



T.C.

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI

CBS YÖNTEMİYLE BURSA’NIN BÜTÜNLEŞİK DOĞAL
TEHLİKE ANALİZİ
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

SERPİL ÖNCÜ

BURSA 2021



T.C.

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

COĞRAFYA ANABİLİM DALI

CBS YÖNTEMİYLE BURSA'NIN BÜTÜNLEŞİK DOĞAL TEHLİKE ANALİZİ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

SERPİL ÖNCÜ

Danışman:

PROF. DR. HASAN ÖZDEMİR

BURSA 2021

ÖZET

Serpil ÖNCÜ
Bursa Uludağ Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
Coğrafya Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hasan ÖZDEMİR
xv + 125 sayfa

CBS YÖNTEMİYLE BURSA’NIN BÜTÜNLEŞİK DOĞAL TEHLİKE ANALİZİ

Dünyada birçok bölge, birden fazla doğal tehlikenin etkili olduğu alanlardır. Etkili bir risk azaltma, bütün tehlikeler birlikte ele alınıp analiz edildiğinde mümkün olabilir. Bütünleşik doğal tehlike analizi bir bölgede meydana gelen tehlikelerin birlikte ele alınarak değerlendirilmesini ifade eder. Risk azaltma planlamasının ilk ve en önemli basamağı tehlike haritalarının oluşturulmasıdır. Bu çalışmada, Marmara Bölgesi’nin güneydoğusunda yer alan Bursa ilinde geçmişten günümüze meydana gelen deprem, kütle hareketleri (heyelan, kaya düşmesi), sel-taşkınlar, orman yangınları ile çığ doğal afetlerinin bütünleşik doğal tehlike analizinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yöntemi kullanılarak oluşturulması ve haritalanması hedeflenmiştir.

Bu doğrultuda öncelikle çalışma alanının tanınması ve bütünleşik doğal tehlike analizinde kullanılmak üzere Bursa’nın genel coğrafik özellikleri ele alınmıştır. Daha sonra her bir tehlike için elde edilen envanter doğrultusunda tehlikelerin ilçe ve mahalle bazında mekânsal ve zamansal dağılışı ele alınarak, yaşanmış tehlikelerden bazı örnekler verilmiştir. Tehlikeler birleştirilerek bütünleşik olarak ele alınmış, mekânsal ve zamansal dağılışı incelenmiş ve her bir tehlike için yoğunluk haritası oluşturulup çakıştırılarak bütünleşik doğal tehlike yoğunluk haritası oluşturulmuş ve yorumlanmıştır. Son olarak coğrafi faktörler ile bütünleşik tehlikeler arasındaki ilişkiler analiz edilmiştir.

Çalışma sonucunda Bursa’nın bütünleşik doğal tehlike yoğunluk haritası incelendiğinde yüksek tehlikeli bölgelerin özellikle Uludağ’ın kuzeybatı, kuzey, kuzeydoğusu ve doğusunda; Bursa ve İnegöl ovaları ile Uludağ yamaçlarının kesiştiği alanlarda yer aldığı tespit edilmiştir. Bu alanlar yükselti farkının fazla olduğu alanlar olmakla birlikte, yükselti, sıcaklık ve yağış değerlerinin de kısa mesafede değiştiği alanlardır. Yüksek tehlikeli alanların ilde nüfusun da en yüksek olduğu ilçelerin sınırları içinde olması çalışmanın önemini destekler niteliktedir.

Anahtar Sözcükler: Bursa, CBS, Bütünleşik Doğal Tehlike Analizi, Doğal Afetler

ABSTRACT

Serpil ÖNCÜ

Bursa Uludag University

Social Science Institution

Geography Department

Master's Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Hasan ÖZDEMİR

xv + 125 pages

MULTI-NATURAL HAZARD ASSESSMENT OF BURSA USING THE GIS METHOD

Many parts of the world are affected by more than one natural hazard. Effective risk reduction is possible if all hazards are considered and analyzed together. Multi-natural hazard analysis is the process of assessing several hazards that occur in a given area by taking them all into account. The first and most important step in risk reduction planning is the creation of hazard maps. The goal of this study was to use the Geographic Information Systems (GIS) method to create and analyze a multi-natural hazard map of natural disasters including earthquakes, mass movements (landslides, rock falls), floods and overflows, forest fires and avalanches in Bursa province, located in the southeast of the Marmara Region of Turkey.

In this regard, first of all, the general geographical features of Bursa were discussed in order to describe the study area and to use the features in multi-natural hazard analysis. Next, the spatial and temporal distribution of hazards on the basis of districts and neighborhoods was discussed in accordance with the inventory obtained for each hazard, and a number of past hazards were presented as examples. Hazards were combined and treated in an integrated manner, their spatial and temporal distribution was examined, and a multi-natural hazard density map was created and interpreted by creating and overlaying the intensity map for each hazard. Finally, the relationships between geographical factors and the integrated hazards were analyzed.

The multi-natural hazard density map of Bursa that resulted from the study showed that the highly hazardous areas were located where the Bursa and Inegöl plains intersected with the Uludag slopes, particularly in the northwest, north, northeast, and east of Uludag. These are areas with a large altitude difference, as well as areas where altitude, temperature, and precipitation values change dramatically over a short distance. The fact that the high-hazard areas are within the borders of the districts with the highest population in the province supports the importance of the study.

Key Words: Bursa, GIS, Multi-Natural Hazard Analysis, Natural Disasters

ÖNSÖZ

Yakın zamana kadar doğal afetler konusundaki çalışmalar genelde tek bir doğal afetin ele alınması şeklindedir. Ancak son zamanlarda küresel, bölgesel ve ulusal ölçekte doğal afetlerin bütünleşik olarak ele alındığı çalışmaların sayısı artmıştır. “CBS Yöntemiyle Bursa’nın Bütünleşik Doğal Tehlike Analizi” başlıklı bu tezde Bursa’da meydana gelen doğal afetler birlikte ele alınarak CBS yöntemiyle haritalanmış ve coğrafi faktörler doğrultusunda analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar afet yönetimi ve şehir planlaması için alt başlık oluşturmaları bakımından önemlidir.

Bu çalışma yüksek lisans derslerinin akabinde veri toplama süreci ile başlayan, toplanan verilerin haritalanması ve analiz edilmesiyle tamamlanan 2 yıllık bir çalışmanın ürünüdür. Tez konusunun belirlenmesinde yardımcı olan ve tezin hazırlanmasında, her türlü desteği ve yardımı sağlayan danışman hocam Prof. Dr. Hasan Özdemir’e teşekkür ederim. Ayrıca verilerin elde edilmesinde katkı sunan Dr. Öğr. Üyesi Abdullah Akbaş’a teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmayı verdiği bursla destekleyen Marmara Belediyeler Birliği’ne katkılarından ve desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Bütün eğitim hayatım boyunca beni hiç yalnız bırakmayan, çok emekleri geçen ve en büyük destekçilerim olan babam Metin Günsal ve annem Cevriye Günsal’a sonsuz teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Bu uzun süreçte bir nevi ikinci danışmanlığımı üstlenen ve her türlü konuda deneyimlerini benimle paylaşan eşim Doç. Dr. Semiral Öncü’ye ve bu süreçte sabırla bana destek veren oğlum Melih Seha ve kızım Elif Serra’ya teşekkür ederim

Serpil ÖNCÜ

2021

İÇİNDEKİLER

YEMİN METNİ.....	4
YÜKSEK LİSANS/DOKTORA İNTİHAL YAZILIM RAPORU.....	5
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
FOTOĞRAFLAR TABLOSU	ix
ŞEKİLLER TABLOSU	xi
TABLolar TABLOSU	xv
GİRİŞ	1
AMAÇ VE KAPSAM.....	2
LİTERATÜR TARAMASI.....	3
Konu ile İlgili Literatür Taraması	3
Çalışma Alanı ile İlgili Literatür Taraması	7
VERİ VE YÖNTEM	9
Verilerin Toplanması.....	10
Haritaların Hazırlanması	15
Coğrafik Faktörler Doğrultusunda Verilerin Analizi	16
SINIRLILIKLAR VE KARŞILAŞILAN GÜÇLÜKLER	17

BİRİNCİ BÖLÜM

ÇALIŞMA ALANININ GENEL FİZİKİ ÖZELLİKLERİ

1. JEOLojİK ÖZELLİKLER	21
1.1. Stratigrafik ve Litolojik Özellikler	21
1.2. Tektonik Özellikler.....	26
2. JEOMORFOMETRİK ÖZELLİKLER.....	27
2.1. Yükselti	28
2.2. Eğim	29
2.3. Bakı	31
3. İKLİM ÖZELLİKLERİ	32
3.1. Sıcaklık.....	33
3.2. Yağış.....	36
4. HİDROGRAFİK ÖZELLİKLER.....	38
5. ARAZİ KULLANIM ÖZELLİKLERİ	40

İKİNCİ BÖLÜM

DOĞAL TEHLİKE ENVANTERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

1. DEPREMLER	44
--------------------	----

1.1. Depremlerin Mekânsal Dağılışı.....	45
1.2. Yaşanmış Depremlere Örnekler	46
1.3. Depremlerin Zamansal Dağılışı.....	49
2. KÜTLE HAREKETLERİ	50
2.1. Heyelanlar	50
2.1.1. Heyelanların Mekânsal Dağılımı	51
2.1.2. Yaşanmış Heyelanlara Örnekler.....	52
2.1.3. Heyelanların Zamansal Dağılışı	57
2.2. Kaya Düşmeleri.....	59
2.2.1. Kaya Düşmelerinin Mekânsal Dağılışı	59
2.2.2. Yaşanmış Kaya Düşmelerine Örnekler	60
2.2.3. Kaya Düşmelerinin Zamansal Dağılışı	62
3. SEL-TAŞKINLAR.....	64
3.1. Sel-Taşkınların Mekânsal Dağılışı	64
3.2. Yaşanan Sel-Taşkınlara Örnekler.....	65
3.3. Sel-Taşkınların Zamansal Dağılışı	67
4. ORMAN YANGINLARI.....	69
4.1. Orman Yangınlarının Mekânsal Dağılışı	69
4.2. Yaşanan Orman Yangınlarına Örnekler	70
4.3. Orman Yangınlarının Zamansal Dağılışı	74
5. ÇIĞ.....	76
5.1. Çığların Mekânsal Dağılışı.....	77
5.2. Yaşanmış Çığlara Örnekler	78
5.3. Çığların Zamansal Dağılışı.....	81

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM **BÜTÜNLEŞİK DOĞAL TEHLİKE ANALİZİ**

1. BÜTÜNLEŞİK TEHLİKELERİN MEKÂNSAL DAĞILIŞI	83
2. BÜTÜNLEŞİK TEHLİKELERİN ZAMANSAL DAĞILIŞI	86
3. BÜTÜNLEŞİK DOĞAL TEHLİKE YOĞUNLUK HARİTASI	88
4. BÜTÜNLEŞİK TEHLİKELER VE COĞRAFİK FAKTÖRLER ARASINDAKİ İLİŞKİLER.....	93
4.1. Bütünleşik Tehlike Litoloji İlişkisi.....	93
4.2. Bütünleşik Tehlike Yükselti İlişkisi	96
4.3. Bütünleşik Tehlike Eğim İlişkisi.....	98
4.4. Bütünleşik Tehlike Bakı İlişkisi	100
4.5. Bütünleşik Tehlike Sıcaklık İlişkisi	102
4.6. Bütünleşik Tehlike Yağış İlişkisi	104
4.7. Bütünleşik Tehlike Arazi Kullanımı İlişkisi	106

SONUÇ VE ÖNERİLER	108
KAYNAKÇA	113



FOTOĞRAFLAR TABLOSU

Fotoğraf 1. Nilüfer Cumhuriyet Mahallesi'nde meydana gelen sel olayının koordinat atamasında kullanılan fotoğraf (Bursada Bugün Gazetesi, 2017a).....	14
Fotoğraf 2. Gürsu İğdir Mahallesi'nde meydana gelen kaya düşmesi olayının koordinat atamasında kullanılan fotoğraf (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Afet Etüt ve Hasar Tespit Dai. Bşk. lığı Jeolojik Etüt ve İzleme Şube Müdürlüğü, 2009).....	14
Fotoğraf 3. Bursa'da Mart 1855'te yaşanan depremin fotoğrafları (Günedoğuş Haber, 2017).....	47
Fotoğraf 4. 1855 Bursa depremlerinin fotoğrafları (Bursa Sancak Gazetesi, 2019)	48
Fotoğraf 5. 1963'te İnegöl'ün Doğanyurdu Mahallesi'nde meydana gelen heyelana ait fotoğraflar (T.C. İmar ve İskan Bakanlığı Planlama ve İmar Genel Müdürlüğü Şehircilik Dairesi Başkanlığı, 1963).....	53
Fotoğraf 6. 2012'de İnegöl'ün Gülbahçe Mahallesi'nde meydana gelen heyelana ait fotoğraflar (Sondakika Gazetesi, 2012).....	54
Fotoğraf 7. 2017'de İnegöl'ün Hayriye Mahallesi'nde meydana gelen heyelana ait fotoğraf (E-İnegöl Gazetesi, 2017).....	55
Fotoğraf 8. 2015'te İnegöl'ün Konurlar ve Muratbey Mahalleleri'nde yaşanan heyelana ait fotoğraflar (Bursada Bugün Gazetesi, 2015a)	56
Fotoğraf 9. 2020'de Osmangazi'nin Doğancı Mahallesi'nde meydana gelen heyelana ait fotoğraf (Bursada Bugün Gazetesi, 2020)	57
Fotoğraf 10. ... 1962 yılında Osmangazi'nin Muradiye Mahallesi'nde gerçekleşen kaya düşmesine ait haber (Milliyet Gazetesi, 1962).....	61
Fotoğraf 11. ... A. 2012 (Bursada Bugün Gazetesi, 2012) ve B. 2016 (Bursada Bugün Gazetesi, 2016) tarihlerinde Osmangazi ilçesi Doğancı Mahallesi'nde meydana gelen kaya düşmesine ait fotoğraflar	61
Fotoğraf 12. ... A. Şubat 2015 (Bursada Bugün Gazetesi, 2015d) ve B. Haziran 2015 (Bursada Bugün Gazetesi, 2015e) tarihlerinde İnegöl'ün Mesruriye ve Bahçekaya Mahalleleri'nde meydana gelen kaya düşmelerine ait fotoğraflar	62

Fotoğraf 13. ... Haziran 2020’de Bursa’nın 18 farklı mahallesinde etkili olan sel-taşkınlara ait fotoğraflar (Hürseda Haber Gazetesi, 2020).....	66
Fotoğraf 14. ... 1968’de Bursa’nın merkez ilçelerinde yaşanan sel-taşkın haberi (Milliyet Gazetesi, 1968).....	66
Fotoğraf 15. ... Haziran 2015'te İnegöl Oylat'ta yaşanan sel-taşkın fotoğrafları (Haberler.com Gazetesi, 2015).....	67
Fotoğraf 16. ... 2015’te Mudanya ve Osmangazi’nin bazı Mahalleleri’nde yaşanan orman yangınının fotoğrafı (TRTHaber Sitesi, 2015).....	71
Fotoğraf 17. ... 2015’te Mudanya ve Osmangazi’nin bazı Mahalleleri’nde yaşanan orman yangınına başka kaynaklardan örnek fotoğraflar (Bursada Bugün Gazetesi, 2015b).....	71
Fotoğraf 18. ... 2000’de Orhaneli Nalınlar Mahallesi’nde çıkan başka bir yangına ait fotoğraf (Haberler.com Gazetesi, 2000)	72
Fotoğraf 19. ... 2000’de Kestel Gölbaşı Mevkii’nde çıkan orman yangınına ait fotoğraflar (TRTHaber Sitesi, 2000)	73
Fotoğraf 20. ... 2013’te Uludağ Milli Parkı içinde kampçıların yanlışlıkla başlattığı orman yangınına ait fotoğraflar A. (Haberler.com Gazetesi, 2013), B. (CNNTurk Gazetesi, 2013).....	74
Fotoğraf 21. ... 2018’de Uludağ’ın zirvesindeki Karagöl’e düşen çığın fotoğrafları (Bursada Bugün Gazetesi, 2018).....	79
Fotoğraf 22. ... 2014’te Uludağ’da Aras Şelalesi ve çevresindeki ormanlık alana düşen çığın fotoğrafları (Bursada Bugün Gazetesi, 2015c)	80
Fotoğraf 23. ... 2017’de Uludağ’da Bakacak altından Bursa istikametinde inişe karşılaşılan çığ kalıntılarının fotoğrafları (Bursada Bugün Gazetesi, 2017b)	81

ŞEKİLLER TABLOSU

Şekil 1.	Veri kaynaklarının yıllara göre dağılımı	11
Şekil 2.	Orhangazi Narlıca Mahallesi'ndeki heyelan olayının koordinat atamasında kullanılan kroki (T.C. Bursa Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, 2010)	12
Şekil 3.	Gemlik Ata Mahallesi'ndeki heyelan olayının koordinat atamasında kullanılan kroki (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Afet Etüt ve Hasar Tespit Dai. Bşk. Jeolojik Etüt İzleme Şube Müdürlüğü, 1986)	13
Şekil 4.	Çalışma alanının lokasyon haritası	19
Şekil 5.	Çalışma alanının ilçeleri ve kodları	20
Şekil 6.	Çalışma alanının jeoloji haritası (Konak, 2002; Türkecan & Yurtseven, 2002)	22
Şekil 7.	Çalışma alanının yükselti basamakları haritası	29
Şekil 8.	Çalışma alanının eğim haritası	30
Şekil 9.	Çalışma alanının bakı haritası	32
Şekil 10.	Çalışma alanının ortalama sıcaklık dağılım haritası (Fick & Hijmans, 2017)	34
Şekil 11.	Bursa'nın minimum, maksimum ve ortalama sıcaklıkların uzun yıllar ortalaması (1928–2020) (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2021)	35
Şekil 12.	Çalışma alanındaki ilçelerin yükselti ve ortalama sıcaklık değerleri (Climate.Data-Org, 2021)	36
Şekil 13.	Çalışma alanının ortalama yağış haritası (Fick & Hijmans, 2017)	37
Şekil 14.	A. Çalışma alanının aylara göre ortalama yağış miktarı ve yağışlı gün sayısı. B. Çalışma alanındaki ortalama yağışın mevsimlere göre dağılışı	38
Şekil 15.	Çalışma alanının hidrografi haritası	39
Şekil 16.	Çalışma alanının arazi kullanım haritası (Copernicus Europe's Eyes on Earth, 2021)	41

Şekil 17.	Çalışma alanında yapay yüzeylerin alt sınıfları.....	42
Şekil 18.	Çalışma alanında tarım arazilerinin alt sınıfları	43
Şekil 19.	Çalışma alanında incelenen doğal tehlikelerin oransal dağılımı.....	44
Şekil 20.	Çalışma alanında incelenen depremlerin A. ilçelere dağılımı, B. mahallelere dağılımı, C. en çok deprem görülen 7 ilçesi, D. en çok deprem görülen 7 mahallesi	46
Şekil 21.	Bursa'da meydana gelen depremlerin büyüklüklerine göre dağılımı.....	49
Şekil 22.	Bursa'da meydana gelen depremlerin yıllara göre dağılımı	49
Şekil 23.	Bursa'da meydana gelen depremlerin A. aylara göre dağılımı, B. mevsimlere göre dağılımı	50
Şekil 24.	Çalışma alanında incelenen heyelanların A. ilçelere dağılımı, B. mahallelere dağılımı, C. en çok heyelan görülen 7 ilçesi, D. en çok heyelan görülen 7 mahallesi	52
Şekil 25.	Gemlik'in Fevziye Mahallesi'nde meydana gelen heyelanların krokisi (Mesken Genel Müdürlüğü Araştırma Dairesi Başkanlığı, 1960)	53
Şekil 26.	Çalışma alanında heyelanların yıllara göre dağılımı	58
Şekil 27.	Çalışma alanında meydana gelen heyelanların A. aylara göre dağılımı, B. mevsimlere göre dağılımı	59
Şekil 28.	Çalışma alanında incelenen kaya düşmelerinin A. ilçelere dağılımı, B. mahallelere dağılımı, C. en çok kaya düşmesi görülen 7 ilçesi, D. en çok kaya düşmesi görülen 7 mahallesi.....	60
Şekil 29.	Çalışma alanındaki kaya düşmelerinin yıllara göre dağılımı	63
Şekil 30.	Çalışma alanında meydana gelen kaya düşmelerinin A. aylara göre dağılımı, B. mevsimlere göre dağılımı	63
Şekil 31.	Çalışma alanında incelenen sel-taşkınların A. ilçelere dağılımı, B. mahallelere dağılımı, C. en çok sel-taşkın görülen 7 ilçesi, D. en çok sel-taşkın görülen 7 mahallesi	65
Şekil 32.	Çalışma alanındaki sel-taşkınların yıllara göre dağılımı	68

Şekil 33.	Çalışma alanına meydana gelen sel-taşkınların A. aylara göre dağılımı, B. mevsimlere göre dağılımı	69
Şekil 34.	Çalışma alanında incelenen orman yangınlarının A. ilçelere dağılımı, B. mahallelere dağılımı, C. en çok orman yangını görülen 7 ilçesi, D. en çok orman yangını görülen 7 mahallesi	70
Şekil 35.	Çalışma alanında meydana gelen orman yangınlarının yıllara göre dağılımı.....	75
Şekil 36.	Çalışma alanında meydana gelen orman yangınlarının aylara göre dağılımı.....	76
Şekil 37.	Çalışma alanında meydana gelen orman yangınlarının mevsimlere göre dağılımı	76
Şekil 38.	Çalışma alanında incelenen çığların A. ilçelere dağılımı, B. mahallelere dağılımı, C. en çok çığ görülen 7 ilçesi, D. en çok çığ görülen 7 mahallesi	78
Şekil 39.	Çalışma alanında meydana gelen A. depremlerin, B. kütle hareketlerinin, C. sel-taşkınların, D. orman yangınlarının, E. çığların, F. bütünleşik tehlikelerin noktasal dağılış haritası.....	83
Şekil 40.	Çalışma alanında A. Bütünleşik tehlikelerin ilçelere göre dağılımı, B. tehlike çeşitliliğinin ilçelere göre dağılımı, C. Bütünleşik tehlikelerin en çok görüldüğü 7 ilçe, D. tehlike çeşitliliği en çok olan 7 ilçe	84
Şekil 41.	Çalışma alanında A. bütünleşik tehlikelerin mahallelere göre dağılımı, B. tehlike çeşitliliğinin mahallelere göre dağılımı, C. Bütünleşik tehlikelerin en çok görüldüğü 7 mahalle, D. tehlike çeşitliliği en çok olan 7 mahalle	86
Şekil 42.	Bütünleşik tehlikelerin A. yıllara göre dağılımı, B. 10 yıllık periyotlar halinde dağılımı.....	87
Şekil 43.	Bütünleşik tehlikelerin A. aylara göre, B. mevsimlere göre dağılımı.....	88
Şekil 44.	Çalışma alanının A. deprem, B. kütle hareketleri, C. sel-taşkınlar, D. orman yangınları, E. çığ, F. bütünleşik tehlike yoğunluk değerleri haritası	89
Şekil 45.	Çalışma alanının A. deprem, B. kütle hareketleri, C. sel-taşkınlar, D. orman yangınları, E. çığ, F. bütünleşik tehlikeler yoğunluk haritası	90

Şekil 46.	Bütünleşik tehlikelerin jeolojik ve litolojik faktörlere göre dağılım haritası	94
Şekil 47.	Çalışma alanında meydana gelen bütünleşik tehlikelerin yükselti basamaklarına göre A. dağılım haritası B. dağılış grafiği.....	97
Şekil 48.	Bütünleşik tehlikelerin eğim faktörüne göre A. dağılış haritası, B. dağılış grafiği	99
Şekil 49.	Bütünleşik tehlikelerin bakı faktörüne göre A. dağılış haritası B. dağılış grafiği	101
Şekil 50.	Bütünleşik tehlikelerin sıcaklık faktörüne göre A. dağılış haritası B. dağılış grafiği	103
Şekil 51.	Bütünleşik tehlikelerin yağış faktörüne göre A. dağılış haritası B. dağılış grafiği	105
Şekil 52.	Bütünleşik tehlikelerin arazi kullanım özelliklerine göre A. dağılış haritası B. dağılış grafiği.....	107

TABLOLAR TABLOSU

Tablo 1.	Tehlike sayıları, ArcGIS yardımıyla üretilen standart uzaklık değerleri ve hesaplanan radius değerleri.....	17
Tablo 2.	Çalışma alanında meydana gelen tehlikelerin ilçelere göre tek tek ve bütünleşik olarak dağılımı.....	85
Tablo 3.	Çalışma alanında meydana gelen tehlikelerin tek tek ve bütünleşik olarak jeolojik ve litolojik faktörlere göre dağılımı.....	95
Tablo 4.	Çalışma alanında meydana gelen doğal tehlikelerin tek tek ve bütünleşik olarak yükselti faktörüne göre dağılışı.....	98
Tablo 5.	Çalışma alanında meydana gelen tehlikelerin tek tek ve bütünleşik olarak eğim faktörüne göre dağılışı	100
Tablo 6.	Çalışma alanında meydana gelen tehlikelerin tek tek ve bütünleşik olarak bakı faktörüne göre dağılışı	102
Tablo 7.	Çalışma alanında meydana gelen tehlikelerin tek tek ve bütünleşik olarak sıcaklık faktörüne göre dağılışı.....	104
Tablo 8.	Çalışma alanında meydana gelen tehlikelerin tek tek ve bütünleşik olarak yağış faktörüne göre dağılışı.....	106
Tablo 9.	Çalışma alanında meydana gelen tehlikelerin tek tek ve bütünleşik olarak arazi kullanım özelliklerine göre dağılışı.....	108

GİRİŞ

Doğal afetlerin sayısı ve verdikleri zararlar artan nüfusa, şehirleşmeye, sanayileşmeye ve doğal kaynakların yanlış kullanımına bağlı olarak her geçen gün artış göstermektedir. Bu zararları azaltmak için afet yönetim planlamaları yapılmaktadır. Afet yönetimi genel olarak afet öncesinde, afet sırasında ve afet sonrasında yapılacaktır şeklinde üç aşamadan oluşmaktadır. Afet öncesinde risk azaltma planlamasının ilk ve en önemli basamağı tehlike haritalarının oluşturulmasıdır (Nugraha, Awaluddin, & Sasmito, 2018: 1). Bu haritalar sonraki aşamalar için alt başlık oluşturması açısından önemlidir. Etkili bir risk azaltma, bütün tehlikeler birlikte ele alınıp analiz edildiğinde mümkün olabilir (Kappes, Keiler, von Elverfeldt, & Glade, 2012: 1925). Nitekim bir tehlikeden kaynaklanan risklerin azaltılması, başka tehlikelerden kaynaklanan riskleri arttırabilir ve bu nedenle genel olarak faydalı olmayabilir (Finlay & Fell, 1997: 169).

Gondo'da (İsviçre) yaşananlar bunu çok iyi göstermektedir. Bölgede kaya düşmelerini engellemek için yapılan istinat duvarı, 14 Ekim 2000 tarihindeki aşırı yağışın tetiklediği çamur akıntısının basıncına dayanamayarak yıkılmış. Çamur akıntısı ve yıkılan istinat duvarının malzemeleri köyde birkaç evin yıkılmasına ve 13 kişinin ölümüne sebep olmuştur. İstinat duvarı olmasaydı bu olay daha az zararla azaltılabilirdi (Bell & Glade, 2004: 198).

Layou Vadisi'nde (Dominik) 1987-1997 yılları arasında meydana gelen fırtınalar küçük heyelanları tetiklemiştir. 1997'de meydana gelen başka bir heyelan vadide doğal bir baraj oluşturmuş, daha sonra çamur akıntıları bu barajda çatlaklar meydana gelmesine neden olmuştur. 2011 yılında meydana gelen aşırı yağış sonucu bu baraj yıkılmış ve meydana gelen sel ve heyelanlar nehir üzerindeki köprü ve yolların kullanılamaz hale gelmesine sebep olmuştur (Van Westen & Greivin, 2017: 42-43).

Bu örneklerde de görüldüğü gibi doğal afetler birbirlerinden bağımsız değildirler. Bir doğal afet başka bir doğal afetin oluşmasını tetikleyebilir veya aynı tetikleyici faktör birden fazla doğal afetin meydana gelmesine sebep olabilir. Meydana gelen bir doğal afet başka bir afetin sonuçlarını da etkileyebilir. Bazı doğal afetlerin ortak özelliklere sahip olması doğal afetlerin birlikte değerlendirilmesinin başka bir sebebidir (Kappes vd., 2012: 1920).

Bununla birlikte bütünlük tehlike analizinin yapılmasında birçok güçlüklerle karşılaşmaktadır. Doğal afetlerin süreçlerinin çok farklı olması, her bir doğal afet için kullanılan modellerin farklı olması, kullanılan verilerin farklı olması ve çok büyük miktarda veriye ihtiyaç duyulması karşılaşılan güçlüklerden bazılarıdır. Ayrıca afetlerin bağımsız olarak mı gerçekleştiğinin, aynı tetikleyici faktör sonucunda mı oluştuğunun ya da zincirleme olarak mı meydana geldiklerinin belirlenmesi de zordur (Van Westen & Greivin, 2017: 39).

Bu çalışma bir envanter çalışmasıdır ve geçmişte meydana gelen doğal afetlerden yola çıkarak oluşturulan dağılım haritaları doğrultusunda Bursa ili için bütünlük doğal tehlike analizi gerçekleştirilmiştir. Nitekim afetlerle mücadele, geçmiş afetler sonucunda elde edilen deneyimler ve çıkarılan dersler doğrultusunda gelişme gösterir (Özmen & Özden, 2013: 5). Elde edilen afet envanteri kullanılarak bütünlük doğal tehlike analizi yapılmıştır. Bu doğrultuda ilk olarak çalışmanın amacı ve kapsamı, literatür taraması veri ve yöntem ile sınırlılıklar ve karşılaşılan güçlükler ele alınmıştır. Çalışmanın birinci bölümünde çalışma alanının genel fiziki özellikleri hakkında bilgi verilmiştir. İkinci bölümde ele alınan doğal tehlikelerin tek tek mekânsal ve zamansal dağılımı değerlendirilmiş ve yaşanan tehlikelere örnekler verilmiştir. Üçüncü bölümde ise bütünlük tehlikelerin mekânsal ve zamansal dağılımı ele alındıktan sonra bütünlük tehlike yoğunluk haritası oluşturulmuş ve analiz edilmiştir. Üçüncü bölümün sonunda bütünlük tehlikeler ile coğrafik faktörler arasındaki ilişkiler ele alınmıştır.

AMAÇ VE KAPSAM

Bu çalışmanın amacı Bursa ilinde meydana gelen doğal tehlikeleri CBS ortamına aktararak Bursa için bütünlük doğal tehlike analizini gerçekleştirmektir. Bu amaç doğrultusunda Bursa’da 1855-2020 tarihleri arasında meydana gelen, 687 deprem, 349 kütle hareketi, 467 sel-taşkın, 187 orman yangını ve 5 çığ afeti olmak üzere toplamda 1.695 doğal tehlike tespit edilmiştir. Bu tehlikelerin her biri için ilçe ve mahalle ölçeğinde dağılım haritaları ile yıl, mevsim ve ay ölçeğinde zamansal dağılım grafikleri oluşturulmuş ve yorumlanmıştır. Elde edilen veriler birleştirilerek bütünlük tehlike analizi mekânsal ve zamansal dağılım ölçeğinde değerlendirilmiştir. Her bir tehlike için yoğunluk haritası oluşturularak çakıştırılmak suretiyle, çalışma alanı için bütünlük doğal tehlike yoğunluk haritası oluşturulmuştur. Son olarak bütünlük tehlikeler ile jeolojik, jeomorfometrik

(eğim, bakı, yükselti), klimatolojik (sıcaklık, yağış), ve arazi kullanım özellikleri faktörleri arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. Elde edilen bütünsel tehlike yoğunluk haritaları ile Bursa'nın doğal tehlikeler bakımından en tehlikeli olan alanları belirlenmiştir. Bu haritalar, afet yönetiminin diğer aşamaları için bir alt başlık oluşturması açısından büyük öneme sahiptir. Oluşturulan bu haritalar aynı zamanda şehir planlamasında ve belediye hizmetlerinde de kullanılarak doğal afetler sonucunda oluşabilecek ekonomik, sosyal, çevresel ve toplumsal kayıpların azaltılmasında etkili olacaktır.

LİTERATÜR TARAMASI

Türkiye'de doğal afetler ile ilgili çalışmalar özellikle 1999 Marmara depremlerinden sonra farklı disiplinler tarafından çok yönlü olarak ve farklı bir boyut kazanarak artmıştır (Tercan, 2018: 102). Başta yer bilimleri olmak üzere, iktisadi ve idari bilimler, mühendislikler, tarih, şehircilik ve bölge planlama, sosyoloji, hukuk, coğrafya... gibi birçok alanda doğal afetler ile ilgili çalışmalar yayınlanmıştır. Bu çalışmada Bursa için bütünsel doğal tehlike analizi gerçekleştirilerek coğrafi faktörler ile doğal tehlikelerin dağılışı arasındaki ilişkiler coğrafya bilimi açısından analiz edilmiştir. Literatür taraması yapılırken bütünsel doğal tehlike analizi konusunda yapılan çalışmalar ile Bursa'da yaşanan doğal afetler hakkında yapılan çalışmalar ve Bursa'nın fiziki özelliklerini konu alan çalışmalar incelenmiştir. Bu sebeple bu bölümü konu ve çalışma alanı hakkındaki literatür taraması şeklinde iki başlık altında ele almak daha doğru olacaktır.

KONU İLE İLGİLİ LİTERATÜR TARAMASI

Bütünsel doğal tehlike analizi (Multi-Natural Hazard Assessment) bir bölgede etkili olan birden fazla doğal afetin birlikte ele alınması ve değerlendirilmesini ifade eder. 1990'lı yıllara kadar her bir doğal afet ayrı ayrı değerlendirilmiş ve haritalanmıştır. 1990 yılında Doğal Afetlerin Azaltılması için Uluslararası On Yıl (International Decade for Natural Disaster Reduction -IDNDR) (Ingleton, 1999: 320) programına katkı için Pasifik Çemberi Konseyi (Circum-Pasific Council) Pasifik Okyanusu çevresinde meydana gelen doğal afetlerin tümünü içeren bir harita oluşturdu. Bu harita birçok doğal afetin tek bir haritada gösterildiği ilk harita olmuştur (Leahy, 2017: 2). Bütünsel tehlike değerlendirmesine duyulan ihtiyaç, 1992 yılında Rio de Janeiro'daki Birleşmiş Milletler

(BM) zirvesinde formüle edilen ve afete meyilli alanlarda, afette insan yerleşim planlamasının ve yönetiminin temel unsuru olarak “tam bütünleşik tehlike araştırması” talep eden sürdürülebilir kalkınma için Gündem 21’in bir parçasıdır (United Nations Environment Programme, 1992: 58). Bu daha sonra 2002 yılındaki Johannesburg Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Bildirgesi’nde yeniden teyit edilmiştir (United Nation, 2002: 20). Bu yıllarda bütünleşik tehlike riski yaklaşımı sürdürülebilir kalkınmayı hedefleyen stratejilerin geliştirilmesi için bir gereklilik olarak önerilmiştir (Depietri, Dahal, & McPhearson, 2018: 3365).

Bütünleşik doğal tehlike ile ilgili literatür incelendiğinde Van Westen, Montoya, Boerboom ve Badilla Coto (2002), Bell ve Glade (2004), Özdemir (2007), Wipulanusat, Nakrod ve Prabnarong (2009), Demirkese (2012), Değerliyurt (2013), Johnson, Depietri ve Breil (2016) ve Depietri vd. (2018) gibi araştırmacılar ele aldıkları bölgelerdeki belirli doğal afetler için duyarlılık haritalarını oluşturduktan sonra bunları karşılaştırmak suretiyle bütünleşik tehlike haritalarını oluşturmuşlar ve bu bölgelerdeki olası bir afet durumunda zarar görebilecek olan insan, ekonomik unsurlar, binalar ve altyapı gibi faktörlerle birlikte değerlendirerek ele aldıkları bölgelerin bütünleşik tehlike risk haritalarını ortaya koymuşlar ve değerlendirmişlerdir. Van Westen vd. (2002), Turrialba (Costa Rica) için geçmişte yaşanan deprem, heyelan ve sel-taşkınların tekrarlanma sürelerini dikkate alarak çeşitli senaryolara göre risk değerlendirmeleri yapmıştır. Risk altındaki unsurlar olarak şehirdeki binaları ve alt yapıyı, olası tehlikelerden sonra oluşabilecek mali kayıpları belirlemede de bu binaları ve binalar içindeki unsurları ele almıştır. Bell ve Glade (2004) İzlanda’nın kuzeybatısındaki Bildudalar köyü için çığ, çamur akıntıları ve kaya düşmelerini birlikte ele alarak köyün sosyoekonomik ve demografik değerlerinin hassasiyetini değerlendirerek bütünleşik tehlike risk haritası oluşturmuş ve analizini yapmıştır. Özdemir (2007), Havran Çayı Havzası’nda geçmişte meydana gelen taşkınlar ile heyelanları temel alarak gelecekte yaşanabilecek taşkın ve heyelanlar için senaryolar oluşturmuş ve bunların beşerî unsurlar üzerindeki etkilerini ortaya koymuştur. Çalışmanın sonunda her bir afet için oluşturduğu risk haritalarını karşılaştırmak suretiyle havzanın bütünleşik tehlike risk haritasını oluşturmuş ve değerlendirmiştir. Wipulanusat vd. (2009), Pak Phanang Havzası’nda (Tayland) meydana gelen kuraklık ve sel-taşkın afetlerini incelemiştir. Analitik hiyerarşi yöntemini kullanarak oluşturduğu afet duyarlılık haritalarını nüfus ve arazi kullanım özellikleri haritaları ile karşılaştırarak risk haritalarını

oluşturmuştur. Her bir doğal afet için elde ettiği risk haritalarını birleştirerek havzanın bütünleşik tehlike haritasını elde etmiş ve yorumlamıştır. Demirkese (2012), Hatay ili için dijital arazi analizi yaparak kıyı selleri, nehir taşkınları ve depremler açısından en tehlikeli alanları belirlenmiş ve değerlendirmiştir. Değerliyurt (2013), Hatay ili merkez ilçesi Antakya için kütle hareketleri, erozyon, deprem ve su taşkınları afetlerini ele almıştır. Her bir doğal afet için oluşturulan risk haritalarında en tehlikeli alanlar birleştirilerek çalışma alanına ait bütünleşik tehlike haritası elde edilmiş ve yorumlanmıştır. Johnson vd. (2016), Hong Kong'un Central ve Western ve Kwun Tong semtleri için sel-taşkınlar ile fırtınalara sebep olan tayfunlar, heyelanlar ve aşırı sıcakları ele alınmış ve inceleme alanı için tehlike yoğunluk, duyarlılık, hassasiyet ve risk haritaları oluşturularak değerlendirilmiş ve son olarak bu haritalar birleştirilmek suretiyle bütünleşik doğal tehlike risk haritası oluşturularak analiz edilmiştir. Depietri vd. (2018) ise New York'ta meydana gelen sıcak hava dalgaları, kıyı selleri ve kara sellerini incelemiştir. Araştırmada her bir doğal afet için yoğunluk haritası oluşturulduktan sonra bütünleşik tehlike haritası oluşturulmuştur. Daha sonra sosyoekonomik ve demografik değişkenlerdeki güvelik açığı haritaları oluşturulmuştur. Oluşturulan bu harita doğal afet haritaları ile birlikte değerlendirilerek bütünleşik doğal tehlike risk haritaları oluşturulmuş ve yorumlanmıştır.

Erdem (2013), Barua, Akhter ve Ansary (2016) ve Islam, Islam, Li ve Rahman (2017) gibi bazı araştırmacılar ise ele aldıkları doğal afetlerin etkili olduğu bölgeleri ilçeler bazında değerlendirmişlerdir. Erdem (2013), Balıkesir ilçelerinin deprem, deniz taşkını ve sel afetleri bakımından tehlike derecelerini belirlemiş ve tablo haline getirmiştir. Bu tabloda ilçelerin nüfus miktarlarını da belirterek olası tehlikede etkilenebilecek kişi sayısını ortaya koymuştur. Barua vd. (2016) ve Islam vd. (2017) ise Bangladeş'in ilçeler bazında bütünleşik tehlike risk haritalarını oluşturmuşlardır. Barua vd. (2016) Bangladeş'te geçmişte meydana gelen tornadolar, fırtınalar, seller ve depremleri ele almış ve geçmişte yaşanan afetler doğrultusunda her bir ilçe için afetlerin tehlike puanlarını belirlemiştir. Tehlike puanları belirlenirken afetlerin tekrarlanma sıklığına göre elde edilen ağırlıklandırma faktörü ile tehlike faktörü değerleri kullanılmıştır. Elde edilen puanlar toplanmak suretiyle ilçelerin bütünleşik tehlike puanları belirlenmiş ve tehlikenin yüksek, orta ve düşük olduğu ilçeler haritalanarak bütünleşik tehlike haritası elde edilmiştir. Islam vd. (2017) de Bangladeş'te deprem, alçak

basınç, tornado, kuraklık, seller ve arsenik afetlerini Barua vd. (2016) tarafından kullanılan yöntem doğrultusunda değerlendirerek ilçeler bazında tehlike haritasını ortaya koymuşlardır.

Dragičević, Milevski, Blinkov, Novković ve Luković (2010) ve Tošić, Dragičević, Lovrić ve Milevski (2013) ise ele aldıkları bölgelerde inceledikleri doğal afetlerin her biri için tehlikenin düşük, orta ve yüksek olduğu alanları belirledikten sonra bu haritaları birleştirmek suretiyle bütünleşik tehlike haritalarını ortaya koymuşlardır. Dragičević vd. (2010), Pčinja Havzası'nda etkili olan deprem, heyelan, erozyon, sel-taşkın ve kuraklık afetlerini ele almıştır. Çalışmada bütün bu afetler için tehlike haritaları oluşturulduktan sonra her bir afet için en tehlikeli alanlar birleştirilmek suretiyle havzanın bütünleşik tehlike haritası elde edilmiş ve yorumlanmıştır. Tošić vd. (2013) Bosna Hersek'te etkili olan sağanak yağış, erozyon, heyelan, kaya düşmeleri sel-taşkınlar ile deprem afetlerini ele almıştır. Bütün bu afetler geçmişte yaşanan afetler dikkate alınarak en tehlikeli alanlar belirlendikten sonra tekrar sınıflandırılmış ve birleştirilerek bütünleşik tehlike haritası elde edilmiş ve inceleme alanı çok tehlikeli, tehlikeli, orta tehlikeli ve düşük tehlikeli alanlar olmak üzere dört sınıfa ayrılarak yorumlanmıştır.

Bütün bu çalışmalarda belli bir bölgede meydana gelen birden fazla doğal afetin birlikte değerlendirildiği görülmektedir. Bütün çalışmalar 2000'li yıllardan sonra gerçekleştirilmiş olması bu konunun yeni bir konu olmasından kaynaklanmaktadır. Takip edilen tek bir yöntemin olmaması da bu konuya farklı yaklaşımların çeşitliliğini ortaya koymaktadır. Bütün çalışmalarda Coğrafya Bilgi Sistemleri'nin (CBS) kullanılması ortak özellik olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunda şüphesiz ki CBS'nin gerek beşerî gerekse fiziki coğrafya konularında hedeflenen çalışmaların kolay bir şekilde yapılmasında birçok imkânı birlikte sunması etkili olmuştur (Özdemir, 2019: 214). Çalışmalarda afetlerin tekrarlanma periyotları dikkate alınarak, analitik hiyerarşi yöntemi veya farklı sınıflandırma yöntemleri kullanılarak duyarlılık ve risk haritaları oluşturulmuş ve yorumlanmıştır. Bu çalışmada bütünleşik tehlike haritasını oluşturmak ve coğrafik faktörler ile doğal tehlikeler arasındaki ilişkileri ortaya koymak için bütün bu çalışmalardan farklı bir yöntem kullanılmıştır. Çalışmada elde edilen envanter verileri noktasal olarak değerlendirilmiştir. Her bir noktanın jeolojik birim, yükselti, eğim, bakı, sıcaklık, yağış ve arazi kullanım durumuna göre özellikleri belirlenmiş ve bu doğrultuda

analizler yapılmıştır. Noktasal verilerden oluşturulan yoğunluk haritaları karşılaştırılmak suretiyle bütünleşik doğal tehlike yoğunluk haritası oluşturulmuş ve yorumlanmıştır. Çalışmada beşerî ve ekonomik unsurlar dikkate alınarak risk faktörü değerlendirilmemiştir.

ÇALIŞMA ALANI İLE İLGİLİ LİTERATÜR TARAMASI

Çalışma alanının fiziki coğrafya özellikleri ile ilgili yapılan çalışmalar daha çok iklim, jeolojik ve jeomorfolojik özellikleri hakkındadır. Ayrıca yapılan çalışmaların büyük çoğunluğu ildeki belli bir ilçe, mahalle veya havzalar ile sınırlıdır. Çalışma alanında afet çeşitliliği çok fazla olmasına rağmen bugüne kadar doğal afetler hakkında çok fazla çalışma yapılmamıştır. Bu konuda yapılan çalışmalar da sadece tek bir doğal afeti sınırlı bir alan içinde ele almıştır. Çalışma alanında doğal afet konusunu ele alan çalışmalarda daha çok deprem konusu üzerinde durulmuştur.

Hoşgören (1975), Kantürer (1987), Özcan (1999), Taş (2003), Akan ve Özen (2007), Öztepe (2009), Akkaya, Arısoy ve Dikmen (2011), Utkucu, Budakoğlu ve Durmuş (2011), Bacanlı ve Kargı (2019), Coruk ve Kavak (2020) ve Tün, Mutlu ve Pekkan (2020) yaptıkları çalışmalarda çalışma alanında belirli bölgelerdeki, doğal afetleri ele almışlardır. Hoşgören (1975), İnegöl Havzası'nın jeomorfolojik yapısını ele aldığı tez çalışmasının sonunda havzada meydana gelen arazi kaymaları, taşkın ve çekikler ile depremleri arazideki ana problemler olarak ele almıştır. Çalışmada heyelanlar için en tehlikeli alanların havzanın batı, güneybatı ve güneyinde yer alan alanlar olduğu belirtilmiş ve heyelanların havzanın en önemli problemi olduğu belirtilerek, havzada gözlemlenen heyelanlı bölgelerin haritası oluşturulmuştur. Havza tabanına çevredeki yüksek bölgelerden gelen akarsuların oluşturduğu taşkınlar ikinci büyük tehlike olarak belirtilmiştir. Yaşanan sel-taşkınlar için akarsuların ovaya açılmadan önceki yatakları üzerine barajlar yapılması, dere yataklarının ıslahı, sulama kanallarının düzenlenmesi, dere yataklarında meydana gelen heyelanların önlenmesi gerektiği gibi tavsiyelerde bulunulmuştur. Aynı zamanda bu akarsuların yağışların azaldığı dönemde sularının azalmasından kaynaklanan çekikler sebebiyle havzada zaman zaman su temini problemi yaşandığından bahsetmiştir. Son olarak da havzada yaşanan depremleri ele almıştır. Kantürer (1987) ve Coruk ve Kavak (2020) heyelanlar hakkında çalışma yapmışlardır. Kantürer (1987), Gemlik-Bursa karayolunda meydana gelen heyelanları gözlemleyerek

belirlemiş ve aynı zamanda bunların oluşumunda rol oynayan faktörleri ortaya koymuştur. Coruk ve Kavak (2020) ise Yıldırım ilçesi Mollaaarp sahasında meydana gelen heyelan olayının oluşum nedenlerini araştırmış ve iyileştirme veya kontrol çalışmaları üzerinde durmuştur. Bacanlı ve Kargı (2019), Bursa ilinde uzun süre yağış verileri bulunan Bursa, İznik, Keles, Mustafakemalpaşa ve Uludağ istasyonlarından alınan 1969-2015 dönemi verileri incelemiş ve il için kuraklık konusunu ele almıştır. İlin kuraklığa meyilli olduğu ve buna karşı alınabilecek önlemlerin neler olduğu üzerinde durmuştur.

Çalışma alanında doğal afetler ile ilgili yapılan diğer çalışmalar deprem konusu hakkındadır. Özcan (1999), Bursa'da 1855 yılında meydana gelen iki yıkıcı depremin tarihi yapılara verdiği zararı ve bunların tamiratlarının nasıl planlandığı, gerçekleştirildiği ve yapılan yardımları tarihi resmi kayıtlardaki bilgiler doğrultusunda açıklamıştır. Taş (2003) Dünya'da ve Türkiye'de afet zararlarının azaltılması için uygulanan yöntemleri incelemiştir. Bunların sonuçlarına göre deprem zararlarını azaltma ve önleme, deprem anında ve sonrasında yapılacakların belirleneceği bir sistem geliştirmiş ve Bursa ilinde bu sistemin uygulanabilmesi için bir yöntem önermiştir. Akan ve Özen (2007), Bursa Yeşil Türbe'yi tarihi eserlerin depreme karşı mukavemetinin belirlenmesi amacıyla incelemiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda türbenin mukavemetini arttırmak için çeşitli öneriler ortaya koymuşlardır. Öztepe (2009), Bursa-İnegöl-Bozüyük karayolunda Mayıs 2006 tarihinde meydana gelen heyelanın jeoteknik değerlendirilmesini yaparak en uygun iyileştirme tekniğini ortaya koymuştur. Akkaya vd. (2011), AFAD tarafından Yenişehir için yapılan 127 noktadaki mikrotremor ve düşey elektrik özdirenç ölçümlerini analiz ederek Yenişehir'in deprem açısından tehlikeli alanlarını ortaya koymuşlardır. Utkucu vd. (2011), çalışma alanında da içinde bulunduğu Marmara Bölgesi'nin depremselliği, depremsellik parametreleri ve deprem tehlikesini araştırmışlardır. Geçmişte meydana gelen depremlerden yola çıkarak depremlerin tekrarlanma aralıkları doğrultusunda bölgenin deprem tehlikesini analiz etmişlerdir. Tün vd. (2020), Bursa ve Eskişehir illerinde 2005-2014 tarihleri arasında 26 istasyondan oluşan kuvvetli/zayıf-hareket sismik görüntüleme ağından elde edilen sonuçları ortaya koymuşlardır. Bu ağ özellikle deprem tehlikelerinin belirlenmesinde önemlidir. Alınan sonuçlar, yapılan analizler sonunda bu sahada meydana gelen depremlerin çoğu düşük büyüklük değerleri göstermiştir ve sahada meydana gelebilecek güçlü bir deprem sonrasında doğru merkez

üssü yerleri oluşturmak ve hasar tahmin haritaları üretmek için sahada ek istasyonlar kurulması planlanmıştır.

Köpük (2003), Ertürk (2010), Bantchina, Mucan ve Gündoğdu (2017), Çolak (2019) ve Aydın Demir (2020) çalışma alanının fiziki özellikleri üzerine yapılan çalışmalardan bazılarıdır. Köpük (2003), Bursa Ovası'nın jeomorfolojik yapısını ele almıştır. Ertürk (2010) ise Bursa'nın jeotermal sularını incelediği çalışmasında bu suların daha çok sağlık turizminde kullanılmaya elverişli olduğunu ortaya koymuştur. Bunun yanında seracılık, merkezi ısıtma ve düşük sıcaklıklardaki balıkçılık faaliyetleri için de kullanılabileceğini belirtmiştir. Bantchina vd. (2017) 1995 yılında Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından yapılan Bursa ili arazi varlığı ve arazinin tarımsal kullanıma uygunluğu haritasını ArcGIS yazılımı kullanılarak sayısallaştırmış ve değerlendirmişlerdir. Çolak (2019), Bursa'nın Osmangazi İlçesi'nin iklim özelliklerini ele almıştır. İklim özelliklerinin doğal çevre ve beşerî faaliyetler üzerindeki etkilerini istatistiki veriler, tablolar ve grafiklerle ortaya koymuştur. Aydın Demir (2020) ise Bursa ve Yenışehir istasyonlarından aldığı uzun yıllık iklim verilerini incelemiş ve Bursa'daki iklim değişikliğini ortaya koymuştur.

Bu çalışma Bursa ilinde meydana gelen deprem, kütle hareketleri, sel-taşkınlar, orman yangınları ve çığ doğal tehlikelerini il sınırı ölçeğinde tek tek ele alması ve daha sonra bütünleşik olarak değerlendirmesi açısından bütün bu çalışmalardan ayrılmaktadır. Bütünleşik tehlike analizi konusunda Bursa için yapılan ilk çalışma özelliğini göstermektedir.

VERİ VE YÖNTEM

Bütünleşik doğal tehlike analizi çalışmalarında çok farklı yöntemler kullanılmıştır. Bu çalışmada doğal tehlikelerin dağılışı noktasal olarak ele alınmış ve analizler de bu doğrultuda gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya başlarken öncelikle verilerin toplanması, düzenlenmesi ve bunların koordinat ataması gerçekleştirilerek noktasal dağılışı haritaları elde edilmiştir. Daha sonraki aşamada çalışma alanına ait lokasyon, ilçe, mahalle haritaları ile afetleri hazırlayıcı unsurlar olan jeoloji, yükselti, eğim, bakı, sıcaklık, yağış ve arazi kullanım haritaları oluşturulmuştur. Son aşama olarak da veriler ile haritalar arasındaki ilişkiler ortaya konmuştur. Diğer bir ifadeyle çalışmaya konu olan

doğal afetler ile çalışma alanının coğrafik özellikleri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda yoğunluk haritaları oluşturulmuş ve yorumlanmıştır. Dolayısıyla bu bölüm üç alt başlıkta ele alınmıştır.

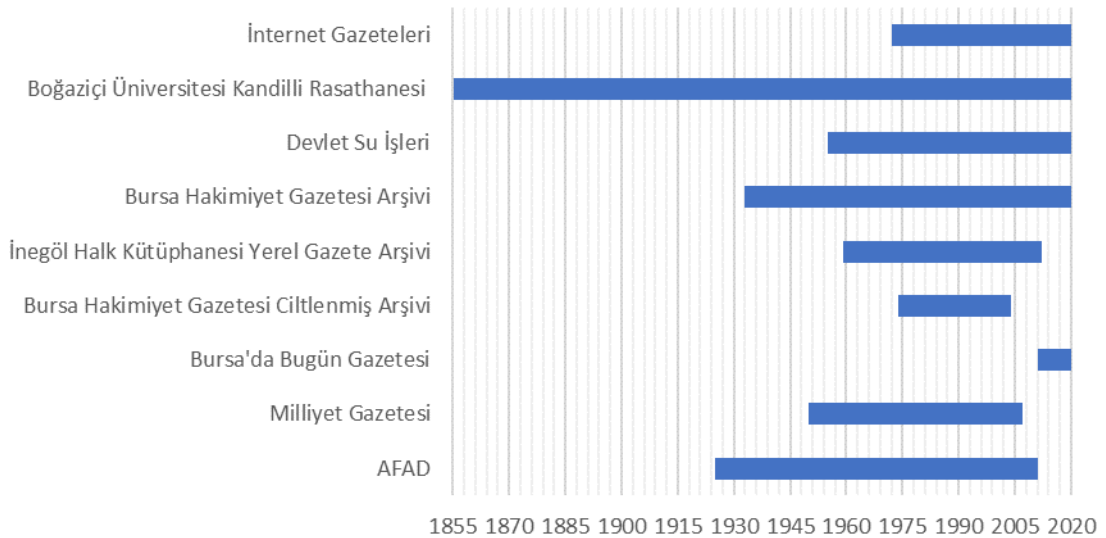
VERİLERİN TOPLANMASI

Afet envanter çalışmalarında bir doğal afetin afet olarak kabul edilebilmesi için insan ve ekonomik kayıplara ait veriler dikkate alınmaktadır. Emergency Events Database (EM-DAT) ve DESINVENTER verileri uluslararası çalışmalarda en çok kullanılan veri tabanlarıdır. Bunlardan EM-DAT veri tabanında bir olayın afet olarak yer alabilmesi için; en az 10 kişinin ölümüne sebep olması, en az 100 kişiyi etkilemesi, bölgede acil durum ilan edilmesi veya uluslararası yardım talebinde bulunulması kriterlerinden en az birini taşıması gerekmektedir (EM-DAT, 2021). DesInventar veri tabanı ise lokal, bölgesel ve ulusal düzeyde afetlerin boyutlarını ortaya koymak amacıyla geliştirilmiştir ve büyük afetlerin yanında orta ve küçük ölçekteki afetleri de içermektedir (DesInventar, 2021). Bu çalışmada afet bilgi envanteri oluşturulurken afetin verdiği zarara (hasarlı konut sayısı, ölü sayısı, ekonomik kayıp...) veya afetin büyüklüğüne bakılmaksızın elde edilen bütün veriler dikkate alınmıştır. Nitekim bir bölgede afetin meydana gelmesi insanları etkilesin veya etkilemesin bu bölgede afet yaşanabileceğinin göstergesidir. Bu çalışmanın amacı da çalışma alanında afetler açısından en tehlikeli bölgeleri ortaya koymaktır.

Çalışmada deprem, kütle hareketleri (heyelan, kaya düşmeleri), sel-taşkınlar, orman yangınları ve çığ olmak üzere beş farklı afet türü incelenmiştir. Bu doğrultuda ilk olarak çalışmada ele alınacak doğal afet verileri toplamış ve Excel programı kullanılarak düzenlenmiştir. Excel programında afetin meydana geldiği ilçe, mahalle/köy, varsa adres, afetin tarihi, varsa hasarlı konut sayısı, ölü sayısı, orman yangınları için ne kadar alanın zarar gördüğü gibi bilgiler düzenlenmiştir. Afet verileri toplanırken afet raporları, gazete arşivleri, yerel gazeteler, internet haberciliği, yerel halkla mülakat ve akademik çalışmalardan elde edilen bilgiler kullanılmıştır.

Bunun için ilk olarak 1950-2011 yılları arasında AFAD tarafından hazırlanan raporlar incelenmiştir (Şekil 1). Bu raporlardan 1925-2011 yılları arasında meydana gelen 265 adet afet olayı bilgisine ulaşılmıştır. Daha sonra elektronik ortamdaki 3 Mayıs 1950

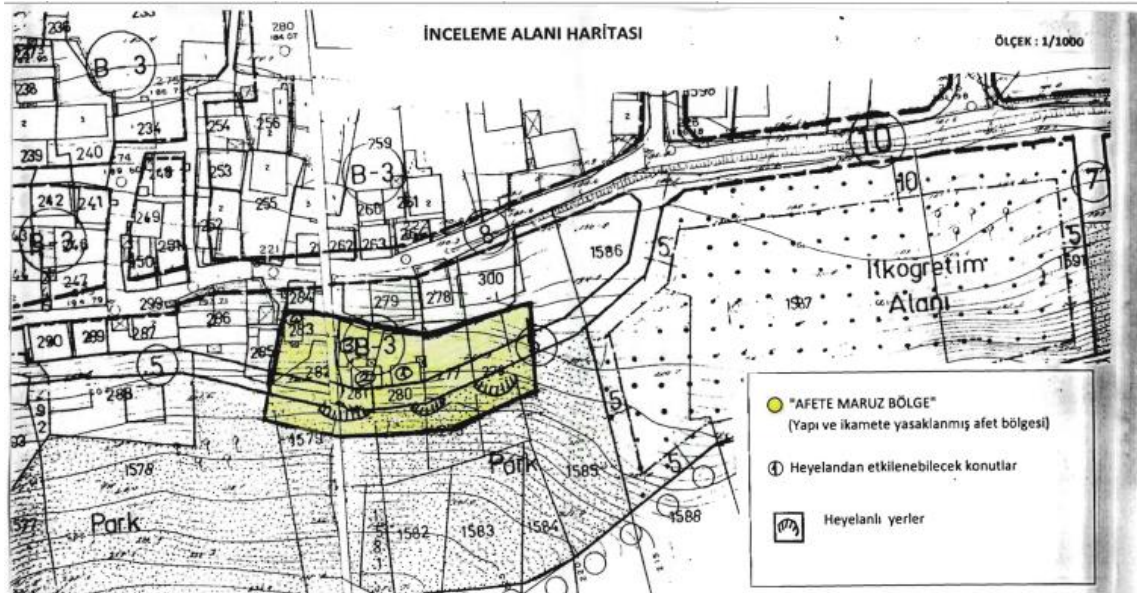
– 31 Aralık 2007 tarihleri arasını içeren Milliyet Gazetesi arşivi taranmıştır. Bu şekilde 120 tane doğal afet tespit edilmiştir. Diğer bir elektronik kaynak olarak Bursa’da Bugün Gazetesi’nin 2011’den günümüze kadar olan arşivi taranmış ve 351 afet verisine ulaşılmıştır. Bursa Uludağ Üniversitesi Kütüphanesi’nden erişilen Bursa Hakimiyet Gazetesi’nin 1974-2004 yıllarını kapsayan kitap haline getirilmiş arşivi incelenerek 23 afet tespit edilmiştir. İnegöl Halk Kütüphanesi gazete arşivinde Şirin İnegöl, İnegöl’ün Sesi, İnegöl Birlik Gazetesi, Bizim İnegöl gibi yerel gazetelerin özellikle eski tarihli olanları incelenmiş ve 1959-1999 tarih aralığında gerçekleşen 29 adet afet tespit edilmiştir. Devlet Su İşleri’nden alınan bilgiler doğrultusunda 1955-2020 yılları arasında meydana gelen 158 adet sel-taşkın afeti verisine ulaşılmıştır. Son olarak Uludağ Üniversitesi Kütüphanesi’ndeki en eski tarihe sahip (1982’den günümüze) yerel gazete arşivi olan Bursa Hakimiyet Gazetesi incelenmeye başlanmış ancak Covid-19 salgını sebebiyle kütüphanelerin kapanması nedeniyle yarıda kalmıştır. Bununla birlikte veriler hakkında bilgiler toplanmaya çalışılırken internet üzerinden karşılaşılan afetler de kayıt altına alınmıştır. Depremler hakkındaki veriler Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi web sayfasından indirilmiş ve Excel ortamına aktarılarak kullanılmıştır.



Şekil 1. Veri kaynaklarının yıllara göre dağılımı

Veriler elde edildikten sonra koordinatlarının belirlenmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Koordinat atamaları yapılırken aynı zamanda afetin meydana geldiği mahalle/köy ve tarihler göz önünde bulundurularak çıkarılan veriler elenmiştir. Koordinat atamaları yapılırken Google Earth Pro ve Google Haritalar programlarından faydalanılmıştır. Koordinat atamaları sırasında varsa afete ait adresler, krokiler, haritalar ya da gazete haberlerindeki resimlerde yer alan kurumların isimleri dikkate alınarak atamalar gerçekleştirilmiş ve en doğru koordinat ataması gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Afetin adresi ile ilgili kesin bilgi bulunmaması durumunda, çalışma lokasyon bazlı bir çalışma olduğu için mahalle merkezleri konutların ve insanların zarar görmesinden dolayı afetin meydana geldiği yer olarak kabul edilmiştir. AFAD'dan elde edilen verilerde raporlarda verilen krokiler tek tek incelenmiş ve koordinat ataması bu krokiler doğrultusunda gerçekleştirilmiştir.

Örneğin 27-28-29 Ekim 2010 tarihindeki aşırı yağışlar sonucunda Orhangazi Narlıca Mahallesi'nde meydana gelen heyelan bilgisinin yer aldığı raporda hem kroki (Şekil 2) verilmiş hem de Yalı Mahallesi Çınar Caddesi güneyindeki konutlar şeklinde adres bilgisi verilmiştir. Bu bilgiler koordinat atamasında kullanılmıştır.



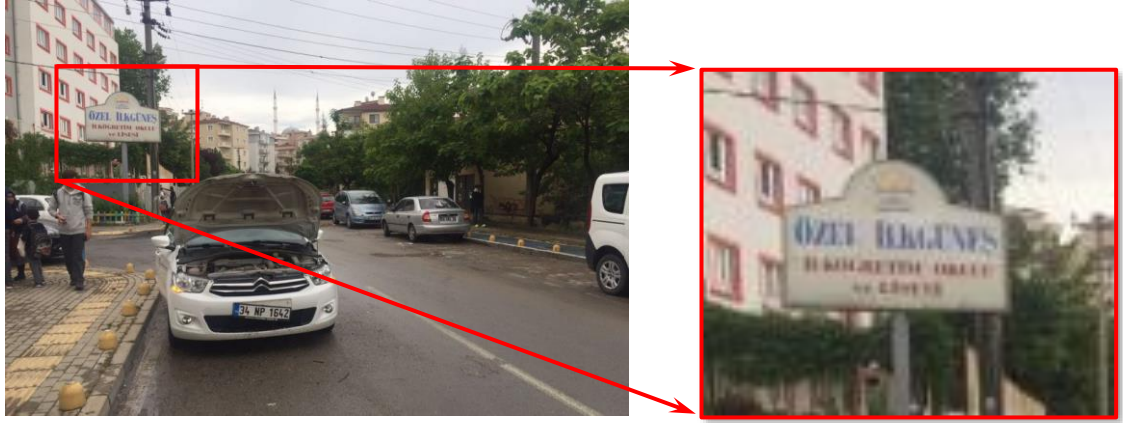
Şekil 2. Orhangazi Narlıca Mahallesi'ndeki heyelan olayının koordinat atamasında kullanılan kroki (T.C. Bursa Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, 2010)

Gemlik Ata Mahallesi’nde meydana gelen heyelan olayı Sümerbank Suni İpek Fabrikası alanında gerçekleşmiş. Günümüzde bu alan Bursa Uludağ Üniversitesi Hukuk Fakültesi olarak kullanılmaktadır. Dolayısıyla bu heyelanın koordinat atamasında bu bilgi ve verilen kroki (Şekil 3) kullanılmıştır.



Şekil 3. Gemlik Ata Mahallesi’ndeki heyelan olayının koordinat atamasında kullanılan kroki (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Afet Etüt ve Hasar Tespit Dai. Bşk. Jeolojik Etüt İzleme Şube Müdürlüğü, 1986)

Nilüfer Cumhuriyet Mahallesi’nde 26 Mayıs 2017 tarihinde meydana gelen sel olayında haberde verilen fotoğraftaki (Fotoğraf 1) kurum adresi tespit edilerek koordinat ataması gerçekleştirilmiştir.



Fotoğraf 1. Nilüfer Cumhuriyet Mahallesi’nde meydana gelen sel olayının koordinat atamasında kullanılan fotoğraf (Bursada Bugün Gazetesi, 2017a).

Gürsu İğdir Mahallesi’nde Mart 2009 tarihinde meydana gelen kaya düşmesi raporundaki fotoğraf (Fotoğraf 2) koordinat atamasında kullanılmıştır.



Fotoğraf 2. Gürsu İğdir Mahallesi’nde meydana gelen kaya düşmesi olayının koordinat atamasında kullanılan fotoğraf (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Afet Etüt ve Hasar Tespit Dai. Bşk. lığı Jeolojik Etüt ve İzleme Şube Müdürlüğü, 2009)

İnegöl Dipsizgöl Mahallesi’nde Kasım 1967 tarihinde meydana gelen heyelan için hazırlanan raporda “köyün kuzey, doğu ve batısında çökmeler halinde heyelan” bilgisi kullanılmış ve bu bilgi doğrultusunda koordinat ataması yapılmıştır. İnegöl Hayriye

Köyü’nde Ekim 1964 tarihinde meydana gelen heyelanın koordinat atamasında raporda verilen “köy odasından okula doğru” bilgisi kullanılmıştır. Bu bilgi doğrultusunda koordinat belirlenmiştir.

Mudanya Mirzaoba Mahallesi’nde meydana gelen heyelan için Bursada Bugün Gazetesi’nde yer alan haberde “köyün kuzey ve kuzeydoğusundaki yamaçlarda, su deposu ve cami alt kısmına kadar olan kesimde heyelan” şeklindeki verilen bilgi konum belirlemede yardımcı olmuştur.

Dolayısıyla ulaşılan bütün bilgiler koordinat atamalarında sırasında değerlendirilmiş ve gerçeğe en yakın konum belirlenmeye çalışılmıştır. Bu şekilde koordinat ataması gerçekleştirilen veriler ArcGIS ortamında noktasal veriye dönüştürülerek kullanıma hazır hale getirilmiştir

HARİTALARIN HAZIRLANMASI

Çalışmada haritaların hazırlanması için ArcGIS 10.5 Programı kullanılmıştır. İl, ilçe, mahalle sınırları, jeoloji, arazi kullanım ve hidrografik özellikleri haritaları için shapefile (şekil dosyaları) ve yükselti, eğim, bakı, sıcaklık, yağış haritaları için ise raster tabanlı haritalar oluşturulmuştur.

Haritaların hazırlanması aşamasında ilk olarak çalışma alanını içine alan 30×30 çözünürlüğe sahip Sayısal Yükselti Modeli (SYM) haritası Earth Explorer (World, 2021) adresinden indirilmiştir. Bu harita üzerinden çalışma alanına ait yükselti, eğim, bakı, izohips ve akarsu ağı haritaları oluşturulmuştur. Arazi kullanım haritasını oluşturmak için CORINE Land Cover (Copernicus Europe's Eyes on Earth, 2021) adresinden 2018 yılına ait arazi kullanım haritası indirilmiş ve ArcGIS programı kullanılarak düzenlenmiştir. Jeoloji haritası olarak Maden Tetkik ve Arama’dan (MTA) elde edilen 1/500.000 ölçekli harita kullanılmış ve çalışma alanını içine alan İstanbul ve İzmir Paftası kullanılarak düzenlenmiştir.

İklim haritaları için WorldClim web sayfasından 1970-2000 yılları arasındaki ölçümlere dayanan aylık ortalama sıcaklık ve yağış haritaları raster veri şeklinde indirilerek ArcGIS programı kullanılarak çalışma alanı doğrultusunda düzenlenmiştir. Aylık sıcaklık verilerini içeren haritalar ArcGIS programında “map algebra” aracı

kullanılarak toplanıp 12'ye bölünerek yıllık ortalama sıcaklık haritası oluşturulmuştur. Aylık yağış verileri için de yine “map algebra” aracı kullanılarak her ay için verilen yağış değerlerini toplamak suretiyle yıllık ortalama yağış haritası oluşturulmuştur. Bu haritalarda sıcaklık ve yağış değerleri 5 sınıfa ayrılmak suretiyle değerlendirilmiştir. Ayrıca Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün internet sayfası üzerinden elde edilen ortalama sıcaklık ve yağış miktarları verileri doğrultusunda çalışma alanına ait iklim grafiği (sıcaklık ve yağış grafiği) Excel programı kullanılarak oluşturulmuştur.

Çalışma alanına ait il, ilçe ve mahalle haritaları için Google Earth Pro ve Wikimapia programı kullanılmıştır. İl ve ilçe sınırları Google Earth Pro programında çizilerek kml dosyası şeklinde oluşturulmuştur. Güncel mahalle verileri için Wikimapia programının mahalle sınırları verileri Google Earth Pro programında açılarak mahallelere ait kml dosyaları indirilmiştir. Bu programlarda oluşturulan kml dosyaları ArcGIS programı ile shapefile haline dönüştürülerek kullanılmıştır.

COĞRAFİK FAKTÖRLER DOĞRULTUSUNDA VERİLERİN ANALİZİ

Son olarak elde edilen noktasal veriler litoloji, yükselti, eğim, bakı, sıcaklık, yağış ve arazi kullanımı faktörleri olmak üzere 7 parametre doğrultusunda analiz edilmiştir. Bu kapsamda ArcGIS programında raster tabanlı haritalar için “extract values to points” aracı, vektör tabanlı haritalar için “special join” aracı kullanılarak veriler ile coğrafik faktörler çakıştırılmıştır. Diğer bir ifadeyle her bir doğal tehlikenin karşılık geldiği jeoloji, eğim, yükselti, bakı, sıcaklık, yağış ve arazi kullanım özelliği belirlenmiş ve bu doğrultuda analizler yapılmıştır.

Çalışmada son olarak her bir doğal tehlike için “kernel density” aracı kullanılarak raster tabanlı tehlike yoğunluk haritaları oluşturulmuştur. Bu haritalar oluşturulurken her bir tehlike türü için standart uzaklık değeri ArcGIS programı yardımıyla üretilmiştir (Tablo 1). Bu değer ve tehlike sayıları kullanılarak (h_{opt}) değeri Denklem 1 yardımıyla hesaplanmıştır ve bu değer yoğunluk haritaları oluşturulurken radius (yarıçap) değeri olarak kullanılmıştır. Tablo 1 elde edilen sonuçları göstermektedir.

$$h_{opt} = \left[\frac{2}{3n} \right]^{\frac{1}{4}} \sigma \quad (1)$$

Tablo 1. Tehlike sayıları, ArcGIS yardımıyla üretilen standart uzaklık değerleri ve hesaplanan radius değerleri

Afet Türü	Tehlike Sayısı	Standart Uzaklık (m)	h_{opt} (m)
Çığ	5	4.424,44431	2.673,581
Sel-Taşkın	467	42.015,13132	8.166,833
Kütle Hareketleri	349	30.243,68576	6.322,743
Deprem	687	37.347,19173	6.591,678
Orman Yangını	187	36.761,83884	8.982,847

Her bir tehlike için elde edilen yoğunluk haritaları “map algebra” aracı kullanılarak çakıştırılmış ve bütünleşik doğal tehlike yoğunluk haritası elde edilmiştir. Haritaların sınıflandırılmasında yaygın olarak kullanılan ve hem her bir kategorinin aralığını hem de her kategori için örneklerin sayısını dikkate aldığından “natural break” yöntemi kullanılmıştır (Huang, Zhou, & Cadenasso, 2011: 1756). Elde edilen yoğunluk haritaları “natural break” sınıflandırmasına bağlı olarak 3 sınıfta toplanmıştır. Bu üç sınıf tehlikenin düşük, orta ve yüksek olduğu alanlar olarak değerlendirilmiştir ve analizler bu doğrultuda gerçekleştirilmiştir.

SINIRLILIKLAR VE KARŞILAŞILAN GÜÇLÜKLER

Doğal afet çalışmalarında karşılaşılan en büyük güçlüklerin başında verilerin toplanması ve düzenlenmesi gelmektedir. Ülkemizde internet 2000’li yıllardan sonra yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu tarihten önce meydana gelmiş olan afet bilgilerine ulaşmak ancak, afet raporları ve yazılı basın kaynaklarının incelenmesiyle mümkündür. Bu kaynaklarda da sadece büyük hasarlara sebebiyet veren olaylar afet niteliğinde yayınlanmıştır. İnternetin yaygın olarak kullanılmaya başlamasından sonra, teknolojiye gelişmelerle birlikte gerek yazılı gerekse internet ortamındaki basın kaynaklarında afet olayları daha ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Bu sebeple çalışma sadece ulaşılabilen kaynaklardan elde edilen veriler ile sınırlıdır. Çalışmanın Mart 2020 tarihinden itibaren Dünya’da ve Türkiye’de etkili olan Covid-19 pandemi sürecinde yazılması karşılaşılan bir diğer güçlüktür. Nitekim pandemi sürecinde üniversite kütüphanelerinin kapalı olması sebebiyle basılı yayın organları üzerinden yapılan veri toplama işlemi sekteye uğramıştır.

Eski tarihli verilerde bazı köyler için afet sonrası yerlerinin değiştirme raporları veya bilgileri yer almaktadır. Aynı raporlarda köy halkından bazı kişilerin evlerinden

ayrılmak istemediklerinden ve hasarlı da olsa kendi evlerinde kaldıklarından dolayı haklarından feragat ettiklerinden de bahsedilmiştir. Ancak çalışma alanı geniş bir alan olduğu ve tarihlerin çok eski olması sebebiyle bu yer değiştirmelerle ilgili bilgilerin doğrulanması güçtür ve mahallelerin günümüzdeki konumları dikkate alınarak koordinat atama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca verilerin koordinat atama işlemleri elde edilen bilgiler doğrultusunda yapılmıştır. Bazı veriler için adres hatta harita bilgisi mevcutken, verilerin çoğunluğunda sadece mahalle ismine ulaşılabilmiştir. Çalışmamız lokasyon bazlı bir çalışma olduğu için bu tür verilerde evlerin hasar görmesi bilgisi varsa mahalle meskûn alanları dikkate alınarak, tarlaların zarar görmesi, sular altında kalması söz konusuysa mahalle sınırları içerisindeki tarım alanları dikkate alınarak koordinat ataması gerçekleştirilmiştir. Dolayısıyla her bir afet için lokasyon bilgisinin tam olarak belli olmaması bu çalışmanın diğer sınırlılığıdır.

ArcGIS programında haritaların hazırlanması sırasında da birtakım güçlükler ile karşılaşmıştır. Bunlardan biri mahalle haritasının güncellenmesi sırasında karşılaşılan güçlüktür. Wikimapia üzerinden elde edilen program, Google Earth Pro programında açılıp mahalle sınırlarını indirmek için kullanılmıştır. Bu sırada bazı ilçelerin merkez mahalleleri sınırlarının Google Maps programındaki mahalle isimleri ile uyum sağlamadığı tespit edilmiştir. Bu tür durumlarda Google Maps verileri doğru olarak kabul edilmiş ve güncellemeler bu doğrultuda gerçekleştirilmiştir. ArcGIS konusundaki en büyük güçlük programın neredeyse sıfırdan öğrenilmek suretiyle çalışmanın gerçekleştirilmiş olmasıdır. Bu sebeple hazırlanan her bir harita ve haritalar üzerinde yapılan en basit işlemlerin gerçekleştirilmesi çok uzun zaman almıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

ÇALIŞMA ALANININ GENEL FİZİKİ ÖZELLİKLERİ

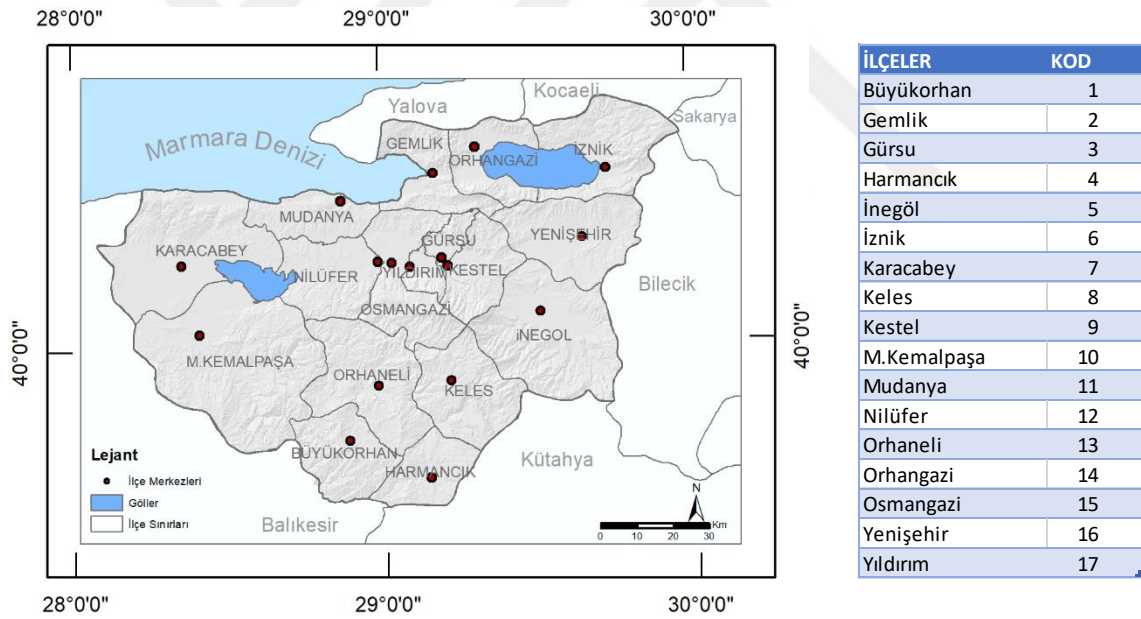
Çalışma alanı Türkiye'nin kuzeybatısında, Marmara Bölgesi'nin güneydoğusunda, yer alan Bursa ilidir. Kabaca 39° 59'- 40° 62' kuzey enlemleri ile 28° 08'- 29° 95' doğu boylamları arasında, 11.043 km²'lik bir alana sahiptir. Batı ve güneybatısında Balıkesir, güneydoğusunda Kütahya, doğusunda Bilecik, kuzeydoğusunda Sakarya, kuzeyinde Kocaeli, Yalova ve Marmara Denizi ile komşudur (Şekil 4).



Şekil 4. Çalışma alanının lokasyon haritası

Nüfusu 2020 yılı nüfus sayımına göre 3.101.833 kişidir ve Türkiye'nin en kalabalık dördüncü şehridir. Akarsu ve göller bakımından zengindir. İznik ve Uluabat Gölleri en büyük gölleridir. Bunlar dışında irili ufaklı çok sayıda baraj gölü bulunmaktadır. Şehir merkezinin güneydoğusunda kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda uzanan Uludağ 2.543 m yükseklik ile Bursa'nın ve Marmara Bölgesi'nin en yüksek dağıdır. Bursa, İnegöl, Yenişehir, Karacabey, Mustafakemalpaşa Ovaları şehrin önemli tarım alanlarının ve yerleşim merkezlerinin bulunduğu alanlardır.

Çalışma alanı Büyükorhan, Gemlik, Gürsu, Harmancık, İnegöl, İznik, Karacabey, Keles, Kestel, Mustafakemalpaşa, Mudanya, Nilüfer, Orhaneli, Orhangazi, Osmangazi, Yenişehir ve Yıldırım olmak üzere 17 ilçe ve 1.054 mahalleden oluşmaktadır. Osmangazi, Yıldırım ve Nilüfer merkez ilçeleridir. Çalışmada ilçeler alfabetik sıraları doğrultusunda kodlanarak mekânsal analizlerde bu kodlar kullanılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Çalışma alanının ilçeleri ve kodları

Çalışmada ele alınan doğal afetlerin coğrafik faktörler ile arasındaki ilişkiyi ortaya koyabilmek amacıyla bu bölümde ilin jeolojik, tektonik, jeomorfolojik, klimatolojik, hidrografik ve arazi kullanım özellikleri ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır.

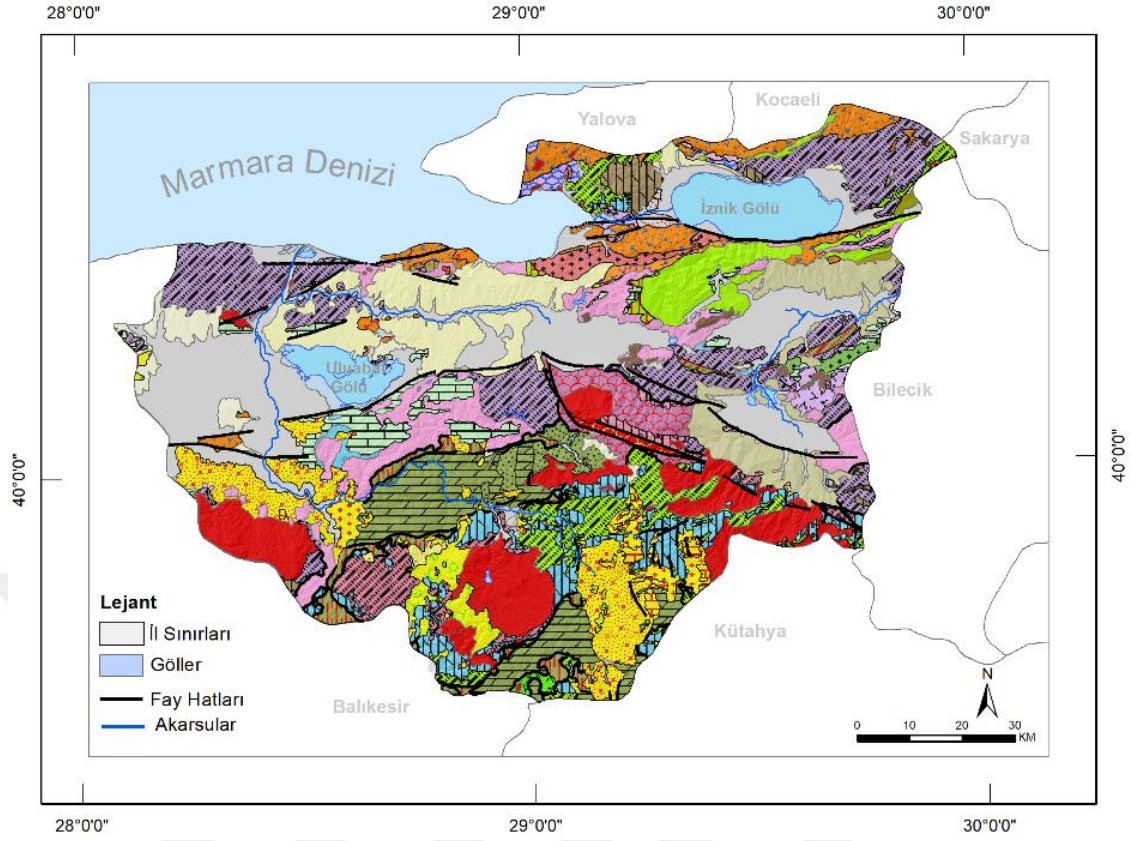
1. JEOLJİK ÖZELLİKLER

Jeolojik özellikler doğal afetlerin oluşmasında doğrudan veya dolaylı olarak etkiye sahiptirler. Nitekim depremlerin oluşmasında bölgenin tektonik özellikleri doğrudan etkili olmaktadır. Heyelan ve kaya düşmesi olaylarında arazinin litolojik özellikleri doğrudan bir etkiye sahip iken, sel-taşkın olaylarında arazinin geçirimsizlik derecesini etkilemesi yönüyle dolaylı bir etkiye sahiptir. Bu sebeple bu bölümde arazinin jeolojik yapısı stratigrafik ve litolojik özellikler ile tektonik özellikler başlıkları altında iki ayrı bölüm olarak kısaca ele alınmıştır.

1.1. STRATİGRAFİK VE LİTOLOJİK ÖZELLİKLER

Çalışma alanı ofiyolitik kenet kuşakları ile birbirinden ayrılan kuzeyde İstanbul Zonu, ortada Sakarya Zonu ve güneyinde Tavşanlı Zonları'nın bir araya geldiği alanda yer almaktadır (Okay, 2008: 25, 28; Şengör & Yılmaz, 1981: 184). İstanbul Zonu karbonifer zamanında kırılma ve bindirmelerle deforme olmuş Paleozoyik döneme ait kayaçları uyumsuzlukla örten Triyas arazi tortul kayaçlardan oluşmaktadır. Sakarya Zonu, altta Uludağ masifini yüzeyleyen yüksek derecede metamorfizmaya uğramış kayaçlar ve bunları tektonik olarak örten Karakaya Kompleksi'nden oluşur. Karakaya Kompleksi Permian-Triyas dönemine aittir ve volkanik ve sedimanter kayaçlardan oluşur (Okay, 2008: 27). Tavşanlı Zonu ise mavi şistler, ofiyolit ve ofiyolitli melanjdan oluşmaktadır (Okay, 1984: 459). Bunlardan İstanbul ve Sakarya Zonu Pontid İçi Kenedi ile ayrılmaktadır. Pontid İçi kenedi, Mesozoik'te İstanbul Zonu ve Sakarya Zonu arasında yer alan okyanusun erken Eosen-Oligosen dönemlerinde kapanması sonucu oluşmuş, ofiyolit ve mavi şistlerden meydana gelen bir fay zonudur (Okay & Kelley, 1994: 455-456). Sakarya ve Tavşanlı Zonları arasındaki sınırı oluşturan İzmir-Ankara Kenedi, Bursa Eskişehir arasında Miosen'den sonra da aktif olan doğrultu atımlı bir fay ile temsil edilir (Akyuz & Okay, 1998: 81).

Şekil 6 Bursa'nın jeoloji haritasını göstermektedir. Bu harita incelendiğinde, Bursa İli genelinde, Paleozoik-Kuaterner zaman aralığını temsil eden çok çeşitli kayaçların (metamorfik, magmatik, sedimanter) yer aldığı görülmektedir. Ayrıca yer yer yaşı bilinmeyen bazik ve ultrabazik kayaçlar da bulunmaktadır.



KUATERNER		MESOZOİK	
Q	Ayrılmamış kuaterner	k2pn	Kırnıtlılar ve karbonatlar
Q1	Alüvyon yelpazesi, yamaç molozu	k2s	Kırnıtlılar ve karbonatlar
T	Traverten	k2s1	Pelajik kireçtaşı
SENOZOİK		k2s2	Kırnıtlılar ve karbonatlar
pl	Ayrılmamış karasal kırnıtlılar	k2s3	Metabazit, amfibolit vb.
m3pl1	Karasal karbonatlar	k2m	Ofiyolitik melanj
m3pl	Ayrılmamış karasal kırnıtlılar	k2s4	Bazalt, split
m3pl1	Bazalt	k2s5	Metakırnıtlılar, metakarbonatlar
m3	Karasal kırnıtlılar	k2s6	Metaflış
m2s3	Karasal karbonatlar	k2s7	Neritik kireçtaşı
m2s4	Kırnıtlılar	k2s8	Mermer
m2s5	Karasal kırnıtlılar	j1-2	Karbonatlar ve kırnıtlılar
m1-2	Karasal kırnıtlılar	j3	Metagranit
m1-2n	Ayrılmamış volkanitler	j4	Granitoid
m1-2p	Piroklastik kayalar	pt	Kırnıtlılar ve karbonatlar
m2qr	Dasit, riolit, riadasit	m2-3	Bazalt, split
p1-2	Karasal karbonatlar	v	Gabro
g8	Granitoid	g1	Gabro
g9	Granitoid	g2	Peridotit
ae	Andezit	g3	Dunit
eb	Bazalt	PALEOZOİK	
en	Ayrılmamış volkanitler	m1	Mermer
metaflış	Metaflış	m2	Mermer
pn2e	Kırnıtlılar ve karbonatlar	p	Karbonatlar ve kırnıtlılar
YAŞI BİLİNMEYEN		s1st, fillit, mermer, vb.	Şist, fillit, mermer, vb.
uf	Bazik ve ultrabazik kayalar	s1st	Şistler
		s2st	Şistler
		g1	Metagranit
		PREKAMBRIEN	
		g	Gnays
		g1s	Gnays, şist
		g2s	Ayrılmamış gnays, şist

Şekil 6. Çalışma alanının jeoloji haritası (Konak, 2002; Türkecan & Yurtseven, 2002)

Prekambrien ve Paleozoik dönemin temelini gnays, amfibolit ve mermerlerden oluşan Uludağ masifi oluşturur. Uludağ'ın çatısını granit ve kristalin şistlerden oluşan merkez ile fliş ve üst kısımlarında kalkerlerden oluşan bir kenar formasyonu oluşturur. Kristalin şistler gnays ve amfibolitlerle şisti mermerlerden oluşan A serisi ve muhtelif mikaşist ve fillitler ile açık mavi renkli mermer ve yarı mermerlerden oluşan B serisi olmak üzere iki grupta incelenebilir (Ketin, 1947: 61).

Paleozoik döneme ait araziler Kuzey'de Gemlik, Orhangazi ve İznik ilçelerinin kuzey kesimi ile Karacabey Ovası'nın kuzeyinde; Mustafakemalpaşa ve Orhaneli ilçesinin güneyi ile Büyükorhan ilçesinde; Uludağ'ın yüksek kesimleri ile özellikle kuzey ve kuzeybatısındaki yamaçlarda ve İnegöl ve Yenişehir Ovası'nın kesiştiği alanlarda ve İnegöl'ün güneyinde Uludağ'ın eteklerine tekabül eden kısımlarında görülmektedir. Çalışma sahasında bu dönemi temsil eden mermer ve şisti mermerler, karbonatlar ve kırıntılılar, şistler, fillatlar, meta granitler bulunmaktadır.

Mesozoik döneme ait araziler araştırma alanında geniş bir alan kaplamaktadır. Özellikle ilin güneyinde Mustafakemalpaşa, Orhaneli, Harmancık ve Keles ilçeleri; İznik Gölü'nün güneyinde Gürsu, Kestel ilçelerinin kuzeyi ile Yenişehir ilçesinin batısında kalan alanlar ve İnegöl ve Gemlik ilçelerinin bazı kesimleri Mesozoik birimli arazilerinin görüldüğü alanlardır.

Bu zaman diliminin en eski formasyonunu Permo-Triyas döneme ait Nilüfer Birimi ve Orhanlar Grovakı'ndan oluşan Karakaya Formasyonu oluşturmaktadır. Karakaya Formasyonu konglomera, mikrokonglomera, kumtaşı, feldspatlı ve mikalı kumtaşı, grovak kilaşı, bazik volkanit ve kireçtaşı ardalanmasından oluşmaktadır (Köpük, 2003: 32). Bingöl, Delaloye ve Ataman (1982: 439) tarafından formasyon üzerinde yapılan çalışmaya dayanılarak Triyas dönemine ait olarak nitelendirilmektedir.

Karakaya Formasyonun üzerinde sırasıyla Alt-Jura dönemine ait Bayırköy Formasyonu, Üst-Jura ve Alt Kreatase dönemine ait Bilecik Formasyonu ve bunların da üzerinde Üst Kreatase dönemine ait ofiyolitik melanj, ultrabazik ve ultramafitlerden oluşan kayalar yer almaktadır. Konglomera, kumtaşı, kireçtaşı ve kilaşlarından oluşan Bayırköy Formasyonu'nun kalınlığı 200 m ye kadar değişmektedir (Köpük, 2003: 26). Konglomeralar kırmızı-kahve-boz yeşil renkli, karbonat çimentolu, köşeli, az yuvarlak

ve genellikle kalın tabakalıdır. Bu formasyonun genel olarak üzerini kaplayan Bilecik Formasyonu'nun kalınlığı ise 50–400 m arasında değişmekte olup beyaz pembe renkli mikrit, dismikrit ve biyomikritten oluşan kireçtaşlarından oluşmaktadır (Selim, Tüysüz, & Barka, 2006: 154).

Bursa-Gemlik arasında Paleozoik sonrası spilitik ve andezitik lavlar gözlenmiştir. Lütisiyen'e ait alt fliş öncesi volkanizmanın çakıllarına, alt fliş içindeki konglomeralarda rastlanır. Üst flişin çökeli anında, çökeli ve tekrarlanan volkanizma izlenir. Neojen volkanizması, ojitli andezit olarak yaygındır (İmbach, 1997: 252).

Senozoik döneme ait araziler oldukça geniş bir alan kaplamaktadır. İznik, Nilüfer ve Yenişehir'in kuzeyi; İnegöl, Keles ve Orhanlı'nın güneyi; Büyükorhan ve Harmancık'ın orta kesimleri, M. Kemalpaşa'nın batısı; Gemlik ve Orhangazi'nin kuzey ve güney kesimleri; Mudanya'nın büyük bölümü ile Uludağ'ın bazı kesimleri bu döneme ait arazilerin görüldüğü yerlerdir. Bu dönemde sırasıyla Eosen'e ait Kapıdağ Graniti, Eosen kırıntılıları, Eosen volkanitlerinden oluşan ve andezitik lav, tuf içerikli volkano tortul birimler, çakıltaşı, kumtaşı, kilaşı, yer yer kireçtaşı ve granitlerden oluşan formasyonlar yer alır. Uludağ graniti Alt-Miyosen döneminde oluşmuştur. Bunun üzerinde Orta-Üst Miyosen yaşlı kömür arakatlı, çakıltaşı, kumtaşı, kireçtaşı, kilaşı ardalanması ve silisifiye kireçtaşlarından oluşan Soma Formasyonu ve andezit, lav, piroklastik akma ve döküntü birimlerinden oluşan Ezine Volkanitleri yer alır (Selim vd., 2006: 154).

Karasu Formasyonu ve Manyas Formasyonu bu zaman diliminin son formasyonlarıdır. Karasu Formasyonu Üst Miyosen'de oluşmuştur ve çakıltaşı, kum, kilaşı, kumtaşı ardalanması, kum ve çamur taşlarından oluşur. Pliyo-Pleyistosen dönemde oluşan Manyas Formasyonu ise kil, matriksli çakıltaşı, kilaşı, kum, akarsu çökeli (çeltikçi üyesi), kilaşı, kumtaşı, çakıl ve kumlardan (Bölceğaç üyesi) oluşmaktadır. Yenişehir civarında spilitler, fusulinli kireçtaşları ile iç içe geçmiş durumdadır. İnegöl çevresinde Neojen çok ince taneli ve tabakalı, kil ve marnlar şeklinde bulunur (Ketin, 1947: 62).

Kuaterner dönemine ait araziler ilin özellikle ovalık alanları, akarsu vadileri ve göl kenarlarında yer almaktadır. İnegöl Ovası, Yenişehir Ovası, Bursa Ovası, Karacabey

Ovası ile Uluabat ve İznik Gölü'nün çevreleri Kuaterner'e ait dolgu malzemelerden oluşmaktadır. Kuaterner alüvyonlar, travertenler, yamaç molozu ve çakıl taşları ile temsil edilir. Ovalar ile havza kenarlarında ve akarsu vadi tabanları ile göl kenarlarında akarsu çökelleri, yamaçların etek kısımlarında ise yamaç molozu çökelleri, faylanmaların etkili olduğu alanlarda ise travertenler oluşmuştur (Selim vd., 2006: 154).

Tektonik bir çöküntü havzası niteliğinde olan Bursa Ovası tamamen akarsuların taşıdığı blok, çakıl, kum, silt ve kil gibi detritik malzeme ile kaplanmıştır. Alüvyon kalınlığı 80–200 m arasında değişmektedir. Ovanın güneyinde alüvyon ve yamaç molozunun kalınlığı 80–120 m arasındadır. Ovanın orta ve doğu kesimlerinde alüvyon kalınlığı 40–200 m arasında değişir. Alüvyon ince elemanlı kil, silt, kum ve çakıl istiflenmesinden oluşur. Ovanın kuzeyinde alüvyon kalınlığı 100 m'yi geçmez ve silt, kil, kum düzeyleri ile temsil edilir. Ovanın batısı ve kuzeybatısında ise alüvyon kalınlığı 150–200 m kadar ve kil, silt, kum ve çakıl aralanmalıdır (Köpük, 2003: 42).

İnegöl Ovası'nda Kuaterner dönemine ait malzemeleri kum, kil, çakıl, silt, killi kum ve bloklar oluşturmaktadır. Bu malzemeler havzanın çevresindeki yüksek alanlardan taşındıkları için bu bölgedeki kayalara aittir. Çakıllar daha çok kuvars, granit, kalker, metamorfik şist ve granodiorit çakıllardır (Hoşgören, 1975: 51). Yenişehir Ovası'nın güncel örtüsünü oluşturan alüvyal çökeller kötü tutturulmuş, yarı köşeli ve yarı yuvarlak blok, çakıl, kum, silt ve kil boyutunda malzemelerden oluşmaktadır ve stratigrafik olarak altındaki birimleri açısal uyumsuzlukla örtmektedir. Birim 125 m'ye ulaşan bir kalınlığa sahiptir (Bargu, 1982: 214; M. Yılmaz & Koral, 2007: 29).

Ova ile dağlık alan arasındaki fay hatlarından çıkan sıcak sular bu alanlarda travertenleri oluşturmıştır. Travertenlerin en yaygın olduğu alanlar Çekirge, Muradiye ve Tophane'dir (Arınç, 2011: 86; Ateş & Aktimur, 2019: 70). Ayrıca İnegöl'de Oylat Kaplıcaları'nın bulunduğu alanda, Karacakaya köyünün kuzeyinde ve Özlüce köyü güneydoğusunda da travertenleri görmek mümkündür. Bunlar içinde en geniş alanı Oylat Kaplıcaları alanında bulunan travertenler oluşturmaktadır. Bu travertenler sahanın güneyinde yer alan mermerler içine sızan sıcak suların derinlerde 40,5 dereceye kadar ısınarak yüzeye çıkmaları ve içlerindeki kalsiyum karbonatın çökmesi sonucunda

oluşmuşlardır. Kalınlıkları 20 m'ye yaklaşan bu travertenler oluşumu devam etmektedir (Hoşgören, 1975: 55).

1.2. TEKTONİK ÖZELLİKLER

Araştırma alanı Kaledoniyen, Hersinyen ve Alpin orojenezi olmak üzere üç farklı orojenez hareketinin etkisi altında kalmıştır. Bu orojenezlere bağı olarak çalışma alanında farklı yönlerde ve farklı tiplerde antiklinal ve senklinaller oluşmuştur. Çalışma alanında Kaledoniyen orojenezine ait kıvrımlar çoğunlukla kuzey-güney doğrultusundadır ve hem sık hem de yüksek dalgalanmalıdır. Hersinyen kıvrımları da Kaledoniyen kıvrımları gibi kuzey-güney doğrultusunda uzanır. Bazen kuzey-kuzeydoğu veya güney- güneybatı doğrultusunda uzandıkları da görülür (Ertürk, 2010: 30). Ketin'e (1966: 23) göre Hersinyen dönemindeki bu sapmalara inceleme alanında daha sonraki dönemlerde etkili olan Alp-Himalaya orojenezi sebep olmuştur.

Araştırma alanında jeomorfolojik yapılar üzerinde etkili olan tektonik olaylar iki aşamada incelenebilir Birincisi Orta Miosen öncesi meydana gelen Paleotektonik (eski tektonik) hareketler, ikincisi ise Orta Miosende başlayıp günümüze kadar devam eden Neotektonik (genç tektonik) hareketler. Ancak sahada Neotektonik dönemin izleri yer şekilleri üzerinde daha belirgin olarak çok geniş alanlarda görülmektedir. Paleotektonik dönemin izleri ise daha sonra meydana gelen Neotektonik hareketler sebebiyle deforme olmuş veya aşınmışlardır (Pektezel, 2015: 773-774).

Bursa Kuzey Anadolu Fay Zonu ile Ege Açılım Sistemi olmak üzere iki aktif fay kuşağı arasında yer almaktadır. Türkiye'de Neotektonik devre, Geç Miyosen'de önce Arap Levhası ile Anadolu Levhası çarpışıp, bu iki levha arasında yer alan Neo-Tetis Okyanusu'nun güney kolunun Bitlis-Zagros suture kuşağı boyunca kapanması ile başlamıştır (McKenzie, 1972: 114; Şengör, 1979: 269; Y. Yılmaz, 1990: 612). Çarpışmanın ardından Arap Levhası kuzeye doğru ilerlemeye devam ederek Doğu Anadolu'yu sıkıştırmış ve bölgenin yükselmesine, kıta kabuğunun da kalınlaşmasına neden olmuştur. Sıkışmanın devam etmesi sonucunda ise Anadolu Levhası Batı Anadolu'ya doğru sağ yanal atımlı Kuzey Anadolu Fayı ve sol yanal atımlı Doğu Anadolu Fayı boyunca hareket etmeye başlamıştır. Batıya doğru ilerleyen levha, Hellenik yayının

etkisiyle gerilmiş ve doğu batı yönlü kırılmalar meydana gelerek Ege Graben Sistemi oluşmuştur (Dewey & Şengör, 1979: 84; Şengör, Görür, & Şaroğlu, 1985: 227).

Kuzey Anadolu Fayı yaklaşık 1400 km uzunluğunda doğu batı doğrultusunda uzanan, doğrultu atımlı bir faydır. Bingöl Karlıova'da Doğu Anadolu Fayı ile kesiştiği yerden başlar batıya doğru dış bükey bir şekilde Biga Yarımadası'nda Yenice'nin batısından Ege Denizi'nin kuzeyine kadar devam eder. Marmara Denizi'nin doğusunda iki kola ayrılan fay hattının yaklaşık 500km olan kuzey kolu Adapazarı Ovası'nın güneyinden ve Sapanca Gölü'nden geçerek İzmit Körfezine, batıya devamında da Marmara Denizi tabanından Saroz Körfezine kadar ulaşır. Kuzey kol Kuzey Anadolu Fayı içerisinde ana fay hattı özelliği göstermektedir (Armijo, Meyer, Hubert, & Barka, 1999: 267; Le Pichon vd., 2001: 613). Sakarya Bolu sınırındaki Dokurcun Vadisi'nde ana faydan ayrılan güney kol ise Geyve, İzmit Gölü ve Gemlik Körfezi üzerinden aynı doğrultuda Biga Yarımadası'na kadar uzanır (Emre vd., 2018: 3240). Araştırma sahasında ve yakın çevresinde güney kola ait İzmit-Mekece Fayı, Gemlik Fayı, Zeytinbağı Fayı, Gençali Fayı ve Gemlik Körfezinde deniz tabanında yer alan fay hatları yer alır (Ateş & Aktimur, 2019: 58).

Çalışma alanında Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun güneyinde yer alan Uludağ'ın kuzeyinde ve güneyinde de aktif faylar bulunmaktadır. Dağın kuzeyinde uzanan İnegöl Fayı, Oylat Fayı, Bursa Fayı ve Uluabat Fayı ile güneyinde uzanan Mustafakemalpaşa Fayı ve Orhaneli Fayı Manyas Gölü'ne doğru birleşerek Manyas Fayını oluşturur ve batıya doğru devam eder (Emre vd., 2018: 3259).

2. JEOMORFOMETRİK ÖZELLİKLER

Morfometri, arazinin sayısal olarak tanımlanmasıdır. Diğer bir ifadeyle yüzey şekillerinin boyut, yükseklik ve eğim özellikleri ile tanımlanmasıdır (Özdemir, 2007: 24). Topoğrafyanın bu şekilde sayısal verilerle ifade edilmesi araştırmacılara üç boyutlu değerlendirme imkânı sunmaktadır (Günek, Akdemir, & Kuşçu, 2013: 266). Bu sebeple bu bölümde inceleme alanında meydana gelen doğal afetlerin oluşum ve gelişim süreçlerini etkilemesi sebebiyle çalışma alanının yükselti, eğim ve bakı özellikleri ele alınmıştır.

2.1. YÜKSELTİ

Yükseklik bir bölgedeki sıcaklık, yağış, toprak tipleri, bitki örtüsü gibi unsurlar üzerinde etkiye sahiptir. Yükselti arttıkça toprak örtüsü inceler, bitki örtüsü belli bir yükseltiden sonra zayıf bir hal alır. Fakat yağış artar. Bu yağışlar yüzeysel akışa geçerek sel-taşkınların oluşmasını tetikleyebilmektedir. Bununla birlikte yükseltinin fazla olduğu alanlarda yağışların kar şeklinde olması çığların oluşmasına sebep olduğu gibi, toprağa sızan su miktarını arttırarak toprağın suya doymun bir hale gelmesine sebep olarak kütle hareketlerinin oluşma riskini arttırabilmektedir.

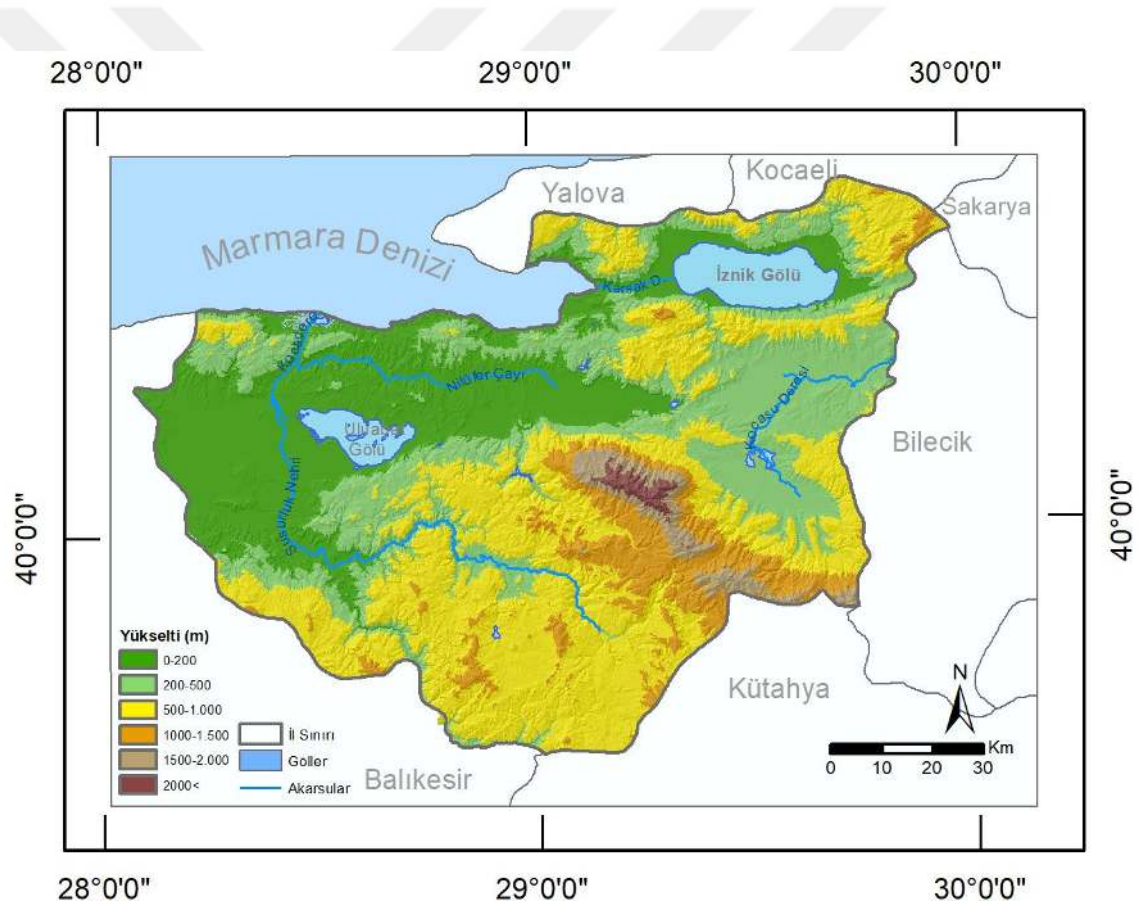
İnceleme alanının yükselti değerleri 0 m ile 2.543 m arasında değişiklik göstermektedir, ortalama yükseklik değeri ise 509 m'dir. İlin kuzeyinde Marmara Denizi kıyıları yükselti değerinin 0 m olduğu alanlardır, buna karşın en yüksek nokta ise 2.543 m ile sadece Bursa'nın değil Marmara Bölgesi'nin en yüksek noktası olan Uludağ Kütlesi'dir.

Uludağ'ın güneybatısında Dümenkiri (1.911 m) ile Çatalca Tepesi (1.323 m) ilin Uludağ'dan sonra en yüksek noktalarını oluşturmaktadır. Uludağ'ın güneydoğusunda Domaniç Yirce Dağları uzanmaktadır. Orhaneli güneyinde Kaklık Tepe, Büyükorhan güneyinde Belpınarı Dağı ve kuzeyinde Burhan Dağları ilin diğer yükseltilerini oluşturmaktadır. İznik Gölü kuzeyinde Samanlı dağları Karakaya Tepesi (1.260 m), güneyinde Katırlı Dağları (1.283 m) yer almaktadır. Mudanya Dağları (600 m) ile kuzeybatıda Karacabey'in kuzeybatısında Karadağ (833 m) ilin kuzeyindeki yüksekliklerdir.

Genel olarak bakıldığında ilin güneyi ve kuzeydoğusunda yüksekliği 1.000 m'nin üzerinde olan dağlar yer alırken; kuzey, doğu ve batısında ovalık alanlar yer almaktadır. Bursa il merkezi ile Kestel ve Gürsu ilçe merkezleri, arasındaki tektonik ova özelliği gösteren ve Güney Marmara'nın en büyük ovası olan Bursa Ovası ile Yenişehir ve İnegöl Ovaları kuzeyde Katırlı Dağı (1.283 m) ile güneyde Uludağ arasında yer alır. Batıda Karacabey ve Mustafakemalpaşa Ovaları ile Bursa Ovası 200 m'nin altında yüksekliğe sahip iken İnegöl ve Yenişehir Ovaları yükseltinin 200-500 m arasında olduğu ovalardır.

Çalışma alanı yükselti değerlerine göre 0–200 m arası, 200–500 m arası, 500–1.000 m arası, 1.000–1.500 m arası, 1.500–2.000 m arası ve 2.000 m üzeri olmak üzere 6

sınıfa ayrılarak bir Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) oluşturulmuştur (Şekil 7). Buna göre en geniş alan kaplayan yükselti aralığı 3.761 km² alan ile 500–1.000 m arasında kalan alanlardır. Toplam arazinin yaklaşık %35'ine karşılık gelmektedir. İkinci sırada 3132 km² ile %29 oranında alan kaplayan 0-200 m aralığındaki yüksekliğe sahip alanlar gelmektedir. 200-500 m arasında yüksekliğe sahip alanlar 2725 km² ile %25'lik bir orana sahiptir. Çalışma alanının %54'ü 500m'nin altında yüksekliğe sahip alanlardan oluşmaktadır. 1000-1500 m arası yükseltiye sahip alanlar 845 km² ile %8 ve 1500-2000m yüksekliğe sahip alanlar 246 km² ile %2'lik bir orana sahiptir. En dar alan kaplayan yükselti değeri aralığı ise 2.000 m üzerindeki alanlardır ve 66 km² ile arazinin %1'ine karşılık gelmektedir.



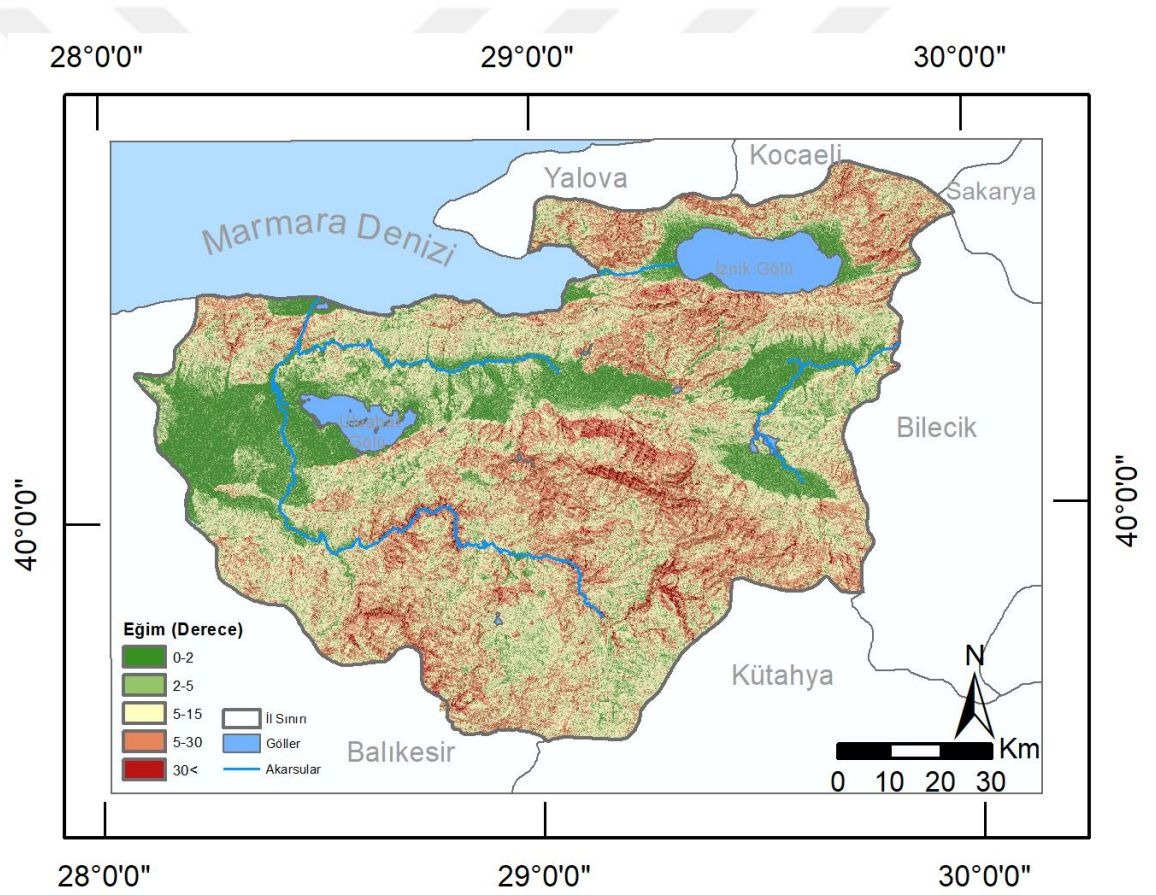
Şekil 7. Çalışma alanının yükselti basamakları haritası

2.2. EĞİM

Eğim faktörü heyelan, kaya düşmesi gibi kütle hareketlerinde ve çığ afetlerinde yerçekimini etkilemesi yönüyle doğrudan bir etkiye sahipken sel-taşkınların oluşmasında yeraltına sızan su miktarını etkilemesi yönüyle dolaylı bir etkiye sahiptir. Eğimin fazla

olduğu alanlarda yağışların toprak altına sızma oranı azdır ve yüzeysel akışa geçerek eğimin azaldığı alanlarda sel-taşkın oluşma riskini artırırlar. Kütle hareketleri ve çığlar için de benzer bir durum söz konusudur. Nitekim eğimin fazla olduğu alanlarda yerçekiminin etkisiyle bu afetler kolayca meydana gelebilmektedir.

İnceleme alanının eğim haritası altlık SYM verisinden üretilmiştir (Şekil 8). Elde edilen eğim haritası sonuçlarına göre en yüksek eğim değeri 71,19° en düşük eğim değeri 0°'dir. Ortalama eğim değeri ise 10,5°'dir. Çalışmada eğim değerleri 0–2° arası, 2–5° arası, 5–15° arası, 15–30° arası ve 30° üzeri olmak üzere 5 ayrı sınıfa ayrılarak incelenmiştir.



Şekil 8. Çalışma alanının eğim haritası

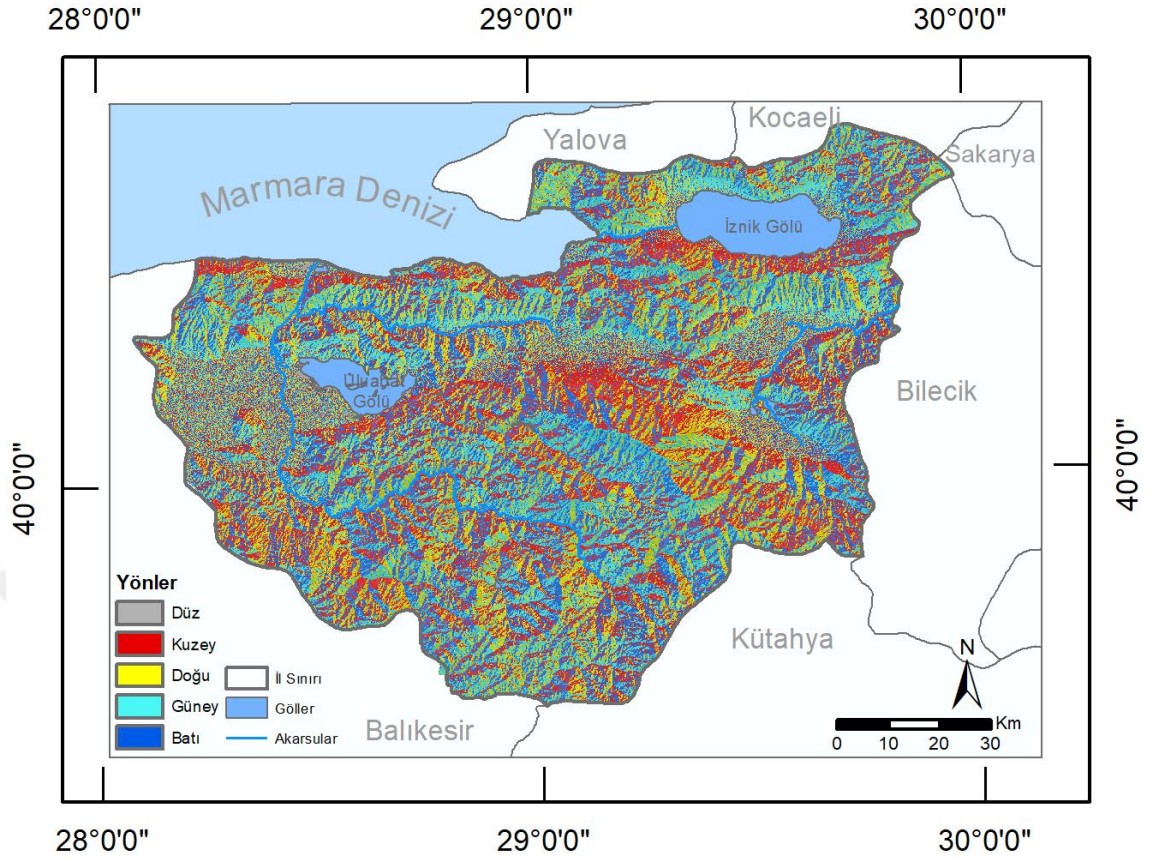
Eğimin 0–2° arasında olduğu yerler 1.845 km² alan kaplamaktadır ve çalışma alanının yaklaşık olarak %17,1'ini oluşturmaktadır. Eğimin bu değer aralığında olduğu yerler genelde ova tabanları ve kenarlarıdır. Bursa Ovası, İnegöl Ovası, Yenişehir Ovası, Mustafakemalpaşa Ovası ve Karacabey Ovası ile Kocaçay Delta Ovası eğimin 0–2°

arasında olduğu belli başlı ovalardır. Uluabat Gölü ve İznik Gölü ile bunların çevresinde kalan alanlar da eğimin az olduğu yerler arasındadır. Yüksek kesimlerdeki vadi tabanlarının bazı kesimlerinde ve Gemlik ilçe merkezinin bazı kesimlerinde eğimin az olduğu yerler mevcuttur. Eğimin 2–5° arasında olduğu yerler 1.552 km² alan kaplamaktadır ve arazinin %14,4'lük kısmını oluşturmaktadır. En geniş alana 4.375 km² ile 5–15° eğime sahip araziler sahiptir ve inceleme alanının %40,5'ini oluşturmaktadır. Bu değerler daha çok yüksek dağlık alanlar ile ova tabanları arasında kalan kesimlerde görülmektedir. 15–30° arası eğime sahip araziler inceleme alanında 2.756 km²'lik bir alan kaplamaktadır ve inceleme alanının %25,5'lik bir kısmını oluşturmaktadır. En düşük alan eğimin 30° üzerinde olduğu alanlardır ve 266 km² ile %2,5'lik bir alana karşılık gelmektedir.

2.3. BAKI

Bakı güneşten gelen enerjinin alınmasında son derece önemli bir yere sahiptir. Ülkemiz kuzey yarımkürede yer almaktadır ve buna bağlı olarak güneye bakan yamaçlar daha fazla radyasyona maruz kaldığı için daha çok ısınır ve buharlaşma bu yamaçlarda daha fazladır. Kuzeye bakan yamaçlar ise güneşten kaynaklı radyasyona daha az maruz kalmaktadır ve daha az ısınır. Bu sebeple bu yamaçlarda buharlaşma azdır ve güneye bakan yamaçlara göre daha fazla nemlilik özelliği gösterirler. Dolayısıyla kuzeye bakan yamaçlar nemli ortamları oluştururken, güneye bakan yamaçlar yarı kurak şartlar gösterirler (Atalay, 1997: 124-125).

Çalışma alanının bakı haritası SYM verisinden oluşturulmuştur. Elde edilen haritada 8 farklı yön ve düz alanlar olmak üzere 9 yön elde edilmiştir. Çalışmada daha genel bir değerlendirme yapmak amacıyla ana yönler ve düz alanlar dikkate alınarak 5 sınıftan oluşan yeni bir sınıflandırma yapılmıştır. Şekil 9, oluşturulan bu yeni sınıflandırmayı göstermektedir.



Şekil 9. Çalışma alanının bakı haritası

Oluşturulan harita doğrultusunda düz alanlar 575 km² ile %5, kuzeye bakan yamaçlar 2.571 km² ile yaklaşık %24, doğuya bakan yamaçlar 2.406 km² ile %22, güneye bakan yamaçlar 2.554 km² ile %24, batıya bakan yamaçlar ise 2.689 km² ile yaklaşık %25'lik bir orana sahiptir. Görüldüğü gibi bütün yönler neredeyse eşit oranda alan kaplamaktadır. Bununla birlikte batıya bakan yamaçlar az bir farkla da olsa en geniş alana sahiptir. Bunu sırasıyla kuzey, güney ve doğu yönleri takip etmektedir.

3. İKLİM ÖZELLİKLERİ

İklim elemanları doğal afetler üzerinde en büyük etkiye sahip coğrafik faktörlerden biridir. Yağış, sel-taşkın, çığ, heyelan, kaya düşmeleri gibi doğal afetleri etkilerken sıcaklık orman yangınlarını etkilemektedir. Aşırı yağışlı günlerde yaşanan sel-taşkınlar gerek yağmur suları gerekse kar sularının erimesi sonucu oluşan toprak kaymaları ve kaya düşmeleri; yoğun kar yağışının akabinde görülen çığlar; sıcaklığın yüksek, yağışın az olduğu dönemde artan orman yangınları iklim ve afetler arasındaki

ilişkiyi ortaya koymaktadır. Bu sebeple bu bölümde iklim elemanlarından sıcaklık ve yağış konuları ele alınmıştır.

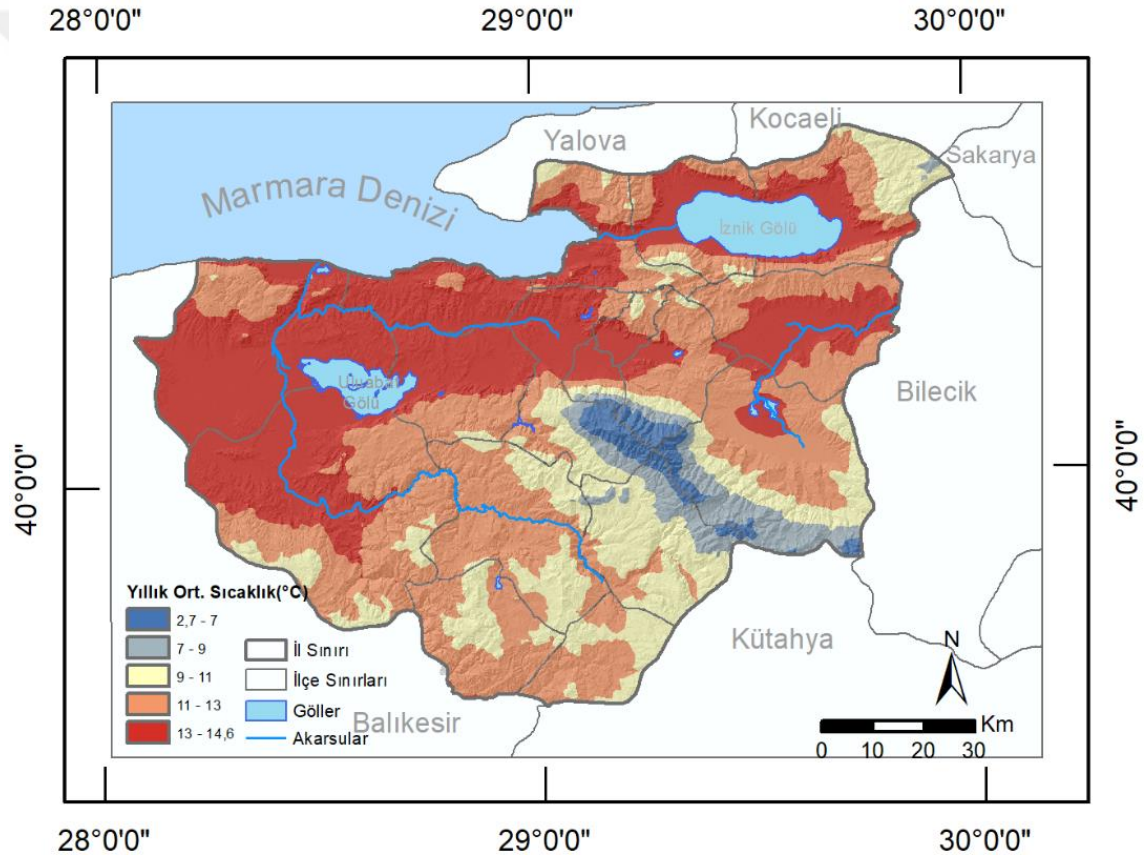
Çalışma alanı genel olarak Akdeniz, Karasal ve Karadeniz iklimleri arasında geçiş özelliği gösteren Marmara iklimi bölgesinde yer alır (Atalay, 1997: 147). İlin genelinde ılıman iklim hakimdir. Köppen iklim sınıflandırmasına göre ilin kuzeyinde Marmara Denizi'ne yakın kesimlerinde Akdeniz iklimini yansıtan “Csa” alt iklim tipi görülürken, güneyindeki yüksek kesimlerde kışları ılık ve yazları serin olan “Csb” iklimi hakimdir (Akbaş & Özdemir, 2018: 124). Ancak yer şekillerine, yükseltiye ve nemliliğe bağlı olarak bölgesel farklılıklar görülmektedir. Kuzeyinde Marmara Denizi'ne kıyısı olması sebebiyle ılıman bir iklim söz konusu iken güneye doğru gittikçe Uludağ'a bağlı olarak yükseltinin artması karasal iklim koşullarının yaşanmasına sebep olmaktadır. İlin yıllık ortalama sıcaklığı 14,6 °C ve ortalama yağış ise 708,7 mm'dir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2021). Sıcaklık ve yağışın dağılışında genel olarak yükseltinin etkili olduğu görülmektedir. Nitekim Uludağ ve çevresi yağışın en fazla, sıcaklığın ise en düşük olduğu yerlerdir.

Çalışma alanı ile ilgili iklim verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) sayfasından alınmıştır. Grafikler için Excel programı kullanılmıştır. Yıllık ortalama sıcaklık ve yağış haritaları Worldclim sayfasından raster veri şeklinde indirilmiş ve kullanılmıştır. İlçe ve mahalle bazlı veriler ise Climate-data adresinden elde edilmiştir.

3.1. SICAKLIK

Sıcaklık, coğrafi şartları ve yaşam faaliyetlerini en çok etkileyen iklim elemanıdır (Erol, 1993: 25). Nitekim canlıların yeryüzünde dağılışı, ekonomik faaliyetler, yaşam tarzları, yetiştirilen tarım ürünleri gibi birçok unsur sıcaklığa bağlı olarak değişiklik gösterir. Sıcaklık birçok şeyi etkilediği gibi sıcaklığın da yeryüzünde dağılışını etkileyen faktörler vardır. Çalışma alanında sıcaklığın dağılışında etkili olan ana unsurlar denizellik ve karasallık ile yükselti olmuştur. Çalışma alanında sıcaklık dağılış haritası (Şekil 10) incelendiğinde yıllık ortalama sıcaklıkların 2,7 ile 14,6 °C arasında değiştiği görülmektedir. Sıcaklıkta ortalama değer ise 12 °C'dir. Sıcaklığın yüksek olduğu alanlar ilin kuzeyinde Marmara Denizi kıyılarına tekabül eden alanlar, Uluabat ve İznik Gölü kıyı kesimleri, ilin batısında Mustafakemalpaşa ve Karacabey Ovaları, ilin orta kesiminde

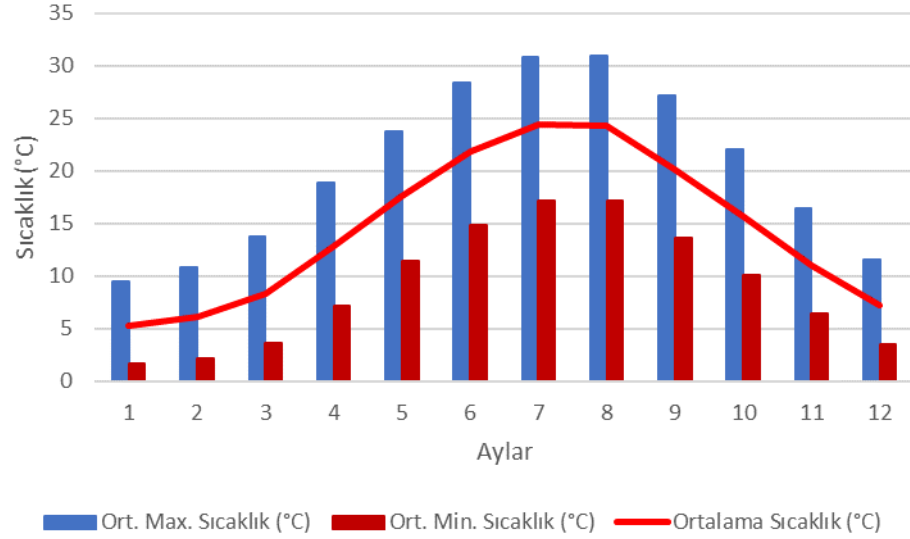
Bursa Ovası ile ilin doğusunda İnegöl ve Yenişehir Ovalarıdır. Bu bölgelerde yıllık ortalama sıcaklıklar 13 ile 14,6 °C arasında değişmektedir. Güneye ve özellikle Uludağ kütlesinin bulunduğu yöne gittikçe yükseltiye bağlı olarak sıcaklık değerlerinin düştüğü gözlenmektedir. İlin kuzeydoğusunda da yine yükseltinin artmasına bağlı olarak sıcaklık değerleri azalmaktadır. Uludağ kütlesinin yüksek kesimlerinde ve kuzeydoğudaki yüksek alanlarda sıcaklık ortalamaları 11 °C'nin altına düşmektedir. Özellikle Uludağ'ın yüksek kesimleri ilde en düşük sıcaklıkların kaydedildiği alanları oluşturmaktadır ve bu alanda sıcaklık değerleri 2,7 ile 7 °C arasında değişiklik göstermektedir. İlin güneyinde ise sıcaklıklar 9 ile 13 °C arasındadır.



Şekil 10. Çalışma alanının ortalama sıcaklık dağılım haritası (Fick & Hijmans, 2017)

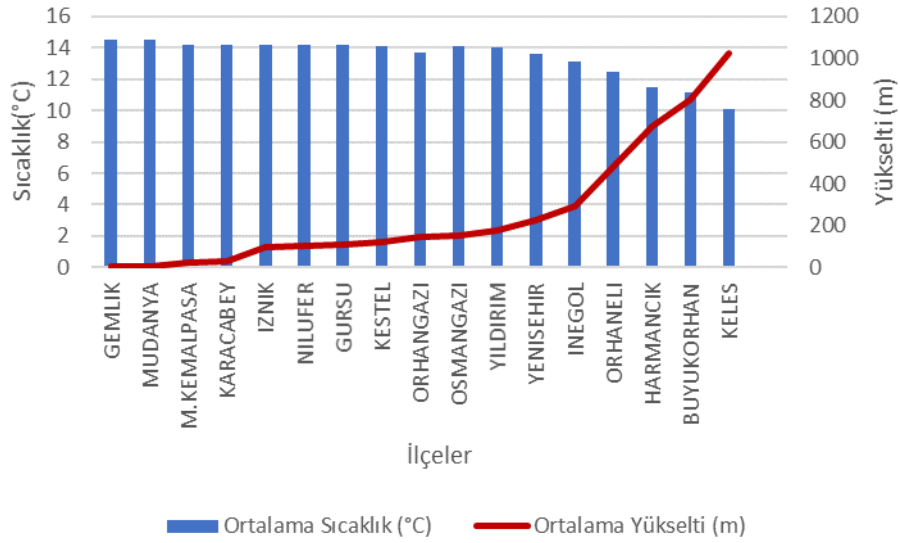
MGM tarafından 1928–2020 yılları arasında yapılan ölçümlere göre Bursa'nın yıllık ortalama sıcaklığı 14,6 °C'dir. Uzun yıllar yapılan ölçümler sonucunda sıcaklık ortalamasının en düşük olduğu aylar 5,3 °C ile ocak ve 6,2 °C ile şubat aylarıdır (Şekil 11). Ortalama sıcaklıkların en yüksek olduğu aylar ise 24,4 °C ile Temmuz ve 24,3 °C ile Ağustos aylarıdır.

Aylık maksimum ve minimum ekstrem değerlere bakıldığında ise en yüksek sıcaklık ortalaması 31,0 °C ile ağustos ve 30,8 °C ile temmuz aylarında görülür. En düşük sıcaklık ortalaması ise 1,7 °C ile ocak ve 2,2 °C ile şubat aylarında görülmektedir. Dolayısıyla ağustos ve temmuz ayı sıcaklıkların en yüksek olduğu aylar iken, ocak ve şubat ayları sıcaklıkların en düşük olduğu aylardır. 1928–2020 tarihleri arasında yapılan ölçümlerde en düşük sıcaklık 24 Ocak 1929 tarihinde -20,5 °C, en yüksek sıcaklık ise 13 Temmuz 2000 tarihinde 43,8 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 11. Bursa'nın minimum, maksimum ve ortalama sıcaklıklarının uzun yıllar ortalaması (1928–2020) (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2021)

Sıcaklıklar ilçe bazında incelendiğinde ortalama sıcaklıkların en yüksek olduğu ilçeler 14,5 °C ile Gemlik ve Mudanya'dır (Şekil 12). Bu ilçeler kuzeyde yer almalarına rağmen sıcaklık ortalamaları yüksektir. Bu da sıcaklık ortalamaları üzerinde yükselti ve karasallık-denizellik faktörlerinin etkisini göstermektedir. Gemlik ve Mudanya'nın ortalama yükseltileri 5 m'dir ve Marmara Denizi'nin kıyısında yer almalarından dolayı nemlilik oranları da yüksektir. Bu da sıcaklık ortalamalarının yüksek olmasına sebep olmuştur.



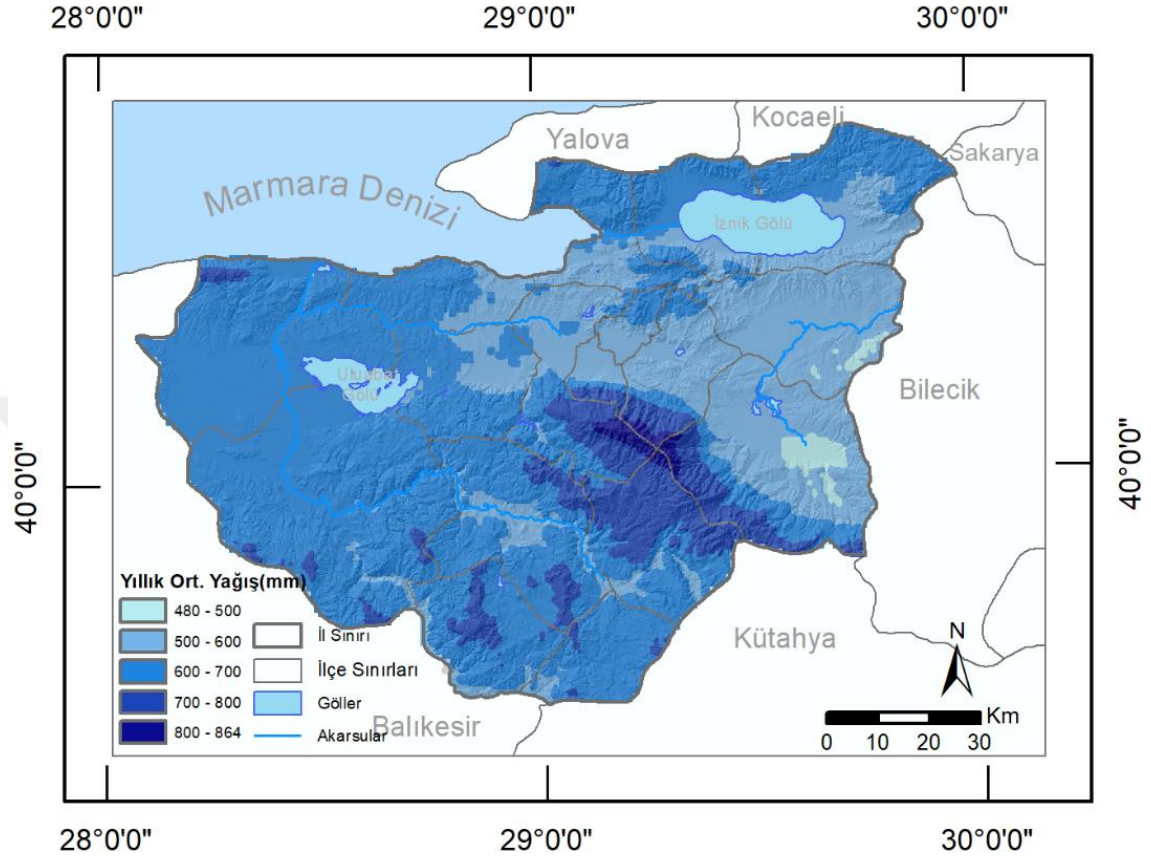
Şekil 12. Çalışma alanındaki ilçelerin yükselti ve ortalama sıcaklık değerleri (Climate.Data-Org, 2021)

Benzer bir durum en düşük sıcaklık değerlerinin görüldüğü Keles ve Büyükşehir ilçeleri için de söz konusudur. En düşük sıcaklık 10,1 °C ile Keles ilçesinde ölçülmüştür. Keles'i 11,2 °C ile Büyükşehir, 11,5 °C ile Harmancık ilçeleri takip etmektedir. Keles 1.025 m ile ortalama yükseltinin en yüksek olduğu ilçedir. Keles'i 801 m ile Büyükşehir ve 677 m ile Harmancık takip etmektedir ve bu ilçeler Bursa'nın denize en uzak olan ilçeleridir. Yükseltilerinin fazla olması ve karasallık sıcaklık değerlerinin düşük olmasında etkili olmuştur.

3.2. YAĞIŞ

Yağışın dağılışında yükselti ve denize yakınlık faktörü etkili olan çalışma alanında yıllık ortalama yağış miktarı 480 mm ile 864 mm arasında değişiklik göstermektedir. Yağışta ortalama değer ise 626 mm'dir. En yüksek yağışlı alanlar Uludağ'ın yüksek kesimleri ile ilin güneyinde kalan yüksek alanlardır ve buralarda yağış değerleri 700 mm'nin üzerine çıkmaktadır (Şekil 13). Karacabey ve Mustafakemalpaşa ilçelerinin neredeyse tamamı, Gemlik, Orhangazi, İznik, Gürsu ve Kestel ilçelerinin kuzeyi ile Nilüfer ve Mudanya'nın batısı yağışın 600-700 mm arasında olduğu yerlerdir. En az yağış alan yerler ise ilin doğusunda yer alan İnegöl ve Yenişehir Ovaları, Gemlik, Orhangazi, İznik ve Gürsu'nun güneyi, Yıldırım ve Osmangazi'nin kuzeyi, Mudanya ve Nilüfer'in batısı, Kestel'in orta kesimleri ve akarsu vadi tabanlarıdır. Buralarda yağış 600 mm'nin

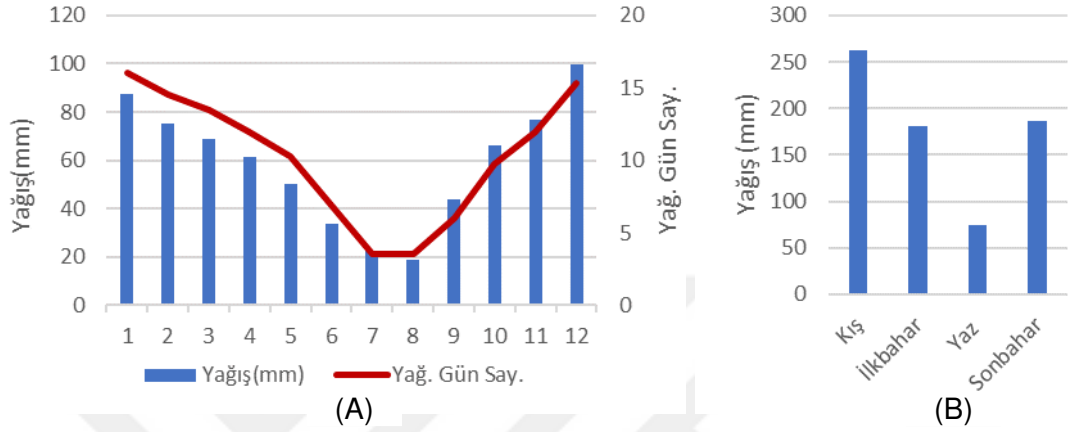
altındadır. İnegöl Ovası'nın doğusu ve Yenişehir Ovası'nın güneydoğusunda yağış değerleri 500 mm'nin da altına düşmektedir.



Şekil 13. Çalışma alanının ortalama yağış haritası (Fick & Hijmans, 2017)

Yıllık ortalama yağış miktarı 708,7 mm'dir. Yağışın mevsimlere göre dağılışı (Şekil 14 B) incelendiğinde en yağışlı mevsim toplamda ortalama 262,1 mm yağışın düştüğü kış mevsimidir. Bu değer bölgeye düşen toplam yağışın yaklaşık %37'sini oluşturmaktadır. Sonbahar yağışları ise 187 mm ile toplam yağışın %26,3'lük bir kısmını oluşturarak ikinci sırada yer alır. İlkbahar aylarındaki toplam yağış miktarı ise 180,9 mm'dir ve bu toplam yağışın %25,5'lik bir kısmını oluşturur. Görüldüğü gibi ilkbahar ve sonbahar yağışları neredeyse eşit oranlara sahiptir. En az yağış yaklaşık %11 ile yaz aylarında düşmektedir ve 74,9 mm'dir. Yağışın aylara göre dağılımına baktığımızda en az yağış 18,7 mm ile ağustos ayında, en fazla yağış ise 99,8 ile aralık ayında görülmektedir (Şekil 14 A).

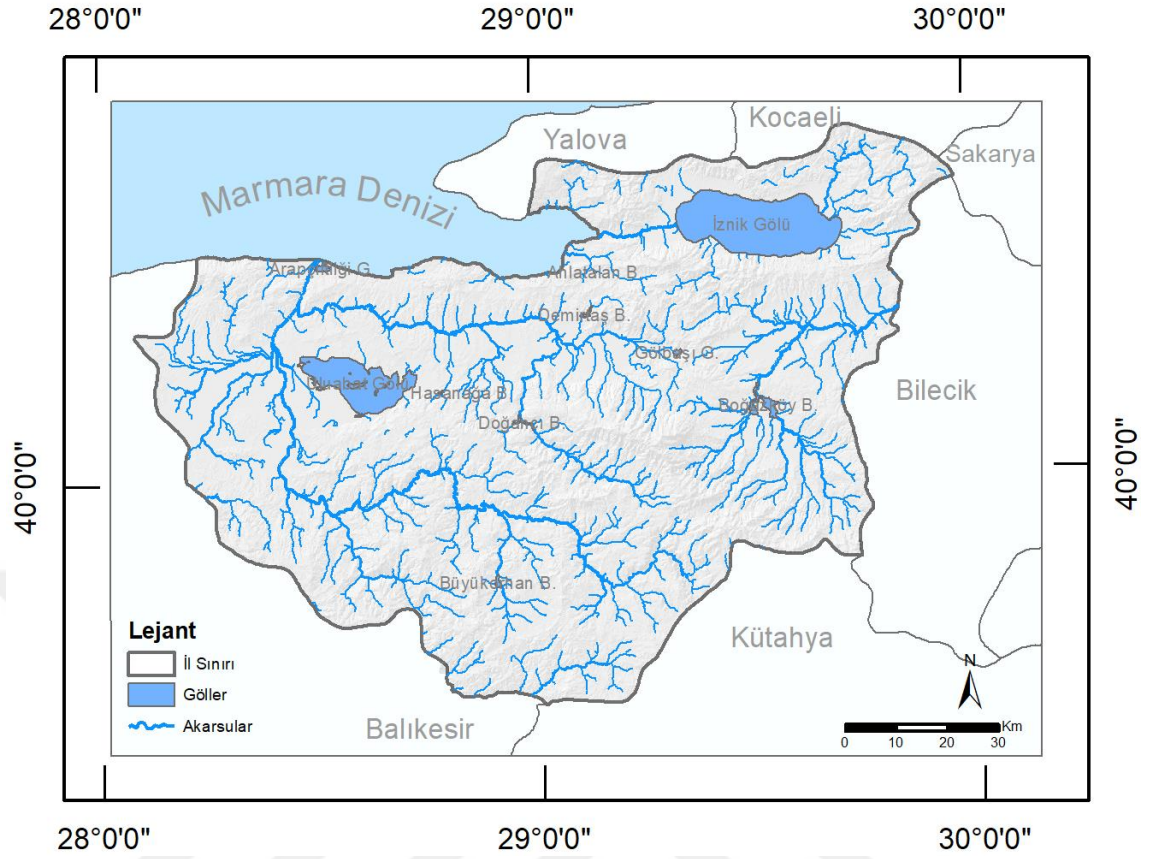
Çalışma alanında yağışlı gün sayılarının dağılışına baktığımızda 16 gün ile ocak ayı ilk sırada yer alır. Onu 15,3 gün ile aralık ayı takip etmektedir. En az yağışlı gün sayısı ise 3,5 gün ile Temmuz ve Ağustos aylarıdır. Günlük toplam en yüksek yağış 02.07.1942 tarihinde 200,9 mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 14. A. Çalışma alanının aylara göre ortalama yağış miktarı ve yağışlı gün sayısı.
B. Çalışma alanındaki ortalama yağışın mevsimlere göre dağılışı

4. HİDROGRAFİK ÖZELLİKLER

Akarsulara yakınlık özellikle sel-taşkın olaylarının mekânsal dağılımında etkili olmaktadır. Aşırı yağışlara bağlı oluşan akımlar akarsu yataklarının su taşıma kapasitelerinden fazla olursa akarsu çevresindeki alanlarda sel-taşkınlar meydana gelebilmektedir. Çalışma alanı gerek akarsular gerekse göller bakımından zengin bir yapıya sahiptir. Şekil 15 çalışma alanındaki göller ve akarsuların haritasını vermektedir. Kocasu Çayı (Kocadere) Güney Marmara'nın en büyük akarsuyu olarak bilinen Susurluk Nehri'nin en kuzeydeki kısmıdır. Susurluk Çayı'na Simav Çayı, Nilüfer Çayı ve Uluabat ve Manyas Gölleri'nin gideğenlerinin birleşmesinden sonra denize kadar uzanan kısmı Kocadere olarak adlandırılır (Kazancı vd., 2014: 5). Karacabey'in kuzeyinde büyük bir delta oluşturarak Marmara Denizi'ne ulaşır. Deltanın doğusunda Arapçiftliği Lagünü ve batısında Dalyan Lagünü yer alır. Mustafakemalpaşa Çayı (Orhaneli Çayı) ise Uluabat Gölü'ne dökülür ve daha sonra bu gölün gideğeni olarak Kocasu Çayı'nı besler. Nilüfer Çayı kaynağını Uludağ'ın güney yamaçlarından alır. Uluabat Gölü kuzeyinden Susurluk Çayı'na karıştıktan sonra Karacabey Boğazı'ndan Marmara Denizi'ne ulaşmaktadır. Nilüfer Çayı üzerinde Doğancı ve Nilüfer Baraj Gölleri yer almaktadır (Solak, Yalılı Kılıç, & Akal Solmaz, 2019: 113).



Şekil 15. Çalışma alanının hidrografya haritası

Göksu Çayı Uludağ'ın doğu yamaçlarında doğup, İnegöl Ovası'nda Kocasu Deresi olarak adlandırılır ve Yenişehir ilçe topraklarından geçerek Sakarya Nehrine dökülür. Göksu Çayı üzerinde Boğazköy Baraj Gölü yer almaktadır. Karasu Deresi (Karadere) İznik Gölü'ne dökülen en büyük akarsudur. Samanlı Dağları'nın güney yamaçlarında Üçpınar adı ile doğar ve kendisine katılan kollarla büyüyerek İznik Gölü'ne kuzeydoğudan dökülür. Karsak Deresi ise gölün fazla sularını batıda Gemlik Körfezi'ne ulaştıran bir gideğen özelliği gösterir.

Çalışma alanında bahsedilen baraj göllerinin dışında birer tektonik çanak içine suların birikmesiyle oluşan İznik Gölü ve Uluabat (Apolyont) Gölleri yer almaktadır. İznik Gölü Gemlik Körfezi'nin doğusunda doğu batı doğrultusunda uzanır. Gölün genişliği 10 km ve uzunluğu 32 km civarındadır. Denizden yüksekliği 85 m olan gölün en derin noktası gölün güneyinde yer alır ve 70 m'nin biraz üzerindedir (Meşeli, 2010: 135). Uluabat Gölü Marmara Denizi'nin güney kesiminde, Bursa kent merkezi ile Karacabey ilçe merkezi arasında yer almaktadır. Gölün alanı mevsimlere ve yıllara göre

240 ile 140 km² arasında değişmektedir. Denizden yüksekliği 8 m olan gölün en derin noktası 10 m'dir (Şen, 2018: 2-3).

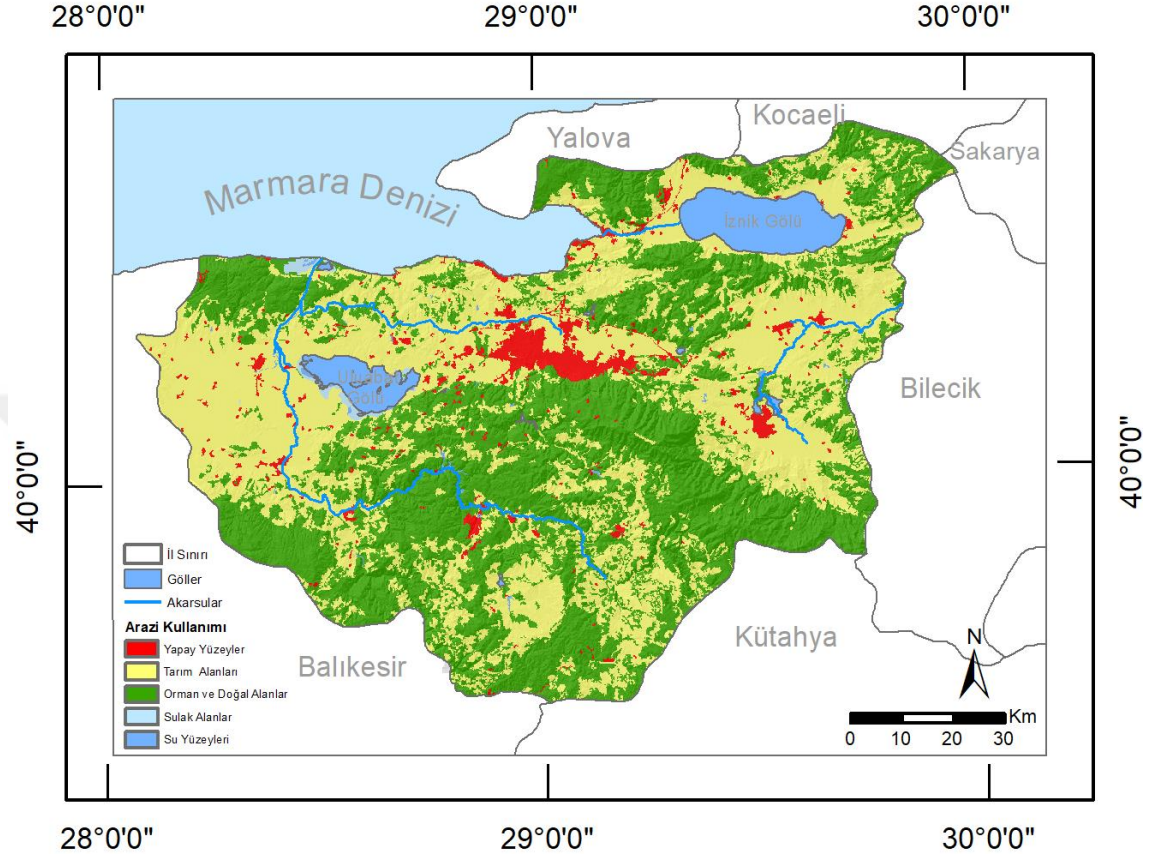
5. ARAZİ KULLANIM ÖZELLİKLERİ

Arazi kullanımı genel olarak fiziki koşullar özellikle de jeomorfolojik yapının kontrolü altındadır. Çalışma alanı fiziki koşullar bakımından farklılık gösterdiği için arazi kullanımı da çeşitlilik göstermiştir. Özellikle son yıllarda sanayileşme faaliyetlerine bağlı olarak gelişen iç göçler sanayileşmenin yüksek olduğu illerde hızlı nüfus artışı ve buna bağlı olarak ortaya çıkan çarpık kentleşmeyi tetiklemiş ve doğal afetlerin neden olduğu can ve mal kayıplarının artmasına sebep olmuştur. Şehirlerde buna bağlı olarak betonlaşmanın artması yüzeysel akışa geçen su miktarını ve sel-taşkın oluşma riskini arttırmıştır. Çalışma alanının kentsel alanı 1955-2018 yılları arasında 868 hektardan 18.720 hektara çıkmıştır. Bu yerleşimin 63 yıl boyunca yılda ortalama 283 hektarlık bir değerle büyüdüğünü göstermektedir (Cürebal, Efe, & Soykan, 2019: 222). Ayrıca çalışma alanı 2019-2020 Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre en çok göç alan 5., nüfus miktarı olarak da 2020 TÜİK verilerine göre 3.101.833 kişi ile 4. büyük şehirdir. Çalışma alanında arazi kullanımı bu sebeple ele alınmıştır.

Bursa'nın arazi kullanımı incelenirken daha önce birçok çalışmada Türkiye'de uygulanabilirliği ortaya konmuş olan Corine arazi kullanım sınıflandırma yöntemi kullanılmıştır. Bunun için 2018 yılına ait Corine arazi örtüsü verisi Copernicus Europe's Eyes on Earth (2021) web sayfasından indirilerek ArcGIS ortamında sayısallaştırılmış ve kullanılmıştır (Şekil 16). Corine sınıflama metodunda üç farklı düzeyde sınıflama yapılmıştır. Bunlardan birinci düzey en genel sınıflamadır ve arazi yapay yüzeyler (1), tarım alanları (2), ormanlık ve doğal alanlar (3), sulak alanlar (4) ve su kütleleri (5) olmak üzere 5 sınıftan oluşmaktadır. İkinci düzeyde 15 ana sınıf ve üçüncü düzeyde ise 44 temel sınıf bulunmaktadır. Bu çalışmada en genel sınıflandırma olan birinci düzey kullanılmıştır.

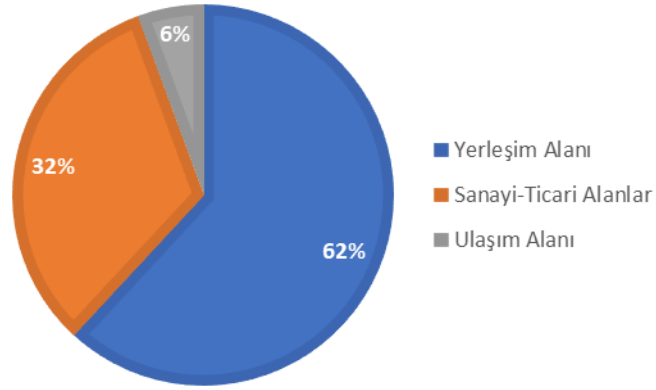
Çalışma alanında 4.997 km² alanı ve %46 oranıyla en geniş alanı tarım arazileri oluşturmaktadır. Orman ve doğal alan ise 4.851 km² alan ve %45 oranıyla ikinci sırada yer almaktadır. Su yüzeyleri 456 km² alan kaplarken yapay yüzeyler 406 km² alan kaplar

ve oransal olarak her ikisi de %4 lük bir paya sahiptir. Sulak alanlar ise 57 km² alana sahiptir.



Şekil 16. Çalışma alanının arazi kullanım haritası (Copernicus Europe's Eyes on Earth, 2021)

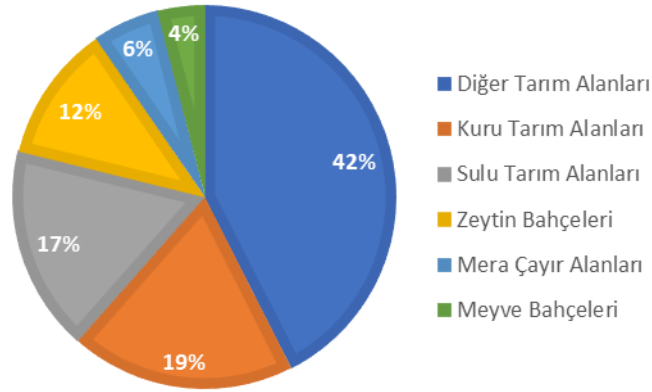
Yapay yüzeyler olarak adlandırılan alan 406 km²'den oluşmaktadır. Toplam arazi içinde %4'lük bir paya sahiptir. Bu alanın büyük kısmını (251 km²) yerleşim alanları oluşturmaktadır (Şekil 17). İkinci sırada 132 km² alan ile sanayi ve ticari alanları gelmektedir. Ulaşım alanları ise sadece 23 km² alan kaplamaktadır. Yapay yüzeyler aynı zamanda doğal afetlerde en fazla zararın görülebileceği yerlerdir. Nitekim bir doğa olayının afet sayılabilmesi için, toplumları ve yerleşim birimleri üzerinde kayıplar meydana getirmesi veya insan faaliyetlerini bozarak veya kesintiye uğratarak bir yerleşme birimini etkilemesi gerekmektedir (Kadioğlu, 2008: 4-5).



Şekil 17. Çalışma alanında yapay yüzeylerin alt sınıfları

Şunu da göz ardı etmemek gerekir ki yapay alanlar toplam alan içinde az bir orana sahip olsa da nüfusun ve sanayi tesislerinin bulunduğu alanlardır ve her geçen gün gelişen sanayi ve hızlı nüfus artışıyla birlikte genişleyen alanlardır. Bu durum çalışma alanında da gözlenmektedir. Nitekim Bursa genel olarak tarım ve sanayi faaliyetlerinin yoğun olduğu bir ildir. Bu da yoğun göç almasını tetiklemekte ve hızlı nüfus artışına sebep olmaktadır. Özellikle Bursa Ovası'nın batı ve kuzey kesimlerinde kentsel alanlardaki hızlı gelişme dikkati çekmektedir (Eser Ünalı, Aksoy, Coşkun, & Özcan, 2007: 381). Bunun sonucu olarak ovada her geçen yıl yerleşim ve sanayiye ayrılan alanlar genişlerken verimli tarım alanları daralmaktadır. Benzer bir durum İnegöl Ovası başta olmak üzere çalışma alanındaki diğer ovalar için de söz konusudur.

Arazi kullanım sınıflandırmasında en geniş alan kaplayan (%46) tarım arazilerinin 2.124 km²'lik kısmını sürekli ürünler ile birlikte bulunan sentetik ürünler, karışık tarım alanları, doğal bitki örtüsü ile birlikte bulunan tarım alanları ve orman tarım arazilerinden oluşan ve sınıflandırmada “diğer tarım alanları” olarak adlandırılan alanlar oluşturmaktadır (Şekil 18). Tahılların, bakliyatların, bazı endüstri bitkilerinin ve bazı yem bitkilerinin yetiştirildiği “kuru tarım alanları” tarım arazileri içinde 950 km² alan kaplamaktadır. Ürün çeşitliliğinin daha fazla olabildiği “sulu tarım alanları” ise 865 km² alan kaplamaktadır. Zeytin bahçeleri 579 km², mera ve çayır alanları 282 km², meyve bahçeleri 197 km² ve üzüm bağları ise 1 km² alan kaplamaktadır. Tarım alanları her ne kadar geniş alan kaplasa da bunun büyük kısmı karışık tarım alanlarından oluşmaktadır.



Şekil 18. Çalışma alanında tarım arazilerinin alt sınıfları

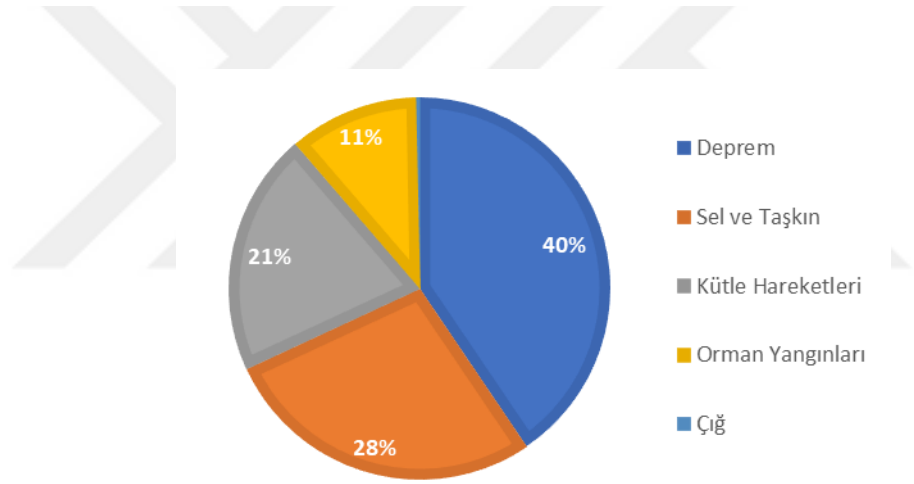
Orman ve doğal alanlar 4.851 km² ile çalışma alanının büyük bir kısmını (%45) oluşturmaktadır. Bu alanın 4.814 km²'lik kısmını ormanlar oluşturmaktadır. Çalışma alanı zengin bir bitki örtüsüne sahip olması sebebiyle “Yeşil Bursa” olarak anılmaktadır. Fakat hızlı nüfus artışına bağlı olarak yerleşim yerleri ve sanayi tesislerinin genişlemesi ormanlık alanları da olumsuz yönde etkilemektedir. Alçaklardaki ormanlar daha çok ıhlamur, kızılâğaç, gürgen ve kestanelerden oluşur. Daha yükseklerde köknar, kayın, karaçam ve meşe ormanları vardır. Uludağ’ın 1.600 m’den daha yüksek kesimlerinde ise Uludağ köknarı ormanları yer almaktadır. Ormanlar genel olarak başta Uludağ ve ilin güneyinde (Keles, Büyükorhan, Orhaneli, Harmancık ve Mustafakemalpaşa’nın güney kesimleri) başta olmak üzere yükseltinin 1.000 m’nin üzerinde olduğu alanlarda yer almaktadır. Doğal alanlar içinde yer alan çıplak kayalıklar 21 km² alan kaplar ve Uludağ’ın çok yüksek kesimlerinde, artık sıcaklığın hiçbir bitkinin yetişmesine el vermeyecek kadar düştüğü alanlarda görülmektedir. 8 km² alan kaplayan kumullar ise daha çok Karacabey’in kuzeyinde Kocasu Deltası’nda geniş alan kaplamaktadır.

Çalışma alanında sulak alanlar 57 km² alan kaplar ve bataklıklardan oluşur. Bu alanlar İznik ve Uluabat Gölü kıyıları ile Kocasu deltasında yer almaktadır. Su yüzeyleri olarak tanımlanan alan ise 456 km² alan kaplar ve akarsuları, gölleri ve denizle kaplı alanları içine alır. Uluabat ve İznik Gölleri bu alanın en büyük su yüzeyleridir.

İKİNCİ BÖLÜM

DOĞAL TEHLİKE ENVANTERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmada Bursa ilinde meydana gelen deprem, kütle hareketleri, sel-taşkınlar, orman yangınları ve çığ tehlikeleri ele alınarak incelenmiştir. Çalışma lokasyon bazlı bir çalışmadır. Bu sebeple aynı tarihte meydana gelen bir doğal tehlike etkilediği mahalle sayısına göre değerlendirilmiştir. Çalışma aynı zamanda olay tabanlı bir çalışmadır ve bu doğrultuda büyüklüğüne ve etki oranına bakılmaksızın ulaşılan her bir olay insanları etkileme oranına bakılmaksızın doğal tehlike olarak değerlendirilmiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda çalışma alanında 1.695 doğal tehlike tespit edilmiştir. Bu tehlikelerden 687 tanesi deprem (%40), 467 tanesi sel-taşkınlar (%28), 349 tanesi kütle hareketleri (%21), 187 tanesi orman yangınları (%11) ve 5 tanesi çığlardan oluşmaktadır (Şekil 19).



Şekil 19. Çalışma alanında incelenen doğal tehlikelerin oransal dağılımı

Bu bölümde çalışma alanında yaşanan doğal tehlikeler tek tek ele alınmıştır. Öncelikli olarak çalışma alanında yaşanan doğal tehlikelerin ilçe ve mahalle ölçeğinde dağılışı ele alınmış, daha sonra yaşanmış doğal tehlikelere birkaç örnek verilmiştir. Son olarak da doğal tehlikelerin yıllara, aylara ve mevsimlere göre zamansal dağılışı ele alınmıştır.

1. DEPREMLER

Türkiye’de 1950- 2008 yılları arasında meydana gelen doğal afetler incelendiğinde depremler afetzede sayısı bakımından %55 oranla ilk sırada yer alırken

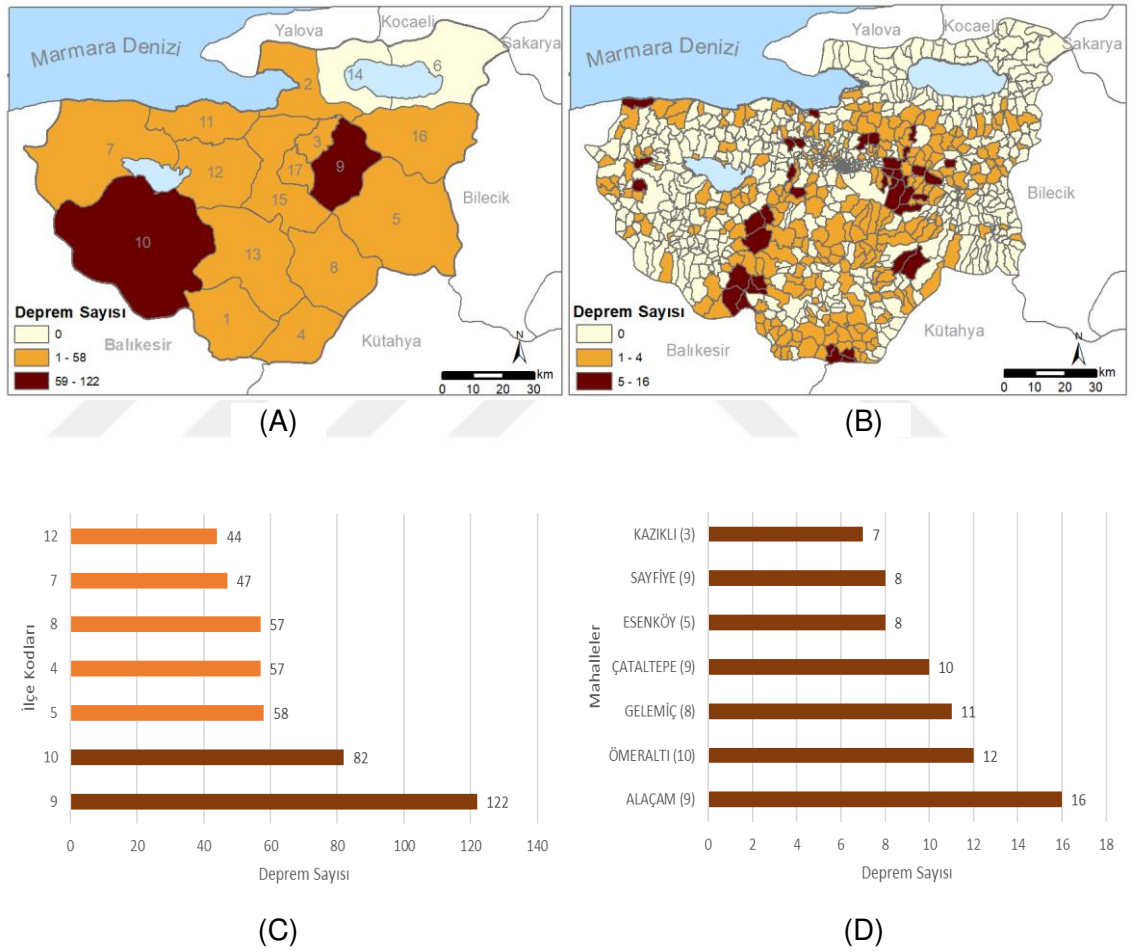
afet olay sayısı bakımından %18’lik bir oranla heyelanlardan sonra ikinci sırada yer almaktadır. Şunu da belirtmek gerekir ki afet olay sayısında dikkate alınan depremler hasarlara sebep olan ya da hasar tespit çalışması gerektiren depremlerdir (Gökçe, Özden, & Demir, 2008: 10-11). Ülkemizde yıkılan konut sayısı dikkate alındığında depremler %76 ile ilk sırada, heyelanlar ise %10 ile ikinci sırada yer almaktadır (Özmen, Nurlu, Kuterdem, & Temiz, 2005: 1472).

1.1. DEPREMLERİN MEKÂNSAL DAĞILIŞI

Bursa Kuzey Anadolu Fay Zonu ile Ege Açılım Sistemi olmak üzere iki aktif fay kuşağı arasında yer almaktadır. Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi verilerine göre merkez üssü Bursa, büyüklüğü 3 ile 10 arasında olan 687 adet deprem tespit edilmiştir. 1855 yılında yaşanan 9 ve 10 büyüklüğündeki toplam 2 deprem dışındaki bütün depremler büyüklük olarak 3 ile 5,7 arasındadır. Çalışma alanı çevresinde meydana gelen diğer depremlerden de etkilenmiştir. Örneğin 17 Ağustos 1999’da meydana gelen Gölcük depreminde Bursa ilinde toplam 63 konut ağır, 434 konut orta, 940 konut hafif hasara uğramıştır. Bursa iline bağlı yerleşim birimlerinde 10 kişi ölmüş ve 511 kişi yaralanmıştır (Özmen, 2000: 132). Ancak çalışma Bursa ili ile sınırlı olduğu için merkez üssü Bursa dışında olan depremler bu çalışmada dikkate alınmamıştır.

Çalışma alanında tespit edilen depremlerden 122 (%18) tanesi Kestel ilçesinde meydana gelmiştir (Şekil 20 A ve C). M. Kemalpaşa 82 (%12) deprem ile ikinci sıradadır. İnegöl, Harmancık, Keles, Karacabey, Nilüfer, Orhaneli ve Yenişehir 40’tan fazla olayın tespit edildiği ilçelerdir. İznik ve Orhangazi ilçelerinde hiç deprem görülmemiştir ancak bu ilçeler fay hatlarının geçtiği sahalardadır ve yine de deprem açısından tehlikeli alanlardır. Nitekim deprem verilerinin elde edildiği Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi web sayfasında tarihsel depremler başlığı altında İznik’te meydana gelen 4 farklı yıkıcı depremden bahsedilmektedir. Ancak bu depremler için verilen koordinatlar Bursa ili sınırları içinde olmadığı için bu çalışmada dikkate alınmamıştır. Yıldırım 3, Gemlik ise 8 olay ile en az sayıda deprem görülen ilçeler arasındadır.

Mahalle bazında dağılışı incelendiğinde Kestel Alaçam 16, M. Kemalpaşa Ömeraltı 12, Keles Gelemiş 11 ve Kestel Çataltepe 10 olay ile en çok deprem görülen mahalleler arasındadır (Şekil 20 B ve D). İnegöl Esenköy ve Kestel Sayfiye Mahalleleri'nde 8 deprem görülmüştür. Mudanya Altıntaş, Gürsu Kazıklı, Mustafakemalpaşa Alacaat, Harmancık Gedikören, Nilüfer Atlas, Kestel Orhaniye ve Ümitalan Mahalleleri'nde 7 deprem olayı tespit edilmiştir. 80 mahallede 3 ve üzerinde deprem kayıtlara geçmiştir. 305 mahallede en az 1 deprem yaşanmış. Diğer mahallelerde deprem kaydedilmemiştir.



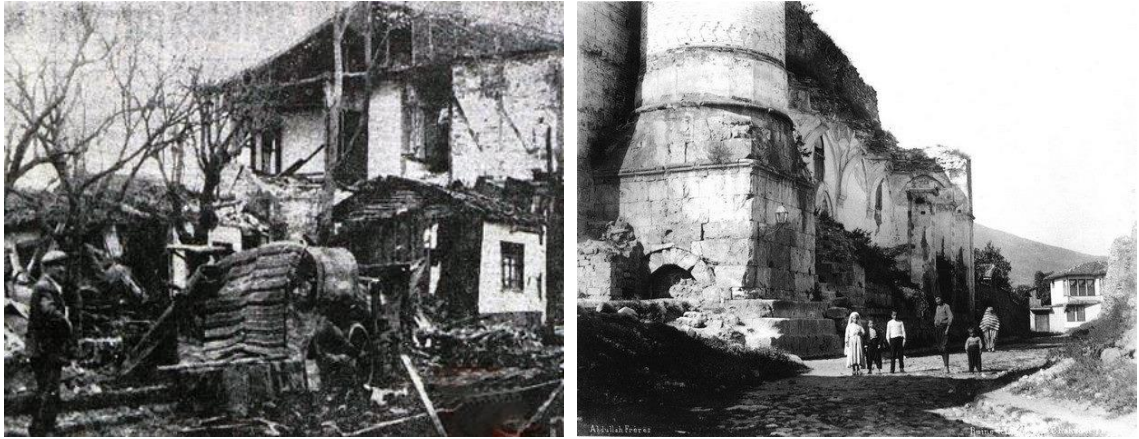
Şekil 20. Çalışma alanında incelenen depremlerin **A.** ilçelere dağılımı, **B.** mahallelere dağılımı, **C.** en çok deprem görülen 7 ilçesi, **D.** en çok deprem görülen 7 mahallesi

1.2. YAŞANMIŞ DEPREMLERE ÖRNEKLER

Bursa tarihinde yıkıcı olan birçok depreme sahne olmuştur. Kandilli verilerine göre 9 ve üzerinde büyüklüğe sahip tarihi depremler incelendiğinde çalışma alanında 7 deprem

kayıtlara geçmiştir. İlk deprem 24 Kasım 29 tarihinde İznik ve İzmit'te yaşanmıştır. 170, 358, 427, 1064, Şubat 1855 ve Nisan 1855 yılları yine büyük depremler olarak kayıtlarda görünse de 1855 yılında meydana gelen iki deprem dışındaki depremlerin merkez üssü koordinatları Bursa ili sınırları dahilinde değildir.

1674 ve 8 Ağustos 1705 yıllarında meydana gelen depremler Bursa da büyük hasara sebep olan diğer depremler olarak tarihi kayıtlara geçmişlerdir. Ancak tarihi depremlerden en büyük hasara sebep olan 1855 yılında meydana gelen 2 Mart ve 12 Nisan tarihli iki depremdir (Fotoğraf 3). Bu depremler ilde çok büyük hasarlara sebep olmuştur ve 3,5 ay boyunca da devam etmiştir. İlk depremden sonra insanlar tam yeni yeni evlerine girmeye ve normal hayatlarına devam etmeye çalışırken ikinci depremin meydana gelmesi hem hasar ve ölü sayısını arttırmış hem de insanların psikolojileri üzerinde olumsuz sonuçlar ortaya çıkarmıştır.



Fotoğraf 3. Bursa'da Mart 1855'te yaşanan depremin fotoğrafları (Günedoğuş Haber, 2017)

Nisan ayında meydana gelen ikinci depremden sonra çarşıdaki bir kahvehanede çıkan yangın lodosla yayılmış ve hasarın daha da fazla olmasına sebep olmuştur (Fotoğraf 4). Eski belgelerde ikinci depremin 500 kadar cami, han, hamam ve evin yanı sıra 1.000'den fazla dükkânın da zarar görmesine sebep olduğu belirtilmektedir. Deprem sadece merkez ilçelerde değil Mudanya, Soğanlı, Doğancı, Kayapa, Hasanağa, Demirci, Akçalar gibi birçok yerleşim yerinde de hasara sebebiyet vermiştir. Depremin verdiği hasar bazı eserlerde 3.000 ev olarak geçmektedir. Vefat eden kişi sayısı ise mart ayında meydana gelen ilk depremde 300 ve Nisan ayında meydana gelen ikinci depremde 1.300

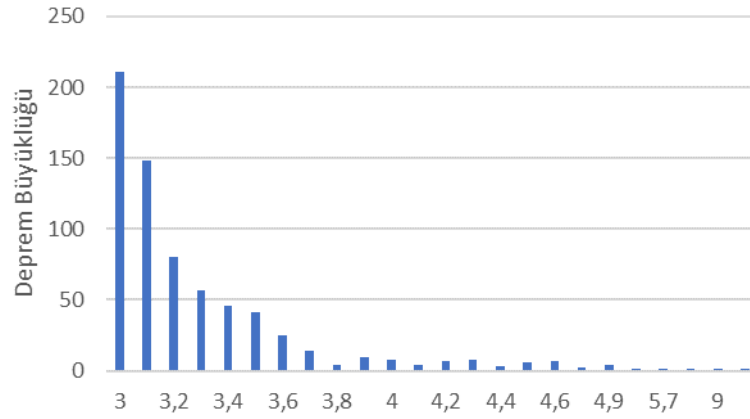
kişi olarak verilmektedir. Bazı eserlerde vefat eden kişi sayısı 2.000'den fazla olarak kayda geçmiştir (Özcan, 1999: 96).



Fotoğraf 4. 1855 Bursa depremlerinin fotoğrafları (Bursa Sancak Gazetesi, 2019)

Çalışma alanıyla ilgili Ekim 1964-Temmuz 2020 tarihleri arasındaki deprem kayıtlarında büyüklüğü en fazla olan deprem 7.0 ile merkez üssü Karacabey Okçular Mahallesi olan depremdir. Bu deprem 6 Ekim 1964 tarihinde meydana gelmiştir. Bazı kaynaklarda Manyas depremi diye bahsi geçen depremde Mustafakemalpaşa'da 1.137 konut yıkık ya da ağır, 608 konut orta, 8.848 konut hafif hasar görmüştür. Karacebey'de ise 1.187 konut yıkık veya ağır, 550 konut orta ve 2.952 konut hafif hasar görmüştür.

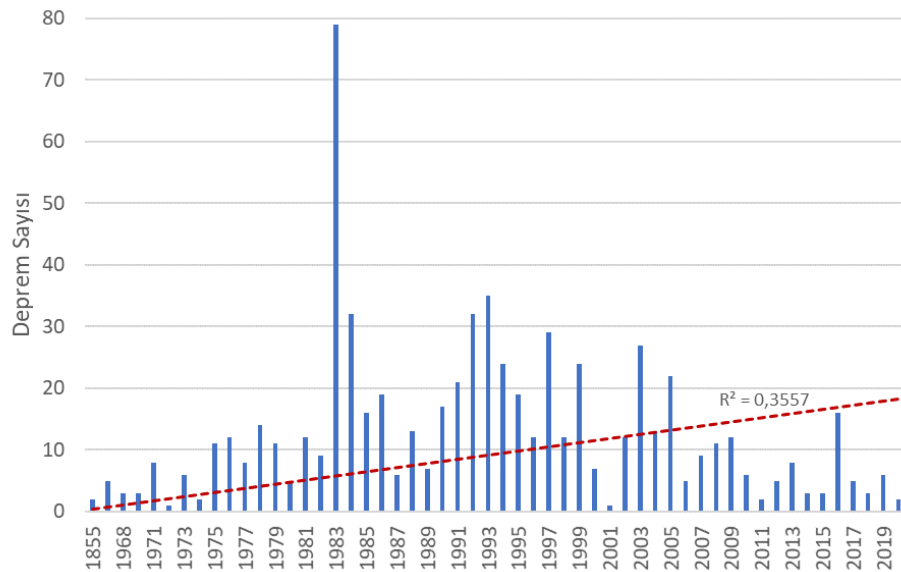
Aynı gün Karacabey Tophisar merkezli 5.7 büyüklüğünde bir deprem daha meydana gelmiştir. Bunlar dışında Bursa'da meydana gelen depremlerin büyüklüğü 5'i geçmemiştir ve yıkım veya can kaybı yaşanmamıştır. Bu üç büyük deprem dışında çalışma alanındaki depremlerden %92'si 3-4 arasında büyüklüktedir (Şekil 21).4-5 büyüklüğündeki deprem sayısı 49 ve 5 ve üzerinde olan deprem sayısı ise 2 tanedir. Dolayısıyla alışma alanında tarihi depremler ve 1964 yılındaki deprem dışında yıkıcı etkiye sahip deprem kayıtlara geçmemiştir.



Şekil 21. Bursa'da meydana gelen depremlerin büyüklüklerine göre dağılımı

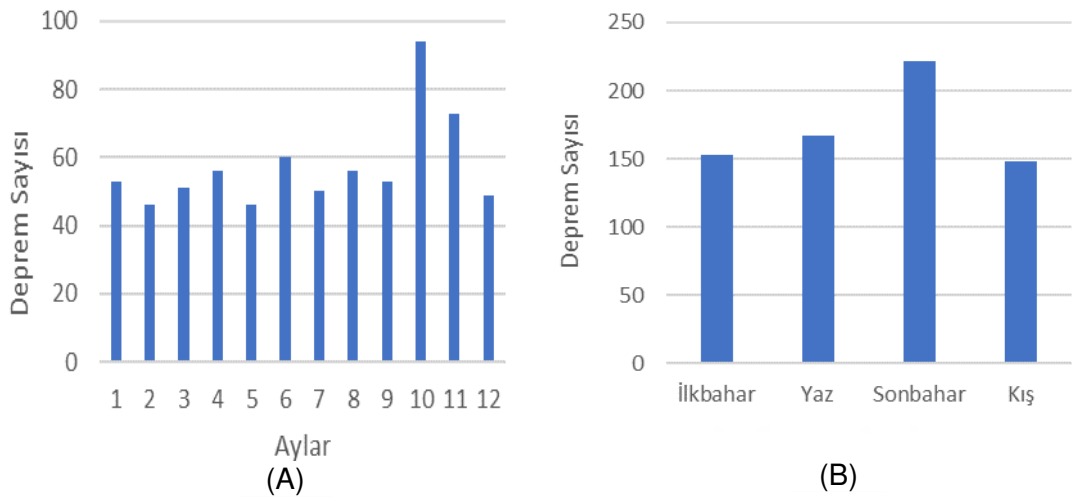
1.3. DEPREMLERİN ZAMANSAL DAĞILIŞI

Çalışma alanında meydana gelen depremlerin yıllara göre dağılışı incelendiğinde 1983 yılı 79 deprem ile en çok depremin kaydedildiği yıldır (Şekil 22). Yıllara göre deprem sayılarında düzenli bir artış veya düzenli bir azalma söz konusu değildir. Bununla birlikte 1980-2000 yılları arasında 430 deprem kaydedilmiştir ki bu toplam depremlerin %63'üne tekabül etmektedir. 2000-2020 yılları arasında ise 171 deprem kayıtlara geçmiştir. Bunlardan sadece 53 tanesi 2010-2020 yılları arasında gerçekleşmiştir. Dolayısıyla deprem sayılarında yakın tarihlerde bir azalma olduğunu söylemek mümkündür. Bununla birlikte şekilde kırmızı kesik çizgilerle gösterilen trend eğrisi deprem sayılarında az da olsa bir yükselme eğilimi olduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 22. Bursa'da meydana gelen depremlerin yıllara göre dağılımı

Deprem her ne kadar iç kuvvetler tarafından tetiklenen afetler olsa da depremler ile mevsimler arasındaki bağlantılar araştırmacıların incelediği konular arasındadır. Çalışma alanında meydana gelen depremlerin aylara göre dağılışı incelendiğinde 96 olay ile ekim ayı en çok deprem kaydedilen aydır (Şekil 23 A). Kasım ayı en çok deprem kaydedilen ikinci aydır. Bunun yanında depremler hemen hemen bütün aylarda eşit oranda yaşanmıştır denilebilir. En çok deprem yaşanan mevsim 222 olay ile sonbahar mevsimi olmuştur. Diğer mevsimlerde yaşanan deprem sayısı 150 civarındadır (Şekil 23 B).



Şekil 23. Bursa'da meydana gelen depremlerin **A.** aylara göre dağılımı, **B.** mevsimlere göre dağılımı

2. KÜTLE HAREKETLERİ

Kütle hareketleri, bir yamacı oluşturan doğal kaya, toprak veya yapay dolgu malzemesinin ya da bunların kombinasyonundan oluşan malzemelerin aşağı ya da dışa doğru hareket etmesi ve yer değiştirmesi olarak tanımlanır (Varnes, 1978: 11). Kütle hareketleri jeolojik, hidrolojik ve jeomorfolojik koşulların; bitki örtüsü, arazi kullanımı, insan aktiviteleri tarafından etkilenmesi ve yağış ve depremlerin sıklığı ve şiddeti tarafından kontrol edilmesi sonucunda ortaya çıkarlar (Soeters & Van Westen, 1996: 129). Çalışmada kütle hareketleri içinde heyelanlar ve kaya düşmeleri ele alınmıştır.

2.1. HEYELANLAR

Türkiye'deki afet olaylarının sayısına baktığımızda heyelanlar %45'lik oran ile ilk sırada gelmektedir. Hasarlı konut sayısı açısından bakıldığında ise %10'luk bir oran

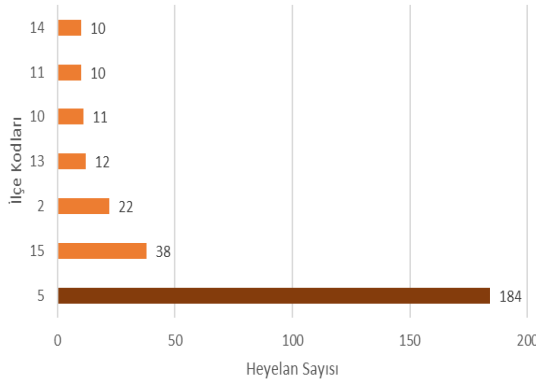
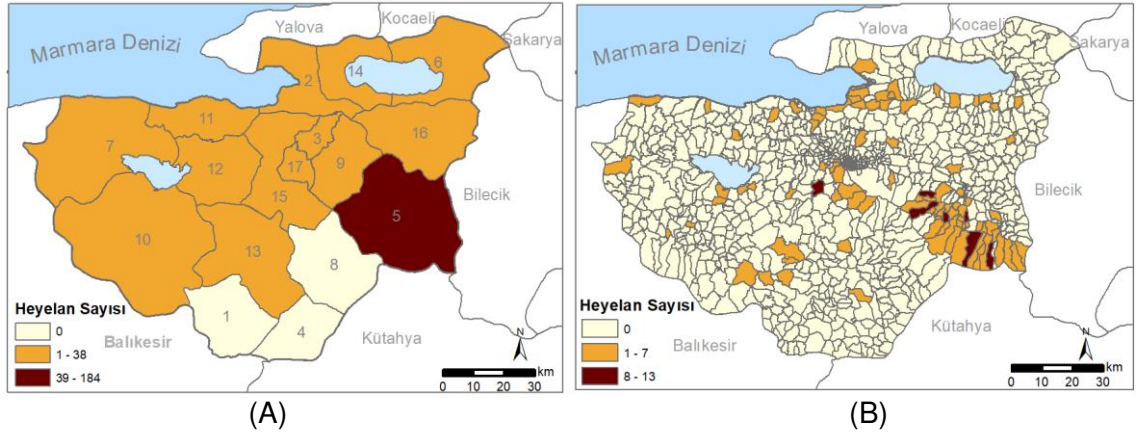
ile depremlerden sonra ikinci sıradadır (Özmen vd., 2005: 1472). Afettede sayısı açısından değerlendirildiğinde %21 ile yine depremlerden sonra ikinci sırada yer almaktadır. Türkiye’de iller bazında afet sayısı dağılımına bakıldığında ise Bursa 100–500 arasında olay sayısına sahip olarak 5 grup içinde orta sınıfta yer almaktadır (Gökçe vd., 2008: 10-11).

2.1.1. Heyelanların Mekânsal Dağılımı

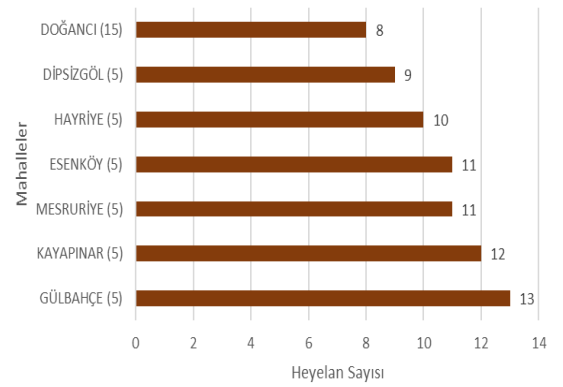
Yapılan araştırmalar sonucunda çalışma alanında 319 tane heyelan olayı tespit edilmiştir. Bu heyelanlar sonucunda 21 kişi ölmüş ve 1.825 konut hasar görmüştür.

Heyelanların dağılışı ilçeler bazında incelendiğinde Büyükorhan, Keles ve Harmancık ilçeleri hariç bütün ilçelerde heyelan olayı görülmüştür (Şekil 24 A ve C). İnegöl heyelan olaylarının yarıdan fazlasının görüldüğü ilçedir. Heyelanların 184 (%58) tanesi İnegöl ilçesinde meydana gelmiştir. Osmangazi ilçesi 38 (%12) olay ile ikinci, Gemlik ise 22 (%7) olay ile üçüncü sırada yer almıştır. Orhaneli, Mustafakemalpaşa, Mudanya Orhangazi ve İznik heyelan oranı %2 ile %4 arasında değişen ilçelerdir. Yenişehir, Kestel, Gürsu, Nilüfer ve Karacabey ilçelerinde heyelan sayısı 5’in altındadır.

Mahallelere göre heyelanların dağılışı incelendiğinde toplamda 7 ve üzerinde heyelan görülen mahalle sayısı 10 tanedir (Şekil 24 B ve D). Bu mahallelerden 7 tanesi (Gülbahçe, Kayapınar, Mesruriye, Esenköy, Hayriye, Dipsizgöl ve Tüfekçikonak) yine İnegöl’de yer almaktadır. İnegöl’ün özellikle güney ve güneybatısında kalan mahalleler heyelanın en fazla görüldüğü mahallelerdir. Bu mahalleler İnegöl’ün Uludağ yamaçlarında yer alan mahalleleridir. Bununla birlikte Osmangazi Doğancı Mahallesi 8, Orhangazi Sölöz Mahallesi 7, Yıldırım Mollaarap Mahallesi 7 heyelan ile heyelanın yoğun yaşandığı diğer mahallelerdir. İnegöl’ün Kıran, Paşaören, Karakadı, Süle, Hacıkara, Konurlar, Muratbey ve Turgutalp Mahalleleri ile Osmangazi’nin Hamzabey Mahallesi’nde 6 heyelan olayı tespit edilmiştir. Çalışma alanında 38 mahallede 3 ve üzerinde, 112 mahallede ise en az 1 heyelan olayı görülmüştür. Diğer mahallelerde kayıtlara geçmiş heyelan olayına rastlanmamıştır.



(C)

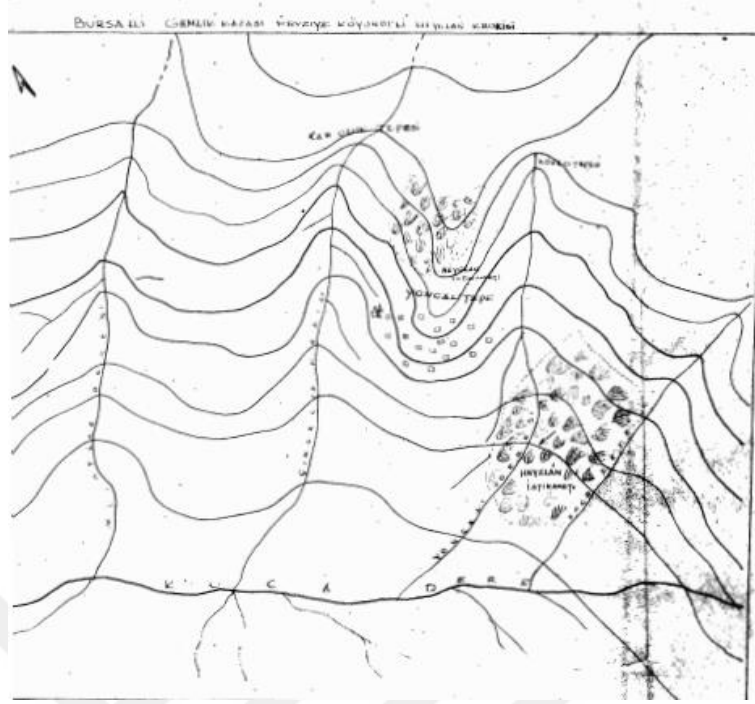


(D)

Şekil 24. Çalışma alanında incelenen heyelanların **A.** ilçelere dağılımı, **B.** mahallelere dağılımı, **C.** en çok heyelan görülen 7 ilçesi, **D.** en çok heyelan görülen 7 mahallesi

2.1.2. Yaşanmış Heyelanlara Örnekler

En eski heyelan 1925 yılında Gemlik Fevziye köyünde meydana gelmiştir. Fevziye köyündeki heyelan 1955, 1959 yıllarında tekrarlanmıştır. Burada meydana gelen heyelan 1959 yılında yapılan etüt sonucu kroki ile gösterilmiştir (Şekil 25).



Şekil 25. Gemlik'in Fevziye Mahallesi'nde meydana gelen heyelanların krokisi (Mesken Genel Müdürlüğü Araştırma Dairesi Başkanlığı, 1960)

22.2.1963 tarihinde İnegöl Doğanyurdu Mahallesi'nde meydana gelen heyelanda 44 ev zarar görmüştür. Bununla ilgili köye nisan ayında bir etüt düzenlenmiş ve mayıs ayında bir rapor hazırlanmıştır. Fotoğraf 5 bu rapordaki resimlerden bazılarını göstermektedir. Doğanyurdu köyünde ayrıca 1988 ve 2016 tarihlerinde tekrar heyelan olayı gerçekleşmiştir.



Fotoğraf 5. 1963'te İnegöl'ün Doğanyurdu Mahallesi'nde meydana gelen heyelana ait fotoğraflar (T.C. İmar ve İskan Bakanlığı Planlama ve İmar Genel Müdürlüğü Şehircilik Dairesi Başkanlığı, 1963)

İnegöl'ün Gülbahçe Mahallesi'nde 1965–2012 yılları arasında 13 heyelan meydana gelmiştir. Bu heyelanlar sonucunda 31 ev hasar görmüştür. 8.6.2012 yılında gerçekleşen heyelan sonucunda mahalleyi İnegöl'e bağlayan yol kullanılamaz hale gelmiştir (Fotoğraf 6).



Fotoğraf 6. 2012'de İnegöl'ün Gülbahçe Mahallesi'nde meydana gelen heyelana ait fotoğraflar (Sondakika Gazetesi, 2012)

İnegöl Hayriye Mahallesi 10 heyelan ile yoğun heyelan yaşanan bir diğer mahalledir. Bu heyelanlar sonucunda 2 ev hasar görmüştür. Hayriye Mahallesi'nde 6 Haziran 2017 tarihinde aşırı yağışlar sonrasında yaşanan heyelan sonucunda kırsal mahalleleri birbirine bağlayan yol çökmüştür (Fotoğraf 7).



Fotoğraf 7. 2017'de İnegöl'ün Hayriye Mahallesi'nde meydana gelen heyelana ait fotoğraf (E-İnegöl Gazetesi, 2017)

İnegöl'ün Konurlar ve Muratbey Mahalleleri'nde lodosla birlikte yüksek kesimlerdeki karların erimesi sonucu heyelan meydana gelmiştir (Fotoğraf 8). Bu heyelan sebebiyle Konurlar Mahallesi'nin giriş ve çıkış yolu zarar görmüş. Köyü Bahariye Mahallesi'ne bağlayan yol tamamen kapanırken İnegöl'e bağlayan yolun da yarısı çökmüştür. Kayan topraklar Muratbey Mahallesi'ndeki evlere de tehdit oluşturmuştur.



Fotoğraf 8. 2015'te İnegöl'ün Konurlar ve Muratbey Mahalleleri'nde yaşanan heyelana ait fotoğraflar (Bursada Bugün Gazetesi, 2015a)

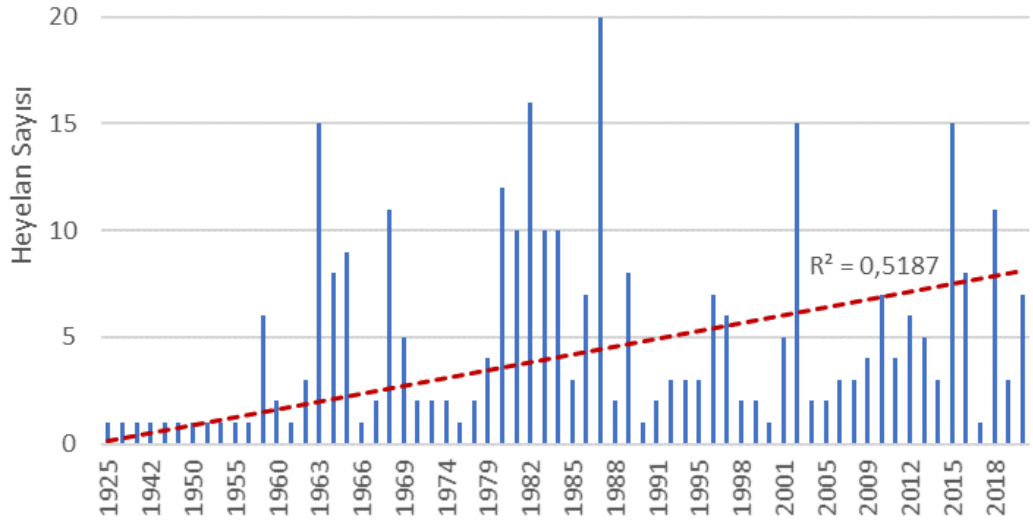
Osmangazi Doğancı Mahallesi'nde 2014–2020 yılları arasında 8 heyelan yaşanmış. Bu heyelanların tamamı Orhaneli Keles yolunda meydana gelmiştir. 15.9.2020 tarihinde Osmangazi Doğancı Mahallesi'nde Orhaneli Keles yolu heyelanlar bölgesinde meydana gelen heyelan sonucunda iş makinesinin içinde olan bir kişi hayatını kaybetmiştir (Fotoğraf 9).



Fotoğraf 9. 2020'de Osmangazi'nin Doğancı Mahallesi'nde meydana gelen heyelana ait fotoğraf (Bursada Bugün Gazetesi, 2020)

2.1.3. Heyelanların Zamansal Dağılışı

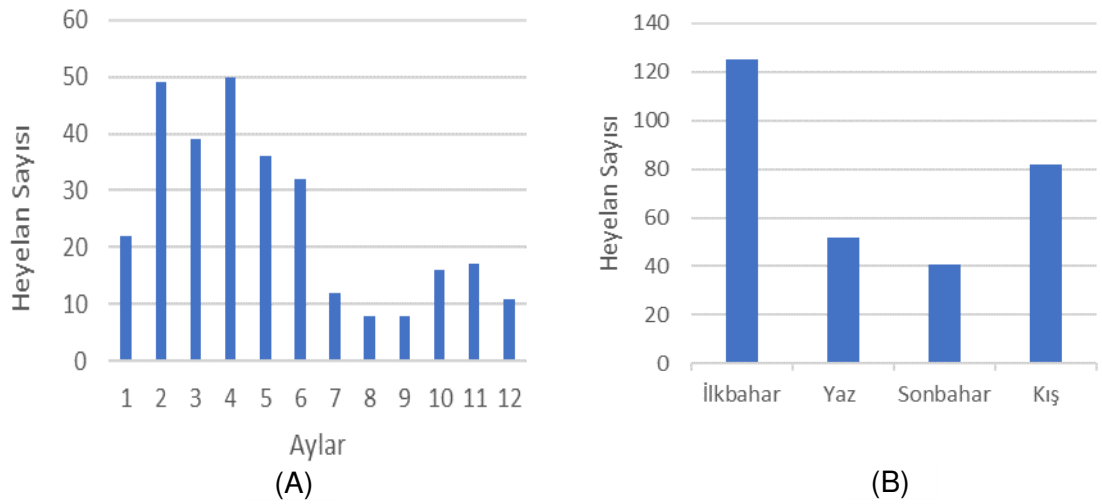
Bursa'da 1925-2020 yılları arasında meydana gelen 319 heyelan olayının yıllara göre dağılışı incelendiğinde büyük değişkenlik gösterdiği görülmektedir (Şekil 26). 1987 yılı 20 heyelan ile en fazla heyelan yaşanan yıldır. 1982 yılı 16 heyelan ile en çok heyelan olayının kaydedildiği ikinci yıldır. 1963, 2002 ve 2015 yılı 15 heyelan ile üçüncü sırada yer alır. Bununla birlikte 1968, 1980, 1981, 1983, 1984 ve 2018 yılları 10 ve üzerinde heyelanın görüldüğü yıllardır. Şekilde yıllara göre heyelanların dağılışı incelendiğinde heyelan sayılarında düzenli bir artış ya da azalışın olmadığı görülse de kırmızı kesik çizgilerle gösterilen trend eğrisi heyelan sayılarının artma eğiliminde olduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 26. Çalışma alanında heyelanların yıllara göre dağılımı

On yıllık dönemler halinde gruplandırıldığında en fazla heyelan toplamda 98 heyelan ile 1980-1989 yılları arasında görülmüştür. 1990-1999 yılları arasında 29, 2000-2009 yılları arasında 35 ve 2010-2020 yılları arasında ise toplamda 70 heyelan görülmüştür. 10 yıllık periyotlar halinde heyelan sayıları incelendiğinde 1980 yılı sonrasında heyelan sayılarında düzenli bir artışın gerçekleştiği görülmektedir.

Tespit edilen heyelan olaylarından 300 tanesinin meydana geldiği ay bilinirken, 19 heyelan olayının ise hangi aylarda meydana geldiği tespit edilememiştir. Aylara göre heyelanların dağılışı incelendiğinde 50 heyelan ile nisan ayı ilk sırada yer almaktadır (Şekil 27 A). 49 heyelan ile şubat ikinci sırada yer alır. En az heyelan (8) ağustos ve eylül aylarında görülmüştür. Mevsimsel olarak bakıldığında ilkbahar 125 olay ile toplam heyelanların %42'sinin gerçekleştiği mevsimdir (Şekil 27 B). İlkbaharda hem yağışlar hem de kar erimeleri ile toprağın suya doygun hale gelmesi heyelan olaylarının artmasında etkili olmuştur. İlkbaharı 82 heyelan ile kış mevsimi takip etmektedir ki kış mevsimi çalışma alanına en fazla yağışın düştüğü mevsimdir. Sonbahar 41, yaz mevsimi ise 52 heyelan ile heyelanların en az görüldüğü mevsimlerdir. Yaz aylarında haziran ayı 32 heyelan ile en fazla heyelanın görüldüğü aydır. Çalışma alanında heyelanların mevsimsel dağılışında yağışların ve kar erimelerinin etkili olduğu görülmektedir.



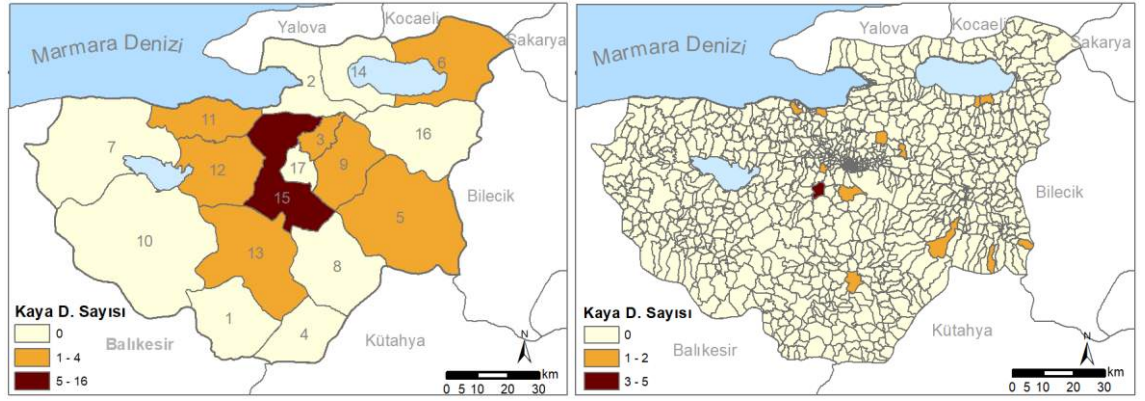
Şekil 27. Çalışma alanında meydana gelen heyelanların **A.** aylara göre dağılımı, **B.** mevsimlere göre dağılımı

2.2. KAYA DÜŞMELERİ

Kaya düşmeleri jeolojik karakterli doğal afetlerdendir. Litoloji, eğim, süreksizlikler, bitki örtüsü, ayrışma gibi faktörlere bağlı olarak gelişmektedir (Şener, 2019: 419). Kaya düşmeleri diğer tehlikelere kıyasla daha dar alanlarda etkili olan bir doğal afettir. Ancak altyapıya ve etkilenen kişilere verdiği hasar ciddi sonuçlarla birlikte yüksek olabilir (Volkwein vd., 2011: 2617). Türkiye’de afet olay sayısına göre doğal afetlerin dağılışına bakıldığında kaya düşmeleri %10’luk bir orana sahiptir. Afettede sayısı açısından %7’lik bir orana sahiptir (Gökçe vd., 2008: 10-11). Hasarlı konut açısından bakıldığında ise %4’lük bir orana sahiptir (Özmen vd., 2005: 1472).

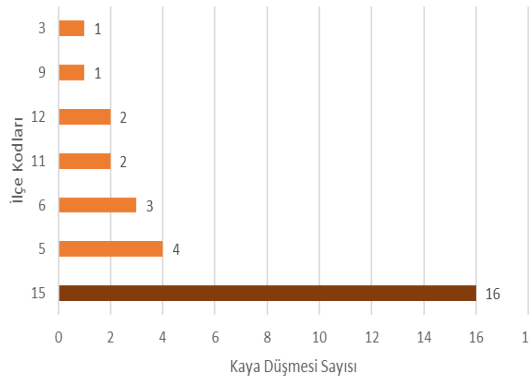
2.2.1. Kaya Düşmelerinin Mekânsal Dağılışı

Çalışma alanında 30 kaya düşmesi tespit edilmiştir. Bu kaya düşmeleri sonucunda elde edilen verilere göre toplamda 7 kişi hayatını kaybetmiş ve 117 ev zarar görmüştür. Kaya düşmelerinden 16 (%53) tanesi Osmangazi ilçesinde, 4 (%13) tanesi de İnegöl ilçesinde meydana gelmiştir (Şekil 28 A ve C). İznik’te 3, Nilüfer ve Mudanya’da 2, Kestel, Orhaneli ve Gürsu’da 1 kaya düşmesi olayı tespit edilmiştir. Mustafakemalpaşa, Orhangazi, Yıldırım, Karacabey, Yenişehir, Harmancık, Gemlik, Büyükorhan ve Keles ilçelerinde kaya düşmesi olayına rastlanmamıştır.

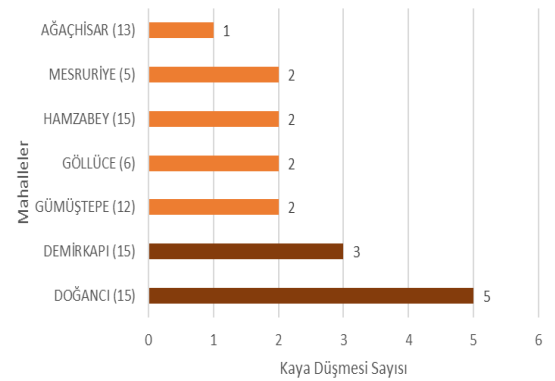


(A)

(B)



(C)



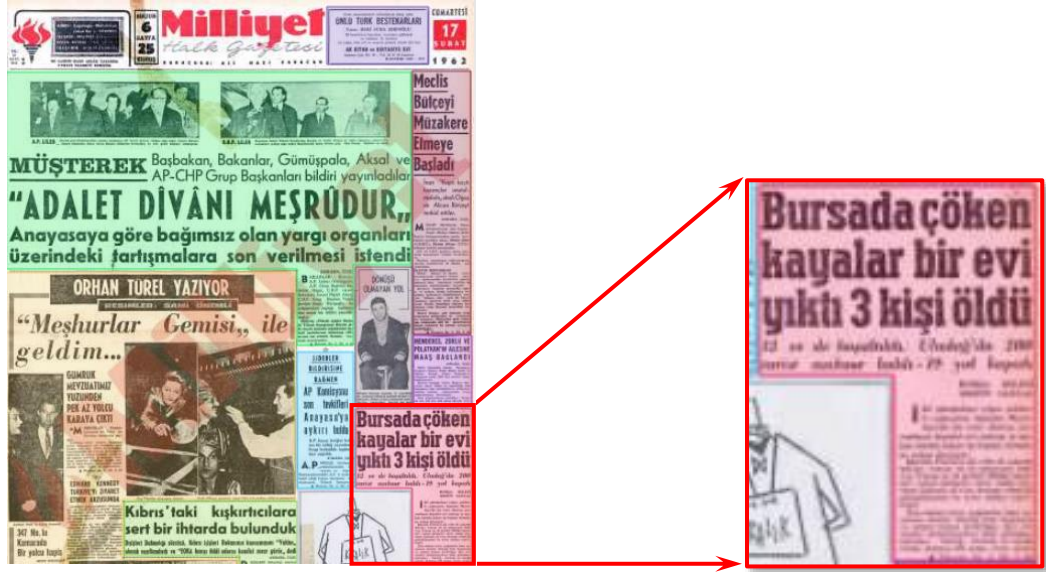
(D)

Şekil 28. Çalışma alanında incelenen kaya düşmelerinin **A.** ilçelere dağılımı, **B.** mahallelere dağılımı, **C.** en çok kaya düşmesi görülen 7 ilçesi, **D.** en çok kaya düşmesi görülen 7 mahallesi

Mahalle bazında veriler incelendiğinde Osmangazi ilçesinde özellikle Doğancı Mahallesi'nde 5 ve Demirkapı Mahallesi'nde 3 kaya düşmesi olayı görülmüştür (Şekil 28 B ve D). İnegöl Mesruriye, Osmangazi Hamzabey, Nilüfer Gümüştepe ve İznik Göllüce Mahalleleri'nde 2 kaya düşmesi olayına rastlanmıştır. Çalışma alanında 21 mahallede en az 1 kaya düşmesi olayı tespit edilmiş, diğer mahallelerde kaya düşmesi olayına rastlanmamıştır.

2.2.2. Yaşanmış Kaya Düşmelerine Örnekler

En eski kaya düşmesi 17.2.1962 yılında Osmangazi Muradiye Mahallesi'nde gerçekleşmiş ve 3 kişinin ölümüne ve 12 evin de zarar görerek boşaltılmasına sebep olmuştur (Fotoğraf 10).



Fotoğraf 10. 1962 yılında Osmangazi'nin Muradiye Mahallesi'nde gerçekleşen kaya düşmesine ait haber (Milliyet Gazetesi, 1962)

Osmangazi Doğancı Mahallesi, özellikle Doğancı Barajı mevkii diğer bir ifadeyle Orhaneli-Keles-Harmancık karayolu aşırı yağışlar veya kar yağışları sonucunda heyelan ve kaya düşmelerinin en yoğun yaşandığı alanlardandır. 14.3.2012 (Fotoğraf 11 A) ve 23.2.2016 (Fotoğraf 11 B) tarihlerinde Osmangazi ilçesi Doğancı Mahallesi'nde meydana gelen kaya düşmesi sürücülere zor anlar yaşatmıştır. Olay esnasında yolda taşıt bulunmaması sonucu can ve mal kaybı yaşanmamıştır. Bu yol üzerinde Mart 2018, Mayıs ve Haziran 2014 tarihlerinde ayrıca 3 farklı kaya düşmesi daha meydana gelmiştir.



(A)



(B)

Fotoğraf 11. A. 2012 (Bursada Bugün Gazetesi, 2012) ve B. 2016 (Bursada Bugün Gazetesi, 2016) tarihlerinde Osmangazi ilçesi Doğancı Mahallesi'nde meydana gelen kaya düşmesine ait fotoğraflar

18.2.2015 tarihinde İnegöl ilçesinin Mesruriye ve Bahçekaya Mahalleleri arasındaki yol büyük kaya bloklarının yola düşmesiyle kapanmıştır (Fotoğraf 12 A). 21.6.2015 tarihinde aynı yol üzerinde üç haftadır süren yağışlara bağlı olarak hem heyelan hem de kaya düşmesi olayları yaşanmış ve yol tekrar ulaşımına kapanmıştır (Fotoğraf 12 B). Haberde aynı alanda sürekli kaya düşmesi olayının yaşandığına dair de bilgi verilmiştir.



(A)

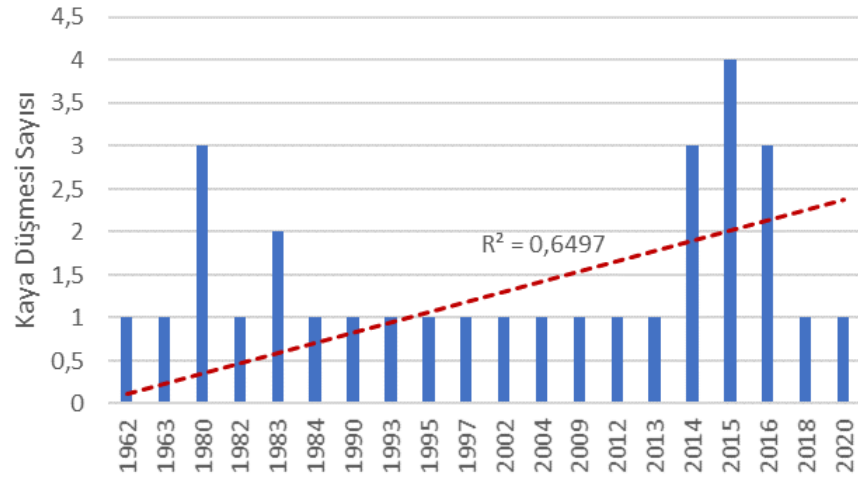


(B)

Fotoğraf 12. A. Şubat 2015 (Bursada Bugün Gazetesi, 2015d) ve B. Haziran 2015 (Bursada Bugün Gazetesi, 2015e) tarihlerinde İnegöl'ün Mesruriye ve Bahçekaya Mahalleleri'nde meydana gelen kaya düşmelerine ait fotoğraflar

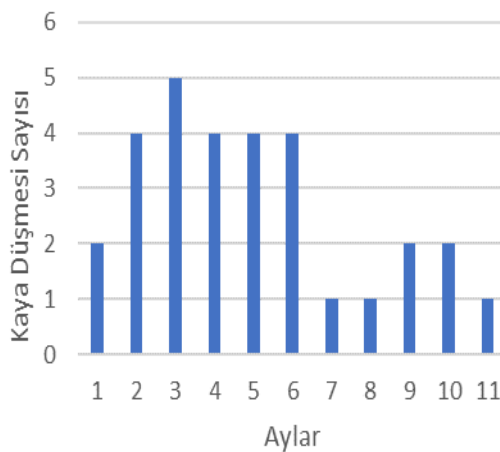
2.2.3. Kaya Düşmelerinin Zamansal Dağılışı

Çalışma alanındaki kaya düşmeleri en çok 4 olay ile 2015 yılında gerçekleşmiştir (Şekil 29). 1980, 2014 ve 2016 yılları 3 olay ile ikinci sırada yer alır. 1983 yılında 2 olay meydana gelmiştir. Diğer yıllarda sadece birer kaya düşmesi olayı kaydedilmiştir. Şekilde kesik kırmızı çizgilerle gösterilen trend eğrisi kaya düşmesi sayılarının artma eğiliminde olduğunu ortaya koymaktadır.

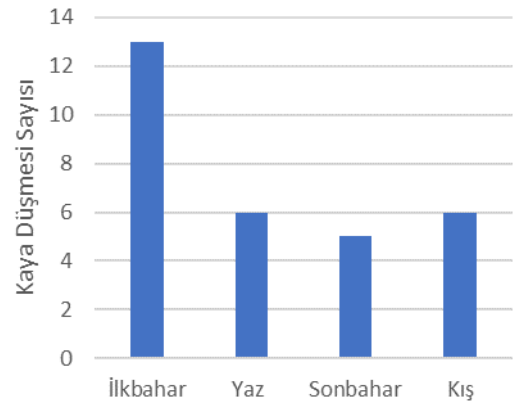


Şekil 29. Çalışma alanındaki kaya düşmelerinin yıllara göre dağılımı

Aylara göre dağılışı incelendiğinde en fazla kaya düşmesi 5 olay ile mart ayında gerçekleşmiştir (Şekil 30 A). Şubat, nisan, mayıs ve haziran ayları 4 olay ile ikinci sırada yer almaktadır. Meydana gelen kaya düşmelerinin mevsimsel olarak dağılışı incelendiğinde heyelanlarda olduğu gibi ilkbahar mevsimi 13 olay ile en çok kaya düşmesinin gerçekleştiği mevsimdir (Şekil 30 B). Bunda yağışlarla birlikte kar erimeleri sonrasında toprağın suya doymun hale gelmesi etkili olmuştur. Kaya düşmesinin en az görüldüğü mevsim ise 5 olay ile sonbahardır. Yaz ve kış mevsimlerinde 6 kaya düşmesi görülmüştür.



(A)



(B)

Şekil 30. Çalışma alanında meydana gelen kaya düşmelerinin **A.** aylara göre dağılımı, **B.** mevsimlere göre dağılımı

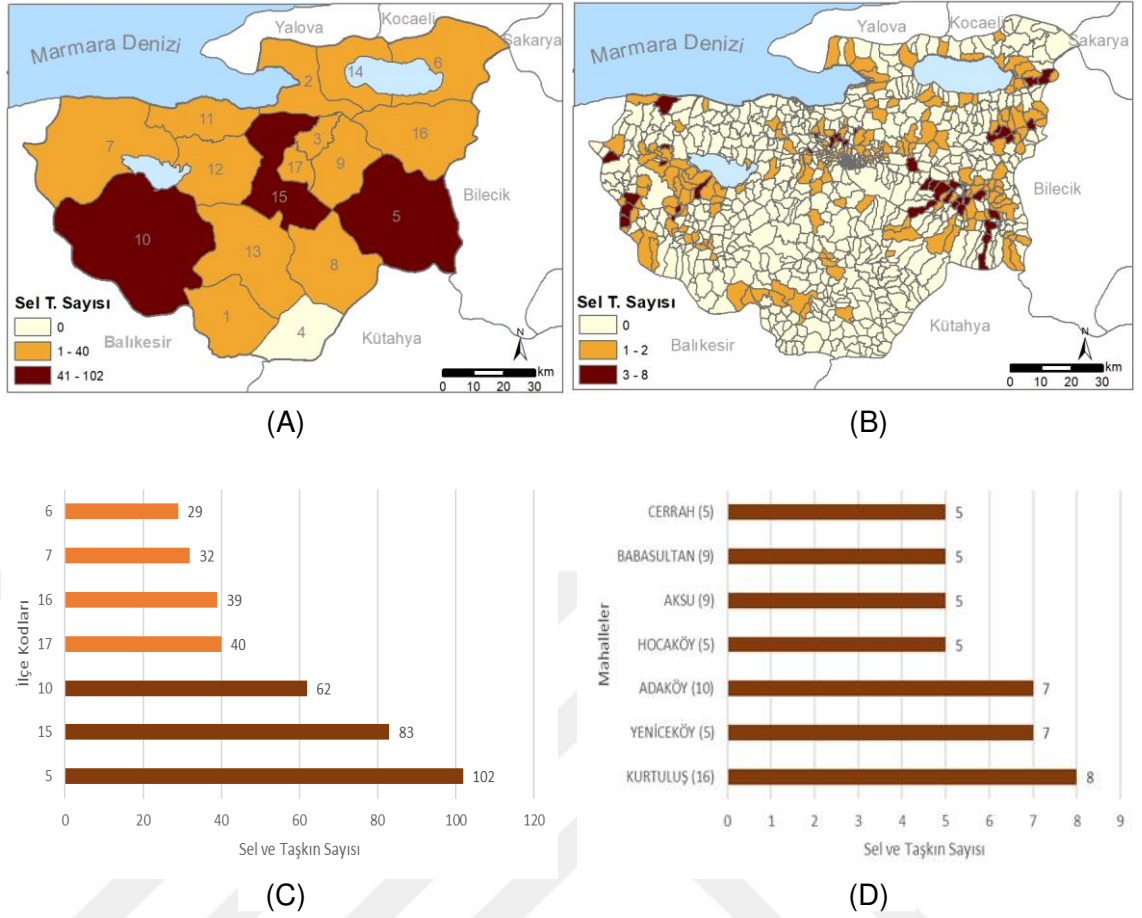
3. SEL-TAŞKINLAR

Sel-taşkın aşırı yağış veya karların erimesi sonucu karaların geçici olarak sular altında kalmasıdır. Barajların yıkılması da sel-taşkın olayını tetikleyebilmektedir. Sel-taşkın olayları sayısına baktığımızda Türkiye’de meydana gelen doğal afetlerin %14 ünü sel-taşkınlar oluşturmaktadır. Afetlerde sayısı bakımından sel-taşkınların oranı %8’dir (Gökçe vd., 2008: 10-11). Hasarlı konut sayısına bakıldığında ise sel-taşkınlar %9’luk bir orana sahiptir (Özmen vd., 2005: 1472).

3.1. SEL-TAŞKINLARIN MEKÂNSAL DAĞILIŞI

Yapılan araştırmalar sonucunda çalışma alanında 467 adet sel-taşkın olayı tespit edilmiştir. Bu sel-taşkınlar sonucunda 617 konut hasar görmüş ve 49 kişi hayatını kaybetmiştir. Sel-taşkınların en çok yaşandığı ilçe 102 olay ile İnegöl ilçesidir (Şekil 31 A ve C). Onu 83 olay ile Osmangazi ve 62 olay ile Mustafakemalpaşa ilçeleri takip etmektedir. Yıldırım’da 40, Yenişehir’de 39, Karacabey’de 32, İznik’te 29, Kestel’de 23, Nilüfer’de 15 ve Gemlik’te 14 sel-taşkın olayı tespit edilmiştir. Harmancık’ta hiç sel-taşkın olayı görülmezken, Büyükorhan ve Keles 3, Gürsu, Mudanya ve Orhangazi 5 ve Orhanlı 7 olay ile sel-taşkınların en az görüldüğü ilçelerdir. Sel-taşkın olaylarının dağılımını etkileyen en önemli faktör yer şekilleridir. Sel-taşkınların en çok görüldüğü ilçeler sırasıyla İnegöl, Osmangazi, M. Kemalpaşa, Yıldırım, Karacabey ve Yenişehir ilçeleridir. Bu ilçeler ovalarda kurulmuş ilçelerdir. Buralarda eğimin az olması, yüksek kesimlerden gelen yağış sularının birikerek sel-taşkınları tetiklemesine sebep olmuştur. İlin güneyinde kalan ilçeler ise yükseltinin ve engebenin daha fazla olduğu ilçelerdir. Buralarda yağış ovalara göre daha fazla olmasına rağmen eğimin fazla olması yağış sularının yüzeysel akışa geçmesine sebep olmuş ve sel-taşkın olaylarının daha az yaşanmasında etkili olmuştur.

Mahalleler bazında sel-taşkınların dağılımı incelendiğinde 292 mahallede en az bir sel-taşkın olayı yaşanmıştır (Şekil 31 B ve D). 4 ve daha fazla sel-taşkın olayının görüldüğü mahalle sayısı 21 tanedir ve bunların yarısı (11) İnegöl ilçesinin mahalleleridir. Yenişehir Kurtuluş Mahallesi 8, İnegöl Yeniceköy Mahallesi ve M. Kemalpaşa’nın Adaköy Mahalleleri 7 sel-taşkın ile en çok sel-taşkın olayının yaşandığı mahallelerdir. İnegöl Hocaköy ve Cerrah, Kestel Aksu ve Babasultan, Osmangazi Panayır, Yıldırım Duaçınarı ve M. Kemalpaşa Şevketiye Mahalleleri’nde 5 sel-taşkın olayı tespit edilmiştir.



Şekil 31. Çalışma alanında incelenen sel-taşkınların **A.** ilçelere dağılımı, **B.** mahallelere dağılımı, **C.** en çok sel-taşkın görülen 7 ilçesi, **D.** en çok sel-taşkın görülen 7 mahallesi

3.2. YAŞANAN SEL-TAŞKINLARA ÖRNEKLER

22 Haziran 2020 tarihli yaşanan sel-taşkın Bursa'nın 18 farklı mahallesinde etkili olmuş (Fotoğraf 13). Aşırı yağışlar sonucunda ortaya çıkan sel-taşkın olayında Kestel Kayacık Mahallesi'nde 5 kişi ve Dudaklı Mahallesi'nde 1 engelli kişi olmak üzere sel-taşkın olayında 6 kişi hayatını kaybetmiştir. Kestel'de 17 adet kuzu, 58 adet arı kovanı ve 400 adet kanatlı hayvan sel-taşkından zarar görmüştür. Yaşanan sel-taşkın sonucunda Kestel, Orhangazi ve İznik ilçelerinde 7 ağır hasarlı ve 26 hafif hasarlı bina tespit edilmiş. Bununla birlikte Kestel (12.000), Yenişehir (7.250), Gürsu (5.000), İznik (3.250), İnegöl (2.500) ve Orhangazi (500) ilçelerinde toplamda 30.500 dönüm tarım arazisi zarar görmüştür (Bursa Valiliği, 2020).



Fotoğraf 13. Haziran 2020’de Bursa’nın 18 farklı mahallesinde etkili olan sel-taşkınlara ait fotoğraflar (Hürseda Haber Gazetesi, 2020)

12 Ocak 1968 tarihinde yaşanan sel-taşkın sebebiyle Bursa’nın merkez ilçeleri olan Osmangazi, Nilüfer, Yıldırım ve Gürsu ilçelerinde birçok alan sular altında kalmıştır (Fotoğraf 14). Yıldırım’da 9 ev tamamen yıkılmış ve 42 ev oturulamaz hale gelmiştir. Osmangazi Yunuseli Mahallesi’nde çöken bir evde 1 kız çocuğu ölmüş ve 4 kişi yaralanmıştır. Gürsu’da 25 ev yıkılmıştır. Birçok köyde evler sel-taşkın sebebiyle boşaltılış ve köylerin merkezle bağlantıları kesilmiştir.



Fotoğraf 14. 1968’de Bursa’nın merkez ilçelerinde yaşanan sel-taşkın haberi (Milliyet Gazetesi, 1968)

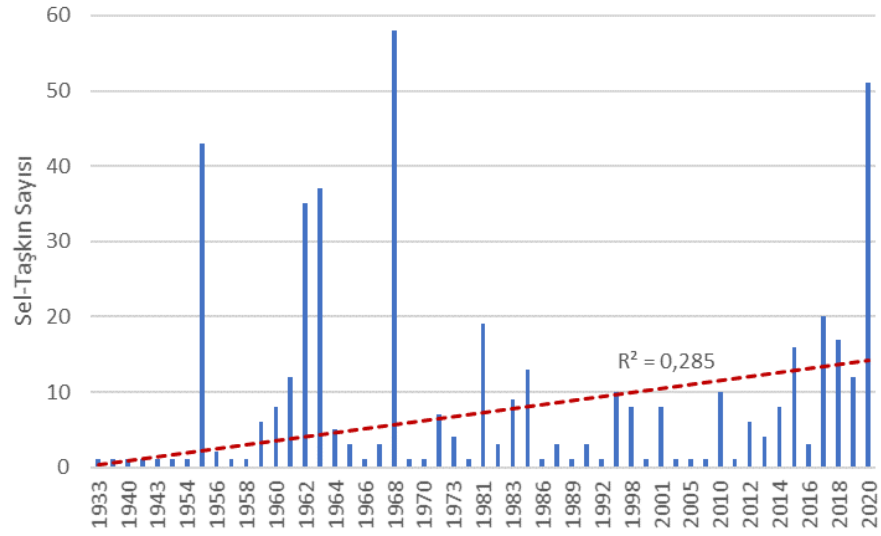
7 Haziran 2015 tarihinde aşırı yağışlar sonucu İnegöl'de ve Yıldırım'da birçok mahalle sular altında kalmıştır. Yıldırım Fidyekızık Mahallesi'nde okul duvarı çökmüştür. İnegöl'ün turizm beldesi olan Oylat'ta da birçok alan sular altında kalmıştır (Fotoğraf 15). Aşırı yağışlar hem sel-taşkın hem de heyelan oluşmasını tetiklemiştir. İnegöl'de 500 dönüm tarım arazisi sular altında kalmıştır.



Fotoğraf 15. Haziran 2015'te İnegöl Oylat'ta yaşanan sel-taşkın fotoğrafları (Haberler.com Gazetesi, 2015)

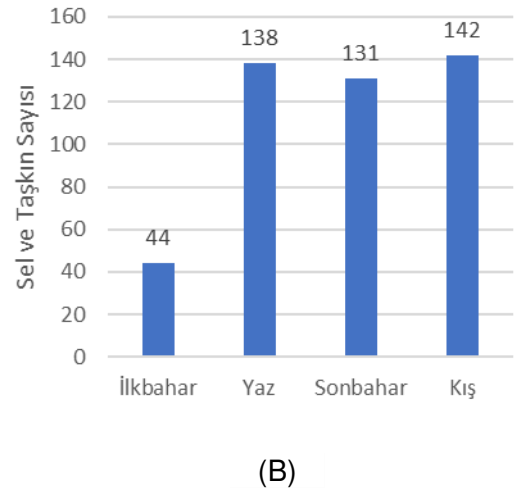
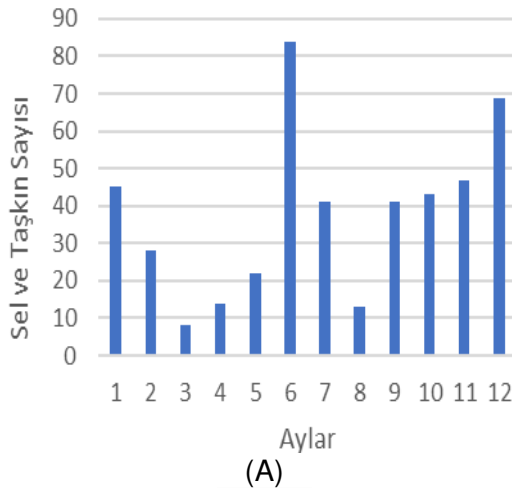
3.3. SEL-TAŞKINLARIN ZAMANSAL DAĞILIŞI

Yıllara göre sel-taşkınların dağılışı incelendiğinde en fazla sel-taşkın 58 olay ile 1968 yılında yaşanmıştır (Şekil 32). Bunu 51 olay ile 2020 yılı takip etmektedir. 1958 yılı 43 olay ile üçüncü sırada yer almaktadır. Yıllara göre dağılışı sel-taşkın sayılarının sürekli bir azalma veya artma olmadığı dikkat çekmektedir. Ancak şekilde kırmızı kesik çizgilerle gösterilen trend eğrisi sel-taşkın sayılarının az da olsa artma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Son altı yılın (2014-2020) verilerine bakıldığında toplamda 119 sel-taşkın olayı yaşanmıştır, bu da toplam sel-taşkınların %25'inin son altı yılda gerçekleştiğini göstermektedir.



Şekil 32. Çalışma alanındaki sel-taşkınların yıllara göre dağılımı

Aylara göre dağılışına baktığımızda en çok sel-taşkın 84 olay ile haziran ayında yaşanmıştır (Şekil 33 A). Bunu 69 olay ile aralık ayı takip etmektedir. Mart (8), ağustos (13) ve nisan (14) olay ile sel-taşkınların en az görüldüğü aylardır. İlkbahar 44 olay ile sel-taşkınların en az görüldüğü mevsimdir (Şekil 33 B). Ancak ilkbaharın hemen akabinde haziran ayının sel-taşkınların en çok yaşandığı ay olması; kış aylarındaki yağışlar ve bahar aylarında karların erimesiyle toprağın suya doymun hale gelmiş olmasıyla ilişkilendirilebilir. Ayrıca yaz yağışlarının konveksiyonel yağış özelliği göstermesi ve aniden sağanak şeklinde yağması da haziran aylarında sel-taşkın olaylarının fazla olmasında etkili olmuştur. Kış mevsimi toplamda 142 olay ile ilk sırada yer alsada yaz ve sonbahar mevsimlerindeki olay sayıları hemen hemen eşittir.



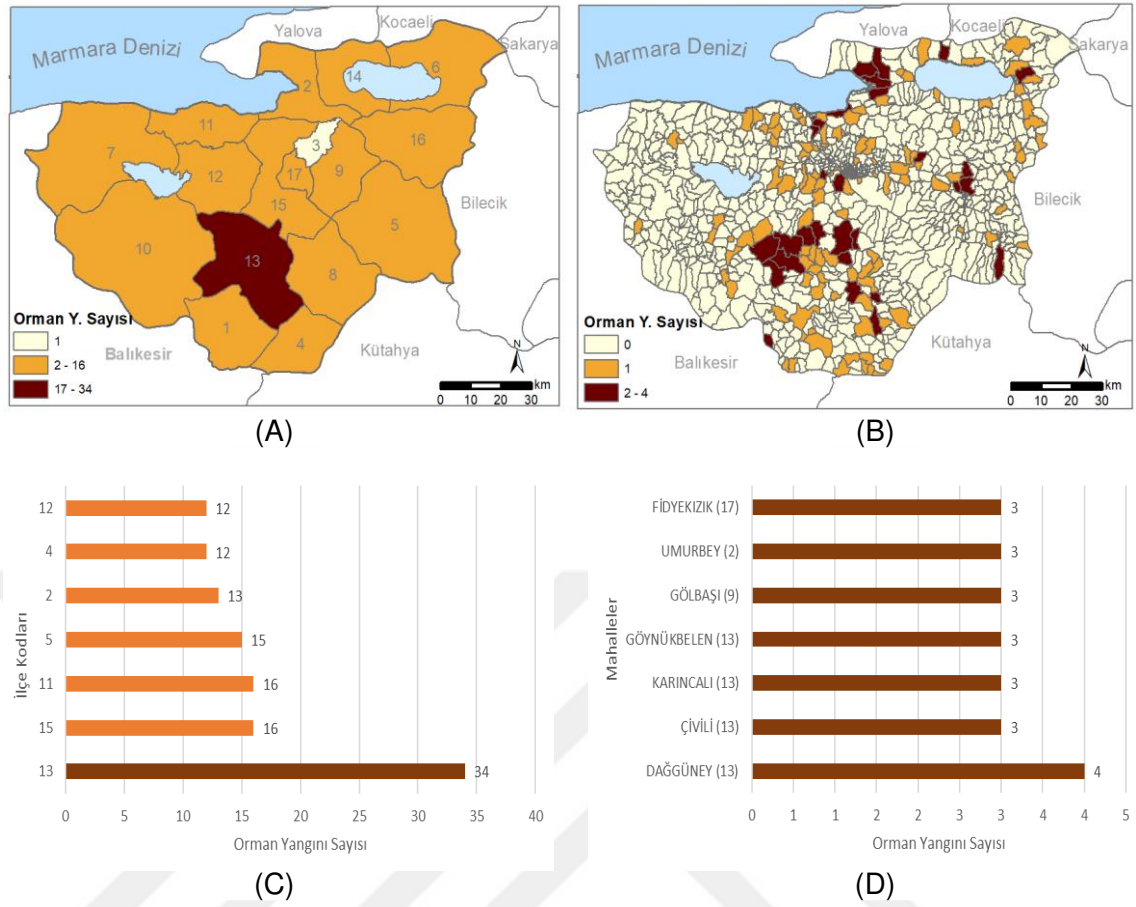
Şekil 33. Çalışma alanına meydana gelen sel-taşkınların **A.** aylara göre dağılımı, **B.** mevsimlere göre dağılımı

4. ORMAN YANGINLARI

Orman yangınları, birçok ülkede can ve mal kayıplarına sebep olan doğal afetlerin başında olduğu gibi ülkemizde de benzer bir durum söz konusudur (Doğanay & Doğanay, 2011: 36). Orman yangınları insan yaşamına, mülk ve arazilere zarar verme derecelerine göre doğal afet olarak nitelendirilirler. İnsan yaşamına zarar vermeseler bile içinde barındırdığı bitki ve hayvanlara zarar vermesi yönüyle de ekosisteme çok büyük boyutta zararlar verebilmektedir. Orman yangınlarının yayılmasında rüzgâr hızı, kuraklık ve topografik şartlar etkili olmaktadır.

4.1. ORMAN YANGINLARININ MEKÂNSAL DAĞILIŞI

Yapılan araştırmalar sonrasında çalışma alanında 194 orman yangını tespit edilmiştir. Bu yangınlar sonucunda 81 konut zarar görmüştür. 2.300 hektardan fazla doğal alan (ormanlık, çalılık, zeytinlik... gibi) yanmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda orman yangınlarından 34 tanesi Orhaneli ilçesinde görülmüştür (Şekil 34 A ve C). Mudanya ve Osmangazi 16 yangın ile ikinci sırada yer almaktadır. İnegöl, Gemlik, Nilüfer, Harmancık, M. Kemalpaşa ve Kestel 10 ve üzerinde orman yangının görüldüğü ilçelerdir. Gürsu 1, Karacabey 2 orman yangınıyla en az yangın görülen ilçelerdir. Yıldırım, Büyükorhan, Yenişehir, Orhangazi, Keles 10' un altında yangın görülen ilçelerdir. Orman yangınları da depremler gibi il geneline dağılmış tek bir ilçe veya sahada yoğun bir toplanma göstermemiştir.



Şekil 34. Çalışma alanında incelenen orman yangınlarının **A.** ilçelere dağılımı, **B.** mahallelere dağılımı, **C.** en çok orman yangını görülen 7 ilçesi, **D.** en çok orman yangını görülen 7 mahallesi

Orman yangınları mahalleler bazında incelendiğinde Orhaneli Dağgüney Mahallesi 4 yangınla ilk sırada yer almaktadır (Şekil 34 B ve D). Gemlik Umurbey, Yıldırım Fidyekızık, Orhaneli Çivili, Karıncalı, Göynükbelen ve Kestel Gölbaşı 3 orman yangınının tespit edildiği mahallelerdir. 147 mahallede en az bir orman yangını görülmüştür.

4.2. YAŞANAN ORMAN YANGINLARINA ÖRNEKLER

29 Ağustos 2015 tarihinde Osmangazi Aksungur Mahallesi'nde başlayan orman yangını Mudanya'nın Göynüklü ve Çağrısan Mahalleleri'ne kadar ulaşmıştır (Fotoğraf 16 ve Fotoğraf 17). Yangında 3 kişi dumandan etkilenmiş ama sağlık durumlarının iyi olduğu bildirilmiştir. 40 ev tedbir amaçlı boşaltılmıştır ama yangın evlere sıçramadan kontrol altına alınmıştır. Bununla birlikte yangın esnasında etkili olan poyraz, kızılçam

ormanları ve yerleri kaplayan kuru otlar yangının kontrol altına alınmasını zorlaştırmıştır ve 50 hektar kızılçam ormanı ve yüzlerce meyve ağacı yangında zarar görmüştür.



Fotoğraf 16. 2015'te Mudanya ve Osmangazi'nin bazı Mahalleleri'nde yaşanan orman yangınının fotoğrafı (TRTHaber Sitesi, 2015)



Fotoğraf 17. 2015'te Mudanya ve Osmangazi'nin bazı Mahalleleri'nde yaşanan orman yangınına başka kaynaklardan örnek fotoğraflar (Bursada Bugün Gazetesi, 2015b)

5 Nisan 2000 tarihinde Orhaneli Göktepe Mahallesi'nde çıkan yangında 20 ev tamamen yanmıştır. Evlerin zamanında tahliye edilmesi olası can kaybının önüne geçmiştir. Yangında ayrıca 300 tane büyükbaş ve küçükbaş hayvan zarar görmüştür. Orhaneli Termik Santrali'nin yakınlarında çıkan yangın rüzgârın hareketini takip ederek santralin ters istikametinde hareket ederek Balıkesir'in Kiraz Mahallesi'nde 25 ve Süleymanlık Mahalleleri'nde 5 evin yanmasına sebep olmuştur. Yangın sonucunda 800 hektar alan zarar görmüştür.

Yine 5 Nisan 2000 tarihinde Orhaneli Nalınlar Mahallesi'nde çıkan başka bir yangında 200 hektar çam ormanı kül olmuştur (Fotoğraf 18). Yangın sonrası ağaçlandırma yapılan alanda 12 yıl sonra 30 Ağustos 2012 tarihinde ikinci bir yangın çıkmış ve 5 hektar alan tekrardan zarar görmüştür.



Fotoğraf 18. 2000'de Orhaneli Nalınlar Mahallesi'nde çıkan başka bir yangına ait fotoğraf (Haberler.com Gazetesi, 2000)

28 Ağustos 2000 tarihinde Kestel Gölbaşı Mevkii'nde çıkan yangında 10 dönüm alan zarar görmüş (Fotoğraf 19).



Fotoğraf 19. 2000’de Kestel Gölbaşı Mevkii’nde çıkan orman yangınına ait fotoğraflar (TRTHaber Sitesi, 2000)

3 Kasım 2013 tarihinde Uludağ Milli Parkı içinde kampçıların yanlışlıkla başlattığı orman yangınında 2 gün boyunca söndürülmeye çalışılmış ve 30 hektar alan zarar görmüştür (Fotoğraf 20). Yangın Süleymaniye köyü ile Sarıalan arasında, Domuzçukuru Bölgesi’nde meydana gelmiştir.

Uludağ'daki Orman Yangın



04 Kasım 2013 Pazartesi 10:02
Anadolu Ajansı - Haberler | Yerel

Milli Park bölgesinde çıkan ve 30 hektar alanda etkili olan yangın, kısmen kontrol altına alındı

(A)



Bursa Uludağ'da akşam saatlerinde başlayan orman yangını kısmen kontrol altına alındı.

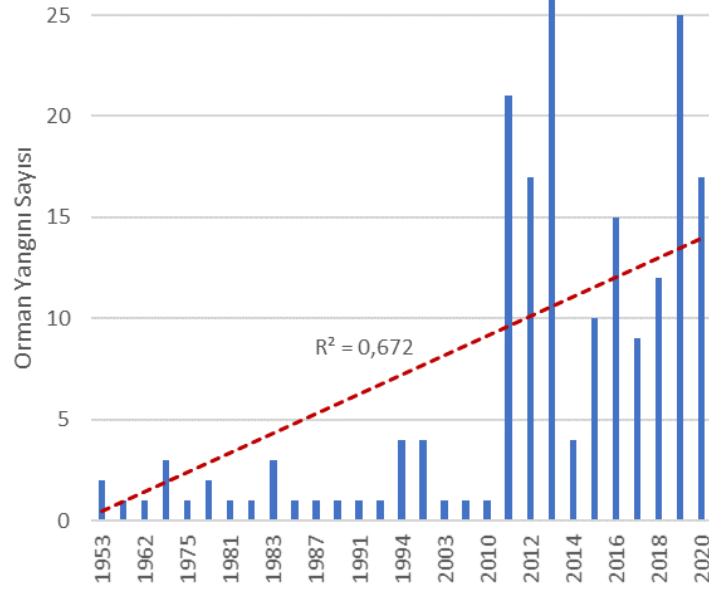
(B)

Fotoğraf 20. 2013'te Uludağ Milli Parkı içinde kampçıların yanlışlıkla başlattığı orman yangınına ait fotoğraflar A. (Haberler.com Gazetesi, 2013), B. (CNNTurk Gazetesi, 2013)

4.3. ORMAN YANGINLARININ ZAMANSAL DAĞILIŞI

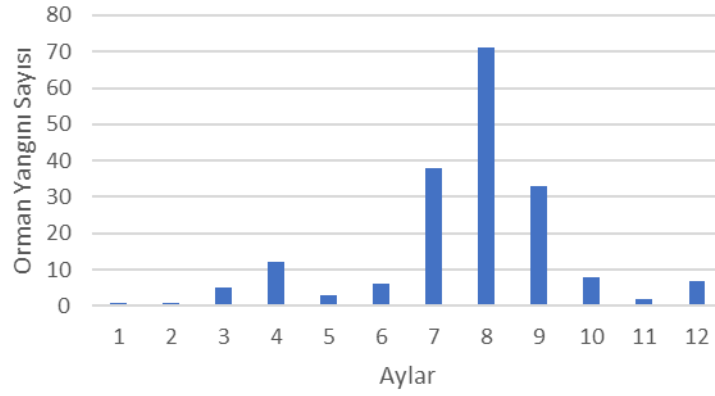
Yapılan araştırmalar sonucunda çalışma alanında 187 orman yangını olayı görülmüştür (Şekil 35). Bu orman yangınlarının 157 tanesi 2010 yılı sonrasında gerçekleşmiştir. Sadece 30 tanesi 2010 yılı öncesinde meydana gelmiştir. Şekilde kırmızı kesik çizgilerle gösterilen trend eğrisi orman yangınlarının artış eğiliminde olduğunu ortaya koymaktadır. Orman yangınlarının %84'ünün son 10 yıl içinde gerçekleşmesi küresel ısınmanın yanı sıra nüfusun, şehirleşmenin ve sanayileşmenin de artmasından kaynaklanmaktadır (Doğanay & Doğanay, 2011: 31). Yapılan araştırmalara göre son 5

yılda meydana gelen orman yangınlarının %87'si insan kaynaklıdır (TEMA). Bu konuda alınacak tedbirlerin en kısa zamanda gözden geçirilmesi ve uygulamaya konulması gerekmektedir. Orman yangını sadece ağaçlara değil içindeki canlılarla birlikte bütün ekosisteme zarar vermektedir.



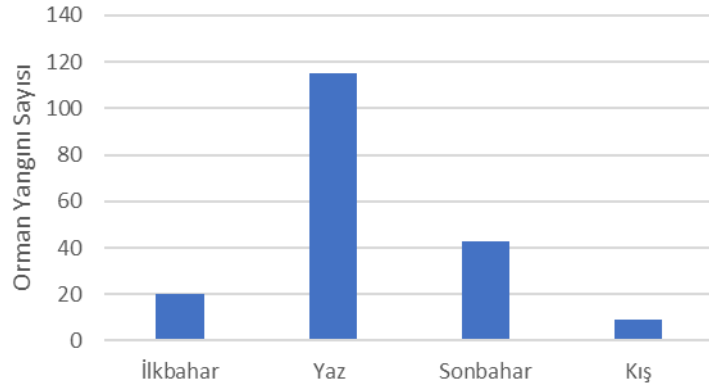
Şekil 35. Çalışma alanında meydana gelen orman yangınlarının yıllara göre dağılımı

Çalışma alanında orman yangınlarının en yoğun görüldüğü ay 71 olay ile ağustos ayıdır (Şekil 36). Ağustos ayının temmuz ayı ile birlikte yıllık ortalama sıcaklığın en yüksek olduğu ay olması ve ortalama yağış miktarının (18,7 mm) ve yağışlı gün sayısının (3,5) da en az olduğu ay olması bunda en büyük etkindir. Ağustos ayını sırasıyla temmuz ve eylül ayları takip etmektedir. Ocak, şubat (1) ve kasım (2) ayları en az orman yangının görüldüğü aylardır.



Şekil 36. Çalışma alanında meydana gelen orman yangınlarının aylara göre dağılımı

Mevsimsel dağılışı incelendiğine iklimin etkisiyle en fazla olay, yağışların en az ve sıcaklıkların en yüksek olduğu yaz mevsiminde görülmektedir (Şekil 37). 194 olayın 117 tanesi yani %60'ı yaz aylarında meydana gelişir. En az orman yangını 11 olay ile kış ve 23 olay ile ilkbahar mevsiminde yaşanmıştır. Sonbaharda 43 orman yangını görülmüş, bunun da 33 tanesi eylül ayında gerçekleşmiştir. Havaaların soğuması ve yağışların artmasıyla sonraki aylarda (ekim, kasım) orman yangını sayıları da azalış göstermiştir.



Şekil 37. Çalışma alanında meydana gelen orman yangınlarının mevsimlere göre dağılımı

5. ÇIĞ

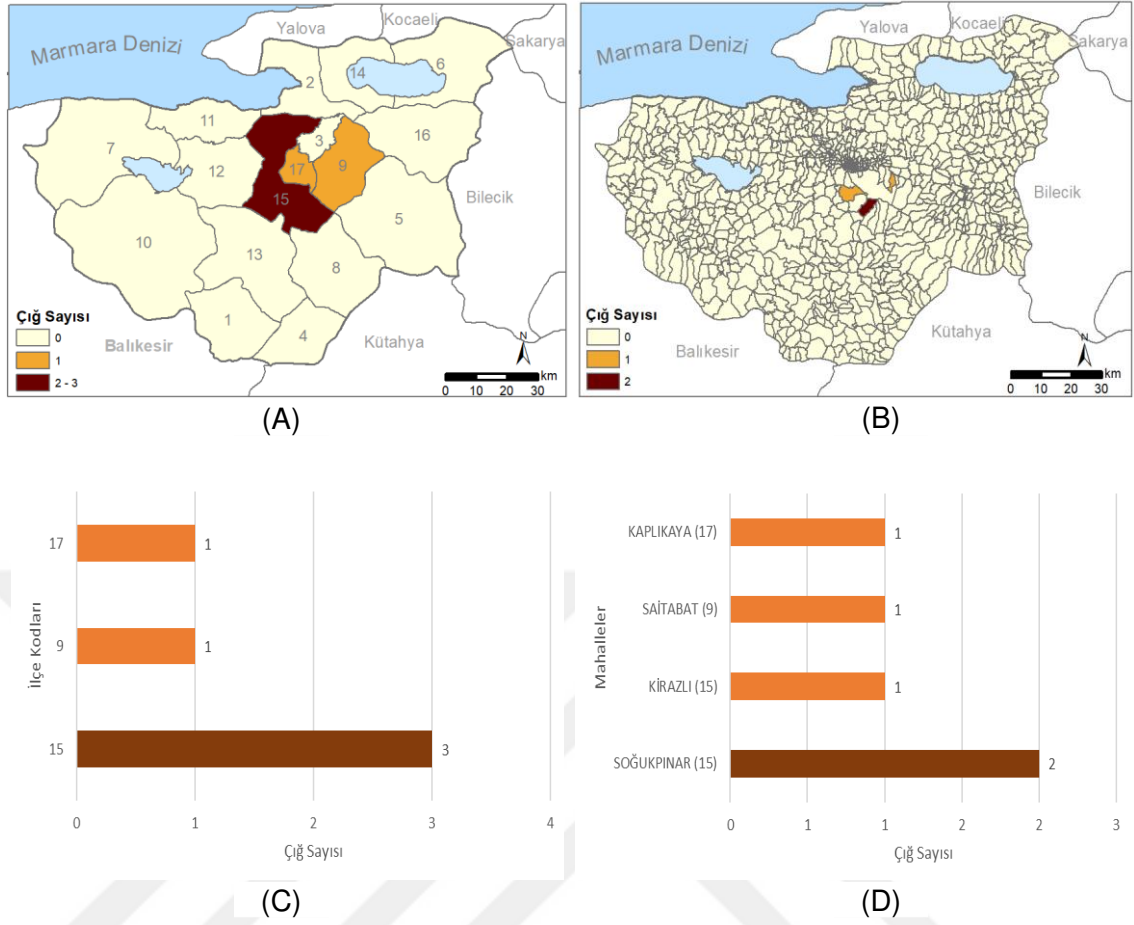
Çığ, genelde orman bitki örtüsü çok seyrek olan veya hiç bulunmayan ve eğim derecesinin fazla olduğu arazilerdeki kar kütlelerinin iç ve dış kuvvetler etkisi ile vadi tabanına doğru eğim yönünde hızla akması veya kütle halinde hareket etmesidir. Çığlar yamaç afetleri olarak bilinen kaya düşmeleri, heyelanlar, buz çığları, kaya çığları veya

moloz selleri içerisinde yer alır. Dünya ölçeğinde yamaç afetleri daha az can ve mal kaybına sebep oldukları için en önemli beş doğal afet (deprem, sel, tropikal fırtınalar, kuraklık ve volkanik faaliyetler) içerisinde yer almamaktadır. Fakat çığlar yüksek alanlarda yaşayanlar ve buraları ziyaret eden turistler için büyük sorunlar ortaya çıkarabilmektedir (McClung & Schaerer, 2006: 14). Türkiye’de meydana gelen doğal afetleri incelediğimizde çığlar hem afetzede sayısı hem de afet olay sayısı bakımından %2’lik bir orana sahiptir (Gökçe vd., 2008: 10-11). Ülkemizde çığlar hasarlı konut sayısı açısından bir sınıflandırma yapıldığında %1’lik bir orana sahiptir (Özmen vd., 2005: 1472).

İnceleme alanı içinde yer alan Uludağ kış turizm potansiyeli yüksek olan bir yerdir. Bu sebeple elde edilebilen çığ olayı sayısı az da olsa, çalışmada ele alınmaya değer bulunmuştur.

5.1. ÇIĞLARIN MEKÂNSAL DAĞILIŞI

Çalışma alanında tespit edilen çığlar genelde dağcılarının gözlemlmeleri sırasında açığa çıkmış ve can ve mal kaybına sebep olmamıştır. Toplamda 5 adet çığ olayı tespit edilmiştir. Bu olaylardan 3 (%60) tanesi Osmangazi ilçesinde meydana gelmiştir (Şekil 38 A ve C). Diğerleri ise Yıldırım ve Kestel ilçelerinde meydana gelmiştir. Bu 5 çığdan 3 tanesi Osmangazi ilçesinin Soğukpınar ve Kirazlı Mahalleleri’ne bağlı alanlarda gerçekleşmiş (Şekil 38 B ve D). Kestel Saitabat ve Yıldırım Kaplıkaya Mahalleleri çığ olayının kaydedildiği diğer mahallelerdir.



Şekil 38. Çalışma alanında incelenen çığların **A.** ilçelere dağılımı, **B.** mahallelere dağılımı, **C.** en çok çığ görülen 7 ilçesi, **D.** en çok çığ görülen 7 mahallesi

5.2. YAŞANMIŞ ÇIĞLARA ÖRNEKLER

Elde edilen en eski tarihli çığ olayı 8 Şubat 1996 tarihinde meydana gelmiştir. Kuşaklıkaya Mevkii'nden oteller bölgesine yürüyerek giden dağcıların çığ düşmesi sonucu uçuruma yuvarlanmasına sebep olmuş ve dağcılar sağ olarak kurtarılmıştır (Mahruki, 1996).

24.2.1998 tarihinde yapılan etüt sonucunda 11.3.1998 tarihinde hazırlanan raporda Zirve Tepe ile Kuşaklı Tepe arasında özellikle Kar Çukuru Mevkii'nde ve Zirve Tepe ile Rasatdüzü Tepeleri arasındaki hattın güney yamaçlarında ufak tefek çığların olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bu alanlarda kar akmalarının da olduğu gözlemlenmiştir (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Geçici İskan Dairesi Başkanlığı Afet Önlemleri Şube Müdürlüğü, 1998).

27 Mayıs 2018 zirvedeki Karagöl'e çığ düşmüştür (Fotoğraf 21). Karagöl'ün çevresindeki havzadan kar, toprak ve kaya parçaları gölün içini doldurmuştur. Karagöl'ün bu manzarası dağcılar tarafından fotoğraflanmıştır.



Fotoğraf 21. 2018'de Uludağ'ın zirvesindeki Karagöl'e düşen çığın fotoğrafları (Bursada Bugün Gazetesi, 2018)

29 Nisan 2014 tarihinde Aras Şelalesi ve çevresindeki ormanlık alan çığ altında kalmıştır (Fotoğraf 22). Yüzlerce çam ağacı kırılmıştır. Şelaleyi görmeye giden dağcılar şelalenin çığ altında kalması sebebiyle şelalenin üst kısmında daha önce keşfedilmemiş bir mağarayı görüntüleme şansı yakalamışlardır.



Fotoğraf 22. 2014'te Uludağ'da Aras Şelalesi ve çevresindeki ormanlık alana düşen çığın fotoğrafları (Bursada Bugün Gazetesi, 2015c)

1 Mart 2017 tarihinde Bakacak altından Bursa istikametinde inişe geçen dağcılar çok fazla çığ akıntıları ile karşılaştıklarını ifade etmişlerdir (Fotoğraf 23).



Fotoğraf 23. 2017’de Uludağ’da Bakacak altından Bursa istikametinde inişe karşılaşılan çığ kalıntılarının fotoğrafları (Bursada Bugün Gazetesi, 2017b)

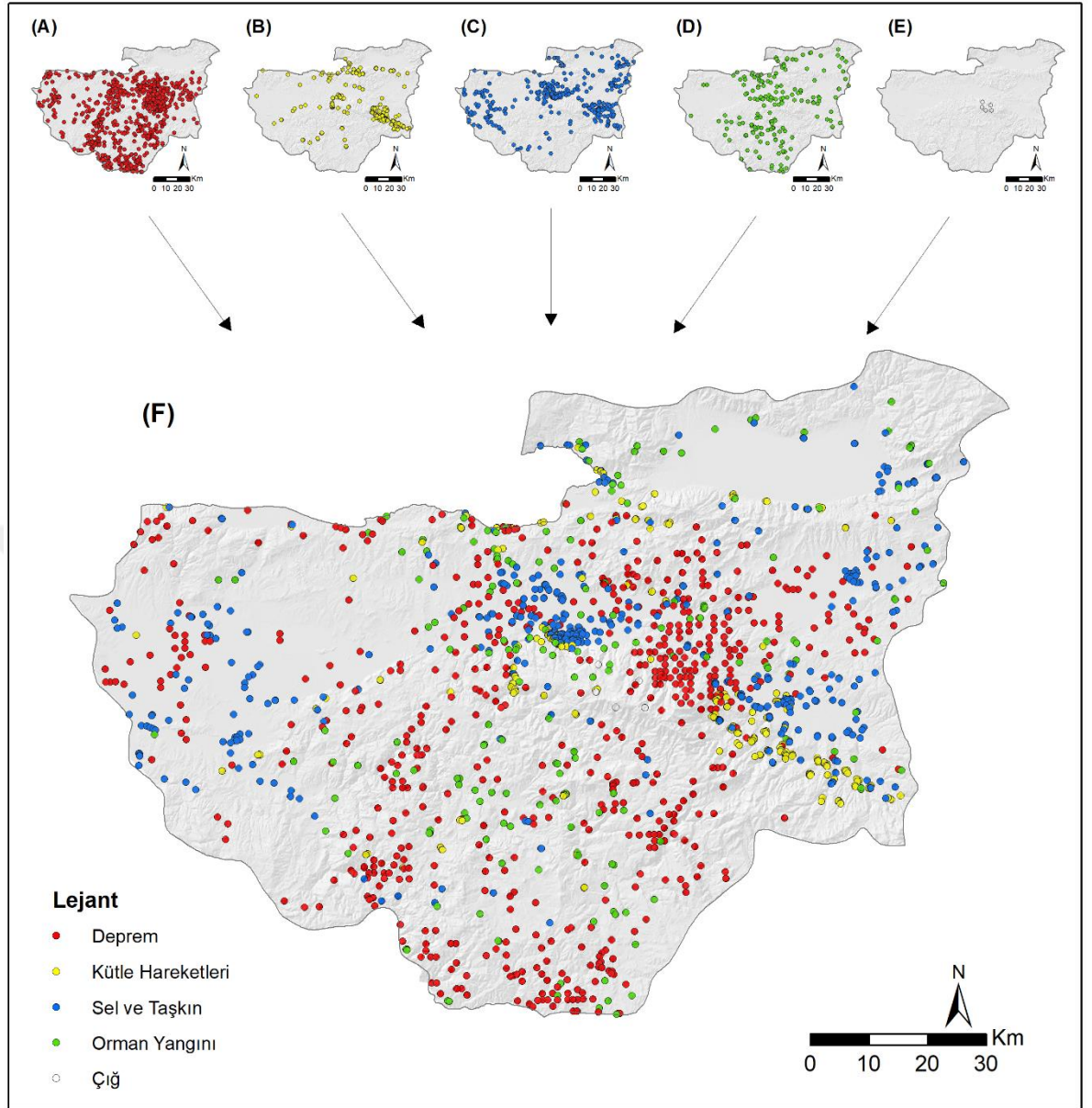
5.3. ÇIĞLARIN ZAMANSAL DAĞILIŞI

Çalışma alanında herhangi bir can ve mal kaybına sebep verecek çığ olayına rastlanmamıştır. Ulaşılabilen olaylar sadece dağcıların yürüyüşleri esnasında şahit oldukları küçük çığlardır. Bu sebeple de sayıları çok fazla değildir. Bununla birlikte elde edilen çığ verilerine göre 1996, 1998, 2015, 2017 ve 2018 yıllarında olmak üzere 5 çığ düşmesi olayı görülmüştür. Çığların 3 tanesi bahar aylarında (mart, nisan, mayıs) havaların ısınmaya başlamasıyla ortaya çıkmıştır. İki tanesi ise şubat ayında gerçekleşmiştir. Dolayısıyla ilkbahar ayları çığların en çok görüldüğü aylardır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BÜTÜNLEŞİK DOĞAL TEHLİKE ANALİZİ

Çalışmada yapılan araştırmalar sonucunda 687 deprem, 467 sel-taşkın, 349 kütle hareketi (319 heyelan, 30 kaya düşmesi), 187 orman yangını ve 5 çığ tehlikesi olmak üzere toplamda 1.695 adet olay bilgisine ulaşılmıştır (Şekil 39). Bu bölümde bütün doğal tehlikeler birlikte ele alınmıştır. Doğal tehlikelerin mekânsal ve zamansal analizi bütünleşik olarak yapılmıştır. Daha sonra her bir tehlike için oluşturulan yoğunluk haritaları karşılaştırılarak, çalışma alanında bütün doğal tehlikeler için yüksek, orta ve düşük derecede tehlikeli alanlar tespit edilerek yorumlaması yapılmıştır. Son olarak doğal tehlikeler ile coğrafik faktörler arasındaki ilişkiler; litoloji, yükselti, eğim, bakı, sıcaklık, yağış ve arazi kullanım özellikleri olmak üzere yedi başlık altında değerlendirilmiştir.

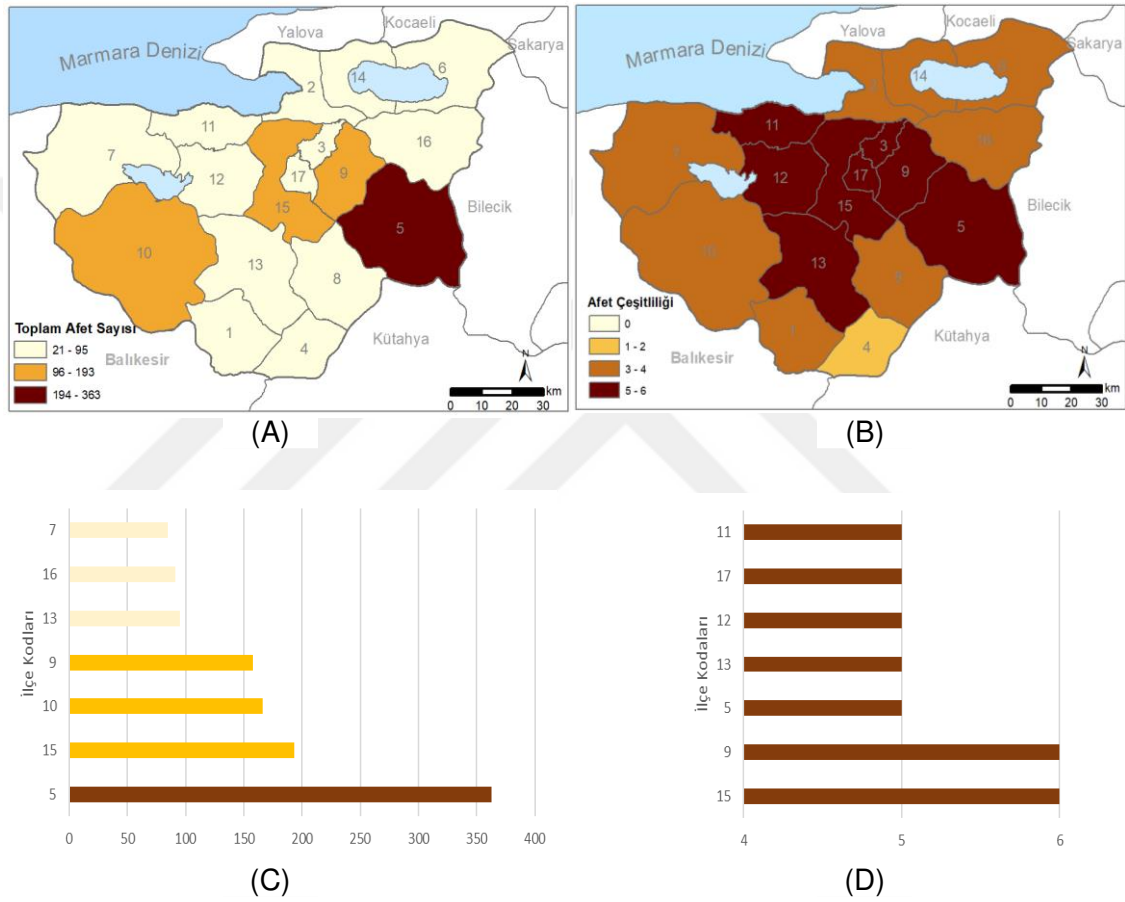


Şekil 39. Çalışma alanında meydana gelen **A.** depremlerin, **B.** kütle hareketlerinin, **C.** sel-taşkınların, **D.** orman yangınlarının, **E.** çığların, **F.** bütünleşik tehlikelerin noktasal dağılış haritası

1. BÜTÜNLEŞİK TEHLİKELERİN MEKÂNSAL DAĞILIŞI

Bütün doğal tehlikeler birlikte ele alındığında en çok doğal tehlike 363 olay ile İnegöl İlçesi'nde yaşanmıştır (Şekil 40 A ve C). İnegöl'de yaşanan tehlikelerin %50'sini heyelanlar ve %28'ini sel-taşkınlar oluşturmaktadır. İlçede yaşanan sadece heyelan sayısı neredeyse Osmangazi'nin toplam tehlike sayısı kadardır. Osmangazi 193 olay ile ikinci sırada yer almaktadır. Osmangazi'de yaşanan 193 tehlikenin %43'ünü sel-taşkınlar oluşturmaktadır. M. Kemalpaşa 166 olay yaşanmıştır ve bunun neredeyse %50'sini

depremler %37'sini ise sel-taşkınlar oluşturmaktadır. Kestel 158 olay ile en fazla doğal tehlikenin yaşandığı dördüncü ilçedir ve bunun %77'sini depremler oluşturmaktadır. Orhangazi, Gürsu ve İznik olay sayısının en az olduğu ilçelerdir. İlçeler bazında tehlikelerin dağılışını incelediğimizde en çok olay tespit edilen 3 ilçeden 2 tanesinin Uludağ'ın eteklerinde yer aldığı görülmektedir. Tablo 2 çalışma alanında tespit edilen doğal tehlikelerin tek tek ve bütünsel olarak ilçelere göre dağılımını göstermektedir.



Şekil 40. Çalışma alanında **A.** Bütünsel tehlikelerin ilçelere göre dağılımı, **B.** tehlike çeşitliliğinin ilçelere göre dağılımı, **C.** Bütünsel tehlikelerin en çok görüldüğü 7 ilçe, **D.** tehlike çeşitliliği en çok olan 7 ilçe

Tehlike çeşitliliğine bakıldığında ise Osmangazi ve Kestel ilçelerinde bütün doğal tehlikelerin yaşandığı görülmektedir (Şekil 40 B ve D). Orhaneli, İnegöl, Nilüfer, Mudanya İznik ve Gürsu ilçelerinde çığ hariç bütün doğal tehlikeler yaşanmıştır. Harmancık'ta sadece deprem ve orman yangını bilgisine ulaşılabilmıştır ve tehlike çeşitliliği en az olan ilçedir. Keles, Büyükorhan ve Orhangazi ilçelerinin tehlike çeşitliliği 3'tür.

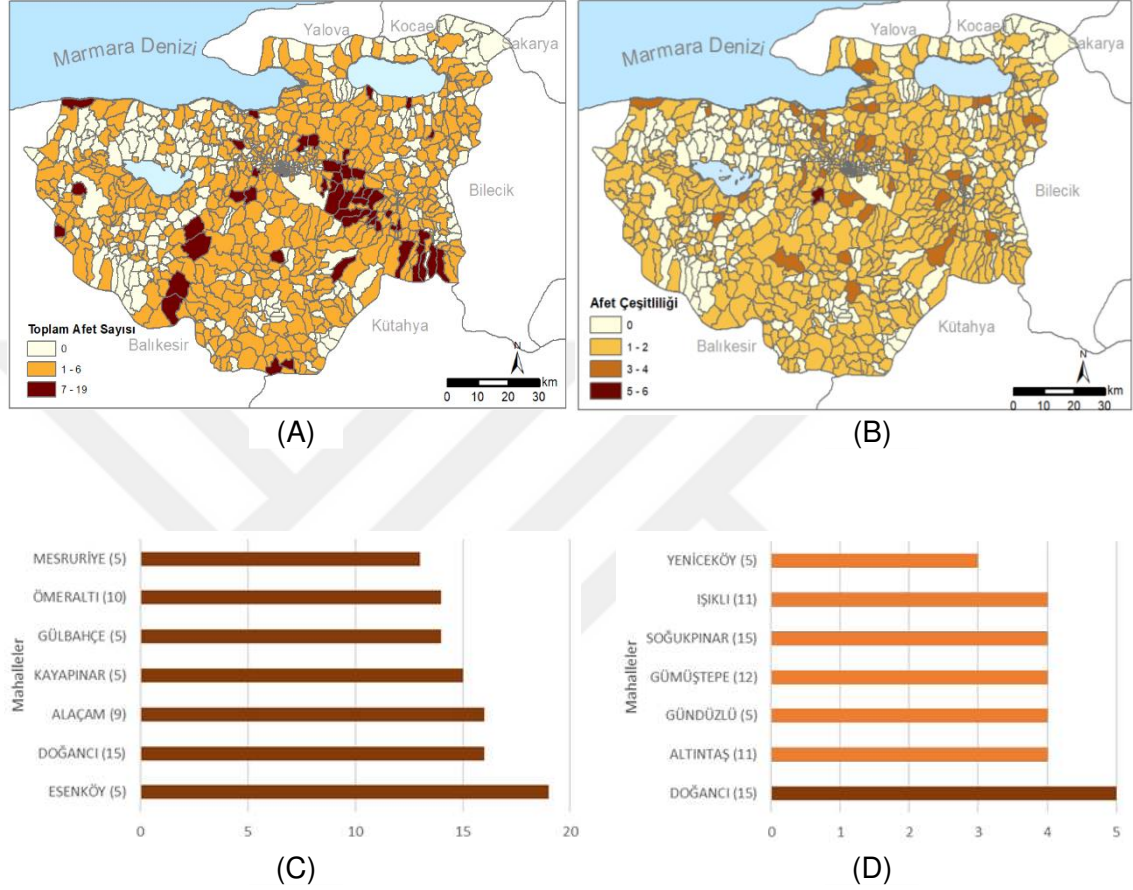
Tablo 2. Çalışma alanında meydana gelen tehlikelerin ilçelere göre tek tek ve bütünlük olarak dağılımı

İlçeler	Deprem	Heyelan	Kaya Düşmesi	Sel-Taşkın	Orman Yangını	Çığ	Toplam
İnegöl	58	184	4	102	15	0	363
Osmangazi	37	38	16	83	16	3	193
M. Kemalpaşa	82	11	0	62	11	0	166
Kestel	122	1	1	23	10	1	158
Orhaneli	41	12	1	7	34	0	95
Yenişehir	41	4	0	39	7	0	91
Karacabey	47	4	0	32	2	0	85
Nilüfer	44	5	2	15	12	0	78
Harmancık	57	0	0	0	12	0	69
Keles	57	0	0	3	7	0	67
Yıldırım	3	9	0	40	9	1	62
Mudanya	26	10	2	5	16	0	59
Gemlik	8	22	0	14	13	0	57
Büyükorhan	40	0	0	3	8	0	51
İznik	0	7	3	29	8	0	47
Gürsu	24	2	1	5	1	0	33
Orhangazi	0	10	0	5	6	0	21
Toplam	687	319	30	467	187	5	1.695

Mahalleler bazında doğal tehlikelerin dağılışı incelendiğinde İnegöl'ün Esenköy Mahallesi'nin 11 heyelan, 9 deprem olmak üzere toplam 19 olay ile ilk sırada yer aldığı görülmektedir (Şekil 41 A ve C). Kestel'in Alaçam Mahallesi 16 deprem, 1 sel-taşkın olmak üzere toplam 17 tehlike ile ikinci sırada yer almaktadır. Osmangazi Doğancı Mahallesi 8 heyelan, 1 sel-taşkın, 1 orman yangını, 5 kaya düşmesi ve 1 deprem ile toplamda 16 tehlikenin görüldüğü mahalledir. Doğancı Mahallesi tehlike sayısı bakımından 3. sırada yer alsa da tehlike çeşitliliğinin en fazla olduğu mahalledir. Toplam tehlike sayısının 10 ve üzerinde olduğu mahalleler: Esenköy (5), Doğancı (15), Alaçam (9), Kayapınar (5), Ömeraltı (10), Gülbahçe (5), Mesruriye (5), Yeniceköy (5), Altıntaş (11), Gelemiş (8), Kıran (5), Çataltepe (9), Hayriye (5), Dipsizgöl (5) ve Hamzabey (15) Mahalleleri'dir. Bunlardan 8 tanesi İnegöl ilçesine bağlı mahallelerdir.

Tehlike çeşitliliği bakımından Doğancı Mahallesi 5 farklı doğal tehlikenin yaşanmasıyla ilk sırada yer almaktadır (Şekil 41 B ve D). Bu mahallede özellikle Bursa-Orhaneli-Keles yolundaki heyelan bölgesi en tehlikeli alanı oluşturmaktadır. Bu bölgede sürekli heyelan ve kaya düşmesi olayları yaşanmaktadır. Altıntaş (11), Işıklı (11),

Gümüştepe (12), Gündüzlü (5) ve Soğukpınar (15) Mahalleleri 4 farklı doğal tehlikenin görüldüğü mahallelerdir. 32 mahallede tehlike çeşitliliği 3 olarak tespit edilirken, 156 mahallede 2 farklı tehlike yaşandığı tespit edilmiştir.

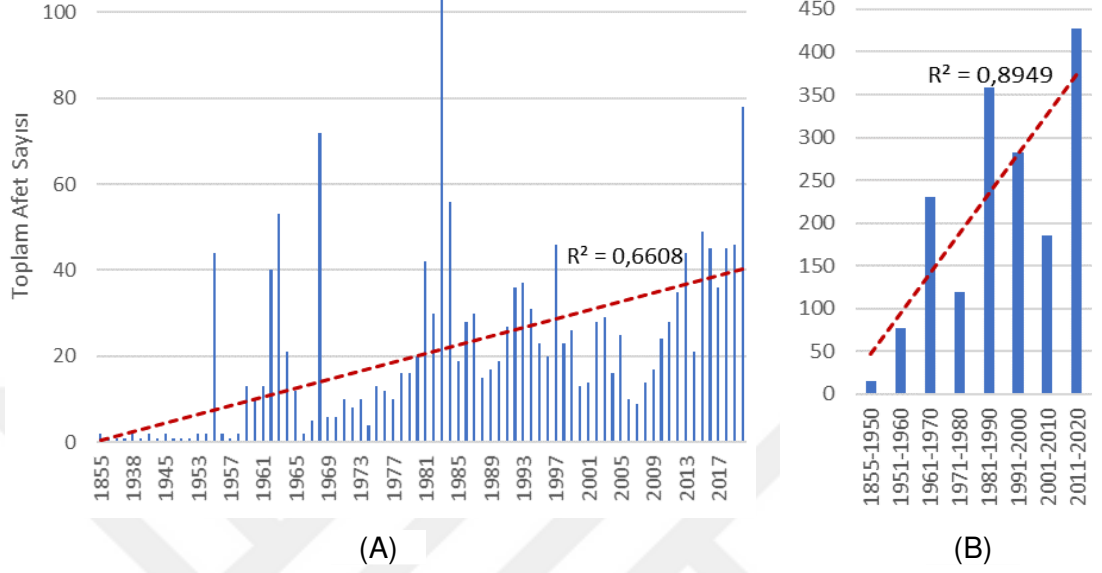


Şekil 41. Çalışma alanında **A.** bütünleşik tehlikelerin mahallelere göre dağılımı, **B.** tehlike çeşitliliğinin mahallelere göre dağılımı, **C.** Bütünleşik tehlikelerin en çok görüldüğü 7 mahalle, **D.** tehlike çeşitliliği en çok olan 7 mahalle

2. BÜTÜNLEŞİK TEHLİKELERİN ZAMANSAL DAĞILIŞI

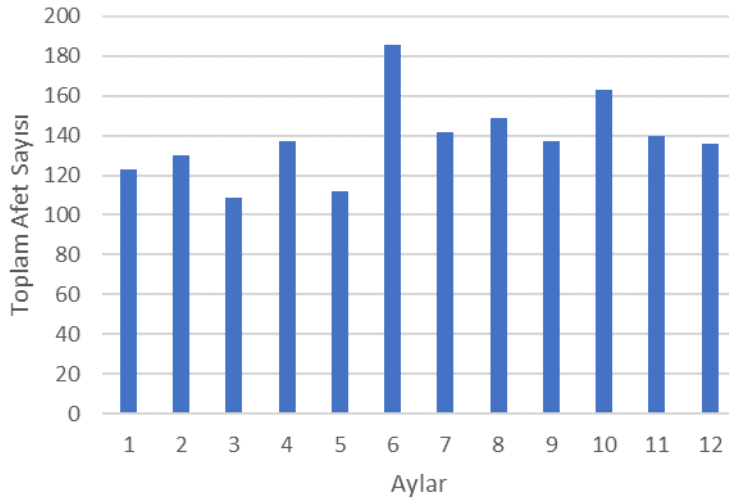
Yıllara göre bütünleşik tehlikelerin dağılışı incelendiğinde 1983 yılı 103 olay ile en çok tehlikenin yaşandığı yıldır (Şekil 42 A). 2020 yılı 78 olay ile en çok doğal tehlike yaşanan ikinci yıldır. 1968 yılında ise 72 olay yaşanmıştır. Genel olarak yıllara göre dağılışı sürekli bir artış ya da azalış söz konusu değildir ancak şekilde kesik çizgilerle gösterilen trend eğrisi doğal tehlike sayısında bir artış eğilimi olduğunu ortaya koymaktadır. Tehlike sayıları 10 yıllık periyotlar halinde değerlendirildiğinde son 10 yılda (2011-2020) 427 doğal tehlike yaşanmıştır (Şekil 42 B). Bu da toplam tehlikelerin %25'ini oluşturmaktadır. Şekilde kırmızı kesik çizgilerle gösterilen trend eğrisi tehlike

sayısının 10 yıllık periyotlar halinde ele alındığında yükselme eğiliminde olduğunu göstermektedir.

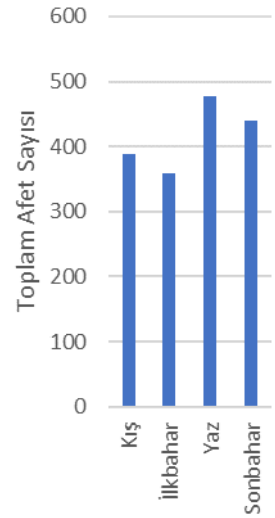


Şekil 42. Bütünleşik tehlikelerin **A.** yıllara göre dağılımı, **B.** 10 yıllık periyotlar halinde dağılımı

Aylara göre tehlikelerin dağılışına bakıldığında haziran ayı 183 olay ile ilk sırada yer almaktadır (Şekil 43 A). Onu 163 olay ile ekim ayı takip etse de tehlikelerin bütün aylara neredeyse eşit oranda dağıldığı görülmektedir. Mart ayı 109 olay ile en az tehlikenin görüldüğü aydır. Mevsimsel olarak dağılışıa bakıldığında yaz ayı 477 olay ile ilk sırada yer alır (Şekil 43 B). Sonbahar 440 tehlike ile ikinci sırada yer almaktadır. Kış aylarında 389 ve ilkbahar aylarında 358 olay yaşanmıştır.



(A)



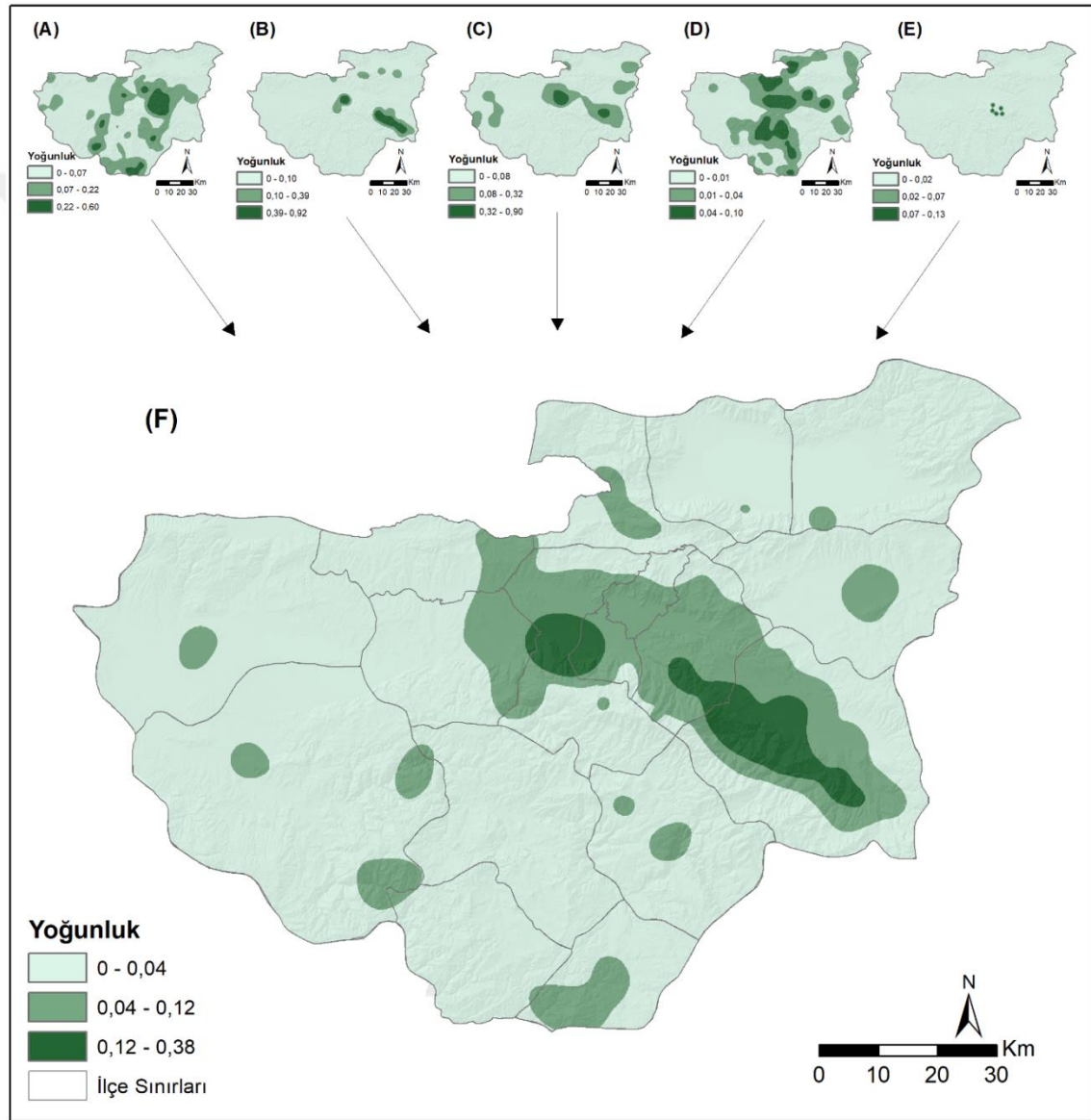
(B)

Şekil 43. Bütünleşik tehlikelerin **A.** aylara göre, **B.** mevsimlere göre dağılımı

3. BÜTÜNLEŞİK DOĞAL TEHLİKE YOĞUNLUK HARİTASI

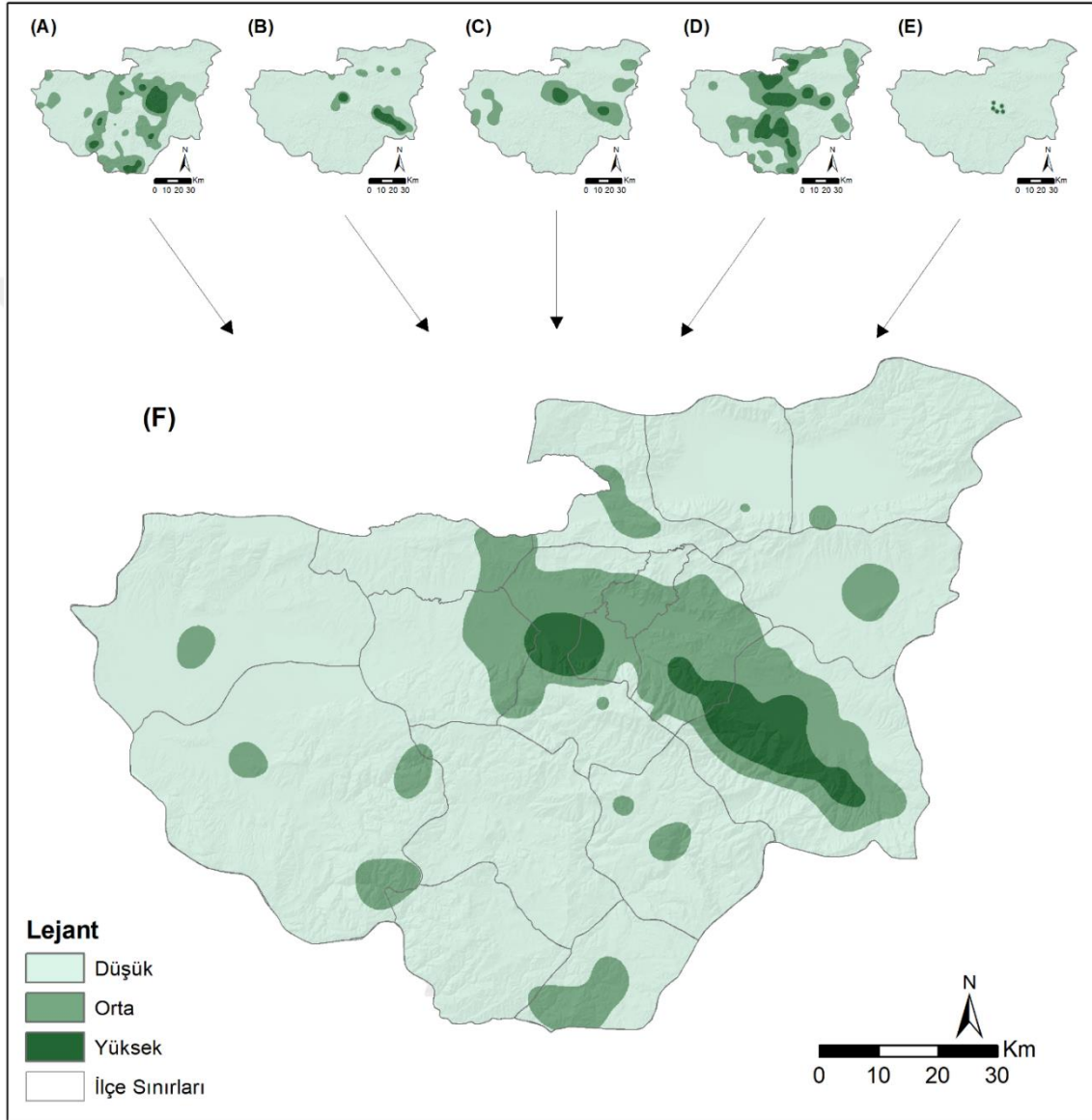
Çalışma alanının bütünleşik tehlike yoğunluk haritası bütün tehlikeler için “kernel density” aracı kullanılarak elde edilen yoğunluk haritalarının “map algebra” aracı kullanılarak çakıştırılması suretiyle elde edilmiştir. “Coğrafi Faktörler Doğrultusunda Verilerin Analizi” başlığı altında belirtildiği gibi haritaların sınıflandırılmasında yaygın olarak kullanılan ve hem her bir kategorinin aralığını hem de her kategori için örneklerin sayısını dikkate aldığından “natural break” yöntemi kullanılmıştır (Huang vd., 2011: 1756). Elde edilen yoğunluk haritaları “natural break” sınıflandırmasına bağlı olarak 3 sınıfta toplanmıştır. Bu üç sınıf tehlikenin düşük, orta ve yüksek olduğu alanlar olarak değerlendirilmiştir ve analizler bu doğrultuda gerçekleştirilmiştir. Deprem yoğunluk haritasında değerler 0-0,60 arasında değişmektedir (Şekil 44 A). Bu değerlerden 0-0,07 arası düşük, 0,07-0,22 arası orta ve 0,22-0,60 arası yüksek tehlikeli alanlar olarak değerlendirilmiştir. Kütle hareketlerinde yoğunluk değerleri 0-0,92 arasında değişmektedir ve 0-0,10 arası düşük, 0,10-0,39 arası orta ve 0,39-0,92 arası yüksek tehlikeli alanlar olarak ele alınmıştır (Şekil 44 B). Sel-taşkınlarda yoğunluk değerleri 0-0,90 arasında değişiklik göstermiştir (Şekil 44 C). Bu değerlerden 0-0,08 arası düşük, 0,08-0,32 arası orta ve 0,32-0,90 arası yüksek tehlikeli alanlar olarak değerlendirilmiştir. Orman yangınlarında yoğunluk değerleri 0-0,10 arasında değişmektedir ve 0-0,01 arası düşük, 0,01-0,04 arası orta ve 0,04-0,10 arası yüksek tehlikeli alanlar olarak belirlenmiştir (Şekil 44 D). Çığlarda ise yoğunluk değerleri 0-0,13 arasında değişiklik göstermektedir

ve 0-0,02 arası düşük, 0,02-0,07 arası orta ve 0,07-0,13 arası yüksek tehlikeli alanlar olarak değerlendirilmiştir (Şekil 44 E). Bütünleşik tehlike yoğunluk haritasında ise değerler 0 ile 0,38 arasında değişiklik göstermiştir (Şekil 44 F). Natural break yöntemiyle bu değerlerin 3 gruba ayrılması sonucunda 0-0,04 arası düşük tehlikeli, 0,04-0,12 arası orta tehlikeli, 0,12-0,38 arasında kalan alanlar ise yüksek tehlikeli alanlar olarak değerlendirilmiş ve yorumlar bu doğrultuda gerçekleştirilmiştir.



Şekil 44. Çalışma alanının **A.** deprem, **B.** kütle hareketleri, **C.** sel-taşkınlar, **D.** orman yangınları, **E.** çığ, **F.** bütünleşik tehlike yoğunluk değerleri haritası

Bütünleşik tehlike yoğunluk haritası (Şekil 45 F) incelendiğinde en tehlikeli alanlar 386 km² alan ile %3,6 oranında, orta tehlikeli alanlar 1.703 km² ile %15,8 oranında ve düşük tehlikeli alanlar ise 8.709 km² ile %80,6 oranında alan kaplamaktadır. Harita incelendiğine şu sonuçlar dikkat çekmektedir:



Şekil 45. Çalışma alanının **A.** deprem, **B.** kütle hareketleri, **C.** sel-taşkınlar, **D.** orman yangınları, **E.** çığ, **F.** bütünleşik tehlikeler yoğunluk haritası

Yüksek tehlikeli alanlardan Uludağ'ın kuzeyinde kalan kesim Osmangazi ve Yıldırım yerleşmelerinin merkez mahallelerini ve Nilüfer ilçesinin doğusundaki birkaç mahalleyi içine alır. İnegöl ilçesinde ise ilçe merkez mahalleleri ile birlikte, ilçenin batı, güneybatı, güney ve güneydoğusunda, Uludağ ve Domaniç Yirce Dağları'nın

yamaçlarında kalan mahallelerini içine alır. Yine Kestel ilçesinin Uludağ eteklerinde kalan, güney ve güneydoğusundaki mahalleleri yüksek tehlikeli alanlardır.

Yüksek tehlikeli alanlar her ne kadar az alan kaplasa da Bursa'nın en yüksek nüfusuna sahip ilçelerinden olan Osmangazi, Yıldırım ve İnegöl ilçelerini kapsamaktadır. Dolayısıyla bu alanlarda meydana gelen doğal tehlikeler fiziksel, ekonomik, sosyal ve çevresel açıdan çok büyük kayıpların yaşanmasına sebep olacaklardır.

Yüksek tehlikeli alanların yayılış alanı incelendiğinde Uludağ'ın uzanış doğrultusu ile paralellik gösterdiği dikkati çekmektedir. Uludağ'ın özellikle kuzeybatı, kuzey, kuzeydoğu ve doğu yamaçları yüksek tehlikeli alanların görüldüğü yerlerdir. Bu bölgeler Uludağ yamaçları ile Bursa ve İnegöl Ovaları'nın birleştiği alanlardır. Bu alanlarda yükselti farkı çok fazladır ve yükselti değerleri kısa mesafede değişiklik göstermektedir. Ortalama yüksekliği 100 m olan Bursa Ovası'nın en alçak kesimini ovanın kuzeyindeki ortalama yüksekliğin 90 m olduğu Demirtaş tepelerinden Gölbaşı'na kadar olan alan oluşturmaktadır (Ardel, 1945: 63). İnegöl Ovası'nın ortalama yüksekliği ise 300 m civarındadır (Hoşgören, 1975: 80). Uludağ'ın yüksekliği 2.543 m'dir ve ovalar ile dağ arasındaki yükselti farkı 2.000 m'den fazladır. Yükselti kısa mesafede büyük değişiklikler gösterdiği için sıcaklık ve yağış değerleri de kısa mesafede büyük değişiklikler göstermektedir. Yıllık toplam yağış tutarı özellikle Uludağ'ın kuzey yamaçları boyunca, yükselti artışından ve kuzeyden gelen nemli hava kütlelerine açık olmasından dolayı güney yamaçlara göre daha fazladır (Öztürk, 2010: 19). Ayrıca kuzey ve güney yamaç arasındaki eğim ve bakı farkı özellikle kış döneminde dağın kuzey yamacında bazı kesimlerin güneş ışığını görmemesine sebep olur. Bu hem iki yamaç arasında nemlilik farkının hem de sıcaklık farkının fazla olmasına sebep olur (Öztürk, 2010: 14-15). Kuzeye dönük yamaçlarda yükseltinin kısa mesafede çok değişmesi sonucu yağış ve sıcaklık farkının fazla olması özellikle kütle hareketleri ve sel-taşkınların oluşmasında etkili olmuştur.

Uludağ'ın batı, güneybatı ve güneyi ise doğal tehlikeler bakımından az tehlikeli alanlardır. Bunun sebebi ise bu alanların engebeli bir yapıya sahip olması ve yükseltinin uzun mesafelerde azalarak devam etmesidir. Bu alanlarda yükselti farkı azdır, Uludağ kadar olmasa da 1.000 m'nin üzerinde yüksekliğe sahip dağlar yer almaktadır. Yükselti,

yağış ve sıcaklık değerlerinin daha geniş aralıklarla değişim göstermesi doğal tehlikelerin daha az görülmesinde etkili olmuştur.

Orta tehlikeli alanların büyük bölümünü yüksek tehlikeli alanların çevresi oluşturmaktadır. Bununla birlikte Yenişehir, Gemlik, Gürsu, Kestel ve Karacabey'in merkez mahalleleri, Harmancık ilçesinin merkez mahalleleri ve güneyinde kalan mahalleler, Mustafakemalpaşa merkez mahalleri ve doğusundaki akarsu vadi tabanları, Mudanya ilçe merkezinin doğusunda kalan alanlar, Keles ilçe merkezinin güney ve güneydoğusunda kalan bazı mahalleler ile İznik ilçesinin İznik Gölü güneyinde kalan birkaç mahallesi orta tehlikeli alanlardır.

Orhangazi, Büyükorhan, Orhaneli ve İznik ilçelerinin neredeyse tamamı doğal tehlikeler bakımından en az tehlikeli alanlardır. Bununla birlikte sınırları içinde orta tehlikeli alanlar bulunsa da Karacabey, Mustafakemalpaşa, Keles, Harmancık, Yenişehir ve Gemlik ilçelerinin büyük bir bölümü de düşük tehlikeli alanlar içinde yer almaktadır. Mudanya ve Nilüfer ilçelerinin ise batısındaki alanlar tehlikenin düşük olduğu yerlerdir.

Osmangazi, Yıldırım, İnegöl, Gürsu ve Kestel ilçelerinin ise büyük bölümü yüksek veya orta tehlikeli alanların içinde yer almaktadır. 2020 TÜİK verilerine göre Osmangazi 881.459, Yıldırım 657.176, İnegöl 281.384, Gürsu 96.985 ve Kestel 70.865 nüfusa sahiptir. Bu ilçeler toplamda yaklaşık 2 milyon nüfusla Bursa nüfusunun %64'ünün yaşadığı ilçelerdir. Dolayısıyla bu ilçelerde yaşanan doğal afetler çok sayıda kişiyi etkileyecektir. Bu da Bursa'da doğal afetler için alınacak önlemlerde ya da yapılacak planlamalarda bu bölgelere öncelik verilmesinin ne kadar önemli olduğunu açık bir şekilde ortaya koymaktadır.

Doğal tehlikelerin yoğunluk haritaları tek tek incelendiğinde deprem tehlikesi yüksek olan alanların il geneline dağıldığı görülmektedir (Şekil 45 A). Orta tehlikeli alanlar genellikle yüksek tehlikeli alanlara komşu olan alanlardır. Bununla birlikte ilin kuzeydoğusu, doğusu ve batısında (Karacabey ilçe merkezi ve kuzeybatısı hariç) bazı alanlarda tehlikenin az olduğu görülmektedir.

Kütle hareketleri tehlikesi yüksek olan alanlar Uludağ'ın kuzey ve kuzeydoğusunda ve Uludağ'ın uzanış doğrultusunda yoğunlaşmıştır (Şekil 45 B).

Osmangazi, Nilüfer ve Yıldırım ilçe merkezleri ile İnegöl tehlikenin en yüksek olduğu alanlardır. Bunun dışında yüksek tehlikeli alanlara komşu olan alanlar orta tehlikeli alanlardır. İlin kuzeydoğusunda İznik Gölü güney kıyıları ile Gemlik İlçesi'nin güneydoğusunda bazı alanlar orta tehlikeli alanlardır. İlin kuzeyinde Mudanya'nın doğusunda bazı alanlar da orta tehlikelidir. İlin batısı ve güneyindeki alanlar ile Gürsu Kestel ve Yenişehir ilçeleri genel olarak kütle hareketi tehlikesinin az olduğu alanlardır.

Sel-taşkın tehlikesinin yüksek olduğu alanlar da kütle hareketlerinin yoğunlaştığı alanlar gibi Uludağ'ın kuzey ve kuzeydoğusunda ve Uludağ'ın uzamış doğrultusunda yoğunlaşmıştır (Şekil 45 C). Yine kütle hareketlerinde olduğu gibi Osmangazi, Yıldırım ve Nilüfer ilçe merkezleri ve İnegöl tehlikenin en yüksek olduğu alanlardır. Ancak kütle hareketlerine kıyasla sel-taşkınlar bu alanlarda yükseltinin daha az olduğu kesimlerde yoğunlaşmıştır. Orta tehlikeli alanlar yüksek tehlikeli alanlara komşu olan alanlardır. Bununla birlikte ilin doğusunda İznik ve Yenişehir, kuzeyde Gemlik, batıda ise Karacabey ve Mustafakemalpaşa ilçe merkezleri orta tehlikeli alanlardır. İlin güneyi ve kuzeyinde Orhaneli ve Mudanya ilçeleri genel olarak sel-taşkın tehlikesinin düşük olduğu alanlardır.

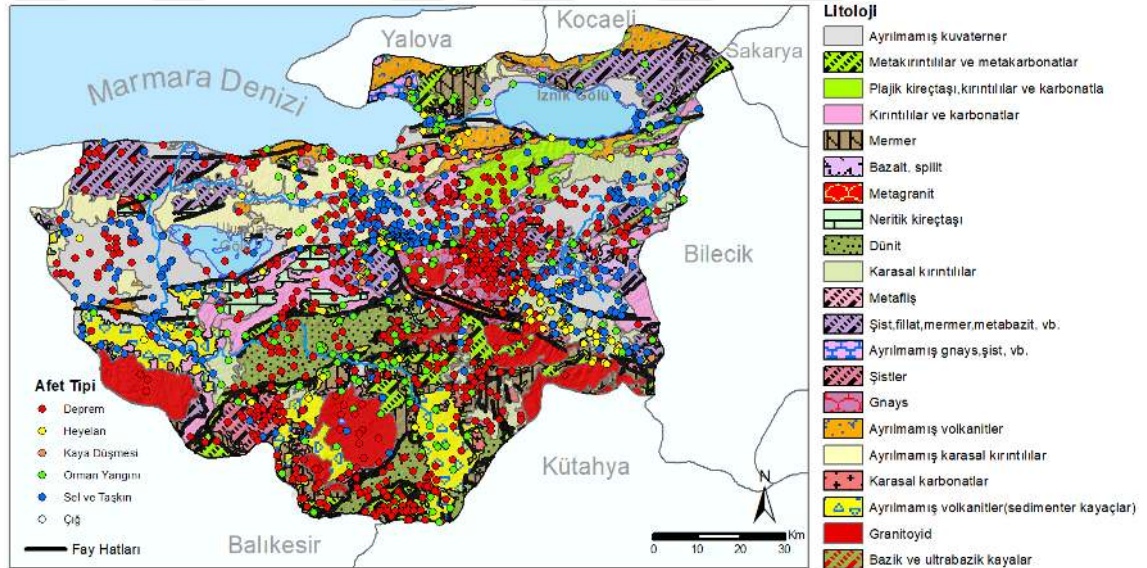
Orman yangınları tehlikesinin yüksek olduğu alanlar depremler gibi il geneline dağılmıştır (Şekil 45 D). İlin genel olarak orta kesiminde kuzeyden güneye kadar uzanan alan orman yangını tehlikesinin en yüksek olduğu alanlardır. Orta tehlikeli alanlar genel olarak yüksek tehlikeli alanlara yakın olan alanlardır. İznik, Yenişehir ve İnegöl ilçelerinin doğusu ile Karacabey'in bazı kesimleri de orta tehlikeli alanlardır. İlin batısı, kuzeydoğu ve güneydoğusundaki bazı alanlar tehlikenin en az olduğu alanlardır. Çığ olayları Uludağ'da yaşandığı için çığ tehlikesinin yüksek olduğu alanlar da Uludağ'ın yüksek kesimleridir (Şekil 45 E).

4. BÜTÜNLEŞİK TEHLİKELER VE COĞRAFİK FAKTÖRLER ARASINDAKİ İLİŞKİLER

4.1. BÜTÜNLEŞİK TEHLİKE LİTOLOJİ İLİŞKİSİ

Çalışma alanı jeolojik zamanlar açısından değerlendirildiğinde yaşı bilinmeyen araziler ile birlikte, bütün zaman dilimlerine ait arazilerin yer aldığı görülmektedir. Çalışma alanı litolojik malzemeler bakımından da zengin bir özelliğe sahiptir (Şekil 46).

En geniş alanı 3.451 km² ile Senozoik döneme ait araziler oluşturmaktadır. Mesozoik dönem arazileri 3.240 km² ile ikinci sırada yer alır. Paleozoik ve Kuaterner döneme ait araziler ise yaklaşık 1.780 km² ile hemen hemen eşit alana sahiptir. Tespit edilen tehlikelerden 493 tanesi Senozoik döneme ait ayrılmamış volkanitler, karasal kırıntılılar, kırıntılılar ve karbonatlar, karasal karbonatlar, granitoyidler ve metagranitler üzerinde gerçekleşmiştir (Tablo 3). Doğal tehlikelerden özellikle heyelanların 200 tanesi (%63) ve depremlerin 140 tanesi (%20) bu döneme ait araziler üzerinde görülmüştür. Bu tehlikelerden 302 tanesi karasal kırıntılılar olarak adlandırılan ve çevredeki malzemelerin dış kuvvetler tarafından aşındırılıp taşınması ve biriktirilmesiyle oluşan konglomeralar, breşler, kumtaşları, siltli ve killi kayaçlar üzerinde gerçekleşmiştir.



Şekil 46. Bütünleşik tehlikelerin jeolojik ve litolojik faktörlere göre dağılım haritası

Kuaterner dönemine ait araziler alan olarak 1.786 km² ile Mesozoik ve Senozoik döneme ait arazilerin yaklaşık olarak yarısı kadardır. Ancak tehlikelerin 457 tanesi bu döneme ait araziler üzerindeki alüvyonlar, travertenler, yamaç molozu ve çakıl taşları üzerinde gerçekleşmiştir. Bu döneme ait araziler ova tabanlarında, akarsu vadilerinde ve göl kenarlarında yer almaktadır. Doğal tehlikelerden özellikle sel-taşkınların 303 tanesi (%65) ve depremlerin 103 tanesi (%15) bu döneme ait araziler üzerinde gerçekleşmiştir.

Mesozoik döneme ait araziler metakırıntılılar ve metakarbonatlar, plajik kireçtaşları, kırıntılılar ve karbonatlar, mermer, bazalt, spilit, metagranitler, neritik kireç

taşları, dünit, karasal kırıntılılar ve metaflişlerden oluşmaktadır. Doğal tehlikelerden 437 tanesi bu araziler üzerinde gerçekleşmiştir. Bu tehlikelerden 139 tanesi kırıntılılar ve karbonatlar, 89 tanesi dünitler ve 78 tanesi metakırıntılılar ve metakarbonatlar üzerinde meydana gelmiştir. Doğal tehlikelerden özellikle depremlerin 284 tanesi (%41) bu dönem arazileri üzerinde gerçekleşmiştir.

Tablo 3. Çalışma alanında meydana gelen tehlikelerin tek tek ve bütünsel olarak jeolojik ve litolojik faktörlere göre dağılımı

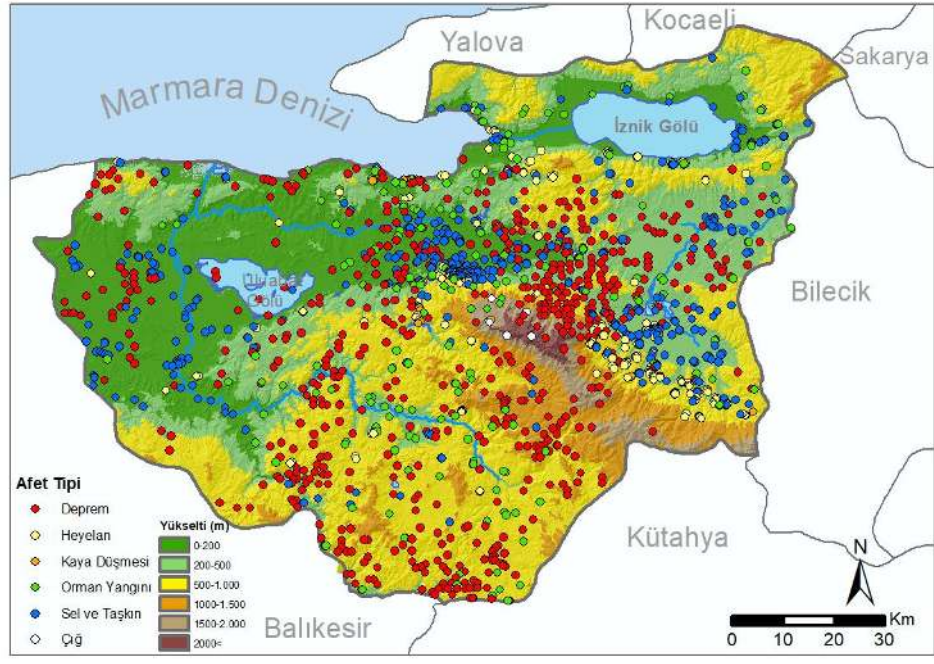
Litolojik Malzeme	Deprem	Heyelan	Kaya Düşmesi	Sel-Taşkın	Orman Yangını	Çığ	Toplam
P-Şist, fillat, mermer, metabazit, vb.	77	19	5	27	23	0	151
P-Ayrılmamış gnays, şist, metagranit vb.	0	0	0	0	1	0	1
P-Şistler	37	3	0	4	4	1	49
P-Gnays	30	22	8	12	5	1	78
M-Metakırıntılılar ve metakarbonatlar	48	5	0	6	19	0	78
M-Plajik kireçtaşı, kırıntılılar, karbonatlar	19	2	3	7	2	0	33
M-Mermer	53	3	2	4	6	0	68
M-Bazalt, spilit	3	0	0	8	2	0	13
M-Kırıntılılar ve karbonatlar	63	12	1	15	15	0	106
M-Metagranit	0	0	0	0	0	0	0
M-Neritik kireçtaşı	17	3	0	0	0	0	20
M-Dünit	66	3	0	4	16	0	89
M-Karasal kırıntılılar	15	1	0	1	3	0	20
M-Metafliş	0	10	0	0	0	0	10
S-Ayrılmamış karasal kırıntılılar	35	9	1	21	22	0	88
S-Kırıntılılar ve karbonatlar	1	0	0	0	0	0	1
S-Karasal karbonatlar	9	19	0	2	6	0	36
S-Karasal kırıntılılar	29	147	0	29	9	0	214
S-Ayrılmamış volkanitler	35	21	1	15	23	0	95
S-Granitoid	31	4	4	6	11	2	58
S-Metagranit	0	0	0	0	0	1	1
K-Ayrılmamış kuvaterner	103	33	4	303	14	0	457
B-Bazik ve ultrabazik kayalar	8	0	0	0	4	0	12

Paleozoik döneme ait araziler üzerinde 279 olay tespit edilmiştir. Şist, gnays, metagranitler, fillat, mermer ve metabazitlerden oluşan bu dönem arazilerinden özellikle şist, fillat, mermer ve metabazitler doğal tehlikelerden 151 tanesinin görüldüğü alanları oluşturmaktadır. Depremlerin 144 tanesi (%21) ve kaya düşmelerinden 13 tanesi (%43) bu dönem arazileri üzerinde meydana gelmiştir. Doğal tehlikelerin 24 tanesi yaşı bilinmeyen bazik ve ultrabazik kayalar üzerinde gerçekleşmiştir.

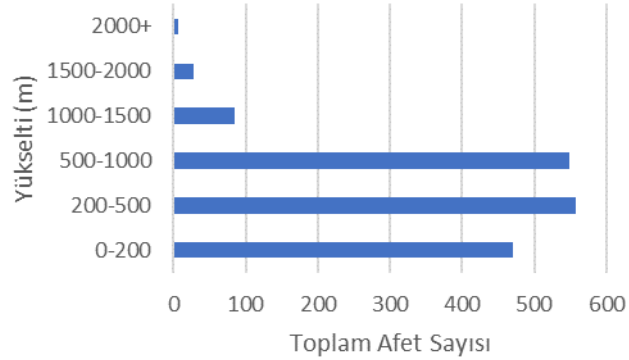
Çalışma alanında litolojik bakımdan en tehlikeli araziler Kuaterner dönemine ait alüvyonlu arazilerdir. Doğal tehlikelerin 467 tanesi (%28) bu tür araziler üzerinde meydana gelmiştir. Senozoik döneme ait karasal kırıntılardan oluşan arazilerde 214 olay meydana gelmiştir ve en tehlikeli ikinci litolojik yapıdır. Doğal tehlikelerden 151 tanesi ise Paleozoik döneme ait şist, fillat, mermer ve metabazitler üzerinde gerçekleşmiştir. Mesozoik ve Senozoik döneme ait metagranitler doğal tehlikelerin en az görüldüğü birimlerdir. Çalışma alanı Kuzey Anadolu Fay Zonu ile Ege Açılım Sistemi olmak üzere iki aktif fay kuşağı arasında yer almaktadır. Fay hatlarının kesişim noktasında yer alması özellikle deprem sayısının da fazla olmasına ve depremlerin ilin geneline dağılmasında diğer bir ifadeyle belli bir bölgede toplanmamasında etkili olmuştur.

4.2. BÜTÜNLEŞİK TEHLİKE YÜKSELTİ İLİŞKİSİ

Yükselti değerlerine göre bütünleşik doğal tehlikelerin dağılışı incelendiğinde genel olarak yükselti arttıkça doğal tehlikelerin sayısında azalma olduğu görülmektedir. Doğal tehlikelerin 1.028 tanesinin yani %61'inin yükseltinin 500 m'nin altında olduğu alanlarda gerçekleştiği görülmektedir (Şekil 47 A ve B). 500-1.000 m arasında 549 doğal tehlike tespit edilmiştir. 1.500-2.000 m arasındaki alanlarda toplamda 28 olay gerçekleşmiştir ki bunun 4 tanesi çığ, 19 tanesi deprem, 3 orman yangını ve 1 heyelan ile 1 kaya düşmesi şeklindedir. 2.000 m üzerinde 5 deprem ve 1 çığ olmak üzere 6 tehlike meydana gelmiştir. Doğal tehlikeler bakımından en tehlikeli yükselti aralığı 0-500 m arasındaki ova tabanları ve akarsu vadi tabanlarından oluşan alanlardır.



(A)



(B)

Şekil 47. Çalışma alanında meydana gelen bütünleşik tehlikelerin yükselti basamaklarına göre **A.** dağılım haritası **B.** dağılışı grafiği

Doğal tehlikelere göre dağılışı tek tek incelendiğinde heyelanlar daha çok 500-1.000 m arasında gerçekleşirken, sel-taşkınlar 0-200 m arasındaki yükselti aralığında gerçekleşmiştir (Tablo 4). Hatta sel-taşkınların neredeyse tamamı 500 m'nin altındaki yüksekliğe sahip alanlarda meydana gelmiştir. Benzer bir durum kaya düşmesi olayları için de geçerlidir. Tespit edilen 30 kaya düşmesinin 19 tanesi 200-500 m arasındaki yükselti aralığındaki alanlarda görülmüştür. Çığların tamamı 1.500 m'nin üzerindeki alanlarda yaşanmıştır. Deprem ve orman yangınları için belli bir yükselti basamağında

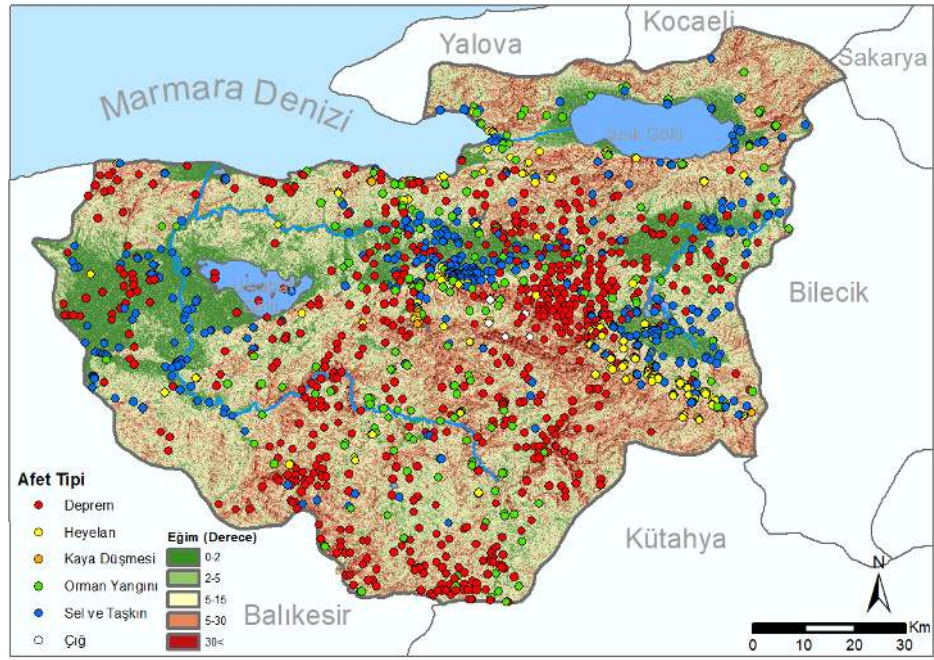
toplanma söz konusu olmamakla birlikte en fazla 500-1.000 m yükseltiye sahip alanlarda gerçekleştikleri görülmektedir.

Tablo 4. Çalışma alanında meydana gelen doğal tehlikelerin tek tek ve bütünleşik olarak yükselti faktörüne göre dağılışı

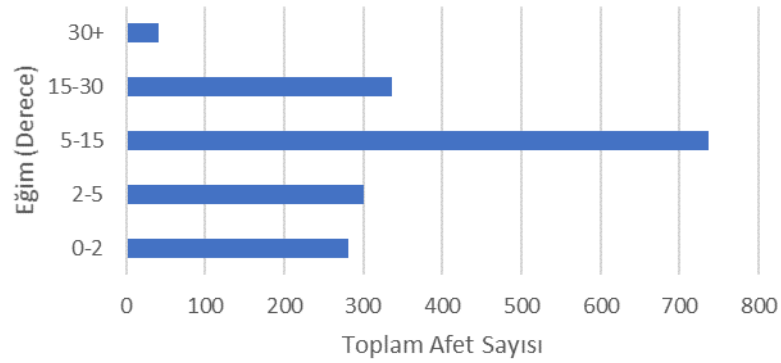
Yükselti (m)	Deprem	Heyelan	Kaya Düşmesi	Sel-Taşkın	Orman Yangını	Çığ	Toplam
0 - 200	140	45	5	234	47	0	471
200 - 500	175	106	19	193	64	0	557
500 - 1.000	280	160	5	38	66	0	549
1.000 - 1.500	68	7	0	2	7	0	84
1.500 - 2.000	19	1	1	0	3	4	28
2.000 +	5	0	0	0	0	1	6

4.3. BÜTÜNLEŞİK TEHLİKE EĞİM İLİŞKİSİ

Çalışma alanında meydana gelen doğal tehlikelerin 736 tanesi 5-15° arasında eğime sahip alanlarda gerçekleşmiştir (Şekil 48 A ve B). İkinci sırada 336 olay ile eğim aralığının 15-30° olduğu alanlar gelmektedir. En az olay 30°'nin üzerinde eğime sahip alanlarda görülmüştür. Ova tabanları ile akarsu vadisi tabanları genel olarak eğimin 0-5° arasında olduğu alanlardır ve doğal tehlikelerin 581 tanesi bu alanlarda meydana gelmiştir. Eğim haritası incelendiğinde 5-15° arası eğime sahip alanların yüksek dağlar ile ova tabanları veya vadi tabanları arasında kalan alanlar olduğu görülmektedir. Bu alanlar doğal tehlikeler bakımından en tehlikeli alanlardır.



(A)



(B)

Şekil 48. Bütünleşik tehlikelerin eğim faktörüne göre **A.** dağılış haritası, **B.** dağılış grafiği

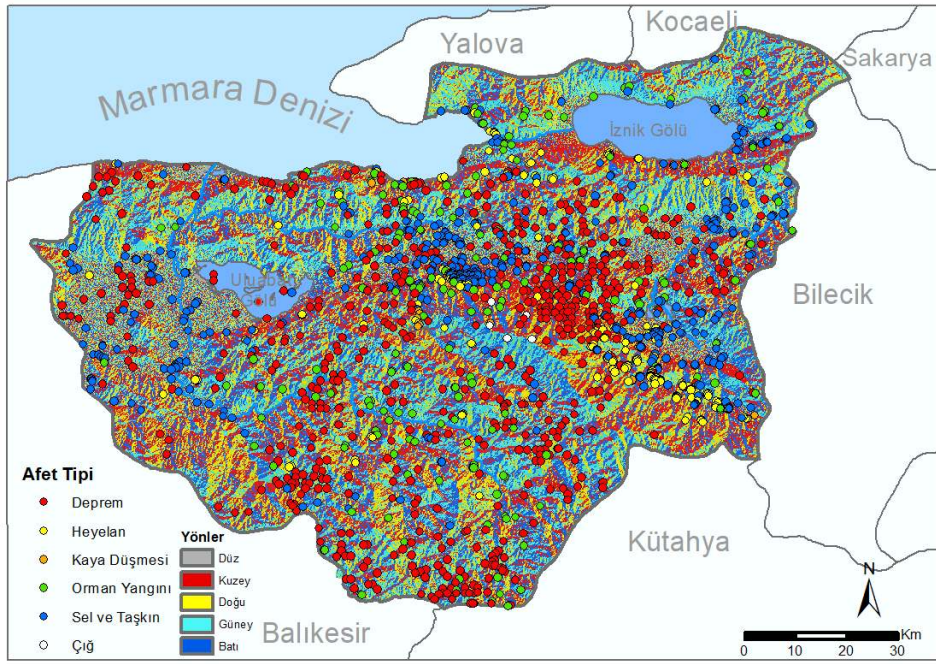
Doğal tehlikelerin eğim ile ilişkisi tek tek incelendiğinde deprem, heyelan ve orman yangınlarının en fazla orta derecede eğime sahip ($5-15^\circ$) yüksek dağ sıraları ile ova ve vadi tabanları arasında kalan alanlarda yaşandığı görülmektedir (Tablo 5). Sel-taşkınlar ise daha çok eğimin az olduğu ($0-5^\circ$) arasında olduğu ova ve vadi tabanlarında meydana gelmiştir. Kaya düşmeleri $15-30^\circ$ eğim aralığında, çığlar eğimin 15° üzerinde olduğu alanlarda tespit edilmiştir.

Tablo 5. Çalışma alanında meydana gelen tehlikelerin tek tek ve bütünleşik olarak eğim faktörüne göre dağılışı

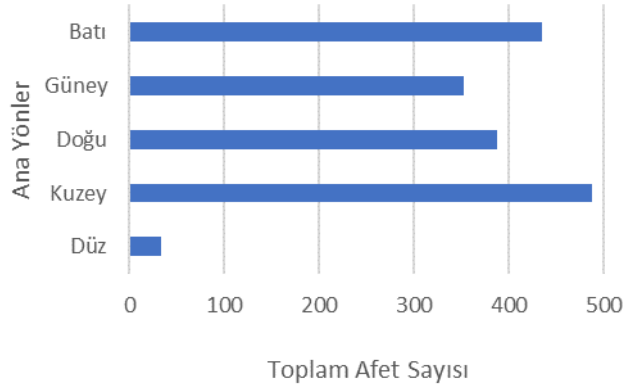
Eğim (°)	Deprem	Heyelan	Kaya Düşmesi	Sel-Taşkın	Orman Yangını	Çığ	Toplam
0 - 2	92	22	0	161	6	0	281
2 - 5	75	42	2	160	21	0	300
5 - 15	311	190	10	130	95	0	736
15 - 30	183	60	14	15	61	3	336
30 +	26	5	4	1	4	2	42

4.4. BÜTÜNLEŞİK TEHLİKE BAKI İLİŞKİSİ

Doğal tehlikelerin %29'u kuzeye bakan alanlarda gerçekleşmiştir (Şekil 49 A ve B). Batıya bakan alanlar tehlikelerin %26'sının meydana geldiği alanlardır ve ikinci sırada yer almaktadır. Çalışma alanında doğal tehlikeler düz alanlar hariç bütün yönlerde neredeyse eşit oranda yaşanmıştır. Yine de kuzey yönlü alanlar doğal tehlikelerin en çok görüldüğü alanlardır. Güneye bakan alanlar ise 353 olay ile en az tehlikenin görüldüğü alanlardır. Özellikle dağlık alanlarda kuzeye dönük alanlar Marmara Denizi'nden gelen nemli hava kütlelerinin yağışını bıraktığı alanlardır. Ayrıca güney yamaçlara göre sıcaklıklar da düşüktür ve bu yamaçlarda nemlilik daha yüksektir. Dolayısıyla bu yamaçlarda toprağın suya doymun hale gelmesi daha kolaydır ve bu da kütle hareketleri ve sel-taşkınların oluşmasında etkili olmuştur.



(A)



(B)

Şekil 49. Bütünleşik tehlikelerin bakı faktörüne göre **A.** dağılışı haritası **B.** dağılışı grafiği

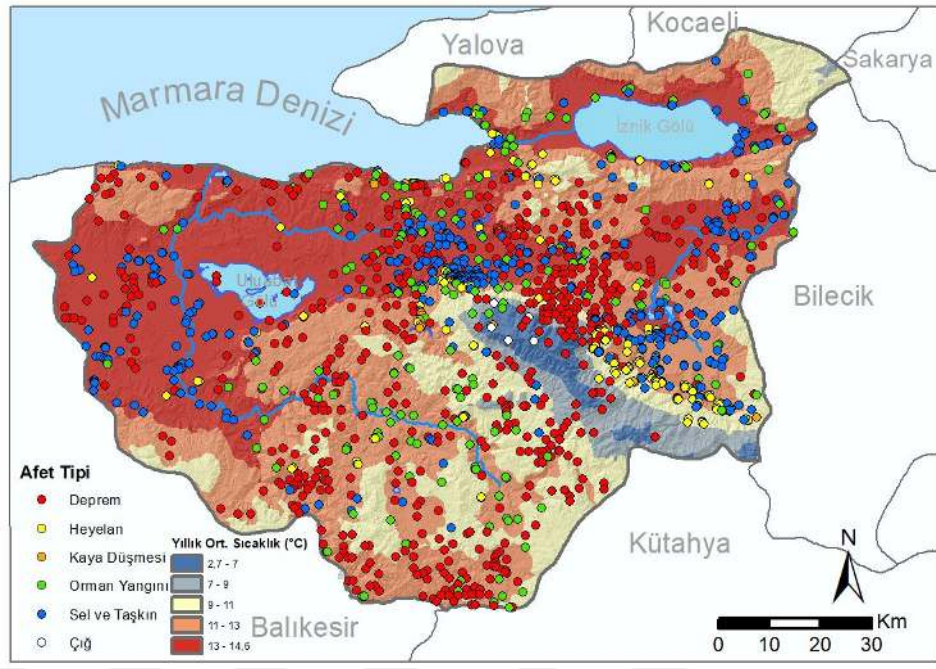
Doğal tehlikeler tek tek ele alındığında depremlerin ve orman yangınlarının bütün yönlerde hemen hemen eşit olarak dağıldığı görülmektedir (Tablo 6). Heyelanlarda hâkim yön 99 olay ile kuzey, ikinci hâkim yön ise 88 olay ile doğudur. Sel-taşkınlarda 157 olay ile kuzeye bakan alanlar en çok tehlikenin meydana geldiği yerlerdir. Bunu 115 olay ile batı yönü takip etmektedir. Kaya düşmeleri ve çığlarda kuzey ve doğuya bakan alanlar en çok tehlikenin görüldüğü alanlardır.

Tablo 6. Çalışma alanında meydana gelen tehlikelerin tek tek ve bütünleşik olarak bakı faktörüne göre dağılışı

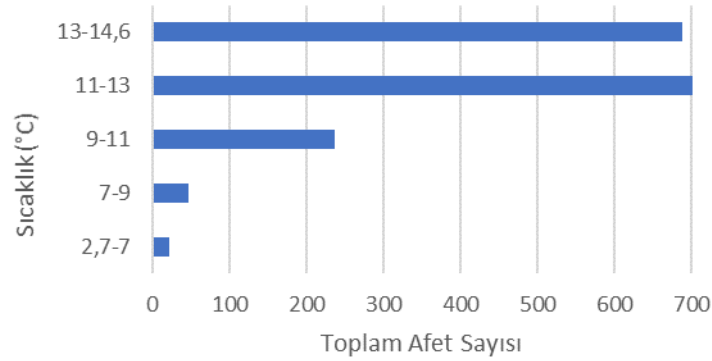
Ana Yönler	Deprem	Heyelan	Kaya Düşmesi	Sel-Taşkın	Orman Yangını	Çığ	Toplam
Düz	13	5	0	15	0	0	33
Kuzey	168	99	10	157	51	2	487
Doğu	167	88	10	85	35	2	387
Güney	160	46	3	95	48	1	353
Batı	179	81	7	115	53	0	435

4.5. BÜTÜNLEŞİK TEHLİKE SICAKLIK İLİŞKİSİ

Çalışma alanında doğal tehlikelerin 702 tanesi sıcaklık ortalamasının 11-13 °C arasında olduğu alanlarda meydana gelmiştir (Şekil 50 A ve B). Sıcaklık değerlerinin 13-14,6 °C arasında olduğu alanlar 688 olay ile ikinci sırada yer almaktadır. En az olay sıcaklık değerlerinin 2,7-7 °C arasında olduğu Uludağ'ın yüksek kesimlerinde gerçekleşmiştir. Bu alanlarda 12 deprem, 5 çığ, 3 orman yangını, 1 heyelan ve 1 kaya düşmesinden oluşan 22 olay meydana gelmiştir. Tehlikelerin yaklaşık olarak %82'si sıcaklık değerlerinin 11 °C'nin üzerinde olduğu alanlarda gerçekleşirken, %18'i sıcaklık değerlerinin 11 °C'nin altında olduğu alanlarda gerçekleşmiştir. Buradan yola çıkarak sıcaklık ortalamalarının yüksek olduğu alanların afetler bakımından daha tehlikeli olduğu söylenebilir. Genel olarak sıcaklık ile tehlike sayısı arasında doğru orantı vardır. Şekil 50 A incelendiğinde doğal tehlikelerin Bursa ve İnegöl Ovaları ile Uludağ arasında kalan alanlarda yoğunlaştığı görülmektedir. Bu alanlarda yükseltiye bağlı olarak sıcaklık ve yağış değerlerinin kısa mesafede çok fazla değişmesi olay sayısının fazla olmasında etkili olmuştur.



(A)



(B)

Şekil 50. Bütünleşik tehlikelerin sıcaklık faktörüne göre **A.** dağılış haritası **B.** dağılış grafiği

Doğal tehlikeler tek tek ele alındığında depremlerin 328 tanesi 11-13 °C arasında sıcakların görüldüğü alanlarda meydana gelmiştir (Tablo 7). Heyelanların %53'ü 11-13 °C arasında gerçekleşmiştir. Sel-taşkınların yaklaşık %72'si genelde sıcaklığın 13-14,6 °C'nin üzerinde olduğu alanlarda meydana gelmiştir. Kaya düşmesi olaylarının da %83'ü sıcaklıkların 11 °C'nin üzerinde olduğu alanlarda yaşanmıştır. Orman yangınlarının neredeyse tamamı sıcaklık değerlerinin 9 °C'nin üzerinde olduğu alanlarda gerçekleşmiştir. Sadece 4 tanesi 9 °C'nin altında olduğu alanlarda görülmüştür. Çığların tamamı en düşük sıcaklık değeri aralığı olan 2,7-7 °C arasında sıcaklıkların görüldüğü

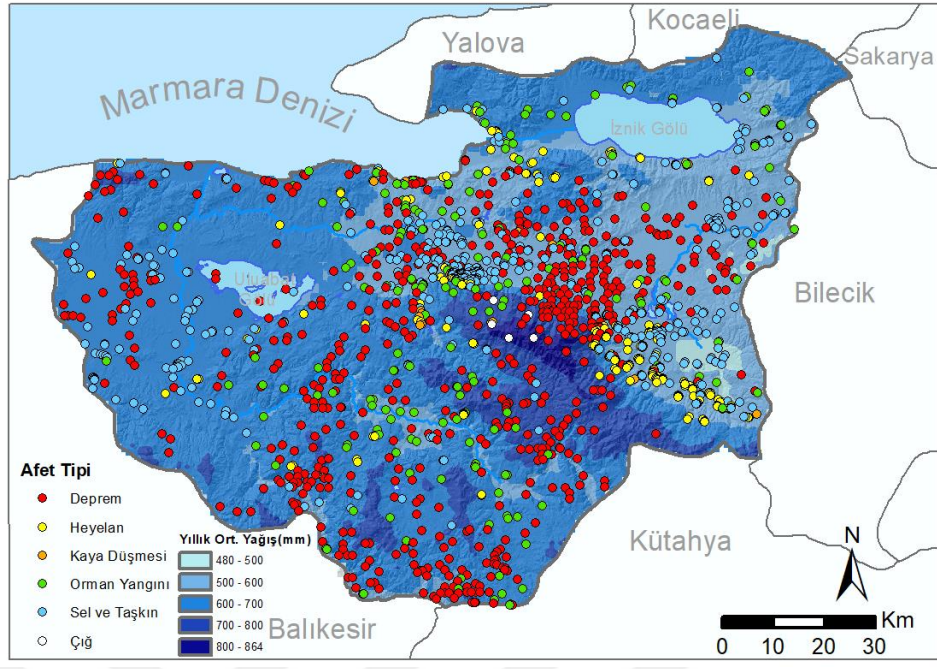
alanlarda gerçekleşirken, diğer bütün doğal tehlikeler için bu sıcaklık değeri aralığı en az olayın görüldüğü değerdir.

Tablo 7. Çalışma alanında meydana gelen tehlikelerin tek tek ve bütünleşik olarak sıcaklık faktörüne göre dağılışı

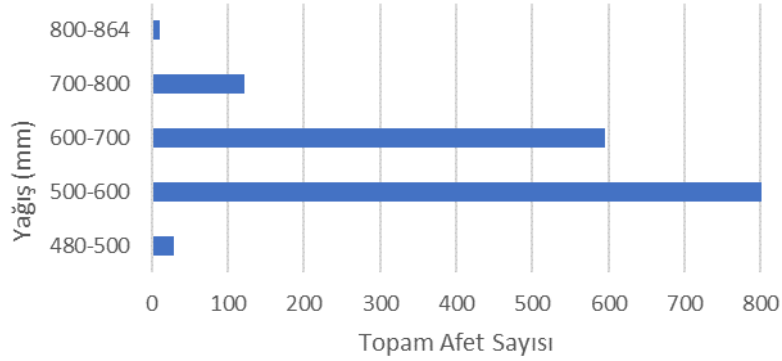
Sıcaklık (°C)	Deprem	Heyelan	Kaya Düşmesi	Sel-Taşkın	Orman Yangını	Çığ	Toplam
2,7 - 7,0	12	1	1	0	3	5	22
7,0 - 9,0	42	3	0	0	1	0	46
9,0 - 11,0	111	74	4	22	26	0	237
11,0 - 13,0	328	170	13	111	80	0	702
13,0 - 14,6	194	71	12	334	77	0	688

4.6. BÜTÜNLEŞİK TEHLİKE YAĞIŞ İLİŞKİSİ

Çalışma alanında yıllık ortalama 500-600 mm arası yağış alan alanlar doğal tehlikelerin yaklaşık %55'inin görüldüğü alanlardır (Şekil 51 A ve B). Yağışın en fazla olduğu alanlar 10 olay ve yağışın en az görüldüğü alanlar 29 olay ile en az doğal tehlikenin yaşandığı alanlardır. Yağışın 500-700 mm arasında olduğu alanlar 1.535 olay ile tehlikelerin yaklaşık %91'inin görüldüğü alanlardır. Dolayısıyla tehlikelerin büyük çoğunluğu çalışma alanında yağışın orta derecede olduğu alanlarda gerçekleşmiştir. Şekil 51 A incelendiğinde sıcaklık haritasındakine benzer bir durum karşımıza çıkmaktadır. En fazla yağış alan alanlarla, en az yağış alan alanların birbirine en yakın olduğu alanlarda tehlikelerin yoğunlaştığı görülmektedir. Buralar eğimin de fazla olduğu alanlardır. Yüksek kesimlere düşen yağış yüzeysel akışa geçerek başta sel-taşkınlar olmak üzere, heyelan ve kaya düşmelerinin meydana gelmesinde etkili olmuştur. Yağışın fazla olduğu Uludağ ile yağışın az olduğu İnegöl ve Bursa Ovaları arasında kalan alanlarda doğal tehlikelerin sayısı ve çeşitliliği fazladır.



(A)



(B)

Şekil 51. Bütünleşik tehlikelerin yağış faktörüne göre **A.** dağılış haritası **B.** dağılış grafiği

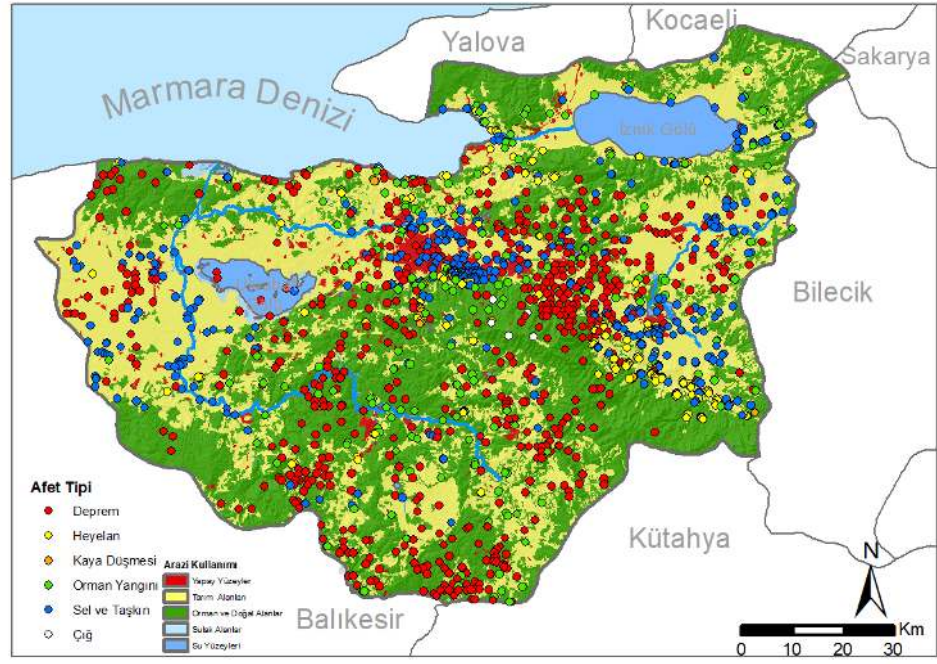
Doğal tehlikeler tek tek ele alındığında heyelan, kaya düşmesi, sel-taşkınlar ve orman yangınları en fazla, yağış değerlerinin 500-600 mm arasında olduğu alanlarda meydana gelmiştir (Tablo 8). Depremler yağışın 600-700 mm arasında olduğu alanlarda, çığlar ise yağışın 700 mm'nin üzerinde olduğu yüksek kesimlerde meydana gelmiştir. Doğal tehlikelerden depremlerin %85'i, heyelanların %97'si, kaya düşmelerinin neredeyse tamamı, sel-taşkınların %95'i ve orman yangınlarının %92'si yağışın 500-700 mm arasında olduğu alanlarda gerçekleşmiştir.

Tablo 8. Çalışma alanında meydana gelen tehlikelerin tek tek ve bütünleşik olarak yağış faktörüne göre dağılışı

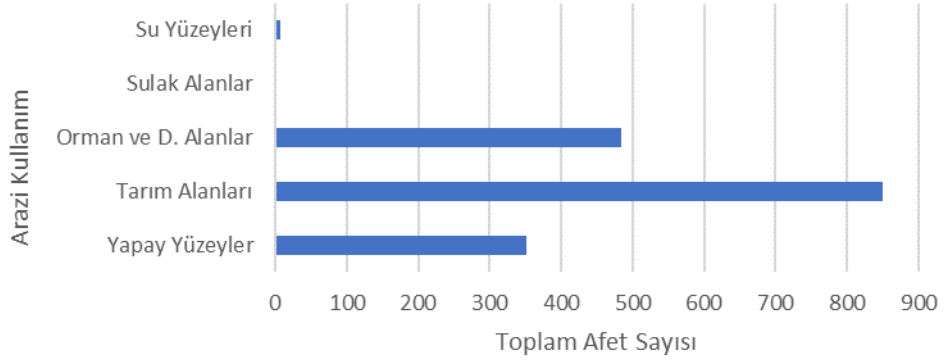
Yağış (mm)	Deprem	Heyelan	Kaya Düşmesi	Sel-Taşkın	Orman Yangını	Çığ	Toplam
480 - 500	3	6	0	18	2	0	29
500 - 600	284	221	24	319	91	0	939
600 - 700	299	87	5	124	81	0	596
700 - 800	95	4	1	6	13	2	121
800 - 864	6	1	0	0	0	3	10

4.7. BÜTÜNLEŞİK TEHLİKE ARAZİ KULLANIMI İLİŞKİSİ

Çalışma alanında doğal tehlikelerin %50'si tarım arazileri üzerinde meydana gelmiştir (Şekil 52 A ve B). Tarım alanlarında yaşanan 850 afetin 523 tanesi karışık tarım alanları olarak adlandırılan alanlarda meydana gelmiştir. Geri kalanlar ise kuru ve sulu tarım alanları ile zeytin ve meyve bahçelerinde gerçekleşmiştir. Ormanlık ve diğer doğal alanlar doğal tehlikelerin %29'unun görüldüğü alanlardır. Tehlikelerin %21'i ise yerleşim alanları, endüstri tesisleri, yollar gibi alanlardan oluşan yapay yüzeyler üzerinde gerçekleşmiştir. Yapay yüzeylerde gerçekleşen 352 doğal tehlikenin 325 tanesi yerleşim alanları üzerinde gerçekleşmiştir. Bu olay sayıları arazi kullanım alanları ile oranlanırsa, tarımsal arazilerde 6 km²'ye 1 olay, ormanlık ve doğal alanlarda 10 km²'ye 1 olay düşerken, yapay yüzeylerde 1 km²'ye 1 olay düşmektedir. Bu da yapay alanlarda doğal tehlike sayısı az da olsa tehlike yoğunluğunun yüksek olduğunu göstermektedir.



(A)



(B)

Şekil 52. Bütünleşik tehlikelerin arazi kullanım özelliklerine göre **A.** dağılış haritası **B.** dağılış grafiği

Depremler daha çok ormanlık alanlar ile tarım alanlarında meydana gelmiştir (Tablo 9). Heyelanların %67'si tarım alanlarında gerçekleşmiştir. Sel-taşkınlar ile kaya düşmeleri ise daha çok yapay yüzeylerde meydana gelmiştir. Orman yangınları en çok tarım alanlarında görülse de yanan alanların zamanla tarım alanı olarak kullanılmaya devam edilmesi bunda etkili olmuştur. Çığlar ise orman ve diğer doğal alanlarda meydana gelmiştir.

Tablo 9. Çalışma alanında meydana gelen tehlikelerin tek tek ve bütünsel olarak arazi kullanım özelliklerine göre dağılışı

Arazi Kullanım	Deprem	Heyelan	Kaya		Orman		Çığ	Toplam
			Düşmesi	Sel-Taşkın	Yangını			
Yapay Yüzeyler	37	65	13	231	6	0		352
Tarım Alanları	296	215	6	226	107	0		850
Orman ve Doğal Alanlar	345	39	11	10	74	5		484
Sulak Alanlar	1	0	0	0	0	0		1
Su Yüzeyleri	8	0	0	0	0	0		8

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada Bursa ili için bütünsel doğal tehlike analizi yapılmıştır. Bu kapsamda Bursa’da meydana gelen deprem, kütle hareketleri, sel-taşkınlar, orman yangınları ve çığ tehlikelerinden oluşan bir veri tabanı oluşturulmuştur. Buna göre, 687 deprem, 349 kütle hareketi, 467 sel-taşkın, 187 orman yangını ve 5 çığ olmak üzere toplam 1.695 olay tespit edilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda ilk olarak her bir tehlike için ilçe ve mahalle bazında dağılışı haritaları ile zamansal dağılışı grafikleri oluşturulmuş ve analiz edilmiştir. Daha sonra elde edilen veriler birleştirilerek bütünsel tehlike analizi gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda bütünsel doğal tehlikelerin mekânsal ve zamansal dağılışı analiz edilmiş ve bütünsel doğal tehlike yoğunluk haritası değerlendirilmiştir. Son olarak coğrafik faktörler ile bütünsel doğal tehlikeler arasındaki ilişkiler yorumlanmıştır. Elde edilen sonuçları şöyle sıralamak mümkündür:

Çalışma alanında büyüklüğü 3 ve üzeri olan 687 deprem yaşanmıştır. Bu depremlerden 1855 mart ve nisan aylarında yaşanan iki deprem en yıkıcı deprem olarak kayıtlara geçmiştir. Karacabey’de 1964 ekim ayında yaşanan 7 büyüklüğündeki deprem M. Kemalpaşa ve Karacabey’de büyük hasarlara sebep olmuştur. Bunlar dışında meydana gelen depremler hasara sebep olmayan depremlerdir. Orhangazi ve İznik ilçeleri hariç bütün ilçelerde deprem yaşanmıştır. Kestel 122 olay ile en çok deprem kaydedilen ilçedir. Kestel Alaçam Mahallesi 16 olay ile en çok depremin kaydedildiği mahalledir. En fazla deprem 1983 yılında kayıtlara geçmiştir. Depremler daha çok sonbahar mevsiminde ve ekim ayında meydana gelmiştir. Çalışma alanında 319 heyelan, 30 kaya düşmesi olmak üzere 349 kütle hareketi tespit edilmiştir. Yaşanan kütle hareketlerinde 1.825 konut zarar görmüş ve 21 kişi hayatını kaybetmiştir. Büyükorhan, Keles ve Harmancık ilçeleri hariç bütün ilçelerde kütle hareketi yaşanmıştır. En çok kütle hareketi 184 olay ile İnegöl

ilçesinde en çok kaya düşmesi ise 16 olay ile Osmangazi ilçesinde yaşanmış. İnegöl Gülbahçe Mahallesi 16 heyelan ve Osmangazi Doğancı Mahallesi 5 kaya düşmesi ile en çok olay kaydedilen mahalleler olmuştur. 1987 yılı 20 olay ile en çok heyelanın kaydedildiği yıldır. Tespit edilen kütle hareketleri en çok ilkbahar aylarında meydana gelişir. Çalışma alanında 467 sel-taşkın olayı tespit edilmiştir. Yaşanan sel-taşkınlarda 617 konut zarar görmüş ve 49 kişi hayatını kaybetmiştir. Harmancık ilçesi hariç bütün ilçelerde sel-taşkın olayı yaşanmıştır. İnegöl ilçesi 102 olay ile en çok sel-taşkın olayının yaşandığı ilçedir. İnegöl Kurtuluş Mahallesi 8 olay ile en çok olayın görüldüğü mahalledir. En çok sel-taşkın 84 olay ile haziran ayında yaşanmıştır. 142 olay ile kış mevsimi en çok sel-taşkın yaşandığı mevsim olsa da sonbahar ve yaz mevsimlerinde de hemen hemen aynı miktarda sel-taşkın yaşanmıştır. İlkbahar 44 olay ile en az olayın görüldüğü mevsimdir. Çalışma alanında 187 orman yangını tespit edilmiştir. Bu yangınlardan 81 konut zarar görmüştür. Bütün ilçelerde orman yangını yaşanmıştır. Gürsu 1 olay ile en az yangının görüldüğü ilçedir. Orhaneli 34 orman yangını ile orman yangının en çok görüldüğü ilçe ve Orhaneli Dağgüney Mahallesi 4 yangın ile en çok yangın görülen mahalledir. Orman yangınlarının %84'ü son 10 yılda gerçekleşmiştir. En çok orman yangını yaz mevsiminde ve ağustos ayında yaşanmıştır. Çalışma alanında 5 çığ olayı tespit edilmiştir. Bu çığlardan can ve mal kaybına sebep olan yoktur. Bunlar dağcıların gezileri esnasında tespit ettikleri çığlardır. Osmangazi, Yıldırım ve Kestel ilçeleri çığların yaşandığı ilçelerdir. Çığların 3 tanesi karların erimesine bağlı olarak ilkbahar aylarında, 2 tanesi ise şubat ayında gerçekleşmiştir.

Doğal tehlikeler bütünleşik olarak değerlendirildiğinde en çok doğal tehlike 363 olay ile İnegöl ilçesinde yaşanmıştır. İnegöl'ü 193 olay ile Osmangazi ilçesi takip etmektedir. En az doğal tehlike görülen ilçe ise 21 olay ile Orhangazi ilçesidir. Afet çeşitliliğine bakıldığında Osmangazi ve Kestel bütün afetlerin en az bir kere yaşandığı ilçeler iken; Orhaneli, İnegöl, Nilüfer, Mudanya İznik ve Gürsu ilçelerinde ise çığ hariç bütün afetler görülmüştür. Deprem ve orman yangını ile 2 çeşit afetin yaşandığı Harmancık afet çeşitliliği en az olan ilçedir.

Doğal tehlike sayısı en fazla olan mahalle 19 olay ile Esenköy (İnegöl) Mahallesi'dir. Osmangazi Doğancı ve Kestel Alaçam Mahalleleri 16 olay, İnegöl Kayapınar Mahallesi ise 15 olay ile en çok doğal tehlike yaşanan diğer mahallelerdir.

Doğancı (Osmangazi) Mahallesi ise 5 afet tipi ile afet çeşitliliğinin en fazla olduğu mahalledir. Mudanya Altıntaş ve Işıklı, İnegöl Gündüzlü, Nilüfer Gümüştepe ve Osmangazi Soğukpınar afet çeşitliliği 4 olan mahallelerdir.

Doğal tehlike yoğunluk haritaları incelendiğinde yüksek ve orta derecede yoğunluğa sahip alanlar deprem ve orman yangınları için çalışma alanının geneline yayılırken, sel-taşkınlar ile kütle hareketleri için belli alanlarda toplandığı görülmektedir. Çığlar doğal olarak Uludağ'ın yüksek kesimlerinde görülmüştür. Bütünleşik doğal tehlike haritasında Uludağ'ın kuzeybatı, kuzey, kuzeydoğu ve doğusunda yer alan alanlar yüksek ve orta derecede tehlikeli alanların yayılış alanıdır. Orta tehlikeye sahip alanlar farklı ilçelerde küçük alanlarda görülse de genellikle yüksek tehlikeli alanlara komşu alanlarda yer almaktadır.

Bursa'da doğal afetlerin dağılışını etkileyen ana faktör Uludağ kütlesidir. Dağın özellikle kuzeybatı, kuzey, kuzeydoğu ve doğu yamaçları yüksek tehlikeli ve orta tehlikeli alanlardır. Bu alanlar Uludağ'ın Bursa ve İnegöl Ovası'na bakan yamaçlarıdır. Bu alanlarda yükselti farkının kısa mesafede çok fazla olması hem sıcaklık hem yağış farklılığının fazla olmasına sebep olmuştur. Doğal afetlerin bu yamaçlarda daha çok görülmesinin sebebi de budur. Uludağ'ın batı, güneybatı ve güneyi engebeli bir yapıya sahiptir. Bu alanlarda yükselti farkı azdır, Uludağ kadar olmasa da 1.000 m'nin üzerinde yüksekliğe sahip dağlar yer almaktadır. Yükseltinin yavaş yavaş azalması ve engebenin fazla olması sıcaklık ve yağış farkının da az olmasına sebep olmuştur. Yükselti, yağış ve sıcaklık değerlerinin daha geniş aralıklarla değişim göstermesi doğal afetlerin oluşmasını engellemiştir.

Jeolojik açıdan doğal tehlikeler incelendiğinde en çok doğal tehlikenin akarsu vadileri, ova tabanları ve göl kıyılarında yer alan ayrılmamış Kuaterner alüvyonları üzerinde kaydedildiği görülmektedir. Senozoik dönem karasal kırıntılıları ise 214 olay ile ikinci sırada yer almaktadır. Yükselti faktörüne göre doğal tehlikelerin %61'inin 0-500 m arasındaki yükseltiye sahip alanlarda gerçekleştiği görülmektedir. Doğal tehlikelerden sadece 118 tanesi yükseltinin 1.000 m'nin üzerinde olduğu alanlarda görülmüştür. Yükselti arttıkça genel olarak doğal tehlike sayısı azalmaktadır. Eğimin 5-15° arasında olduğu yüksek dağlar ile ova tabanları veya akarsu tabanları arasında kalan alanlar 724

olay ile doğal tehlikelerin en çok yaşandığı yerlerdir. 30° üzerinde eğime sahip alanlar ise en az doğal tehlikenin kaydedildiği alanlardır. Çalışma alanında bakı faktörüne göre doğal tehlikelerin dağılışı incelendiğinde hemen hemen bütün ana yönlerde benzer oranda doğal tehlike kaydedilmiştir. Kuzey yönü 487 olay ile ilk sırada yer alırken 353 olay ile güneye bakan alanlarda doğal tehlike sayısı en azdır. Çalışma alanında sıcaklığın dağılışında yükselti faktörünün etkisi görülmektedir. Buna bağlı olarak ortalama sıcaklığın 11-13 °C arasında olduğu alanlar en çok doğal tehlikenin görüldüğü alanlardır. Çalışma alanında ortalama yağış değerlerinin dağılışında yükselti faktörü etkili olmuştur. Yağış değerleri açısından 500-600 mm arasında yağışın görüldüğü alanlar doğal tehlikelerin en çok yaşandığı alanlardır. Arazi kullanımı açısından bakıldığında diğer tarım arazileri olarak sınıflandırılan alanlar en çok doğal tehlikenin kaydedildiği alanlardır. Ancak oransal olarak incelendiğinde yapay yüzeyler içinde yer alan yerleşim yerlerinin doğal tehlikelerin en yoğun yaşandığı alanlar olduğu ortaya çıkmaktadır.

Türkiye’de 1999 Gölcük Depremi sonrasında afet politikaları ve yönetim sisteminde köklü değişiklikler yapılmıştır. Bu tarihten önce afet zararlarını azaltma ve hazırlık çalışmaları yerine afet meydana geldikten sonraki yaraların sarılmasına yönelik çalışmaların yapıldığı görülmektedir (Tercan, 2018: 104). Bu çalışmada Bursa’da doğal afetler bakımından tehlikeli olan alanlar yüksek, orta ve düşük tehlike gurubunda değerlendirilerek ortaya konmuştur. Bu çalışma sonucunda elde edilen veriler afetler öncesinde alınacak tedbirler için kullanılabilecektir.

Bütünleşik tehlike haritasında yüksek tehlikeli alanlar Bursa’da nüfusunda en yoğun olduğu alanlardır. Bursa nüfusunun %64’ü yüksek tehlikeli alanlar içinde kalan ilçelerde yaşamaktadır. Bu da bu alanlarda doğal afetler için alınacak tedbirlerin ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Şehir düzeyinde planlama araçları; imar planlaması, şehir planlaması, risk yönetimi planlaması, acil durum müdahale planlamasında ortaya çıkan sorulara faydalı yanıtlar sağlayan araştırma yöntemlerinden uygun girdilere ihtiyaç duyar (Bernal vd., 2017: 281). Örneğin şehir planlaması durumunda tehlikenin yüksek, orta veya düşük düzeyde olduğu alanların bilinmesi planlamanın bu doğrultuda yapılmasına katkı sunacaktır. Risk yönetim planlamalarında ise tehlike haritaları öncelikli alanların belirlenmesinde başvurulacak ilk kaynaktır.

Bu çalışmada ilk defa Bursa için bütünleşik doğal tehlike haritası oluşturulup analizi yapılmıştır. Bu analizler sadece yüksek, orta ve düşük tehlikeli alanları belirlemekle kalmayıp, afet yönetimi planlamalarında kullanılarak afetler karşısında meydana gelebilecek ekonomik, sosyal, toplumsal ve çevresel kayıpların azaltılması için de yararlı olacaktır. Kentsel dönüşümün planlanması amacıyla da kullanılarak yüksek tehlikeli bölgelerde kentsel dönüşümün hızlandırılmasıyla olası kayıpların önüne geçilebilir. Bütünleşik tehlike haritasını ekonomik ve beşerî unsurlarla değerlendirilerek ilin risk haritasını da ortaya koymak mümkündür. Bursa için daha dar alanlarda, daha ayrıntılı olarak yapılacak çalışmalar ile daha spesifik sonuçlar ortaya konabilir. Yapılan bu çalışmayla çalışma alanında gelecekte yapılacak çalışmalar için de bir altyapı oluşturulmuştur.

KAYNAKÇA

- AKAN Aslı E., & Önder ÖZEN, "Bursa Yeşil Türbe'nin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Deprem Analizi", *Deprem Sempozyumu, 2005*, Kocaeli, 2007, Mart 23-25, ss. 758-762.
- AKBAŞ Abdullah, & Hasan ÖZDEMİR, "Marmara Denizi Havzasının Hidroklimatolojik Dinamiklerinin Belirlenmesi", *Türk Coğrafya Dergisi*, 70, 2018, ss. 123-131.
- AKKAYA İ, M. Ö. ARISOY, & Ü DİKMEN, "Yenişehir/Bursa İlçesi Yerleşim Alanı Deprem Çekincesi", *1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Ankara, ODTÜ, 2011, Ekim 11-14, ss. 1-7.
- AKYÜZ H. S., & Aral I. OKAY, "The Geology of The South of Manyas and Tectonic Significance of Blueschist", *Mineral Res. Expl. Bull.*, C. 120, 1998, ss. 81-85.
- ARDEL Ahmet, "Bursa Ovası ve Çevresi (Morfolojik Etüt)", *Türk Coğrafya Dergisi*, 7-8, 1945, ss. 62-96.
- ARINÇ Kenan, "Ekolojik Yönleriyle; Bursa Ovası' nda Arazi Kullanılışı Ve Çevresel Etki Değerlendirmesi/Ecological Aspects of Environmental Impact Assessment and Land Use of Bursa Plain", *Doğu Coğrafya Dergisi*, C. 8, 10, 2011, ss. 81-113.
- ARMIJO Rolando, Bertrand MEYER, Aurélie HUBERT, & Aykut BARKA, "Westward Propagation Of The North Anatolian Fault Into The Northern Aegean: Timing And Kinematics", *Geology*, C. 27, 3, 1999, ss. 267-270.
- ATALAY İbrahim, *Türkiye Coğrafyası*, 5. b., Bornova, İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi, 1997.
- ATEŞ Şerafettin, & H. Tahsin AKTIMUR, "Arazi Kullanım Planlaması Yerbilim Verileri ve Araştırma Yöntemleri: Bursa Örneği", *TMMOB jeoloji Mühendisleri Odası, 27. Dönem, 1. Çevre Jeolojisi ve Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Eğitim Semineri* Ankara, 2019, Şubat 16, ss. 47-82.
- AYDIN DEMİR Betül, *Bursa İlinin Meteorolojik Verilerinin İncelenmesi*, (Yüksek Lisans Tezi), Bursa: Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2020.
- BACANLI Ülker Güner, & Pınar Gökçe KARGI, "Uzun ve Kısa Süreli Periyotlarda Kuraklık Analizi: Bursa Örneği", *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, C. 5, 1, 2019, ss. 166-174.

- BANTCHINA Béré Benjamin, Umut MUCAN, & Kemal Sulhi GÜNDÖĞÜ, "Bursa İli Arazi Varlığının Coğrafi Bilgi Sistemi ile Analizi", 5. Uluslararası Katılımlı Toprak ve Su Kaynakları Kongresi, Kırklareli, 2017, Eylül 12-15, ss. 65-74.
- BARGU Simay, "The Geology Of Iznik-Yenişehir (Bursa) Osmaneli (Bilecik) Area", *İstanbul Yerbilimleri Dergisi*, C. 3, 1-2, 1982, ss. 191-234.
- BARUA Uttama, M. Shammi AKHTER, & Mehedi Ahmed ANSARY, "District-Wise Multi-Hazard Zoning of Bangladesh", *Natural hazards*, C. 82, 3, 2016, ss. 1895-1918.
- BAYINDIRLIK VE İSKAN BAKANLIĞI AFET İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
AFET ETÜT VE HASAR TESPİT DAİ. BŞK. JEOLJİK ETÜT İZLEME ŞUBE
MÜDÜRLÜĞÜ, *Sümerbank Gemlik Sungipek Fabrikası ve Viskoz Mamülleri Sanayii Müessesesi Sahasındaki Heyelan ve Oturmalar Konusunda Jeoteknik Rapor* (ID: 5526), Merkez, Gemlik, Bursa, 25.4.1986.
- BAYINDIRLIK VE İSKAN BAKANLIĞI AFET İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
AFET ETÜT VE HASAR TESPİT DAİ. BŞK. LİĞİ JEOLJİK ETÜT VE
İZLEME ŞUBE MÜDÜRLÜĞÜ, *Jeolojik Etüt Raporu* (ID: 290261, MD: 2262),
İğdir, Gürsu, Bursa, 10.09.2009.
- BAYINDIRLIK VE İSKAN BAKANLIĞI AFET İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
GEÇİCİ İSKAN DAİRESİ BAŞKANLIĞI AFET ÖNLEMLERİ ŞUBE
MÜDÜRLÜĞÜ, *Çığ Etüd Raporu* (Rapor No: 2258), Uludağ Kayak Merkezi (2. Gelişim Bölgesi), Bursa, 11.3.1998.
- BELL R., & T. GLADE, "Multi-Hazard Analysis In Natural Risk Assessments", *Risk Analysis IV*, ed. C. A. Brebbia, C. 77, Wessex Institute of Technology, UK: WIT Press, 2004, ss. 197-206.
- BERNAL Gabriel A., Mario A. SALGADO-GÁLVEZ, Daniela ZULOAGA, Julián TRISTANCHO, Diana GONZÁLEZ, & Omar-Darío CARDONA, "Integration of Probabilistic and Multi-Hazard Risk Assessment Within Urban Development Planning and Emergency Preparedness and Response: Application to Manizales, Colombia", *International Journal of Disaster Risk Science*, C. 8, 3, 2017, ss. 270-283.

BİNGÖL Ergüzer, Michel DELALOYE, & Gürol ATAMAN, "Granitic Intrusions in Western Anatolia: a Contribution to The Geodynamic Study of This Area", *Eclogae Geologicae Helvetiae*, C. 75, 2, 1982, ss. 437-446.

BURSA SANCAK GAZETESİ, *1855 Bursa Depremi*, (14.10.2019), Erişim Adresi: <https://www.bursasancak.com.tr/ozel-haber/1855-bursa-depremi-h28270.html>

BURSA VALİLİĞİ, *Bursa'da Yaşanan Sel Felaketi*, (24.06.2020), Erişim Adresi: <http://www.bursa.gov.tr/bursada-yasanan-sel-felaketi>

BURSADA BUGÜN GAZETESİ, *Sürücülerin Zor Anları*, (14.03.2012), Erişim Adresi: <https://www.bursadabugun.com/haber/suruculerin-zor-anlari-83605.html>

BURSADA BUGÜN GAZETESİ, *Bursa'da Heyelan Tehlikesi!*, (04.02.2015a), Erişim Adresi: <https://www.bursadabugun.com/haber/bursa-da-heyelan-tehlikesi-514582.html>

BURSADA BUGÜN GAZETESİ, *Bursa Mudanya ' da Orman Yangını Çıktı*, (29.08.2015b), Erişim Adresi: <https://www.bursadabugun.com/haber/bursa-mudanya-da-orman-yangini-cikti-578128.html>

BURSADA BUGÜN GAZETESİ, *Bursa Uludağ ' da Çığ Düştü, Mağara Ortaya Çıktı*, (29.04.2015c), Erişim Adresi: <https://www.bursadabugun.com/haber/bursa-uludag-da-cig-dustu-magara-ortaya-cikti-543741.html>

BURSADA BUGÜN GAZETESİ, *Bursa ' da 50 Tonluk Kaya Yolu Kapattı*, (18.02.2015d), Erişim Adresi: <https://www.bursadabugun.com/haber/bursa-da-50-tonluk-kaya-yol-kapatti-519862.html>

BURSADA BUGÜN GAZETESİ, *İnegöl Mesruriye ' de Dev Kayalar Yola Yuvarlandı*, (21.06.2015e), Erişim Adresi: <https://www.bursadabugun.com/haber/bursa-inegol-de-dev-kayalar-yola-yuvarlandi-558779.html>

BURSADA BUGÜN GAZETESİ, *Bursa ' da Sürücülerini Bekleyen Büyük Tehlike*, (23.02.2016), Erişim Adresi: <https://www.bursadabugun.com/haber/bursa-da-suruculeri-bekleyen-buyuk-tehlike-652392.html>

BURSADA BUGÜN GAZETESİ, *Bursa'da Sel Felaketi! Çok Sayıda Araç Pert Oldu*, (26.05.2017a), Erişim Adresi: <https://www.bursadabugun.com/haber/bursa-da-sel-felaketi-cok-sayida-arac-pert-oldu-832737.html>

BURSADA BUGÜN GAZETESİ, *Dağcılar Bursa Uludağ ' da Çığ Bölgesinden Tehlikeli İnişi Nefes Kesti*, (01.03.2017b), Erişim Adresi:

<https://www.bursadabugun.com/haber/dagcilarin-bursa-uludag-da-cig-bolgesinden-tehlikeli-inisi-nefes-kesti-800385.html>

BURSADA BUGÜN GAZETESİ, *Bursa Uludağ' da Düşen Çığ Gölü Buza Çevirdi*, (27.05.2018), Erişim Adresi: <https://www.bursadabugun.com/haber/bursa-uludag-da-dusen-cig-golu-buza-cevirdi-963471.html>

BURSADA BUGÜN GAZETESİ, *Bursa'da Heyelan Bölgesinde Tehlikeli Anlar*, (15.09.2020), Erişim Adresi: <https://www.bursadabugun.com/haber/bursa-da-heyelan-bolgesinde-tehlikeli-anlar-1331783.html>

CLIMATE.DATA-ORG, *Dünya Geneli Şehirlerde İklim Verileri*, (26.09.2021), Erişim Adresi: <https://tr.climate-data.org>

CNNTURK GAZETESİ, *Uludağ' daki Orman Yangını Kontrol Altında*, (04.11.2013), Erişim Adresi: <https://www.cnnturk.com/2013/turkiye/11/04/uludagdaki-orman-yangini-kontrol-altinda/729584.0/index.html>

COPERNICUS EUROPE'S EYES ON EARTH, *CORINE Land Cover*, (19.06.2021), Erişim Adresi: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>

CORUK Özkan, & Aydın KAVAK, "Bursa Yıldırım İlçesi Mollaarap Heyelanının Nedenleri ve İyileştirme Çalışmaları", *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, C. 26, 8, 2020, ss. 1408-1412.

CÜREBAL İsa, Recep EFE, & Abdullah SOYKAN, "Spatial and Temporal Change of Bursa City Settlement Area (1955-2018) and Environmental Impacts of Expansion", *Theory and Practice in Social Sciences*, ed. Viliyan Krystev, Recep Efe, & Emin Atasoy, Sofia: St. Kliment Ohridski University Press, 2019, ss. 213-226.

ÇOLAK Aslı, *Osmangazi'nin (Bursa) İklimi Ve Çevresel Etkileri*, İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2019.

DEĞERLİYURT Mehmet, *Antakya' da Doğal Afet Risk Analizi ve Yönetimi*, (Yayınlanmamış Doktora Tezi), İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2013.

DEMİRKESEN Ali Can, "Multi-risk Interpretation of Natural Hazards for Settlements of The Hatay Province in the East Mediterranean Region, Turkey using SRTM DEM", *Environmental Earth Sciences*, C. 65, 6, 2012, ss. 1895-1907.

- DEPIETRI Yaella, Khila DAHAL, & Timon MCPHEARSON, "Multi-Hazard Risks in New York City", *Natural Hazards and Earth System Sciences*, C. 18, 12, 2018, ss. 3363-3381.
- DESINVENTAR, *DesInventar as a Disaster Information Management System Background: DesInventar Methodology*, (01.06.2021), Erişim Adresi: <http://desinventar.cimafoundation.org/methodology.html>
- DEWEY J. F., & A. M. Celâl ŞENGÖR, "Aegean and Surrounding Regions: Complex Multiplate and Continuum Tectonics in A Convergent Zone", *Geological Society of America Bulletin*, C. 90, 1, 1979, ss. 84-92.
- DOĞANAY Hayati, & Serkan DOĞANAY, "Türkiye' de Orman Yangınları ve Alınması Gereken Önlemler/Forest Fires And Measures To Be Taken In Turkey", *Doğu Coğrafya Dergisi*, C. 9, 11, 2011, ss. 31-48.
- DRAGIĆEVIĆ Slavoljub, Ivica MILEVSKI, Ivan BLINKOV, Ivan NOVKOVIĆ, & Jelena LUKOVIĆ, "Natural Hazard Assessment in Pčinja Catchment", *BALWOIS 2010 International Conference*, Ohrid, Republic of Macedonia, 2010, Mayıs 25-29, ss. 1-9.
- E-İNEGÖL GAZETESİ, *Hayriye' de Heyelan*, (06.06.2017), Erişim Adresi: <https://www.e-inegol.com/inegol-haberleri/hayriye-de-heyelan-h87717.html>
- EM-DAT, *The International Disaster Database: EM-DAT Recorded Disaster Criteria*, (01.06.2021), Erişim Adresi: https://www.emdat.be/emdat_atlas/
- EMRE Ömer, Tamer Y. DUMAN, Selim ÖZALP, Fuat ŞAROĞLU, Şeyda OLGUN, Hasan ELMACI, & Tolga ÇAN, "Active Fault Database of Turkey", *Bulletin of Earthquake Engineering*, C. 16, 8, 2018, ss. 3229-3275.
- ERDEM Umut, "Aster Sayısal Yükseklik Modeli Kullanılarak Balıkesir İli Yerleşim Yerlerinin Taşıdığı Deprem, Deniz Taşkını ve Sel Afet Risklerinin Yorumlanması", *2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Hatay, Mustafa Kemal Üniversitesi, 2013, Eylül 25-27 ss. 1-11.
- EROL Oğuz, *Genel Klimatoloji*, 4. b., Ankara: Gazi Büro Kitabevi, 1993.
- ERTÜRK Deniz, *Bursa İli Jeotermal Potansiyeli*, (Yüksek Lisans Tezi), Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010.
- ESER ÜNALDI Ülkü, Bülent AKSOY, Mücahit COŞKUN, & Esin ÖZCAN, "Yanlış Arazi Kullanımının Kentleşme ve Çevre Üzerine Etkisi (Bursa Ovası Örneği)",

- ICANAS 38 (Uluslararası Asya ve Kuzey Afrika Çalışmaları Kongresi), Ankara, 2007, Eylül 10-15, ss. 375-385.
- FICK Stephen E, & Robert J HIJMANS, "WorldClim 2: New 1-km Spatial Resolution Climate Surfaces for Global Land Areas", *International journal of climatology*, C. 37, 12, 2017, ss. 4302-4315.
- FINLAY P. J., & Robin FELL, "Landslides: Risk Perception and Acceptance", *Canadian Geotechnical Journal*, C. 34, 2, 1997, ss. 169-188.
- GÖKÇE Oktay, Şenay ÖZDEN, & Ahmet DEMİR, *Türkiyede Afetlerin Mekansal ve İstatistiksel Dağılımı: Afet Bilgileri Envanteri*, Ankara: T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Afet Etüt ve Hasar Tespit Daire Başkanlığı, 2008.
- GÜNEDOĞUŞ HABER, *Tarihte Bugün: 2 Mart "Bursa Depremi"*, (02.03.2017), Erişim Adresi: <http://www.gunedogushaber.com/tahrihte-bugun-2-mart-bursa-depremi/18364/>
- GÜNEK Halil, İlhan Oğuz AKDEMİR, & Veysel KUŞÇU, "Harput Ve Yakın Çevresinin Cbs-Uzaktan Algılama ile Morfometrik Özelliklerinin Analizi", *Geçmişten Geleceğe Harput Sempozyumu*, Fırat Üniversitesi Harput Uygulama ve Araştırma Merkezi, Elazığ, 2013, Mayıs 23-25, ss. 265-278.
- HABERLER.COM GAZETESİ, *12 Yıl Önce Yanan Ormanda Yeniden Yangın Çıktı*, (05.04.2000), Erişim Adresi: <https://www.haberler.com/12-yil-once-yanan-ormanda-yeniden-yanin-cikti-3902440-haberi/>
- HABERLER.COM GAZETESİ, *Uludağ' daki Orman Yangın*, (04.11.2013), Erişim Adresi: <https://www.haberler.com/uludag-daki-orman-yanin-5258374-haberi/>
- HABERLER.COM GAZETESİ, *Bursa' nın Turizm Cenneti Oylat Sele Teslim*, (07.06.2015), Erişim Adresi: <https://www.haberler.com/bursa-nin-turizm-cenneti-oylat-sele-teslim-7396818-haberi/>
- HOŞGÖREN Mehmet Yıldız, *İnegöl Havzasının Jeomorfolojisi*, (Doktora Tezi), Edebiyat Fakültesi Matbaası: İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü, 1975.
- HUANG Ganlin, Weiqi ZHOU, & M. L. CADENASSO, "Is Everyone Hot In The City? Spatial Pattern Of Land Surface Temperatures, Land Cover And Neighborhood Socioeconomic Characteristics In Baltimore, Md", *Journal of environmental management*, C. 92, 7, 2011, ss. 1753-1759.

- HÜRSEDA HABER GAZETESİ, *Bursa ' da Sel Felaketinde Ölü Sayısı 5 ' e Yükseldi* (22 Haziran), (22.06.2020), Erişim Adresi: <https://hurseda.net/gundem/219713-bursadaki-sel-felaketinde-olu-sayisi-5e-yukseldi.html>
- IMBACH Thomas, "Deep Groundwater Circulation in The Tectonically Active Area of Bursa, Northwest Anatolia, Turkey", *Geothermics*, C. 26, 2, 1997, ss. 251-278.
- INGLETON Jon, *Natural Disaster Management*, Tudor Rose, 1999.
- ISLAM Monirul, Nahidul ISLAM, Xiaoying LI, & Mahfuzur RAHMAN, "Development of Multi Hazards Map for Bangladesh Using GIS Technique", *IUBAT Review, A Multidisciplinary Academic Journal*, C. 1, 2, 2017, ss. 77-85.
- JOHNSON Katie, Yaella DEPIETRI, & Margaretha BREIL, "Multi-Hazard Risk Assessment of Two Hong Kong Districts", *International Journal of Disaster Risk Reduction*, C. 19, 2016, ss. 311-323.
- KADIOĞLU Mikdat, "Modern, Bütünleşik Afet Yönetimin Temel İlkeleri", *AFET ZARARLARINI AZALTMANIN TEMEL İLKELERİ*, ed. Mikdat Kadioğlu & Emin Özdamar, 1. b., Gaziosmanpaşa, Ankara: JICA Türkiye Ofisi, 2008, ss. 1-34.
- KANTÜRER Oğuz, *Bursa-Gemlik Karayolu Boyunca Dürdane-Kurtul Köyleri Arasında Meydana Gelen Heyelanlar*, (Yüksek Lisans), İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 1987.
- KAPPES Melanie S., Margreth KEILER, Kirsten VON ELVERFELDT, & Thomas GLADE, "Challenges of Analyzing Multi-Hazard Risk: A Review", *Natural hazards*, C. 64, 2, 2012, ss. 1925-1958.
- KAZANCI Nizamettin, Emre ÖMER, Korhan ERTURAÇ, Suzan Ag LEROY, Salim ÖNCEL, Özden İLERİ, & Özlem TOPRAK, "Possible Incision Time of The Large Valleys in Southern Marmara Region, NW Turkey", *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, C. 148, 148, 2014, ss. 1-17.
- KETİN İhsan, "Uludağ Masifinin Tektoniği Hakkında", *Türkiye Jeoloji Bülteni*, C. 1, 1, 1947, ss. 60-88.
- KETİN İhsan, "Anadolu' nun Tektonik Birlikleri", *MTA dergisi*, C. 66, 20, 1966, ss. 20-34.
- KONAK Neşat, *Türkiye Jeoloji Haritası - İzmir (No: 7)*, Ankara: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 2002.

- KÖPÜK Güner, *Bursa Ovası ve Yakın Çevresinin Jeomorfolojisi*, (Doktora Tezi), İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2003.
- LE PICHON X., A. M. C. ŞENGÖR, E. DEMİRBAĞ, C. RANGIN, C. İMREN, R. ARMIJO, . . . B. MEYER, "The Active Main Marmara Fault", *Earth and Planetary Science Letters*, C. 192, 4, 2001, ss. 595-616.
- LEAHY P. Patrick, "Natural Hazards Identification and Hazard Management Systems", *Oxford Research Encyclopedia of Natural Hazard Science*, 2017, ss. 36.
- MAHRUKI Ali Nasuh, *Uludağ 'ın Sert Yüzü - 1996*, (08.02.1996), Erişim Adresi: <http://www.nasuhmahruki.com/uludagin-sert-yuzu-1996/>
- MCCLUNG David, & Peter A. SCHAEERER, "Character and Effects of Avalanches", *The Avalanche Handbook* ed. Christine Ummel Hosler, Leicester, UK: The Mountaineers Books, 2006, ss. 14-19.
- MCKENZIE Dan, "Active Tectonics of The Mediterranean Region", *Geophysical Journal International*, C. 30, 2, 1972, ss. 109-185.
- MESKEN GENEL MÜDÜRLÜĞÜ ARAŞTIRMA DAİRESİ BAŞKANLIĞI, *Fevziye Köyü Heyelanı Hakkında Özüt: Bursa Valiliği Gemlik Kazası Fevziye Köyündeki Heyelan Hakkında* (Rapor No: 38), Fevziye, Gemlik, Bursa, 31.10.1960.
- MEŞELİ Aydoğan, "İznik Gölü Havzasında Çevre Sorunları", *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14, 2010, ss. 134-148.
- METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ, *İllerimize Ait Genel İstatistik Verileri-Bursa*, (18.06.2021), Erişim Adresi: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=BURSA>
- MİLLİYET GAZETESİ, *Bursa 'da Çöken Kayalar Bir Evi Yıktı 3 Kişi Öldü*, (17.02.1962), Erişim Adresi: http://gazetearsivi.milliyet.com.tr/GununYayinlari/UMQNg_x2F_Oq9rgMitPZP_x2F_FDüQ_x3D__x3D_
- MİLLİYET GAZETESİ, *Balıkesir ve Bursa Sel Altında Kaldı*, (12.01.1968), Erişim Adresi: http://gazetearsivi.milliyet.com.tr/GununYayinlari/B2ZYsWjpaJx6XmyQ7xtQag_x3D__x3D_

- NUGRAHA A. L., M. AWALUDDIN, & B. SASMITO, "Modelling Multi Hazard Mapping in Semarang City Using GIS-Fuzzy Method", *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* Surakarta - Central Java, Indonesia, 2018, 2018/02, ss. 012002.
- OKAY Aral I., "Distribution and Characteristics of The North-west Turkish Blueschists", *Geological Society, London, Special Publications*, C. 17, 1, 1984, ss. 455-466.
- OKAY Aral I., "Geology of Turkey: A Synopsis", *Anschnitt*, C. 21, 2008, ss. 19-42.
- OKAY Aral I., & S. P. KELLEY, "Tectonic Setting, Petrology and Geochronology of Jadeite+ Glaucophane and Chloritoid+ Glaucophane Schists From North-west Turkey", *Journal of Metamorphic Geology*, C. 12, 4, 1994, ss. 455-466.
- ÖZCAN Besim, "Bursa Depremleri (2 Mart-12 Nisan 1855)", *Güzel Sanatlar Enstitüsü Dergisi*, 5, 1999, ss. 73-118.
- ÖZDEMİR Hasan, *Havran Çayı Havzasının (Balıkesir) CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Taşkın ve Heyelan Risk Analizi*, (Yayınlanmamış Doktora Tezi), İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2007.
- ÖZDEMİR Hasan, "Türkiye'de Coğrafya Alanındaki Coğrafi Bilgi Sistemleri Literatürü Üzerine Bir Değerlendirme", *Türkiye Araştırmaları Literatür Dergisi*, C. 17, 33, 2019, ss. 205-252.
- ÖZMEN Bülent, *17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depreminin Hasar Durumu (Rakamsal Verilerle)*, TDV/DR 010-53 (Deprem Raporu), Ankara: Türkiye Deprem Vakfı, 2000.
- ÖZMEN Bülent, Murat NURLU, Kerem KUTERDEM, & Ahmet TEMİZ, "Afet Yönetimi Ve Afet İşleri Genel Müdürlüğü", *Deprem Sempozyumu*, Kocaeli, 2005, Mart 23-25, ss. 1472-1474.
- ÖZMEN Bülent, & Tolga ÖZDEN, "Türkiye'nin Afet Yönetim Sistemine İlişkin Eleştirel Bir Değerlendirme", *İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, C. 0, 49, 2013, ss. 1-28.
- ÖZTEPE Damla Gaye, *Slope Stability Assessment Along the Bursa-İnegöl-Bozüyük Road at km:72+000-72+200*, (Yüksek Lisans Tezi), Orta Doğu Teknik Üniversitesi Doğal ve Uygulamalı Bilimler Enstitüsü, 2009.

- ÖZTÜRK Muhammed, "Uludağ (Zirve) ve Bursa Meteoroloji İstasyonlarının Karşılaştırmalı İklimi", *Türk Coğrafya Dergisi*, 55, 2010, ss. 13-24.
- PEKTEZEL Halid, "Gençalı Fayı'nın (Bursa) Tektonik Jeomorfoloji Özellikleri", *Electronic Turkish Studies*, C. 10, 2, 2015, ss. 773-798.
- SELİM H. Haluk, Okan TÜYSÜZ, & A. Aykut BARKA, "Güney Marmara Bölümünün Neotektoniği", *ITU dergisi/d mühendislik C*, C. 5, 1, 2006, ss. 151-160.
- SOETERS Robert, & C. J. VAN WESTEN, "Slope Instability Recognition, Analysis and Zonation", *Landslides: Investigation and Mitigation*, C. 247, 1996, ss. 129-177.
- SOLAK Simge, Melike YALILI KILIÇ, & Seval Kutlu AKAL SOLMAZ, "Bursa İlinde Sürdürülebilir Kentsel Su Yönetimi", *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, C. 24, 1, 2019, ss. 111-124. doi:10.17482/uumfd.463302
- SONDAKİKA GAZETESİ, *Gülbahçe Yolunda Heyelan*, (08.06.2012), Erişim Adresi: <https://www.sondakika.com/haber/haber-gulbahce-yolunda-heyelan-3692930/>
- ŞEN Sertaç, *Uluabat Gölü ve Yakın Çevresinde (Nilüfer/Bursa) Doğal Ortam-İnsan İlişkileri*, (Yüksek Lisans), Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2018.
- ŞENER Erhan, "İnsansız Hava Araçları Kullanılarak Olası Kaya Düşmelerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı 3D Modellenmesi: Kasımlar Köyü (Isparta-Türkiye) Örneği ", *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, C. 23, 2, 2019, ss. 419-426.
- ŞENGÖR A. M. Celâl, "The North Anatolian Transform Fault: Its Age, Offset and Tectonic Significance", *Journal of the Geological Society*, C. 136, 3, 1979, ss. 269-282.
- ŞENGÖR A. M. Celâl, Naci GÖRÜR, & Fuat ŞAROĞLU, "Strike-Slip Faulting And Related Basin Formation In Zones of Tectonic Escape: Turkey as a Case Study", *Strike-Slip Deformation, Basin Formation, and Sedimentation*, ed. Kevin T. Biddle; & Nicholas Christie-Blick, C. 37, Oklahoma, USA: Special Publications of SEPM, 1985, ss. 227-264.
- ŞENGÖR A. M. Celâl, & Yücel YILMAZ, "Tethyan Evolution Of Turkey: A Plate Tectonic Approach", *Tectonophysics*, C. 75, 3-4, 1981, ss. 181-241.
- T.C. BURSA VALİLİĞİ İL AFET VE ACİL DURUM MÜDÜRLÜĞÜ, *Jeolojik Etüt Raporu* (ID: 290973, MD: 6111), Narlıca, Orhangazi, Bursa, 22.11.2010.

- T.C. İMAR VE İSKAN BAKANLIĞI PLANLAMA VE İMAR GENEL MÜDÜRLÜĞÜ ŞEHİRCİLİK DAİRESİ BAŞKANLIĞI, *Jeolojik Rapor* (Rapor No: 13/6-A5), Alayna (Doğanyurdu), İnegöl, Bursa, 16.5.1963.
- TAŞ Nilüfer, *Olası Deprem Zararlarını Azaltacak Model Önerisi ve Bursa Metropolitan Alanı İçin Bir Yöntem*, (Doktora Tezi), İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2003.
- TERCAN Binali, "Türkiye' de Afet Politikaları ve Kentsel Dönüşüm", *Abant Kültürel Araştırmalar Dergisi*, C. 3, 5, 2018, ss. 102-120.
- TOŠIĆ Radislav, Slavoljub DRAGIĆEVIĆ, Novica LOVRIC, & Ivica MILEVSKI, "Multi-Hazard Assessment Using GIS in The Urban Areas: Case Study-Banja Luka Municipality, B&H", *Glasnik Srpskog geografskog drustva*, C. 93, 4, 2013, ss. 41-50.
- TRTHABER SİTESİ, *Bursa' da Orman Yangınına Müdahale Ediliyor*, (28.08.2000), Erişim Adresi: <https://www.trthaber.com/haber/guncel/bursada-orman-yanginina-mudahale-ediliyor-515121.html>
- TRTHABER SİTESİ, *Bursa Mudanya' da Orman Yangını*, (29.08.2015), Erişim Adresi: <https://www.trthaber.com/haber/turkiye/bursa-mudanyada-orman-yangini-201040.html>
- TÜN Muammer, Sunay MUTLU, & Emrah PEKKAN, "EstuNet: Eskişehir ve Bursa Büyükşehirleri için Konumsal Veritabanlı Yeni Bir Zayıf/Kuvvetli Yer Hareketi Ağı, Batı Anadolu, Türkiye", *Türk Deprem Araştırma Dergisi*, C. 2, 2, 2020, ss. 193-208.
- TÜRKECAN Ahmet, & Ayhan YURTSEVEN, *Türkiye Jeoloji Haritası - İstanbul (No: 1)*, Ankara: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 2002.
- UNITED NATION, "Johannesburg Declaration On Sustainable Development And Plan Of Implementation Of The World Summit On Sustainable Development : The Final Text Of Agreements Negotiated By Governments At The World Summit On Sustainable Development", Johannesburg, South Africa, 2002, August 26 - September 4, ss. 88.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, "Promoting Sustainable Human Settlement Development, AGENDA 21", *United Nations Conference on*

- Environment & Development*, Rio de Janerio, Brazil, 1992, Haziran 3-14, ss. 1-351.
- UTKUCU Murat, Emrah BUDAKOĞLU, & Hatice DURMUŞ, "Marmara Bölgesinde (KB Türkiye) Depremsellik ve Deprem Tehlikesi Üzerine Bir Tartışma", *Yerbilimleri*, C. 32, 3, 2011, ss. 141-168.
- VAN WESTEN Cees J., & Stefan GREIVIN, "Multi-Hazard Risk Assessment and Decision Making", *Environmental Hazards Methodologies For Risk Assessment and Management* ed. Nicolas R. Dalezios: IWA Publishing, 2017, ss. 31-91.
- VAN WESTEN Cees J., Lorena MONTTOYA, Luc BOERBOOM, & Elena BADILLA COTO, "Multi-Hazard Risk Assessment Using GIS in Urban Areas: A Case Study For The City of Turrialba, Costa Rica", *Regional Workshop on Best Practices in Disaster Mitigation: Lessons Learned from the Asian Urban Disaster Mitigation Program and Other Initiatives*, Bali, Indonesia, 2002, September 24-26, ss. 120-136.
- VARNES David J., "Chapter 2: Slope Movement Types And Processes", *Transportation Research Board Special Report*, C. 176, 1978, ss. 11-33.
- VOLKWEIN Axel, Kristian SCHELLENBERG, Vincent LABIOUSE, Federico AGLIARDI, Frédéric BERGER, Frank BOURRIER, . . . Michel JABOYEDOFF, "Rockfall Characterisation And Structural Protection-A Review", *Natural Hazards and Earth System Sciences*, C. 11, 9, 2011, ss. 2617-2651.
- WIPULANUSAT Warit, Salayoot NAKROD, & Pipop PRABNARONG, "Multi-Hazard Risk Assessment Using GIS and RS Applications: A Case Study of Pak Phanang Basin", *Walailak Journal of Science and Technology (WJST)*, C. 6, 1, 2009, ss. 109-125.
- WORLD USGS Science for a Changing, *Earth Explorer*, (19.06.2021), Erişim Adresi: <https://earthexplorer.usgs.gov>
- YILMAZ M., & H. KORAL, "Neotectonic Features And Geological Development Of The Yenişehir Basin (Bursa)", *İstanbul Yerbilimleri Dergisi*, C. 20, 1, 2007, ss. 21-32.
- YILMAZ Y., "Allochthonous Terranes in The Tethyan Middle East: Anatolia and The Surrounding Regions", *Philosophical Transactions of the Royal Society of*

London. Series A, Mathematical and Physical Sciences, C. 331, 1620, 1990, ss.
611-624.

