiminin daha bilimsel veri tabanı ile çalışılmasının önü açılmıştır (Erkan ve diğ. 2015, Şahan ve Kaya 2021, TABB 2021). Risk ve kriz yönetiminin etkin ve yerinde kullanımı doğrudan afet sonrası zarar azaltma, müdahale ve iyileştirme süreçlerinin başarısına yansıtacaktır (Erkal ve Değerliyurt 2009, Kadioğlu 2011, Şahan ve Kaya 2021). TABB veri tabanının referans aldığı ve uluslararası bir kimliğe sahip olan ve birçok ülkede kullanılan EM-DAT 1988 yılından bu yana geçerliliğini korumaktadır. Her iki veri tabanı da benzer prensiplere sahip olmakla beraber, EM-DAT gerek daha fazla atıf alması, daha geniş veri toplama yöntemine sahip olması yanında daha detaylı afet sınıflandırmasına ve daha kapsamlı ve güncel veri tabanına sahip olması gibi avantajları ile dikkat çekmektedir. EM-DAT veri tabanında afetler teknolojik ve doğa kaynaklı afetler olarak iki temel sınıfta değerlendirilmektedir. Doğa kaynaklı afetler; yer/yerçi kökenli jeofiziksel, klimatolojik, meteorolojik, hidrolojik, biyolojik ve atmosfer dışı (meteor düşmesi, jeomanyetik fırtına gibi) olarak sınıflandırılırken, teknolojik afetler; ulaşım kazaları, endüstriyel kazalar ve diğer doğa kaynaklı olmayan farklı kazalar olmak üzere alt afet türlerine ayrılmıştır (EM-DAT 2021).

2.1) Risk Yönetimi, Toleransı ve Analizi

Risk, maruz kalınan unsurda kayıpla sonuçlanma potansiyeli olan bir olumsuz olayın meydana gelme olasılığıdır. Doğa kaynaklı afetler, konumu, sıklığı ve şiddeti nedeniyle ekonomik faaliyetleri etkileme potansiyeline sahip meteorolojik veya jeolojik olaylardır. Başta deprem olmak üzere, insani ve ekonomik kayıplara neden olan bir doğa olayı, bölgedeki kalkınmanın katkıda bulunduğu bir çevre sorununu da beraberinde uzun süreçte getirmektedir. Doğa kaynaklı afet riski genellikle düşük sıklık ve yüksek şiddet ile karakterize edilir, ancak şiddet düzeyi oldukça önemli ölçüde değişir. Gelişmenin kapsamı, doğa kaynaklı afetin yıkıcı etkilerine karşı finansal kırılabilirliğe katkıda bulunur. Doğa kaynaklı tehlikeler konum, zamanlama, büyüklük ve süre ile karakterize edilebilir. Savunmasızlığın başlıca nedenleri, tedbirsiz yatırımlar ve etkisiz kamu uygulamalarıdır. Doğa kaynaklı afet kayıpları, çoğu zaman risklerin hatalı ve eksik yönetiminin bir sonucu olarak da yaşanmaktadır (Alexander 2000). Afet riskine maruz kalma, doğa kaynaklı bir tehlike (dış risk faktörü) ile savunmasızlık (iç risk faktörü) arasındaki etkileşimin sonucudur (Tefamariam ve diğ. 2010). Proaktif afet risk yönetimi, üç geniş adımı içeren kapsamlı bir afet öncesi değerlendirmeyi gerektiren bir süreçtir; ilki potansiyel doğa kaynaklı tehlikelerin belirlenmesi ve risk altındaki yatırımın değerlendirilmesi, ikincisi güvenlik açığını gidermek üzere risk azaltma önlemleri ve üçüncü olarak da güvenlik açığını gidermek için risk azaltma önlemleridir. Dolayısı ile afet risk yönetimini yatırım stratejisine entegre etme ihtiyacı, kurumsal değeri yönetmek ve gelecekte riski azaltmak için gereklidir. Bu ihtiyaç ülkemizde en fazla yıkıcı depremlerde kendini göstermektedir. Doğa kaynaklı tehlikelerin sıklığı ve şiddeti, doğanın kendisi tarafından belirlenirken, neden olunan kayıplar; coğrafi konumun kırılabilirliğine göre iş geliştirme ve nüfus yoğunluğunun anlaşılması ve yönetilmesiyle kontrol edilebilir. Toplumsal ve yapısal iyileşme

yanında nüfus yoğunluğu pozitif bir etkileşime sahip olma eğilimindedir ve bu nedenle doğa kaynaklı afet riskinin yerel halk ve ekonomi üzerinde derin sosyal ve ekonomik etkileri vardır. Bu duruma en iyi örnek uzun süreli tüm alanlardaki etkileri ile 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi ($M_w=7.4$) verilebilir. Diğer yandan etkili risk yönetimi, üç faktörde dikkat gerektirir: tehlikeler, maruz kalma ve kırılabilirlik. Risk, tehlike ve savunmasızlığın bir işlevidir; kırılabilirlik ise kırılabilirlik, esneklik ve maruz kalmanın bir işlevidir (Merz ve diğ. 2013). Risk yönetimi, zarar verme ihtimali olan tehlikelere karşı bireyleri bilgilendirmek, kontrolü elde tutmak olarak tanımlanır. Bununla beraber, risk analizinde önemli bir kavram olan risk toleransı, risklerin değerlendirilirken ortaya çıkan sonuçlarının toplumsal faydası ile olumsuz durumların karşılaştırılmasıdır. Bu şekilde bir değerlendirmeye bağlı alınacak önlemlerin toplum üzerinde yansımaları ve hedeflenen fayda eğer riskten üstünse alınacak olan risk kabul edilebilir. Bu yöntem ise risk toleransını ortaya çıkarır. Risk kapasitesinin belirlenmesi risk analizi olarak adlandırılır. Toplumlar risk azaltma çalışmaları öncesinde birtakım hazırlıklar yapılmalıdır. Afetlerin yönetilmesinde önemli paya sahip olan risk yönetimi, afete hazırlık çalışmalarının başında gelmektedir. Afetler meydana gelmeden önce risk azaltma amaçlı yapılan plan, sürecin ilk aşamasıdır. Planın ana hatlarının oluşturulmasıyla diğer aşama olan risk analizi aşamasına geçilmelidir. Risk analiz aşamasında toplumu tehdit eden tehlikeler ve toplumun zarar görülebilirlik düzeyleri araştırılarak değerlendirme çalışmaları yapılmalıdır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda kentlere özgü plan ve projeler hazırlanmalıdır. Son olarak tüm konular göz önüne alınarak risk azaltma planı hazırlanmalı ve planın hedefleri, problemleri ve planın stratejisi belirlenerek uygulamaya hazır hale getirilmelidir. Planın güncel olması yanında, sürekli ve denetlenebilir olması sürecin önemli iki faktörüdür.

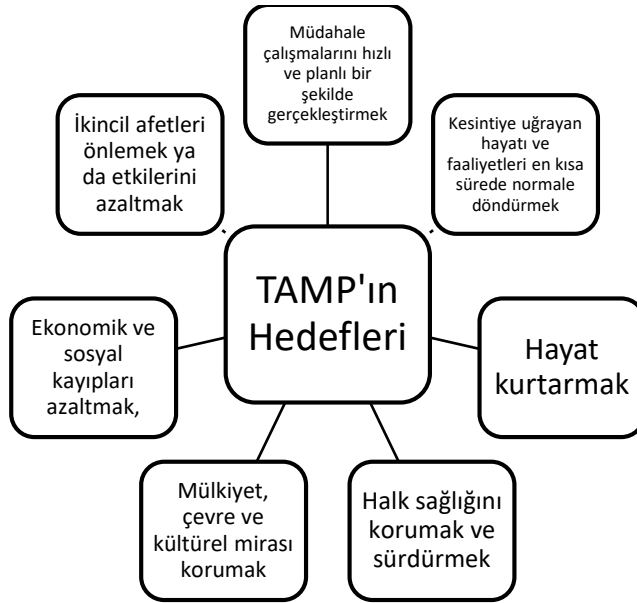
2.2) Türkiye’de Afet Yönetimi

Türkiye coğrafi koşulları, deprem üreten genç ve aktif fayların sıklığı, bölgesel iklim ve meteorolojik kökenli olayların sıklığı ve farklılıkları nedeniyle afetlere yatkın olan ülke durumundadır. Buna karşın Türkiye’de afetler meydana geldikten sonra müdahale ve iyileştirme çalışmaları en hızlı ve yetkin bir koordinasyon ile yapılmaktadır. Kriz halinin daha az zararla atlatılması, hedeflenen planlamaların oluşabilecek riskleri minimize etmek için ön görülmesi ile de ilişkilidir. 1939 Erzincan depreminden sonra konutların dayanıksız olduğu düşüncesiyle, risk azaltmaya yönelik çalışmalar yapılmıştır. 1944 öncesi dönemde Osmanlı döneminde afet olduktan sonra yara sarma çalışmalarına girişildiği, Türkiye Cumhuriyet döneminde ise “Yapı ve İmar İşleri Reisliği” gibi birimler kurularak afet öncesi döneme yönelik çalışmalar yapıldığı görülmüştür. 1944’ten sonra, 17 Ağustos 1999 Kocaeli ($M_w=7.4$) ve 12 Kasım 1999 Düzce ($M_w=7.2$) depremlerine kadar olan dönem ele alındığında, 1944 yılında çıkarılmış olan “Yer Sarsıntılarında Evvel ve Sonra Alınacak Tedbirler Hakkında Kanun” kısmen risk yönetimi çalışmalarının başlangıcı kabul edilebilir. 1953 yılında kurulan “Deprem Bürosu”, 1955 yılında “De-Se-Ya (Deprem, Seylap, Yangın)”ya dönüştürülmüş ve bu kurumda afet zararlarının azaltılması amacıyla çalışmalar yapılmıştır. 1956 yılında çıkarılan “İmar Kanunu” ile afet tehlikesinin belirlenmesi, yapı denetimlerinin yapılması, afet öncesi ve sonrasındaki gerekli önlemlerin alınması kararlaştırılmıştır. Türkiye Cumhuriyeti’nin afet yönetim sistemi “Umumî Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara dair Kanun’a göre yürütülmektedir. Bu kanun 1959 yılında uygulamaya konulmuştur. 1999 yılında meydana gelen Marmara depremlerinin neden olduğu can ve ekonomik kaybı oldukça fazladır. Yaşanan kayıplardan sonra ülkece önemli çıkarımlar elde edilmekle beraber Türkiye’deki afet yönetim süreci deprem ve afet yoğun ülkelerdeki modellere yakın bir gelişme göstermiştir. Türkiye afet yönetiminde tam anlamıyla kriz yönetiminden risk yönetimi sürecine geçmiştir. Bu afet öncesi ve sonrası sürecin hızlı, koordineli ve etkin çalıştırılması, yasa ve yönetmeliklerin tek bir yapı altında yürütülmesini sağlamak amacı ile 5902 sayılı yasa ile Türkiye Acil Durum Yönetimi Genel Müdürlüğü, Afet İşleri Genel Müdürlüğü ve Sivil Savunma Genel Müdürlüğü faaliyetleri yasal olarak sonlandırılmış ve Başbakanlığa bağlı (kurulduğu yıl itibarı ile) Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) kurularak icra görevi verilmiştir.

2.3) Türkiye Afet Müdahale Planı

Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP), Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı tarafından 2014 yılında uygulamaya konulmuştur (AFAD 2013). Afet öncesi, sırası ve sonrasında kurum ve kuruluşların uygulaması gereken planın oluşturulması, görevlendirilecek birimlerin rollerinin belirlenmesi TAMP'ın temel amacıdır. Bu planın içeriğinde bakanlık, kurum ve kuruluşlar, özel kuruluşlar, Sivil Toplum Kuruluşları (STK) ve gerçek kişilerin afet ve acil durum müdahale sırasında ve öncesinde yapması gerekenler yer almaktadır. TAMP'ın işleyişinden Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı sorumludur. Planın hazırlanmasında ise bakanlıkta veya kurum ve kuruluşlardaki en üst düzey yöneticiler, illerde valiler, özel kuruluşlarda ise sahipleri veya yetkilileri sorumludur.

Türkiye Afet Müdahale Planı oluşturulurken bütün aşamaları bünyesinde barındırması esastır. Rollerin, sorumlulukların belirlenmesi ve mevzuata uygun olması ise TAMP'ın prensipleri içerisinde (Şekil 1) yer almaktadır. AFAD tarafından hazırlanan Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP) dâhilinde plan türleri ve entegrasyonunda genel olarak planlamayı taktik, stratejik ve operasyonel olarak (Daft 2009) dikkate almakla beraber TAMP'ın taktik bir yaklaşım ile hazırlandığını ortaya konmaktadır (AFAD 2013). Taktik plan, yapılacak olan eylemlerin şeklini tanımlamaktadır.

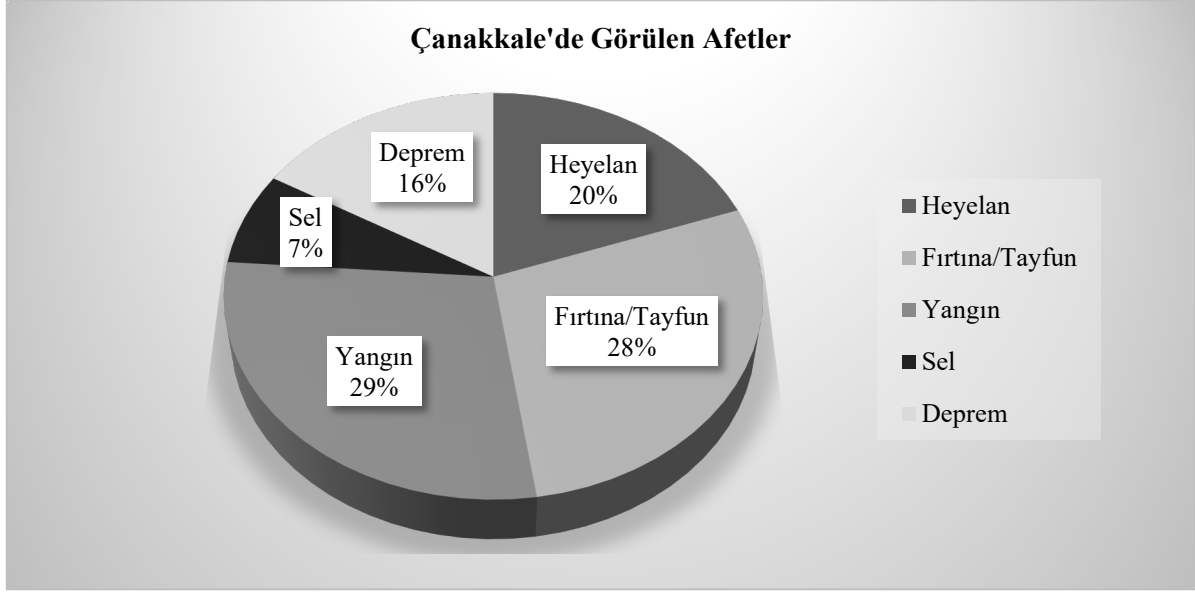


Şekil 1: TAMP'ın Hedefleri (AFAD 2013)

Figure 1: The goals of Turkey's National Disaster Response Plan (AFAD 2013)

2.4) Çanakkale Afet Müdahale Planı ve Afet Durumu

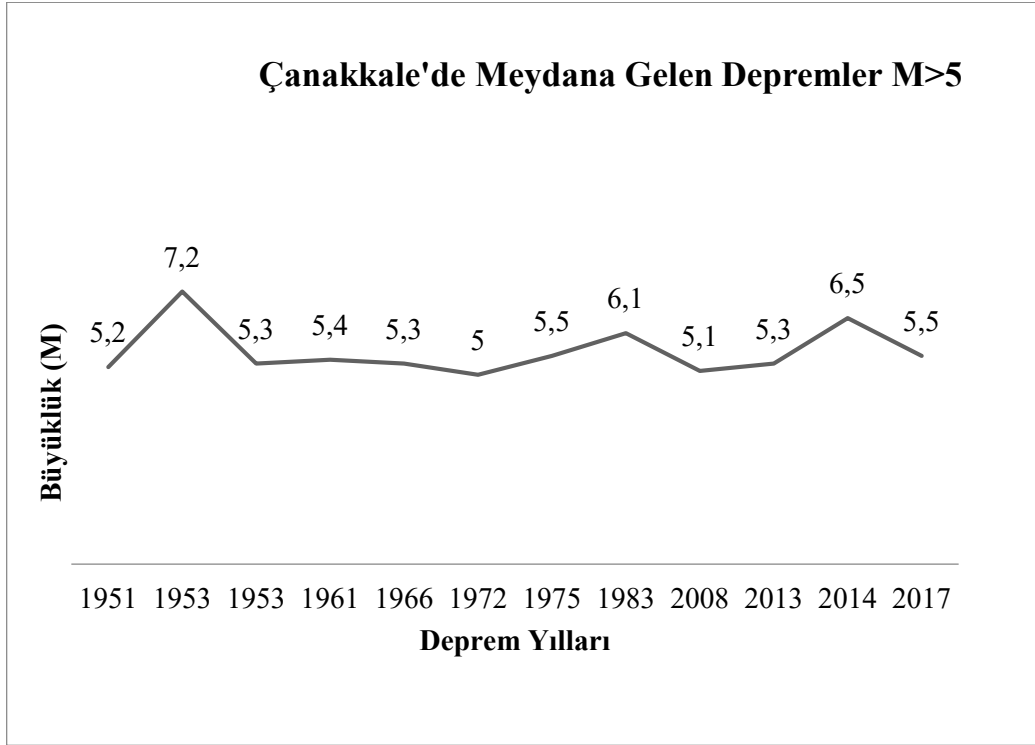
Çanakkale İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü tarafından oluşturulan Çanakkale Afet Müdahale Planı (ÇAMP), ili etkileyecek acil durum veya afetlerin, tehlike ve risk kapasitesinin belirlenmesi ve bu tehlike ve risklere karşı hazırlık yapma şekillerini belirlemektedir. TAMP'ın kapsamında bulunan Çanakkale Afet Müdahale Planı'nda hazırlık, müdahale ve iyileştirme aşamaları İl'in karşı karşıya kalabileceği afet senaryolarına göre hazırlanmıştır (Şekil 2).



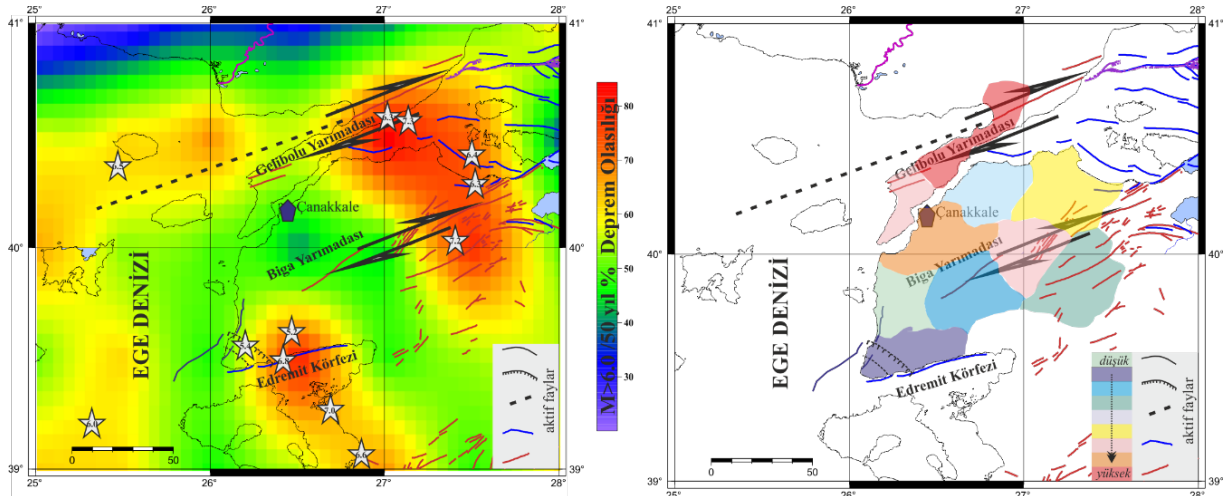
Şekil 2: 1950-2020 Yılları Arasında Çanakkale'de Görülen Afet Yüzdeleri (AFAD 2020)
Table 2: Percentages of Disasters in Canakkale between 1950-2020 (AFAD 2020)

ÇAMP'ta, bulunması gereken donanımın listesi ve depolama biçimi, afet sonrası ortaya çıkabilecek ihtiyaçların karşılanma biçimi, halk ve personelin eğitim ve bilgilendirilme şekli gibi temel konular yer almaktadır. Ayrıca ÇAMP planının içeriğinde afet sonrasında halkın tehlikeli bölgelerden uzaklaştırılarak, güvenli ortam sağlanması amacıyla 12'si merkez olmak üzere toplam 127 tane Afet ve Acil Durum Toplanma Alanı belirlenmiştir. Çanakkale, merkez ve çevre ilçeleri ile 9.933 km² yerleşim ve kullanım alanlarına sahip ve nüfusu 541.548 (TÜİK 2020) olan bir ildir. Akdeniz ve Marmara iklimi yaygın olarak görülen İl'in %55'ini ormanlık alan oluşturur. Kuzey rüzgârlarından poyraz, yıldız, lodos ve kıblenin estiği görülür. Türkiye'nin kuzeybatısında yer alan Çanakkale'nin topraklarının büyük kısmının topoğrafyası düşük kotlu ve engebeldir. İstanbul'dan sonra Avrupa ve Asya kıtasını birbirine bağlayan ikinci bir İl olan Çanakkale Boğazın her iki yanında yerleşim ve kullanımı olan yaygın alana sahiptir.

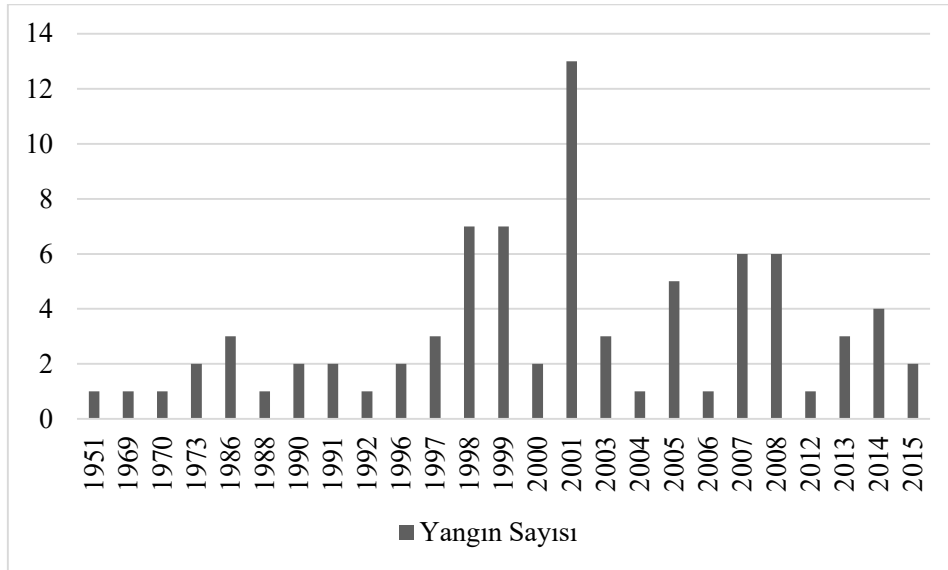
Çanakkale ve yakın çevresini tehdit eden fay sistemleri Türkiye'nin kuzeybatısında olup, deprem tehlikesi açısından Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) batı uzantısının etkisi altındadır. Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) batı uzantılarının oluşturduğu düşey ve yanal davranış gösteren bu faylanmalar özellikle Biga Yarımadası'nda önemli yerleşim birimlerini tarihsel ve aletsel dönemde yıkıcı etkisi ile tehdit ettiği bilinmektedir (Selim ve diğ. 2005, Kalkan ve diğ. 2008, Akol ve Bekler 2013, Gezer ve Bekler 2021). Saros-Gaziköy Fayı, Etili Fayı, Çan-Biga Fay Zonu, Sarıköy Fayı ve Yenice-Gönen Fayı başta olmak üzere Ege Denizi ve Edremit Körfezi'ndeki aktif faylar 1950-2020 yılları arasında büyüklüğü M>5.0 olan 50 adet deprem üretmiştir (Şekil 3, Şekil 4). Son olarak 6 Şubat 2017 tarihinde M=5.3 (AFAD deprem kataloğu) büyüklüğünde Ayvacık ilçesinde meydana gelen orta ölçekli depremde başta Ayvacık merkez köylerindeki (Yukarıköy, Babakale, Bademli, Çamköy, Taşağıl, Tuzla) kerpiç, kâgir ve daha düşük kaliteli yığma tipi yapıların önemli ölçüde hasar aldığı ve yıkıldığı gözlenmiştir (AFAD 2017).



Şekil 3: Çanakkale'de 1950-2021 Yılları Arasında M>5 Olan Depremler
Figure 3: Earthquakes occurred in Çanakkale and its surroundings between 1950-2021 (M>5)

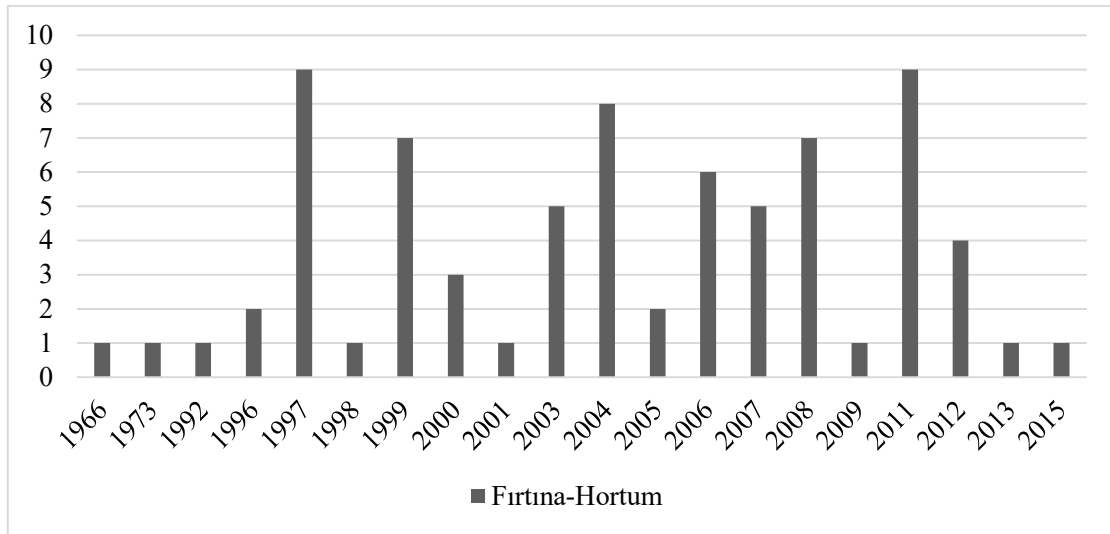


Çanakkale'de Akdeniz ikliminin görülmesiyle yazları sıcaklık ve kuraklık artmaktadır. Artan sıcaklık ve kuraklık nedeniyle orman yangınları çıkmaktadır. Orman yangınları genellikle Haziran aylarında görülmeye başlar, Ekim aylarında ise son bulur (Türkeş ve Altan 2012). 1950-2020 yılları arasında Çanakkale ilinde toplam 85 orman yangını olayı görülmüş, 238.6 hektarlık alan yok olmuştur. Orman yangınları, Çanakkale'de görülen afet türlerinden %29'la en fazla paya sahiptir (Şekil 5).



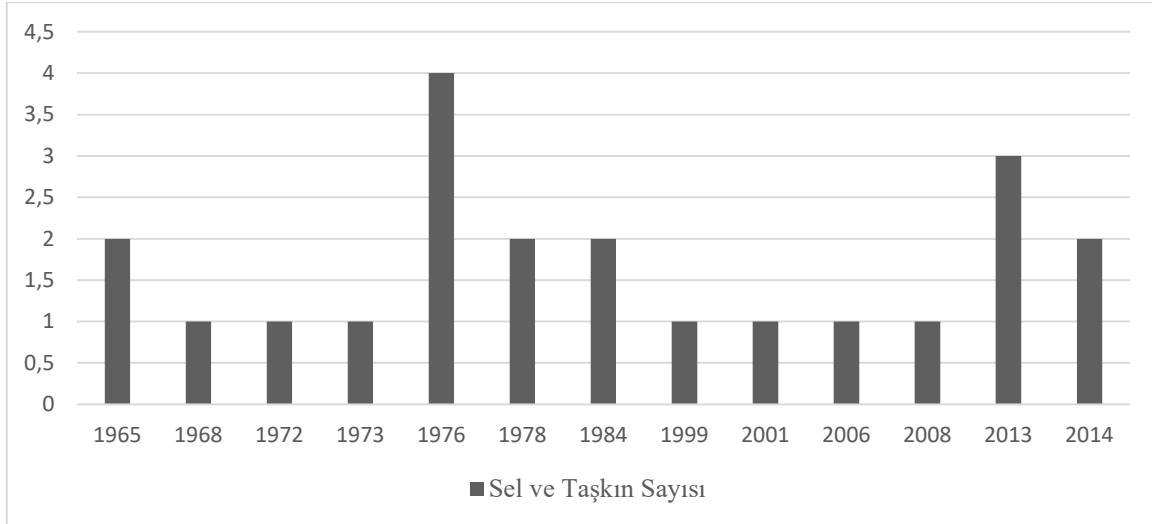
Şekil 5: 1950-2020 Yılları Arasında Çanakkale'de Görülen Orman Yangın Sayısı (AFAD 2020)
Figure 5: Number of Forest Fires in Canakkale Between 1950-2020 (AFAD 2020)

Çanakkale'de yıl boyu süren rüzgâr, deniz ulaşımı ve balıkçılık sektörünü olumsuz yönde etkilemektedir (Alpaslan ve diğ. 2003). Çanakkale, Türkiye ortalamasının üstünde rüzgâr ve fırtına indisine sahiptir. Çanakkale'de 1950-2020 yılları arasında görülen doğa kaynaklı afetlerden fırtına-hortum meteorolojik afetler genelinde %28'lik oranla ikinci sırada yer almaktadır (Şekil 6).



Şekil 6: 1950-2020 Yılları Arasında Çanakkale'de Görülen Fırtına-Hortum Sayısı (AFAD 2020)
Figure 6: Number of Storms and Tornadoes in Canakkale Between 1950-2020 (AFAD 2020)

Ülkemizin genellikle dağlık, engebeli ve eğimli arazi üzerinde kurulması ve deprem fay hattı üzerinde bulunması nedeniyle heyelanlar büyük risk faktörüdür. Çanakkale'de heyelan nedeniyle can kaybı sayısının düşük olması, riskin olmadığı anlamına gelmemektedir. Heyelan afetinin, Çanakkale bölgesinde görülen diğer doğa kaynaklı afetlere göre oranı %20'dir (Parlak 2020). Türkiye'nin çeşitli bölgelerinden önemli sayıda can ve mal kaybına neden olan sel ve taşkınlar aşırı yağışlar nedeniyle dere yataklarının taşması, altyapı yetersizlikleri ve düzensiz kentleşme sonucu ortaya çıkmaktadır. Çanakkale'nin, yazın sıcak ve kurak, kışın yağışlı iklimi, sel ve taşkınlara yatkınlığını arttırmaktadır (Şekil 7).



Şekil 7: 1950-2020 Yılları Arasında Çanakkale'de Görülen Sel ve Taşkın Sayısı (AFAD 2020)
Figure 7: The Number of Floods and Floods in Canakkale Between 1950-2020 (AFAD 2020)

Genellikle Lapseki-Çınarlı deresindeki taşkınlar, Çanakkale-Biga yolunu etkilemektedir (Sağlık 2020). 1950-2020 yılları arasında 22 adet sel ve taşkın afetine rastlanmıştır. Çanakkale'den görülen doğa kaynaklı afetlerden sel ve taşkınlar %7'lik oranla son sırada yer almaktadır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çanakkale konumu ve iklimi nedeniyle afetsellik bakımından üst sıralarda yer almaktadır. Bu afetler sırasıyla yangın, fırtına/tayfun, heyelan, deprem ve seldir. Yıkıcı etkisi en fazla olan afetlerin Çanakkale ilinde görülüyor olması, araştırma ili olarak seçilmesine neden olmuştur. Afet bölgelerinde yaşayan toplumların bilinçsiz ve afetlere karşı hazırlıksız olması, mal ve can kaybının fazlalığıyla sonuçlanmaktadır.

Çanakkale'nin merkezinde yapılan mevcut çalışmada bireylerin afetler hakkındaki bilgi düzeyi ve almış oldukları tedbirler değerlendirilmiştir. Bununla beraber, bilinç ve farkındalık düzeyleri de belirlenerek çıkan sonuçlar ışığında önlemler ve eğitim planlamalarının nasıl olması gerektiği hedeflenmiştir.

Araştırma anketinde yer alan soruların temel amaçları bir araya toplanarak aşağıdaki hali ile sıralanmıştır;

- Çanakkale merkezinde bulunan bireyler afetler hakkında eğitim aldı mı?
- Bireyler afetlere karşı hazırlık yaptı mı?
- Halk afetler hakkında bilgi sahibi mi?
- Afetler konusunda eğitim veren kurum ve kuruluşları tanınıyor mu?
- Çanakkale'nin birinci derece deprem bölgesi olduğu biliniyor mu? Çanakkale'nin deprem tehlikesinin yüksek olduğu biliniyor mu?
- Depremin verebileceği zararları azaltmak için herhangi bir önlem alınmış mı?
- Deprem öncesi yapılacaklar hakkında bilgi sahibi mi?

3.1) Araştırmanın Örnekleme ve Sınırlılıkları

Araştırma anketi 2020 yılı Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında Çanakkale şehir merkezinde yapılmıştır. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi'nin 2000184612 sayılı ve 08.12.2020 tarihli Etik Kurul onayı ile izni alınmıştır. İzin ile ilgili bilgiler <http://dergipark.org.tr/tr/pub/tdad/page/13501> web adresinde yer almaktadır. Çalışmanın yapıldığı tarihlerde dünya genelinde COVID-19 salgın hastalığının olması insanlarla iletişim kurmayı güçleştirmiştir. Ayrıca yaz aylarının sıcak ve

rüzgârlı olması anket yapılma süresinin uzamasına neden olmuştur. Çalışmanın hedef kitlesini Çanakkale ili merkezinde bulunan bireyler oluşturmuştur. 542 binlik nüfusa sahip olan ilin tamamına anket yapmanın mümkün olmadığı için örnekleme metotlarından; olasılıklı örnekleme grubuna dâhil olan “rastlantısal örnekleme yöntemi” kullanılmıştır. Tüm bir popülasyonu incelemek mümkün olmadığında, rastlantısal örnekleme metodu kullanılarak daha küçük bir örnekleme alınır. Bu aşamada Slovin formülü (eşitlik 1), bir araştırmacının popülasyonu belirli bir doğruluk derecesi ile örneklemesini mümkün kılar (Stephanie 2003). Slovin yaklaşımı, araştırmacıya, sonuçların kabul edilebilir bir doğruluğunu sağlamak için örnek boyutunun ne kadar büyük olması gerektiği konusunda bir fikir verir. Slovin ifadesi eşitlik (1)’de aşağıdaki normu ile verilmiştir:

$$n = \frac{N}{(1 + Ne^2)} \quad (1)$$

burada, n = Örnek sayısı, N = Toplam popülasyon ve e = Hata toleransıdır.

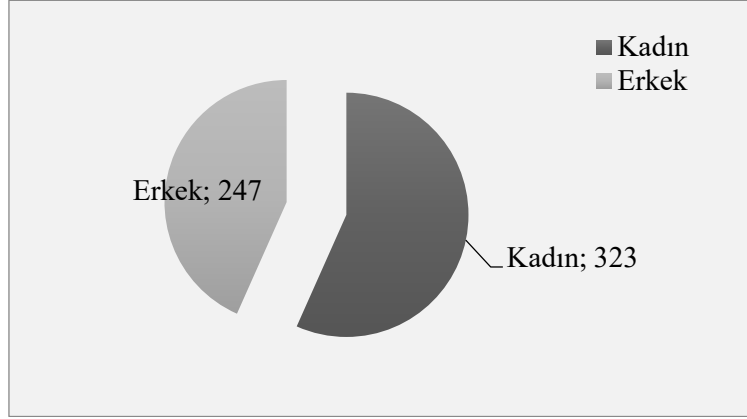
Formülü işletmek için önce hata toleransı bulunur. Rastlantısal örnekleme yönteminde, örnekleme dâhil olacak örneklerin seçimi araştırmacı tarafından yapılmaz. Bir evren belirlenir ve bu evren sınırları içerisinde kalan örnekler rasgele seçilir. Rastlantısal örnekleme yönteminin alt başlığı olan sistematik rasgele örnekleme metodunda ise evrenin büyük olduğu, her bireye ulaşma şansının olmadığı durumlarda kullanılır. Örneklemin büyüklüğü ise 541,548 nüfusa sahip olan Çanakkale ilinin %95 güven aralığı %5 hata toleransı ile 384 kişi olarak bulunmuştur. Anketlerin doldurulması sırasında karşılaşılabilecek sorunların güven aralığını düşürmemesi amacıyla fazladan anket uygulaması yapılmıştır. Örneklem, 323’ü kadın, 247’si erkek olmak üzere toplam 570 kişiden oluşmuştur. Anket sorularından 3 tanesi sosyo-demografik durumu, 14 tanesi de afet ve deprem bilinç düzeyini belirleme amacını içermektedir. Anketin giriş bölümünde katılımcıların bilgilendirilmesi yapılmış olup, onayları alınmıştır.

3.2) Araştırmanın Veri ve Yöntemi

Çalışmada yer alan anket soruları ve elde edilen verinin istatistik analizine göre normallik testleri yapılmış ve verinin normal dağılmadığı belirlenmiştir. Normal dağılmayan verinin ise “p” değerinin 0.05’den küçük olması durumunda istatistiksel olarak anlamlı kabul edilerek, Kruskal-Wallis analizi yapılmıştır. İstatistik yaklaşımda anlamlı farklılığı oluşturan veriyi bulmak içinde “Post-Hoc Tukey” testi uygulanmıştır. Veride çapraz tablolar oluşturulmuş ve kategorik değişkenler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla Ki-kare (Chi-square) bağımsızlık testinden yararlanılmıştır. Çoklu seçeneklerin işaretlenebildiği sorularda değerlendirme için çoklu yanıt analizi kullanılmıştır.

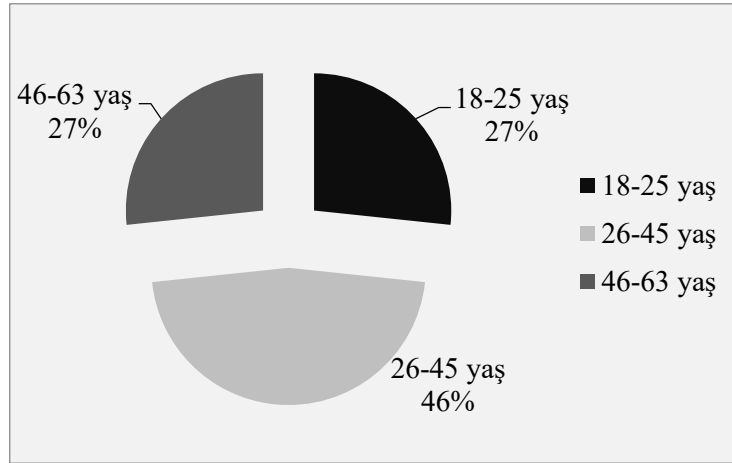
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çanakkale ilinde yapılan ankete katılanların cinsiyet durumu incelendiğinde, 323’ü kadın, 247’si ise erkek olmak üzere toplam 570 kişiden oluşmaktadır (Şekil 8).



Şekil 8: Ankete katılanların cinsiyet yüzdesi
Figure 8: Percentage of gender of respondents

Ankete katılan bireylerin yaş dağılımları incelendiğinde, 152'si 18-25 yaş aralığında 266'sı 26-45 aralığında, diğer 152'si ise 46-63 yaş aralığındadır (Şekil 9). Bireylerin yaş dağılım şablonuna göre 26-45 yaş aralığındaki katılımcı oranının (%46) yüksek olduğu, 18-25 yaş ile 46-63 yaş grubunun eşit oranda (%27) olduğu görülmüştür.



Şekil 9: Ankete katılanların yaş aralığı yüzdesi
Figure 9: Percentage of age range of respondents

Yapılan araştırmaya katılanların eğitim durumları incelendiğinde ise 133 (%23.3) ilkokul mezunu, 95 (%16.7) lise mezunu, 95 (%16.7) önlisans mezunu, 209 (%36.7) lisans mezunu ve 38 (%6.7) lisansüstü mezunu olduğu saptanmıştır (Tablo 1).

Tablo 1: Katılımcıların eğitim düzeyi dağılımı
Table 1: Education level distribution of the participants

Öğretim Durumu	Sıklık (s)	Yüzde (%)
İlkokul	133	23.30
Lise	95	16.70
Önlisans	95	16.70
Lisans	209	36.70
Lisansüstü	38	6.70

Katılımcıların “Afetlerle ilgili herhangi bir eğitim veya tatbikata katıldınız mı?” sorusuna 380 (%66.7) kişi evet, 190 (%33.3) kişi hayır cevabını vermiştir. Bu soruya evet yanıtını veren katılımcılara eğitim veya tatbikata nerde katıldıkları sorulduğunda ise okulda eğitim alanı sayısı 76 (%13.3), AFAD Eğitim Merkezlerinde alan sayısı 114 (%20), diğer seçeneğini işaretleyenlerin sayısı 190 (%33.3) olarak bulunmuştur (Tablo 2).

Tablo 2: Katılımcıların afetlerle ilgili eğitim veya tatbikata katılma durumu
Table 2: Participation of participants in training or exercise related to disasters

Afetlerle ilgili herhangi bir eğitim veya tatbikata katıldınız mı?	Sıklık (s)	Yüzde (%)
Evet	380	66.70
Hayır	190	33.30
Eğitim veya tatbikata nerde katıldınız?	Sıklık (s)	Yüzde (%)
Okulda	76	13.30
AFAD Eğitim Merkezlerinde	114	20
Diğer	190	33.30

Katılımcıların “Evinizde Aile Afet Planınız var mı?” sorusuna vermiş olduğu cevaplardan; var sayısı 190 (%33.3) kişi, hayır yok sayısı 361 (%63.3) kişi, fikrim yok cevabını veren ise 19 (%3.3) kişi olarak bulunmuştur (Tablo 3).

Tablo 3: Katılımcıların evlerinde aile afet planı bulunma durumu
Table 3: The status of having a family disaster plan at the participants' homes

Evinizde Aile Afet Planınız var mı?	Sıklık (s)	Yüzde (%)
Var	190	33.4
Yok	361	63.3
Fikrim yok	19	3.3

Afet durumunda afet çantalarının kullanımı ile ilgili katılımcıların verdikleri yanıtların değerlendirilmesinde sayı ölçeği, yanıtlayan için seçim yapılabilecek şekilde puanlama kategorisi olarak değerlendirilmiştir. Bu şekilde verilen yanıt ölçeği her kategorininim puan değeri ile tanımlanması olarak kullanılmıştır. Yanıt puanları katılımcının konu üzerinde bilgi sahibi olmasına göre 5 temel kategoriye göre değerlendirilmiştir. Buna bilgi düzeyleri; 5 çok yüksek, 4 yüksek, 3 orta seviye, 2 düşük, 1 çok düşük olarak kategorize edilmiştir.

Katılımcıların afet çantası hakkındaki bilgi düzeylerini ölçme amacıyla kendi kendilerini değerlendirdikleri soruda; 2 puan veren 76 (%13.3) kişi, 3 puan veren 266 (%46.7) kişi, 4 puan veren 171 (%30) kişi, 5 puan veren 57 (%10) kişi olmuştur. Kendisine 1 puan veren ise yoktur (Tablo 4).

Tablo 4: Katılımcıların afet ve acil durum çantası hakkındaki bilgi düzeylerine verdikleri puan
Table 4: The score given to the level of knowledge of the participants about the disaster and emergency kit

Afet çantası hakkındaki bilgi düzeyinize kaç puan verirsiniz?	Sıklık (s)	Yüzde (%)
1 puan	0	0
2 puan	76	13.30
3 puan	266	46.70
4 puan	171	30
5 puan	57	10

Çalışma anketine katılanların “Oturduğunuz evin depreme dayanıklı olduğunu düşünüyor musunuz?” sorusuna verdikleri cevaplarda; kesinlikle evet yanıtını işaretleyen kişi sayısı 57 (%10), evet yanıtını işaretleyen kişi sayısı 304 (%53.3), hayır yanıtını işaretleyen kişi sayısı 114 (%20), fikrim yok yanıtını işaretleyen kişi sayısı 95’dir (%16.7). Kesinlikle hayır yanıtını işaretleyen olmamıştır (Tablo 5).

Tablo 5: Katılımcıların evlerinin depreme dayanıklı olup, olmadığını düşünme durumu
Table 5: The state of the participants to consider whether their houses are earthquake resistant or not

Oturduğunuz evin depreme dayanıklı olduğunu düşünüyor musunuz?	Sıklık (s)	Yüzde (%)
Kesinlikle evet	57	10
Evet	304	53.30
Kesinlikle hayır	0	0
Hayır	114	20
Fikrim yok	95	16.70

Katılımcıların 532’si (%93.3) daha önceden herhangi bir afetle karşılaştığını, 38’i (%6.3) herhangi bir afetle karşılaşmadığını belirtmiştir. Katılımcılardan bir afetle karşılaşmış olduğunu hatırlamadığını belirten bulunmamaktadır (Tablo 6).

Tablo 6: Katılımcıların bir afetle karşılaşmış veya karşılaşmamış durumu
Table 6: Whether or not the participants faced a disaster

Şu ana kadar herhangi bir boyutta afet ile karşılaştınız mı?	Sıklık (s)	Yüzde (%)
Evet	532	93.30
Hayır	38	6.70

Katılımcılardan olası bir afete kesinlikle hazırlıksız olduğunu düşünen 57 (%10) kişi, hazırlıksız olduğunu düşünen 304 (%53.3) kişi, kesinlikle hazırlıklı olduğunu düşünen 38 (%6.7) kişi, hazırlıklı olduğunu düşünen 114 (%20) kişi, fikrim yok yanıtını veren 57 (%10) kişidir (Tablo 7).

Tablo 7: Katılımcıların bir afete karşı hazırlık olup olmadığı durumu
Table 7: Whether participants are prepared for a disaster

Olası bir afete karşı ne kadar hazırlıklısınız?	Sıklık (s)	Yüzde (%)
Kesinlikle hazırlıksızım	57	10
Hazırlıksızım	304	53.30
Kesinlikle hazırlıklıyım	38	6.70
Hazırlıklıyım	114	20
Fikrim yok	57	10

Katılımcılara Çanakkale'nin yüksek deprem tehlikesinde olup, olmadığı sorusu sorulduğunda; 399'u (%70) evet yanıtını, 95'i (%16.7) hayır yanıtını, 76'sı (%13.3) fikrim yok yanıtını vermiştir (Tablo 8).

Tablo 8: Katılımcıların "Çanakkale yüksek deprem tehlikesi içeren bölgede midir?" sorusuna verdiği yanıtlar

Table 8: "Is Çanakkale in a high earthquake hazard region?" answers to the question

Çanakkale 1. derece deprem bölgesi midir?	Sıklık (s)	Yüzde (%)
Evet	399	70
Hayır	95	16.70
Fikrim yok	76	13.30

Katılımcıların afetlere karşı evlerinde veya işyerlerinde önlem alıp, almadıkları sorulduğunda; 247'si (43.3) önlem aldığını, 323'ü (%56.7) önlem almadığını belirtmiştir (Tablo 9).

Tablo 9: Katılımcıların afetlere karşı evlerinde veya işyerlerinde önlem alıp almama durumu
Table 9: Whether the participants take precautions against disasters in their homes or workplaces

Afetlerin verebileceği zararları azaltmak için evinizde veya işyerinizde herhangi bir önlem aldınız mı?	Sıklık (s)	Yüzde (%)
Evet, aldım	247	43.30
Hayır, almadım	323	56.70

Katılımcıların afet öncesi ve anında neler yapılacağı ile ilgili bilgi düzeyini ölçme amacıyla kendi kendilerini değerlendirdikleri soruda; 2 puan veren 76 (%13.3) kişi, 3 puan veren 266 (%46.7) kişi, 4 puan veren 171 (%30) kişi, 5 puan veren 57 (%10) kişi olmuştur. Kendisine 1 puan veren ise yoktur (Tablo 10).

Tablo 10: Katılımcıların afet öncesi ve anında neler yapılacağı ile ilgili bilgi düzeylerine verdikleri puan
Table 10: The points given by the participants to the level of knowledge about what to do before and during the disaster

Afet öncesi ve anında neler yapılacağı ile ilgili bilgi düzeyinize kaç puan verirsiniz?	Sıklık (s)	Yüzde (%)
1 puan	20	3.50
2 puan	114	20.0
3 puan	266	46.70
4 puan	132	23.10
5 puan	38	6.70

Çanakkale ilindeki halkın, afet bilinci ve farkındalık düzeyini ölçme amacıyla yapılmış olan ankette doğru yanıtla 1 puan, yanlış yanıtla ise 0 puan verilmiştir. Ankette 1'den 19'a kadar puan alınabilmektedir. Alınan puan ortalaması 11.67 olarak bulunmuştur (Tablo 11).

Tablo 11: Katılımcıların ankette aldıkları puan dağılımları
Table 11: Distribution of the scores of the participants from the survey

	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std.Sapma
Puan	570	2	19	11.67	5.013

Ankette en çok %26.6'lık oranla 6-8 puan, en az %8.1'lik oranla da 9-11 puan alınmıştır. İkinci sırada ise %23.3'lük oranla 15-17 puan yer almaktadır (Tablo 12).

Tablo 12: Katılımcıların ankette aldıkları puan yüzde aralıkları
Table 12: The percentage ranges of the scores that the participants got from the survey

	N	Yüzde
1-5 puan	58	10.20
6-8 puan	152	26.60
9-11 puan	46	8.10
12-14	105	18.40
15-17 puan	133	23.30
18-19 puan	76	13.30
Total	570	100

Katılımcıların afet bilincini ölçen ankette aldıkları puan ile eğitim veya tatbikata katılım durumu ve katıldıysa nerede katıldığı incelendiğinde "hayır, almadım", "AFAD Eğitim Merkezlerinde aldım" ve "diğer" yanıtıyla istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmıştır ($p < 0.05$). Afet eğitimini okulda edinenlerin afet bilincini yükseltmediği görülmektedir (Tablo 13).

Tablo 13: Anket puanları ile tatbikat/eğitime katılma durumunun çoklu bağımsız değişkenlerle analizi
Table 13: Analysis of survey scores and participation in exercise/training with multiple independent variables

Afetlerle ilgili herhangi bir eğitim veya tatbikata katıldınız mı? Evet ise nerede katıldınız?	N	Ki-Kare	p değeri
Hayır, almadım	190	21.291	0.000
Okulda aldım	76	0.307	0.580
Afad Eğitim Merkezlerinde aldım	114	105.74	0.000
Diğer	190	6.101	0.013

Anketten alınan puanlar ile “Evinizde Aile Afet Planınız var mı?” sorusuna verilen yanıtların durumu çoklu bağımsız değişkenlerle karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur. Farklılığı yaratan grubun belirlenmesi amacıyla Post-Hoc Tukey testi yapılmış ve “var” seçeneğini işaretleyen grup olarak bulunmuştur. Evde aile afet planının varlığı, afet bilinci düzeyini etkileyen faktörlerden olduğu saptanmıştır (Tablo 14).

Tablo 14: Anket puanları ile aile afet planının var olup/olmadığı durumunun çoklu bağımsız değişkenlerle analizi

Table 14: Analysis of survey scores and whether there is a family disaster plan with multiple independent variables

Evinizde Aile Afet Planınız var mı?	N	Ki-Kare	p değeri
Var	190		
Yok	361	48.224	0.000
Fikrim yok	19		
Anlamlı farklılığı yaratan grup: “Var”			

Anketten alınan puanlar ile oturdukları evin dayanıklı olup/olmadığını düşünme durumunun karşılaştırılmasında istatistiksel olarak anlamlı farklılığa sahip olduğu görülmüştür. Farklılığı yaratan grubun belirlenmesi amacıyla Post-Hoc Tukey testi yapılmış ve “hayır” seçeneğini işaretleyen grup olarak bulunmuştur. Bu sorunun afet bilinci düzeyi arasında ilişki bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır (Tablo 15).

Tablo 15: Anket puanları ile oturdukları evin depreme dayanıklı olup/olmadığını düşünme durumunun çoklu bağımsız değişkenlerle analizi

Table 15: Analysis of the question of whether the house participants live in is earthquake resistant or not, with multiple independent variables

Oturduğunuz evin depreme dayanıklı olduğunu düşünüyor musunuz?	N	Ki-Kare	p değeri
Kesinlikle evet	57		
Evet	304		
Kesinlikle hayır	0	43.794	0.002
Hayır	114		
Fikrim yok	95		
Anlamlı farklılığı yaratan grup: “Hayır”			

Katılımcıların ankete vermiş olduğu cevapların puanlaması ile herhangi bir boyutta afetle karşılaşmış, karşılaşmama durumu arasındaki istatistiksel anlamlı farklılık görülmemiştir ($p>0.05$). Katılımcıların afete karşılaşmış, karşılaşmama durumunun anket puanlarını etkilemediği belirlenmiştir (Tablo 16).

Tablo 16: Anket puanları ile şu ana kadar herhangi bir boyutta afet ile karşılaşma durumunun çoklu bağımsız değişkenlerle analizi

Table 16: Analysis of the situation of encountering a disaster of any size so far with multiple independent variables with survey scores

Şu ana kadar herhangi bir boyutta afet ile karşılaştınız mı?	N	Ki-Kare	p değeri
Evet	532		
Hayır	38	13.626	0.084
Hatırlamıyorum	0		

Çalışmada yer alan anket puanları ile “Olası bir afete karşı ne kadar hazırlıklısınız?” sorusuna verilen yanıt karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p>0.05$). Afete hazırlıklı olup/olmama durumu ile anket puanları arasında herhangi bir ilişki bulunmadığı kanaatine ulaşılmıştır (Tablo 17).

Tablo 17: Anket puanları ile olası bir afete karşı ne derecede hazır olduğu durumunun çoklu bağımsız değişkenlerle analizi

Table 17: Analysis of the level of preparedness against a possible disaster with survey scores with multiple independent variables

Olası bir afete karşı ne kadar hazırlıklısınız?	N	Ki-Kare	p değeri
Kesinlikle hazırlıksızım	57		
Hazırlıksızım	304		
Kesinlikle hazırlıklıyım	38	46.548	0.197
Hazırlıklıyım	114		
Fikrim yok	57		

Çanakkale ilinde yer alan bireylerin afet bilinç düzeyini ölçen çalışmada anket puanları ile afetlere karşı önlem alınıp/alınmama durumu arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır ($p=0.00$). Farklılığı yaratan grubun belirlenmesi amacıyla Post-Hoc Tukey testi yapılmış ve “hayır, almadım” seçeneğini işaretleyen grup olarak bulunmuştur. Afetlere karşı önlem alınmama durumu ile anket puanları arasında bağlantının var olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Tablo 18).

Tablo 18: Anket puanları ile afetlerin verebileceği zararları azaltmak için önlem alıp, almama durumunun çoklu bağımsız değişkenlerle analizi

Table 18: Analysis of survey scores and whether or not to take measures to reduce the damages that may be caused by disasters with multiple independent variables

Afetlerin verebileceği zararları azaltmak için evinizde veya işyerinizde herhangi bir önlem aldınız mı?	N	Ki-Kare	p değeri
Evet, aldım	247	12.465	0.000
Hayır, almadım	323		

Anlamlı farklılığı yaratan grup: "Hayır, almadım"

Anket puanları ile sosyo-demografik durumların karşılaştırılmasının istatistiksel olarak analizi yapılmıştır. Anketten alınan puanlar ile yaş durumunun istatistiksel analizinde p değeri 0.002 olarak bulunmuştur. Bunun anlamı ise yaş durumunun istatistiksel anlamlılık yarattığı, anket puanlarının yaş ile değiştiği belirlenmiştir. Anlamlı farklılık yaratan yaş grubunun belirlenmesi için Post-Hoc Tukey testi yapılmış ve "46-63 yaş" farklılık yaratan grup olarak bulunmuştur (Tablo 19).

Tablo 19: Anket puanları ile yaş durumunun çoklu bağımsız değişkenlerle analizi

Table 19: Analysis of survey scores and age with multiple independent variables

Yaş durumu	N	Ki-Kare	p değeri
18-25 yaş	152	12.004	0.002
26-45 yaş	266		
46-63 yaş (Anlamlı farklılığı oluşturan grup)	152		

Anket puanları ile eğitim durumunun istatistiksel olarak analizinde anlamlı farklılığa rastlanmıştır. Eğitim durumu anket puanları üzerinde anlam ifade etmektedir. Anlamlı farklılık yaratan grubunun belirlenmesi için Post-Hoc Tukey testi yapılmış ve "İlkokul" ve "Lisansüstü farklılık yaratan grup olarak bulunmuştur (Tablo 20).

Tablo 20: Anket puanları ile eğitim durumunun çoklu bağımsız değişkenlerle analizi

Table 20: Analysis of survey scores and educational status with multiple independent variables

Eğitim durumu	N	Ki-Kare	p değeri
İlkokul	133	156.64	0.000
Lise	95		
Önlisans	95		
Lisans	209		
Lisansüstü	38		

Anlamlı farklılığı yaratan grup: "İlkokul" ve "Lisansüstü"

Anket çalışmasından alınan puanlar ile cinsiyet durumunun istatistiksel analizinde anlamlı farklılık saptanmamıştır. Cinsiyetin afet bilinç düzeyi üzerinde herhangi bir etkisi bulunmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Çoktan seçmeli, bilgi ölçmeyi amaçlayan soruların analizi ise şu şekildedir (Tablo 21):

Tablo 21: Anket puanları ile cinsiyet durumunun çoklu bağımsız değişkenlerle analizi
Table 21: Analysis of survey scores and gender status with multiple independent variables

Cinsiyet durumu	N	Ki-Kare	p değeri
Kadın	323	1.459	0.227
Erkek	247		

Çoktan seçmeli sorulardan olan “Acil durum planı hazırlamanın amaçları hangisi veya hangileridir?” sorusunun tüm cevapları doğru olarak belirlenmiştir. Yapılan ankette katılımcılardan “Acil durumlara karşı her zaman hazır bulunulması” yanıtı doğru cevaplayan 513 (%90) kişi, “Acil durumların neden olduğu sorunların hızlı ve etkili bir şekilde sınırlandırılması” yanıtını doğru cevaplayan 323 (%56.7) kişi, “Acil servis hizmetleri olay yerine ulaşım kontrol altına alana kadar olayın yönetilmesi” yanıtını doğru cevaplayan 304 (%53.3) kişi, “Dışarıdan gelen acil durum ekiplerine bilgi verilerek yardımcı olunması” yanıtını doğru cevaplayan ise 190 (%33.3) kişi olarak belirlenmiştir. Yanıtların giderek daha detaylı bilgi içermesi doğru olarak işaretlenmesi ihmalini azaltmıştır. Bu bilgiler hakkında kişilerin herhangi bir fikrinin olmaması, yani konunun bilinmemesi doğru yanıtın işaretlenmemesine neden olduğu görülmüştür (Tablo 22).

Tablo 22: Katılımcıların acil durum planı bilgisinin analizi
Table 22: Analysis of participants' emergency plan information

Acil durum planı hazırlamanın amaçları hangisi veya hangileridir?	Sıklık (s)	Yüzde (%)
Acil durumlara karşı her zaman hazır bulunulması	513	90.00
Acil durumların neden olduğu sorunların hızlı ve etkili bir şekilde sınırlandırılması	323	56.70
Acil servis hizmetleri olay yerine ulaşım kontrol altına alana kadar olayın yönetilmesi	304	53.30
Dışarıdan gelen acil durum ekiplerine bilgi verilerek yardımcı olunması	190	33.30

Katılımcıların “Deprem Çantası Nedir?” sorusunun doğru olan “Afet sonrası gerekli olan ilk yardım malzemelerinin önceden hazırlandığı çantadır.” yanıtına 133 (%23.3) kişi, diğer doğru olan “Deprem sonrası ilk 72 saatte, yardım ekipleri ulaşana kadar acil ihtiyaçların karşılandığı çantadır.” yanıtına ise 437 (%76.7) kişi işaretleme yapmıştır. Bu sorunun yanlış olan “Afet sonrası arama kurtarma çalışmaları için gerekli olan malzemelerin bulunduğu çantadır.” yanıtına ise 256 (%44.9) kişi işaretleme yapmıştır. Soru hakkında fikri olmadığını belirten grup ise 10 (%1.7) kişi olarak belirlenmiştir. Yapılan ankette doğru yanıtları işaretleyen grubun %50’den fazla olması afetler hakkındaki bilgi düzeylerinin yüksek olduğunu fakat aynı zamanda yanlış cevabında işaretlenme oranının fazlalığı bilgi düzeyinin sorgulanmasına sebep olmaktadır (Tablo 23).

Tablo 23: Deprem çantası kullanım amacı bilgisinin analizi
 Table 23: Analysis of earthquake kit-bag usage purpose information

Deprem Çantası Nedir?	Sıklık (s)	Yüzde (%)
Afet sonrası gerekli olan ilk yardım malzemelerinin önceden hazırlandığı çantadır.	133	23.30
Deprem sonrası ilk 72 saatte, yardım ekipleri ulaşana kadar acil ihtiyaçların karşılandığı çantadır.	437	76.70
Afet sonrası arama kurtarma çalışmaları için gerekli olan malzemelerin bulunduğu çantadır.	256	44.90
Fikrim yok	10	1.70

Katılımcılardan “Afetlerle ilgili eğitim veren kurumlar hangileridir?” sorusunu cevaplamaları istenmiştir. Afetlerle ilgili eğitim veren kurum olarak “belediyeleri” seçen 95 (%16.7) kişi, “üniversiteleri” seçen 152 (%26.7) kişi, “Kızılay’ı” seçen 171 (%30) kişi, “AFAD’ı” seçen ise 515 (%90.3) kişi olmuştur. Fikrim yok yanıtını işaretleyen kişi sayısı ise sıfırdır. Afetle ilgili eğitim veren kurum olarak en çok AFAD’ın gösterilmesi, faaliyetlerinin göz önünde olmasıyla bağdaştırılabilir. Tabela veya reklamların bireyler üzerindeki etkileri bu soruyla açığa çıkmaktadır. Belediyelerin afet eğitim faaliyetlerinde arka plânda kalması ilk akla gelen yanıt olmamasına neden olmuştur (Tablo 24).

Tablo 24: Afetlerle ilgili eğitim veren kurum bilgisi analizi
 Table 24: Information analysis of institutions providing training on disasters

Afetlerle ilgili eğitim veren kurumlar hangileridir?	Sıklık (s)	Yüzde (%)
Belediyeler	95	16.07
Üniversiteler	152	26.70
Kızılay	171	30.00
AFAD	515	90.30
Fikrim yok	0	0.00

Katılımcıların doğru cevap olan tek şıkkın işaretlemesinin istendiği “Aşağıdakilerden hangisi deprem öncesi alınacak önlemlerden değildir?” sorusunun yanıtı olan “Acil durum çantanızı yanınıza alın, mahalle buluşma noktanıza doğru harekete geçin.” ifadesine 386 (%67.7) kişi işaretleme yapmıştır. Bunun anlamı ise %67.7 oranında sorunun doğru cevabı bilinmiştir. Ankete katılanların 114’ü (%20) “Dolap üzerine konulan eşya ve büro malzemeleri kayarak düşmelerini önlemek için plastik tutucu malzeme veya yapıştırıcılarla sabitlenmelidir.” yanıtını, 55’i (%9.6) “Soba ve diğer ısıtıcılar sağlam malzemelerle duvara veya yere sabitlenmelidir.” yanıtını, 15’i (%2.6) ise “İmar planında konuta ayrılmış yerler dışındaki yerlere ev ve bina yapılmamalıdır.” yanıtını işaretlemiştir. Bilgi ölçmeyi amaçlayan soruda doğru yanıtın işaretlenme oranının yüksekliği dikkat çekmektedir (Tablo 25).

Tablo 25: Deprem öncesi alınacak önlemlere yönelik verilen yanıtlar
 Table 25: Answers to the precautions to be taken before the earthquake

Aşağıdakilerden hangisi deprem öncesi alınacak önlemlerden değildir?	Sıklık (s)	Yüzde (%)
Dolap üzerine konulan eşya ve büro malzemeleri kayarak düşmelerini önlemek için plastik tutucu malzeme veya yapıştırıcılarla sabitlenmelidir.	114	20
Soba ve diğer ısıtıcılar sağlam malzemelerle duvara veya yere sabitlenmelidir.	55	9.60
İmar planında konuta ayrılmış yerler dışındaki yerlere ev ve bina yapılmamalıdır.	15	2.60
Acil durum çantanızı yanınıza alın, mahalle buluşma noktanıza doğru harekete geçin.	386	67.70

5. SONUÇLAR

Afetlere karşı gerekli tedbirlerin alınması amacıyla Çanakkale il merkezinde bireylere afet bilinç düzeyi ve farkındalık belirleme anketi uygulanmıştır. Ankette bilgi ölçmeyi amaçlayan sorulara verilen yanıtların puanlaması yapılmıştır. Araştırma sonucu elde edilen bulgular şu şekildedir; 570 kişi ankete katılmış olup katılımcılardan 323 kişi (%56.6) kadın, 247 kişi ise (%43.4)'si erkektir. Çalışmaya katılanların 18-25 yaş aralığındaki ve 46-63 yaş aralığındaki kişi sayısı eşit olup 152 kişidir (%27). 266 (%46) kişi ise 26-45 yaş aralığındadır. Bireylerin eğitim durumları incelendiğinde ise 133 kişi (%23.3) ilkokul, 95 kişi (%16.7) lise, 95 kişi (%16.7) önlisans, 209 kişi (%36,7) lisans ve 38 kişinin de (%6.7) lisansüstü mezunu olduğu belirlenmiştir. Çalışmaya katılanların 18 yaşının üstünde seçilmesi nedeni anket sorularının güvenilirliğini artırmaya yöneliktir. Anket soruları incelendiğinde ise; eğitim veya tatbikat alanı sayısının (380 kişi, %66.7) fazla olduğu görülmüştür. Aile afet planına sahip olmayanların sayısı ise (361, %63.3) aile afet planı olanlara göre daha fazladır. Bu durum da afet anında yapılacakların bilinir olmasına rağmen herhangi bir uygulama yapılmadığını göstermektedir. Afet çantası hakkında bireylerin kendi kendilerini ölçme amacıyla yapılan puan tablosunda kendilerine en çok 3 puan (266 kişi), en az ise 1 puan (0 kişi) verildiği belirlenmiştir. Bireylerin %53.3'ü evinin depreme dayanıklı olduğunu düşünülürken, %93.3'ü herhangi bir afetle karşı karşıya gelmiştir. Oldukça fazla kişinin afetle karşılaşmış olması bilgi düzeyi üzerinde artış sağlayacağı düşünülmüştür. Ancak bu durum afet çantası hakkında bilgi sahibi olunmamasıyla örtüşmemektedir. Bunun anlamı ise afetlerden belirli bir yapıcı çıkarım elde edilmediği ve önlem almak için bireylerin kendilerini geliştirmedir. Katılımcılardan %53.3'ü afetlere karşı kendini hazırlıksız hissetmektedir ve %56.7'si evinde veya işyerinde afetlere karşı önlem almamış, afet öncesi veya sonrası yapılacaklar hakkındaki bilgi düzeyine %46.7'si 3 puan vermiştir.

Çanakkale'nin yüksek tehlikeli deprem bölgesinde olduğunu bilenlerin oranı ise %70 olarak saptanmıştır. Çanakkale'de yaşayan bireylerin afetler konusunda kendilerine güvenmediği ve bu güvensizliğin çabalamamaktan, öğrenme hevesine sahip olmamaktan kaynaklandığı sonucuna ulaşılmıştır. Çoktan seçmeli soruların doğru şıkların 1 puan, yanlış şıkların 0 puan olarak baz alınmasında 0'dan 19'a kadar puan aralığı belirlenmiştir. Ankete katılanların ortalama puanı 11.67 olarak hesaplanmış ve afet bilinci düzeyi %61.4 olduğu görülmüştür. Afet bilinci düzeyinin orta seviyelerde olması, 542 binlik bir ilin 200 binden fazla kişinin afetler hakkında bilgi sahibi olmadığı ve zarar görme oranının fazla olduğu anlamına gelmektedir. Bireylerin afet sonrası zarar görme oranının düşürülmesi için risk minimizasyonları birey ve kurumların öngörülen öncelikleridir. Farkındalık düzeyinin artırılması eğitim sisteminin güçlendirilmesi bu aşamada ön plana çıkmaktadır. Çocuk yaşlardan itibaren afet tanımlarının öğretilmesi sağlam temeller atılması, güçlü toplum olma yönünde gidilmesiyle ancak afet

bilinçlendirmesine yönelik eğitim faaliyetleri ve yerel tatbikatlar ile sonuç odaklı çalışmaların başarısının kalıcılığı mümkün olacaktır. Afetler hakkında kulaktan dolma bilgiler yerine caddeler, sokaklar, okullar, halk otobüsleri, otobüs durakları gibi yerlere afet öncesinde bilgi panoları ile bilgilendirmeler günlük hayatta sürdürülebilir eğitimin dinamik sürecini oluşturacaktır.

TEŞEKKÜR

Çalışmanın tamamlanmasında katkısı olan Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü ve Doğal Afetlerin Risk Yönetimi Anabilim Dalı yönetimine teşekkür ederiz. Çalışmanın başlamasına vesile olan ve 22 Mayıs 2020 tarihinde genç yaşta aramızdan ayrılan Doç.Dr. İsmail Seki'yi saygı ile anıyor bu çalışmayı da aziz hatırasına ithaf ediyoruz.

KAYNAKLAR

AFAD, 2013. Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP), Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), Aralık 2013, 41s. Erişim adresi: [TAMP](#)

AFADEM, 2014. Afet ve Acil Durum Eğitim Merkezi. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD). Erişim adresi: <https://www.afad.gov.tr/afadem/dogal-afetler>

AFAD, 2014. Açıklamalı afet yönetimi terimleri sözlüğü. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), Kasım-2014, 216 s. Erişim adresi: <https://www.afad.gov.tr/aciklamali-afet-yonetimi-terimleri-sozlugu>

AFAD, 2017. 12 Şubat 2017 Ayvacicik Çanakkale Depremi (Mw=5.3) Basın Açıklaması, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD). Erişim adresi: <https://deprem.afad.gov.tr/downloadDocument?id=1484>.

AFAD, 2018. Türkiye'de Afet Yönetimi ve Doğa Kaynaklı Afet İstatistikleri. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD). Erişim adresi: [Türkiyede Afetler](#)

AFAD, 2020. Türkiye Afet Bilgi Bankası (TABB) Analiz Modülü, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD). Erişim adresi: <https://www.afad.gov.tr/tab-turkiye-afet-bilgi-bankasi>

Akol B., Bekler T., 2013. Assessment of the statistical earthquake hazard parameters for NW Turkey, *Natural Hazards* 68(2), 837-853.

Alexander D., 2000. *Confronting Catastrophe: New Perspectives on Natural Disasters*, Oxford University Press, New York, 288 p.

Alpaslan M., Tekinay A.A., Sağlam M., 2003. Çanakkale Boğazı'na Ait Bazı Meteorolojik Parametreler ve Bunların Yöre Balıkçılığı Üzerine Etkileri, *Su Ürünleri Dergisi* 20(1-2), 185-192.

Altun F., 2018. Afetlerin Ekonomik ve Sosyal Etkileri: Türkiye Örneği Üzerinden Bir Değerlendirme, *Sosyal Çalışma Dergisi* 2(1), 1-15.

Avcı S., Kaplan B., Ortabağ T., 2020. Hemşirelik Bölümündeki Öğrencilerin Afet Konusundaki Bilgi ve Bilinç Düzeyleri, *Dirençlilik Dergisi* 4(1), 89-101.

Azimli Ç.G., 2018. Türkiye'de Uygulanan Afet Yönetimi Politikalarının İncelenmesi: Yasal Düzenlemeler ve DASK, *Resilience* 2(1), 13-21.

Daft R.L., 2009. *Management* (9. b.). USA: South Western Cengage Learning, 699s.

- Dikmenli Y., Yakar H., 2019. Öğretmen Adaylarının Afet Bilinci Algı Düzeylerinin İncelenmesi, *YYÜ Eğitim Fakültesi Dergisi* 16(1), 386-416.
- Dökmeci A.H., Mering F., 2018. Namık Kemal Üniversitesi Öğrencilerinin Temel Afet Farkındalığının Değerlendirilmesi, *Afet ve Risk Dergisi* 1(2), 106-113.
- Duman T.Y., Çan T., Emre Ö., 2011. 1/1.500.000 ölçekli Türkiye Heyelan Envanteri Haritası. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayınlar Serisi-27*, Ankara, Türkiye, ISBN: 978-605-4075-84-3.
- EM-DAT, 2021. Afet Acil Durum Veri Tabanı (Emergency Disaster Database, EM-DAT, Centre for Research on the Epidemiology of Disasters - CRED). Erişim adresi: <http://www.emdat.be>
- Erkal T., Değerliyurt M., 2009. Türkiye’de Afet Yönetimi, *Doğu Coğrafya Dergisi* 14(22), 147-164.
- Erkan B.B.B., Hasgul E., 2015. Turkish Disaster Data Bank, 7th International Conference of Seismology and Earthquake Engineering (SEE7), Iranian Ministry of Science, Research and Technology (MSRT) and the International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES), Tahran, Iran, 441-442 p, Erişim adresi: [IIEES](http://www.iiees.org)
- Gezer A., Bekler T., 2021. 6 Şubat 2017, Mw=5.4 Ayvacık Depremi Öncesi ve Sonrası Temel Deprem Tehlike Parametrelerinin Analizi, *Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences* 7(1), 82-99.
- Kadıoğlu M., 2011. Afet Yönetimi Beklenilmeyeni Beklemek En Kötüsünü Yönetmek, T.C. Marmara Belediyeler Birliği Yayını, Yayın No:65, İstanbul, 220 s. Erişim adresi: [Academia](http://www.academia.edu)
- Kalkan E., Gulkan P., Yılmaz N., Celebi M., 2008. Seismic Hazard in the İstanbul Metropolitan Area: A preliminary re-examination, *Journal of Earthquake Engineering* 12(S2), 151-164.
- Merz M., Hiete M., Comes T., Schultmann F., 2013. A composite indicator model to assess natural disaster risks in industry on a spatial level, *Journal of Risk Research* 16(9),1077-1099.
- Parlak M., 2020. Karayolu Kenarındaki Heyelan Bölgesinin Bazı Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi: Lapseki-Şevketiye (Çanakkale) Örnek Çalışması, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi* 6(2), 282-287.
- Sağlık A., 2020. Değişen ve Gelişen Lapseki Kentsel Altyapısı, Ankara Pozitif Matbaa.
- Sapsağlam Ö., 2019. Okul Öncesi Dönem Çocuklarında Doğal Afet Farkındalığı. *OMÜ Eğitim Fakültesi Dergisi* 38(1), 283-295.
- Selim H.H., Eyidoğan H., Tüysüz O., 2005. Güney Marmara Bölgesi’ nde Tarihsel ve Aletsel Dönemlerde Oluşan Depremlerin Sismolojik ve Jeolojik İncelenmesi, *Kocaeli Deprem Sempozyumu* 112-118.
- Stephanie E., 2003. Slovin's Formula Sampling Techniques, Houghton-Mifflin, New York, USA
- Şahan C., Kaya İ., 2021. Türkiye Afet Bilgi Bankası (TABB) ile EM-DAT Veri Tabanlarının Karşılaştırılarak Değerlendirilmesi, *Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi* 4(3), 679-695.
- Şahin Ş., Üçgül İ., 2019. Türkiye’de Afet Yönetimi ve İş Sağlığı Güvenliği, *Afet ve Risk Dergisi* 2(1), 43-63.

Şen G., Ersoy G., 2017. Hastane Afet Ekibinin Afete Hazırlık Konusundaki Bilg Düzeylerinin Değerlendirilmesi, *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi* 6(4),122-130.

Tesfamariam S., Sadiq R., Najjaran H., 2010. Decision making under uncertainty - An example for seismic risk management, *Risk Analysis* 30(1), 78-94.

Toya H., Skidmore M., 2007. Economic development and the impacts of natural disasters, *Economics Letters* 94(1), 20-25.

TÜİK, 2020. TÜİK Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi. Erişim adresi: <https://data.tuik.gov.tr>

Türkeş M., Altan G., 2012. Çanakkale'nin 2008 yılı büyük orman yangınlarının meteorolojik ve hidroklimatolojik analizi, *Coğrafi Bilimler Dergisi* 10(2), 195-218.

Ünal Y., Işık E., Şahin S., Yeşil S.T., 2017. Sağlık Afet Çalışanlarının Depremlere İlişkin Bireysel Hazırlık Düzeylerinin Değerlendirilmesi: Ulusal Medikal Kurtarma Ekipleri (UMKE) Derneği Örneği, *DEÜ Tıp Fakültesi Dergisi* 31(2), 71-80.

ARAŞTIRMA VERİSİ (*Research Data*)

Çalışma kapsamında kullanılan istatistik veri tabanı Çanakkale şehir merkezinde bireylerle yüz yüze yapılan görüşmeler ve anket sorularına verilen yanıtlardan oluşmaktadır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI / İLİŞKİSİ (*Conflict of Interest / Relationship*)

Araştırma kapsamında herhangi bir kişiyle ve/veya kurumla çıkar çatışması/ilişkisi bulunmamaktadır.

YAZARLARIN KATKI ORANI BEYANI (*Author Contributions*)

- Çalışmanın tasarlanması (*Designing of the study*): T.B.S.Ç.
- Literatür araştırması (*Literature research*): S.Ç.
- Saha çalışması, veri temini/derleme (*Fieldwork, collection/compilation of data*): S.Ç.
- Verilerin işlenmesi/analiz edilmesi (*Processing/analysis of data*): S.Ç.
- Şekil/Tablo/Yazılım hazırlanması (*Preparation of figures/tables/software*): S.Ç.
- Bulguların yorumlanması (*Interpretation of findings*): T.B., S.Ç., F.N.B.
- Makale yazımı, düzenleme, kontrol (*Writing, editing, checking of manuscript*): T.B., F.N.B., S.Ç., A.D.

ETİK KURUL İZİNİ (*Ethics Committee Approval*)

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi'nin 2000184612 sayılı ve 08.12.2020 tarihli Etik Kurul onayı ile izni alınmıştır.



Relationship between Seismic Velocity and Pore Pressure: Case Study of Denizli Basin

Orhan Gureli ¹

¹ Arar Petrol ve Gaz AUP AS. Dumluca Sok. No.19 Beysukent, Cankaya, Ankara, Türkiye
ORCID: 0000-0001-5909-2171

Keywords

Denizli basin, Local earthquake, 3D seismic velocity tomography, Geothermal, Pore pressure

Highlights

- * Geothermal potential of Denizli basin
- * Distribution map of Vp and Vp/Vs ratio of Denizli basin
- * Pore pressure predictions of Denizli basin

Aim

To reveal the geothermal potential of Denizli basin and to obtain pore pressure maps.

Location

Denizli city Türkiye

Methods

Equations of both Eaton and Sayer were used in order to calculate pore pressure.

Results

High pressure areas of the Denizli basin were determined.

Supporting Institutions

Akca Enerji AS has given the information of Ak-3 and Ak-6 wells.

Financial Disclosure: The author declares that this study has received no financial support.

Peer-review

Externally peer-reviewed

Conflict of Interest: The author has no conflicts of interest to declare.

Manuscript

Research Article

Received: 24.12.2021

Revised: 04.04.2022

Accepted: 05.04.2022

Printed: 30.06.2022

DOI

10.46464/tdad.1042767



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International Non-Commercial License

Corresponding Author

Orhan Gureli

Email: orhangureli@gmail.com

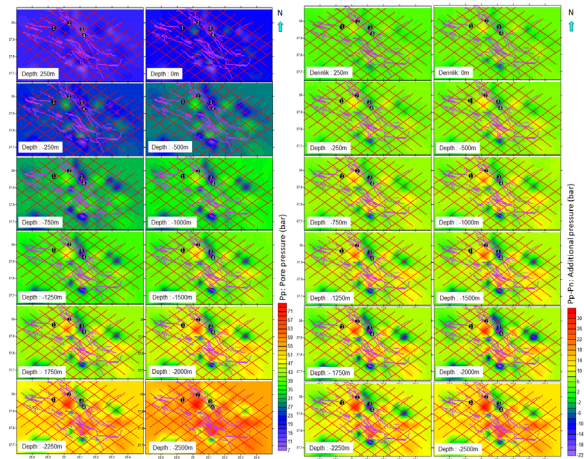


Figure
Pore pressure maps of the study area

How to cite:

Gureli O., 2022. Relationship between seismic velocity and pore pressure: case study of Denizli basin, Turk. J. Earthq. Res. 4(1), 98-136, <https://doi.org/10.46464/tdad.1042767>



Sismik Hız İle Boşluk Basıncı İlişkisi: Denizli Havzası Örneği

Orhan Güreli¹

¹ Arar Petrol ve Gaz AÜP AŞ. Dumluca Sok. No.19 Beysukent, Çankaya, Ankara, Türkiye
ORCID: 0000-0001-5909-2171

ÖZET

Ege bölgesi ve Denizli havzası yüksek sismik aktiviteye ve zengin jeotermal alanlara sahiptir. Ayrıca bölgede yoğun bir deprem etkinliği de gözlenmektedir. Bölgede petrol, gaz ve jeotermal arama ve üretimi için boşluk basıncı hesabı, kaydedilen bu deprem verilerinin analizi ile belirlenen 1-B ve 3-B sismik hızlardan hesaplanabilir. Bu çalışma kapsamında Denizli Havzasının boşluk basıncı literatürdeki mevcut V_p hızları kullanılarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar sahada açılmış jeotermal kuyuları ve doğal jeotermal sıcak su çıkışları ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda elde edilen bilgilerin kuyu bilgileri ile uyumlu oldukları görülmüştür. Sonuç olarak, bu yöntem jeotermal alanlarda sondaj için boşluk basınç bölgelerinin belirlenmesinde kullanılabilir ve kuyu lokasyonunda ek bir bilgi olarak kabul edilebilir.

Anahtar kelimeler

Denizli havzası, Yerel depremler, 3-B sismik hız tomografisi, Jeotermal, Boşluk basıncı

Öne Çıkanlar

- * Denizli Havzasının jeotermal potansiyeli.
- * Denizli Havzasının V_p dağılım haritası ve V_p/V_s oranı.
- * Denizli havzasının boşluk basıncı tahminleri.

Makale

Araştırma Makalesi

Geliş: 24.12.2021
Düzeltilme: 04.04.2022
Kabul: 05.04.2022
Basım: 30.06.2022

DOI

10.46464/tdad.1042767

Sorumlu yazar

Orhan Güreli
Eposta:
orhangureli@gmail.com

Relationship between Seismic Velocity and Pore Pressure: Case Study of Denizli Basin

Orhan Güreli¹

¹ Arar Petrol ve Gaz AUP AS. Dumluca Sok. No.19 Beysukent, Çankaya, Ankara, Türkiye
ORCID: 0000-0001-5909-2171

ABSTRACT

The Aegean region and Denizli basin have high seismic activity and rich geothermal fields. Furthermore, a remarkable earthquake activity is also observed in the region. The pore pressure calculation for oil, gas and geothermal exploration and production in the region can be computed from the 1-D and 3-D seismic velocities determined by the analysis of seismologic data. In the frame of this study, the pore pressure of Denizli Basin was calculated using V_p velocities obtained from available literature. Obtained results were compared with geothermal wells and hot water springs in the field. We report that the information obtained from the comparison is coherent with the well data. As a result, this technique can be used to determine the pore pressure zones for the drill in geothermal areas, and can be considered as an additional information in the well location.

Keywords

Denizli basin, Local earthquake, 3D seismic velocity tomography, Geothermal, Pore pressure

Highlights

- Geothermal potential of Denizli Basin .
- Distribution map of V_p and V_p/V_s ratio of Denizli Basin.
- Pore pressure predictions of Denizli Basin.

Manuscript

Research Article

Received: 24.12.2021
Revised: 04.04.2022
Accepted: 05.04.2022
Printed: 30.06.2022

DOI

10.46464/tdad.1042767

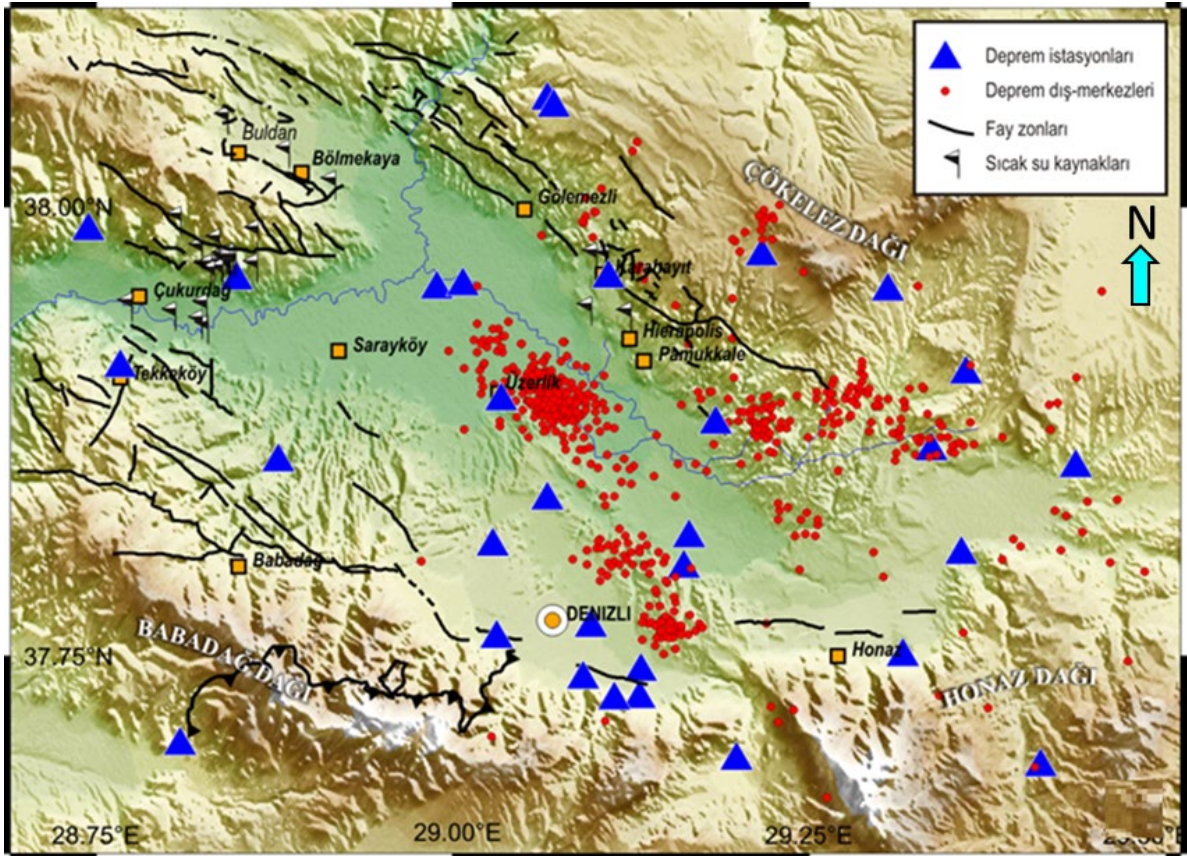
Corresponding Author

Orhan Güreli
Email:
orhangureli@gmail.com

1. GİRİŞ

Ege bölgesi ve Denizli havzası yüksek sismik aktiviteye ve zengin jeotermal alanlara sahiptir. 2000 yılında Denizli havzası çevresinde artan bir sismik aktivite gözlemlenmiştir. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu-Marmara Araştırma Merkezi-Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü (TÜBİTAK-MAM-YDBE) tarafından bölgedeki sismik aktiviteyi gözlemlemek için 28 istasyonlu geçici sismik ağı kurulmuş, 635 deprem kullanılarak bir boyutlu (1-B) ve üç boyutlu (3-B) sismik hız modelleri elde edilmiştir (Kaypak ve Venedik 2011). Bu modelleri, jeolojik ve tektonik birimlerden elde edilen sonuçlarla karşılaştırmışlar ve yorumlamışlardır.

Denizli havzası, Anadolu'nun batısında olup Alaşehir Grabeni ile Büyük Menderes Grabeni'nin birleştiği bir noktadadır. Havzanın kuzey-güney yönündeki genişleme rejimi nedeniyle, doğu-batı yönlü büyük küçük boyutlarda birçok graben oluşmuştur. Bölgedeki en önemli iki graben, D-B yönlü Büyük Menderes ve KB-GD yönlü Alaşehir grabenidir. Bu grabenler doğuda Denizli havzasında birleşirler. Denizli havzası ve çevresi, jeotermal açıdan önemli bir potansiyele sahip olduğu kadar, deprem etkinliği açısından da bir öneme sahiptir (Şekil 1).



Şekil 1: TÜBİTAK-MAM YDBAE tarafından 3-29.09.2000 tarihleri arasında bölgeye yerleştirilmiş istasyonlar (üçgenler) ve kaydedilen mikro depremlere ($1.0 \leq M \leq 3.0$) ait lokasyonlar (daireler) (Kalın çizgiler ana fay zonlarını, siyah-beyaz bayraklar ise mevcut sıcak su noktalarını göstermektedir.) (Kaypak ve Gokkaya 2012)

Figure 1: Stations (triangles) and locations of recorded micro earthquakes (circles) ($1.0 \leq M \leq 3.0$) by TÜBİTAK-MAM YDBAE between 3-29.09.2000 (Bold black lines indicate main fault zones and black and white flags indicate existing hot water spots.) (Kaypak and Gokkaya 2012)

Tarihsel ve aletsel dönemlerde bölgede farklı büyüklüklerde birçok deprem olmuş ve bunların birçoğu yıkıcı ve çevreye zarar verici olmuştur. Bunlardan birincisi 21 Aralık 1945'te meydana gelen Sarayköy-Buldan depreminin hasarlarının gözlemlenmesiyle ilgilidir (Lahn 1948). Ates ve Bayulke (1982), 19 Ağustos 1976 depreminin ($M = 4.7$) merkez üssü yakınında bir ivmeölçer

tarafından kaydedilen kuvvetli hareket verilerini incelemiştir. Altunel ve Barka (1996), Denizli-Hierapolis antik kenti içindeki Roma ve Bizans yapılarına zarar veren MS 60 depreminin yüzey kırılmalarını araştırmıştır. Piccardi (2007) de MS 60 depreminin Pamukkale Fayı üzerinde yer alan Hierapolis ve Colossae antik kentleri üzerindeki etkilerine odaklanmıştır. Akyol ve diğ. (2006) 45 geçici ve 5 kalıcı istasyon tarafından kaydedilen 725 yerel depremi kullanarak Batı Anadolu'da Denizli havzasını da içeren 1-B P-dalgası kabuk hız modelini hesaplamıştır.

Denizli havzası ve çevresinin tektonik evrimi ve jeolojik yapısı, Gökçen (1982) tarafından incelenmiştir. Bölgeyle ilgili daha yeni çalışmalar da yapılmıştır. Bu araştırmacılar çalışmalarında, bölgedeki yeni jeodinamik sistemleri, tektonik modelleri ve jeolojik evreleri anlatmışlardır. Ayrıca, bölgenin jeotermal potansiyeli, jeokimyasal (Uysal ve diğ. 2009) ve petrol (Gurgey ve diğ. 2007) özellikleri ile ilgili çalışmalar da bulunmaktadır. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) bölgede Maden ve Jeotermal aramaları için uzun yıllar çalışma yürütmüştür. Bu çalışmalarda daha çok gravite ve öz direnç yöntemleri uygulanmış ve 2000 m derinliğe kadar önemli sonuçlar elde edilmiştir (Özgüler ve diğ. 1983). Ates ve diğ. (1999), aeromanyetik ve gravite verilerini yeniden yorumlayarak Anadolu'nun GB'sındaki D-B yönelimli gravite anomalilerinin bölgedeki graben sistemleri ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Günümüzde bölgede pek çok jeofizik araştırmalar yapılmış, kuyular açılmış ve Jeotermal Elektrik Santralleri (JES) kurulmuştur.

Sismik tomografi yöntemi ile depremle ortaya çıkan dalgaların (P ve S dalgası) seyahat zamanı kullanılarak, basenin veya bölgenin sismik hız modeli elde edilir. Elde edilen hız modeliyle deprem arasındaki ilişkiler ortaya çıkartılır ve ayrıca bölgenin jeolojisi ile korele edilir. Bu konuda Charlety ve diğ. (2006), Ozer ve Polat (2017), Ozer ve Ozyazicioglu (2019), Al-Amri ve diğ. (2020), Ozer (2021) gibi birçok araştırmacı konuyla ilgili çalışmıştır.

Sondaj öncesi basınç hesabı, geçmişte çok basit modellerle hız bilgileri kullanılarak basit tahminlerle yapılmıştır. Yöntemler genellikle basınç için yerel olarak kalibre edilmiş bir dizi eğri içerir. Etkif gerilme kavramının ortaya çıkışı ve bu kavramdan geliştirilen basınç tahmin yöntemlerinin, petrol ve doğalgaz arama aşamasında yaygın olarak kullanılmasına yol açmıştır. Etkif gerilme yöntemlerinin kullanımı, basınç tahmini için standart haline gelmiştir. Bu tekniğin Eaton yöntemi, Bowers yöntemi ve Sperry Sun yöntemi dâhil olmak üzere birçok çeşidi vardır (Huffman 2002, Wang ve Wang 2015).

2. JEOLJİK VE TEKTONİK ORTAMLAR

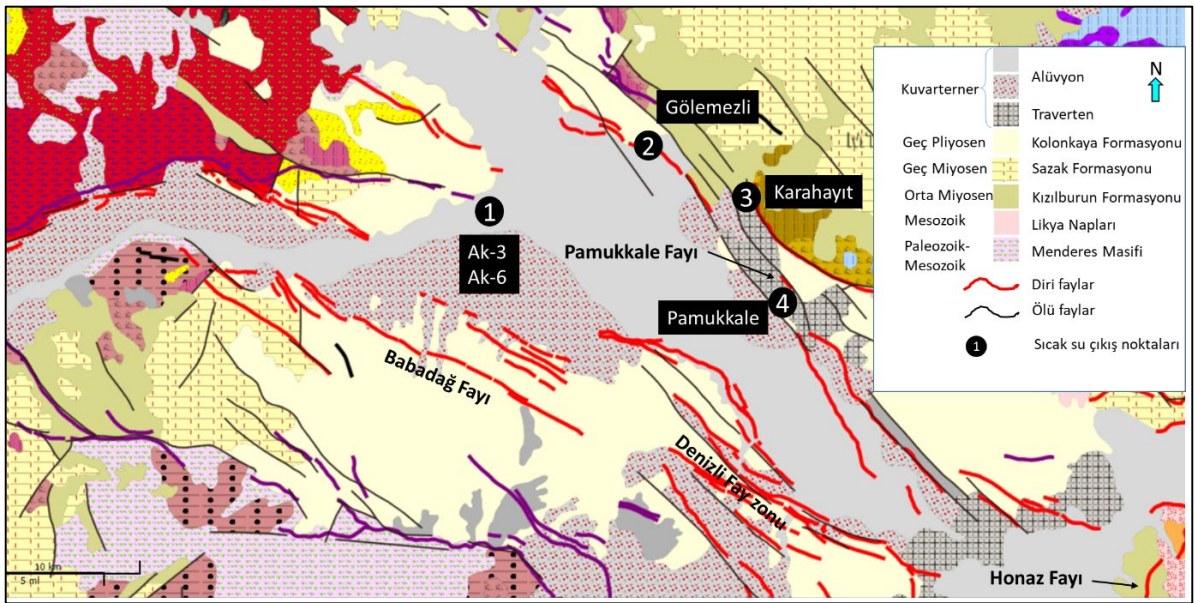
Batı Anadolu'daki tektonik genişleme hareketleri sonucunda çok fazla graben oluşmuştur. En büyük graben; Büyük Menderes Grabeni (BMG), Küçük Menderes Grabeni (KMG) ve Gediz Grabenidir (GG). Bölgedeki grabenler, Kuzey-Güney doğrultulu genişleme hareketine bağlı olarak çoğunlukla Doğu-Batı yönlü olup değişik boyutlardadır. Denizli havzası BMG ile GG'nin kesiştiği yerde oluşmuştur. Ege bölgesinin önemli havzalarından biri olan Denizli Havzası, 50 km uzunluğunda ve 25 km genişliğindedir. Batı-Kuzeybatı ve Doğu-Güneydoğu doğrultulu simetrik olmayan bir grabendir (Şekil 2). Havza güneyde Honaz ve Babadağ dağları, kuzeyde ise Çökelez Dağı arasındadır (Topal 2003).

2.1) Jeoloji

Denizli ve çevresi jeolojik olarak iki ana grup litolojiden oluşur. İlk grup temel kayalar ve ikinci grup ise bunların üzerini örten genç havza çökelleridir. Bölgenin jeolojik birimleri incelendiğinde, bu birimler yaşlıdan gence aşağıdaki şekilde sıralanmıştır (Şekil 2). Bunlar; 1- Paleozoyik yaşlı metamorfikler (aşağıdan yukarıya doğru gnays, şist, kuvarsit, mikaşist ve mermer birimler tabanı oluşturur), 2- Pliyosen çökelleri (Paleozoyik yaşlı metamorfikleri örten karasal ve gölsel çökelleridir. Bunlar konglomera, kıltaşı, kumtaşı, marn, kireçtaşı ve silttaşı aralanmalarından oluşur) ve 3-Kuvaterner çökelleridir (Alüvyon, yamaç molozları ve hidrotermal bozuşum kayaçları).

2.2) Tektonizma

Menderes masifinin oluşturduğu gerilmeler sonucunda, tektoniğe bağlı Doğu-Batı ve Kuzeybatı-Güneydoğu yönlü normal faylar ve gerilmeye bağlı çatlaklar ile horst ve grabenler oluşmuştur. Bu horst ve grabenleri oluşturan Pamukkale Fayı, Denizli Fay Zonu, Babadağ Fayı ve Doğu-Batı yönlü Honaz faylarıdır (Şekil 2). Burada oluşmuş fayların çoğu normal faylardır. Bölge tektonik olarak, Denizli bölgesi ile Batı Anadolu'nun genişlemesi ile oluşan graben sistemi içinde yer alır (Sengor 1987). Batı Anadolu yılda 40-60 mm civarında Kuzey-Güney yönlü genişlemektedir (McKenzie 1978). Babadağ, Honazdağ, Yenice, Çökelezdağ ve Buldan horstları ile Çürüksu, Büyük Menderes, Gediz grabenleri bölgenin başlıca yapılarıdır. Bölgede volkanik kayalarla ilgili bilgi yoktur, fakat faylardan çıkan gazların türüne bakıldığında, ısı kaynağının magmatik kökenli olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 2: Denizli Havzası'nın jeoloji haritası (MTA 2021'den revize edildi)
Figure 2: Geologic map of the Denizli Basin (revised from MTA 2021)

2.3) Hidrotermal

Bölgede, grabenleri oluşturan faylar ve kırık zonları içerisine giren magma sokulumları jeotermal sistemi oluşturmaktadır (Duman 2009). Buna bağlı olarak bölgede çok fazla sıcak su çıkışları bulunmaktadır. Bu sıcak su çıkışlarından bazıları Tekkehamam, Kızıldere, Yenice, Gölemezli, Karahayit ve Pamukkale'dir. En önemli sıcak su çıkışları Pamukkale ve Kızıldere jeotermal sahalarıdır. Doğal olarak çıkan su sıcaklıkları 35 °C ile 90 °C arasındadır. Bununla birlikte sahada, özellikle Kızıldere jeotermal sahası ve çevresinde, sıcak su çıkışı ile birlikte çok fazla buhar çıkışları da vardır. Erees ve diğ. (2007)'ye göre sıcak sular daha çok fayların vadiyi kestiği bölgelerden, buhar ise yükselimlerin olduğu yerlerden ve tepelerden gelmektedir. Denizli basenindeki Jeotermal sahalarında farklı sıcaklık seviyeleri bulunmaktadır. Bölgedeki en yüksek sıcaklık 246 derece ile Kızıldere-3 JES'tedir.

2.4) Depremsellik

Bölge depremsellik bakımından Türkiye'nin en aktif bölgelerindedir ve yoğun fay zonları ile kaplıdır. Bu bakımdan Denizli ili ve çevresi hem tarihsel dönemde, hem de aletsel dönemde meydana gelmiş depremlerden etkilenmiştir. Tarihsel dönemdeki depremler

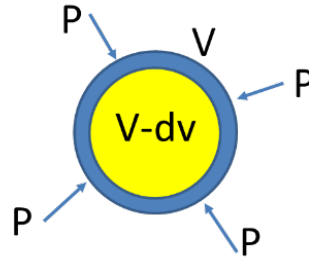
değerlendirildiğinde, bugün Pamukkale olarak bilinen ve antik dönemde Hierapolis kentini yıkan yıkıcı depremlere ait kayıtlar bulunmuştur. Bu bilgilere göre MS 17, MS 60, MS 300, MS 494 ve 700 tarihlerinde meydana gelen depremlerde Pamukkale ve yakın çevresinde büyük hasarlar meydana gelmiştir. 1358 yılında meydana gelen deprem nedeniyle Pamukkale büyük hasar görmüş ve bunun sonucunda da Pamukkale terk edilmiştir. Son yüzyılda Denizli ve ilçelerinde 35'in üzerinde önemli deprem meydana gelmiştir. Denizli ve çevresinde son yüzyılda meydana gelen depremlere baktığımızda çok sık aralıklarla 4.0-5.0 arası depremler meydana gelmiştir. Büyüklüğü 5'den büyük olan önemli depremler; Çivril, Buldan, Honaz, Denizli Kuzeyi, Sarayköy ve Çameli olarak verilebilir. Tüm bunlar göz önüne alındığında Denizli önemli bir Sismotektonik Bölge olarak tanımlanmaktadır.

3. YÖNTEM

Kayaçların sismik hızları; kayacın yoğunluğuna, porozitesine, litolojisine, sıcaklığına, üzerindeki basınca ve boşluk basıncına bağlı olarak değişir (Uyanik 1999). Bu konu geliştirilmiş ve daha çok doğalgaz sahalarında uygulanmakta olup "Doğrudan Hidrokarbon Keşfi-Direct HC indicator (DHI)" yöntemlerinden biri olmuştur. Aynı zamanda bu yöntem, gazlı sahalarda kuyu tasarımında ve kuyu koruma (Casing) programında kullanılmaktadır.

3.1) Teori

Bulk Modülü (K): Hidrostatik basınç altında kalan bir kayaçtaki gerilme-deformasyon ölçüsüdür. Yani materyalin hacim değişikliğine karşı mukavemetinin ölçüsüdür (Şekil 3).



Şekil 3: Bulk modülü (P: basınç, V: hacim ve dv ise hacim değişimi)
Figure 3: Bulk modulu (P: pressure, V: volume and dv: volume change)

$$K = \frac{\text{Hacim Gerilmesi}}{\text{Hacim Deformasyonu}} = \frac{P}{dv/V} \quad (1)$$

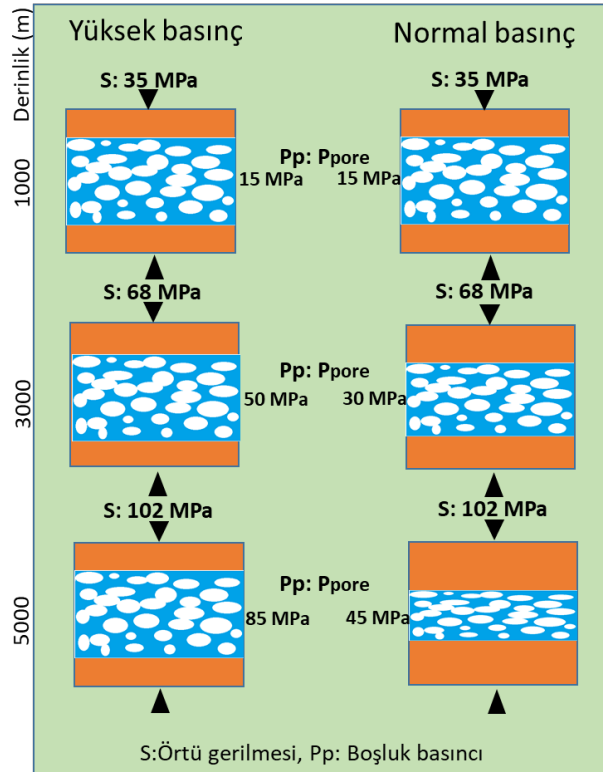
Denklem 1'de K: Bulk modülü, P: basınç, V: hacim ve dv ise hacim değişimidir. Şekil 3'te görüldüğü gibi dışardan tüm yüzeye uygulanan basınç artarsa hacimde bir miktar azalma olmaktadır. Hacmin azalması Bulk modülünü (K) artırmaktadır. K modülü arttıkça formasyon sertleşmekte olup, bu sertleşmeye bağlı olarak sismik hızlar da artmaktadır.

$$v_p = \sqrt{\frac{K + \frac{4}{3}\mu}{\rho}} \quad (2)$$

$$v_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad (3)$$

Denklem 1 ve 2'de V_p : P dalgasının hızı, V_s : S dalgasının hızı, μ : Rijitide (sıkıştırılabilirlik) ve ρ ise yoğunluktur. Sismik hızlar kayaçların, Kimyasal bileşimine, sıcaklığına ve basıncına bağlı olarak değişir. Düşük sıcaklıkta, yüksek basınçta ve katı hal durumunda sismik hızlar artmaktadır. Yüksek sıcaklık, düşük basınç ve sıvı hal ise hızı azaltan faktörlerdir. Kayaçların içindeki akışkan arttıkça V_s hızı düşer, V_p hızı ise akışkanın hızına bağlı olarak, kayaç hızından akışkan hızına doğru değişir.

Boşluk basıncının etkileri Şekil 4'te gösterilmiştir. Boşluk basıncı ile hızlar ters orantılıdır. Boşluk basıncının artması ile sismik ara hızlar düşmektedir. Gazın ve/veya basınçlı akışkanın bulunduğu formasyon içinde boşluk basıncı normal seviyede olduğunda, üzerindeki yüke bağlı olarak hacimsel olarak küçülür. Bu durumda hacmin küçülmesi ile yoğunluk artacak ve buna bağlı olarak sismik ara hızlar da artacaktır. Fakat Boşluk basıncı normalden fazla olması durumunda, hacim normale göre daha fazla olacaktır. Buna bağlı olarak yoğunluk düşecek ve bunun sonucu olarak da sismik ara hızlar düşecektir. Dolayısıyla, normal şartlarda hızın artması gerekirken düşüyorsa böyle noktalarda yüksek boşluk basıncı etkisi var denilebilir. Bununla birlikte jeolojinin de iyi bilinmesi gerekir. Her düşük hızlı bölgeye yüksek boşluk basınçlı bölge denilemez, çünkü bu düşük hızlılık jeolojik nedenlerden de kaynaklı olabilir.

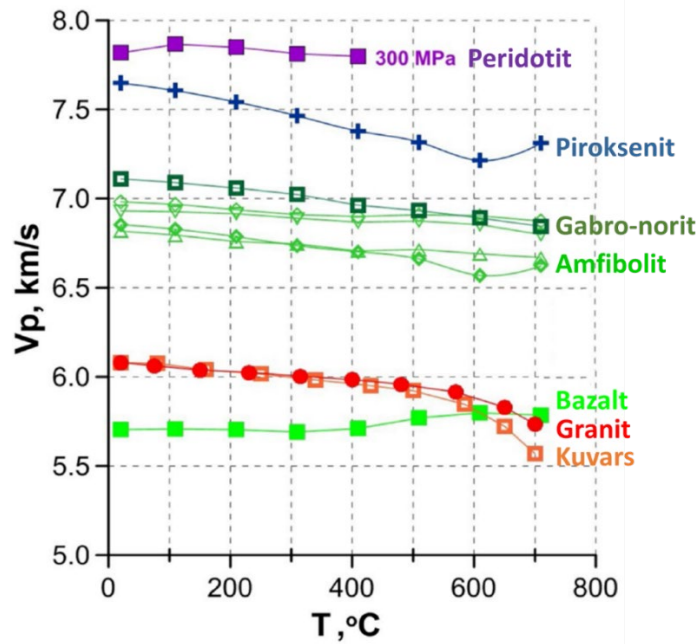


Şekil 4: Normal basınç ve yüksek basınç altında Şeyl'in davranışı (Bowers (2002)'den revize edilmiştir)
Figure 4: Compaction of shale in overpressed and normal conditions (revised from Bowers (2002).)

Şeyl gibi çökel kayaçların gözenekli olması nedeniyle yüksek basınç ve sıcaklık karşısında hacim değişikliği fazla olmaktadır. Bu nedenle bu tür kayaçların sıcaklık ve basınç altında hız değişimi fark edilebilmektedir. Kayaçlar çok sert olursa, sıcaklık ve basınç altında değişimleri az olabilir. Bu durumda hız değişimi olmayabilir. Yine de yüksek sıcaklık ve basınç altında her türlü kayaçta az da olsa bir değişim olmaktadır. Bu değişim sıcaklık ve basınca bağlı genleşme katsayısı ile orantılıdır.

3.2) Sıcaklık-Sismik Hız İlişkisi

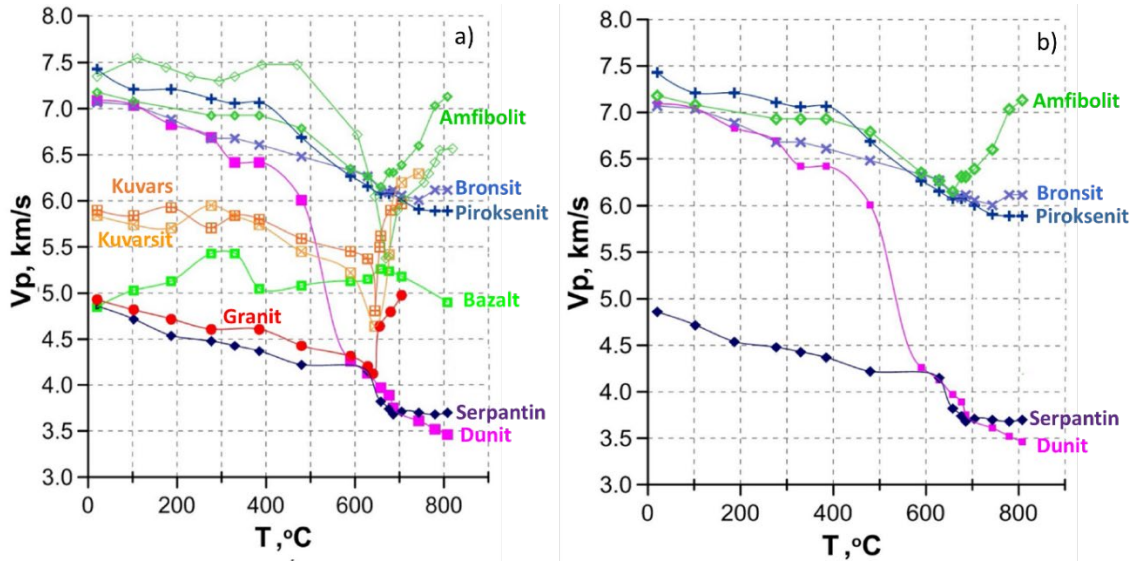
Lebedev ve diğ. (2021)'in yaptığı çalışmaya göre; kuru koşullarda, incelenen mafik-ultramafik kayalardaki sıkışma dalgı hızları (V_p), 20 ila 700 °C arasındaki tüm sıcaklık (T) aralığında çok az da olsa değişir (şekil 5). Kayacın mineral yapısının etkisi daha önemlidir. İncelenen tüm sıcaklık aralığında, ultramafik kayalardaki V_p hızı, mafik kayalardan 0.3-0.5 km/s daha yüksektir. Aynı zamanda amfibolit gibi su taşıyan mafik kayalar da benzer veya daha düşük V_p değerlerine sahiptir. Ancak, bu sıcaklıkta farklı bileşimdeki gabrolar ve amfibolitler için V_p hız farkı 0.3 km/s civarındadır. Bazaltlarda, daha yüksek gözeneklilik, heterojen yapı, kristal mineral fazlarına bağlı olarak ve ikincil minerallerin varlığı nedeniyle V_p hız değerlerinde bir miktar artış gözlenmektedir (şekil 5).



şekil 5: Kuru koşullarda ve 600 MPa basınç altında kayaların V_p hızlarının 700 °C sıcaklığa kadar değişimi (Lebedev ve diğ. 2021)

Figure 5: V_p in rocks under pressure of 600 MPa and at temperature up to 700 °C under dry conditions (Lebedev et al. 2021)

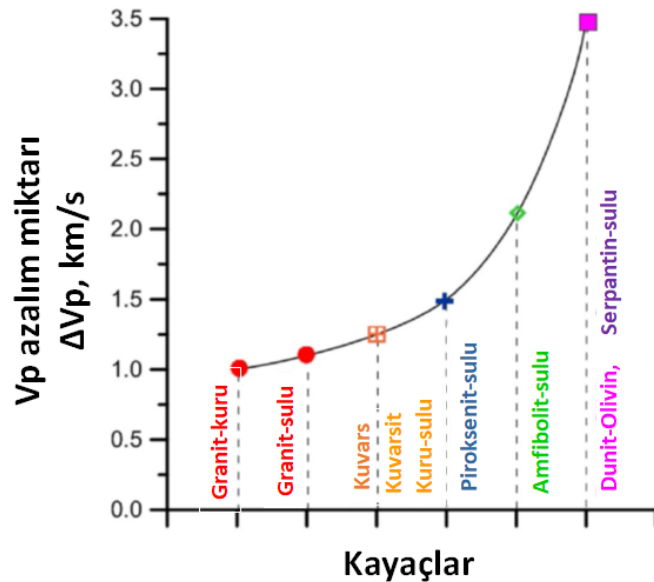
Su basıncı altında, mafik-ultramafik kayalar için V_p sıcaklık bağımlılığı, kuru koşullar altında ölçülen kayalara kıyasla daha karmaşıktır ve esas olarak numunelerin yapısal özellikleri ve mineralojik bileşimi tarafından belirlenir (şekil 6a,b). Kuru koşullarda, piroksenitlerdeki V_p hızı, 800 °C'ye kadar artan sıcaklıkla nispeten monoton bir şekilde azalır. Bununla birlikte, su basıncı altında V_p 'deki düşüş, özellikle 400 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda yaklaşık 1 km/s kadar daha büyüktür. Bazaltta 400-650 °C aralığında su basıncı altında elastik dalga hızları nispeten hafif değişir ve 5-5.3 km/s düzeyinde kalır. 800 °C'ye kadar sıcaklık artışı, 0.7 km/s'yi aşmayan V_p düşüşüne yol açar. Amfibolitlerdeki elastik dalga hızındaki keskin düşüşte belirleyici bir rol, taneler arası gözenek boşluğına su girmesiyle termal genleşme nedeniyle açılan mikro çatlaklara bağlıdır. Olivin ile zenginleştirilmiş tüm ultramafik kayalarda su basıncı altında V_p hızının çarpıcı bir şekilde düşüşü görülür (şekil 6b). Dunitte içinde bulunan su basıncı altında, yaklaşık 150-200 °C'nin üzerinde V_p hızında kademeli bir düşüş ve ardından 400-700 °C aralığında keskin bir düşüş ($\Delta V_p \approx 3$ km/s) gözlenir. Dunitte $T \sim 650-750$ °C'de V_p , serpantinitede aynı koşullar altında ölçülen değerlere ulaşır. Düşük sıcaklıkta, serpantinitedeki V_p hızı, dunitte göre önemli ölçüde daha düşüktür (~ 2 km/s). Serpantinitede 600 °C'ye kadar sıcaklık artışına karşılık monoton V_p düşüşü eşlik eder, ancak nispeten dar 640-680 °C aralığında ~ 0.4 km/s V_p 'de kayda değer bir azalma daha gözlenir (Lebedev ve diğ. 2021).



Şekil 6: a) 300 MPa su basıncı altındaki kayaçların Vp hızlarının 800 °C sıcaklığa kadar değişimi, b) 300 MPa su basıncı altındaki mafik ve ultramafik kayaçların Vp hızlarının sıcaklığa bağlı değişimi (Lebedev ve diğ. 2021)

Figure 6: a) Vp in rocks under pressure of 600 MPa and at temperature up to 700 °C under dry conditions b) The Vp temperature dependence for mafic-ultramafic rocks under water pressure of 300 MPa. (Lebedev et al. 2021)

600-700 °C sıcaklık aralığında yüksek basınçlarda mafik-ultramafik ve asidik kayaçlardaki olası elastik dalga hızları düşüşünün (ΔVp) ölçekleri genelleştirilmiş bir biçimde Şekil 7'de gösterilmiştir. Şekil 7'ye göre en düşük hız düşmesi kuru granit iken (1 km/s) en yüksek hız düşmesi ise ıslak olan Dunit, Olivin ve Serpantinde (3.0-3.5 km/s) olmuştur. Aynı zamanda, elde edilen deneysel veriler, kayaç içindeki su varlığı sismik hızların daha fazla düşmesine sebep olmaktadır.

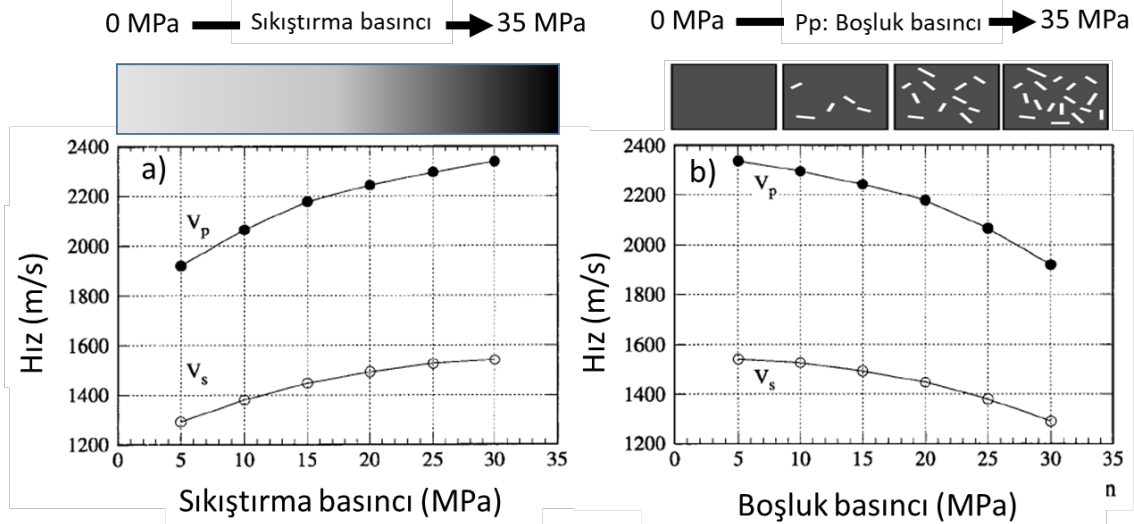


Şekil 7: Kuru ve sulu koşullarda yapılan deney sonucuna göre, 400-800 °C sıcaklıklarda elastik dalga hızlarındaki ΔVp değişimleri (Lebedev ve diğ. (2021)'den değiştirilmiştir.)

Figure 7: The value of ΔVp -changes of elastic wave velocities at temperatures of 400-800 °C. The figure shows experimental data in dry conditions and in the water presence (revised from Lebedev et al. (2021).)

3.3) Boşluk Basıncı - Sismik Hız İlişkisi

Şeyl, kil, silt, kum, kum taşları gibi tortul çökellerin yüksek poroziteli olması nedeniyle sıkıştırma ve boşluk basıncına duyarlıdır. Boşluk basıncının artması ile sismik hızlar düşmektedir. Sediman olmayan diğer kayalarda da genleşme katsayısına ve porozitesine bağlı olarak hızlar düşecektir (Şekil 8).



Şekil 8: a) Vp ve Vs hızlarının sıkıştırma basıncına göre değişimi, b) Vp ve Vs hızlarının boşluk basıncına göre değişimi (Blangy (1992)'den düzenlenmiştir.)

Figure 8: a) Variation of Vp and Vs velocities with compression pressure, b) Variation of Vp and Vs velocities with pore pressure (revised from Blangy (1992).)

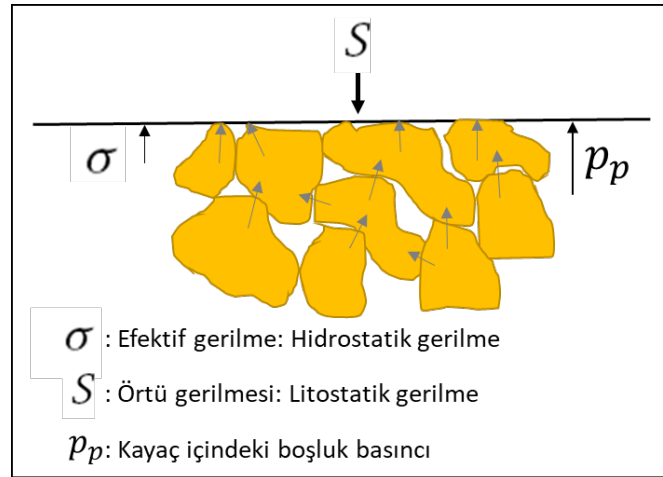
3.4) Sismik Hızlardan Boşluk Basıncının Elde Edilmesi

Sismik hızlardan boşluk basıncının elde edilmesi konusunda çok fazla araştırmacı çalışmıştır ve çalışmaya devam etmektedir. Yeraltındaki kayaların fiziksel özelliklerine, sıvı içeriklerine ve süreksizliklerine bağlı olarak Vp ve Vs hızları önemli ölçüde değişmektedir. Vp'nin derinlikle değişimi, kayaç özelliklerini (kayaç türünü, minerolojisi, derinlik vs.) ve litolojik değişiklikleri verirken, Vp/Vs oranı değişimleri ise kayaçların porozitesi, çatlak durumu ve sıvı içeriğiyle olan ilişkisini verir (Berge ve Bonner 2002). Sismik hızlar kullanılarak boşluk basıncı hesabında en yaygın ve en çok kullanılan yaklaşımlar Eaton (1972) ve Bowers (1995) yaklaşımlarıdır. Bu yaklaşımlardan geliştirilen boşluk basıncı hesabı yöntemi petrol ve doğalgaz aramacılığında uzun yıllardır kullanılmaktadır ve günümüzde enerjiye olan ihtiyaç göz önüne alındığında ekonomik açıdan oldukça önem arz etmektedir. Bu yöntemler daha çok tortul kayaçlar için uygulanmaktadır. Özellikle sondajcılarının uyguladığı bu yöntem gazlı sahalarda kuyu tasarımında, kuyu koruma (casing) programında ve sondaj hızı planlanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışma için yapılan hesaplamalarda Eaton (1972) denklemleri kullanılmıştır. Şekil 9'da görüldüğü gibi, örtü gerilmesi (S) boşluk basıncı (Pp) ile efektif gerilmenin (σ) toplamına eşittir.

$$S = \sigma + P_p \quad (\text{Sayers ve diğ. 2002}) \quad (4)$$

(4) nolu denklem normal boşluk basıncı için yazıldığında (5) nolu denklemdeki gibi olur;

$$\sigma_n = S - p_n \quad (5)$$



Şekil 9: Efektif gerilme, örtü gerilmesi ve kayaç içindeki boşluk basıncı ilişkisi

Figure 9: Relationship between lithostatic stress, hydrostatic stress and pore pressure in the rock

$$S = g \cdot \rho_m \cdot z \quad (6)$$

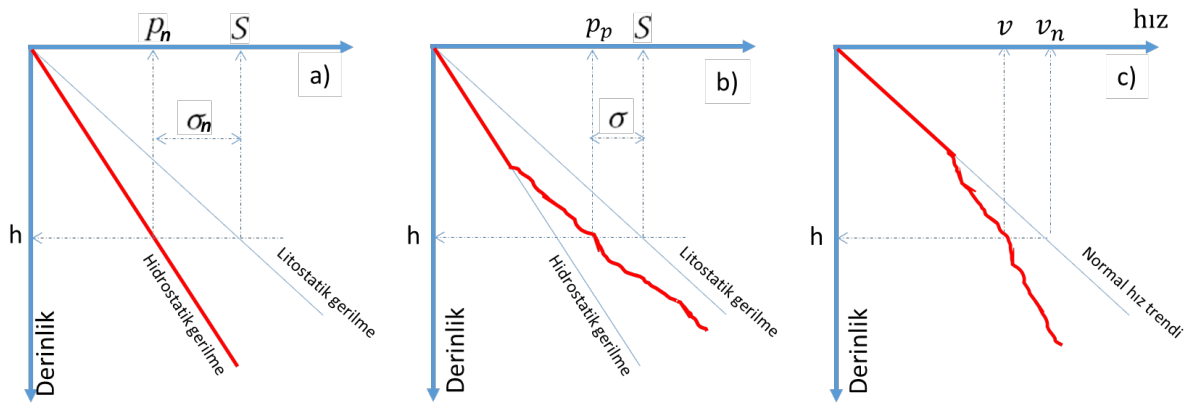
Normal boşluk basıncı, boşluk içindeki akışkanın yoğunluğuna ve derinliğine göre çevreye uyguladığı basınç olup (7) nolu denklemdeki gibidir,

$$p_n = g \cdot \rho_w \cdot z \quad (\text{Soleymani ve Riahi 2012}) \quad (7)$$

(4) nolu denklem içerisinde (6) nolu denklem yazılıp düzenlenirse (8) nolu denklemdeki gibi olur.

$$\sigma = g \cdot \rho_m \cdot z - P_p \quad (8)$$

Efektif gerilmenin sismik hızlarla ilişkisi Şekil 10'da verilmiştir.



Şekil 10: a) Hidrostatik gerilme, litostatik gerilme ve efektif gerilme ilişkisi, b) Hidrostatik basınç, litostatik gerilme, efektif gerilme ve boşluk basıncı ilişkisi, c) Sismik hızlarla ilişkileri (Sayers ve diğ. 2002)

Figure 10: a) Relation of Hydrostatic pressure, lithostatic stress, and effective stress., b) Relation of Hydrostatic pressure, lithostatic stress, effective stress and pore pressure., c) Their relation with seismic velocity (Sayers ve diğ. 2002)

$$\sigma = \sigma_n \left(\frac{v}{v_n} \right)^m \quad (\text{Sayers ve diğ. 2002}) \quad (9)$$

$$v_n(z) = v_o + k \cdot z \quad (\text{Sayers ve diğ. 2002}) \quad (10)$$

(10) no'lu denklem sismik ara hızların derinliğe değişimini veren denklemdir. (5) ve (9) nolu denklemler, (4) nolu denklemde yerine yazılırsa (11) nolu denklem elde edilir.

$$P_p = S - (S - p_n) \cdot (v/v_n)^m \quad (11)$$

(11) no'lu denklem boşluk basıncı hesabında yaygın olarak kullanılmaktadır (Eaton 1972, Bowers 1995). Burada;

σ_n : Normal efektif gerilme,
 σ : h derinliğindeki efektif gerilme,
 p_n : Normal boşluk basıncı,
 g : yer çekimi ivmesi,
 ρ_m : Kütlenin yoğunluğu,
 ρ_w : Formasyon içindeki akışkanın yoğunluğu,
 h : Derinlik,
 v : h derinliğindeki sismik ara hız,
 z : derinlik,
 v_n : h veya z derinliğindeki beklenen/tahmin edilen hız değeri,
 v_o : Yüzeyledeki tabakanın sismik ara hızı,
 k : birim hız değişimi,
 m : sabit katsayıdır.

4. VERİ

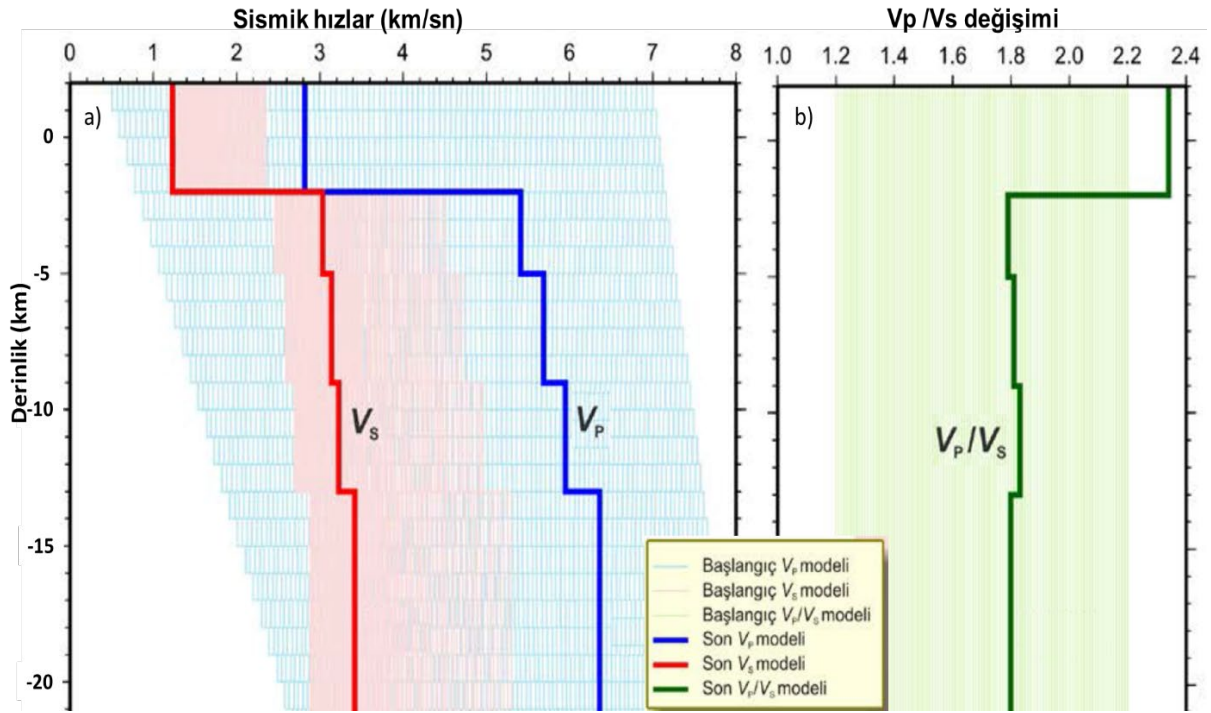
4.1) Verinin Toplanması

Bölgede 2000 yılında, kayıtlara göre en büyüğü 5.2 olan farklı büyüklüklerde bir dizi deprem kayıt edilmiştir. Meydana gelen depremleri kayıt etmek, gözlemlemek ve diri fayların hareketlerini takip etmek amacı ile TÜBİTAK-MAM YDBAE tarafından bölgeye 24 adet tek bileşenli kısa periyodlu ve 4 adet üç bileşenli geniş bantlı olmak üzere toplam 28 istasyondan oluşan bir sismik ağ kurulmuştur (Şekil 1). Bölgede 03-29 Eylül 2000 tarihleri arasında yaklaşık bir ay süre ile veri toplanmıştır (Kaypak ve Venedik 2011, Kaypak ve Gokkaya 2012).

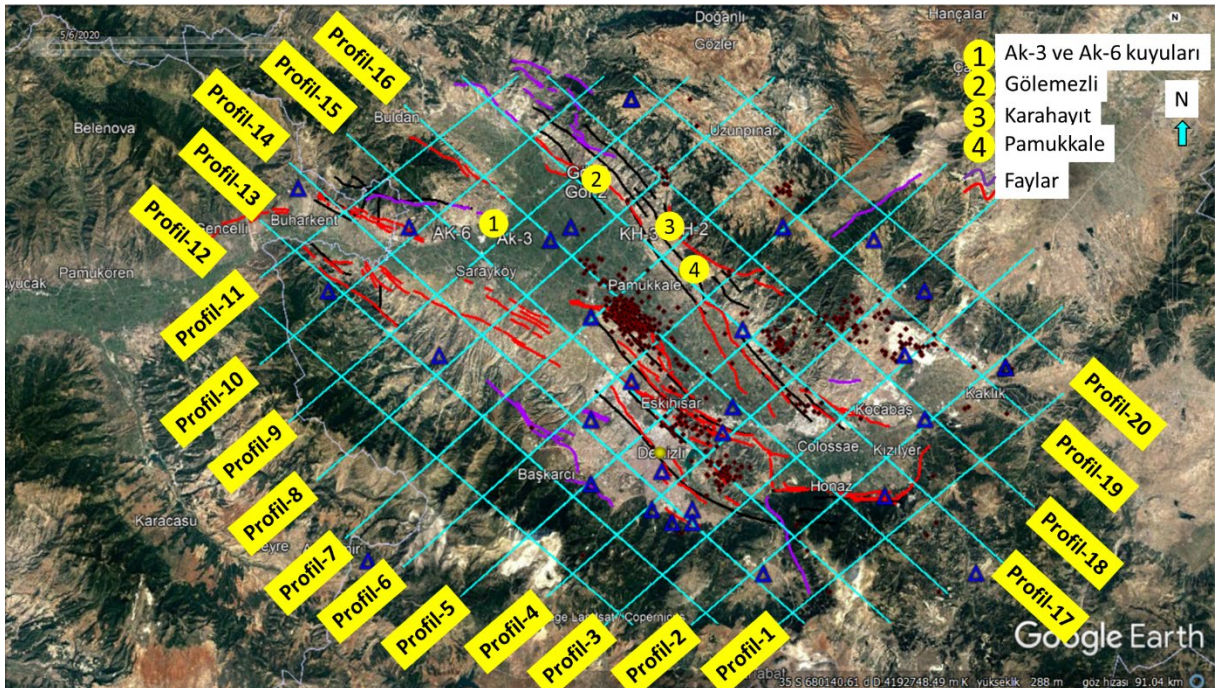
4.2) Verinin İşlenmesi

Bölgenin sismik hız yapısının elde edilebilmesi için sahada toplanan veriler iki aşamada işlenmiştir. Faz okumaları ve analizleri veri işleme kısmının en önemli aşamasını oluşturmaktadır. Önce ters çözüm yöntemi ile 1-B hız yapısı çıkarılmıştır. 1-B ters çözüm sonucunda yüzey jeolojisinin sismik hız üzerindeki etkisi gözlenmiş ve 2.0 km derinliğe kadar olan sığ katmanların hızlarının düşük olduğu görülmüştür (Şekil 11).

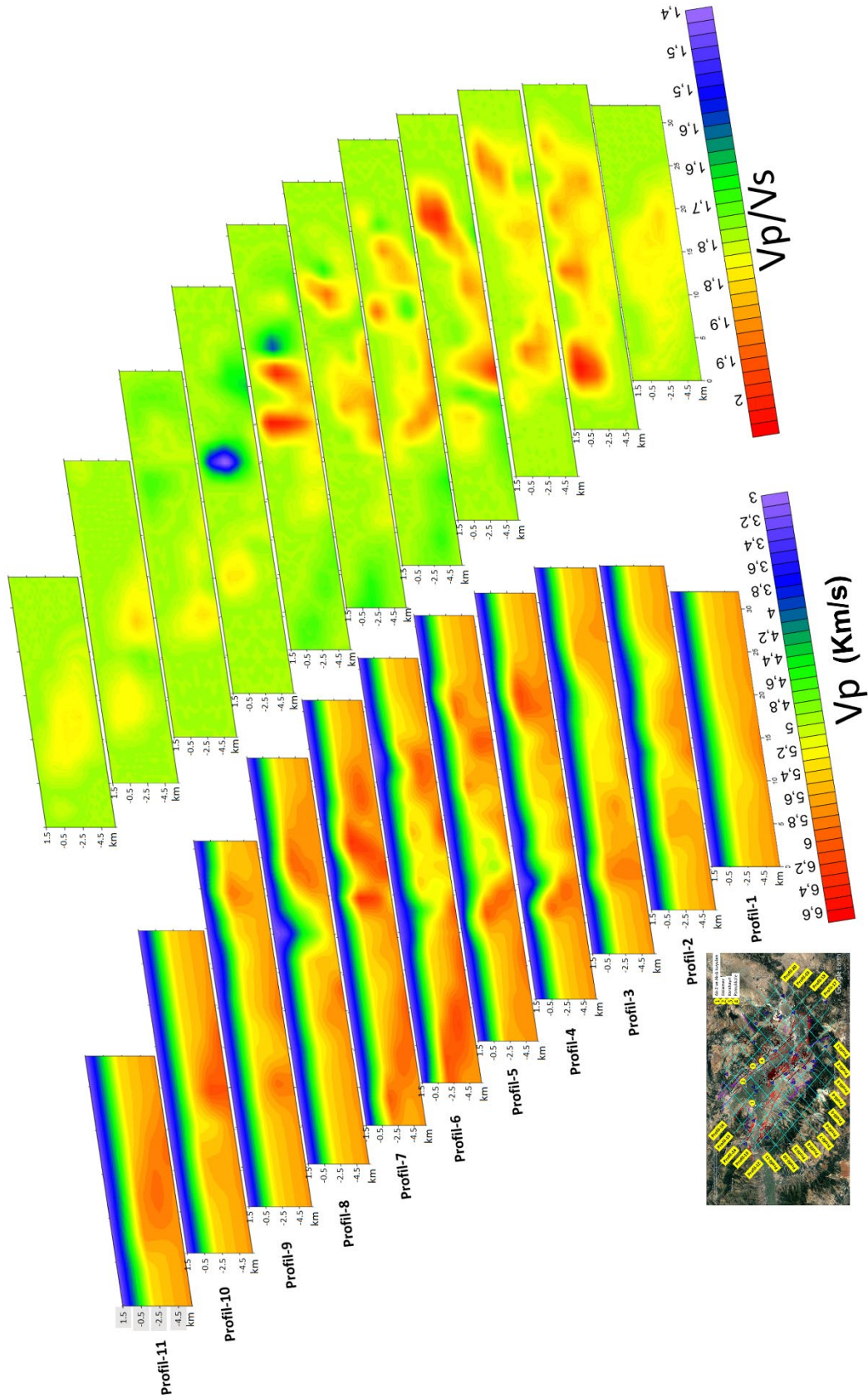
Daha sonra ise 24 km derinliğine kadar hız modeli hesaplanmıştır. Bu hesaplamada kullanılan profiller Şekil 12, Şekil 13a ve Şekil 13b'de gösterilmiştir. Şekil 12'de Denizli havzası içindeki depremler, kayıt eden deprem istasyonları, aktif ve pasif faylar görülmektedir. Değerlendirmeler sonucunda, şekilde belirlenen profiller boyunca V_p hızlar, V_p/V_s oranı değişimi belirlenmiş ve değerlendirilmede bu profiller boyunca hesaplamalar yapılmıştır. Bu profiller boyunca elde edilen V_p hızları ve V_p/V_s oranları Şekil 13a ve Şekil 13b'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar, doğal sıcak su çıkışları olan Pamukkale, Karahayit ve Gölemezli bölgesindeki sıcaklık bilgileri ve Ak-3 ve Ak-6 kuyularının sıcaklık ve basınç bilgileri ile karşılaştırılmıştır.



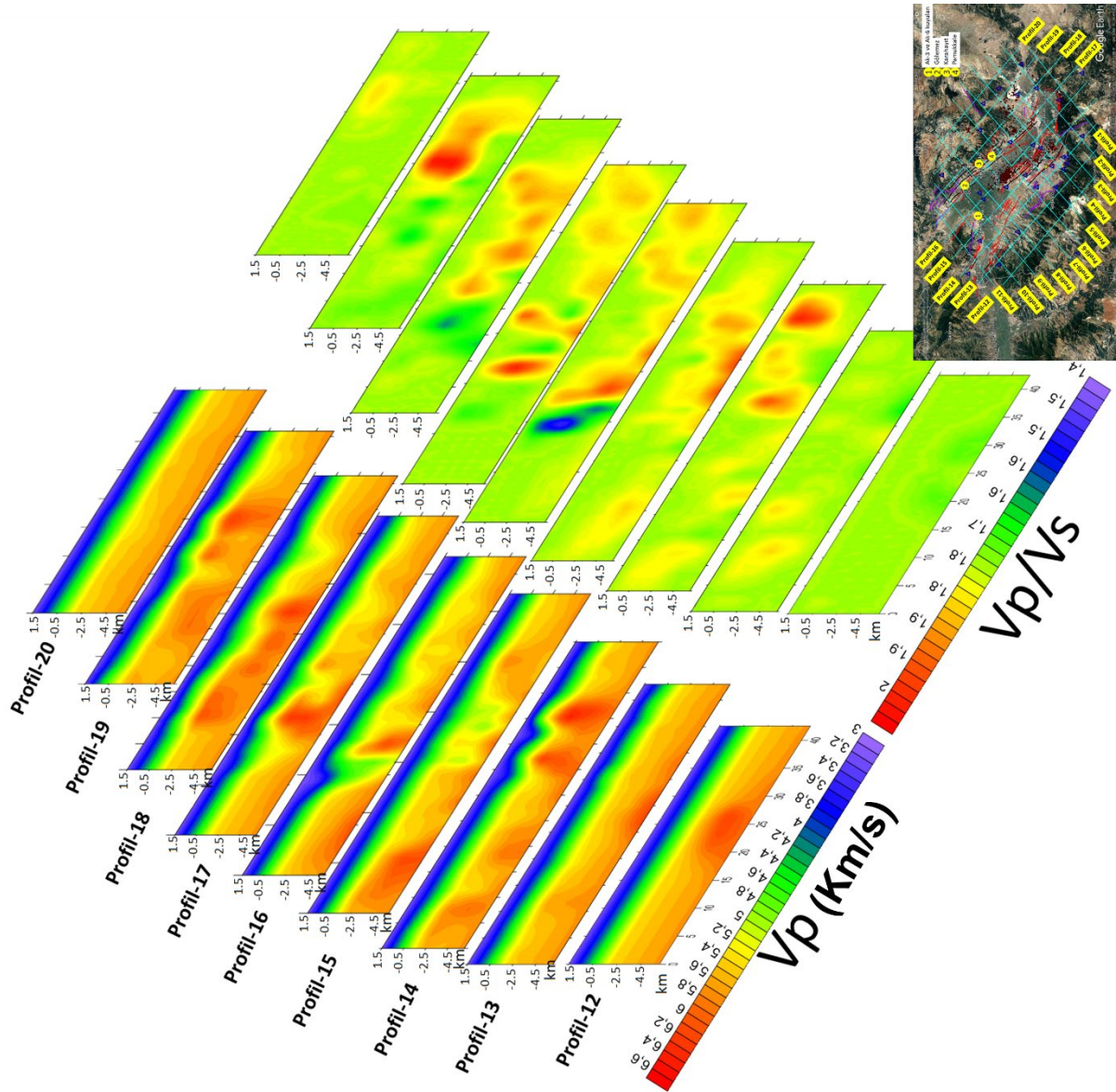
Şekil 11: a) 1-B ters çözüm için kullanılan başlangıç hız modelleri (ince çizgiler) ve final hız modelleri (kalın çizgiler), b) V_p/V_s değişimi (Kaypak ve Venedik (2011)'den revize edilmiştir)
 Figure 11: a) Initial (thin lines) and final (thick lines) minimum 1-D velocity models for P-wave, S-wave, b) V_p/V_s ratios (revised Kaypak ve Venedik (2011).)



Şekil 12: Denizli topografik haritasında profil lokasyonlarının görünümü (MTA 2021)
 Figure 12: Profile locations are shown in the Denizli topographic map (MTA 2021)



Şekil 13a: Şekil-12'deki KB-GD yönlü basene dik GB-KD yönlü profillerin 3-B ters çözüm sonucu elde edilen V_p ve V_p/V_s modellerine ait düşey 2-B kesitler (Kaypak ve Gokkaya 2012)
 Figure 13a: 2-D Vertical cross-sections for the absolute V_p and V_p/V_s models along defined profiles, perpendicular (SW-NE) to the basin direction (NW-SE) in Figure 12 (Kaypak and Gokkaya 2012)

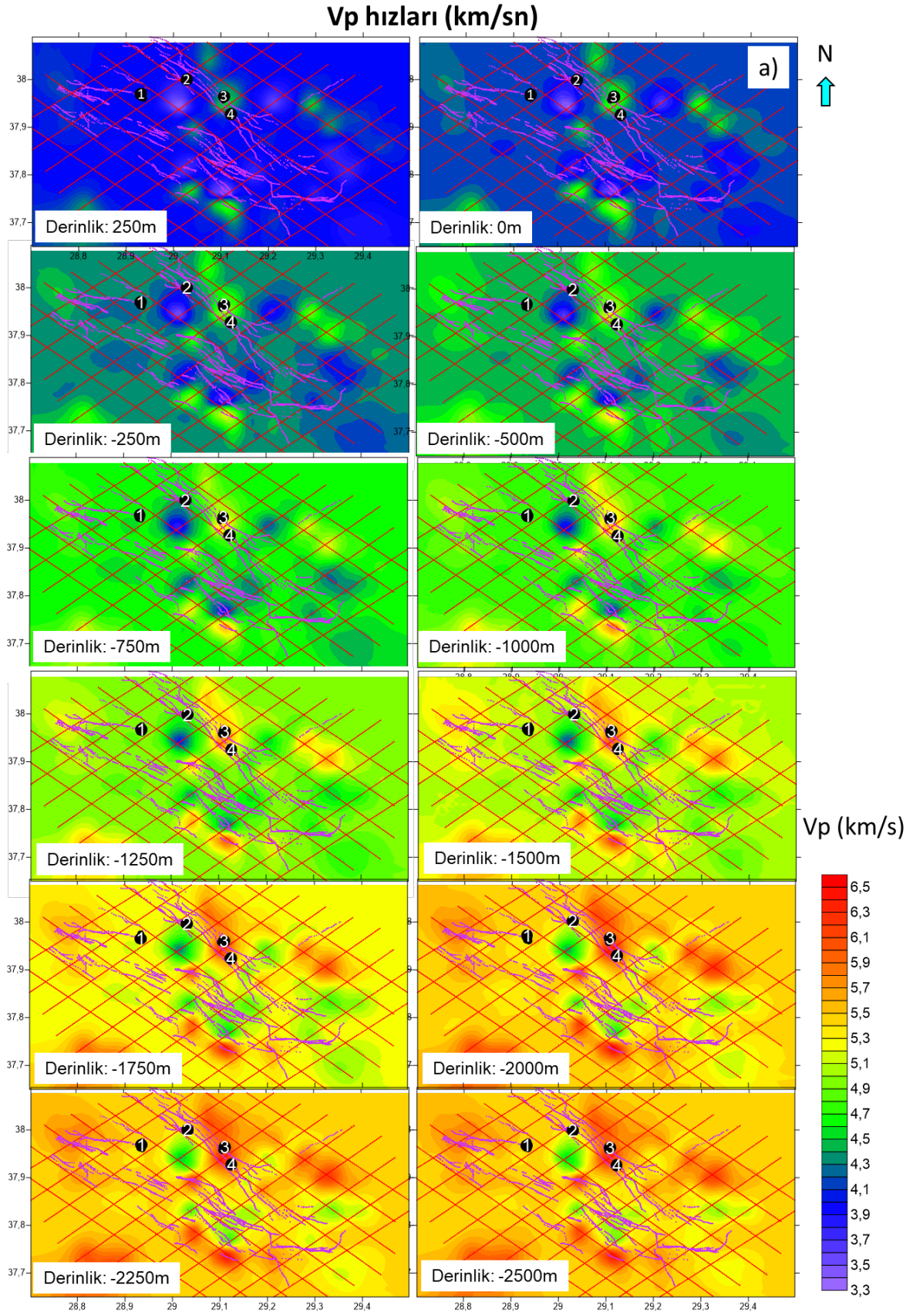


Şekil 13b: Şekil 12'deki KB-GD yönlü basene paralel KB-GD yönlü profillerin 3-B ters çözüm sonucu elde edilen V_p ve V_p/V_s modellerine ait düşey 2-B kesitler (Kaypak ve Gokkaya 2012)
 Figure 13b: 2-D Vertical cross-sections for the absolute V_p and V_p/V_s models along defined profiles, parallel (NW-SE) to the basin direction (NW-SE) in Figure 12 (Kaypak and Gokkaya 2012)

Şekil 13'de verilen profiller boyunca elde edilen V_p hızları ve V_p/V_s oranı değişimleri derinliğin fonksiyonu olarak kat haritaları çıkarılmıştır (Şekil 14a,b). Bu haritalar, ham verilerden hareketle yeniden hazırlanmıştır. Bu verilere göre en düşük V_p hızı 3.1 km/s, en yüksek V_p hızı ise 6.6 km/s dir. Aynı şekilde V_p/V_s oranı değişimi ise en düşük 1.36 ve en yüksek 2.09'dur. V_p hız anomalileri ile V_p/V_s oranı anomalileri farklılık göstermektedir.

5. BULGULAR

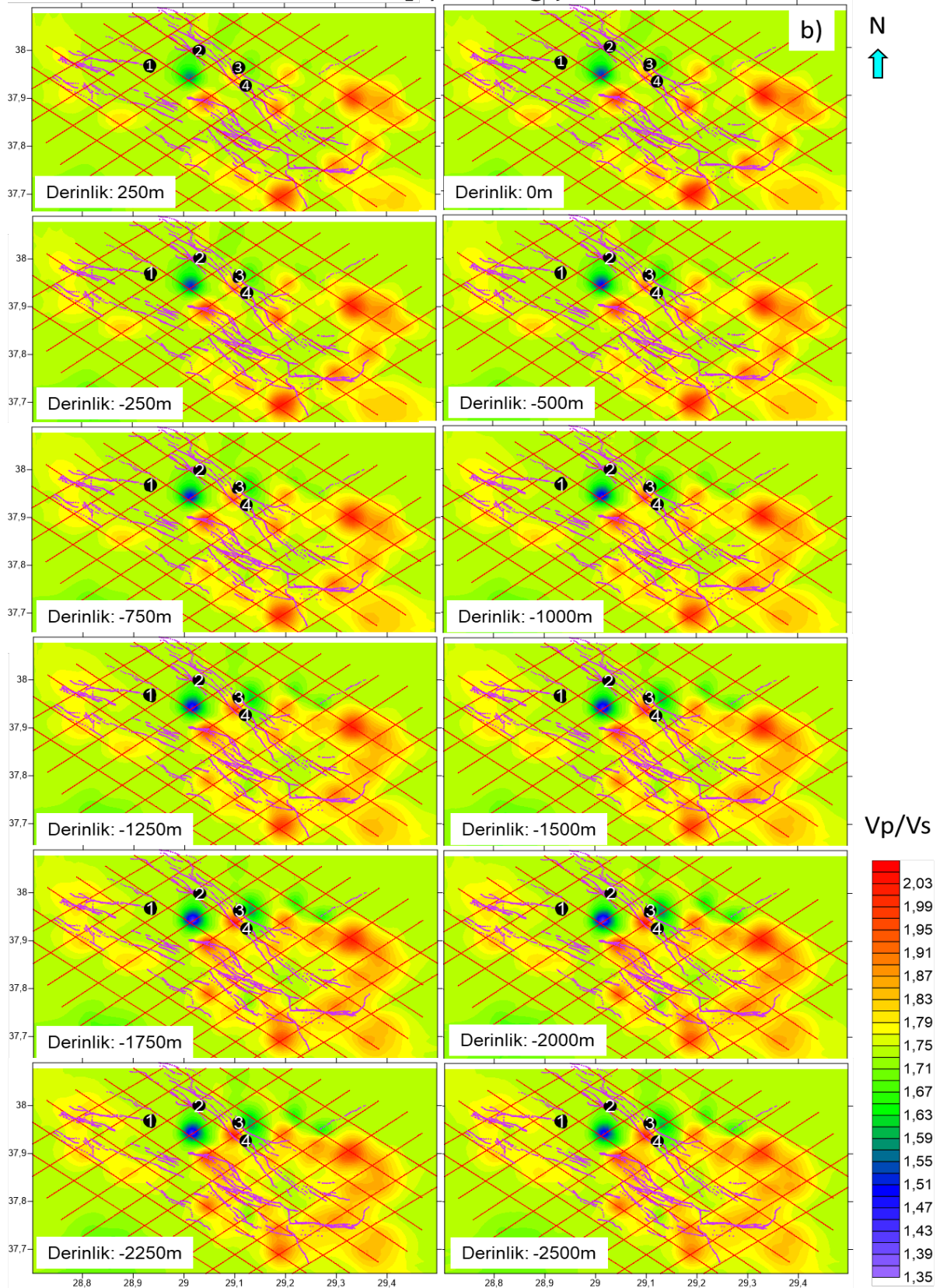
Denizli havzasındaki depremlerden elde edilen sismik hızların tamamı derinliğin fonksiyonu olarak Şekil 15a'da verilmiştir. Bu hızlar, 11 nolu denklemde kullanılarak boşluk basıncı hesabı yapılmıştır (Şekil 15b). Bu havza için hesaplamalarda aşağıdaki değerler kullanılmıştır.



Şekil 14a: Bazı seviyelerin Vp kat haritası (1: Ak-3 ve Ak-6 kuyusu, 2: Gölemezli, 3: Karahayıt, 4: Pamukkale) (Kaypak Gokkaya 2012)

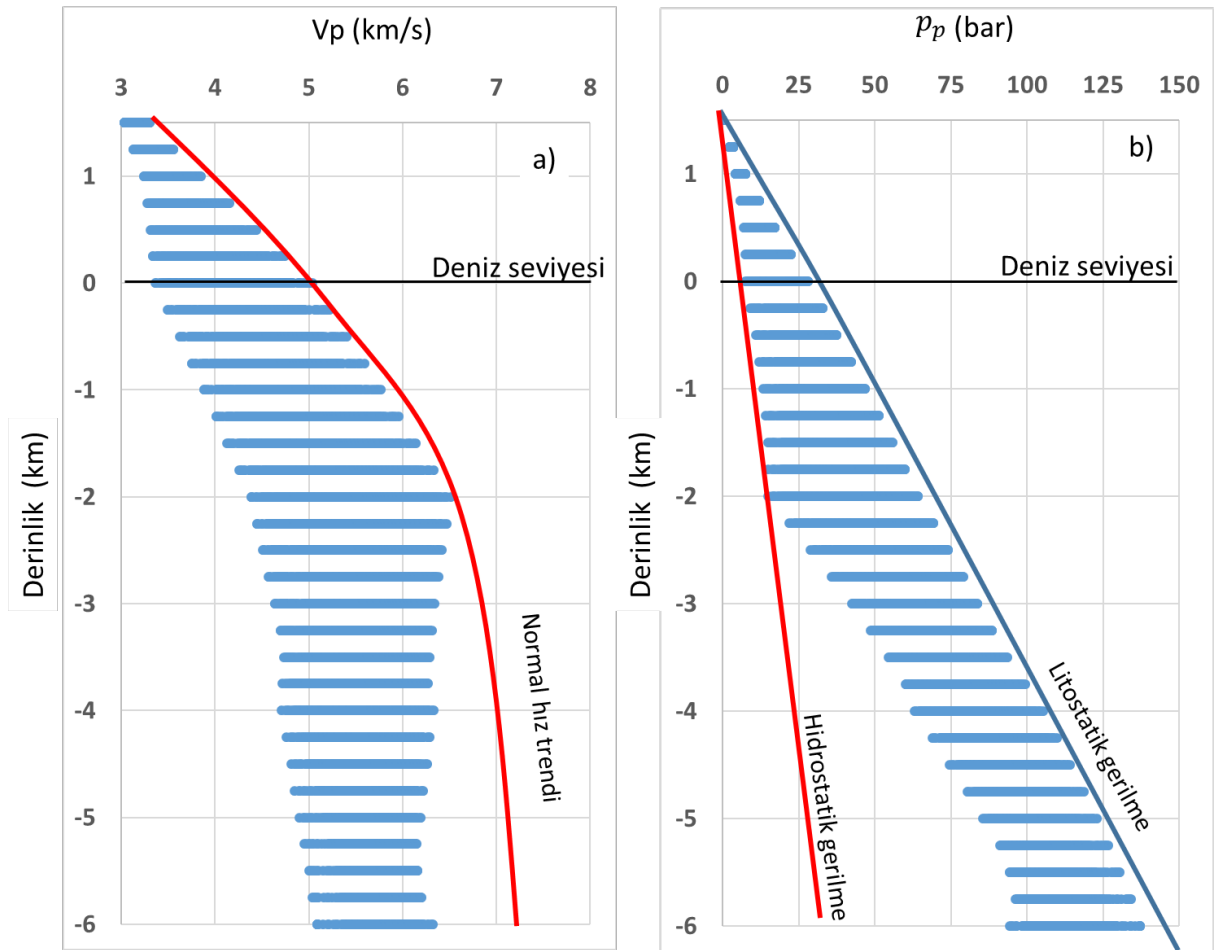
Figure 14a: Vp plane sections for some levels (1: Ak-3 ve Ak-6 well, 2: Golemezli, 3: Karahayıt, 4: Pamukkale) (Kaypak Gokkaya 2012)

Vp / Vs değişimi



Şekil 14b: Bazı seviyelerin Vp/Vs değişimi haritası (1: Ak-3 ve Ak-6 kuyusu, 2: Gölemezli, 3: Karahayit, 4: Pamukkale) (Kaypak Gokkaya 2012)

Figure 14b: Vp/Vs ratio plane sections for some levels (1: Ak-3 ve Ak-6 well, 2: Gölemezli, 3: Karahayit, 4: Pamukkale) (Kaypak Gokkaya 2012)



Şekil 15: Denizli havzasında deprem kayıtlarından elde edilmiş a) V_p hızları, b) hızlardan elde edilmiş boşluk basıncı değerleri

Figure 15: a) V_p velocities, b) pore pressure values obtained from the earthquake records in Denizli basin

$$S = g * \rho_m * z = 9.81 \frac{m}{sn^2} * 2.5 \frac{gr}{cm^3} * z \quad (12)$$

Denizli baseni için (6) no'lu denklem (12) no'lu denklemdeki gibi kullanılmıştır. Sahadaki sismik hız değerleri incelendiğinde ve Gardner (1974)'ait hız-yoğunluk formülüne göre ortalama yoğunluk 2.5 gr/cm^3 alınmıştır.

$$p_n = g * \rho_w * z = 9.81 \frac{m}{sn^2} * 1.1 \frac{gr}{cm^3} * z \quad (13)$$

(7) no'lu denklemde değerlendirmelerde $\rho_w = 1.1 \text{ gr/cm}^3$ olarak alınmıştır. Bu durumda (7) no'lu denklem (13) nolu denklem gibi olur.

$$v_n = 0.0658 * z^2 + 0.95 * z + 3.2 \quad (14)$$

Şekil 15'deki tüm verilerin değerlendirilmesi sonucunda (10) no'lu denklemdeki katsayılar (14) no'lu denklemdeki gibi hesaplanmıştır. (12), (13) ve (14) nolu bağıntılar ile bulunan değerler 11 nolu denklemde kullanılmıştır. Ayrıca analizler sonucunda en uygun değer $m=3$ olduğuna karar verilmiş ve çalışmada bu değer kullanılmıştır. Bu değerlere göre 11 nolu denklem 15 nolu denklemdeki gibi kullanılmıştır:

$$P_p = S - (S - p_n) \cdot (v/v_n)^3 \quad (15)$$

Böylece boşluk basıncının derinliğe bağlı olarak değişimi hesaplanmıştır. Boşluk basıncı ve “İlave basınç” olarak Boşluk basıncı iki aşamada değerlendirilmiştir. Burada “İlave basınç” tabiri; boşluk basıncı ile normal şartlardaki basınç (Hidrostatik gerilme) arasındaki fark için kullanılmıştır (Denklemler 15 ve 16). Yani formasyon içine sıcaklık ve/veya ilave akışkanın artması ile boşluktaki basıncın fazladan artması demektir.

$$\text{İlave basınç} = P_p - p_n \quad (16)$$

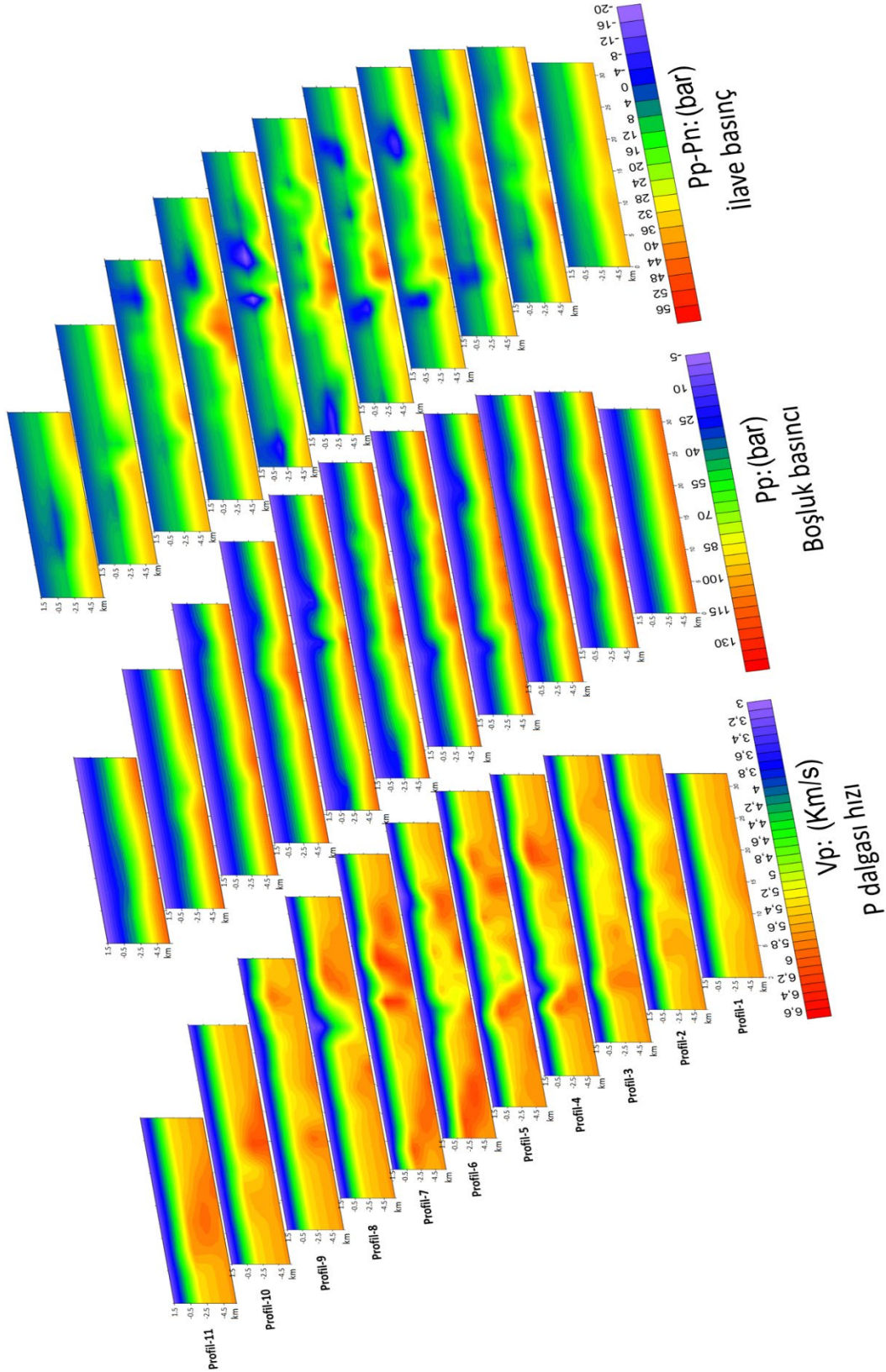
Tablo 1’de Denizli havzası çevresindeki doğal termal sıcak su çıkışları ve Ak-3 ve Ak-6 kuyu bilgileri yer almaktadır ve sahanın jeotermal bir saha olduğu görülmektedir. Halihazırda saha içerisinde çok fazla doğal sıcak su çıkışları bulunmaktadır. Bununla birlikte havzanın batısında ve güney batısında Kızıldere ve Saray bölgesinde JES’ler bulunmaktadır. Buralarda sıcaklık 246 °C’yi bulmaktadır. “Silis jeotermometreleri Tosunlar termal suları için (AK-1, AK-2 ve AK-3) 115-166°C, Gölemezli suları için (Göl-1, Göl-2) 91-155°C, Karahayıt suları için 72-109°C ve Pamukkale suları için 68-99°C arasında rezervuar sıcaklığı değerleri vermiştir. Li jeotermometresi ile elde edilen sonuçlar Tosunlar termal suları için 137-170°C, Gölemezli suları için 118-170°C, Karakayıt kaynağı (KH-3) için 119°C ve Pamukkale kaynağı için 93°C’dir. Mg-Li jeotermometreleri yüksek, K-Mg jeotermometreleri düşük rezervuar sıcaklıkları vermiştir (Subay 2019). Silis, Li ve Mg-Li jeotermometrelerine göre de rezervuarda sıcaklık fazladır. Tosunlar sahasında 166°C-170°C civarında hesap edilmesi, basıncın da daha fazla olacağı anlamına gelmektedir.

Tablo 1: Sahadaki doğal termal kaynakları ve kuyu bilgileri (Subay 2019)
Table 1: Hot spring and well information in the field (Subay 2019)

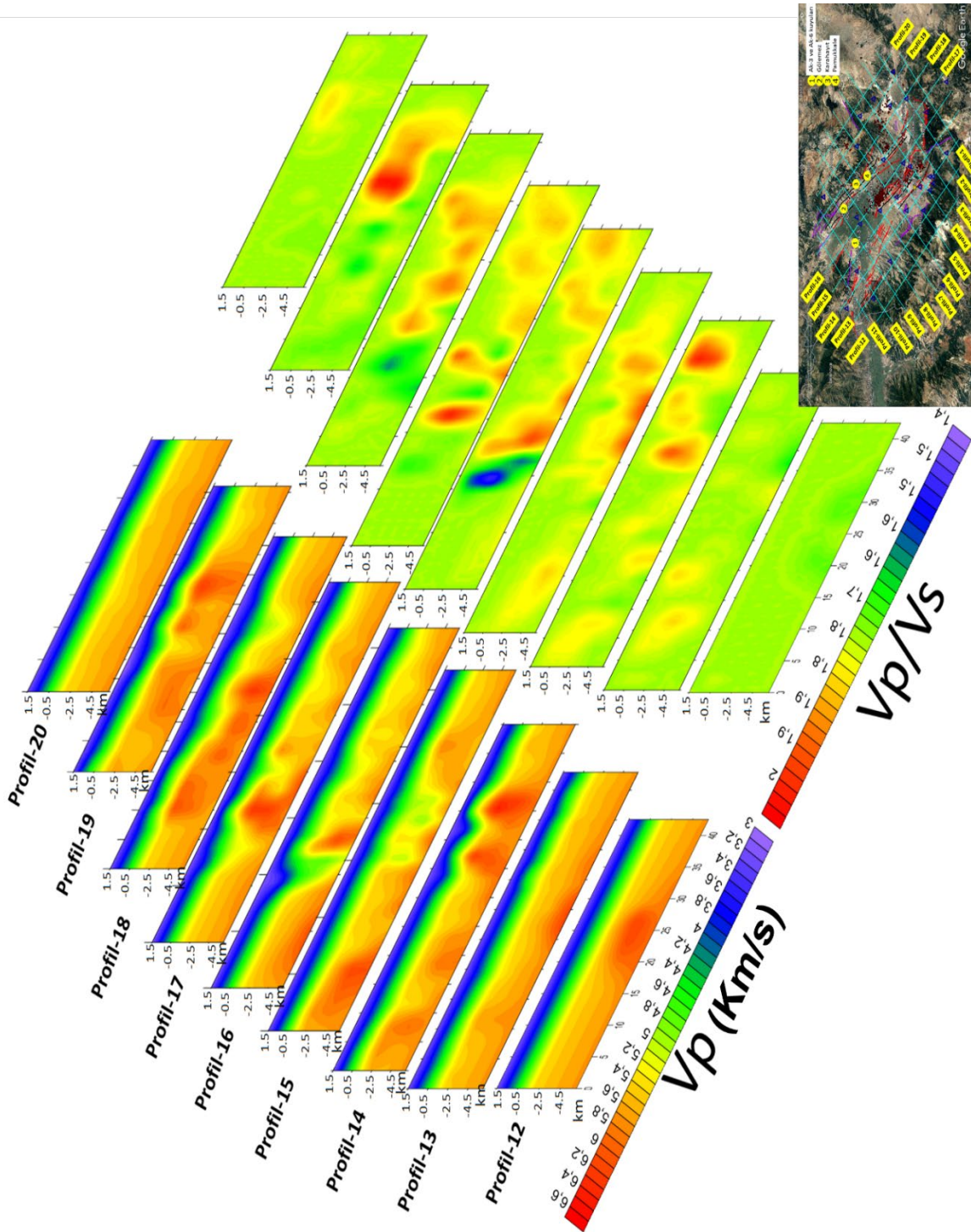
Kaynak/ Kuyu adı	Kuyu adı	Açıldığı yıl	Sıcaklık	Basınç	Derinlik	Debi	Durumu
Karahayıt	KH-1	2007	61 °C		460 m	15 l/s	Çıkış sıcaklığı
Karahayıt	KH-2	2007	61 °C		452 m	40 l/s	Çıkış sıcaklığı
Karahayıt	KH-3	2007	61 °C		570 m	80 l/s	Çıkış sıcaklığı
Karahayıt	KHR-3	2011	54 °C		900 m	27 l/s	Çıkış sıcaklığı
Gölemezli	Göl-1	2008	65 °C		605 m	120 l/s	Çıkış sıcaklığı
Gölemezli	Göl-2	2011	68 °C		137 m	136 l/s	Çıkış sıcaklığı
Gölemezli	DG-3	2002	66 °C		549 m	110 l/s	Çıkış sıcaklığı
Gölemezli	DG-4	2003	70 °C		750 m	45 l/s	Çıkış sıcaklığı
Gölemezli	DG-5	2003	62 °C		750 m	30 l/s	Çıkış sıcaklığı
Pamukkale			35-36 °C			382 l/s	Çıkış sıcaklığı
Tosunlar	AK-3	2012	132 °C	230 bar	2437 m	118 l/s	Üretim kuyusu, ölçülen rezervuar sıcaklığı
Torsunlar	AK-6	2012	148 °C	250 bar	2630 m	46 l/s	Üretim kuyusu, ölçülen rezervuar sıcaklığı

Şekil 16a ve Şekil 16b’de, V_p hızları (15) ve (16) nolu denklemlerin giriş verisi olarak kullanılmış ve elde edilmiş P_p : boşluk basıncı ve $P_p - P_n$: İlave basınç değerlerinin profil boyunca hesaplanış değerleri verilmiştir. Şekillerde görüldüğü gibi derinlere inildikçe boşluk basıncı ve ilave basınç artmaktadır. Yine jeolojiye bağlı olarak değişimler de görülmektedir. Şekil 17’de,

Şekil 16a,b'deki profiller boyunca ve Şekil-14'deki aynı kat haritaları için hesaplanan boşluk basıncı ve ilave basın değişimleri için hazırlanmış kat haritaları verilmiştir. Haritalarda da derinlikle boşluk basıncı ve ilave basınç değerlerinin arttığı gözlenmektedir.



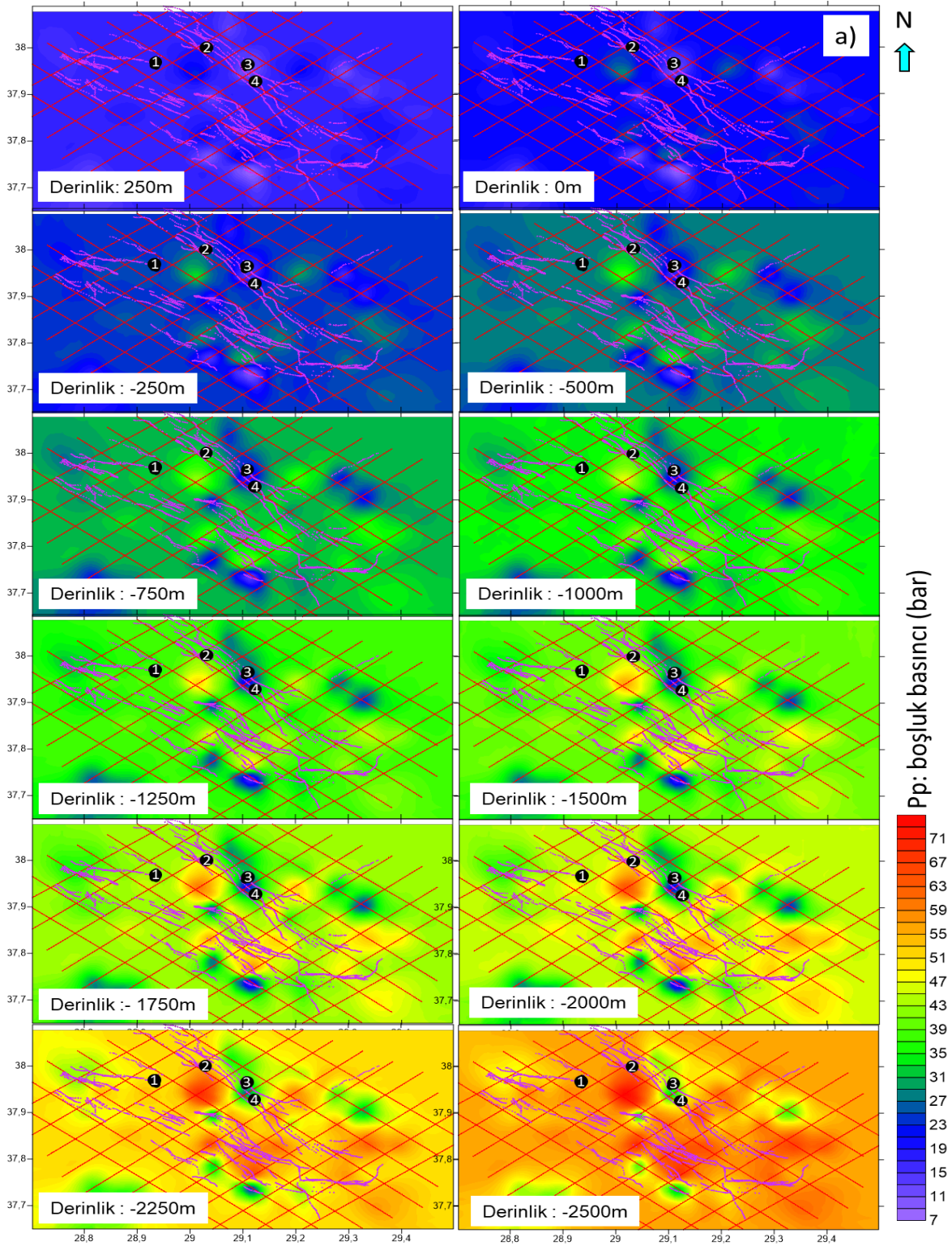
Şekil 16a: Şekil 13a'daki hızlar kullanılarak elde edilmiş boşluk basıncı ve ilave basınç kesitleri
Figure 16a: Sections of pore pressure and additional pressure obtained using the velocities in Figure 13a



Şekil 16b: Şekil 13b'deki hızlar kullanılarak elde edilmiş boşluk basıncı ve ilave basınç kesitleri
 Figure 16b: Sections of pore pressure and additional pressure obtained using the velocities in Figure 13b

Tablo 2'de, Ak-3 ve Ak-6 kuyularına ait sıcaklık ve basınç değerleri görülmektedir. Bu değer incelendiğinde derinlikle hem sıcaklık (T) hem de kuyu içi basınç (Pp) değerlerinin arttığı görülmektedir. Bu iki kuyuya ait Litoloji kesiti, sıcaklık ve basınç grafikleri Şekil 18'de görülmektedir. Her iki kuyuda da aynı formasyonlar kesilmiştir. Sadece bazı formasyonlarda kalınlıklar farklıdır. Buna bağlı olarak da sıcaklık ve basınçlarda bir miktar farklılıklar vardır.

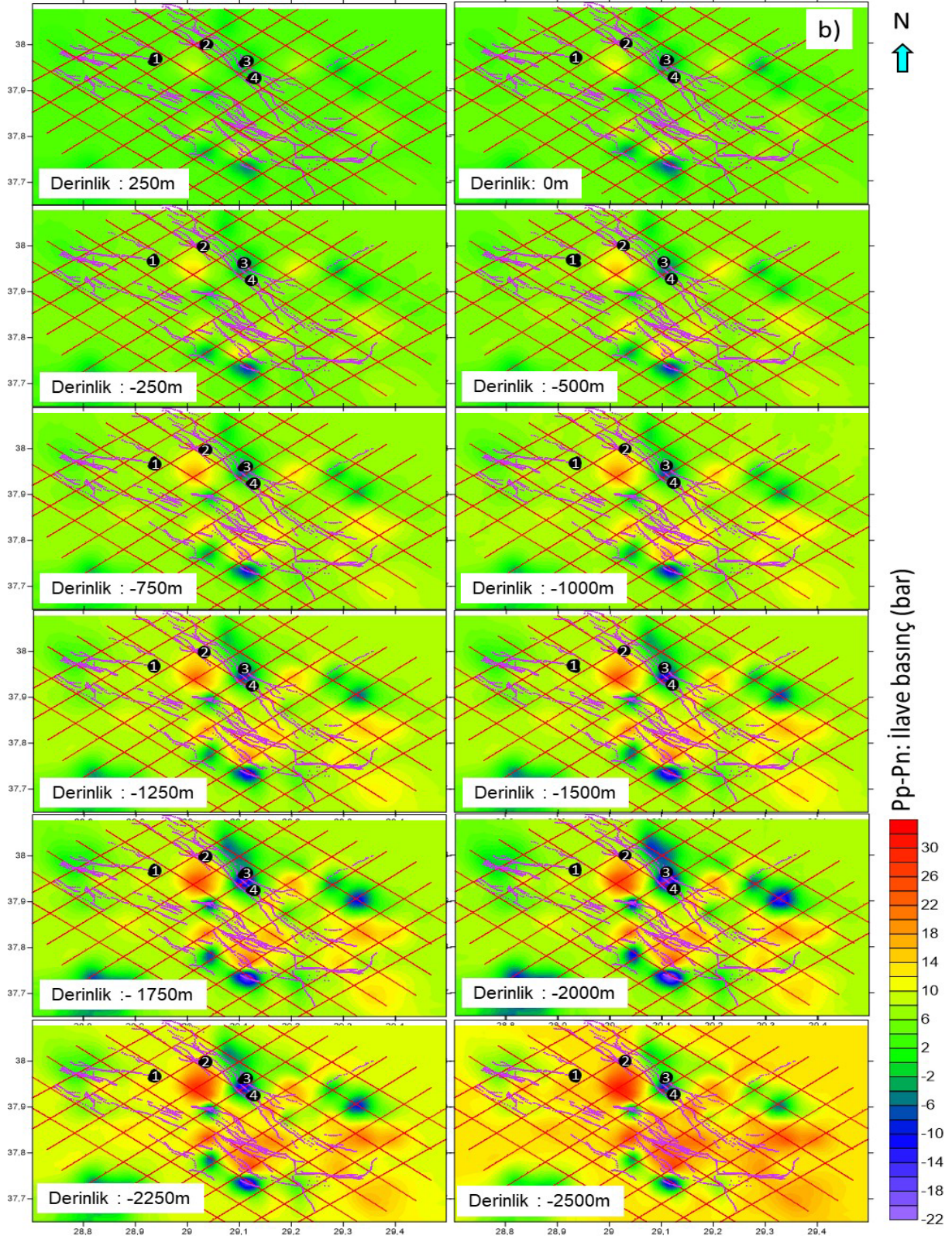
Pp: boşluk basıncı



Şekil 17a: Şekil 14'deki hızlar kullanılarak aynı kat haritalarından elde edilmiş boşluk basıncı haritası (1: aAk-3 ve Ak-6 kuyusu, 2: Gölemezli, 3: Karahayıt, 4: Pamukkale)

Figure 17a: Pore pressure plane sections obtained from some levels using velocities in Figure 14 (1: Ak-3 ve Ak-6 wells, 2: Golemezli, 3: Karahayıt, 4: Pamukkale)

Boşluktaki ilave basınç



Şekil 17b: Şekil 14'deki hızlar kullanılarak aynı kat haritalarından elde edilmiş ilave basınç haritası (1: Ak-3 ve Ak-6 kuyusu, 2: Gölemezli, 3: Karahayit, 4: Pamukkale)

Figure 17b: a) Additional pressure plane sections obtained from same same levels using velocities in Figure 14 (1: Ak-3 ve Ak-6 wells, 2: Golemezli, 3: Karahayit, 4: Pamukkale)

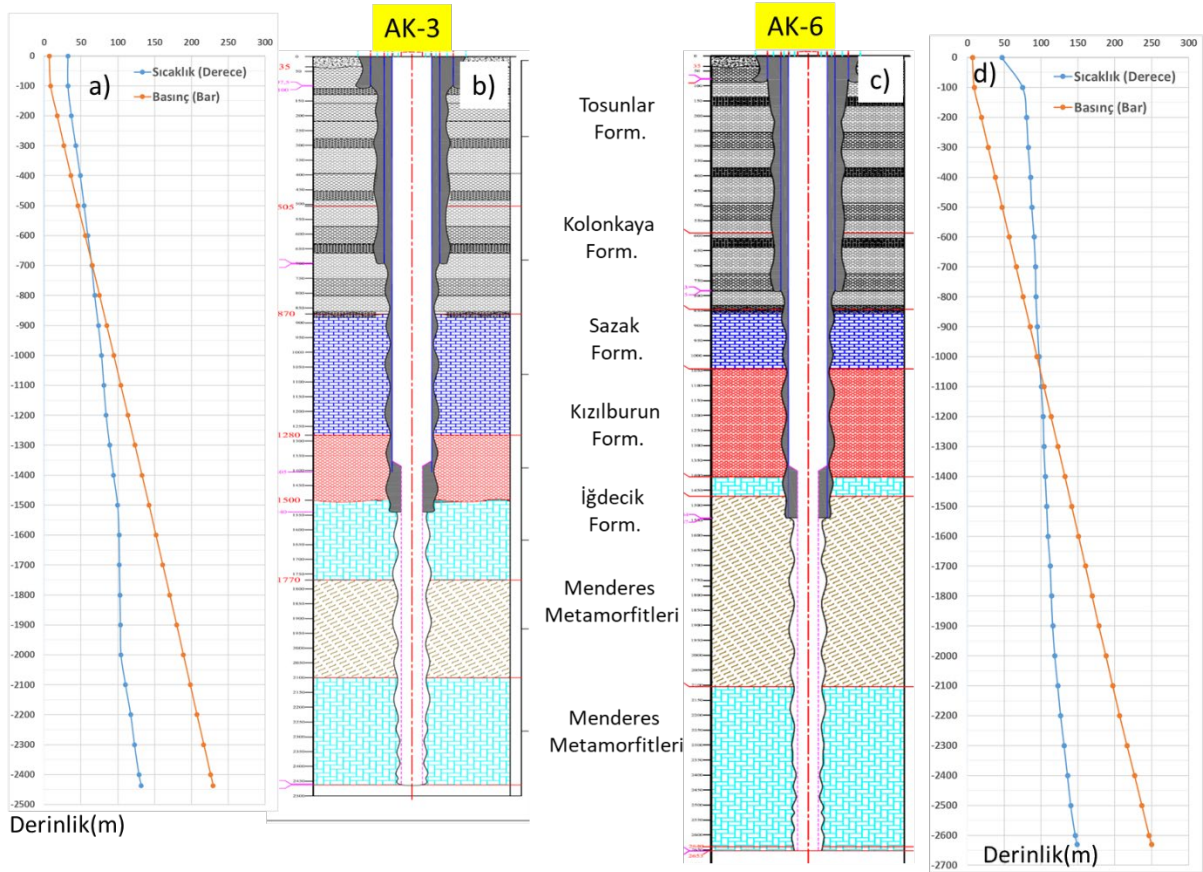
Tablo 2: Ak-3 ve Ak-6 kuyusundaki sıcaklık ve basınç değerleri
 Table 2: Temperature and pore pressure values in Ak-3 and Ak-6 wells

AK-3 Kuyusu (Kot: 145m)				AK-6 Kuyusu (Kot: 145m)			
Derinlik (Yüzeyden)	Derinlik (Deniz seviyesinden)	Sıcaklık	Basınç	Derinlik (Yüzeyden)	Derinlik (Deniz seviyesinden)	Sıcaklık	Basınç
(m)	(m)	(°C)	(bar)	(m)	(m)	(°C)	(bar)
0	145	32.3	6.8	0	145	46.8	6.8
100	45	32.4	8.8	100	45	75.1	9.2
200	-55	36.9	17.8	200	-55	80.2	18.9
300	-155	43.0	26.9	300	-155	82.5	28.3
400	-255	49.1	36.4	400	-255	85.6	37.7
500	-355	54.2	45.8	500	-355	87.4	47.3
600	-455	59.3	55.7	600	-455	90.4	56.7
700	-555	64.7	65.5	700	-555	92.4	66.1
800	-655	68.6	75.3	800	-655	93.1	75.6
900	-755	73.6	84.9	900	-755	95.0	85.1
1000	-855	78.1	94.6	1000	-855	97.3	94.5
1100	-955	80.9	104.1	1100	-955	100.1	103.9
1200	-1055	84.2	113.6	1200	-1055	102.9	113.4
1300	-1155	89.0	123.3	1300	-1155	103.9	122.9
1400	-1255	94.3	132.8	1400	-1255	105.8	132.3
1500	-1355	99.8	142.4	1500	-1355	107.7	141.5
1600	-1455	101.7	151.7	1600	-1455	109.4	150.9
1700	-1555	102.2	161.1	1700	-1555	112.5	160.1
1800	-1655	102.9	170.6	1800	-1655	114.0	169.3
1900	-1755	103.6	179.9	1900	-1755	115.8	178.3
2000	-1855	104.4	189.0	2000	-1855	118.6	188.0
2100	-1955	110.5	198.3	2100	-1955	122.7	197.2
2200	-2055	117.5	207.4	2200	-2055	126.5	206.6
2300	-2155	122.7	216.7	2300	-2155	131.3	216.6
2400	-2255	128.7	226.0	2400	-2255	135.9	226.8
2437	-2292	132.0	229.5	2500	-2355	140.3	236.8
				2600	-2455	146.4	246.7
				2630	-2485	148.8	249.8

Şekil 18'de, Ak-3 ve Ak-6 kuyularına ait litoloji bilgileri, sıcaklık ve basınç değişim grafikleri verilmiştir. Bu bilgiler, bu çalışmadaki Vp hızlarından elde edilen boşluk basıncı değerleri ile karşılaştırılmıştır. Grafikler incelendiğinde, derinliğe bağlı olarak sıcaklık ve basınç değerleri de artmaktadır. Yani kuyular devam etseydi sıcaklık ve basınç değerleri de artmaya devam edecekti. Bu bilgiler, kuyulara en yakın hatların ve hat üzerindeki noktaların hesaplanmış boşluk basıncı değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Şekil 12'de verilen haritada Vp, Vp/Vs, Pp ve Pp-Pn'ye ait kesitler; Profil-6 Şekil 19'da, Profil-7 Şekil 20'de, Profil-8 Şekil 21'de ve Profil-17 ise Şekil 22'de verilmiştir.

Bu hatlar Pamukkale, Karahayit ve Gölemezli travertenlerine ve sıcak su çıkışlarına en yakın hatlardır. Pamukkale, Karahayit ve Gölemezli ve çevresindeki doğal sıcak su çıkışlarının bulunduğu bölgeler, kesit üzerinde incelendiğinde derinlikle boşluk basıncının arttığı ve çevresinde daha yüksek basınçlı bölgelerin olduğu görülür. Muhtemelen, bu basıncın etkisiyle akışkanlar yüzeye kadar doğal olarak çıkmaktadır.



Şekil 18: a) Ak-3 kuyusunun sıcaklık ve basınç değişimi grafiği, b) Ak-3 kuyusuna ait litoloji kesiti, c) Ak-6 kuyusuna ait litoloji kesiti ve d) Ak-6 kuyusunun sıcaklık ve basınç değişimi grafiği
 Figure 18: a) Graph of temperature and pressure change of Ak-3 well, b) lithology cross section of Ak-3 well, c) lithology cross section of Ak-6 well, and d) Graph of temperature and pressure change of Ak-6 well

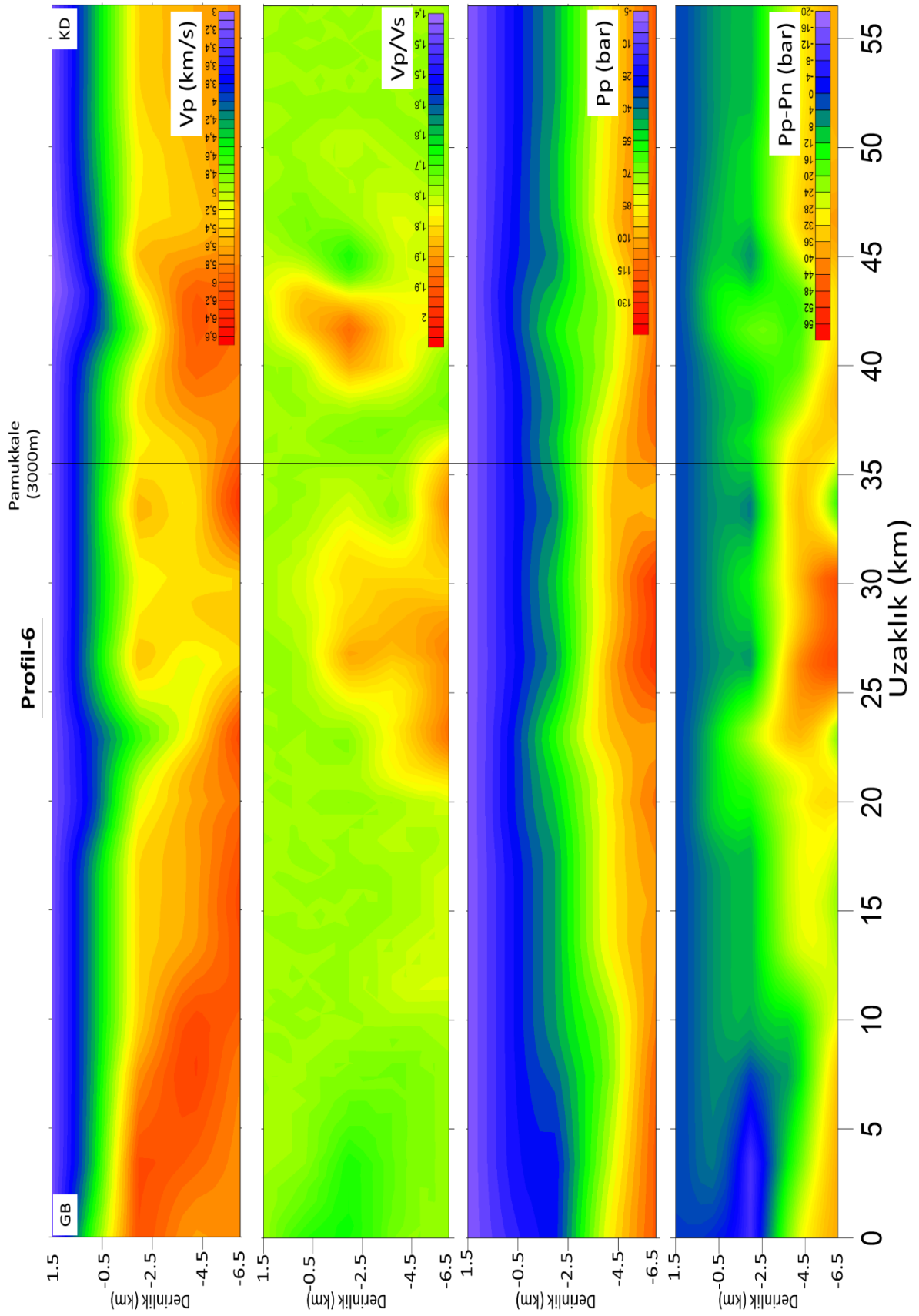
Profil-9'a ait V_p hızı, V_p/V_s oranı değişimi, boşluk basıncı (P_p) ve ilave basınç (P_p-P_n) değişim kesiti Şekil 23'te, Profil-9 üzerindeki Ak-3 ve Ak-6 kuyularına en yakın noktadaki V_p ve V_n hızları ile bu hızlardan elde edilen boşluk basıncı ve kuyulardaki basınç değerlerinin karşılaştırılması ise Şekil 24'te verilmiştir.

Profil-15'e ait, V_p hızı, V_p/V_s oranı değişimi, boşluk basıncı (P_p) ve ilave basınç (P_p-P_n) değişim kesiti Şekil 25'e yer almaktadır.

Profil-15 üzerindeki Ak-3 ve Ak-6 kuyularına en yakın noktadaki V_p ve V_n hızları ile bu hızlardan elde edilen boşluk basıncı ve kuyulardaki basınç değerlerinin karşılaştırılması Şekil 26'da verilmiştir.

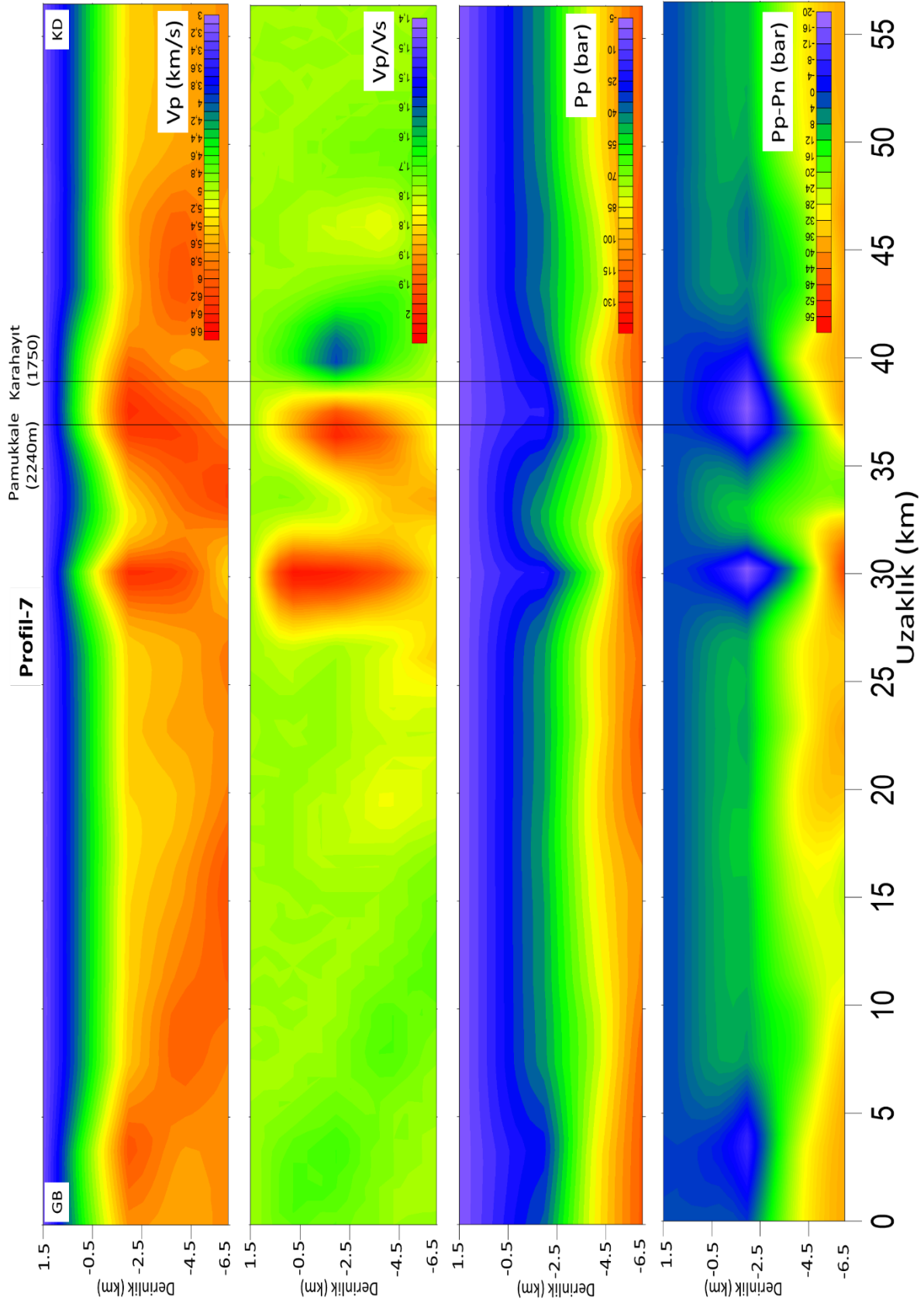
Profil-16'ya ait V_p hızı, V_p/V_s oranı değişimi, boşluk basıncı (P_p) ve ilave basınç (P_p-P_n) değişim kesiti ise Şekil 27'de verilmiştir.

Şekil 28'de ise Profil-16 üzerindeki Ak-3 ve Ak-6 kuyularına en yakın noktadaki V_p ve V_n hızları, bu hızlardan elde edilen boşluk basıncı ve kuyulardaki basınç değerlerinin karşılaştırılmasına ait bulgular yer almaktadır.



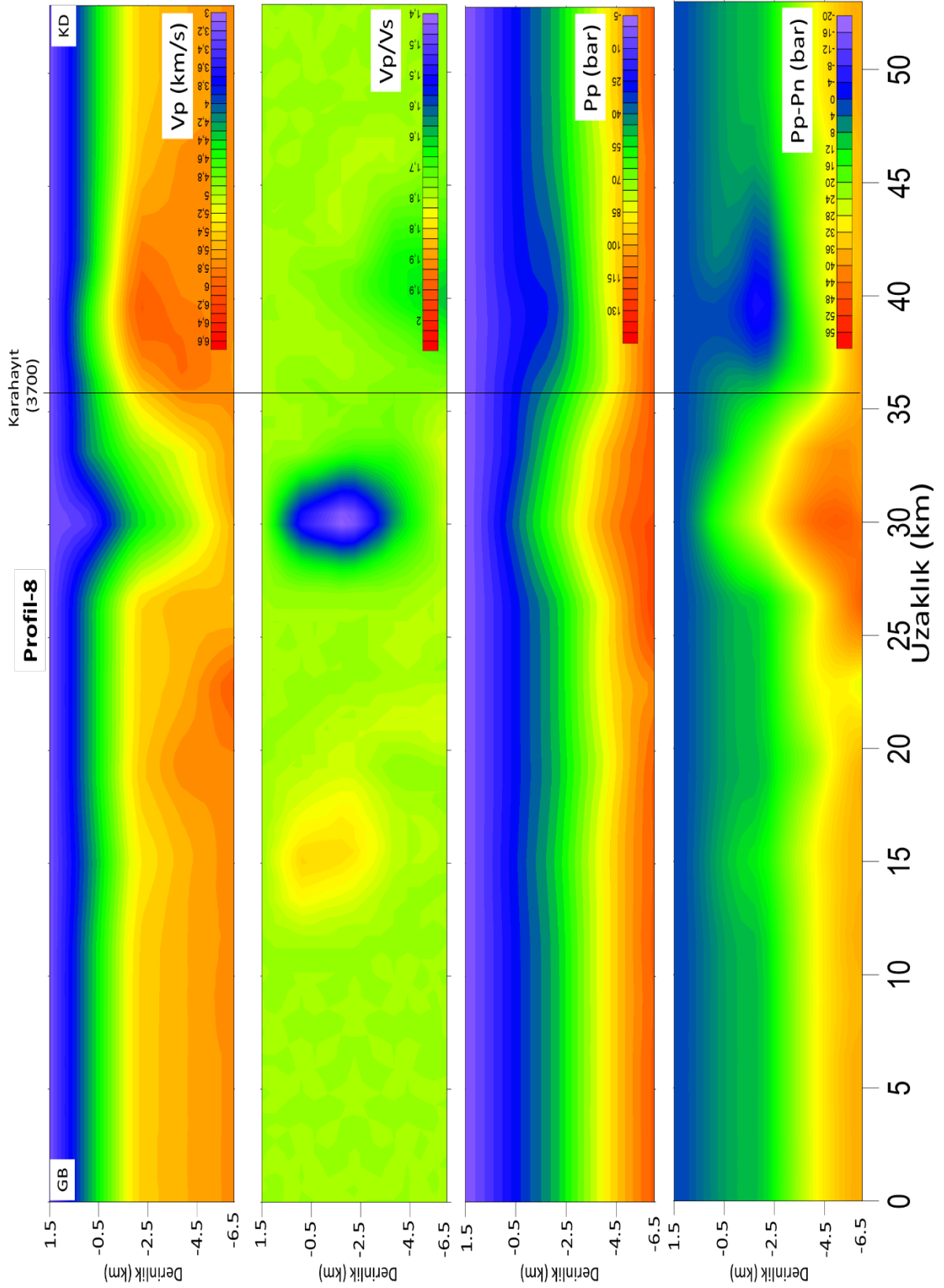
Şekil 19: Profil-6'ya ait, V_p hızı, V_p/V_s oranı değişimi, boşluk basıncı (P_p) ve ilave basınç (P_p-P_n) değişim kesiti

Figure 19: The models of V_p velocity, V_p/V_s ratio, pore pressure (P_p) and additional pressure (P_p-P_n) of Profile-6

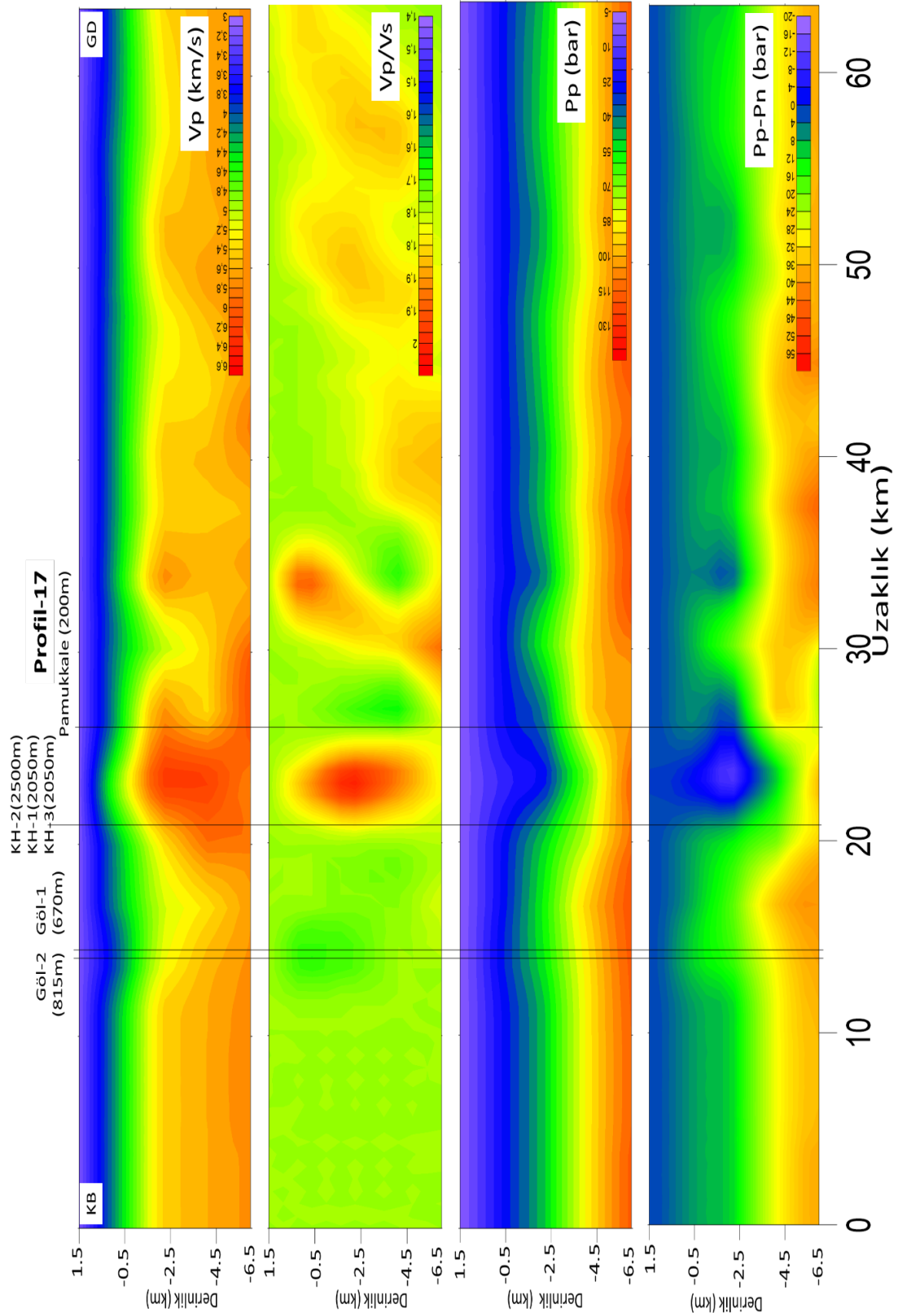


Şekil 20: Profil-7'ye ait, V_p hızı, V_p/V_s oranı değişimi, boşluk basıncı (P_p) ve ilave basınç (P_p-P_n) değişim kesiti

Figure 20: The models of V_p velocity, V_p/V_s ratio, pore pressure (P_p) and additional pressure (P_p-P_n) of Profile-7

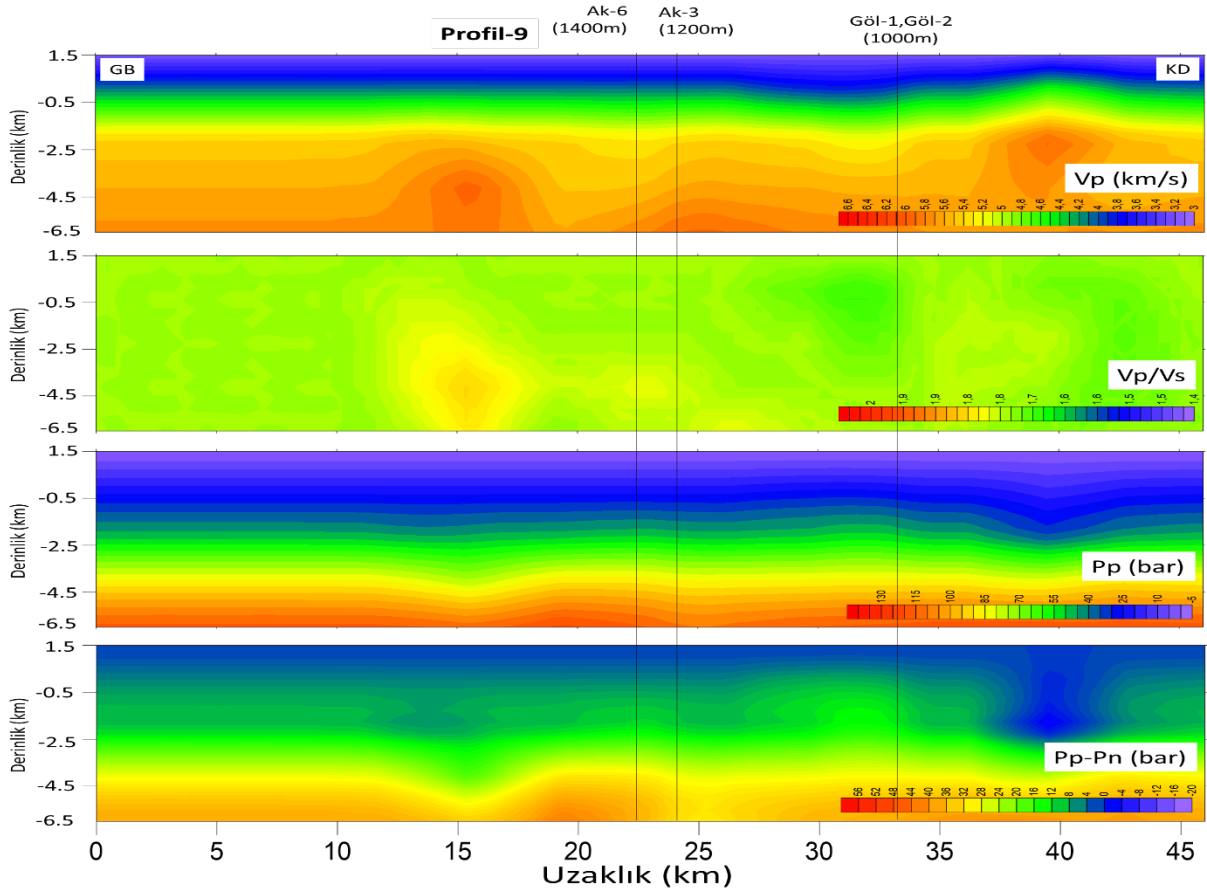


Şekil 21: Profil-8'e ait, Vp hızı, Vp/Vs oranı değişimi, boşluk basıncı (Pp) ve ilave basınç (Pp-Pn) değişim kesiti
Figure 21: The models of Vp velocity, Vp/Vs ratio, pore pressure (Pp) and additional pressure (Pp-Pn) of Profile-8



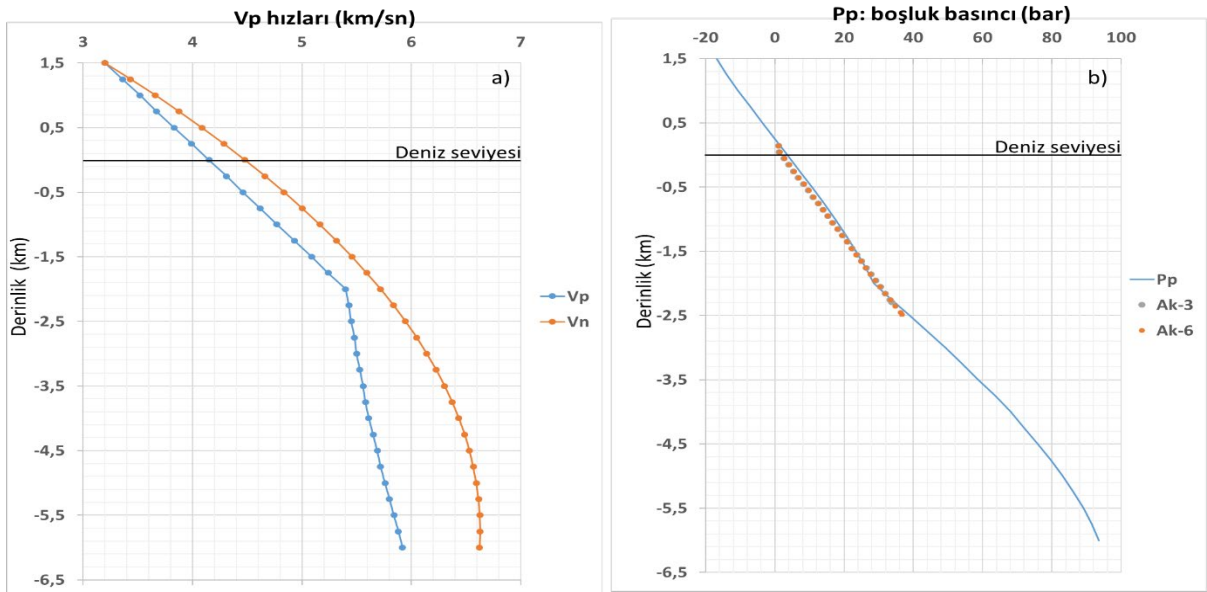
Şekil 22: Profil-17'e ait, V_p hızı, V_p/V_s oranı değişimi, boşluk basıncı (P_p) ve ilave basınç (P_p-P_n) değişim kesiti

Figure 22: The models of V_p velocity, V_p/V_s ratio, pore pressure (P_p) and additional pressure (P_p-P_n) of Profile-17



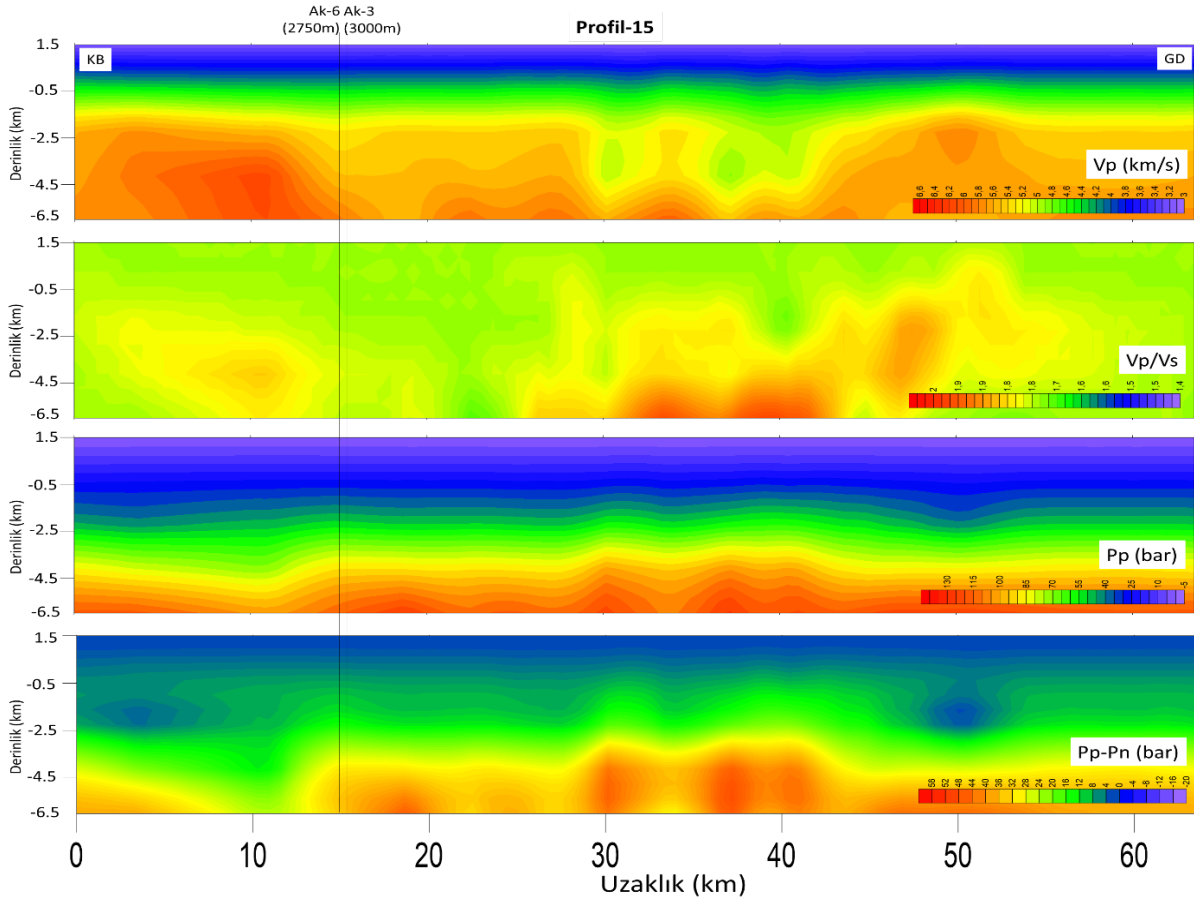
Şekil 23: Profil-9'e ait, V_p hızı, V_p/V_s oranı değişimi, boşluk basıncı (P_p) ve ilave basınç (P_p-P_n) değişim kesiti

Figure 23: The models of V_p velocity, V_p/V_s ratio, pore pressure (P_p) and additional pressure (P_p-P_n) of Profile-9



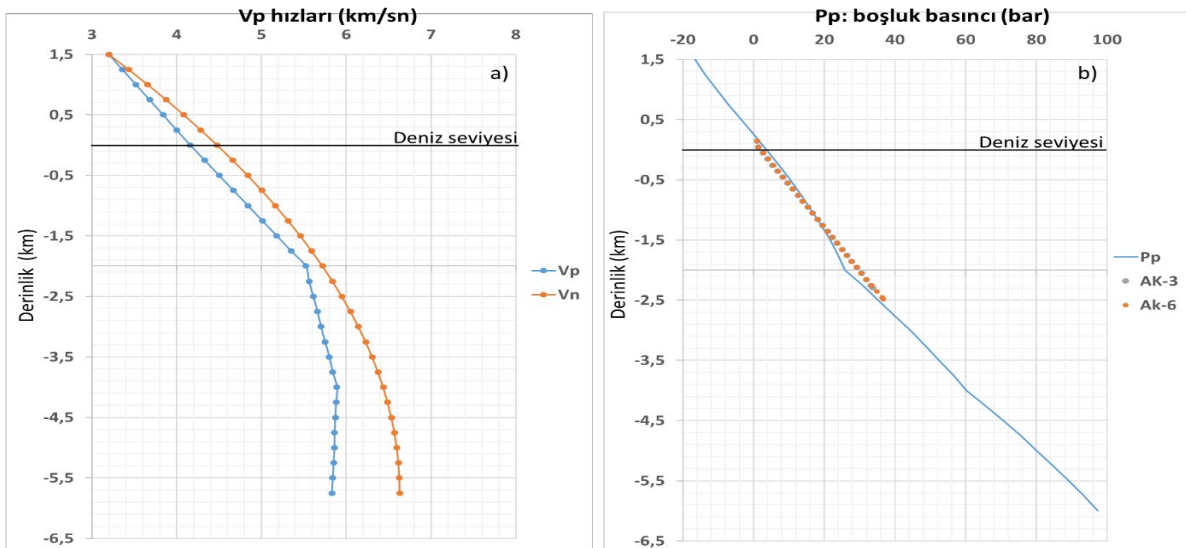
Şekil 24: a) Profil-9 üzerindeki Ak-3 ve Ak-6 kuyularına en yakın noktadaki V_p ve V_n hızları, b) Bu hızlardan elde edilen boşluk basıncı ve kuyulardaki basınç değerlerinin karşılaştırılması

Figure 24: a) V_p and V_n velocities of Profile-9 at the nearest point of the Ak-3 and Ak-6 wells, b) Comparison of pore pressures both obtained from these velocities and the pressure values in the wells



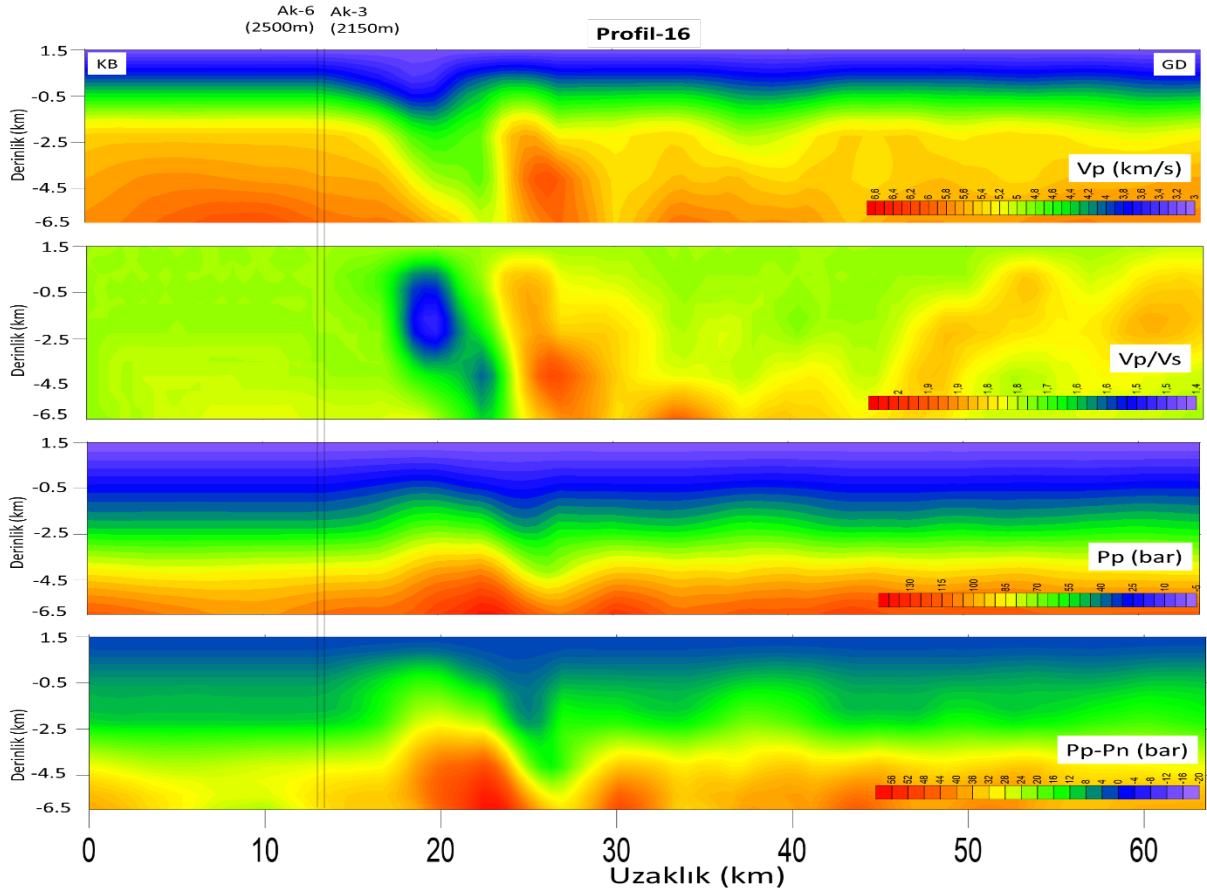
Şekil 25: Profil-15'e ait, V_p hızı, V_p/V_s oranı değişimi, boşluk basıncı (P_p) ve ilave basınç (P_p-P_n) değişim kesiti

Figure 25: The models of V_p velocity, V_p/V_s ratio, pore pressure (P_p) and additional pressure (P_p-P_n) of Profile-15



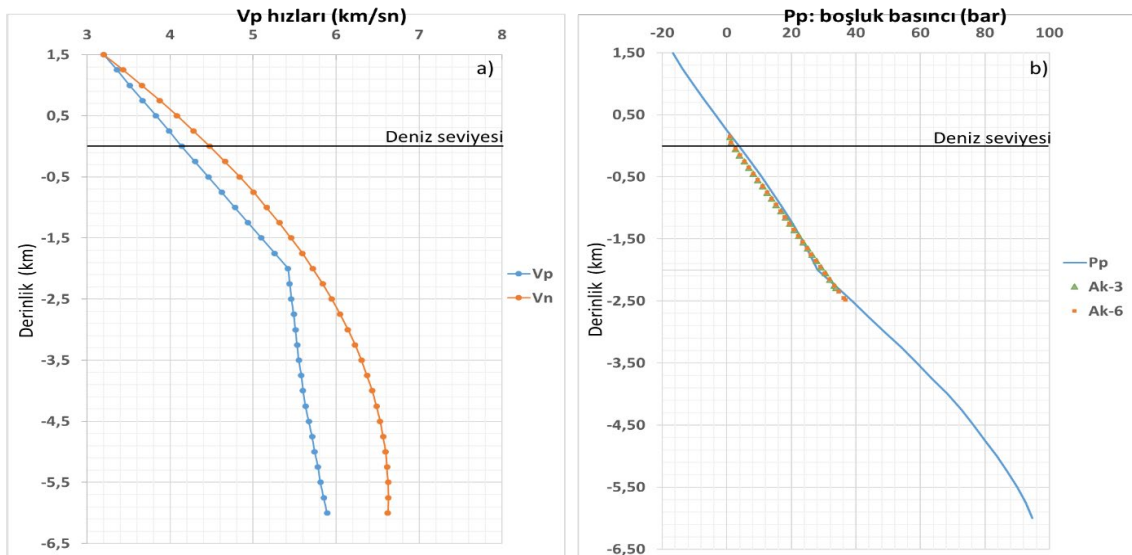
Şekil 26: a) Profil-15 üzerindeki Ak-3 ve Ak-6 kuyularına en yakın noktadaki V_p ve V_n hızları, b) Bu hızlardan elde edilen boşluk basıncı ve kuyulardaki basınç değerlerinin karşılaştırılması

Figure 26: a) V_p and V_n velocities of Profile-15 at the nearest point of the Ak-3 and Ak-6 wells, b) Comparison of pore pressures both obtained from these velocities and the pressure values in the wells



Şekil 27: Profil-16'e ait, V_p hızı, V_p/V_s oranı değişimi, boşluk basıncı (P_p) ve ilave basınç (P_p-P_n) değişim kesiti

Figure 27: The models of V_p velocity, V_p/V_s ratio, pore pressure (P_p) and additional pressure (P_p-P_n) of Profile-16



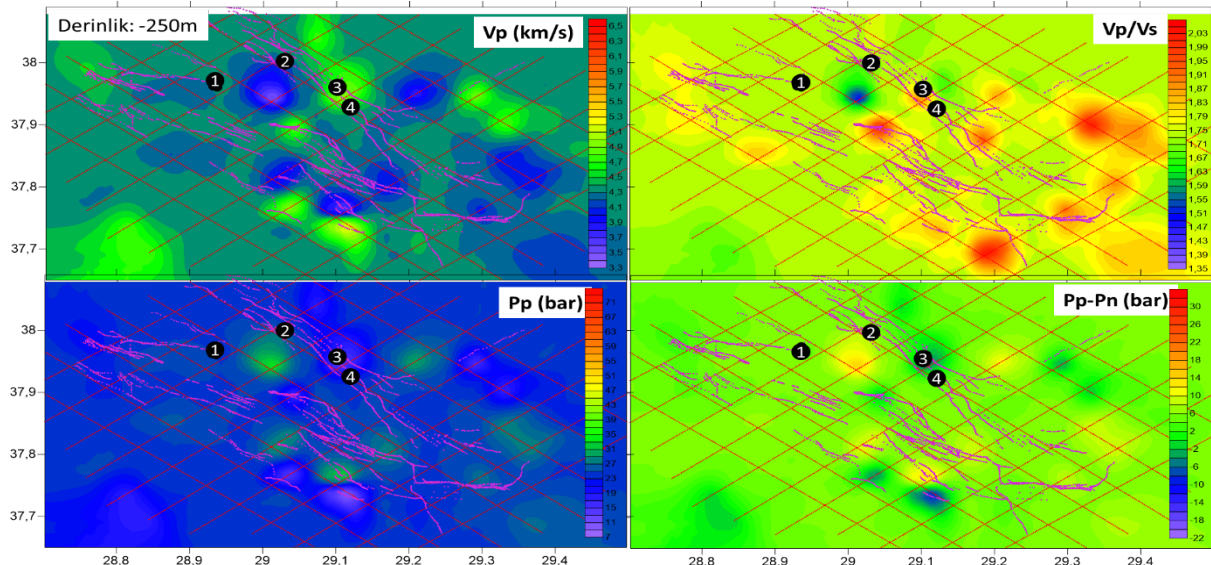
Şekil 28: a) Profil-16 üzerindeki Ak-3 ve Ak-6 kuyularına en yakın noktadaki V_p ve V_n hızları, b) Bu hızlardan elde edilen boşluk basıncı ve kuyulardaki basınç değerlerinin karşılaştırılması

Figure 28: a) V_p and V_n velocities of Profile-16 at the nearest point of the Ak-3 and Ak-6 wells, b) Comparison of pore pressures both obtained from these velocities and the pressure values in the wells

Ak-3 ve Ak-6 kuyularının içinde kayıt edilen basınç değerleri ile bu çalışmada elde edilen basınç değerleri karşılaştırılmıştır. Bu kuyulara en yakın olan Profiller 9, 15 ve 16 nolu profillerdir. En yakın 9 nolu profil olup Ak-3 kuyusuna 1200m ve Ak-6 kuyusuna ise 1400m uzaklıktadır. Profil-9, Profil-15 ve Profil-16'nın kuyulara en yakın noktalarındaki basınç değerleri ile kuyu basınç değerleri kıyaslanmıştır. Ak-3 ve Ak-6 kuyularındaki basınç değerleri; Şekil 24'de Profil 9 ile, Şekil 26'da Profil 15 ile ve Şekil 28'de ise Profil 19 ile kıyaslama yapılmıştır. Görüldüğü gibi kuyulardaki basınç değerleri ile sismik hızlardan elde edilen basınç değerleri oldukça uyumludur.

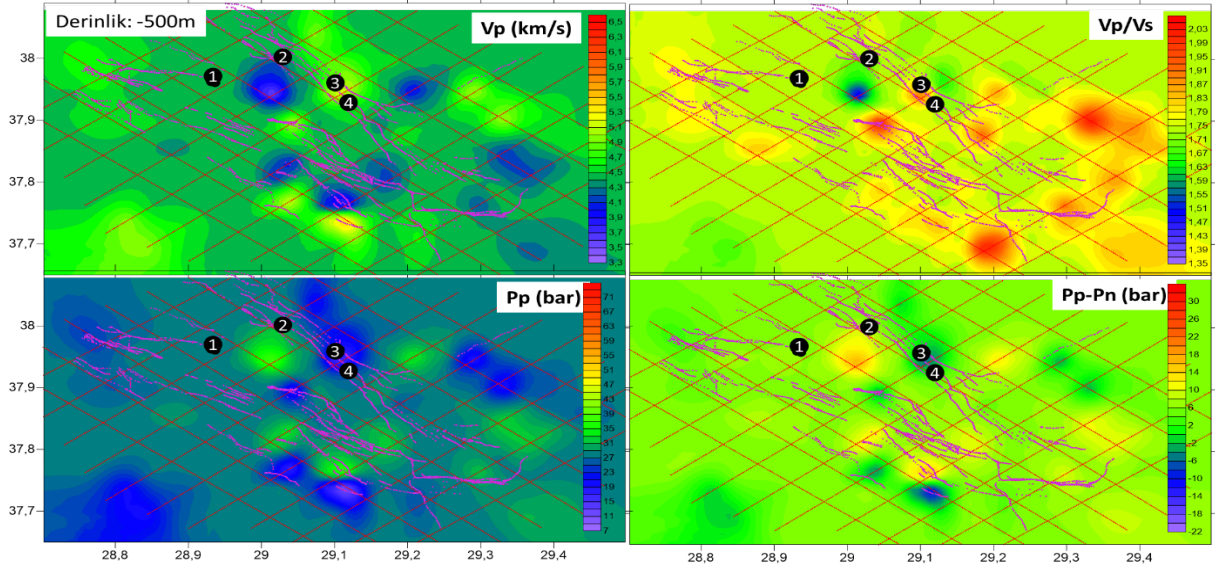
Şekil 29-34'de bölgenin V_p , V_p/V_s , P_p ve P_p-P_n 'in kat haritaları görülmektedir. Haritalar üzerinde Ak-3 ve Ak-6 kuyu yerleri (1), Gölemezli (2), Karahayıt (3) ve Pamukkale (4) sıcak su çıkışları gösterilmektedir. Bu dört noktanın ortasında Profil-8 ile Profil-16'nın kesiştiği bölgede V_p hızları ve V_p/V_s oranının çok düşük olduğu bölge olup, yine bu bölge boşluk basıncı (P_p) ve ilave basıncın (P_p-P_n) çok yüksek olduğu bölgedir. Bu bölgenin kuzeyindeki Gölemezli ve doğusundaki Karahayıt ve Pamukkale sıcak su çıkışlarının kaynağı burası olabilir. Bu bölgedeki sıcak suların doğal olarak çıkış sebebi, Profil-8 ile Profil-16'nın kesiştiği bölgedeki boşluk basıncının etkisi ile fay zonundan çıkıyor denilebilir.

Bu bölgede (Profil-8 ile Profil-16'nın kesiştiği bölge) fay sisteminin olmaması ve boşluk basınç değerlerinin çok yüksek olması nedeniyle çevresini sıkıştırıyor ve çevredeki faylardan sıcak suların çıkmasını neden olduğu düşünülebilir. Eğer buralarda da fay olsaydı, hem sıcak su çıkışı olurdu hemde basınç değerleri bu kadar yüksek olmazdı. Bu sıkıştırmanın etkisiyle Pamukkale ve Karahayıt bölgesinde hem sıcak akışkanların yüzeye çıkmasını sağlıyor, hem de hızların artmasına neden oluyor denilebilir. Yine çatlakların su/akışkan ile dolu olması nedeniyle V_s hızları düşüyor, bunun sonucu olarak da V_p/V_s oranı artıyor denilebilir.

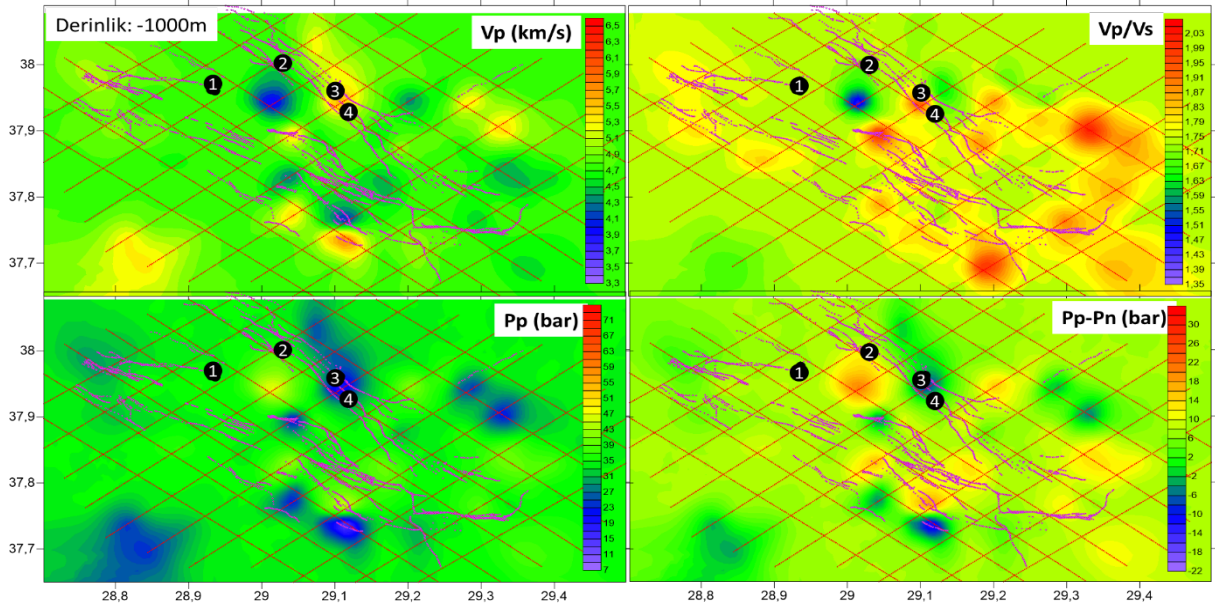


Şekil 29: -250 m kotundaki seviyenin V_p , V_p/V_s , P_p ve P_p-P_n kat haritasının karşılaştırılması (1: Ak-3 ve Ak-6 kuyusu, 2: Gölemezli, 3: Karahayıt, 4: Pamukkale)

Figure 29: Comparison of the V_p , V_p/V_s , P_p and P_p-P_n plane sections of the -250 m depth (1: Ak-3 and Ak-6 wells, 2: Gölemezli, 3: Karahayıt, 4: Pamukkale)

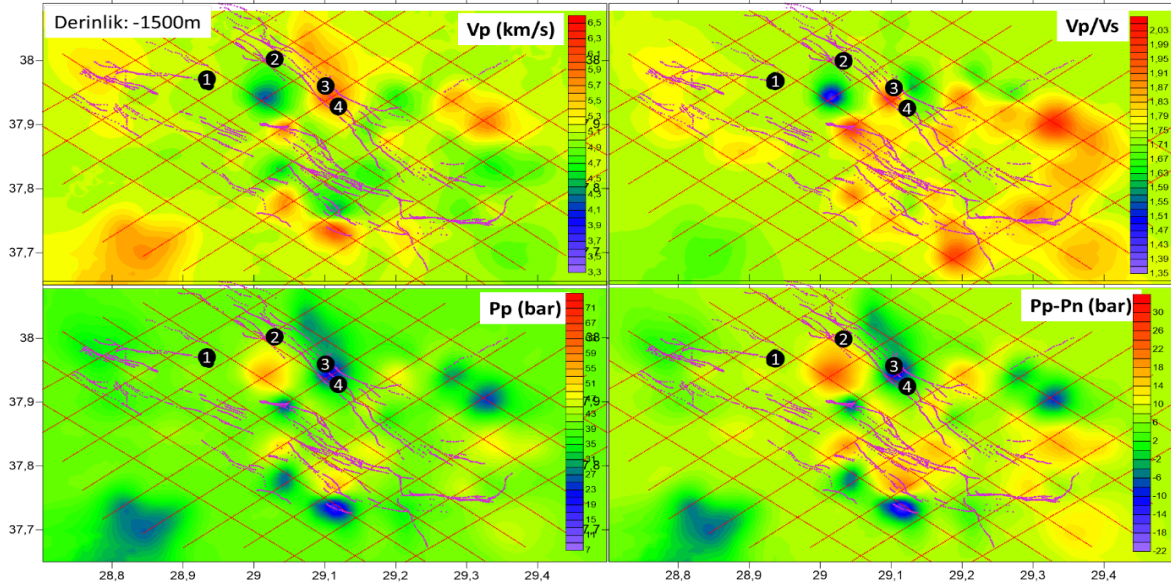


Şekil 30: -500 m kotundaki seviyenin Vp, Vp/Vs, Pp ve Pp-Pn kat haritasının karşılaştırılması (1: Ak-3 ve Ak-6 kuyusu, 2: Gölemezli, 3: Karahayit, 4: Pamukkale)
 Figure 30: Comparison of the Vp, Vp/Vs, Pp and Pp-Pn plane sections of the -500 m depth (1: Ak-3 and Ak-6 wells, 2: Gölemezli, 3: Karahayit, 4: Pamukkale)

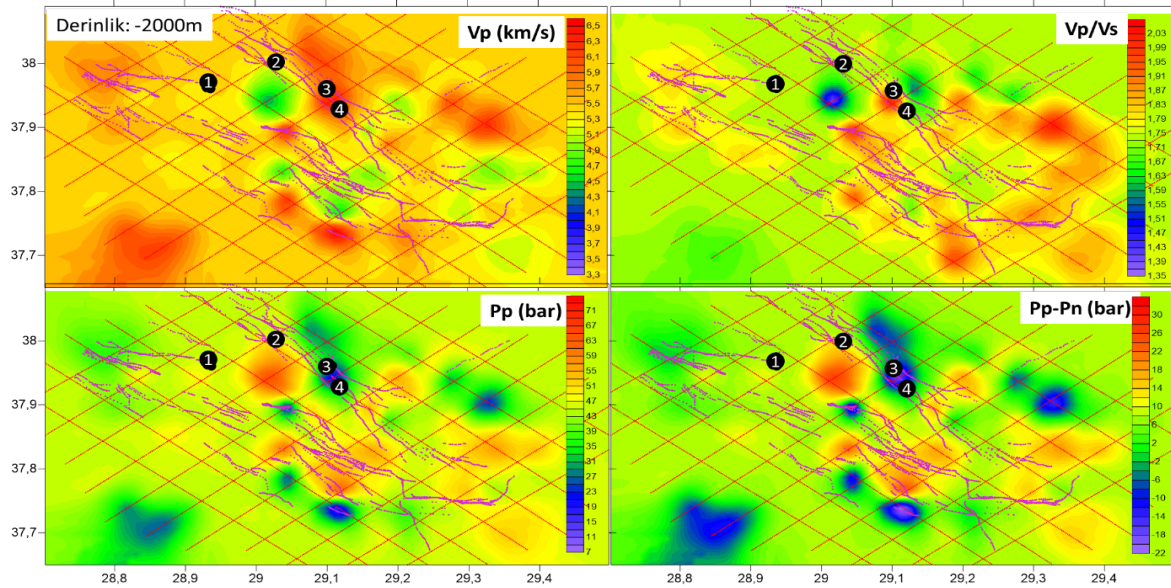


Şekil 31: -1000 m kotundaki seviyenin Vp, Vp/Vs, Pp ve Pp-Pn kat haritasının karşılaştırılması (1: Ak-3 ve Ak-6 kuyusu, 2: Gölemezli, 3: Karahayit, 4: Pamukkale)
 Figure 31: Comparison of the Vp, Vp/Vs, Pp and Pp-Pn plane sections of the -1000 m depth (1: Ak-3 and Ak-6 wells, 2: Gölemezli, 3: Karahayit, 4: Pamukkale)

Litolojik değişimler P dalgası hızını etkilerken, kayaların fiziksel özellikleri de Vp/Vs oranını etkilemektedir. Jeotermal sahalarda Vp/Vs anomalileri; genellikle kayanın dokusuna, poroziteye, gözenek içindeki akışkana, boşluk basıncına, sıcaklığa ve gözenek tipine bağlıdır (Takei 2002). 3-B Vp/Vs anomalilerin olduğu bölgeler, havza içerisindeki çatlak ve kırıklı bölgelerin yoğun olduğu kısımlardır. Yani bu bölgeler fayların çok olduğu ve fiziksel özelliklerinin değiştiği bölgelerdir. Bu bölgeleri ezilme zonu olarak da düşünebiliriz. Vp anomalileri ise kayanın litolojik değişimlerine bağlıdır. Boşluk basıncı hesabı Vp hızına bağlı olarak hesaplanması nedeniyle, hızın düştüğü yerlerde boşluk basıncı artmaktadır. Tabii ki artış için normal hız trendine göre daha düşük olmalıdır.

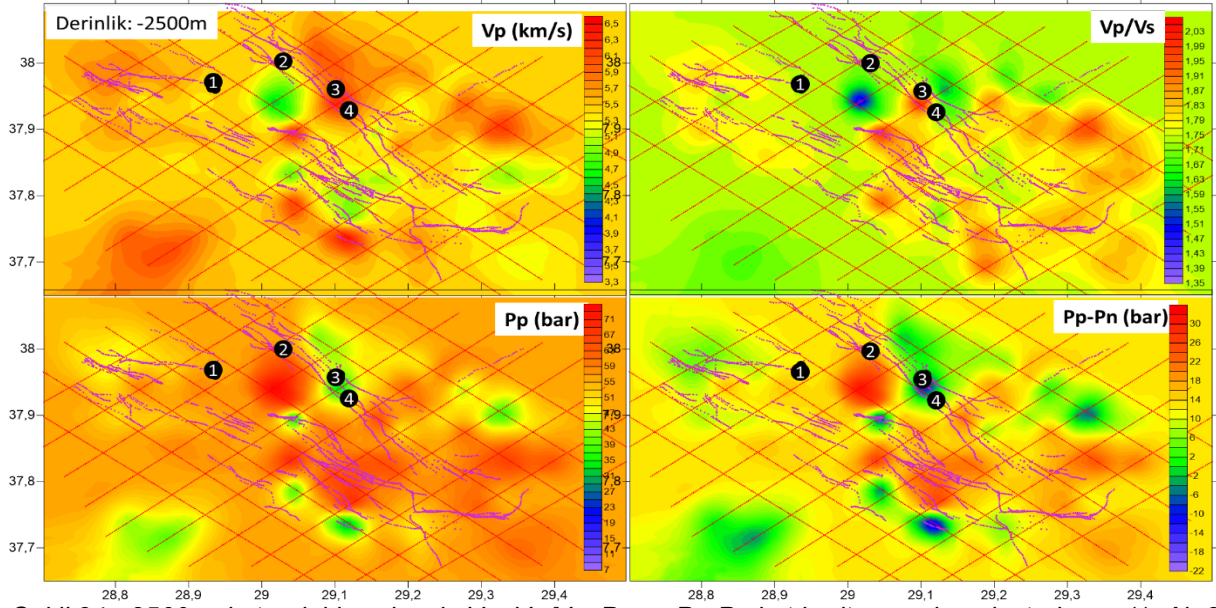


Şekil 32: -1500 m kotundaki seviyenin Vp, Vp/Vs, Pp ve Pp-Pn kat haritasının karşılaştırılması (1: Ak-3 ve Ak-6 kuyusu, 2: Gölemezli, 3: Karahayit, 4: Pamukkale)
 Figure 32: Comparison of the Vp, Vp/Vs, Pp and Pp-Pn plane sections of the -1500 m depth (1: Ak-3 and Ak-6 wells, 2: Gölemezli, 3: Karahayit, 4: Pamukkale)



Şekil 33: -2000 m kotundaki seviyenin Vp, Vp/Vs, Pp ve Pp-Pn kat haritasının karşılaştırılması (1: Ak-3 ve Ak-6 kuyusu, 2: Gölemezli, 3: Karahayit, 4: Pamukkale)
 Figure 33: Comparison of the Vp, Vp/Vs, Pp and Pp-Pn plane sections of the -2000 m depth (1: Ak-3 and Ak-6 wells, 2: Gölemezli, 3: Karahayit, 4: Pamukkale)

Bu tür bölgelerde boşluk basıncı yüksektir. Bununla birlikte Vp/Vs oranının düşük olduğu bölgeler basınçlı bölgelerdir. Basınçla Vp hızı, Vs hızına göre daha hızlı azaldığından Vp/Vs oranı da düşmektedir. Dolayısıyla hem Vp hızının hem de Vp/Vs oranının düşük olduğu bölgelerde basınç değeri çok yüksektir. En belirgin olarak bu tür yerler, Profil 8 ile Profil 15'in kesiştiği bölgedir (Şekil 29-34). Bu tür yerler CO₂ bakımından doymun veya yüksek basınçlı akışkanın olduğu yerleri gösterir (Julian ve diğ.1998). Vp hızı düşerken Vp/Vs oranı artarsa bu tür yerlerde çatlakların yani boşlukların fazla olduğu yerler ve bu yerlerin akışkan ile dolu olduğu anlamına gelebilir. Bu tür yer en belirgin olarak Profil 5 ile Profil 14'in kesiştiği bölgedir. Bu bölge de Denizli fay zonu bölgesidir.



Şekil 34: -2500 m kotundaki seviyenin V_p , V_p/V_s , P_p ve P_p-P_n kat haritasının karşılaştırılması (1: Ak-3 ve Ak-6 kuyusu, 2: Gölemezli, 3: Karahayit, 4: Pamukkale)
 Figure 34: Comparison of the V_p , V_p/V_s , P_p and P_p-P_n plane sections of the -2500 m depth (1: Ak-3 and Ak-6 wells, 2: Gölemezli, 3: Karahayit, 4: Pamukkale)

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada boşluk basıncı (P_p) ve ilave basınç (P_p-P_n) hesaplamaları yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılarak birlikte yorumlanmıştır.

Ak-3 ve Ak-6 kuyularında ölçülen kuyu içi basınç değerleri, bu çalışmada hesaplanan ve kuyulara en yakın profillerdeki boşluk basınç değerleri ile kıyaslanmıştır. Ak-3 ve Ak-6 kuyu içi boşluk basınç değerleri ile profillerdeki hesaplanmış boşluk basınç değerlerinin birbirleriyle oldukça uyumlu olduğu görülmüştür. Aynı zamanda, elde edilen boşluk basınç değerleri Pamukkale, Karahayit ve Gölemezli sıcak su çıkışları ile de kıyaslanmıştır. Seviye haritaları (Şekil 29-34) incelendiğinde, Profil-8 ile Profil-16'nın kesiştiği bölge yüksek boşluk basınçlı bir bölge olarak görülmektedir. Bu bölge ilginç olarak Ak-3, Ak-6 kuyuları ile Pamukkale, Karahayit ve Gölemezli sıcak su çıkışlarının tam ortasında yer almaktadır. Bu bölgede fay olmaması (Şekil 12) basınç değerinin artmasına neden olmaktadır. Bu bölgedeki yüksek boşluk basıncı, çevreye baskı yapmaktadır. Bu basınç ile çevrenin V_p hızı artmakta, dolayısıyla V_p/V_s oranını da artırmaktadır. Pamukkale, Karahayit ve Gölemezli sıcak suyun doğal olarak çıkış nedeni budur denilebilir. Bu basıncın etkisiyle ve aynı zamanda faylı bir bölge olması nedeniyle sıcak sular yüzeye bu bölgeden çıkmaktadır. Yine aynı haritalar incelendiğinde, bölgede yüksek basınçlı bölgelerin fazlalığı görülmektedir.

Sonuç olarak, Jeotermal sahaları içeren bölgelerde boşluk basınç değişimleri sismik hızlardan yararlanarak elde edilebilir. Bu bilgiler ile diğer jeofizik verilerin birlikte yorumlanmasıyla bölgenin jeotermal potansiyeli ortaya çıkartılır. Ayrıca tüm sonuçlar birlikte değerlendirilip, arama amaçlı bir kaç kuyu açılabilir. Daha sonra sahada mutlaka sismik yansıma yöntemi ile veri toplanmalı ve birlikte yeniden yorumlanmalıdır. Bununla birlikte sismik yansıma verisinden elde edilecek sismik hızlar ile deprem kayıtlarının değerlendirilmesinden elde edilen hızlarla ve basınçlarla karşılaştırılmalıdır. Sahada daha fazla yeni kuyu açmadan, bölgenin fayları, fay atımları, tabaka dalım açıları vs. sismik yansıma verisi ile ortaya çıkarılmalı ve yeni kuyu yerleri sismik veriden belirlenmelidir.

TEŞEKKÜR

Çalışmaya olan desteğinden ötürü Bülent KAYPAK'a ve Ak-3 ve Ak-6 kuyularına ait sıcaklık ve basınç değerlerini benimle paylaşan ve yayınlanmasına izin veren başta Sn. Hakan TEKKAYA olmak üzere Akça Enerji Üretim Otoprodüktör Grubu A.Ş. yönetimine teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

Akyol N., Zhu L., Mitchell B.J., Sozibilir H., Kekovali K., 2006. Crustal structure and local seismicity in western Anatolia, *Geophysical Journal International* 166, 1259-1269.

Al-Amri A., Abdelrahman K., Mellors R., Harris D., Al-Amri Y., 2020. Seismic Identification of Geothermal Prospecting in Harrat Rahat, Northern Arabian Shield, *Arabian Journal of Geosciences* 13(214), <http://doi.org/10.1007/s12517-020-05300-2>.

Altunel E., Barka A., 1996. Evaluation of archaeoseismic damages at Hierapolis, *Geological Bulletin of Turkey* 39, 65-74.

Ates A., Kearey P., Tufan S., 1999. New gravity and magnetic maps of Turkey, *Geophysical Journal International* 136, 499-502.

Ates R.C., Bayulke N., 1982. The 19 August 1976 Denizli, Turkey, earthquake: evaluation of the strong motion accelerograph record, *Bulletin of the Seismological Society of America* 72, 1635-1649.

Berge P.A., Bonner B.P., 2002. Seismic velocities contain information about depth, lithology, fluid content and microstructure, Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems, <http://doi.org/10.4133/1.2927173>.

Blangy J.P., 1992. Integrated seismic lithologic interpretation: The petrophysical basis, PhD Thesis, Stanford University, USA, 414 p.

Bowers G.L., 1995. Pore pressure estimation from velocity data: accounting for overpressure mechanisms besides under compaction undercompaction, *SPE Drilling & Completion* 10, 89-95. <http://dx.doi.org/10.2118/27488-PA>.

Bowers G.L., 2002. Detecting High Overpressure, *The Leading Edge* 21(2), 174-177.

Charlety J., Cuenot N., Dorbath C., Dorbath L., 2006. Tomographic study of the seismic velocity at the Soultz-sous-Forets EGS/HDR site, *Geothermics* 35, 532-543.

Duman O., 2009. Denizli-Kızıldere sahası jeotermal enerji aramaları jeofizik-özdirenç etüdü raporu, MTA raporu, Rapor no: 11188.

Eaton B.A., 1972. Graphical method predicts geopressure worldwide, *World Oil* 182, 51-56.

Erees F.S., Aytas S., Sac M.M., Yener G., Şalk M., 2007. Radon concentrations in thermal waters related to seismic events along faults in the Denizli Basin, Western Turkey, *Radiation Measurements* 42, 80-86.

Gardner G.H.F., Gardner L.W., Gregory A.R., 1974. Formation velocity and density- the diagnostic basic for stratigraphic traps, *Geophysics* 39(6), 770-780.

Gökçen N., 1982. Denizli ve Muğla çevresi Neojen istifinin ostrakod biyostratigrafisi, *Yerbilimleri* 8, 111-132.

Gurgey K., Simoneit B.R.T., Batı Z., Karamanderesi İ.H., Varol B., 2007. Origin of petro-liferous bitumen from the Büyük Menderes-Gediz geothermal graben system, Denizli-Sarayköy, western Turkey, *Applied Geochemistry* 22, 1393-1415.

Huffman A.R., 2002. The future of pore-pressure prediction using geophysical methods, *The Leading Edge* 21(2), 199-205.

Julian B.R., Pitt A.R., Foulger G.R., 1998. Seismic image of a CO2 reservoir beneath a seismically active volcano, *Geophys. J. Int.* 133(1), F7-F10, <https://doi.org/10.1046/j.1365-246X.1998.1331540.x>

Kaypak B., Gokkaya G., 2012. 3-D imaging of the upper crust beneath the Denizli geothermal region by local earthquake tomography, western Turkey, *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 211-212, 47-60.

Kaypak B., Venedik G., 2011. Denizli havzası 3-B sismik hız yapısının jeolojik, tektonik, hidrotermal ve deprensellik ilişkisi, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 11-14 Ekim 2011, Ankara-Türkiye, Erişim adresi: http://www.tdmd.org.tr/TR/Genel/4.Oturum/1.TDMSK_108.pdf

Lahn E., 1948. Denizli-Sarayköy-Buldan bölgesinin deprem faaliyeti hakkında not, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni* 1, 39-50. Erişim Linki: <https://www.acarindex.com/pdfs/29879>

Lebedev E.B., Kern H., Pavlenkova N.I., Lukanin O.A., Lobanov K.V., Zharikov A.V., Popp, T., 2021, Compressional wave velocity measurements on mafic-ultramafic rocks under high aqueous fluid pressure and temperature help to explain low velocity zones in the lithosphere, *Scientific Reports* 11,13424 <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92248-2>.

McKenzie D.P., 1978. Active tectonics of the Alpine-Himalayan Belt: The Aegean Sea and its surrounding regions, *Geophys. J. R. Astr. Soc.* 55, 217-254.

MTA, 2021. Yerbilimleri Harita Görüntüleyici, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Erişim adresi: <http://yerbilimleri.mta.gov.tr>.

Ozer C., Polat, O., 2017. Local earthquake tomography of Izmir geothermal area, Aegean region of Turkey, *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata* 58 (1), 17-42.

Ozer C., Ozyazicioglu M., 2019. The Local Earthquake Tomography of Erzurum (Turkey) Geothermal Area, *Earth Sciences Research Journal* 23(3), 209-223.

Ozer C., 2021. 4-D tomographic change of Vp and Vp/Vs structure before destructive earthquakes: a case study of the Sivrice-Elazığ earthquake (mw = 6.8), Eastern Turkey, *Natural Hazards* 108(2), 1901-1917.

Özgüler M.E., Turgay M.I., Şahin H., 1983. Denizli jeotermal alanlarında jeofizik çalışmalar, *MTA Bülteni* 99-100,129-141.

Piccardi L., 2007. The AD 60 Denizli Basin earthquake and the apparition of Archangel Michael at Colossae (Aegean Turkey), *Geological Society, London, Special Publications* 273, 95-105

Sayers C.M., Johnson G.M., Denyer G., 2002. Predrill pore-pressure prediction using seismic data, *Geophysics* 67(4), 1286-1292.

Sengor A.M.C., 1987. Cross-faults and differential stretching of hanging walls in regions of lowangle normal faulting; Examples from western Turkey. (In: Continental Extensional Tectonics, Editors: Coward M.P., Dewey J.F., Hancock P.L., 619 p, Geological Society, London, Special Publications), 575-589.

Soleymani H., Riahi M.A., 2012. Velocity based pore pressure prediction-A case study at one of the Iranian southwest oil fields, *Journal of Petroleum Science and Engineering* 94-95, 40-46.

Subay E., 2019. Tosunlar jeotermal sahasının (denizli) hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal incelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 111 s.

Takei Y., 2002. Effect of pore geometry on Vp/Vs: from equilibrium geometry to crack, *J. Geophys. Res.* 107, Erişim adresi: <http://doi.org/10.1029/2001JB00522>.

Topal S., 2003. Denizli neojen istifinin startigrafisi ve tektonik özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 63 s.

Uyanık O., 1999. Kayaçların sismik hızlar ve kayma direncinin incelenmesi, 52. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler kitabı, 63-70.

Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/273058917_Kayaclarda_Sismik_Hizlar_ve_Kayma_Direncinin_Incelenmesi

Uysal I.T., Feng Y., Zhao J., Isik V., Nuriel P., Golding S.D., 2009. Hydrothermal CO₂ degassing in seismically active zones during the late Quaternary, *Chemical Geology* 265, 442-454.

Wang Z., Wang R., 2015. Pore pressure prediction using geophysical methods in carbonate reservoirs: Current status, challenges and way ahead, *Journal of Natural Gas Science and Engineering* 27(2), 986-993.

ARAŞTIRMA VERİSİ (*Research Data*)

Çalışma kapsamında TÜBİTAK-MAM Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü'nün Denizli Havzasında kaydettiği deprem verileri kullanılmıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI / İLİŞKİSİ (*Conflict of Interest / Relationship*)

Araştırma kapsamında herhangi bir kişiyle ve/veya kurumla çıkar çatışması/ilişkisi bulunmamaktadır.

YAZARLARIN KATKI ORANI BEYANI (*Author Contributions*)

- Çalışmanın tasarlanması (*Designing of the study*): O.G.
- Literatür araştırması (*Literature research*): O.G.
- Saha çalışması, veri temini/derleme (*Fieldwork, collection/compilation of data*): O.G.
- Verilerin işlenmesi/analiz edilmesi (*Processing/analysis of data*): O.G.
- Şekil/Tablo/Yazılım hazırlanması (*Preparation of figures/tables/software*): O.G.
- Bulguların yorumlanması (*Interpretation of findings*): O.G.
- Makale yazımı, düzenleme, kontrol (*Writing, editing and checking of manuscript*): O.G.



Comparative Analysis of the Parliamentary Research Commission Reports Published 2010 and 2021 in the Earthquake Specific

Onder Bozkurt ¹, Halil Ibrahim Cicekdagi ¹

¹ Disaster and Emergency Management Presidency (AFAD), Ankara, Türkiye
ORCID: 0000-0003-1152-3096, 0000-0002-3535-0647

Keywords

Earthquake, Parliamentary research, Risk reduction, Disaster management, Urban transformation

Highlights

*Sustainable development
*Urban transformation studies
*Disaster risk reduction studies

Aim

Making a comparative evaluation of reports and revealing the main themes emphasized regarding the reduction of disaster risks in particular for earthquakes

Location

--

Methods

The reports were coded with keywords determined by experts, converted into numerical data and analysed using the MAXQDA program

Results

Two reports have similarities at the rate of 60%. The urban transformation and building inspection systems are the prominent issues in both reports

Supporting Institutions

The author(s) declared that this study has used no support data from other institutions

Financial Disclosure: The author(s) declared that this study has received no financial support

Peer-review

Externally peer-reviewed

Conflict of Interest: The author has no conflicts of interest to declare.

Manuscript

Research Article

Received: 10.03.2022

Revised: 20.04.2022

Accepted: 25.04.2022

Printed: 30.06.2022

DOI

10.46464/ tdad.1085753



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International Non-Commercial License

Corresponding Author

Halil Ibrahim Cicekdagi
Email: cicekdagi@gmail.com

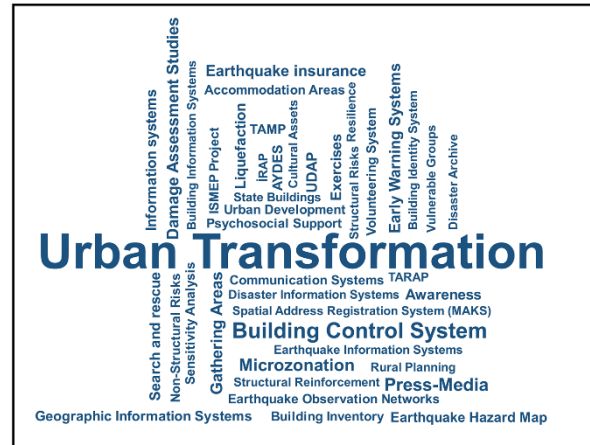


Figure
Code map consisting of all coding done

How to cite:

Bozkurt O., Cicekdagi H.I., 2022. Comparative Analysis of the Parliamentary Research Commission Reports Published 2010 and 2021 in the Earthquake Specific, Turk. J. Earthq. Res. 4(1), 137-154, <https://doi.org/10.46464/tdad.1085753>



Deprem Özelinde 2010 ve 2021 Yıllarında Yayımlanan Meclis Araştırma Komisyon Raporlarının Karşılaştırmalı Analizi

Önder Bozkurt¹, Halil İbrahim Çiçekdağı¹

¹ Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), Ankara, Türkiye
ORCID: 0000-0003-1152-3096, 0000-0002-3535-0647

ÖZET

Çalışmada, 2010 yılında yayımlanan “Deprem Riskinin Araştırılarak Deprem Yönetiminde Alınması Gereken Önlemlerin Belirlenmesi Amacıyla Kurulan” Meclis Araştırması Komisyonu Raporu ile 2021 yılında yayımlanan “Depreme Karşı Alınabilecek Önlemlerin ve Depremlerin Zararlarının En Aza İndirilmesi İçin Alınması Gereken Tedbirlerin Belirlenmesi Amacıyla Kurulan” Meclis Araştırması Komisyonu Raporu karşılaştırmalı bir analize tabi tutulmuştur. Çalışmanın amacı, bu raporların karşılaştırmalı olarak değerlendirmesini yaparak deprem özelinde afet risklerinin azaltılmasına ilişkin vurgulanan ana temaları ortaya çıkarmaktır. Raporlar uzmanlarca belirlenen anahtar kelimeler ile kodlanarak sayısal veriye dönüştürülmüş ve MAXQDA programı kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışma kapsamında raporların benzerlikleri ve farklılıkları incelenmiştir. Analiz sonucunda iki raporun %60 oranında benzerlikler taşıdığı, kentsel dönüşüm ve yapı denetim sistemlerinin iki raporda da öne çıkan konular olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler

Deprem, Meclis araştırması, Risk azaltma, Afet yönetimi, Kentsel dönüşüm

Öne Çıkanlar

- * Sürdürülebilir kalkınma
- * Kentsel dönüşüm çalışmaları
- * Afet risk azaltma çalışmaları

Makale

Araştırma Makalesi

Geliş: 10.03.2022
Düzeltilme: 20.04.2022
Kabul: 25.04.2022
Basım: 30.06.2022

DOI

10.46464/ tdad.1085753

Sorumlu yazar

Halil İbrahim Çiçekdağı
Eposta:
cicekdagi@gmail.com

Comparative Analysis of the Parliamentary Research Commission Reports Published 2010 and 2021 in the Earthquake Specific

Onder Bozkurt¹, Halil Ibrahim Cicekdagi¹

¹ Disaster and Emergency Management Presidency (AFAD), Ankara, Türkiye
ORCID: 0000-0003-1152-3096, 0000-0002-3535-0647

ABSTRACT

In the study, the Report of the Parliamentary Research Commission “Established to Determine the Measures to be taken in Earthquake Management by Investigating the Earthquake Risk” published in 2010 and the Report of the Parliamentary Research Commission “Established to Determine the Measures to be taken to Minimize the Damages of Earthquakes and the Measures to be taken against the Earthquake”, published in 2021, subjected to a comparative analysis. The aim of the study is to make a comparative evaluation of these reports and to reveal the main themes emphasized regarding the reduction of disaster risks in particular for earthquakes. The reports were coded with keywords determined by experts, converted into numerical data and analysed using the MAXQDA program. Within the scope of the study, the similarities and differences of the reports were examined. As a result of the analysis, it was seen that the two reports have similarities at the rate of 60% and the urban transformation and building inspection systems are the prominent issues in both reports.

Keywords

Earthquake, Parliamentary research, Risk reduction, Disaster management, Urban transformation

Highlights

- * Sustainable development
- * Urban transformation studies
- * Disaster risk reduction studies

Manuscript

Research Article

Received: 10.03.2022
Revised: 20.04.2022
Accepted: 25.04.2022
Printed: 30.06.2022

DOI

10.46464/ tdad.1085753

Corresponding Author

Halil Ibrahim Cicekdagi
Email:
cicekdagi@gmail.com

1. GİRİŞ

Sismik riskleri azaltma stratejileri, depremlerden kaynaklanan ölümleri, ekonomik kayıpları ve sosyal bozulmaları en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Dünyadaki deprem ölümlerinin %75'inin yapısal göçükler nedeniyle yaşandığı bilinmektedir (Coburn ve diğ. 1992). Türkiye topraklarının büyük bir bölümü de deprem riski altında bulunmakta ve geçmiş tecrübelerden anlaşıldığı üzere, diğer afet türleri arasında deprem afetinin yıkıcı sonuçları hemen hemen tüm sektörlerde yoğun bir şekilde hissedilebilmektedir. Bu nedenle deprem tehlike ve risklerini en aza indirmek amacıyla kalkınma planları başta olmak üzere, yürürlüğe konulan birçok ulusal stratejik belgede, bu afet türünün muhtemel zararlarını giderici hedef ve öncelikler ortaya konulmaktadır.

Meydana gelebilecek depremlerin yol açabileceği muhtemel zararları en aza indirmek için risk azaltma stratejileri hayata geçirilmektedir. Risk azaltma stratejilerinin odak bileşeninde, öncelikle depreme dayanıklı yapıların inşa edilmesi ve sonrasında hali hazırda inşa edilmiş olan riskli yapıların güçlendirilmesi yer almaktadır. Bu durumun özellikle gelişmekte olan ülkelerde geçerli bir süreç olacağı ve gelecekte de değişmeyeceği değerlendirilmektedir (Bilham 2009, Tucker 2004). Mevcut yapıların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi, tasarım sürecinde, binanın gelecekteki performansları ile ilgili hususlarına bakılarak yapılmaktadır (Dong ve diğ. 2013).

Bir bölge için deprem riskinin; tehlikeye, risk altındaki varlıkların kırılabilirliğine ve maruz kalmaya bağlı olduğu gerçeğinden hareketle, bu tehlikelerin belirli bir zaman aralığında belirli bir şiddette depreme dönüşme olasılığı bir alanın fiziksel özelliği olan sismisiteye bağlıdır. Binalar için sismik kırılabilirlik, sismik olaylardan kaynaklanan hasar potansiyellerini ifade etmekte olup yetersiz tasarıma sahip, malzeme özellikleri zayıf veya bakım eksikliği olan savunmasız binaların bir depremden sonra muhtemelen daha büyük hasar görebileceği öngörülmektedir (Polese ve diğ. 2018). Sismik riskin yüksek olduğu bölgelerde sadece ekonomik kayıplar (onarım/güçlendirme/yeniden inşa) veya sadece çevresel sonuçlar (ciddi hasar görmüş binaların onarımı/yeniden inşasından kaynaklanan enerji kaynakları ve karbondioksit emisyonu) ile karşılaşmamakta aynı zamanda sosyal sonuçlar (arızalar, yaralanmalar veya ölümler) yaşanabilmektedir. Üstelik bu durum sürdürülebilirlik politikalarını güçlü bir şekilde etkileyebilmektedir. Bu nedenle, aynı zamanda yüksek derecede maruz kalmanın ve kırılabilirliklerin olduğu, tehlikeye eğilimli ülkelerde risk azaltma politikalarının teşvik edilmesine gereksinim duyulmaktadır. Sismik tehlikeye müdahale etmek mümkün olmadığından, afetlerin azaltılmasına yönelik temel politika yaklaşımları, ya etkiyi azaltmaya (örneğin, büyüme kısıtlamaları veya arazi kullanımı düzenlemeleri yoluyla) ya da olayların sonuçlarını hafifletmeye yöneliktir. Olayların sonuçlarını hafifletmeyi amaçlayan bu politika, hazırlık bilgilerinin güçlendirilmesi, yeni binalar için bina yönetmeliklerinin iyileştirilmesi veya güvenli olmayan mevcut binalar için güçlendirme çalışmalarının teşvik edilmesi yoluyla gerçekleştirilebilmektedir (Comerio 2004).

Türkiye özelinde sismik riskin azaltılmasına yönelik ortaya konulan gerek imar planlarına ilişkin kanuni düzenlemeler ve mekânsal alanların seçimine yönelik çalışmalar gerekse uzun yıllar içinde edinilen tecrübelerin yansıtıldığı bina deprem yönetmelikleri ve deprem tehlike haritaları bu alanda yapılmış çalışmalara temel bir dayanak oluşturmaktadır. Bu hukuki metinler ile diğer yasal düzenlemelerin amacı, yaşanan afetler sonrası ortaya çıkabilecek kayıpların minimize edilmesini sağlamaktadır. Bu amaçlar doğrultusunda hem ilgili kurumların kurmuş oldukları komisyonlar hem de Türkiye Büyük Millet Meclisi (TBMM) çatısı altında kurulan araştırma ve inceleme komisyonları, yürürlükteki mevzuatın sahada uygulanıp uygulanmadığını kontrol etmekle birlikte hukuki açıdan ihtiyaç duyulan yeni düzenlemeler konusunda görüş ve değerlendirmelerde bulunmaktadır.

Bu bağlamda 2010 yılında yayımlanan "*Deprem Riskinin Araştırılarak Deprem Yönetiminde Alınması Gereken Önlemlerin Belirlenmesi Amacıyla Kurulan Meclis Araştırması Komisyonu*"

Raporu (TBMM 2010) ile 2021 yılında yayımlanan “*Depreme Karşı Alınabilecek Önlemlerin ve Depremlerin Zararlarının En Aza İndirilmesi İçin Alınması Gereken Tedbirlerin Belirlenmesi Amacıyla Kurulan Meclis Araştırması Komisyonu*” raporu (TBMM 2021) deprem risklerini ve muhtemel zararlarını en aza indirmeyi amaçlamaktadır.

Bu çalışmada, 30 Ekim 2020 tarihinde İzmir Seferihisar açıklarında meydana gelen depremin ardından, 3 Kasım 2020 tarihinde TBMM bünyesinde kurulan “*Depreme Karşı Alınabilecek Önlemlerin ve Depremlerin Zararlarının En Aza İndirilmesi İçin Alınması Gereken Tedbirlerin Belirlenmesi Amacıyla Meclis Araştırması Komisyon*” tarafından hazırlanan rapor titiz bir şekilde incelenmiş ve yine deprem özelinde 2010 yılında yayımlanan “*Deprem Riskinin Araştırılarak Deprem Yönetiminde Alınması Gereken Önlemlerin Belirlenmesi Amacıyla Kurulan Meclis Araştırması Komisyon*” raporu ile karşılaştırılarak analiz edilmiştir.

Çalışmanın amacı, Meclis araştırma komisyon raporlarının karşılaştırmalı olarak değerlendirmesini yaparak söz konusu raporlarda vurgulanan ana temaları ortaya çıkarmaktır. Bu doğrultuda çalışma kapsamında ele alınan raporlar, afet ve acil durum yönetimi konusunda çalışma yapan uzmanlarca belirlenen anahtar kelimeler ile kodlanarak sayısal veriye dönüştürülmüştür. Bu veriler deprem risklerinin azaltılması noktasında karşılaştırmalı bir değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Bu bağlamda hazırlanan çalışma, üç ana bölümden müteşekkil olup birinci bölüm çalışmanın nasıl ele alındığına yönelik bilgilerin yer aldığı ve analiz edildiği yöntem ve veri analizi kısmından oluşmaktadır. Meclis Araştırma Komisyonlarına ait 2010 yılı raporu ve 2021 yılı raporlarının karşılaştırmalı analizinden elde edilen bulguların yer aldığı bölüm, çalışmanın ikinci bölümünü oluşturmaktadır. Çalışmanın son bölümü ise sonuç ve değerlendirme kısmına ayrılmış olup bu kısımda ortaya konulan değerlendirmelerle birlikte önerilerde bulunulmuştur.

2. YÖNTEM ve VERİ ANALİZİ

Karşılaştırmalı çalışmaların amacı ele aldığı konuya bütüncül bir yaklaşım gerçekleştirmektir. Karşılaştırma yöntemi kullanılarak yapılan bu çalışmada, farklı iki belge analize tabi tutulmuştur. İncelemeye tabi raporlar uzman bir grubun (yazarlar) üyelerince tartışılmış olup yüzlerce sayfa tutan raporların bu makale kapsamında açık ve sarıh olarak anlaşılması amaçlanmaktadır. Ortaya çıkan karşılaştırmalı raporun benzerlikleri, farkları ve hali hazırda deprem özelinde yürütülen uygulamalara getirdiği yaklaşımlar çalışma kapsamında yansıtılmaya gayret edilmiştir.

Pek çok farklı kullanım alanında iyi bir öğretim aracı olarak değerlendirilen karşılaştırmalı araştırmaların çalışma hukukunda önemli faydaları bulunmaktadır. Araştırmacı bu yöntemle kendi sisteminin güçlü ve sağlıklı yönlerini görebilmekte ve aynı zamanda zayıf yönlerinin de olduğunu farkına varmaktadır (Dereli 2009).

1982 Anayasasının TBMM'nin bilgi edinme ve denetim yolları başlıklı 98'inci maddesinde; TBMM'nin; meclis araştırması, genel görüşme, meclis soruşturması ve yazılı soru yollarıyla bilgi edinme ve denetleme yetkisini kullanacağı hüküm altına alınmıştır. Bahsi geçen bu bilgi edinme ve denetleme yollarından biri olan meclis araştırması, belli bir konuda bilgi edinmek için yapılan incelemelerdir (Resmi Gazete 1982). TBMM İç Tüzüğü'nün 104 ve 105'inci maddelerinde Meclis araştırmasının belli bir konuda bilgi edinmek amacıyla yapılan incelemeden ibaret olduğu, Meclis araştırma komisyon raporu hakkında Genel Kurulda, genel görüşme açıldığı belirtilmektedir. Ayrıca bu komisyonun yetkileri arasında; pek çok kurum kuruluştan gerektiğinde bilgi talep ederek incelemede bulunmak ve ilgililerini çağırıp bilgi almak gibi yetkileri bulunmaktadır (Resmi Gazete 1973).

Verilerin analizinin yapılmasında bilgisayar yazılımlarından da faydalanılarak çalışmanın güvenilirliğinin artırılmasına katkı sağlanmıştır. Bilgisayar yazılımının kullanılması araştırmacıya çalışma verilerinin analizinde pek çok kolaylık sağlayabilmektedir (Silverman

2010, Creswell 2014). Çalışma kapsamında MAXQDA veri analiz yazılımı kullanılarak verilerin analizi gerçekleştirilmiştir.

MAXQDA programında incelemeye tabi veriler kodlar halinde kodlanmakta, sonrasında ise analizler gerçekleştirilmektedir. Çalışmanın güvenilirliğinin sağlanması amacıyla verilerden elde edilen kodlar, uzman görüşlerine başvurularak uyum ve fikir birliği oluşturulmuş böylelikle araştırmacının güvenilirliği desteklenmiştir.

Kamuya açık olan TBMM arşivleri tarandığında, 1962 senesinden günümüze kadar, depremler konusunda on defa araştırma komisyonu kurulmuş olduğu ve bu komisyonlarca raporlar yazıldığı görülmektedir.

Tablo 1: 1962 yılından günümüze Meclis Araştırma Komisyonları (Eyidoğan 2021)
Table 1: Parliamentary Research Commissions since 1962 (Eyidoğan 2021)

Yer	Yasama Dönemi	Yasama Yılı	Esas No	Konu	Kuruluş-Görüşme Tarihi	Rapor
Cumhuriyet Senatosu	1		10/2	Iğdır Depremi Hakkında Kurulan Senato Araştırma Komisyonu	06/09/1962-02/10/1962	Var
TBMM	1	1	10/8	Kars Vilayetine Iğdır ilçesinde 5 Eylül 1962 tarihinde vuku bulan deprem dolayısıyla Kurulan Meclis Araştırma Komisyonu	07/09/1962-05/12/1962	Var
TBMM	2/2	2	10/4,5	Deprem Bölgesindeki Genel Durum Hakkında Kurulan Meclis Araştırma Komisyonu	18/11/1966-21/06/1967	Var
Cumhuriyet Senatosu	15		10/25, 42	Lice Depremi Hakkında Kurulan Senato Araştırma Komisyonu	20/04/1976	Yok
Cumhuriyet Senatosu	16		10/59, 60	Deprem ve Depremle ilgili Yerleşim, Mesken, Ulaşım, Dağıtım, Depolama ve Afetler Fonu Hakkında Kurulan Cumhuriyet Senatosu Araştırma Komisyonu Raporu.	18/01/1977-05/04/1979	Var
TBMM	5	1	10/6, 13	Doğu illerinde Meydana Gelen Deprem Hakkında Kurulan Meclis Araştırma Komisyonu	28/12/1977	Yok
Cumhuriyet Senatosu	17		10/78	Van-Muradiye-Çaldıran-Erciş Yörelerinde Meydana Gelen Deprem Hakkında Kurulan Senato Araştırma Komisyonu	02/03/1978	Yok
TBMM	21	3	10/66, 67, 68, 69, 70	Ülkemizde Meydana Gelen Deprem Felaketi Konusunda Yapılan Çalışmaların Tüm Yönleriyle İncelenerek Alınması Gereken Tedbirlerin Belirlenmesi Amacıyla Kurulan Meclis Araştırma Komisyonu	23/08/1999-22/02/2000	Var
TBMM	23	4	10/60, 63, 99, 242, 243, 244, 245, 246, 254, 256	Deprem Riskinin Araştırılarak Deprem Yönetiminde Alınması Gereken Önlemlerin Belirlenmesi Amacıyla Kurulan Meclis Araştırma Komisyonu	12/01/2010-07/04/2011	Var
TBMM	27	4	10/3200, 3361, 336, 3364, 3365	Depreme Karşı Alınabilecek Önlemlerin ve Depremlerin Zararlarının En Aza İndirilmesi İçin Alınması Gereken Tedbirlerin Belirlenmesi Amacıyla Kurulan Meclis Araştırma Komisyonu	03/11/2021	Var

1962 yılından günümüze Meclis Araştırma Komisyonlarının yer aldığı Tablo 1 incelendiğinde, araştırma komisyonlarından dördünün Cumhuriyet Senatosunca, altısının ise TBMM tarafından kurulduğu görülmektedir. TBMM'nin 1977 yılında kurduğu "Doğu illerinde Meydana Gelen Deprem Hakkında Kurulan Meclis Araştırma Komisyonu" ve Cumhuriyet Senatosu'nun 1976 ve 1978 yıllarında kurduğu meclis araştırma komisyonlarında sonuç raporu aşaması tamamlanamamış olup hükümsüz sayılmıştır.

Çalışmada, 2010 yılında yayımlanan "Deprem Riskinin Araştırılarak Deprem Yönetiminde Alınması Gereken Önlemlerin Belirlenmesi Amacıyla Kurulan" Meclis Araştırma Komisyonu Raporu (TBMM, 2010) ile 2021 yılında yayımlanan "Depreme Karşı Alınabilecek Önlemlerin Ve Depremlerin Zararlarının En Aza İndirilmesi İçin Alınması Gereken Tedbirlerin Belirlenmesi Amacıyla Kurulan" Meclis Araştırma Komisyonu Raporu (TBMM, 2021) karşılaştırmalı bir analize tabi tutulmuştur.

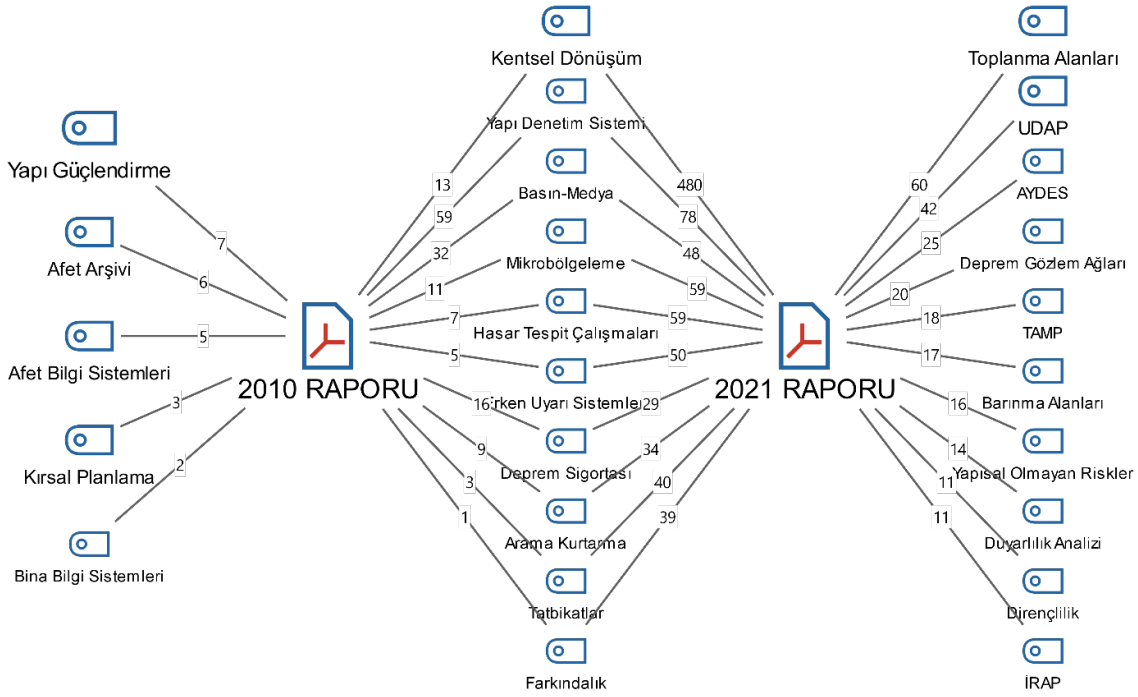
Araştırma kapsamında 2 farklı rapor üzerinden toplamda 43 farklı kod adı belirlenmiş ve analiz gerçekleştirilmiştir. Bu kodlamaların 2010 ve 2021 raporlarında yer alan dağılımları Tablo 2'de yer almaktadır. Yapılan toplam 1.609 kodlamanın 227'si 2010 yılı raporuna ait olup 1382 kodlama ise 2021 yılında yer almaktadır. 2010 yılında yayımlanan raporun 154 sayfadan, 2021 yılında yayımlanan raporun ise 524 sayfadan oluştuğu anlaşılmakta olup yapılan kodlamaların da gösterdiği üzere 2021 raporunun çok daha geniş kapsamlı olduğu görülmektedir.

Tablo 2: Yapılan kodlamalara ait frekans tablosu
Table 2: Frequency table of the encodings made

Kodlama	2010 Raporu	2021 Raporu	Toplam
Dirençlilik	0	11	11
Yapısal Riskler	0	6	6
Yapısal Olmayan Riskler	0	16	16
Afet Arşivi	6	0	6
İsmep Projesi	8	11	19
Kırsal Planlama	3	0	3
Kentsel Gelişme	4	10	14
Kentsel Dönüşüm	13	480	493
Ulusal Deprem Araştırma Programı (UDAP)	0	42	42
Duyarlılık Analizi	0	14	14
Deprem Tehlike Haritası	1	22	23
İl Risk Azaltma Planı (İRAP)	0	11	11
Türkiye Risk Azaltma Planı (TARAP)	0	8	8
Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP)	0	18	18
Kültürel Varlıklar	2	5	7
Kamu Yapıları	2	9	11
Sıvılaşma	2	37	39
Mikrobölgeleme	11	59	70
Yapı Güçlendirme	7	0	7
Arama Kurtarma	9	34	43
Basın-Medya	32	48	80
Deprem Sigortası	16	29	45
Toplanma Alanları	0	60	60
Tatbikatlar	3	40	43
Farkındalık	1	39	40
Gönüllülük Sistemi	3	11	14
Deprem Gözlem Ağları	0	20	20
Bilgi Sistemleri	13	21	34
Coğrafi Bilgi Sistemleri	2	29	31
Bina Bilgi Sistemleri	2	0	2
Deprem Bilgi Sistemleri	3	2	5
Afet Bilgi Sistemleri	5	0	5
Bina Kimlik Sistemi	0	11	11
Afet Yönetimi Karar Destek Sistemi (AYDES)	0	25	25
Mekânsal Adres Kayıt Sistemi (MAKS)	0	6	6
Haberleşme Sistemleri	5	10	15
Erken Uyarı Sistemleri	5	50	55
Hasar Tespit Çalışmaları	7	59	66
İncinebilir Gruplar	0	7	7
Psikososyal Destek	1	15	16
Barınma Alanları	0	17	17
Yapı Envanteri	2	12	14
Yapı Denetim Sistemi	59	78	137
TOPLAM	227	1382	1609
N = BELGELER	1	1	2

Tablo 2 incelendiğinde; 2010 yılına ait raporda en çok yer alan konunun 59 kodla “Yapı Denetim Sistemi” olduğu anlaşılmaktadır. Sonrasında 32 kodlama ile “Basın-Medya” gelmekte olup üçüncü sırada “Deprem Sigortası” yer almaktadır. Bu durum 2010 yılında yayımlanan meclis araştırma komisyon raporunun çoğunlukla bu üç konuya vurgu yaptığını göstermektedir. 2021 raporuna bakıldığında, raporda en fazla yer bulan konunun 480 kodlama ile “Kentsel Dönüşüm” olduğu görülmektedir. Sonrasında 2010 raporuna benzer şekilde 78 kodlama ile “Yapı Denetim Sistemi” gelmekte olup üçüncü sırada 60 kodlama ile “Toplanma Alanları” konusu yer almaktadır.

İki vaka modeli kullanılarak, kodların kapsamı görselleştirebilmektedir. İlişkili belgelerin benzerlikleri ve ayrışmaları bu model kullanılarak ortaya konulmuştur. Ayrıca kodların frekansları vaka bazında üretilebilmekte olup bunlara ait eklenmesi istenen notlar da görsele entegre edilebilmektedir (MAXQDA 2022). İki vaka modeliyle iki belgeyi, belge grubunu, belge setini veya bu düzeylerin bir karışımını karşılaştırabilmek mümkündür. Araştırma kapsamında iki farklı rapor dosyası için değişken olarak belirlenen kodlar iki vaka modeli ile belge karşılaştırması yapılarak nitel analiz yapılmıştır.



Şekil 1: Karşılaştırılan belgelerin İki Vaka Modeli gösterimi
Figure 1: Two Case Model representations of documents compared

Yapılan iki vaka modeli incelendiğinde 2010 ve 2021 raporlarının benzer yönleri ve farklılıkları tek bir görselde anlaşılabilir (Şekil 1). Öncelikle iki raporun benzerliklerine bakıldığında kentsel dönüşüm, yapı denetim sistemi, basın medya, mikrobölgeleme, hasar tespit çalışmaları, erken uyarı sistemleri, deprem sigortası, arama kurtarma, tatbikatlar ve farkındalık kodlamalarının yapıldığı görülmektedir. Bu konular 2021 raporunda belirgin olarak çok daha fazla sayıda yer almıştır. 2010 yılında yayımlanan raporun 2021 yılında yayımlanan rapordan ayrılan özelliklerine bakıldığında yapı güçlendirme, afet arşivi, afet bilgi sistemleri, kırsal planlama ve bina bilgi sistemleri kodlanma sırasıyla yer almıştır. 2021 yılındaki rapora bakıldığında 2010 yılında yer alan raporun dışında çok daha yeni kavramların yer aldığı açıkça görülebilmektedir. Bu kavramlar toplanma alanları, UDAP, AYDES, deprem gözlem ağları, TAMP, barınma alanları, yapısal olmayan riskler, duyarlılık analizi, dirençlilik ve İRAP olarak sıralandığı görülmektedir.



Şekil 2: Yapılan tüm kodlamalardan oluşan kod haritası
Figure 2: Code map consisting of all coding done

Şekil 2’de MAXQDA (2020) programı aracılığıyla kodlanan tüm kodların, frekans sayılarına göre doğrusal ölçekli olarak kod bulutu oluşturulduğu görülmektedir. Bu yöntem bütün kodlamalar daha iyi anlaşılabilmesi için görselleştirme imkânı sağlamaktadır. Bu kapsamda 2010 ve 2021 yıllarında yayımlanan meclis araştırma komisyon raporlarında öne çıkan en temel göstergenin Kentsel Dönüşüm kavramı olduğu, sonrasında da Yapı Denetim Sisteminin geldiği görülmektedir. Genel olarak şekil 2 görseli 2 farklı raporda yer alan tüm unsurları tek bir şekilde görebilme imkânı yaratmaktadır.

Tablo 3: Benzerlik matrisi
Table 3: Similarity matrix

Belge adı	2010 Raporu	2021 Raporu
2010 Raporu	1,00	0,60
2021 Raporu	0,60	1,00

Tablo 3’te görüldüğü üzere, MAXQDA (2020) programı aracılığıyla 2010 yılında yayımlanan Meclis Araştırma Komisyonu ile 2021 yılında yayımlanan Meclis Araştırma Komisyonlarının kelime bazlı benzerlik analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre iki raporun %60 oranında benzer kelimelerden oluştuğu tespit edilmiş ve büyük oranda farklılıklar içermediği görülmüştür. Bu açıdan söz konusu iki araştırma raporunun, aradan geçen 10 yılı aşkın bir zaman sonrasında bile çoğunlukla aynı temalar üzerinde durması üzerinde düşünülmesi gereken bir noktadır.

Yapılan tüm analizler incelendiğinde; iki rapora ait üzerinde durulması ve değerlendirilmesi gereken hususlar aşağıdaki bulgular bölümünde detaylı olarak incelenmiştir.

3. BULGULAR

3.1) 2010 Yılı Meclis Araştırma Komisyon Raporunun Genel Değerlendirmesi

Deprem risklerinin araştırılarak alınması gereken tedbirlerin belirlenmesi maksadıyla kurulan Meclis Araştırması Komisyonu, verilen öneriler doğrultusunda araştırması gerçekleştirilmiş olan bir rapordur. Bu araştırma bağlamında çalışılan konular, “Türkiye’nin Depremelliği” ve “Zarar Azaltma” olarak iki temel başlık altında bir araya gelerek deprem öncesi, deprem sırası ve deprem sonrasıyla ilgili alınan ve alınması gereken tedbirler bakımından incelemeye tabi tutulmuştur.

Adı geçen komisyon raporunun birinci bölümünde, komisyonunun kuruluşu, yaptığı yerinde inceleme faaliyetleri, toplantılar, bilgi talepleri ve diğer çalışmalar genel olarak özetlenmiştir. İkinci bölümünde ise 1999 yılında yaşanan deprem sonrasında rapor tarihine kadar yapılan iyileştirme ve zarar azaltma faaliyetleri üzerinde durulmuştur. Böylelikle, raporun ilk iki bölümü ile meydana gelen depremin o günkü mevcut kaynakların ve kurumsal kapasitenin analiz edilmesine olanak sağlamıştır. Yapılan analiz sonucunda, deprem odağında çözülme ihtiyacı olan sorunlar belirlenmiş ve bu sorunlar raporun üçüncü kısmında belirtilmiştir. Dördüncü bölümde, afet politikasının komisyon tarafından benimsenen teorik çerçevesi deprem özellikli olarak çizilmiştir. Son bölümünde ise öneriler ve eleştiriler yer almıştır.

3.2) 2021 Yılı Meclis Araştırma Komisyon Raporunun Genel Değerlendirmesi

30 Ekim 2020 tarihinde yaşanan İzmir depremi sonrasında, depremlerin yol açtığı zararların en aza indirilmesi amacıyla alınabilecek önlem ve tedbirlerin belirlenmesi için 10 Kasım 2020 tarihinde göreve başlayan Meclis Araştırma Komisyonu hazırlamış olduğu ve yaklaşık 500 sayfa gibi oldukça hacimli bir raporu yaklaşık 8 aylık bir sürenin sonunda 16 Temmuz 2021 günü tamamlayarak TBMM Başkanlığı’na sunmuştur. 2021 tarihli araştırma komisyonunun yapmış olduğu çalışmada, afet yönetiminin tüm aşamalarına temas ettiği görülmektedir. Çalışmada, Meclis Araştırma Komisyon Raporunun bir önceki dönem olan 2010 yılındaki yine deprem konusu özelinde ortaya konulan rapor ile benzer ve farklı yanları karşılaştırılmış ve aradan geçen 10 yılda afet yönetim sürecinde Türkiye’nin kat ettiği ilerlemeler ile halen çözüm bekleyen sorun alanlarına değinilmiştir.

3.3) Sürdürülebilir Kalkınma ve Afet Dirençliliğine Yapılan Vurgu

2010 Yılı Meclis Araştırma Komisyon Raporunda; doğal afetlerin her şeyden önce bir kalkınma sorunu olduğu, sürdürülebilir kalkınma için; afet riskinin azaltılmasına, sosyal ve kültürel kalkınmaya, ekonomik büyümeye ve ekosistemin korunmasına ihtiyaç duyulduğu bildirilmiştir. Afet risk yönetiminin sürdürülebilir kalkınma stratejilerine dâhil edilmesiyle olası can ve mal kayıplarının önüne geçilebileceği, sürdürülebilir kalkınma için afetlerin azaltılmasının gerekli olduğuna dikkat çekilmiştir. Bu politikaların benimsenmesiyle doğal afetler ve özellikle depremlerle ilgili sorunların analitik olarak tanımlanmasının daha anlamlı hale geleceği vurgulanmıştır. Kurum ve kuruluşlarda uygulanabilir bir zarar ve risk azaltma planı veya programının varlığından açıkça bahsedilmemiştir. Çevresel değerlendirme konularında, bugüne kadar sürdürülebilir kalkınma ve risk azaltma üzerine araştırma ve faaliyetlerin entegrasyonunun sağlanamadığı vurgulanmıştır. Söz konusu raporda, Sürdürülebilir Kentsel Gelişme Stratejisi ve Eylem Planı Hazırlama Projesinin (KENTGES) önemi üzerinde durulmuştur.

2021 Yılı Meclis Araştırma Komisyon Raporunda; 2021’de hazırlanan rapor öncelikle bir tespitle işe başlamaktadır. Başta depremler olmak üzere afetlerin sebep olduğu maddi ve manevi kayıpların kalkınma hamlelerini sekteye uğrattığı ve afet dirençliliğinin stratejik olarak bir kalkınma meselesi olduğu gerçeğinin altı çizilmiştir. Komisyon bu noktada, sürdürülebilir

kalkınma hedefleri ile afetlere dirençli toplumların birbirinden ayrılması mümkün olmayan ve hatta birlikte gelişimi zaruri olan iki önemli unsur olduğunu ifade etmiştir.

3.4) Deprem Bilgi Sistemlerine İlişkin Öneriler

2010 Yılı Meclis Araştırma Komisyon Raporunda, deprem bilgi sistemi altyapısının, Türkiye’de farklı türde girişimlerin ve karar alma mekanizmalarının temelini oluşturacak doğal afetlerle ilgili bilgi sistemlerinin kullanımının yönetim süreçlerinin ayrılmaz bir parçası olması gerektiğine dikkat çekilmiştir. Türkiye’nin “afet zararlarının azaltılması” stratejisi çerçevesinde, deprem ve deprem araştırmaları ile ilgili bilgi sistemleri ve bilgi sorunları ele alınırken ilgili kurumlar tarafından “risk yönetimi bilgi sistemlerini” dikkate alan bir yaklaşım geliştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

2021 Yılı Meclis Araştırma Komisyon Raporunda, deprem bilgilendirmesinin mevzuatla AFAD Başkanlığına verildiğini ve kamuoyunda yanlış algıların önüne geçmek amacıyla bu konuda tek bir resmi açıklama yapılması gerektiğini dile getirmiştir. Deprem gözlem ağının geliştirilmesi amacıyla ihtiyaç duyulan bölgelerde yeni gözlem istasyonlarının kurulması gerektiğini, deprem tehlikesinin yüksek olduğu bölgelerde nükleer santral ve fabrikalar gibi kritik öneme haiz yapıların ve bundan kaynaklanabilecek maddi ve sosyal kayıpların önüne geçilebilmesi için erken uyarı sistemlerinin hayata geçirilmesinin önemi vurgulanmıştır. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından Türkiye Diri Fay Haritasının yeni tespiti yapılan fay alanlarını içerecek şekilde devamlı güncel tutulması gerektiği, Türkiye Deprem Tehlike Haritasının da bu veriler ışığında güncellenmesinin sağlanması adı geçen raporda dile getirilmiştir. Tsunami tehlikesi olan yerleşim birimlerinde yerel yönetimlerle yapılacak işbirlikleri sayesinde kıyı yerleşimleri için risk değerlendirmeleri yapılması, tahliye ve acil eylem planlarının yapılması gerektiği üzerinde durulmuştur. Bunun yanı sıra aktif fay hatları konusunda bölgesel ve yerel ölçekte deprem tehlike ve risk haritalarının hazırlanması, yüzey faylanması tehlike zonlarının 1/1000 ölçeğinde belirlenerek haritalanması gerektiği hususları, önemle vurgulanan konular arasındadır.

3.5) Kentsel Dönüşüme Dikkat Çekilmesi

2010 Yılı Meclis Araştırma Komisyon Raporunda, halkımızın depreme karşı bilinçsiz eylemleri sonucunda; ekonomik, sosyal ve teknik uygulamalardaki eksikliklerden kaynaklanan sorunların giderilmesi için mahalli idareler kanununda değişiklik yapıldığı, kentsel dönüşüm uygulamasına geçildiği, yapı kontrol sistemlerine büyük önem verildiği, Emlak Kanununda değişiklik yapıldığı, yeni afet yönetimi kurallarının kabul edildiğinden bahsedilmiştir. Kentsel dönüşüm, planlama araştırmalarında en acil konu olduğundan, kentsel dönüşüm konusunun afet önlemleri kapsamında değerlendirilmesi kaçınılmazdır. Bununla birlikte kentsel dönüşüm planlarının yerel halkın ihtiyaçlarına uygun olarak hazırlanmasına özen gösterilmesi, sosyal sözleşmelere uygun projelerin geliştirilmesi gerekliliğinden bahsedilmiştir. Akademik çevrelerden gelen önerilerin (kitlesel yenileme modelleri) kentsel dönüşüm çalışmalarına dâhil edilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Kentsel dönüşüm yasası kapsamında, mülkiyet haklarını koruyarak bazı alanlarda yoğunluğu artırmak, bazı alanlarda siteleri birleştirerek yapı stokunun yenilenmesini sağlamak gerekebilmektedir. Afet önleme ve azaltma için imar çerçeve kanun taslağı ve kentsel dönüşüm kanun taslağı üzerinde çalıştay düzenlendiği dile getirilmiştir. Kentsel dönüşüm çalışmaları kapsamında, afet riskinin yüksek olduğu plansız şehirleşen bölgelerin depreme karşı dayanıksız olan yapı stokunun yıkılarak, yerlerine sosyal donatılarıyla birlikte, depreme dayanıklı ve güvenli konutlar inşa edilmesi gerektiği belirtilmiştir.

2021 Yılı Meclis Araştırma Komisyon Raporunda, riskli yapıların dönüşümü konusuna ağırlık verildiği görülmektedir. Bu çerçevede, afet riski altındaki alanların dönüştürülmesi amacıyla çıkarılan 6306 sayılı yasanın belirlediği kriterler bağlamında riskli yapıların yüzde 90’dan fazlasının 1997 yılından önce, geriye kalan kısmının ise 1997 ile 2007 arasında inşa edildiği tespiti yaptırılmıştır. Bu veriler özellikle 1997 öncesinde yapılmış olan binaların risk

değerlendirmelerinin biran önce bitirilmesinin önemini gözler önüne sermektedir. Komisyon raporunda işaret edildiği üzere, toplam riskli bina olarak tespiti tamamlanan bağımsız birimlerin yüzde 50'den fazlasının İstanbul ilinde yer aldığı, bu yapıların yıkım yüzdesinin ise yüzde 87'yi aştığı belirtilmektedir. Kentsel dönüşümün kamu binaları özelinde yapılan envanter çalışmalarına göre Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca yapılan çalışmalara göre kamu yapı stokunun neredeyse yüzde 40'ının depreme dayanıklı olmadığı ve bu nedenle güçlendirilmesi gerektiği dile getirilmiştir. Raporla ülke genelinde güçlendirmeye tabi tutulacak bina sayısının 195 binden fazla olduğu ve bunun maliyetinin ise yaklaşık 300 milyar bulacağı tahmini yapılmaktadır. Kamu binası dışında kentsel dönüşümün finansmanı konusunda Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca yapılan tespitlere göre Türkiye'de dönüştürülmesi gereken riskli konut sayısı 6.700.000 olup yine yapılan öngörüler ışığında konut başı maliyet bedelinin 355 bin TL olacağı değerlendirilmektedir. Bu hesaplamalar söz konusu konutların kentsel dönüşümüne girmesi için toplam 2 trilyon 300 milyon TL'lik bir maliyet ortaya çıkmaktadır. Bu maliyetler de göstermektedir ki; kentsel dönüşümde ortaya çıkan en önemli sorun alanı yeterli finansman ihtiyacıdır. Meclis Araştırma komisyonunca belirtildiği üzere, sözü edilen bu maliyetin devlet tarafından kısa zamanda karşılanması zor görülmekle birlikte yapı sahiplerinin de bu maliyete katlanmalarının kentsel dönüşüm çalışmalarını hızlandıracağı ifade edilmiştir. Raporla kentsel dönüşüm konusunda belediyelere de önemli sorumluluklar düştüğü belirtilerek bu birimlerde mutlaka kentsel dönüşüm konusunda yapılanmaya gidilmesi gerektiği ve yerel birimlere ait işbirliklerin bu noktada daha fazla rol almasından söz edilmiştir.

3.6) Deprem ve Diğer Afet Türlerine Karşı Toplumsal Farkındalığın Arttırılması

2010 Yılı Meclis Araştırma Komisyon Raporunda, doğal afetlerin meydana getirdiği hasarların azaltılmasının, toplumun her ferdinin ve her kesiminin bilinçli ve etkin katılımı ile mümkün olabileceği belirtilmiş olup bunun için de toplumsal farkındalık yaratmanın önemi üzerinde durulmuştur. Toplumun sorumluluklarını benimsemesi, zarara uğramış fakat kendini yeniden yapılandırabilen bir toplum oluşturulması, bilgiye erişilebilmesi ve toplumun iyi örneklerden yararlanabilmesi, afet zararlarının azaltılmasında toplumsal olarak güçlü olunması için önemli gelişmeler sağlayacağı üzerinde durulmuştur. Bireysel ve toplumsal bilinçlendirme için, deprem konusunun örgün ve yaygın eğitim sistemi içine yerleştirilmesi gerektiği, örgün eğitim için yeni müfredat düzenlenmesi ve halk eğitimi için eğitim standartları oluşturulmasının önem taşıdığı belirtilmiştir. Halkın bilgilendirilmesi ve bilinçlendirilmesi faaliyetleri yeniden programlanarak, üniversiteler, meslek odaları ve sivil toplum kuruluşlarının desteğinin alınmasının önem taşıdığı ve deprem konuları ile ilgili "eğiticilerin eğitimi" için özel programlar düzenlenmesi gerektiği vurgulanmıştır.

2021 Yılı Meclis Araştırma Komisyonu, depreme dirençli toplum oluşturmak amacıyla AFAD Başkanlığınca 2021 yılının "Türkiye Afet Eğitim Yılı" ilan edilmesini olumlu gelişmeler olarak değerlendirmektedir. AFAD Başkanlığından alınan bilgilere göre, 2021 yılında 51 milyon vatandaşa ulaşılması hedefiyle yola çıkılmış ve gerek yüz yüze gerekse çevrim içi verilen afet farkındalık eğitimleri ile 56 milyon kişiye ulaşıldığı bildirilmiştir. Yine bu yılda kamu kurumları, meslek odaları ve sivil toplum kuruluşları ile işbirliği protokollerinin yapılmış olması, toplumun tüm kesimlerine ulaşılması noktasında önemli bir çalışma olmuş, bunun yanında il ve ilçelerde kurulan afet eğitim çadırlarında yapılan etkinliklerin, sosyal medya ve diğer dijital platformların yoğun bir şekilde kullanımının farkındalığın arttırılmasına katkı sağladığından söz edilmiştir (AFAD 2021a). Komisyon raporunda, yapılacak tatbikat ve eğitim çalışmalarının incinebilir grupların ihtiyaçlarının gözetilerek hayata geçirilmesinin önemi üzerinde durulmaktadır. Arama, kurtarma, tahliye ve barınma gibi müdahale ve iyileştirme faaliyetlerine yönelik planların engelli, yaşlı ve çocuklar gibi farklı ihtiyaç sahibi bireylerin talepleri dikkate alınarak hazırlanması gerektiğinden söz edilmiştir. Yine afetler sonrasında yapılan psikososyal çalışmaların da yetkin kişiler eliyle yapılmasının önemi üzerinde durulmaktadır. Araştırma Komisyonunun depreme karşı alınabilecek önlemler konusunda yapı sağlığı izleme sisteminin çok katlı yüksek yapıları içerecek şekilde ve bunun yanında köprü, okul, hastane gibi kamu hizmet binalarında ve kritik önem arz eden altyapı tesislerinde yaygınlaştırılması gerektiğinden

bahsedilmiştir. Raporunda işyerleri özelinde, afetler konusunda yapısal risklerin dikkate alınması yanında bu işletmelerin iş sürekliliği planlarını da yapmaları gerektiği vurgulanmıştır.

3.7) Toplanma Alanlarının Mevcut Kapasitelerinin Yükseltilmesi

2010 Yılı Meclis Araştırma Komisyon Raporunda toplanma alanları ile ilgili bir ibare bulunmamaktadır.

2021 Yılı Meclis Araştırma Komisyon Raporunda üzerinde önemle durulan diğer bir konu başlığı, afet ve acil durum toplanma alanlarının kapasitelerinin arttırılmasına yöneliktir. Bu alanların alt yapı eksikliklerinin giderilmesi, mobil ve internet hizmeti verilebilmesi için fiber altyapıların hazırlanması gerektiği dile getirilmiştir. Raporunda toplanma alanlarının vatandaşlar arasında görünürlüğünün sağlanmasının önemli olduğu belirtilmiştir. AFAD Başkanlığından öğrenildiği üzere ülke genelindeki toplanma alanı sayısı 27.540 olup bu alanların yüzde 70'inden fazlasında elektrik, su ve kanalizasyon gibi alt yapı çalışmaları devam etmektedir (AFAD 2021b).

3.8) Risk ve Zarar Azaltma Planlarına Yapılan Vurgu

2010 Yılı Meclis Araştırma Komisyon Raporunda, planlama kademelerine ve yerleşme tipolojilerine uygun olarak, fiziki planlama ile risk sektörlerinin ilişkilendirilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun ile söz konusu yeni Başkanlığın görevleri içinde yer alan; zarar azaltma planlarını yapma veya yaptırmaya maddesi ile risk ve zarar azaltma planlarına bu vesileyle ilk kez vurgu yapılmıştır.

2021 Yılı Meclis Araştırma Komisyon Raporunda, AFAD Başkanlığınca hazırlık çalışmaları devam eden "Türkiye Afet Yönetimi Strateji Belgesi ve Eylem Planı"nın uygulamaya geçirilmesi gerektiği değerlendirilmiştir ve bu belgenin operasyonel düzeyde alt çalışmalarından biri olan kısa adı TARAP olarak adlandırılan "Türkiye Afet Risk Azaltma Planı"nın da hazırlanmasından söz edilmiştir. AFAD Başkanlığından alınan bilgiler çerçevesinde, TARAP belgesi üzerinde yapılan çalışmalarda sona gelmiş olduğu 2021 yılı Aralık ayı itibarıyla paydaş kurumların katılımıyla geniş kapsamlı bir çalıştay düzenlendiği ve yakın zamanda söz konusu planın uygulamaya alınacağı açıklanmıştır (AFAD 2021c). Afet riski altındaki illerin afet sonrası iyileştirme planlarının hazırlanmasının önemi üzerinde duran komisyon raporu, 2019-2023 yıllarını kapsayan Onbirinci Kalkınma Planında hedef bir gösterge olarak ortaya konulan hem ulusal hem de yerel bazda afet sonrası iyileştirme planlarının hazırlanması konusuna dikkat çekmektedir. Komisyonun kısa adı TAMP olan "Türkiye Afet Müdahale Planı"nda güncelleme yapılması gerektiğine ilişkin tespitleri de önemli bir husustur. Şöyle ki; Araştırma Komisyonu afet yönetim sürecini afetin öncesi, sonrası ve sonrası şeklinde bütüncül bir boyutta ele almakta ve yukarıda sözü edilen TARAP, TAMP ve afet sonrası iyileştirme planlarını bütüncül afet yönetim süreçlerinin parçaları olarak değerlendirmektedir. Özellikle risk ve zarar azaltma konusuna yapılan vurgu ise uzun yıllardır dillendirilen kriz yönetiminden risk yönetimi anlayışına geçişin Meclis Araştırma Komisyonunca da bilindiğini ve tam anlamıyla benimsenip sahiplenildiğini göstermektedir.

3.9) Afetler Konusunda Çerçeve Bir Kanun ve Bir Üst Kurul İhtiyacının Olduğu

2010 Yılı Meclis Araştırma Komisyon Raporunda, Yapı Denetim Sistemi ile ilgili yaşanan sorunların belirlenmesi, yapılan denetimlerden ortaya çıkarılan bulguların yorumlanarak inşaat sektöründen elde edilen verilerle beraber değerlendirilmesi sonucunda, Yapı Denetimi Uygulama Usul ve Esasları Yönetmeliği yeniden düzenlenerek Yapı Denetimi Uygulama Yönetmeliğinin 05/02/2008 tarihinde uygulanmaya başlandığı ifade edilmiştir. Zaman sürecinde tarafların yaşamış olduğu sorunların giderilmesi için, 4708 sayılı Kanunda değişiklik

yapılması gerekmekte olduğu ya da yeni hükümler eklenmesi ihtiyacı tespit edildiğinden, Yapı Denetimi Kanunu Tasarısı Taslağının hazırlandığından bahsedilmiştir.

2021 Yılı Meclis Araştırma Komisyon Raporunda, mevcut afetler konusunu içeren kanun ve yönetmeliklerin gözden geçirilmesi tavsiyesinden öte hukuki anlamda daha yapısal bir değişikliğe gidilmesinin yerinde olacağı değerlendirilmiştir. Komisyona göre, Umumi Hayata Müessir Afetler konusunda yürürlükte olan 7269 sayılı kanunun yerine bütün afet türlerini içerecek şekilde risk ve zarar azaltma, hazırlık, müdahale ve iyileştirme süreçlerini kapsayan ve ilgili tüm birimlerin yer alacağı çerçevede bir "Afet Kanunu" çıkarılması gerektiği vurgulanmıştır. Yine raporda ifade edildiği üzere, çıkarılacak böyle bir kanun; imar mevzuatını, kentsel dönüşüm kanununu, yerel yönetimlerin afetler konusundaki görev ve sorumluluklarını kısacası afetlere münhasır olan görev ve yetkilerin bir bütünlük arz edecek şekilde toparlanmasını sağlayacak, böylelikle farklı kurumlardaki görev ve yetki çatışmalarının önüne geçilebilecektir. Meclis Araştırma Komisyonunda üzerinde durulan önemli hususlardan biri de, Cumhurbaşkanlığı bünyesinde afetler konusunda görev ve sorumluluğu bulunan ilgili bakanların yer alacağı, bütünlük afet yönetimi konusunda hazırlanacak plan ve eylemlerin görüşüleceği, afet ve acil durum yüksek kuruluna benzer şekilde bir üst kurul oluşturulmasının faydalı olacağı şeklinde yapılan değerlendirmedir. Komisyon önerisinde yer aldığı şekliyle böyle bir kurul merkezi yönetimle yerel birimler arasında eşgüdümü arttıracak, izleme ve değerlendirme yapabilecek ve stratejik düzeyde kararlar alabilecektir.

3.10) Afetler Konusunda Yetkili Özel İhtisas Mahkemelerinin Kurulması

2010 Yılı Meclis Araştırma Komisyon Raporunun kurumsal yapılanma bölümünde, afetler hususunda yaşanan hukuki problemlerin ve özellikle afetler sonrası oluşabilecek uyuşmazlıkların hızlı bir şekilde sonuca ulaştırılabilmesi için ihtisas mahkemeleri oluşturulması gerektiği konusu yer almıştır.

2021 Yılı Meclis Araştırma Komisyon Raporunda deprem risklerinin azaltılması konusunda, bir önceki raporda yer verildiği gibi, önemli bir tavsiyenin gündeme getirildiği görülmektedir. Raporda, afetler konusunda uzmanlaşmış ve bu alana ilişkin yargı denetimini etkinleştirecek özel ihtisas mahkemelerinin kurulması önerilmektedir. Böylelikle gerek kentsel dönüşüm gerekse afet konutu gibi yapısal iyileştirmelerde yaşanan sıkıntılar teknik uzmanlığı bulunan mahkemelerce daha etkin bir şekilde ele alınmış olacaktır. Üstelik bu mahkemelerde görev alacak bilirkişilerin de meslek uzmanları arasında seçilmesi gerektiği üzerinde durulmaktadır. Bu bağlamda mesleğe alınan hâkim ve savcı adaylarının staj programlarında kentsel dönüşüm, afet sonrası iyileştirme faaliyetleri gibi deprem risklerinin azaltılmasını amaçlayan uygulamaların yer alması gerektiği belirtilmiştir. Komisyona göre böylelikle hâkim ve savcıların afet farkındalığı konusunda bilgi düzeyleri arttırılmış olacaktır.

3.11) Bilgi Sistemlerinin Etkin Kullanımı ve Haberleşme

2010 Yılı Meclis Araştırma Komisyon Raporunda, depremlerle ve deprem çalışmalarıyla ilgili bilgi sistemlerinin ve bilgi sorunlarının ilgili kurumlarca ele alınmasında, ülkemizin "afet zararlarının azaltılması" stratejisi kapsamında, "risk yönetimi bilgi sistemleri"ni dikkate alan bir yaklaşımın oluşturulması gerektiği belirtilmiştir. Bu kapsamda üç farklı araştırma projesi gerçekleştirilmiştir. Bu projeler Afet Bilgi Sistemleri ve Araştırma Projeleri, Deprem Bilgi Sistemleri ve Araştırma Projeleri ve sonuncusu Bina Bilgi Sistemleridir. Türkiye ulusal afet arşiv sistemi, bütünlük afet tehlike haritası çalışmaları, uydu görüntülerinin afet anında kullanımı, Orta Asya Cumhuriyetleri Afet Bilgi ve Afet Araştırma Eğitim Merkezi'nin kurulması, ulusal sismik ağ sisteminin geliştirilmesi projesi ve bina bilgi sistemleri projeleri hazırlanan bilgi sistemi projelerine örnek olarak verilmiştir. Haberleşme alanı ile ilgili olarak da; afetlerde iletişim kanallarının kesilmesinin meydana getireceği olumsuzlukları önlemek adına, "Haberleşme Ağı Oluşturma ve Yaygınlaştırma Projesi"nin sürdürüldüğü vurgulanmış, Türk Kızılayı'nın sahip olduğu mevcut haberleşme ağında, altyapılar çökse bile iletişim imkânı

sağlayan uzak mesafe telsiz sistemleri ve uydu haberleşme sistemleri ve uydu üzerinden görüntülü iletişim sistemlerinin bulunduğu adı geçen raporda özel olarak belirtilmiştir.

2021 Yılı Meclis Araştırma Komisyon Raporunda üzerinde önemle durulan konulardan bir diğeri, AFAD Başkanlığı tarafından geliştirilen ve kısa adı AYDES olan "Afet Yönetimi Karar Destek Sistemi"nin daha etkin bir şekilde kullanılması tavsiyesidir. Buna göre afet ve acil durumlarda ihtiyaç duyulabilecek akü, jeneratör gibi enerji donatım ve ekipmanlarının ve iş makinası gibi ağır taşıtların özel kuruluşların envanterinde bulunanlar da dâhil olmak üzere AYDES sistemine kaydedilmesi gerektiği hususu vurgulanmıştır. Komisyonun bu konuya ilişkin ilk bakışta biraz detay gibi görünen saptaması aslında oldukça yerinde bir tespittir. Şöyle ki; Komisyonun ortaya koyduğu bu tespit, kurum ziyaretlerinde alınan brifingler yanında afet bölgelerindeki ihtiyaç duyulabilecek kaynakların neler olduğu konusunda komisyon üyesi milletvekillerinin bilgi sahibi olduklarını göstermektedir. Bu kanıyı destekleyen bir başka öneri ise nüfus idaresi tarafından çalışmaları tamamlanan ve kısa adı MAKS olan Mekânsal Adres Kayıt Sisteminin AYDES entegrasyonunun yapılması konusundaki tavsiyedir. Üstelik komisyon bir adım daha ileri giderek MAKS sisteminde binalarda ikamet eden ailelerin bilgilerinin bulunduğunu fakat sanayi tesisi, fabrika ve işyerlerinde çalışan kişilerin adres, iletişim ve diğer bilgilerinin bulunmadığını belirtmiştir. Bu nedenle Meclis Araştırma Komisyonunca işyerleri özelinde MAKS sistemine gerekli birleştirmelerin yapılması gerektiği önemle tavsiye edilmektedir. Yine bilgi sistemleri ve haberleşme konusu özelinde, komisyon tarafından gündeme getirilen bir diğer husus, sayısal telsiz sistemleri ile uydu modemleri ve uydu haberleşmesinin ülke genelinde yaygınlaştırılması ve bu açıdan afetlerde iletişimin aksamaması amacıyla gerekli bilişim alt yapı sistemlerinin oluşturulması konusudur.

3.12) AFAD Gönüllülük Sisteminin Yaygınlaştırılması

2010 yılında Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) yeni kurulmuş bir kurum olduğu için henüz gönüllülük sistemi kurulmamıştır. 2010 Yılı Meclis Araştırma Komisyon Raporunda gönüllülük sisteminin Kızıllaç-Kızılay Hareketi hizmetlerinin temeli olduğu şeklinde bir değerlendirme bulunmaktadır. Söz konusu raporda; bahse konu faaliyetlerin halka daha verimli olarak sunulabilmesinde gönüllü faaliyetlerinin ve bu çalışmalarda görev alan gönüllü sayısının artırılmasının önemli olduğu belirtilmiştir.

2021 Yılı Meclis Araştırma Komisyon Raporunda dikkat çeken bir başka konu AFAD Gönüllülük sistemidir. Komisyona göre afetlerde görev alan gönüllülerin motivasyonlarını arttırmak ve bu sisteme dâhil olacakları özendirmek için birtakım düzenlemeler yapmak gerekmektedir. Komisyon, gönüllülerin kamu misafirhanelerinden yararlandırılması, müze ve diğer benzer alanlara ücretsiz girişlerinin sağlanması, taltif ve teşekkürler ile motive edilmelerini tavsiye etmektedir. Komisyon, AFAD Gönüllülerinin mahalle bazlı bir yapılanma ile daha etkin bir şekilde sisteme dâhil olmalarını gündeme getirmiş ve bu bağlamda mahalle afet gönüllülerinin yaşadıkları mahallede engelli vatandaşların tespit edilmesi, tahliye ve iyileştirme süreçlerinde destek sunabileceklerini dile getirmiştir. Ayrıca raporda, kamu ve özel kuruluşlarda gönüllü arama ve kurtarma ekiplerinin oluşturulmasının önemli olduğu vurgusu yapılmış ve akredite olmuş ekiplerin yetkinliğini arttıracak ve bu sistemi özendirecek düzenlemelerin hayata geçirilmesinden bahsedilmiştir.

3.13) Sürdürülebilir Deprem Fonu Oluşturulması

2010 Yılı Meclis Araştırma Komisyon Raporunda sürdürülebilir deprem fonu ile ilgili bir ibare bulunmamaktadır.

2021 Yılı Meclis Araştırma Komisyon Raporunda, deprem zararlarının asgari seviyeye indirilmesi amacıyla mevzuat çalışmaları yapılarak gerek merkezi yönetim bütçesinden gerekse çeşitli işlemlere eklenecek vergiler ile bir kaynak oluşturulması yönünde önemli bir tavsiyede bulunduğu görülmektedir. Komisyona göre bu sayede, hem deprem hem de diğer

afet türlerinin risklerini gidermek daha kolay olacak ve finansal açıdan önemli bir destek kalemi olacak şekilde “sürdürülebilir deprem fonu” kurulacaktır. Raporla ortaya konulan bir diğer öneri de, depremler ve diğer afetlerin muhtemel etkilerinin ve risklerinin en aza indirilmesini sağlamak amacıyla merkezi yönetim bütçesinden hazırlık, müdahale ve risk azaltmaya yönelik projelere, devlet yatırım programına alınması konusunda öncelik verilmesidir. Üstelik harcamaların takip edilmesi için bütçe sınıflandırmasına uygun bir şekilde kayıtların tutulması gerektiği tavsiye edilmiştir.

4. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Çalışma kapsamında belirlenen yöntem aracılığıyla yapılan analizlerde kentsel dönüşümden yapı denetim sistemine, arama kurtarmadan farkındalığa pek çok anahtar kelime üzerinden benzerlikler ve farklılıklar tespit edilmiştir. Bu benzerlik ve farklılıklar incelenen dokümanlarda öne çıkan noktalar. Böylelikle üzerinde durulması önem arz eden unsurlar görünür hale gelmiş ve çalışmanın detaylı bir şekilde ele alacağı konular için bir zihin haritası ortaya çıkmıştır.

Çalışmada ele alınan Meclis Araştırma Raporları, Türkiye'nin yer aldığı coğrafi ve jeolojik bölgede yadsınmaz bir gerçeklik olan deprem afeti tehlikesine dikkat çekilmesi noktasında önem arz etmektedir. Deprem tehlikesine dikkat çekilen bu raporların aslında en önemli özelliği konunun kanun koyucu tarafından incelemeye alınmış olmasıdır. Bu bağlamda Türkiye'nin 1962 yılından günümüze değin yaklaşık 60 yıllık bir zaman zarfında Meclis çatısı altında milletin temsilcileri olan vekiller tarafından deprem gerçeğinin araştırılıp incelemeye tabi tutulması, bu afet türü nedeniyle ağır bedeller ödeyen Türkiye için oldukça kıymetlidir.

Toplumun genelini ilgilendiren ve toplum dinamikleri açısından önem arz eden belli bir konuda bilgi edinilmesi, elde edilen bilgilerin sağlıklı çözümler üretecek bir hale dönüştürülmesi amacıyla kurulan meclis araştırma komisyonları, Mecliste görev alan hem iktidar hem de muhalefet milletvekillerinin katılımıyla oluşmaktadır. Haliyle oluşturulan bu komisyonlarda farklı görüş ve değerlendirmelerin yapılması oldukça doğaldır. Bu açıdan gerek 2010 gerekse 2021 yıllarındaki Meclis Araştırma Komisyonlarında görev alan milletvekillerince hazırlanan araştırma raporlarının geneli üzerinde çeşitli eleştiriler de yapıldığı görülmektedir.

2010 yılı Meclis Araştırma Komisyon raporunda muhalefet milletvekillerinin yaptığı eleştirilerde; öncelikle hazırlanan raporun kişileri ve kurumları tanımaktan öte gidemediği, meclise bir kanun teklifinde bulunulmadığı belirtilmiştir. Yine 2010 yılı raporunda gündeme taşınan diğer eleştiriler ise kaçak bina stoku ve yapı denetim sisteminin kapsamlı bir şekilde ele alınması gerektiği, hasar tespit çalışma standartlarının oluşturulması ve bu konuda yapılacak çalışmaların ivedilikle tamamlanması gerektiğine yöneliktir.

2021 yılı Meclis Araştırma Komisyon raporunda; muhalefet kanatta olan vekillerin TBMM Başkanlığına sundukları önergede, depreme karşı birçok yasa, yönetmelik çıkarılmasına rağmen uygulamada başarılı olunamadığı eleştiri konusu yapılmaktadır. Bir başka eleştiri konusu ise İstanbul'da belirlenen toplanma alanlarının başka vasıflı imar alanlarına çevrildiği, imar affından yararlanan binaların tehlike arz edebilecekleri ve 2019'da İstanbul Kartal'da 8 katlı bir binanın çökmesini bu duruma örnek olarak göstermeleridir. Muhalefet vekilleri toplanma alanlarının denetlenmesi gerektiğini, Zorunlu Deprem Sigortası poliçe bedellerinin Hazine tarafından ödenmesi gerektiğini ve fay hatları üzerinde yapılaşmaya gidilmemesi için gereken tedbirlerin alınması gerektiğini ve deprem sonrası ekonomi başlıklı bilimsel bir toplantının düzenlenmesi konularını gündeme getirmişlerdir.

Yine 2021 yılı Meclis Araştırma Komisyon raporunda muhalefet vekillerince komisyona sunulan ek görüşlerde; bölgesel ve yerel deprem tehlike haritalarının hazırlanması ve sürekli güncel tutulması gerektiği, deprem bilgi sistemi, afet erken uyarı ve tsunami erken uyarı gibi bilişim sistemlerinin iller bazında kurulmasının faydalı olacağı, deprem verilerinin Kandilli

Rasathanesi gibi enstitülerce de yayımlanıyor olmasının Türkiye'nin depremle mücadelesine katkı sağlayacağı ifade edilmiştir. Ayrıca Türkiye'deki yapıların deprem risk gruplandırması yapılarak hangi binaların muhtemel bir depremde yıkılacağı veya hasar göreceği şeklinde senaryo çalışmalarının da yapılması gerektiğine yönelik muhalefet vekillerince dile getirilen değerlendirmeler bulunmaktadır.

Meclis Araştırma Komisyon raporları yukarıda sözü edildiği üzere bir depremler ülkesi olan Türkiye'de konunun ehemmiyeti çerçevesinde önemli bir çalışmadır. Bununla birlikte çalışma kapsamında yapılmış olan analiz ve değerlendirmeler sonucunda, adı geçen raporların gerek kamuoyu nezdinde gerekse bürokratik süreçlerde daha etkin bir şekilde uygulamaya dönüştürülmesi ve bu sayede afetlere dirençli bir toplum hedefine ulaşılarak sürdürülebilir kalkınmanın temin edilmesi amacıyla aşağıda belirtilen öneri ve değerlendirmelerde bulunulmuştur.

Öncelikle ifade edilmesi gereken nokta, 1962 yılından bu zamana kadar afetler özelinde hazırlanan Meclis Araştırma Komisyonlarının tamamının deprem konu başlığı altında düzenlendiğidir. Bu açıdan afetler konusunda inceleme ve araştırma yapılması amacıyla kurulacak komisyonların depremler dışında diğer afet türlerini de kapsayacak şekilde genişletilmesinin faydalı olacağı değerlendirilmektedir. Kaldı ki; küresel ölçekte etki ve yoğunluğu gittikçe artan bir oranda hissedilen iklim değişikliği kaynaklı taşkın, sel, fırtına, kuraklık, orman yangınları, ani meteorolojik değişimler gibi afete dönüşen aşırı iklim olaylarının her boyutuyla üzerinde durulan bir konu başlığı olması gerekmektedir. Hatta teknolojik afet olarak adlandırılan endüstriyel kazalar, KBRN olayları gibi durumların da kurulacak meclis araştırma komisyonlarında başlık olarak değinilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Afet yönetimine bakış anlamında 2010 yılı raporu, depremler başta olmak üzere diğer afet risklerine karşı hem nicelik hem de nitelik olarak 2021 raporuna göre daha dar bir çerçevede ele alınmıştır. 2021 raporu, afet tehlike ve risklerini bütüncül bir açıdan değerlendirmeye tabi tutmuş, kriz yönetimi anlayışından risk yönetimi anlayışına geçişin bu dönemde daha iyi bir şekilde anlaşıldığı görülmüştür. Şöyle ki; söz konusu raporda, afet ve acil durumlar sonrası güvenli alanlar olarak nitelendirilen toplanma alanlarının ilk defa 2021 yılı araştırma raporunda ele alınmıştır. Aynı zamanda risk ve zarar azaltma yaklaşımının ürünü olan İl Risk Azaltma Planı (İRAP), Türkiye Afet Risk Azaltma Planı (TARAP) ve Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP) gibi hem ulusal hem de yerel boyutları olan bu planların adı geçen raporda değerlendirilmiş olması risk odaklı bütüncül afet yönetimi anlayışının bir sonucudur.

Meclis Araştırma Komisyonlarının afetler konusunda hazırlamış oldukları raporlar, TBMM'ne sunulmasına müteakip raporda belirtilen hususların yerine getirilmesi ve takip edilmesi amacıyla ilgili Bakanlık ve kamu kurumlarına gönderilmektedir. Raporun ulaştığı ilgili birimler ise raporda öne çıkarılan konuları mer'i mevzuat kapsamında yerine getirmek üzere çalışmalar yürütmektedir. Ancak raporların sağlıklı ve titiz bir şekilde takibinin yapılabilmesi noktasında; ya Meclis çatısı altında kurulmuş olan komisyonların sürekliliğinin sağlanması ya da ayrı bir takip sistemi kurularak raporlarda getirilmiş olan eleştiri ve tavsiyelerin gereğinin yapılması gerekmektedir. Bu sayede büyük özveri ve emek harcanarak düzenlenmiş olan Meclis Araştırma Raporlarının etkin ve sürekli bir afet yönetim sisteminin kurulmasına önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

AFAD, 2021a. Basın Bülteni, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD).

Erişim adresi: <https://www.afad.gov.tr/afad-2021-afet-egitim-yilinda-51-milyon-kisiye-egitim-hedefini-asti-basin-bulteni-14122021>

AFAD, 2021b. Basın bülteni, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD).

Erişim adresi: <https://www.afad.gov.tr/afetlerde-turkiyenin-ortak-gucu-afad-12-yasinda>

AFAD, 2021c. Basın bülteni, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD).

Erişim adresi: <https://www.afad.gov.tr/turkiye-afet-risk-azaltma-plani-calistayi-yapildi>

Bilham R., 2009. The seismic future of cities, *Bull. Earthq. Eng.* 7(4) 839-887.

Coburn A.W., Spence R.J., Pomonis A., 1992. Factors determining human casualty levels in earthquakes: Mortality prediction in building collapse, 10th World Conference on Earthquake Engineering, Balkema, Rotterdam, Netherlands, 10, 5989-5994, ISBN 9054100605.

Erişim adresi: https://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/10_vol10_5989.pdf

Comerio M.C., 2004. Public policy for reducing earthquake risks: A US perspective, *Building Research & Information* 32(5), 403-413, doi 10.1080/0961321042000221052.

Creswell J.W., 2014. Nitel araştırma yöntemleri: Beş yaklaşıma göre nitel araştırma ve araştırma deseni, 3.Basım, Siyasal Kitabevi, Ankara, ISBN 9786054627455, 368 s.

Dereli T., 2009. Endüstri ilişkileri ve çalışma hukuku alanında karşılaştırmalı araştırmalar ve yöntem, *Sosyal Siyaset Konferansları Dergisi* 0(56), 1-20.

Dong Y., Frangopol D.M., Saydam D., 2013. Time-variant sustainability assessment of seismically vulnerable bridges subjected to multiple hazards, *Earthq. Eng. Struct. Dyn.* 42, 1451-1467.

Eyidoğan H., 2021. On kez deprem araştırma komisyonu kuran TBMM, bu kez deprem risklerinin azaltılmasını sağlayabilecek mi, T24 internet sitesi.

Erişim adresi: t24.com.tr

MAXQDA, 2022. User Guide, Manual, Two-Cases Model.

Erişim adresi: <https://www.maxqda.com/help.php?version=mx22&pdf=1&id=100110>

Polese M., Gaetani d'Aragona M., Di Ludovico M., Prota A., 2018. Sustainable selective mitigation interventions towards effective earthquake risk reduction at the community scale, *Sustainability* 10(8), 2894.

Resmi Gazete, 1973. 13/4/1973 tarih ve 14506 numaralı Türkiye Büyük Millet Meclisi İçtüzüğü, Tertip:5, Cilt:12, S. 1850.

Erişim adresi: <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/17.5.584.pdf>

Resmi Gazete, 1982. 18/10/1982 tarihli ve 2709 kanun numaralı Türkiye Cumhuriyeti Anayasası, Tertip: 5 Cilt: 22, S. 3.

Erişim adresi: <https://www.anayasa.gov.tr/tr/mevzuat/anayasa/>

Silverman D., 2010. Doing Qualitative Research: A Practical Handbook, 3rd Edition, Sage Publications, London, UK, ISBN 9781848600331, 456 p.

TBMM, 2010. Meclis Araştırması Komisyonu Raporu, [Türkiye Büyük Millet Meclisi Yayınları Açık Erişim Koleksiyonu](#), Yasama Yılı 4, Dönem 23, Sıra Sayısı 549.

Erişim adresi: <https://acikerisim.tbmm.gov.tr/handle/11543/132>

TBMM, 2021. Meclis Araştırması Komisyonu Raporu, [Türkiye Büyük Millet Meclisi Yayınları Açık Erişim Koleksiyonu](#), Yasama Yılı 4, Dönem 27, Sıra Sayısı 278.

Erişim adresi: <https://www5.tbmm.gov.tr/sirasayi/donem27/yil01/ss278.pdf>

Tucker B.E., 2004. Trends in global urban earthquake risk: a call to the international Earth Science and Earthquake Engineering communities, *Seismological Research Letters* 75(6), 695-700.

ARAŞTIRMA VERİSİ (*Research Data*)

Çalışma kapsamında kullanılan veri türü TBMM'nin 2010 ve 2021 yıllarında halka açık olarak internet sitesinde yayımlanmış olduğu iki farklı Meclis Araştırma Komisyon raporlarından oluşmaktadır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI / İLİŞKİSİ (*Conflict of Interest / Relationship*)

Araştırma kapsamında yer alan bilgiler; herhangi bir kişiye, kuruma, ekipmana çıkar sağlamayı veya kişisel/kurumsal menfaat kazandırmayı amaçlamamaktadır.

YAZARLARIN KATKI ORANI BEYANI (*Author Contributions*)

- Çalışmanın tasarlanması (*Designing of the study*): Ö.B., H.İ.Ç.
- Literatür araştırması (*Literature research*): Ö.B., H.İ.Ç.
- Saha çalışması, veri temini/derleme (*Fieldwork, collection/compilation of data*): Ö.B., H.İ.Ç.
- Verilerin işlenmesi/analiz edilmesi (*Processing/analysis of data*): Ö.B., H.İ.Ç.
- Şekil/Tablo/Yazılım hazırlanması (*Preparation of figures/tables/software*): Ö.B., H.İ.Ç..
- Bulguların yorumlanması (*Interpretation of findings*): Ö.B., H.İ.Ç.
- Makale yazımı, düzenleme, kontrol (*Writing, editing and checking of manuscript*): Ö.B., H.İ.Ç.



Opinions of the Teacher Candidates Concerning Earthquake Awareness

Elif Bilen ¹ and Merve Polat ²

¹ Manisa Celal Bayar University, Science Institute, Division of Science Education, Demirci 45900 Manisa, Türkiye

² Manisa Celal Bayar University, Faculty of Education, Department of Mathematics and Science Education, Division of Science Education, Demirci 45900 Manisa, Türkiye
ORCID: 0000-0001-6136-2687, 0000-0002-5133-8859

Keywords

Earthquake, Earthquake awareness, Teacher candidate, Undergraduate student

Highlights

- * Revealing earthquake awareness of teacher candidates.
- * Destructive earthquakes in Turkey through the eyes of teacher candidates.
- * Non-governmental organizations (NGO) dealing with earthquake disaster.

Aim

Investigation the opinions of teacher candidates on earthquake awareness

Location

Manisa, Türkiye

Methods

Phenomenology design was used by collecting data through open-ended questions.

Results

Applied techniques (scientific activities, practices, mobile applications eAFAD, AFAD Acil) should be ensured to keep earthquake awareness as permanent in minds.

Supporting Institutions

The authors declared that this study has used no support data from other institutions

Financial Disclosure: The author(s) declared that this study has received no financial support

Peer-review

Externally peer-reviewed

Conflict of Interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Manuscript

Research Article

Received: 04.04.2022

Revised: 19.05.2022

Accepted: 19.05.2022

Printed: 30.06.2022

DOI

10.46464/tdad.1098199



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International Non-Commercial License

Corresponding Author

Merve Polat

Email: merve.polat@cbu.edu.tr



Figure

Distribution of some locations where the research was performed to investigate opinions of teacher candidates

How to cite:

Bilen E., Polat M., 2022. Opinions of the Teacher Candidates Concerning Earthquake Awareness, Turk. J. Earthq. Res. 4(1), 155-173, <https://doi.org/10.46464/tdad.1098199>



Öğretmen Adaylarının Deprem Farkındalığına İlişkin Görüşleri

Elif Bilen ¹, Merve Polat ²

¹ Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fen Bilimleri Eğitimi A.B.D., Demirci 45900 Manisa, Türkiye

² Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Fen Bilgisi Eğitimi A.B.D., Demirci 45900 Manisa, Türkiye

ORCID: 0000-0001-6136-2687, 0000-0002-5133-8859

ÖZET

Araştırmanın amacı öğretmen adaylarının deprem farkındalığına ilişkin görüşlerini ortaya çıkarmaktır. Nitel araştırma yöntemlerinden olgu bilim deseni kullanılmıştır. Veriler açık uçlu sorular yoluyla toplanıp, betimsel analiz tekniğiyle çözümlenmiştir. Araştırmanın bulgularına göre öğretmen adaylarının depremi bilimsel anlamıyla tanımladığı ve depremin neden olduğu ikincil afet türlerinin farkında olduğu gözlemlenmiştir. Yer-büyük- zaman bilgilerini veren deprem tahmininin henüz tam olarak mümkün olmadığı konusunda farkındalık olduğu anlaşılmıştır. İnsanların depreme karşı bilinçlenmesinde uygulamalı eğitici faaliyetlere katılmanın etkisinin daha fazla olduğunu vurgulayan öğretmen adaylarının, ülkemizde yaşanan yıkıcı depremleri hatırladıkları, sivil toplum kuruluşlarını (STK) tanıdıkları, deprem afetiyle ilgili eğitimlerin, haberlerin, filmlerin yapılmasının, bilinçlenme sağlamada etkili olduğunu düşündükleri belirlenmiştir. Deprem farkındalığının öğretmen adaylarının zihinlerinde kalıcı hale getirilmesi için eğitimlerde uygulamalı yöntemler kullanılmalı, bilimsel etkinliklere ve tatbikatlara katılım sağlanmalı, toplanma yerlerini ve faydalı bilgileri gösteren "eAFAD", "AFAD Acil" gibi mobil uygulamalar tanıtılmalıdır.

Anahtar kelimeler

Deprem, Deprem farkındalığı, Öğretmen adayı, Üniversite öğrencisi

Öne Çıkanlar

- * Öğretmen adaylarında deprem farkındalığının ortaya çıkarılması.
- * Öğretmen adaylarının gözünden ülkemizde yaşanan yıkıcı depremler.
- * Deprem afetiyle ilgilenen sivil toplum kuruluşları (STK).

Makale

Araştırma Makalesi

Geliş: 04.04.2022

Düzeltilme: 19.05.2022

Kabul: 19.05.2022

Basım: 30.06.2022

DOI

10.46464/tdad.1098199

Sorumlu yazar

Merve Polat

Eposta:

merve.polat@cbu.edu.tr

Opinions of the Teacher Candidates Concerning Earthquake Awareness

Elif Bilen ¹, Merve Polat ²

¹ Manisa Celal Bayar University, Science Institute, Division of Science Education, Demirci 45900 Manisa, Türkiye

² Manisa Celal Bayar University, Faculty of Education, Department of Mathematics and Science Education, Division of Science Education, Demirci 45900 Manisa, Türkiye

ORCID: 0000-0001-6136-2687, 0000-0002-5133-8859

ABSTRACT

The purpose of this study is to reveal the opinions of teacher candidates on earthquake awareness. Phenomenology design, one of the qualitative research methods, was used. Data were collected through open-ended questions and analyzed using descriptive analysis technique. According to the findings of the study, it was observed that the teacher candidates are able to scientifically define the meaning of earthquake and aware of the secondary disaster types caused by the earthquake. It has been understood that there is an awareness that earthquake prediction which gives precise location-magnitude-time information, is not yet fully possible. It was also determined that the teacher candidates who emphasized that participating in applied educational activities; had a greater effect on people's awareness of earthquake, remembered the destructive earthquakes in the country, knew non-governmental organizations (NGOs), and thought that training, news and movies about earthquake disasters were effective in raising of awareness. In order to make earthquake awareness permanent in the minds of teacher candidates; applied techniques should be used in education, participation to scientific activities and practices should be ensured, mobile applications (e.g. eAFAD, AFAD Acil) that show disaster assembly sites and useful information, should be presented.

Keywords

Earthquake, Earthquake awareness, Teacher candidate, Undergraduate student

Highlights

- * Revealing earthquake awareness of teacher candidates.
- * Destructive earthquakes in Turkey through the eyes of teacher candidates.
- * Non-governmental organizations (NGO) dealing with earthquake disaster.

Manuscript

Research Article

Received: 04.04.2022

Revised: 19.05.2022

Accepted: 19.05.2022

Printed: 30.06.2022

DOI

10.46464/tdad.1098199

Corresponding Author

Merve Polat

Email:

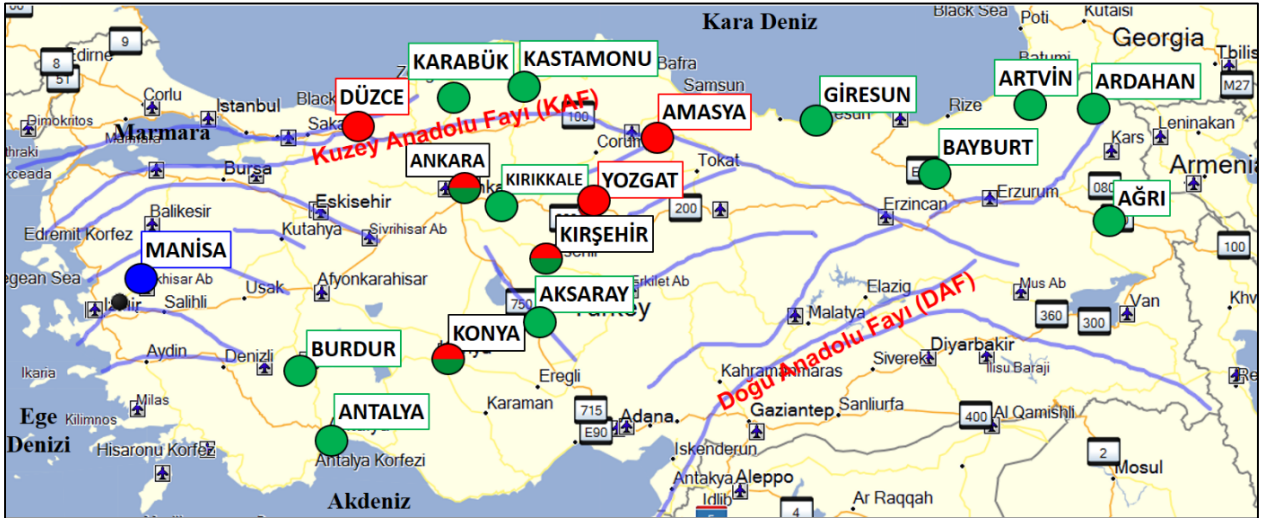
merve.polat@cbu.edu.tr

1. GİRİŞ

Hayatın bir gerçeği olan doğa kaynaklı afetler yerkürede (çoğunlukla aniden ve önlem alınamayacak kadar kısa sürede) meydana gelen doğa olaylarının sonucudur. Bu olaylar, toplumu kendi kaynaklarıyla baş edemeyeceği ekonomik ve sosyal kayıplara uğratabilir, yaşamın akışını tamamen durdurabilir ya da can damarı (altyapı) sistemlerini kesintiye uğratabilir (McFarlane ve Norris 2006, Özgen ve diğ. 2011).

Doğa kaynaklı afetler içerisinde deprem; neden olduğu korku, can ve mal kaybı nedeniyle ülkemizde afet ile eş anlamlı anılmaktadır (BİB 2000, Tanyaş ve diğ. 2013). Deprem, en geniş anlamıyla kaynağını yerin derinliklerinden alan ve yerkabuğunda meydana gelen kırılmalar sonucunda oluşan ani titreşimlerle yer yüzeyinin sarsılmasına neden olan doğa kaynaklı bir olaydır (Aydın 2019, Tekin ve Dikmenli 2021). Bir depremin yer, büyüklük, zaman gibi üç önemli parametresinin hepsinin aynı anda kesin ve tam olarak kestirilmesi mümkün değildir. Bu doğa olayının meydana gelmeden önce tahmin edilememesi bireyleri daha fazla önlem almaya zorlamaktadır. Deprem gerçeğiyle yaşayan ülkelerde, gelecek nesilleri yetiştirecek olan bugünün öğretmen adaylarının deprem afeti konusunda eğitim alması ve bilinçli olması gerekmektedir. Bu durumu kısaca deprem farkındalığı olarak tanımlamak mümkündür. Deprem farkındalığı, sadece depremin jeofizik ve jeolojik boyutunu veren temel bilim ve mühendislik çalışmalarıyla değil eğitim faaliyetleriyle de geliştirilebilir. Bu faaliyetlerle bireylere deprem öncesi, anı ve sonrasında bazı davranış modelleri kazandırılabilir ve deprem zararlarının azaltılması sağlanabilir (Öztürk 2013, Kaya ve Aladag 2017). Deprem eğitimi faaliyetleriyle yerkabuğunun yapısı tanınır, depremler ve sebep oldukları zararlar hakkında bilgi sahibi olunur ve bu şekilde deprem sonrası ortaya çıkabilecek zararların en aza indirilmesi için gerekli bilgi ve beceriler kazanılabilir (Öcal 2007, Çakar 2008, Navakanesh ve diğ. 2019, Genc ve Sozen 2021). Deprem eğitimi, okul öncesi eğitiminden başlayıp yaşam boyu devam etmesi gereken bir eğitim şeklidir (Karakuş 2013, Kaya ve Aladag 2017, Tekin ve Dikmenli 2021). Deprem eğitiminin en doğru ve güvenilir bir şekilde verileceği yerler şüphesiz okullardır. Okullardaki en önemli rol kuşkusuz öğretmenlere düşmektedir. Bu bağlamda okullarda görev yapacak olan öğretmen adaylarının deprem ve deprem farkındalıkları hakkındaki görüşlerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır.

Üniversitelerde Coğrafya, Fen, İlköğretim, Matematik, Sınıf ve Sosyal Bilgiler alanında eğitim gören öğretmen adaylarının hem deprem farkındalığı, hem de içinde depremin yer aldığı doğa kaynaklı afet farkındalığı üzerine bilgi düzeylerinin incelendiği araştırmalar yürütülmüştür. Son 10 yıla ait literatür bilgilerine göre bu araştırmalar ağırlıklı olarak Marmara, Akdeniz, Orta Anadolu, Karadeniz ve Doğu Anadolu Bölgelerinde gerçekleştirilmiştir. Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin (DAFS) de yer aldığı Güneydoğu Anadolu ve Ege Bölgesindeki öğretmen adaylarının deprem farkındalığına ilişkin görüşlerinin araştırıldığı bir çalışmanın olmadığı görülmüştür. Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS) üzerinde yer alan Düzce ve Amasya illerinde ve Yozgat'da öğretmen adayları ile deprem farkındalığı araştırmaları gerçekleştirilmiştir. Akdeniz, Karadeniz ve Doğu Anadolu Bölgelerinde yer alan Antalya, Burdur, Karabük, Kastamonu, Giresun, Bayburt, Artvin, Ardahan ve Ağrı illerine ek olarak Orta Anadolu'da Kırıkkale ve Aksaray'da ise başta sel, çığ, kuraklık, yangın gibi atmosferik kökenli doğa kaynaklı afet farkındalığı olan çalışmalar yapılmıştır. Karma araştırmalar Ankara, Kırşehir ve Konya'daki çeşitli üniversite ve fakültelerde hem deprem, hem de doğal afet farkındalığını içerecek şekilde gerçekleştirilmiştir. Manisa Celal Bayar Üniversitesi Eğitim Fakültesi'nde öğrenim görmekte olan 4.sınıf öğretmen adayları ile yürütülen bu araştırma, Ege Bölgesi'nde ve Manisa'da ilk olması bakımından literatürdeki boşluğu dolduracak mahiyete ve öneme sahiptir (Şekil 1).



Şekil 1: Öğretmen adaylarının doğal afet ve/veya deprem farkındalığı üzerine görüşlerinin araştırıldığı araştırmaların yürütüldüğü lokasyonların coğrafi dağılımı (kırmızı daireler sadece deprem, yeşil daireler doğal afet, ve kırmızı+yeşil daireler ise deprem+doğal afet çalışmalarının ayrı zamanlarda yürütüldüğü kentlerin konumlarıdır. Mavi daire ise Ege Bölgesini temsilen ilk kez Manisa'da yürütülen bu çalışmaya ait konumdur. Mavi çizgiler fay hatlarıdır ve MTA (2022)'den basitleştirilmiştir. Harita: Baytekin (2022)).

Figure 1: Geographical distribution of locations where the research was performed to investigate the opinions of teacher candidates on natural disaster and/or earthquake awareness (red circles are earthquake only, green circles are natural disasters, and red+green circles are the locations of cities where earthquake+natural disaster studies were conducted at separate times. Blue circle is the location of this study which was carried out for the first time in Manisa that represents the Aegean Region. Blue lines are faults and simplified from MTA (2022)). Map: Baytekin (2022)).

Özetle; öğretmen adaylarının gelecekteki meslek yaşantılarında öğrencilerini deprem farkındalıkları hakkında doğru bilgiyle donatmaları bilinçli bireyler yetiştirmeleri bakımından önemlidir. Buna ek olarak öğretmen adaylarının deprem odaklı görüşlerini tespit etmek, deprem kökenli doğa kaynaklı afet zararlarının azaltılmasına da önemli katkı sağlayacaktır. Çünkü yaşadığı yerin deprem riskine ve depremin olası zararlarına karşı yeterince bilgi sahibi olan toplumlarda deprem kaynaklı zararların, bu durumun aksi olan toplumlara kıyasla çok daha az olduğu bilinmektedir (Cin 2010, Dölek 2019). Öğretmen adaylarının deprem farkındalıklarının ne düzeyde olduğunu anlamak, bu çalışmanın çıkış noktasını oluşturmaktadır. Türkiye'nin gelecekte önemli ve etkili bir işgücünü meydana getirecek olan öğretmen adaylarının deprem farkındalıklarını ortaya çıkarmak oldukça önemlidir. Dolayısıyla bu çalışmanın temel amacı öğretmen adaylarının deprem farkındalığına ilişkin görüşlerini belirlemektir.

2. YÖNTEM

Bu araştırma kapsamında izlenen yöntemler; araştırmanın deseni, çalışma grubu, veri toplama araçları ve verilerin analizi başlıkları altında verilmiştir.

2.1) Araştırmanın Deseni

Öğretmen adaylarının depreme ilişkin farkındalıklarının belirlenmesini amaçlayan bu çalışmada, nitel araştırma yaklaşımlarından olgu bilim (fenomenoloji) deseni kullanılmıştır. Olgu bilim deseni; farkında olunan, fakat detaylı bir fikre ve düşünceye sahip olunmayan olgulara odaklanmaktadır. Olgular yaşanan olaylar, tecrübeler, tutumlar, eğilimler, kelimeler ve durumlar gibi farklı biçimlerde karşımıza çıkmaktadır. Ancak bu benzerlik olguları tamamıyla

kavradığımızı ifade etmez. Olgu bilim; elverişli bir araştırma ortamını oluşturan ve tamamıyla anlayamadığımız olguları inceleyen çalışmalar için uygundur (Yıldırım ve Şimşek 2021). Olgu bilimde yaygın olarak kullanılan bir veri analizi yoktur. Adlandırmalardan sınıflandırılmaya kadar birkaç kez verileri tekrardan kontrol etmek gerekmektedir. Olgu bilimi, nesnelere ile olaylar arasındaki durumların bilincine varıp, ifade edilme şekline dolaylı genellemeler yapılarak tanımlama kategorilerini oluşturur. İsimlendirmenin benzerlik ve farklılıklarını ortaya konulmasında tanımlama kategorileri, kelimelerin esas manasını temsil eder ve olgunun farklı nitel yolla tanımlanan, incelenen (değerlendirilen) ve algılanabilen temel noktalarını ortaya çıkarır (McCosker ve diğ. 2004). Olgu bilimde çalışmada yer alan kişilerin sayısı yerine kişilerden edinilen bilgilerin niteliğine odaklanılmalıdır (Baş ve Akturan 2013). Bu sebeple araştırmada çok sayıda bireye ulaşmak yerine araştırmaya gönüllü katılım esas alınmıştır. Bu şekilde elde edilen verilerin niteliğine yoğunlaşılmıştır.

2.2) Çalışma Grubu

Olgu bilim araştırmalarında yer alan bireylerin, olguya benzeyen ve olguyu tam anlamıyla açıklayabilen bilgi seviyesine sahip olmasına önem verilmelidir (Creswell 2016). Bu araştırmanın amacına uygun olarak deprem farkındalığını ortaya çıkarmak adına öğretmen adaylarıyla çalışılmıştır. Araştırmanın çalışma grubunu, 2021-2022 eğitim-öğretim yılı, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Eğitim Fakültesi'nde öğrenim gören 4.sınıf Fen Bilimleri, Sınıf ve Sosyal Bilgiler Öğretmenliği programlarına devam eden toplam 35 öğretmen adayı oluşturmaktadır. Öğretmen adayların tespit edilmesinde amaçlı örnekleme yöntemlerinden ölçüt örnekleme tercih edilmiştir. Amaçlı örnekleme, yeterince bilgi sahibi olunan durum ve olayların detaylı araştırılmasına fırsat vermektir (Patton 2014).

Araştırmada Fen Bilimleri öğretmen adaylarının 4.dönemde Yer Bilimi, Sınıf öğretmen adaylarının 1.dönemde Türkiye Coğrafyası ve Jeopolitiği, Sosyal Bilgiler öğretmen adaylarının 1.dönemde Genel Fiziki Coğrafyası ve 3.dönemde Türkiye'nin Fiziki Coğrafyası derslerini almış olmaları ölçüt olarak kabul edilmiştir. Araştırmada etik olarak öğretmen adaylarının kimliklerinin korunması amacıyla her birine rumuz verilerek Erkek; E1.....E11, Kadın; K1.....K24 şeklinde kodlanmıştır. Çalışma grubuna ilişkin demografik özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Çalışma grubuna ilişkin demografik veriler
Table 1: Demographic data of the study group

Öğretmen Adayları	Cinsiyet		TOPLAM	
	Kız	Erkek	f	%
Sınıf	11	4	15	42.86
Fen Bilimleri	6	4	10	28.57
Sosyal Bilgiler	7	3	10	28.57
TOPLAM	24	11	35	100

Tablo 1'e göre; 15 Sınıf (%42.86), 10 Fen Bilimleri (%28.57) ve 10 Sosyal Bilgiler (%28.57) olmak üzere toplam 35 öğretmen adayı çalışmaya katılmıştır. Eğitim fakültesinin öğrenci özelliklerine bakıldığında, genel olarak tüm bölümlerde okuyan erkek öğretmen aday sayısının az olması dağılımı bu şekilde belirlemiştir.

2.3) Veri Toplama Araçları

Veriler, araştırmacıların hazırladığı 7 açık uçlu sorudan elde edilmiştir. Açık uçlu soruların hazırlanmasında literatür taraması yapılarak Fen Bilimleri Eğitimi, Kimya Eğitimi ve Jeofizik alanında görev yapan üç öğretim üyesinden uzman görüşü alınmıştır. Bununla birlikte açık

uçlu soruların anlaşılabilmesi ile ilgili sorun olup olmadığını teyit etmek için farklı branşlardan beş öğretmen adayına sorular yöneltilerek cevap alınmıştır. Uzmanlardan gelen geri bildirimler ve öğretmen adaylarının görüşlerden faydalanılarak açık uçlu sorulara son hali verilmiştir. Veri toplama aracına son hali verildikten sonra örneklem kapsamındaki öğretmen adaylarından düşüncelerini açık uçlu sorulara yazmaları istenmiştir. Uygulamadan önce öğretmen adayları bilgilendirilerek gönüllü olanlar araştırmaya dâhil edilmiştir. Araştırmanın amacına ulaşabilmesi için açık uçlu soruların samimi şekilde cevaplanması gerektiği vurgulanmıştır. Araştırmacılar tarafından açık uçlu soruları cevaplayan öğretmen adaylarının formları elden toplanmıştır. Açık uçlu sorularda öğretmen adaylarının deprem farkındalığını belirlemek için kullanılan sorular şöyledir:

Soru:1 Deprem nedir?

Soru:2 Depreme bağlı olarak gerçekleşebilecek ikincil afetler nelerdir?

Soru:3 Depremin önceden belirlenmesine ilişkin görüşleriniz nelerdir?

Soru:4 İnsanları depreme karşı bilinçlendirmek için neler yapılabilir?

Soru:5 Ülkemizde yaşanan yıkıcı depremler nelerdir?

Soru:6 Deprem afetiyle de ilgilenen sivil toplum kuruluşları (STK) nelerdir?

Soru:7 Deprem afeti ile ilgili eğitimler, haberler, filmler; bu afet farkındalığına bakışınızı etkiliyor mu?

Cevaplar ise;

Evet çünkü,

Hayır çünkü, şeklindedir. Bu soru öğretmen adayının kendini uzun uzun ifade etmesinden sonra belli bir durumu onaylayıp onaylamadığı, ya da eksik kaldığını düşündüğü, anlaşılmayan bir noktayı onaylaması için sorulmuştur (Crabtree ve Miller 1999).

2.4) Verilerin Analizi

Araştırma sürecinde ulaşılan verilerin çözümlenmesinde, betimsel analiz tekniği uygulanmıştır. Betimsel analizde hedefler, görüşmeler ve gözlemler neticesinde toplanan veriler düzenlenip yorumlanarak okuyucular ile buluşturulmasıdır (Baltacı 2019). Betimsel çözümlemede elde edilen veriler daha önceden belirlenen temalara göre özetlenir ve yorumlanır (Gültekin ve diğ. 2014). Veriler öncelikle iki araştırmacı tarafından ayrı ayrı önce birinci soru, sonra ikinci soru ve devamı biçiminde okunmuş, ikinci aşamada her bir soru için öğretmen adaylarından elde edilen ham veriler araştırmanın amacı doğrultusunda ortaya çıkan anlamlardan belli kodlar oluşturularak metin üzerinde işaretlenmiştir. Kodlanan veriler benzerlik ve farklılıklar açısından sınıflandırılarak birbiriyle ilişki kodları bir araya toplanarak temalar altında gruplandırılıp yorumlanmıştır (Creswell 2016, Yıldırım ve Şimşek 2021). Araştırmacıların ayrı ayrı yaptığı kodlamalar güvenilirlik ve uyum durumu açısından ele alınmıştır. Miles ve Huberman (1994) güvenilirlik formülü ($\text{Güvenirlik} = \frac{\text{Görüş Birliği}}{\text{Görüş Birliği} + \text{Görüş Ayrılığı}}$) kullanılmış ve kodlayıcılar arasındaki uyum oranı %82 olarak tespit edilmiştir. Uyum yüzdesinin %70 ve yukarı olduğu durumlar yeterli bulunduğundan veri analizi açısından güvenilirlik sağlanmıştır. Farklı kodlamalar için, kodlamalar tekrardan gözden geçirilerek, yeni kodun ne olabileceğine araştırmacılar tarafından tartışılıp ortak görüşe varılarak uyum yüzdesi %100'e çıkarılmıştır (Silverman 2005). Araştırmanın etik bir şekilde gerçekleşmesi için Christensen ve diğ. (2015)'in önerileri dikkate alınarak öğretmen adaylarının gönüllü olmasına ve onlara çalışma hakkında bilgi verilmesine özen gösterilmiştir. Adayların kimlikleri gizli tutulmuş, Erkek: E1...E11; Kadın: K1.....K24 şeklinde rumuzlarla kodlanmıştır (Berg ve Lune 2015). Araştırmanın geçerliği sağlamak için; araştırmanın deseni, çalışma grubu, veri toplama kaynağı, verilerin çözümlenmesi gibi her türlü çalışma ayrıntılı olarak açıklanmaya çalışılmış, bulgular sık sık doğrudan alıntılara yer verilerek sunulmuş ve araştırma konusuyla ilgili literatür taraması kapsamlı bir şekilde yapılmıştır. Son olarak kodlar tablolaştırılmış ve kodlarla ilgili öğretmen adayların açık uçlu sorulara verdikleri cevaplardan doğrudan alıntılara yer verilmiştir.

3. BULGULAR

Öğretmen adaylarından açık uçlu sorular yoluyla elde edilen bulgularda birbirini destekleyen veya farklılık gösteren yönler belirlemeye çalışılmış ve aşağıda sunulmuştur.

Soru 1: Deprem nedir?

Araştırmaya katılan öğretmen adaylarının “*Deprem nedir?*” sorusuna verdikleri yanıtların analizi sonucunda 3 farklı tanımlama kategorisi ortaya çıkmıştır. Oluşturulan kategoriler ve doğrudan bazı katılımcı görüşleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2: “*Deprem nedir*” tanımlama kategorisine ait ifadeler
Table 2: Expressions belonging to the “*what is earthquake*” definition category

Tanımlama Kategorisi	İfadeler	Öğrenci Sayısı (f)			Yüzde (%)
		Kız	Erkek	Toplam	
Doğal afet	K19: Deprem, yerkabuğu katmanlarının kırılması sonucu oluşan bir doğal afettir.	10	3	13	27.66
	E6: Yer kabuğunda meydana gelen ani kütleli hareketlere afet denir.				
Yerin sallanması ya da sarsıntılar	E4: Yer kabuğunda gerçekleşen sarsıntılardır. Fay hatlarındaki çatlaklarla sarsılma hareketidir.	9	5	14	29.79
	K8: Yerkabuğunun sarsılmasıdır.				
Yer kabuğu hareketlerine ve fay hatlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler	E10: Fay hatlarının kırılması sonucu oluşan yer küre hareketleridir.	15	5	20	42.55
	K18: Yer kabuğu katmanlarının kırılıp yer değiştirmesidir.				
	TOPLAM	34	13	47	100

Tablo 2 incelendiğinde, öğretmen adayları depremi; %27.66’sı (f=13) doğal afet, %29.79’u (f=14) yerin sallanması ya da sarsıntılar, %42.55’i (f=20) de yer kabuğu hareketlerine ve fay hatlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler olarak ifade etmişlerdir. Aşağıda öğretmen adaylarının yanıtlarından bazılarını doğrudan yer verilmiştir:

E1: “*Yer altındaki tektonik hareketler sonucu yer kabuğunun sallanması durumudur*”.

E7: “*Yer sarsıntılarını sonucu ortaya çıkan doğal afetlere deprem denir*”.

K12: “*Fay hatlarının çatlamaıyla meydana gelen olaylardır*.”

Soru 2: Depreme bağlı olarak gerçekleşebilecek ikincil afetler nelerdir?

Araştırmaya katılan öğretmen adaylarının “*Depreme bağlı olarak gerçekleşebilecek ikincil afetler nelerdir?*” sorusuna verdikleri yanıtların analizi sonucunda 9 farklı tanımlama kategorisi ortaya çıkmıştır. Oluşturulan kategoriler ve doğrudan katılımcı görüşleri Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3 incelendiğinde, öğretmen adayları depreme bağlı olarak gerçekleşebilecek ikincil afetleri; %24.39’u (f=20) tsunami, %14.63’ü (f=12) yangın, %7.32’si (f=6) çığ ve volkanik patlama, %21.95’i (f=18) heyelan, %6.10’u (f=5) erozyon, %13.41’i (f=11) sel, %1.22’si (f=1) hortum ve %3.66’sı (f=3) salgın hastalıklar olarak ifade etmişlerdir. Aşağıda öğretmen adaylarının yanıtlarından bazılarını doğrudan yer verilmiştir:

E5: “Heyelan, Volkanik patlama, Sel, Çığ”.

E10: “Sel, Yangın”.

K3: “Hortum, Sel, Toprak kayması”.

K4: “Erozyon, Volkanik patlamalar, Yangınlar”.

Tablo 3: “Depreme bağlı ikincil afetler” tanımlama kategorisine ait ifadeler

Table 3: “Expressions belonging to the “secondary disasters due to earthquakes” definition category

Tanımlama Kategorisi	İfadeler	Öğrenci Sayısı (f)			Yüzde (%)
		Kız	Erkek	Toplam	
Tsunami	E1: Tsunami, Yangın K14: Tsunami, Sel	12	8	20	24.39
Yangın	E4: Tsunami, Heyelan, Yangın K6: Tsunami, Yangın, Heyelan	8	4	12	14.63
Çığ	E2: Heyelan, Tsunami, Çığ K10: Tsunami, Toprak kayması, Çığ	2	4	6	7.32
Heyelan (Toprak Kayması)	E3: Toprak kayması, Çığ, Tsunami K1: Toprak kayması	11	7	18	21.95
Erozyon	K24: Erozyon	5	0	5	6.10
Volkanik patlama	E7: Volkanik patlama, Tsunami K9: Volkanik patlamalar, Yangınlar, Tsunami, Çığ	4	2	6	7.32
Sel (Su Baskınları)	E6: Yangın, Heyelan, Su baskınları, K18: Sel	8	3	11	13.41
Hortum	K3: Hortum, Sel, Toprak kayması	1	0	1	1.22
Salgın Hastalıklar	E11: Tsunami, Salgın hastalıklar K11: Volkanik patlamalar, Tsunami, Heyelan, Yangın, Salgın hastalıklar	2	1	3	3.66
TOPLAM		53	29	82	100

Soru 3: Deprem önceden belirlenmesine ilişkin görüşleriniz nelerdir?

Araştırmaya katılan öğretmen adaylarının “Deprem önceden belirlenmesine ilişkin görüşleriniz nelerdir?” sorusuna verdikleri yanıtların analizi sonucunda 7 farklı tanımlama kategorisi ortaya çıkmıştır. Oluşturulan kategoriler ve doğrudan katılımcı görüşleri Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4 incelendiğinde, öğretmen adaylarının %10.53’ü (f=4) deprem önceden belirlenebilir, %26.31’i (f=10) deprem önceden belirlenemez, %21.05’i (f=8) uzmanlar tarafından önceden tahmin edilebilir, %13.16’sı (f=5) teknolojik aletler kullanılarak belirlenebilir ve fay hatlarını gözlemlemek, %5.26’sı (f=2) bilmiyorum şeklinde ifade etmiş ve %10.53’ü (f=4) de ilgisiz cümle kurmuştur. Aşağıda öğretmen adaylarının yanıtlarından bazılarını doğrudan yer verilmiştir:

E4: “Deprem doğal afettir ve önceden belirlenemez. Fay hatlarını gözlemleyerek tahminlerde bulunulabilir”.

K11: “Depremi önceden belirlememiz belki zor olabilir ama her an karşı karşıya kalacakmışız gibi önlemler almamız lazım”.

Soru 4: İnsanları depreme karşı bilinçlendirmek için neler yapılabilir?

Araştırmaya katılan öğretmen adaylarının “İnsanları depreme karşı bilinçlendirmek için neler yapılabilir?” sorusuna verdikleri yanıtların analizi sonucunda 3 farklı tanımlama kategorisi ortaya çıkmıştır. Oluşturulan kategoriler ve doğrudan katılımcı görüşleri Tablo 5’te verilmiştir:

Tablo 4: Deprem önceden belirlenmesi ile ilgili tanımlama kategorisine ait ifadeler
Table 4: Expressions belonging to the “earthquake prediction” definition category

Tanımlama Kategorisi	İfadeler	Öğrenci Sayısı (f)			Yüzde (%)
		Kız	Erkek	Toplam	
Deprem önceden belirlenebilir	K5: Deprem bazı cihazlarla önceden belirlenip önlem alınabilir. E1: Depremler önceden belirlenir önlem alınabilir.	2	2	4	10.53
Deprem önceden belirlenemez	E7: Deprem önceden belirlenemez. K15: Depremi önceden belirlenmesi pek mümkün değildir.	7	3	10	26.31
Uzmanlar (bilim adamları) tarafından önceden tahmin edilebilir	K1: Deprem ile ilgilenen bilim adamları yerin altında belirli bir doğrultuda oluşan sarsıntıya gereken aletlerle anlayıp açıklayabilir. K8: Yer kabuğundaki hareketlenmeler bu olayların uzmanları olan sismograflar tarafından görülebilir.	8	0	8	21.05
Teknolojik aletler kullanılarak belirlenebilir	E11: Yapay zeka algoritmaları kullanarak deprem önceden kesin olmasa da belirlenme payı vardır. K6: Günümüzde gelişen teknolojiyle ilgili olarak deprem önceden bilinir.	1	4	5	13.16
Fay hatları gözlemlenerek belirlenebilir	K3: Fay hatlarının hareketlerine bakılabilir. Toprağın yapısına bakılabilir. E5: Fay hatlarını takip etmek bizi bir adım öne taşıyor.	3	2	5	13.16
Bilmiyorum	K10: Bilmiyorum K16: Bilmiyorum	2	0	2	5.26
İlgisiz cümle	E6: Jeolojik zaman olarak 1. ve 2. zamandan kalma arazilerde yaşamak deprem riskini azaltır. K23: Bizlere bilgi verildiği takdirde depreme dayanıksız olan yerleşim yerlerinde bulunmayız.	3	1	4	10.53
TOPLAM		26	12	38	100

Tablo 5 incelendiğinde, öğretmen adaylarının %73.33’ü (f=33) eğitici faaliyetlere katılmak (seminer, konferans, toplantı, tatbikat, vb. gibi), %22.22’si (f=10) medya öğeleri (internet, radyo, televizyon, reklam ve broşür gibi iletişim araçları) şeklinde ifade etmiş ve %4.45’i (f=2) ilgisiz cümleler kurmuşlardır. Aşağıda öğretmen adaylarının yanıtlarından bazılarını doğrudan yer verilmiştir:

E8: “Deprem günü diye bir gün belirlenerek okul, kamu daireleri gibi yerlerde kısa konferanslar yapmak”.

K21: “Deprem hakkında konferanslar, konuşmalar düzenlenmelidir. Deprem tatbikatlarını arttırmalıyız ki insanların davranışlarını çözümleyip ona göre sunumlar yapmalıyız. Televizyon, internet ve medya aracılığı ile belgesel ve öğretici programlar yayınlamalıyız”.

Tablo 5: İnsanların depreme karşı bilinçlendirilmesi ile ilgili tanımlama kategorisine ait ifadeler
Table 5: Expressions belonging to the “raising awareness of people against earthquakes” definition category

Tanımlama Kategorisi	İfadeler	Öğrenci Sayısı (f)			Yüzde (%)
		Kız	Erkek	Toplam	
Eğitici faaliyetlere katılmak (seminer, konferans, toplantı, tatbikat vb. gibi)	E1: Seminerler, toplantılar, okullarda çocuklara öğretilmeli.	22	11	33	73.33
	K1: Seminerler, depremi yaşayan insanlarla konuşmalar, sınıf içi eğitimler.				
Medya öğeleri kullanmak (internet, radyo, televizyon, reklam ve broşür gibi iletişim araçları)	E4: Kamu spotu reklamlarla insanlar bilgilendirilir. Belirli reklam panolarında depremde yapılması gerekenler listelenebilir.	5	5	10	22.22
	K14: Kamu spotlarını ekranlarda yaygınlaştırabiliriz				
İlgisiz cümleler	K4: Deprem çantası hazırlanmalı, daha sağlam binalar yapılmalı, deprem anında yaşanacak olaylar için önceden denemeler yapılmalı.	2	0	2	4.45
	K24: Deprem çantaları, sağlam binalar yapılabilir.				
TOPLAM		29	16	45	100

Soru 5: Ülkemizde yaşanan yıkıcı depremler nelerdir?

Araştırmaya katılan öğretmen adaylarının “Ülkemizde yaşanan yıkıcı depremler nelerdir?” sorusuna verdikleri yanıtların analizi sonucunda 5 farklı tanımlama kategorisi ortaya çıkmıştır. Oluşturulan kategoriler ve doğrudan katılımcı görüşleri Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6 incelendiğinde, öğretmen adaylarının %76.66’sı (f=23) Ege bölgesinde İzmir, %32.14’ü (f=19) Marmara bölgesinde Marmara, %50’si (f=7) Karadeniz bölgesinde Düzce, %46.15’i (f=24) Doğu Anadolu bölgesinde Van depremini yıkıcı deprem olarak ifade etmiş ve 2 öğretmen adayı ise fikri olmadığını belirtmiştir. Aşağıda öğretmen adaylarının yanıtlarından bazılarını doğrudan yer verilmiştir:

E6: “Erzincan, Gölçük, Elazığ, Van, Düzce, Dinar”.

K15: “Düzce, İstanbul, Van, Elazığ”.

Soru 6: Deprem afetiyle de ilgilenen sivil toplum kuruluşları (STK) nelerdir?

Araştırmaya katılan öğretmen adaylarının “Deprem afetiyle de ilgilenen sivil toplum kuruluşları (STK) nelerdir?” sorusuna verdikleri yanıtların analizi sonucunda 8 farklı tanımlama kategorisi ortaya çıkmıştır. Oluşturulan kategoriler ve doğrudan katılımcı görüşleri Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7 incelendiğinde, öğretmen adaylarının %38.64'ü (f=34) AFAD, %21.59'u (f=19) KIZILAY, %15.91'i (f=14) AKUT, %10.22'si (f=9) UMKE, %5.68'i (f=5) YEŞİLAY, %3.41'i (f=3) AKA ve SİTAP, %1.14'ü (f=1) İHH'yı deprem afetiyle de ilgilenen STK'lar olarak ifade etmişlerdir. Aşağıda öğretmen adaylarının yanıtlarından bazılarını doğrudan yer verilmiştir:

Tablo 6: Ülkemizde yaşanan yıkıcı depremler ile ilgili tanımlama kategorisine ait ifadeler
Table 6: Expressions belonging to the "destructive earthquakes in our country" definition category

Tanımlama Kategorisi	Deprem Yeri (Mevki)	İfadeler	Öğrenci Sayısı (f)			Yüzde (%)
			Kız	Erkek	Toplam	
Ege Bölgesi	İzmir	E10: Gölcük, Van, İzmir	15	8	23	76.67
	Dinar	K21: Dinar	3	1	4	13.33
	Simav	E2: Gölcük, Erzincan, İzmir, Simav	1	2	3	10
		TOPLAM	19	11	30	100
Marmara Bölgesi	Marmara	K5: Marmara, Van	7	2	9	32.14
	İstanbul	K24: İstanbul, İzmir	3	4	7	25.00
	Kocaeli	K11: Kocaeli, İzmir, Erzincan, Van, Elazığ, Simav, Dinar	2	0	2	7.14
	Gölcük	K23: Gölcük, Van, İzmir	5	1	6	21.43
	İzmit	K7: İzmit, İzmir, Elazığ	3	1	4	14.29
	TOPLAM	20	8	28	100	
Karadeniz Bölgesi	Düzce	E4: Düzce, Van, İzmir	4	3	7	50
	Tosya	K12: Kocaeli, Elazığ, Erzurum, Tosya	4	1	5	35.71
	Ladik	K8: Erzincan, İzmit, Elazığ, Van, İzmir, Erzurum, Ladik	2	0	2	14.29
	TOPLAM	10	4	14	100	
Doğu Anadolu Bölgesi	Van	K19: İzmir, Van	16	8	24	46.15
	Elazığ	K18: Marmara, Elazığ	13	5	18	34.62
	Erzincan	E3: Erzincan, Van, Gölcük, İzmir	4	4	8	15.39
	Malatya	E5: Elazığ, Ege, Malatya	0	1	1	1.92
	Erzurum	E7: Gölcük, Van, İzmir, Erzincan, Erzurum, Düzce	0	1	1	1.92
	TOPLAM	33	19	52	100	
Fikri olmayanlar		E1: Bilmiyorum	1	1	2	100
		K2: Bilmiyorum	1	1	2	100
		TOPLAM	1	1	2	100

E11: "AFAD, Kızılay, AKUT, Yeşilay".

K22: "AFAD, olası durumlarda AKUT, yardımlar için Kızılay, genel anlamda deprem ve sonrası durumlarla ilgilenen sivil toplum kuruluşlarıdır".

Soru 7: Deprem afeti ile ilgili eğitimler, haberler, filmler; bu afet farkındalığına bakışınızı etkiliyor mu?

Araştırmaya katılan öğretmen adaylarının "Deprem afeti ile ilgili eğitimler, haberler, filmler; bu afet farkındalığına bakışınızı etkiliyor mu?" "Evet çünkü", "Hayır çünkü" sorusuna verdikleri yanıtların analizi sonucunda iki farklı tanımlama kategorisi ortaya çıkmıştır. Oluşturulan kategoriler ve doğrudan katılımcı görüşleri Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 7: Deprem afetiyle de ilgilenen STK'lar ile ilgili tanımlama kategorisine ait ifadeler (AKA: Arama Kurtarma Araştırma Derneği, AKUT: Arama Kurtarma Derneği, İHH: İnsani Yardım Vakfı, SİTAP: Sivil Toplum Afet Platformu)

Table 7: Expressions belonging to the "NGOs that also deal with earthquake disasters" definition category (AKA: Search and Rescue Research Association, AKUT: Search and Rescue Association, İHH: Humanitarian Relief Foundation, SİTAP: Civil Society Disaster Platform)

Tanımlama Kategorisi	İfadeler	Öğrenci Sayısı (f)			Yüzde (%)
		Kız	Erkek	Toplam	
AFAD	K4: AFAD	23	11	34	38.64
	E1: AFAD				
UMKE	K1: AFAD, UMKE, AKUT	7	2	9	10.22
	E2: AFAD, AKUT, UMKE, Kızılay				
AKUT	K6: AFAD, UMKE, AKUT, Kızılay	9	5	14	15.91
	E7: Kızılay, AFAD, AKUT				
AKA	K15: AFAD, UMKE, SİTAP, AKA	2	1	3	3.41
	E4: AFAD, UMKE, AKUT, AKA				
SİTAP	K11: AFAD, AKUT, SİTAP, AKA, UMKE	2	1	3	3.41
	E5: AFAD, SİTAP, AKUT				
İHH	E6: AFAD, İHH, Kızılay	0	1	1	1.14
YEŞİLAY	K20: Kızılay, Yeşilay, AFAD	2	3	5	5.68
	E9: AFAD, Yeşilay				
KIZILAY	K3: AFAD, Kızılay	13	6	19	21.59
	E10: AFAD, Yeşilay, Kızılay				
TOPLAM		58	30	88	100

Tablo 8 incelendiğinde, öğretmen adaylarının %58.33'ü (f=21) "Evet çünkü bilinçlenmeyi sağlar", %36.11'i (f=13) "Evet çünkü farkındalığı artırır", %5.56'sı (f=2) "Hayır" olarak belirlenmiştir. Aşağıda öğretmen adaylarının yanıtlarından bazılarına doğrudan yer verilmiştir:

E4: "Evet, çünkü deprem sürekli aklımızda olan bir şey değil fakat gözümüzün önüne geldiğinde ve bu durum hakkında bilgilendirme yapıldığında farkındalığım artıyor".

K8: "Evet, çünkü özellikle haberlerde, ülkemizde ve dünyada yaşanan deprem afetini gördüğüm zaman durumun ciddiyeti ve insanların o durumdaki tepkileri, yaşadıkları bu farkındalığa bakışımı etkiler".

Tablo 8: Deprem afet eğitimleri ile ilgili tanımlama kategorisine ait ifadeler
 Table 8: Expressions belonging to the "earthquake disaster training" definition category

Tanımlama Kategorisi	İfadeler	Öğrenci Sayısı (f)			Yüzde (%)
		Kız	Erkek	Toplam	
Evet, çünkü: farkındalığımızı artırır	E2: Evet çünkü depremlerin sürekli hayatımızın içinde olmadığı için, unutulmakta ve umursanmamaktadır. Böyle etkinlikler farkındalığı artırır.	9	4	13	36.11
	K23: Evet çünkü böyle bir afetin varlığını, her an her şeyin olabileceğini biliyoruz. Bu da depremin varlığını unutturmamaya gerekli hazırlıkları yapmamızı tetikliyor.				
Evet, çünkü: bilinçlenmemizi sağlar	K19: Evet çünkü daha da bilinçlenmemizi sağlıyor ve önlem almam gerektiğini hatırlatıyor.	16	5	21	58.33
	E7: Evet çünkü bunlarla ilgili film izlersek en azından deprem anında ne yapmamız gerektiğini öğrenmiş oluruz.				
Hayır çünkü:	E9: Hayır çünkü yetersiz kaldığını düşünüyorum.	0	2	2	5.56
	E5: Hayır çünkü ülkemizde para insan canından kıymetli olduğu için ne kadar film ya da seminer izleyin bütçesinin yettiği kadarıyla bir ev buluyor				
TOPLAM		25	11	36	100

4. SONUÇ, TARTIŞMA ve ÖNERİLER

Çalışmanın bulguları doğrultusunda öne çıkan sonuç, tartışma ve öneriler aşağıda verilmiştir.

4.1) Sonuç ve Tartışmalar

Araştırmaya katılan öğretmen adaylarının "deprem nedir?" sorusuna verdikleri yanıtlar incelendiğinde; depremin doğal afet (f=13, %27.66), yerin sallanması ya da sarsıntılar (f=14, %29.79), yer kabuğu hareketlerine ve fay hatlarına bağlı olarak meydana gelen değişimler (f=20, %42.55) olarak tanımlandığı üç kategorinin ortaya çıktığı belirlenmiştir. Çalışmanın bulgularına göre öğretmen adaylarının depremi daha çok yer kabuğu hareketleri ve fay hatları ile tanımladıkları belirlenmiştir. Diğer ifadelerin de doğru olduğu göz önüne alındığında öğretmen adaylarının depremin tanımlanması ile ilgili görüşlerinin yüksek oranda doğru ve bilimsel olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuç, bazı yanlışların rapor edildiği araştırmalar haricinde (Öcal 2007, Cin 2010, Kaya ve Aladag 2017), son yıllarda gerçekleştirilen diğer çalışmalarla, özellikle coğrafya ve sosyal bilgiler öğretmen adaylarının örneklem grubunu oluşturduğu araştırmalardan elde edilen "deprem farkındalığı" bulgularıyla büyük oranda uyumludur (Öcal ve diğ. 2016, Aydın 2019, Sozcu 2020, Genc ve Sozen 2021, Turksever 2021). Kaya ve Aladag (2017) her ne kadar deprem ile ilgili bazı yanlışlar ve inanışlar olduğunu vurgulasa da, "deprem önlem alınması gereken bir doğa olayıdır, doğal afettir, fay kırılması sonucu oluşur, sallanmalar yaratır, plansız yapılaşma ile felakete dönüşür" gibi

ifadelerin yer aldığı araştırmalarında, “deprem nedir” kavramının bilimsel tanımla öğrenildiği ve zihinlerde doğru yapılandırıldığı sonucuna ulaşmışlardır.

“*Depreme bağlı olarak gerçekleşebilecek ikincil afetler nelerdir?*” sorusuna öğretmen adaylarının verdikleri yanıtlar incelendiğinde; tsunami (f=20, %24.39), heyelan (f=18, %21.95), yangın (f=12, %14.63), sel (f=11, %13.41), çığ ve volkanik patlama (f=6, %7.32), erozyon (f=5, %6.10), salgın hastalıklar (f=3, %3.66) ve hortum (f=1, %1.22) olmak üzere dokuz kategorinin ortaya çıktığı gözlenmiştir. Öğretmen adaylarının deprem kökenli ikincil afet ile ilgili görüşlerinin büyük oranda tsunami, heyelan ve yangın ile ilişkili olduğu sonucuna ulaşılmış, verilen yanıtların yüksek düzeyde doğru ifadeler içerdiği gözlenmiştir. 30 Ekim 2020 tarihinde meydana gelen 6.9 büyüklüğündeki Sisam Adası-Izmir depreminin, yakın tarihte ülkemizde hasar yapıcı bir tsunamiye neden oluşunun bu sıralamada etkili olduğu düşünülebilir. Kaya ve Aladag (2017) çalışmalarında; tsunami kavramı coğrafya öğretmen adayları tarafından “denizaltı depremleri tsunamiye neden olabilir, deprem dalgaları okyanusların dibinde meydana gelirse tsunami oluşabilir, büyük sulardaki depremler sonucu tsunami yaşanabilir” şeklinde ifade etmişlerdir. Geçmişte ülkesel ya da küresel ölçekte büyük tsunamiye neden olan deniz/okyanus tabanında meydana gelen depremlere ilişkin bilgilerin hafızalarda yer aldığını belirlemişlerdir. Sınıf öğretmeni adayları ile yapılan çalışmalarda; depremin ikincil etkileri olarak ulaşım ve haberleşmedeki aksaklıklar ile elektrik kesintilerinin görüldüğü bildirilmiş, orta düzey afet sonrası bilinç algısına ve düşük düzey deprem sonrası bilgi düzeyine sahip oldukları vurgulanmıştır (Tekin ve Dikmenli 2021, Öztürk 2013). Benzer bulgular Genc ve Sozen (2021) tarafından da dile getirilmiş, farklı fakültelerde eğitim gören öğretmen adayları ile yürütülen araştırmada, depremlerin ikincil etkileri ve sebep oldukları zararlar hakkında daha fazla bilgi sahibi olunması gerektiğini belirtmişlerdir.

Araştırmaya katılan öğretmen adaylarının “*depremin önceden belirlenmesine ilişkin görüşleriniz nelerdir?*” sorusuna verdikleri yanıtlar incelendiğinde; deprem önceden belirlenemez (f=10, %26.31), uzmanlar tarafından önceden tahmin edilebilir (f=8, %21.05), teknolojik aletler kullanılarak ve fay hatları gözlemlenerek belirlenebilir (f=5, %13.16), deprem önceden belirlenebilir ve ilgisiz cümle (f=4, %10.53) ayrıca bilmiyorum (f=2, %5.26) olmak üzere yedi kategorinin ortaya çıktığı gözlenmiştir. Öğretmen adaylarının deprem tahmini ile ilgili görüşleri yüksek oranda depremin önceden belirlenemeyeceği şeklindedir. Bununla birlikte öğretmen adaylarının %34’ünün ise depremlerin uzmanlar tarafından ya da teknolojik aletler ile kestirilebileceğine ilişkin görüş bildirdiği gözlenmiştir. Öcal ve diğ. (2016) tarafından yapılan araştırmaya katılan öğretmen adaylarının %56’sının, depremlerin sadece bazı hayvanlar tarafından önceden tahmin edilebileceğini düşündükleri anlaşılmıştır. 1975 yılında Çin’in Haicheng kentinde bilim insanları; sismografların kaydettiği küçük depremlerin sayılarında normal olmayan ani artış, kuyularda su seviyesinde yükselmeler, hayvanlarda açıklanamayan davranışlar, yer kabuğundaki en ufak çatlak ve kırıklardan kolayca yeryüzüne çıkma eğilimi olan uçucu radon gazı çıkışlarında ani artışlar gibi anormal değişikliklerin yaşandığını gözlemiştir. Durumdan hükümeti haberdar ederek acil durum ilan edilmesini istemişlerdir. Hükümet bu karara uymuş ve ana şoktan üç gün önce (01.02.1975) kentin boşaltılması işlemini tamamlamıştır. 4 Şubat 1975 tarihinde 100 bin kişinin yaşadığı kentin merkezinde meydana gelen 7.3 büyüklüğündeki depremde Haicheng tamamen yıkılmış, 2 bin kişi yaşamını yitirmiştir. 1.5 yıl sonra buranın güneydoğusundaki bir başka şehir olan Tangshan (Lungling)’da 7.6 büyüklüğünde şiddetli bir deprem olmuştur. Hiçbir şekilde öncü belirti vermeyen ve anormal davranışın gözlemlenmediği 28 Temmuz 1976 tarihli depremde 240 bin kişi hayatını kaybetmiştir (Altınok ve Gündoğdu 1990, Karadeniz 2007). 6 Nisan 2009 tarihinde İtalya’nın L’Aquila kentinde meydana gelen 6.3 büyüklüğündeki depremde 307 kişi can vermiştir. Ana şoktan 3 ay öncesinden itibaren belirgin öncü sarsıntılar olduğu halde, yetkililere gerekli uyarıyı yapmadıkları ve depremi önceden haber vermedikleri için altı bilim adamı ve bir hükümet görevlisi, kasıtsız cinayet suçlamasıyla İtalya’da altışar yıl hapis cezasına çarptırılmıştır (Cartlidge 2016). Ülkemizde yürütülen diğer eğitim araştırmalarında görüşleri alınan öğretmen adaylarının, deprem tahmininin zor olduğunun genellikle farkında olduğu

anlaşılmaktadır (Öztürk 2013, Yazıcı ve Ulu Kalın 2018, Dikmenli ve Yakar 2019, Tekin ve Dikmenli 2021). Sonuçlar, bu araştırmadan elde edilen bulgularla da uyumludur.

“İnsanları depreme karşı bilinçlendirmek için neler yapılabilir?” sorusuna öğretmen adaylarının verdikleri yanıtlar incelendiğinde; eğitici faaliyetlere katılmak (seminer, konferans, toplantı, tatbikat vb. gibi) (f=33, %73.33), medya öğelerini kullanmak (internet, radyo, televizyon, reklam ve broşür gibi iletişim araçları) (f=10, %22.22) ve ilgisiz cümleler (f=2, %4.45) olmak üzere iki temel kategorinin ortaya çıktığı gözlenmiştir. Öğretmen adaylarının bilinçlendirme ile ilgili görüşlerinin çok yüksek oranda eğitici faaliyetlere katılmak ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Yapılan araştırmalarda deprem zararının azaltılmasında önemli bir değişkenin eğitim olduğu, özellikle sosyal çevreden ve eğitici faaliyetlere katılımın deprem ile ilgili bilinçlendirmenin sağlanması açısından önemli olduğu belirtilmiştir (Çoban ve diğ. 2017). Depremden korunma ile ilgili yöneltilen sorulara verilen toplumun bilinçlendirilmesi, deprem tatbikatlarının önemi şeklindeki yanıtlardan hareketle, öğretmen adaylarının deprem anı ve sonrası davranış şekilleri konusunda doğru bilgilere sahip oldukları, buldukları deprem bölgeleri ile yaşadıkları ev/yurt kat sayısı arasında anlamlı ilişki kurabildikleri sonucuna ulaşılmıştır (Öcal 2007, Turksever 2021). Sonuçlar, bu araştırmadan elde edilen bulgularla da uyumludur. Bununla birlikte Fen ve Sınıf öğretmen adayları ile yapılan bazı araştırmalarda ise; aralarında depremden doğrudan ya da dolaylı etkilenenler olmalarına rağmen, öğretmen adaylarının meydana gelebilecek bir depreme hazır olmadıkları, deprem anında yapılması gerekenler konusunda bilgi düzeylerinin yetersiz olduğu, afetler hakkında yapılan deneysel çalışmaların az sayıda olduğu vurgulanmıştır (Öztürk 2013, Aydın 2019, Sozcu 2020).

Araştırmaya katılan öğretmen adaylarının *“Ülkemizde yaşanan yıkıcı depremler nelerdir?”* sorusuna verdikleri yanıtlar incelendiğinde; Ege bölgesinde İzmir (f=23, %76.66), Marmara bölgesinde Marmara (f=19, %32.14), Karadeniz bölgesinde Düzce (f=7, %50), Doğu Anadolu bölgesinde Van (f=24, %46.15) depremlerine dikkat çektikleri sonucuna ulaşılmıştır. Ege Bölgesinde 30.10.2020 tarihinde meydana gelen 6.9 büyüklüğündeki Sisam Adası-İzmir, Marmara Bölgesinde 17.08.1999 7.4 büyüklüğündeki Kocaeli, 3 ay sonra Karadeniz Bölgesinde 12.11.1999 tarihinde oluşan Düzce (M=7.2) ve Doğu Anadolu’da 23.10.2011’de oluşan 7.2 büyüklüğündeki Van depremlerinin, öğretmen adaylarının zihinlerinde yer aldığı anlaşılmaktadır.

“Deprem afetiyle de ilgilenen sivil toplum kuruluşları (STK) nelerdir?” sorusuna öğretmen adaylarının verdikleri yanıtlar incelendiğinde; başta AFAD (f=34, %38.64), Kızılay (f=19, %21.59), AKUT (f=14, %15.91) olmak üzere 8 farklı STK’nın olduğunu ifade etmişlerdir. Ülkemizde deprem ve afet hazırlığından, afet sonrası afete müdahaleden birinci derece sorumlu kuruluş, kamu kurumu olan Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD)’dır. Bir afet anında Kızılay ise, ağırlıklı olarak tıbbi yardım hizmeti sunan bir kamu kuruluşudur. UMKE’de medikal sağlık hizmeti sunan bir kamu kurumudur. Bu kurumlar STK olmamasına rağmen, bu doğrultuda faaliyetler yürüten ve kamu hizmeti sunan kuruluşlardır. Bu nedenle öğretmen adaylarının, deprem afetiyle ilgilenen kuruluşlar hakkında yeterli farkındalığa sahip olduğu anlaşılacakla birlikte bu kuruluşların AKA, AKUT, İHH, SİTAP gibi STK olmadığı ayrımını net yapamadıkları gözlenmiştir. Bununla birlikte son 10 yılda yürütülen araştırmalarda farklı bulgulara ulaşıldığı gözlenmektedir. Örneğin, Gazi Üniversitesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü’nde yapılan bir çalışmada örneklem grubuna “afet ve acil durum yetkili makam ve kurumlarını biliyor musunuz?” şeklinde bir soru yöneltilmiştir. Soruya verilen yanıtların sadece %26.2’si “Evet” şeklindedir. Geri kalan %73.8’si ise deprem afetiyle ilgilenen kurum ve kuruluşlar hakkında bilgi sahibi olmadıklarını belirtmişlerdir. “Evet” yanıtı verenler AFAD, Kızılay ve Arama Kurtarma Derneği (AKUT)’dan haberdar olduklarını ifade etmişlerdir (Ozkazanc ve Yuksel 2015). Kaya ve Aladag (2017) tarafından coğrafya öğretmen adayları ile yürütülen ve “depremlerle ilgili kişi, kurum ve kuruluşların” sorulduğu bir başka araştırmada ise verilen yanıtların sadece %14’ünün AKUT ve %12’sinin Kızılay olduğu tespit edilmiştir. Bu araştırmadan elde edilen olumlu bulgular ile karşılaştırıldığında, aradan geçen sürede ilgili kuruluşların varlığı ve farkındalığının arttığı gözlenmiştir. Bu duruma; toplumda afet

farkındalığının geliştirilmesi, afet risk azaltma ve önlem alma konusunda davranış değişikliği oluşturulması amacıyla İçişleri Bakanlığı tarafından 2021 yılının “Türkiye Afet Eğitim Yılı” ilan edilmesinin ve her yıl Mart ayında düzenlenen “Deprem Haftası” etkinliklerinin son 5 yılda artan ivmeyle ve faaliyetlerle düzenlenmesinin özellikle katkı sağladığı düşünülmektedir.

Araştırmaya katılan öğretmen adaylarının “*deprem afeti ile ilgili eğitimler, haberler, filmler; bu afet farkındalığına bakışınızı etkiliyor mu?*” “*Evet, çünkü*”, “*Hayır, çünkü*” sorusuna verdikleri yanıtlar incelendiğinde; “*Evet, çünkü bilinçlenmeyi sağlar*” (f=21, %58.33), “*Evet, çünkü farkındalığı artırır*” (f=13, %36.11), “*Hayır*” (f=2, %5.56) olmak üzere “*Evet*” ve “*Hayır*”dan oluşan iki kategorinin ortaya çıktığı gözlenmiştir. Bu bulgulardan hareketle deprem afeti ile ilgili eğitimlerin, haberlerin, filmlerin yapılmasının, depreme karşı bilinçlenmeyi sağlamada ve farkındalık kazandırmada etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Sonuçların, literatürdeki benzer araştırmalardan elde edilen çıktılarla uyumlu olduğu gözlenmiştir. Gerçekten de ülkemizde son yıllarda afet eğitimi, afet algısı ve afet davranışlarına kadar pek çok farklı konu ile ilgili çalışmaların nitelik ve nicelik olarak arttığı tespit edilmiştir (Sozcu 2020). Sınıf, sosyal bilgiler ve coğrafya öğretmen adaylarının, deprem felaketinin de dâhil olduğu doğal afetleri çoğunlukla görsel eğitim teknikleriyle öğrenmeyi tercih ettiği, bu konuda bireysel araştırmaların daha az benimsendiği tespit edilmiştir (Özgen ve diğ. 2011). Deprem öncesi, anı ve sonrası ile ilgili farkındalığın doğru öğretilmesi, zihinlerde uzun süreli kalıcı hale getirilmesi için bilgilerin eğitim materyalleriyle somutlaştırılması ve derslerde konuların buna uygun yöntemlerle işlenmesi gerektiği de farklı araştırmalarda belirtilmiştir. Bu tür yöntemlerin uygulandığı bir çalışmada verilen farkındalık eğitiminin, öğretmen adaylarının deprem farkındalık düzeyini arttırdığı ve verilen eğitimin etkili olduğu gözlenmiştir (Kaya ve Aladag 2017, Sen ve diğ. 2020).

4.2) Öneriler

Araştırmada elde edilen sonuçlara göre sunulan öneriler aşağıda yer almaktadır:

- Bazı yanlışların ve hatalı inanışların önüne geçilmesi için öğretmen adaylarının, deprem ve sebep olduğu ikincil afetler konularına ek olarak yer-büyük-lük-zaman bilgilerini tam veren deprem tahmininin henüz mümkün olmadığı ile ilgili farkındalıklarının artırılması için uygulamaların ve daha fazla bilgilendirmelerin yapılması gerekmektedir.
- Öğretmen adaylarının doğru deprem afet bilinci kazanmaları için tüm lisans programlarında afet bilinci dersleri yer almalıdır.
- Depremler ile ilgili bilinçlendirmenin doğru yapılması, kavramların bilimsel bir dille öğretilmesi, kavramsal anlayışın sağlanması, ülkemizde meydana gelen yıkıcı depremlerin ve deprem güvenliğinin daha doğru anlatılması için, yapılandırmacı öğrenme yaklaşımının sunulduğu yöntemler kullanılmalıdır.
- Öğretmen adaylarının zihinlerinde deprem farkındalığının kalıcı hale getirilmesi için animasyon, simülasyon, diyagram, şekil, model, materyal gibi yöntemler kullanılmalı, eğitimlere ek olarak seminer, konferans, çalıştay gibi etkinlikler uygulamaya konulmalı, tatbikatlara katılımları sağlanmalı, toplanma yerlerini ve faydalı bilgileri gösteren “eAFAD”, “AFAD Acil” gibi mobil uygulamalar tanıtılmalıdır.
- Türkiye nüfusunun büyük kısmı şehirlerde yaşasa da, yeterince sağlam olmayan konutların olduğu kırsal kesimlerde azımsanmayacak bir nüfusun bulunduğu, orta şiddetli bir depremde dahi hasar oluşabileceği gerçeği göz önüne alındığında öğretmen adaylarının STK’lar ile etkinlik düzenleme ve ortak çalışma yapma pratikleri hayata geçirilmelidir. Eğitim fakülteleri müfredatında bulunan topluma hizmet uygulamaları ve sosyal proje geliştirme derslerinde bölgesel STK’lar ile proje üretme ve uygulama konusunda farkındalık artırıcı çalışmalar yapılmalıdır.

Özetle, depremin önceden tam olarak tahmini ve meydana gelmesini önlemek imkânsızdır, fakat depreme karşı farkındalık sağlanması ile depremin zararlarını en aza indirmek mümkündür. Farkındalık düzeyine ulaşılması ve depremin bir afet haline gelmeden engellenmesi, ancak eğitim yoluyla mümkündür. Başta AFAD olmak üzere bölgesel STK'lar ile ortak çalışmalar yapıp işbirliği artırılırsa, geleceğin nesillerini yetiştirecek öğretmen adaylarına doğru ve kalıcı deprem farkındalığı bilinci kazandırılabilir.

KAYNAKLAR

Altınok Y., Gündoğdu O., 1990. Depremlerin önceden belirlenmesinde radon ölçümleri, *İstanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi* 7(1-2), 211-221. Erişim adresi: [İÜ Yerbilim](#)

Aydin S., 2019. Determination of Prospective Science Teachers' knowledge levels about earthquake, *International Journal of Earth Sciences Knowledge and Applications* 1(1), 28-31.

Baltacı A., 2019. Nitel araştırma süreci: Nitel bir araştırma nasıl yapılır?, *Ahi Evran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 5(2), 368-388.

Baş T., Akturan U., 2013. Nitel araştırma yöntemleri: Nvivo 7.0 ile nitel veri analizi, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 184 s.

Baytekin, 2022. Harita Güncelleme, İstanbul. Erişim adresi: [Baytekin](#)

Berg L.B., Lune H., 2015. Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri, Eğitim Yayınevi, Ankara, 447 s.

BİB, 2000. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Kanunlar Yönetmenlikler ve Kararnameler, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, s:3, Ankara.

Cartlidge E., 2016. Seven-year legal saga ends as Italian official is cleared of manslaughter in earthquake trial, *Science*, Erişim adresi: <http://doi.org/10.1126/science.aah7374>.

Christensen L.B., Johnson R.B., Turner L.A., 2015. Araştırma yöntemleri: Desen ve analiz, Anı Yayıncılık, Ankara, 608 s.

Çoban M., Sözbilir M., Göktaş Y., 2017. Deprem deneyimini yaşamış kişilerin deprem öncesi hazırlık algılarının belirlenmesi: bir durum çalışması, *Doğu Coğrafya Dergisi* 22 (37), 113-134.

Crabtree B.F., Miller W.L., 1999. Doing qualitative research. Sage Publications, London, 424 p.

Creswell J.W., 2016. Nitel araştırma yöntemleri, beş yaklaşıma göre nitel araştırma ve araştırma deseni, Siyasal Kitabevi, Ankara, 341 s.

Cin M., 2010. Sınıf öğretmeni adaylarının doğal afetler ile ilgili yanılgıları, *Marmara Coğrafya Dergisi* (22), 70-81.

Çakar Ö., 2008. İlköğretim 5. sınıf sosyal bilgiler dersinin deprem bilinci geliştirmedeki rolüne dair öğretmen görüşleri, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Elazığ, 110 s.

Dikmenli Y., Yakar H., 2019. Öğretmen adaylarının afet bilinci algı düzeylerinin incelenmesi, *YYÜ Eğitim Fakültesi Dergisi* 16(1), 386-416.

Dölek İ., 2019. Afetler ve afet yönetimi, Pegem Akademi, Ankara, 212 s.

Genc M., Sozen E., 2021. The sustainable scale of earthquake awareness, development, validity and reliability study, *International Electronic Journal of Environmental Education* 11(1), 24-41.

Gültekin M., Atalay N., Ay Y., 2014. İlköğretimde serbest etkinliklere yönelik sınıf öğretmeni ve öğrenci görüşleri, *Kastamonu Eğitim Dergisi* 22 (2), 419-437.

Karadeniz A., 2007. Deprem ve Anormal Hayvan Davranışları, *Atatürk Üniversitesi Vet. Bil. Derg.* 2(3), 99-102.

Karakuş U., 2013. Depremi yaşamış ve yaşamamış öğrencilerin deprem algılarının, metafor analizi ile incelenmesi, *Doğu Coğrafya Dergisi* 18(29), 97-116.

Kaya B., Aladag C., 2017. Determining the cognitive structures of geography teacher candidates on "earthquake", *International Education Studies* 10(1), 122-136.

McCosker H., Barnard A., Gerber R., 2004. Phenomenographic study of women's experiences of domestic violence during the childbearing years, *Online Journal of Issues in Nursing* 9(1). Erişim adresi: [Nursing World](http://www.nursingworld.org)

McFarlane A.C., Norris F.H., 2006. Definitions and concepts in disaster research. (In: Methods for Disaster Mental Health Research, Editors: Norris F.H., Galea S., Friedman M.J., Watson P.J., Guilford Press, New York, 236 p.), 3-19.

Miles M.B., Huberman M.A., 1994. Qualitative analysis: An expand source book, Sage Publications, London, 337 p.

MTA, 2022. Yerbilimleri Harita Görüntüleyici, Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü, Ankara. Erişim adresi: <http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx>

Navakanesh B., Shah A.A., Prasanna M.V., 2019. Earthquake education through the use of documentary movies, *Frontiers in Earth Science* 7(42), 1-16.

Ozkazanc S, Yuksel U.D., 2015. Evaluation of disaster awareness and sensitivity level of higher education students, *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 197, 745-753.

Öcal A., 2007. İlköğretim aday öğretmenlerinin deprem bilgi düzeyleri üzerine bir araştırma, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi* 8, 104-110.

Öcal A., Yıldırım E., Yakar H., Erdoğan E., 2016. Sosyal Bilgiler Öğretmen Adaylarının Afetlere Yönelik İnanışlarının İncelenmesi, *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 6(2), 59-72.

Öztürk M.K., 2013. Sınıf öğretmeni adaylarının deprem deneyimleri üzerine bir araştırma, *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi* 28(1), 308-319.

Özgen N., Ünalı Ü.E., Bindak R., 2011. Öğretmen adaylarının doğal afetler konusuna yönelik etkili öğrenme biçimlerinin belirlenmesi, *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi* 12(4), 303-323.

Patton M.Q., 2014. Nitel araştırma ve değerlendirme yöntemleri, Pegem Akademi, Ankara, 680 s.

Silverman D., 2005. Doing qualitative research: A practical handbook, Sage Publications, London, 488 p.

Sozcu U., 2020. Disaster education in Turkey: Trends in theses and articles between 2003 and 2020, *Journal of Pedagogical Research* 4(3) 418-441.

Sen G., Aciker S., Can E., 2020. The effect of disaster awareness training on the level of disaster awareness of classroom teacher students: Burdur Mehmet Akif Ersoy University Example, *Turkish Journal of Health Science and Life* 3(3), 1-6.

Tanyaş M., Günalay Y., Aksoy L., Küçük B., 2013. İstanbul İli Afet Lojistik Planı Kılavuzu, İstanbul, 195 s. Erişim adresi: [İSTKA](#)

Tekin Ö., Dikmenli Y., 2021. Sınıf öğretmeni adaylarının afet bilinci algısı ve deprem bilgi düzeylerinin incelenmesi, *Ahi Evran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 7(1), 258-271.

Turksever O., 2021. Analysis of disaster awareness perception levels of students in social studies teaching undergraduate program, *Education Quarterly Reviews* 4(3), 14-22.

Yazıcı Ö., Ulu Kalın Ö., 2018. Doğal Afet” için kavramsal metaforların karşılaştırmalı analizi, *E-Kafkas Eğitim Araştırmaları Dergisi* 5(1), 25-40.

Yıldırım A., Şimşek H., 2021. Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 432 s.

ARAŞTIRMA VERİSİ (Research Data)

Bu araştırmanın verisini ve örneklem grubunu, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Eğitim Fakültesinde öğrenim gören Fen Bilimleri, Sosyal Bilimler ve Sınıf Öğretmenliği bölümlerinde öğrenim gören 4.sınıf öğretmen adayları oluşturmuştur.

ÇIKAR ÇATIŞMASI / İLİŞKİSİ (Conflict of Interest / Relationship)

Araştırma kapsamında herhangi bir kişiyle ve/veya kurumla çıkar çatışması/ilişkisi bulunmamaktadır.

YAZARLARIN KATKI ORANI BEYANI (Author Contributions)

- Çalışmanın tasarlanması (*Designing of the study*): E.B., M.P.
- Literatür araştırması (*Literature research*): E.B., M.P.
- Saha çalışması, veri temini/derleme (*Fieldwork, collection/compilation of data*): E.B., M.P.
- Verilerin işlenmesi/analiz edilmesi (*Processing/analysis of data*): E.B., M.P.
- Şekil/Tablo/Yazılım hazırlanması (*Preparation of figures/tables/software*): E.B., M.P.
- Bulguların yorumlanması (*Interpretation of findings*): E.B., M.P.
- Makale yazımı, düzenleme, kontrol (*Writing, editing and checking of manuscript*): E.B., M.P.

ETİK KURUL İZİNİ (Ethics Committee Approval)

Manisa Celal Bayar Üniversitesi'nin E-050.01.04-306455 sayılı ve 20.05.2022 tarihli Etik Kurul onayı ile izni alınmıştır.



T.C. İÇİŞLERİ BAKANLIĞI
AFET VE ACİL DURUM
YÖNETİMİ BAŞKANLIĞI

AFAD®

TÜRK DEPREM ARAŞTIRMA DERGİSİ

TURKISH
JOURNAL OF
EARTHQUAKE
RESEARCH



TUSAK
Türkiye Ulusal
Sismoloji ve Deprem
İzleme Kurumu
Ankara / TÜRKİYE

e-ISSN: 2687-301X