T. C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TÜRKİYE'DEKİ ÖLÜME SEBEP OLAN HEYELANLARIN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Seçkin FİDAN
2501161086

TEZ DANIŞMANLARI
DOÇ. DR. Cihan BAYRAKDAR
DOÇ. DR. Tolga GÖRÜM

İSTANBUL – 2019

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS
TEZ ONAYI

ÖĞRENCİNİN;

Adı ve Soyadı	:	Seçkin FİDAN	**Numarası**	: 2501161086
Anabilim Dalı / Anasanat Dalı / Programı	:	Coğrafya	**Danışmanı**	: Doç. Dr. Cihan BAYRAKDAR
Tez Savunma Tarihi	:	12.06.2019	**Saati**	: 10:00
Tez Başlığı	:	"Türkiye'deki Ölüme Sebep Olan Heyelanların Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) İle Değerlendirilmesi"		

TEZ SAVUNMA SINAVI, İÜ Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliği'nin **36. Maddesi** uyarınca yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin **KABULÜNE** OYBİRLİĞİ / ~~OYÇOKLUĞUYLA~~ karar verilmiştir.

JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATİ (KABUL / RED / DÜZELTME)
1- Prof. Dr. Hasan ÖZDEMİR		Kabul
2- Doç. Dr. Cihan BAYRAKDAR		Kabul
3- Dr. Öğr. Üyesi Aylin YAMAN KOCADAĞLI		Kabul

YEDEK JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATİ (KABUL / RED / DÜZELTME)
1- Doç. Dr. Cengiz YILDIRIM		
2- Doç. Dr. Selma AKAY ERTÜRK		

ÖZ

TÜRKİYE'DEKİ ÖLÜME SEBEP OLAN HEYELANLARIN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

SEÇKİN FİDAN

Heyelan olayları, dünyadaki bütün kıtalar üzerinde görülür ve topoğrafik rölyef gelişiminde, denüdasyon ve sediment akışı üzerinde önemli bir rol oynar. Aynı zamanda, dünyanın birçok bölgesi için can ve mal kayıplarına neden olan yaygın doğal tehlikelerden biridir. Heyelanlar, her yıl küresel ölçekte büyük felaketlere neden olmakta ve bunların görülme sıklığı artmaktadır. Dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de heyelan olaylarına bağlı can ve mal kayıplarının olduğu bilinmektedir. Bu tez kapsamında, ülkemizde ölüme neden olan heyelanlar internet ve yazılı medya araçları kullanılarak tespit edilmiş ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında "Türkiye Ölümcül Heyelan Arşiv Envanteri" oluşturulmuştur. Bu arşiv envanter ile Türkiye'deki ölümcül heyelanların hazırlayıcı koşulara ve tetikleyici faktörlere bağlı mekânsal ve zamansal dağılım karakteristiği belirlenmiştir.

Türkiye'de 1929-2018 yıllarında tespit edilen 357 heyelan olayı sonucu 1291 kişinin hayatını kaybettiği belirlenmiştir. Antropojenik faktörlere bağlı olarak 267 kişinin ölümüne neden olan 169 ölümcül heyelan olayı belirlenmiştir. Antropojenik kökenli heyelanların, genellikle altyapı ve inşaat çalışmaları nedeniyle insan etkinliğinin fazla olduğu şehir merkezlerinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Buna karşılık doğal faktörlere bağlı olarak 143 heyelan tetiklenmiş ve 865 kişi hayatını kaybetmiştir. Bu doğal kökenli heyelanların Doğu Karadeniz'de yoğunlaştığı ve kimyasal ayrışmanın şiddetli olduğu regolitik zona karşılık gelen sığ heyelanlar olduğu tespit edilmiştir. Neredeyse tamamı yağışla tetiklenen bu heyelanların yaz mevsiminde ani şiddetli yağışlarla kontrol edildiği saptanmıştır. 45 heyelan olayın ise tetikleyici faktörü yeterli bilgi olmaması nedeniyle belirlenememiştir.

Yapılan bu çalışma bir heyelan envanter çalışması olup Türkiye'de yapılan ilk ölümcül heyelan arşiv envanteri niteliği taşımaktadır. Yarı otomatik bir güncelleme özelliğine sahip bir bilgi sistemine dönüştürülmesi planlanan bu envanterin, gelecekte yapılacak tehlike ve risk çalışmaları ile heyelan nedenli ölümlerin önüne geçilmesine yönelik projeler için temel bir veri kaynağı olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Heyelan, Ölümcül heyelan, Heyelan envanteri, Coğrafi Bilgi Sistemleri.

ABSTRACT

ASSESSMENT of FATAL LANDSLIDES in TURKEY with GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS)

SEÇKİN FİDAN

Landslide events occurs on all continents in the world and play an important role in topographic relief development, denudation and sediment flux. At the same time, it is one of the common natural hazards that causes loss of life and property for many parts of the world. Landslides cause major disasters on a global scale every year and their incidence increases. It is known that there is a loss of life and property due to landslide events in our country as well as in the world. In this thesis, the fatal landslides has been determined and compiled from the internet and printed media sources in Geographic Information Systems (GIS) environment to establish "Fatal Landslide Archive Inventory of Turkey". The spatial and temporal distribution characteristics of fatal landslides due to the preparatory conditions and triggering factors were determined with this archive inventory in Turkey.

It was determined that 1291 people lost their lives as a result of 357 landslide events detected in the Turkey between 1929 and 2018. In total 169 fatal landslide events, which resulted in 267 deaths, were identified due to anthropogenic factors. It has been determined that landslides of anthropogenic origin usually occur in city centers where human activity is high due to infrastructure and construction works. On the other hand, 143 landslides were triggered and 865 people lost their lives due to natural triggering factors. It is determined that these landslides are concentrated in Eastern Black Sea and shallow landslides corresponding to regolithic zones where chemical weathering is severe. I found that these landslides, which their distribution were mostly controlled by precipitation, were triggered by sudden heavy rains in summer period. On contrary, the trigger factor of 45 landslide events could not be determined due to lack of adequate information.

This study is a landslide inventory work have the characteristics of first fatal landslide archival inventory held in Turkey. The inventory, which is planned to be

transformed into an information system with a semi-automatic update feature, is thought to be a basic data source for future research works to prevent hazard and risk studies and landslide-related deaths.

Keywords: Landslides, Fatal landslides, Landslide inventory, Geographic Information Systems.

ÖNSÖZ

Son zamanlarda, ölümcül heyelanların karakteristiğini anlamak ve neden oldukları sonuçların önüne geçebilmek için küresel, bölgesel ve ulusal ölçekte ölümcül heyelanların mekânsal ve zamansal dağılımları ve bu dağılımı kontrol eden faktörlerin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmaların sayısı artmıştır. Bu tez çalışması, ölümcül heyelanların ülkemizde de ciddi bir problem olduğunu göstermek ve ölümcül heyelanları içeren bir envanterin bulunmadığı ve bu eksikliğin de giderilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir.

"Türkiye'deki Ölüme Sebep Olan Heyelanların Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Değerlendirilmesi" başlıklı bu tez çalışması 2.5 yıllık bir araştırmanın sonucunda tamamlanmıştır. Yüksek lisans ders dönemlerinden itibaren veri tabanının oluşturulmasıyla başlayan çalışma, takip eden süreçte oluşturulan bu veri tabanının analiz edilmesi ve değerlendirilmesiyle tamamlanmıştır.

Tez konusunun belirlenmesi ve tezin oluşturulması sırasında büyük katkı sağlayan, her anlamda desteğini esirgemeyen, yorumları ve tavsiyeleriyle bilimsel bakış açısı kazanmamı sağlayan değerli hocam Doç. Dr. Tolga GÖRÜM'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Teze birlikte başladığım fakat daha sonra üniversitesinin değişmesi nedeniyle sonradan ikinci danışmanım olan Doç. Dr. Tolga GÖRÜM yerine, birinci danışmanlığı ivedilikle kabul eden değerli hocam Doç. Dr. Cihan BAYRAKDAR'a teşekkürü bir borç bilirim. Aynı şekilde, bir dönem danışmanlığımı üstlenen Prof. Dr. Hasan ÖZDEMİR'e teşekkür ederim. Lisans eğitimim boyunca jeomorfoloji temelimin oluşmasında ve gelişmesinde büyük katkısı olan ve yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Hüseyin TUROĞLU'na minnettarım.

Çalışma kapsamında AFAD verilerinin temin edilmesine yardımcı olan AFAD personellerinden jeoloji mühendisi Dr. Oktay GÖKÇE'ye; ölümcül heyelanlara ait arşivinde yer alan fotoğraflarını paylaşan Doç. Dr. T. Ahmet ERTEK'e; meteoroloji verileri konusunda yardımcı olan Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Zeynel ÖZTÜRK ve Dr. Abdullah Akbaş'a; ders ve tez aşamasındaki yoğunluğumu anlayışla karşılayan iş arkadaşlarım Gökhan ALIŞKAN, Şahin KURNAZ ve Mehmet TANIRLI'ya teşekkür

ederim. Tezim süresince sabır ve desteğini esirgemeyen, her zaman yanımda olan ailem ve hayat arkadaşım Buse İNCE'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Seçkin FİDAN

İSTANBUL, 2019

İÇİNDEKİLER

ÖZ ..... **iii**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vii**

TABLOLAR LİSTESİ ..... **xiii**

ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **xiv**

GRAFİKLER LİSTESİ ..... **xviii**

KISALTMALAR LİSTESİ ..... **xx**

GİRİŞ **1**

BİRİNCİ BÖLÜM

TÜRKİYE'DEKİ ÖLÜME SEBEP OLAN HEYELANLARA YÖNELİK ENVANTER ÇALIŞMASI İÇİN PROBLEM TANIMI VE LİTERATÜR DEĞERLENDİRMESİ

1.1. Problemin Tanımı 3

1.2. Literatür Değerlendirmesi 13

İKİNCİ BÖLÜM

TÜRKİYE'NİN FİZİKSEL, YAPISAL, TEKTONİK, KLİMATİK ve BİTKİ ÖTRÜSÜ ÖZELLİKLERİ

2.1. Çalışma Alanı 16

2.2. Türkiye'nin Jeolojik ve Jeomorfolojik Genel Özellikleri 17

2.2.1. Tektonik Özellikler 22

2.3. İklim 26

2.4. Bitki Örtüsü 32

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

TÜRKİYE'DEKİ ÖLÜME SEBEP OLAN HEYELANLARA YÖNELİK ENVANTER ÇALIŞMASININ AMAÇ VE KAPSAMI

3.1. Amaç ve Kapsam 35

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

TÜRKİYE'DEKİ ÖLÜME SEBEP OLAN HEYELANLARA YÖNELİK ENVANTER ÇALIŞMASI İÇİN KULLANILAN VERİ VE YÖNTEM

4.1. Veri ve Yöntem 36
4.2. Veri Kaynakları 36
4.3. Heyelan Envanterleri 38
4.3.1. Arşiv Envanteri 38
4.3.2. Jeomorfolojik Envanter 38
4.3.3. Olay Envanteri 39
4.3.4. Çok Zamanlı Envanter 39
4.4. Türkiye Ölümcül Heyelan Arşiv Envanteri 39
4.5. Heyelan Hazırlayıcı Koşullar ve Tetikleyici Faktörler 43

BEŞİNCİ BÖLÜM

EN AZ ON ÖLÜM İLE SONUÇLANMIŞ DİKKAT ÇEKEN HEYELAN OLAYLARI

5.1. Of ve Sürmene Felaketi 5 Temmuz 1929 46
5.2. Afyon Seydiler Kaya Düşmesi 6 Aralık 1958 48
5.3. Ankara Kızılcahamam Yolu Kaya Düşmesi 19 Aralık 1962 49
5.4. Giresun Şebinkarahisar Heyelanı 6 Nisan 1964 50
5.5. Muş Dere Mahallesi Heyelanı 13 Mart 1968 51

5.6. Kayseri Ayvazhacı Heyelanı 27 Mart 1980 52
5.7. Bingöl Yel Değirmeni Heyelanı 20 Nisan 1988 53
5.8. Trabzon Çatak Heyelanı 23 Haziran 1988 54
5.9. Isparta Senirkent Heyelanı 13 Temmuz 1995 55
5.10. Trabzon Beşköy Heyelanı 7 Ağustos 1998 56
5.11. Rize Heyelanları (Taşlıdere, Güneysu ve Çayeli) 23 Temmuz 2002 57
5.12. Sivas Kuzulu Heyelanı 17 Mart 2005 58
5.13. Rize Gündoğdu Seli ve Heyelanı 26 Ağustos 2010 59

ALTINCI BÖLÜM

TÜRKİYE'DEKİ ÖLÜME SEBEP OLAN HEYELANLARA YÖNELİK ENVANTER ÇALIŞMASINA DAİR BULGULAR

6.1. Ölümcül Heyelanların Zamansal Dağılımı 60
6.2. Ölümcül Heyelanların Mekânsal Dağılımı 62
6.2.1. Coğrafi Bölge ve Bölüm Ölçeğine Göre Dağılım 62
6.2.2. İl ve İlçe Ölçeğine Göre Dağılım 67
6.3. Tetikleyici Faktörler 70
6.3.1. Doğal Faktörler İle Tetiklenen Ölümcül Heyelanlar 70
6.3.2. Antropojenik Faktörler İle Tetiklenen Ölümcül Heyelanlar 73
6.3.3. Tetikleyici Faktörü Belirlenemeyen Ölümcül Heyelanlar 75
6.4. Hazırlayıcı Koşullar 76

YEDİNCİ BÖLÜM

TARTIŞMA ve SONUÇLARIN SENTEZİ

7.1. Tartışma ve Sentez 84
7.1.1. Topoğrafik ve Jeolojik Hazırlayıcı Koşullar 84

7.1.2. Yağış Faktörü 91
7.1.3. Nüfus 100
7.2. Çalışmanın Sınırlılılları ve Karşılaşılan Zorluklar 104
SONUÇ 106
KAYNAKÇA 109
EKLER ……..……128

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1: Emergency Events Database (EM-DAT) yıllık afet raporlarına göre son 12 yılın heyelan bilançosu (EM-DAT, 2019). ……...5

Tablo 1.2: Afet türüne göre afet olay sayısı ve afetzede sayılarının dağılımı (Gökçe vd., 2008'den yeniden düzenlenmiştir). 9

Tablo 4.1: Türkiye ölümcül heyelan arşiv envanteri örneği. ……..42

Tablo 4.2: Ölümcül heyelanların mekânsal dağılımını etkileyen hazırlayıcı koşullar ve tetikleyici faktörler. ……44

Tablo 4.3: FAO/UNESCO toprak sınıflandırma sistemi (Mater, 2004'ten yeniden düzenlenmiştir). …….…….45

Tablo 6.1: Coğrafi bölüm ölçeğinde, ölümcül heyelanlara ilişkin sayısal değerler. ...66

Tablo 7.1: Heyelan hazırlayıcı koşullara ve tetikleyici faktörlere ilişkin tanımlayıcı istatistik değerleri. …….…….88

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1: Küresel heyelan risk haritası (Dünya Bankası, 2005). Not: Oranlar, onda birlik olarak verilmiştir. ……...…7

Şekil 1.2: Doğu Avrupa ve Merkezi Asya heyelan risk haritası (Norveç Geoteknik Enstitüsü). ……...10

Şekil 2.1: Çalışma sahası lokasyon haritası. ……..……17

Şekil 2.2: A) Alt Jura paleotektonik haritası. B) Üst Kretase-Paleosen paleotektonik haritası (Şengör ve Yılmaz, 1981). ……18

Şekil 2.3: Alt-Orta Eosen paleotektonik haritası (Şengör ve Yılmaz, 1981). ……..….19

Şekil 2.4: Orta Miosen-Pliyosen paleotektonik haritası (Şengör ve Yılmaz, 1981). ...20

Şekil 2.5: Türkiye ve çevresinin tektonik haritası (Okay ve Tüysüz, 1999). ……...21

Şekil 2.6: Türkiye'nin Neotektonik dönemini şekillendiren ana yapılar ve bölgeler (Şengör, 1980). ……...25

Şekil 2.7: Türkiye'yi etkileyen hava kütleleri (Akçar ve Schlüchter, 2005). ……..27

Şekil 2.8: Türkiye'nin yağış bölgeleri. Açıklama: BLS: Karadeniz; NWTR: Kuzeybatı Türkiye; SAEG-WMED: Güney Ege ve Batı Akdeniz; MED: Akdeniz; WCCAN: İç Batı Anadolu; ECCAN: İç Doğu Anadolu ve CEAN-CSEAN: Doğu ve Güneydoğu Anadolu (Türkeş ve Tatlı, 2010'dan yeniden düzenlenmiştir). ……...…29

Şekil 2.9: Türkiye iklim bölgeleri (Atalay, 1997'den yeniden düzenlenmiştir). Açıklama: a: Güneydoğu Anadolu karasal iklimi, b: Doğu Anadolu karasal iklimi, c: İç Anadolu karasal iklimi, d: Trakya karasal iklimi. …….30

Şekil 2.10: Türkiye yıllık ortalama toplam yağış dağılım haritası. ……...31

Şekil 2.11: Türkiye yıllık ortalama sıcaklık dağılım haritası. ……..….32

Şekil 2.12: Türkiye'de temsil edilen flora bölgeleri (Avcı, 1993'ten yeniden düzenlenmiştir). ……..33

Şekil 4.1: Veri tabanı akış şeması. ……..37

Şekil 5.1: 05.07.1929 Of ve Sürmene Felaketi hakkında 28.06.1990 tarihli Milliyet Gazetesi haberi. ……..……47

Şekil 5.2: 05.07.1929 tarihli sel ve heyelan sahasını gösteren harita (Vakit Gazetesi, 25.07.1929; Başkaya, 2015). ……..47

Şekil 5.3: Afyon'un İscehisar ilçesine bağlı Seydiler kasabasındaki kaya düşmesi olayı hakkındaki 09.12.1958 tarihli Milliyet Gazetesi haberi. ……48

Şekil 5.4: Ankara Kızılcahamam yolunda meydana gelen kaya düşmesi olayı hakkındaki 19.12.1962 tarihli Milliyet Gazetesi haberi. ……49

Şekil 5.5: Giresun Şebinkarahisar yolunda meydana gelen heyelan olayı hakkındaki 07.04.1964 tarihli Milliyet Gazetesi haberi. ……50

Şekil 5.6: Muş Dere Mahallesinde meydana gelen heyelan olayı hakkındaki 15.03.1969 tarihli Cumhuriyet Gazetesi haberi. ……51

Şekil 5.7: Kayseri'nin Develi ilçesine bağlı Ayvazhacı Mahallesinde meydana gelen heyelan olayı hakkındaki 20.03.1980 tarihli Milliyet Gazetesi haberi. ……...52

Şekil 5.8: Kayseri Ayvazhacı heyelanı. ……..52

Şekil 5.9: A: Bingöl'ün Adaklı ilçesine bağlı Yel Değirmeni köyünde meydana gelen heyelan olayı hakkındaki 21.04.1988 tarihli Milliyet Gazetesi haberi. **B:** Yel Değirmeni köyünde 11 kişinin ölümüne neden olan heyelan olayı. **Kaynak:** Avcı, 2016'dan. ……53

Şekil 5.10: Trabzon'un Maçka ilçesine bağlı Çatak köyünde meydana gelen heyelan olayı hakkındaki 24.06.1988 tarihli Milliyet Gazetesi haberi. ……54

Şekil 5.11: Isparta'nın Senirkent ilçesinde meydana gelen heyelan olayı hakkındaki 13.07.1995 tarihli Milliyet Gazetesi haberi. ……55

Şekil 5.12: Isparta Senirkent moloz akması**. Kaynak:** Ahmet Ertek. ……55

Şekil 5.13: Trabzon'un Köprübaşı ilçesinin Beşköy Mahallesinde meydana gelen heyelan olayı hakkındaki 22.08.1998 tarihli Cumhuriyet Gazetesi haberi. ……56

Şekil 5.14: Rize'nin Güneysu ve Çayeli ilçelerinde meydana gelen heyelan olayı hakkındaki 27.07.2002 ve 20.06.2004 tarihli Cumhuriyet Gazetesi haberi. ……57

Şekil 5.15: A: Sivas'ın Koyulhisar ilçesine bağlı Kuzulu mahallesinde meydana gelen heyelan olayı hakkındaki 18.03.2005 tarihli Milliyet Gazetesi haberi. **B:** Sivas Kuzulu heyelanı. ……58

Şekil 5.16: 26.08.2010 Rize Gündoğdu heyelanları. ……..59

Şekil 6.1: Coğrafi bölge ölçeğinde (A) ölümcül heyelanların noktasal dağılımı, (B) ölümcül heyelan sayısı, (C) ölü sayısı ve (D) heyelan yoğunluğu. Açıklama: I: Akdeniz Bölgesi, II: Doğu Anadolu Bölgesi, III: Ege Bölgesi, IV: Güney Doğu Anadolu Bölgesi, V: İç Anadolu Bölgesi, VI: Karadeniz Bölgesi, VII: Marmara Bölgesi. …64

Şekil 6.2: Coğrafi bölüm ölçeğinde (A) ölümcül heyelanların noktasal dağılımı, (B) ölümcül heyelan sayısı, (C) ölü sayısı ve (D) heyelan yoğunluğu. Açıklama: I: Yıldız Dağları Bölümü, II: Ergene Bölümü III: Çatalca Kocaeli Bölümü, IV: Güney Marmara Bölümü, V: Batı Karadeniz Bölümü, VI: Orta Karadeniz Bölümü, VII: Doğu Karadeniz Bölümü, VIII: Ege Bölümü, IX: İç Batı Anadolu Bölümü, X: Antalya Bölümü, XI: Adana Bölümü, XII: Yukarı Sakarya Bölümü, XIII: Konya Bölümü, XIV: Orta Kızılırmak Bölümü, XIX: Orta Fırat Bölümü, XV: Yukarı Kızılırmak Bölümü, XVI: Yukarı Fırat Bölümü, XVII: Erzurum Kars Bölümü, XVIII: Yukarı Murat Bölümü, XX: Dicle Bölümü, XXI: Hakkâri Bölümü. …….....……...65

Şekil 6.3: İl ölçeğinde (A) ölümcül heyelanların noktasal dağılımı, (B) ölümcül heyelan sayısı, (C) ölü sayısı ve (D) heyelan yoğunluğu. ……69

Şekil 6.4: İlçe ölçeğinde (A) ölümcül heyelanların noktasal dağılımı, (B) ölümcül heyelan sayısı, (C) ölü sayısı ve (D) heyelan yoğunluğu. ……70

Şekil 6.5: Doğal faktörler ile tetiklenen ölümcül heyelanların (A) il ölçeğinde noktasal dağılımı, (B) il ölçeğinde ölü sayısı, (C) ilçe ölçeğinde noktasal dağılımı ve (D) ilçe ölçeğinde ölü sayısı. ……...72

Şekil 6.6: Antropojenik faktörler ile tetiklenen ölümcül heyelanların (A) il ölçeğinde noktasal dağılımı, (B) il ölçeğinde ölü sayısı, (C) ilçe ölçeğinde noktasal dağılımı ve (D) ilçe ölçeğinde ölü sayısı. ……...74

Şekil 6.7: Tetikleyici faktörü belirlenemeyen ölümcül heyelanların (A) il ölçeğinde noktasal dağılımı, (B) il ölçeğinde ölü sayısı, (C) ilçe ölçeğinde noktasal dağılımı ve (D) ilçe ölçeğinde ölü sayısı. ……...75

Şekil 6.8: Ölümcül heyelanların dağılımı; (A) yükselti, (B) rölatif yükseklik, (C) eğim ve (D) yıllık ortalama yağış. ……78

Şekil 6.9: Ölümcül heyelanların dağılımı; (A) makro yer şekilleri, (B) PGA (Maksimum yer ivmesi), (C) litolojik birimler ve (D) toprak tipleri. Açıklama: A: (1) Ovalar; (2) Orta yükseltideki ovalar; (3) Yüksek ovalar; (4) Alçak alanlar; (5) Engebeli

alçak alanlar; (6) Platformlar; (7) Alçak platolar; (8) Orta yükseltideki platolar; (9) Yüksek platolar; (10) Çok yüksek platolar; (11) Engebeli alanlar; (12) Alçak dağlar; (13) Orta yükseltideki dağlar; (14) Yüksek dağlar; (15) Çok yüksek dağlar. C: (1) Ortaç volkanik kayalar; (2) Asidik plütonik kayaçlar; (3) Asidik volkanik kayaçlar; (4) Bazik plütonik kayaçlar; (5) Bazik volkanik kayalar; (6) Evaporitler; (7) Karbonatlı kayaçlar; (8) Karışık tortul kayaçlar; (9) Klastik tortul kayaçlar; (10) Metamorfik kayaçlar; (11) Pekişmemiş tortul kayaçlar; (12) Piroklastikler. D: (1) Rendzina; (2) Calcic Cambisol; (3) Calcic Kastanozem; (4) Calcic Xerosol; (5) Chromic Luvisol; (6) Eutric Cambisol; (7) Eutric Regosol; (8) Gleyic Solonchak; (9) Calcaric Fluvisol; (10) Haplic Xerosols (11) Lithosol; (12) Luvic Xerosol; (13) Orthic Acrisol; (14) Pellic Vertisol; (15) Chromic Vertisol; (16) Haplic Kastanozem; (17) Orthic Luvisol. ……79

Şekil 6.10: Ölümcül heyelanların dağılımı; (A) ölümcül heyelan yoğunluğu, (B) nüfus yoğunluğu. ……..82

Şekil 7.1: Yıllık ortalama yağış ile eğim çarpımı haritası, **B:** Yıllık ortalama yağış ile eğim çarpımı haritası ve doğal faktörlerle tetiklenmiş heyelanların dağılımı. Not: Her siyah nokta bir doğal kökenli heyelanı temsil etmektedir. ……..….....90

Şekil 7.2: A: Yıllık ortalama yağış, eğim ve nüfus yoğunluğu çarpımı haritası, **B:** Yıllık ortalama yağış, eğim ve nüfus yoğunluğu çarpımı haritası ve ölümcül heyelanların dağılımı. **Not:** Her siyah nokta bir ölümcül heyelanı temsil etmektedir. ……...103

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 1.1: 1950-2018 yıllarında küresel ölçekte gerçekleşen afet sayıları (EM-DAT, 2019). ……...4

Grafik 1.2: A: Avrupa ve Merkezi Asya'da yer alan ülkelerin risk altında olan nüfus oranları; B: Avrupa ve Merkezi Asya'da yer alan ülkelerin gayri safi milli hâsıla oranları ve ekonomik kayıpları (Dünya Bankası, 2004). ……...8

Grafik 6.1: (A) Türkiye'de 1929'dan 2018 yılına kadar gerçekleşmiş ölümcül heyelan sayısı, (B) neden oldukları ölümlerin yıllık dağılımı ve (C) dönemsel dağılımı. ……61

Grafik 6.2: Ölümcül heyelanlar ve neden oldukları ölümlerin (A) aylık ve (B) mevsimsel dağılımı. ……62

Grafik 6.3: Coğrafi bölgelere göre (A) ölümcül heyelan sayısı ve (B) neden oldukları ölümlerin dağılımı. ……...…….63

Grafik 6.4: İllere göre ölümcül heyelan sayısı ve neden oldukları ölüm sayısı. …….68

Grafik 6.5: Doğal faktörler ile tetiklenen ölümcül heyelanların ve neden oldukları ölümlerin mevsimsel dağılımı. …….71

Grafik 6.6: Doğal faktörler ile tetiklenen ölümcül heyelanların ve neden oldukları ölümlerin coğrafi bölgelere göre dağılımı. ……...72

Grafik 6.7: Antropojenik faktörler ile tetiklenen ölümcül heyelanların ve neden oldukları ölümlerin mevsimsel dağılımı. …….…….73

Grafik 6.8: Antropojenik faktörler ile tetiklenen ölümcül heyelanların ve neden oldukları ölümlerin coğrafi bölümlere göre dağılımı. ……...74

Grafik 6.9: Ölümcül heyelanların yoğunluğu ve sayısının dağılımı; (A) yükselti, (B) rölatif yükseklik, (C) eğim ve (D) yıllık ortalama yağış. …….78

Grafik 6.10: Ölümcül heyelanların yoğunluğu ve sayısının dağılımı; (A) makro yer şekilleri, (B) PGA (Maksimum yer ivmesi), (C) litolojik birimler ve (D) toprak tipleri. …….80

Grafik 6.11: Km² başına düşen nüfus sayısına göre heyelan sayısı ve yoğunluğu ile ölü sayısının dağılımı. …….83

Grafik 7.1: Ortalama yağışın mevsimlik dağılımı A: Heyelan sayıları, B: Ölü sayıları. …….86

Grafik 7.2: Ortalama yağışın mevsimlik dağılımı **A:** Heyelan sayıları, **B:** Ölü sayıları. …….92

Grafik 7.3: Türkiye geneli aylık ortalama yağış dağılımı ve doğal faktörlerle tetiklenen heyelan sayısı. ……....93

Grafik 7.4: 1929-2018 yılları arası doğal faktörler ile tetiklenmiş ölümcül heyelanların aylık dağılımı ve aylık yağış ortalaması. A: Karadeniz Bölgesi, B: Doğu Anadolu Bölgesi, C: Marmara Bölgesi, D: İç Anadolu Bölgesi, E: Ege Bölgesi, F: Akdeniz Bölgesi, G: Güneydoğu Anadolu Bölgesi. ……94

Grafik 7.5: A: Karadeniz Bölgesi'ni temsil eden coğrafi bölge sınırları içerisinde kalan meteoroloji istasyon verileri kullanılarak oluşturulan aylık ortalama yağış dağılımı. B: Türkeş ve Tatlı (2010)'ya göre sınıflanan Karadeniz yağış bölgesi içerisinde yer alan meteoroloji istasyon verileri kullanılarak oluşturulan aylık ortalama yağış dağılımı. …….…….…..95

Grafik 7.6: Maçka istasyonu Mayıs ve Haziran 1988 günlük ve kümülatif yağış miktarı. ……...96

Grafik 7.7: A: Vakfıkebir istasyonu Haziran 1990 günlük ve kümülatif yağış miktarı. **B:** Düzköy istasyonu Haziran 1990 günlük ve kümülatif yağış miktarı. ….....97

Grafik 7.8: Senirkent istasyonu Temmuz 1995 günlük ve kümülatif yağış miktarı. ..98

Grafik 7.9: Rize istasyonu Ağustos 2010 günlük ve kümülatif yağış miktarı. ……...99

Grafik 7.10: Türkiye'de 1929'dan 2018 yılına kadar gerçekleşmiş antropojenik kökenli ölümcül heyelanların yıllara göre dağılımı. ……..……..102

KISALTMALAR LİSTESİ

ADRC : Asian Disaster Reduction Center

AFAD : Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı

BCA : Başbakanlık Cumhuriyet Arşivi

CBS : Coğrafi Bilgi Sistemleri

CDD : The Canadian Disaster Database

CRED : Centre for Research on the Epidemiology of Disasters

DAFZ : Doğu Anadolu Fay Zonu

DFLD : Durham Fatal Landslide Database

DFO : The Dartmouth Flood Observatory

DSMW : Digital Soil Map of the World

EM-DAT : Emergency Events Database

FAO : Food and Agriculture Organization

FLEIC : The Fatal Landslide Event Inventory of China

GLC : Global Landslide Catalog

GLIM : Global Lithological Map Database

GSYH : Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla

HEP : Hillslope Erosion Potential

KAFZ : Kuzey Anadolu Fay Zonu

MANDISA : Monitoring, Mapping, and Analysis of Disaster Incidents in South Africa

MARS : The Major Accident Reporting System

MGM : Meteoroloji Genel Müdürlüğü

MTA : Maden Tetkik Arama Müdürlüğünden

NGDC : The National Geophysical Data Center

NGI : Norveç Geoteknik Enstitüsü

ORNL : Oak Ridge National Laboratory

ÖDFZ : Ölü Deniz Fay Zonu

PGA **:** Maksimum Yer İvmesi

SHELDUS **:** The Spatial Hazard Event and Losses Database for the United States

TÜİK **:** Türkiye İstatistik Kurumu Başkanlığı

USGS **:** The United States Geological Survey

UNESCO **:** The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

GİRİŞ

Heyelan kaya, toprak ve molozların veya bunların bir kombinasyonundan oluşan yamaç materyalinin, yerçekiminin etkisi altında yamaç eğimi boyunca hareket etmesi olarak tanımlanır (Varnes, 1978). Aşırı veya uzun süreli yağış, deprem, volkanik aktivite, ani kar erimesi ve antropojenik faaliyetler gibi çeşitli faktörler veya bu faktörlerin birkaçı ile tetiklenen heyelanlar; temel olarak malzemenin türü (ör., kaya, moloz, toprak) ve hareketin tipine göre akma, kayma, düşme veya devrilme şeklinde sınıflandırılmaktadır (Varnes, 1978; Cruden ve Varnes, 1996; Guzzetti, 2006).

Heyelanlar, jeolojik (litoloji, yapısal özellikler), jeomorfolojik (yamaç eğimi, topoğrafik yükseklik, yamaç şekli ve drenaj özellikleri) ve çevresel (arazi kullanımı, bitki örtüsü ve yollara uzaklık) parametreler gibi hazırlayıcı koşullara bağlı olarak gelişebildikleri gibi; hidro-meteorolojik (şiddetli yağış, ani kar erimesi), antropojenik etki (maden patlatmaları, yol yapım çalışmaları) ve deprem gibi tetikleyici parametrelere bağlı olarak da gelişebilirler (Gökçeoğlu ve Ercanoğlu 2001; AFAD, 2015).

Heyelanlar yamaç eğimini, dağlık alanların gelişimini, erozyon oranını, drenaj ağını, sediment bütçesini, vadi tabanlarını ve havza morfolojisini etkiler. Dolayısıyla heyelanlar jeomorfolojik açıdan yaptığı şekillendirici etki ile yeryüzünün evrimde önemli rol oynar. Fakat diğer yandan artan nüfus ve buna paralel olarak yerleşim yerlerinin yanlış seçilmesi ve sürdürülebilir kullanım üzerinde etkili olan heyelanlar can ve mal kayıplarına neden olmaktadır.

Yerkürenin oluşumundan günümüze kadar, yerkürenin dinamik içyapısı ve atmosferle etkileşimi ile meydana gelen deprem, heyelan, taşkın ve çığ gibi doğa olayları meydana gelmektedir. Doğanın kendi dengesi içinde gerçekleşen bu doğa olayları, insan ve insana ait yapılarla buluştuğunda can ve mal kayıplarına sebep olur ve afet niteliği kazanır (Görüm, 2006; AFAD, 2015). Dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de heyelanlar afet niteliği kazanmaktadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde heyelanlar, Türkiye'de doğal afet kaynaklı kayıplar arasında depremden sonra en fazla kayba yol açan afet türü olarak ikinci sırada yer almaktadır (Ildır, 1995; Çan vd., 2013).

Küresel ölçekte değerlendirildiğinde; 3.7 milyon km^2'lik bir alan heyelana maruz kalmaktadır. Heyelana maruz kalan bu alanlarda yaklaşık 300 milyon kişi yaşamakta ve bu sayı toplam dünya nüfusunun yaklaşık %5'ine karşılık gelmektedir (Dünya Bankası, 2005). Avrupa ve Merkezi Asya ölçeğinde bakıldığında ise heyelana maruz kalan en fazla insan sayısının Türkiye'de olduğu görülmektedir (Dünya Bankası, 2004). Türkiye'de son 50 yılda 13494 heyelan ve 2956 kaya düşmesi meydana gelmiştir (Gökçe vd., 2008). Ayrıca heyelanlardan etkilenen toplam afetzede sayısı 59.345 (afet türlerine göre %21), kaya düşmelerinden etkilenen toplam afetzede sayısı ise 19422 (afet türlerine göre %7) olarak belirlenmiştir (Gökçe vd., 2008). Veri tabanında kayıtlı olan 35741 adet yerleşim biriminden (il, ilçe, belde, belediye ve köyler) 5472'si (tüm yerleşim birimlerinin %15.31'i) heyelan ve 1703'ü (tüm yerleşim birimlerinin %4.76'sı) kaya düşmesi olayından etkilenmiştir (Gökçe vd., 2008). Kaya düşmeleri de bir heyelan türü olarak kütle hareketleri içinde sınıflandırılmaktadır. Bu bağlamda Gökçe vd. (2008)'nin heyelanlar ve kaya düşmeleri için verdiği sayılar bir arada değerlendirildiğinde ülkemizde son 50 yılda meydana gelen 16450 kütle hareketinden toplam 78767 afetzede etkilenmiştir. Türkiye'de heyelanların neden olduğu ölü sayısı net olarak bilinmemekle birlikte; meydana gelen olay sayısı, etkilenen yerleşim yeri ve afetzede sayısı dikkate alındığında, ülkemizde heyelanların verdiği zararlar son derece büyük bir önem arz etmekte ve bu yönüyle dikkate alınması gerekmektedir.

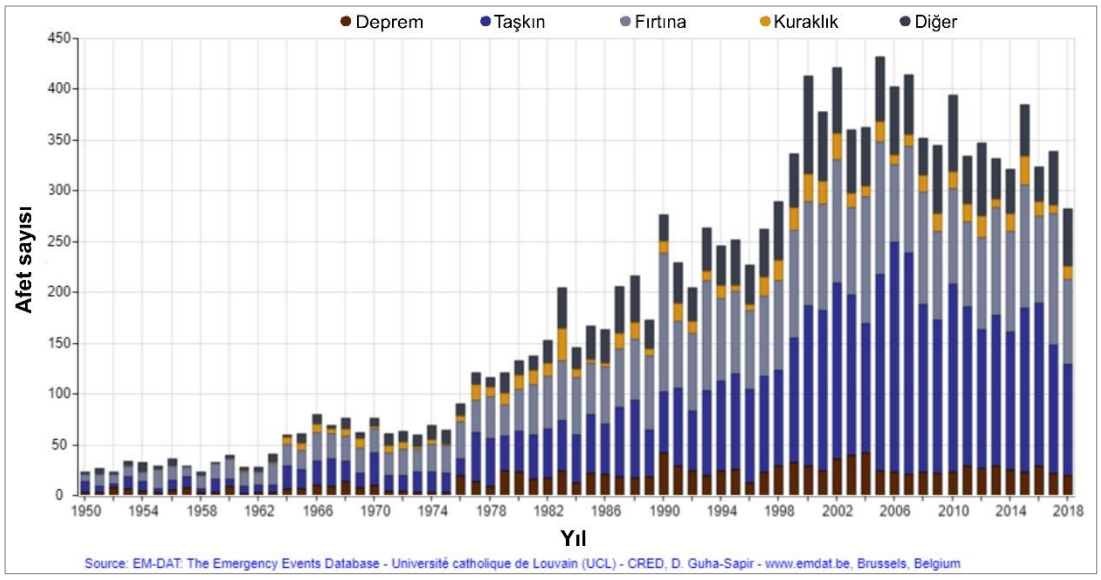
BİRİNCİ BÖLÜM
TÜRKİYE'DEKİ ÖLÜME SEBEP OLAN HEYELANLARA YÖNELİK ENVANTER ÇALIŞMASI İÇİN PROBLEM TANIMI VE LİTERATÜR DEĞERLENDİRMESİ

1.1. Problemin Tanımı

Afet envanter çalışmaları, genellikle insan ve ekonomik kayıplara ait veriler dikkate alınarak yapılmaktadır. Küresel ölçekteki envanter çalışmalarında Emergency Events Database (EM-DAT) ve DesInvanter en fazla kullanılan metotlardır. EM-DAT veri tabanı, 10 veya daha fazla insanın ölümüne sebep olan, 100 veya daha fazla insanı etkileyen, ülke genelinde ve uluslararası boyutta yardım istenmesi kriterlerden en az birisinin gerçekleştiği afetleri dikkate almaktadır (Tschoegl vd., 2006). EM-DAT veri tabanında yer alan her bir olay afet numarası, ülke veya şehir adı, afet grubu, afet türü ve alt türü, tarih, ölü sayısı, yaralı sayısı, evsiz kalanların sayısı, etkilenen insan sayısı, tahmin edilen zarar, iklim ve lokasyon bilgisi ile kaydedilmektedir (EM-DAT). DesInvanter veri tabanı bölgesel, ulusal ve yerel düzeyde gerçekleşen afetlerin boyutlarını ortaya koymak amacıyla geliştirilmiş bir envanterdir. Latin Amerika, Karayipler, Asya ve Afrika'da olmak üzere toplam 16 ülkeyi kapsamaktadır. DesInvanter veri tabanında yer alan afetlerin ölü sayısı, etkilenen insan sayısı, zarar gören ev sayısı, yıkılan ev sayısı, ekonomik kayıp, yol zararı, ürün zararı ve etkilenen sektör bilgileri yer almaktadır. Asian Disaster Reduction Center (ADRC), Asya ve Güneydoğu Asya'daki doğal afetler hakkında bilgi sağlayan bir veri tabanıdır. 1998 yılından günümüze kadar gerçekleşmiş olan afetleri kapsamaktadır. Her bir olayın kodu, konumu, tarihi, ölü sayısı, yaralı sayısı, tahliye edilen insan sayısı ve ekonomik kayıp bilgisi bulunmaktadır. Amerika'ya ait olan The Spatial Hazard Event and Losses Database for the United States (SHELDUS) veri tabanı 1900 yılından beri gerçekleşen afetlerin konum bilgisi ile neden olduğu insan ve ekonomik kayıpların bilgisini kapsamaktadır. Güney Afrika, afet olaylarını izleme, haritalama ve analizlerini yapmak amacıyla MANDISA adlı veri tabanı hazırlamıştır. The Canadian Disaster Database (CDD), 1900 yılından itibaren meydana gelen doğal ve teknolojik afetleri kapsamaktadır. Emergency Management Australia (EMA) veri tabanı, 3 ve daha fazla

ölüme veya 20 insanın yaralanmasına neden olan afetlerden oluşmaktadır. Hazırlanan afet envanterleri, meydana gelen tüm afetleri kapsayabileceği gibi sadece tek bir afet türünü de kapsayabilir. The United States Geological Survey (USGS)'e ait deprem veri tabanı, taşkınlar için The Dartmouth Flood Observatory (DFO), tsunami için M.Ö 2000 yılından günümüze kadar 2400'den fazla tsunami kaydı bulunan The National Geophysical Data Center (NGDC) ve endüstriyel kazalar için 1980'den günümüze kadar 600'üm üzerinde büyük kaza kaydeden The Major Accident Reporting System (MARS) veri tabanları örnek olarak verilebilir (Tschoegl vd., 2006; Gökçe vd., 2008).

Deprem, fırtına, sel, heyelan ve diğer doğa olayları, dünya genelinde her yıl on binlerce insanın ölümüne, yaralanmasına ve milyarlarca dolar ekonomik kayba neden olmaktadır. 1950 yılından günümüze kadar olan döneme bakıldığında, dünya genelinde gerçekleşen doğal afetlerin artarak devam ettiği görülmektedir (Grafik 1.1). EM-DAT kayıtlarına göre, 2007-2018 yıllarında dünya genelinde toplam 4153 doğal afet olayı meydana gelmiştir. Yaklaşık 2.2 milyar insanı etkileyen bu doğal afetler, 681101 kişinin ölümüne ve 945 milyar dolar zarara neden olmuştur. Bu doğal afetler içerisinde yer alan heyelanlar ise 193 olay sonucu 10059 kişi hayatını kaybetmesine neden olmuştur (Tablo 1.1).



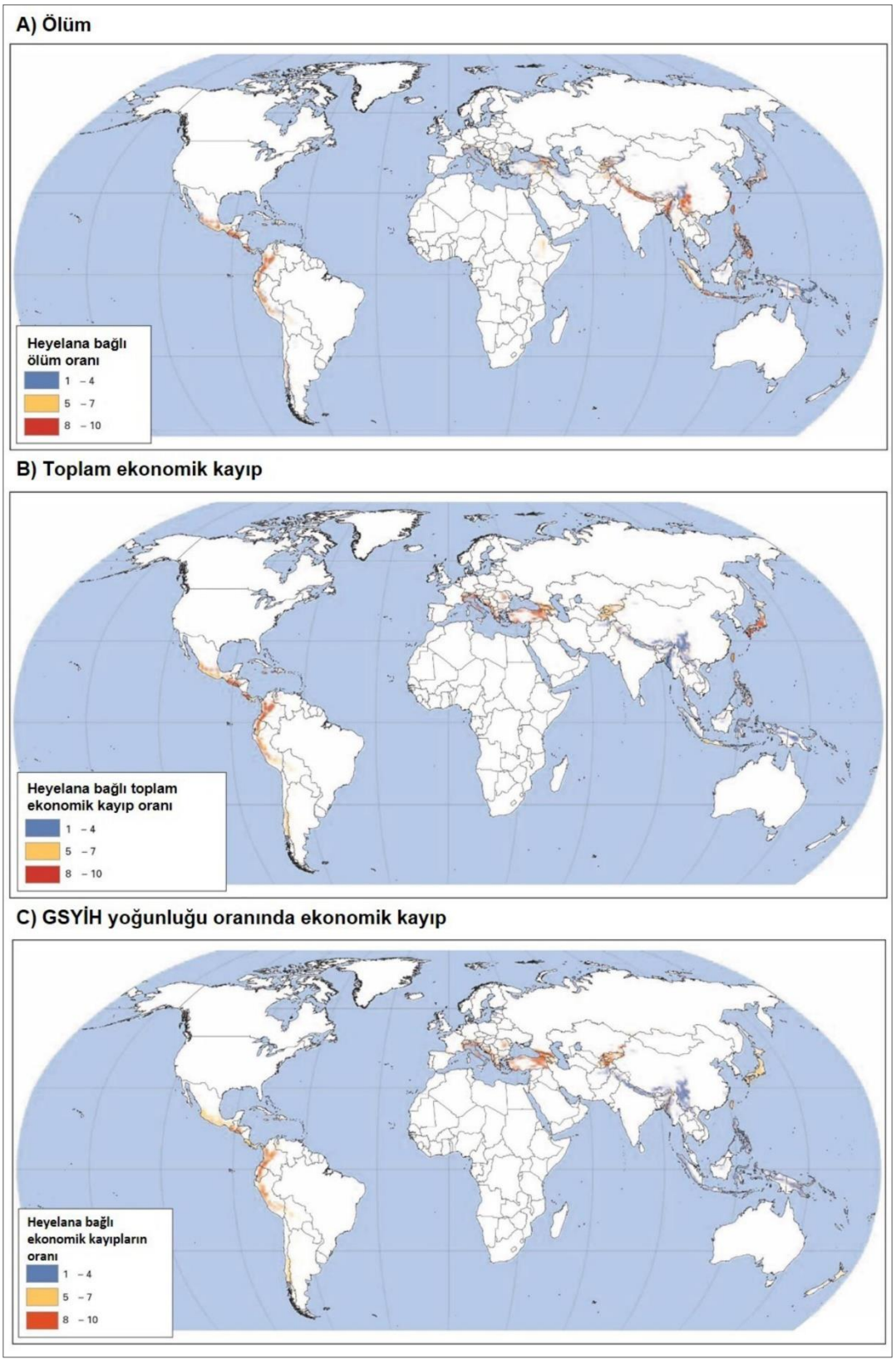
Grafik 1.1: 1950-2018 yıllarında küresel ölçekte gerçekleşen afet sayıları (EM-DAT, 2019)

Tablo 1.1: Emergency Events Database (EM-DAT) yıllık afet raporlarına göre son 12 yılın heyelan bilançosu (EM-DAT, 2019).

Yıl	Toplam afet sayısı	Toplam ölü sayısı	Etkilenen insan sayısı (~milyon)	Ekonomik kayıp (milyar $)	Heyelan sayısı	Heyelan kaynaklı ölü sayısı
2007	414	16847	211	74.9	8	212
2008	354	235000	214	190	14	622
2009	335	10665	119	41.3	28	738
2010	373	296800	207	109	28	3175
2011	332	30773	245	366.1	17	309
2012	357	9655	125	157	9	260
2013	330	21610	97	118.6	11	281
2014	324	7823	141	99.2	14	944
2015	376	22765	110	70.3	18	747
2016	342	8733	565	154	12	351
2017	335	9697	96	335	20	2130
2018	281	10733	62	108	14	290
Ortalama	346	56758	183	152	16	838
Toplam	4153	681101	2192	1823	193	10059

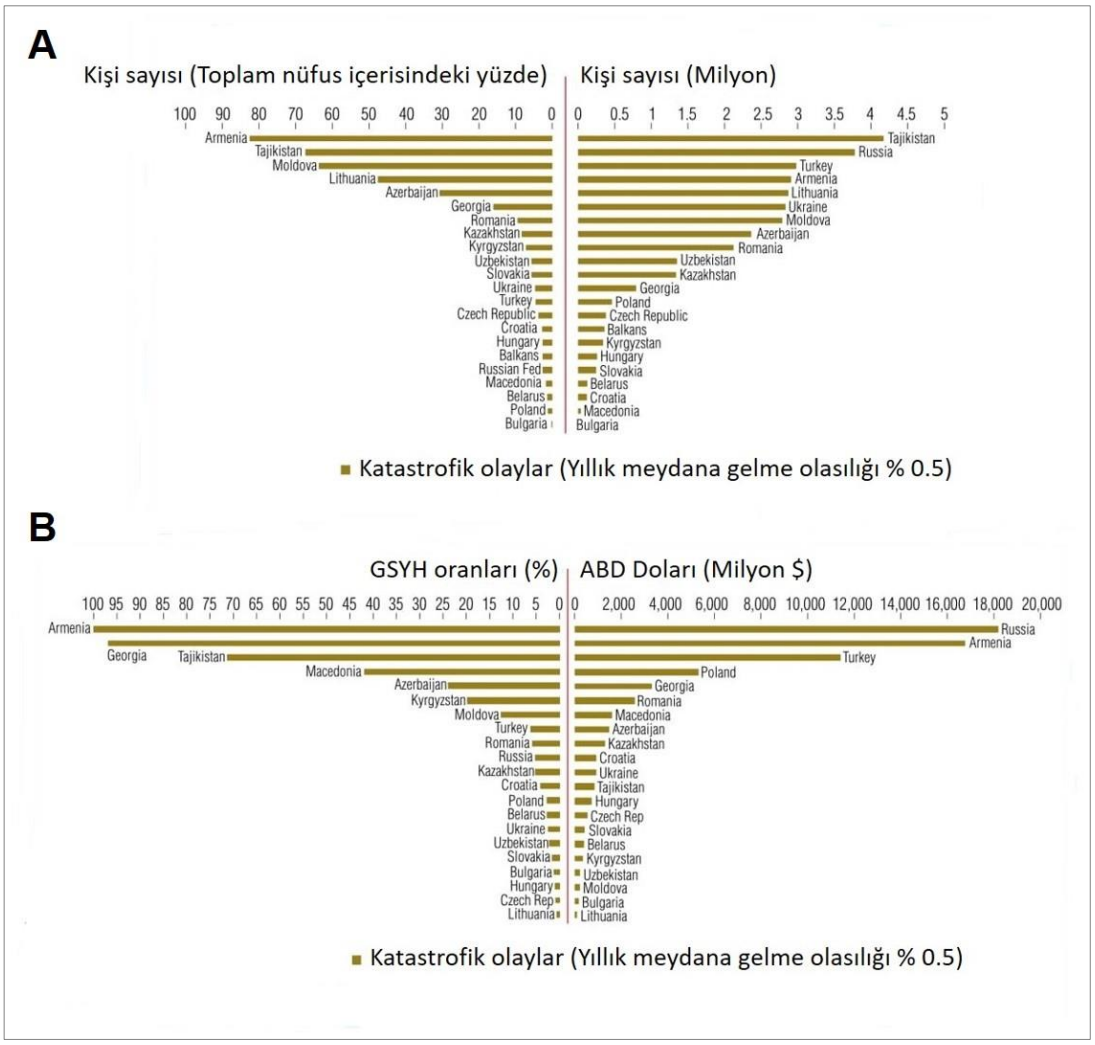
Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) istatistiklerine göre, dünyadaki tüm doğal afetlerden kaynaklanan ölümlerin en az %17'si heyelanlar sonucu meydana gelmektedir. İklim değişikliği, antropojenik faaliyetler, kentleşme ve kontrolsüz arazi kullanımı nüfus ve altyapıyı tehlikeye daha açık hale getirmiş ve heyelan riskini arttırmıştır (Lacasse vd., 2010, Grahn ve Jaldell, 2017). Bu nedenle, heyelan riskinin yerel, bölgesel ve ulusal düzeyde hem mevcut hem de gelecekteki toplumsal planlamalarda dikkate alınması gerekmektedir (Grahn ve Jaldell, 2017).

Heyelan riski, küresel ölçekte hem ölüm oranı hem de ekonomik kayıp açısından ele alındığında; Türkiye'nin de Orta Asya, Orta Amerika, Kafkasya, Avrupa'nın güneyi, Himalayalar, Çin'in güneyi ve Pasifik Okyanusu'nu çevreleyen ülkeler, özellikle Filipinler, Endonezya, Japonya ile birlikte risk altında olduğu görülmektedir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1: Küresel heyelan risk haritası (Dünya Bankası, 2005). **Not:** Oranlar, onda birlik olarak verilmiştir.

Norveç Geoteknik Enstitüsü (NGI) tarafından hazırlanan Avrupa ve Merkezi Asya heyelan risk haritasında (Şekil 1.2) heyelanların, Romanya, İtalya, Türkiye, Gürcistan ve Tacikistan gibi Alp-Himalaya kıvrım kuşağı merkezinde bulunan ülkelerin dağlık alanlarında toplandığı görülmektedir. Grafik 1.2'e göre Türkiye, Avrupa ve Merkezi Asya ölçeğinde, risk altında olan nüfusun ortalamasında on üçüncü sıradadır. Ancak risk altında olan toplam nüfus sıralamasında ise üçüncü sırada yer almaktadır. Ekonomik kayıplar açısından ise, Gayri Safi Milli Hâsıla oranlarına göre sekizinci sırada yer alırken, ekonomik kayıplar açısından üçüncü sırada yer almaktadır (Dünya Bankası, 2004; Görüm, 2006).



Grafik 1.2: A: Avrupa ve Merkezi Asya'da yer alan ülkelerin risk altında olan nüfus oranları; **B:** Avrupa ve Merkezi Asya'da yer alan ülkelerin gayri safi milli hâsıla oranları ve ekonomik kayıpları (Dünya Bankası, 2004).

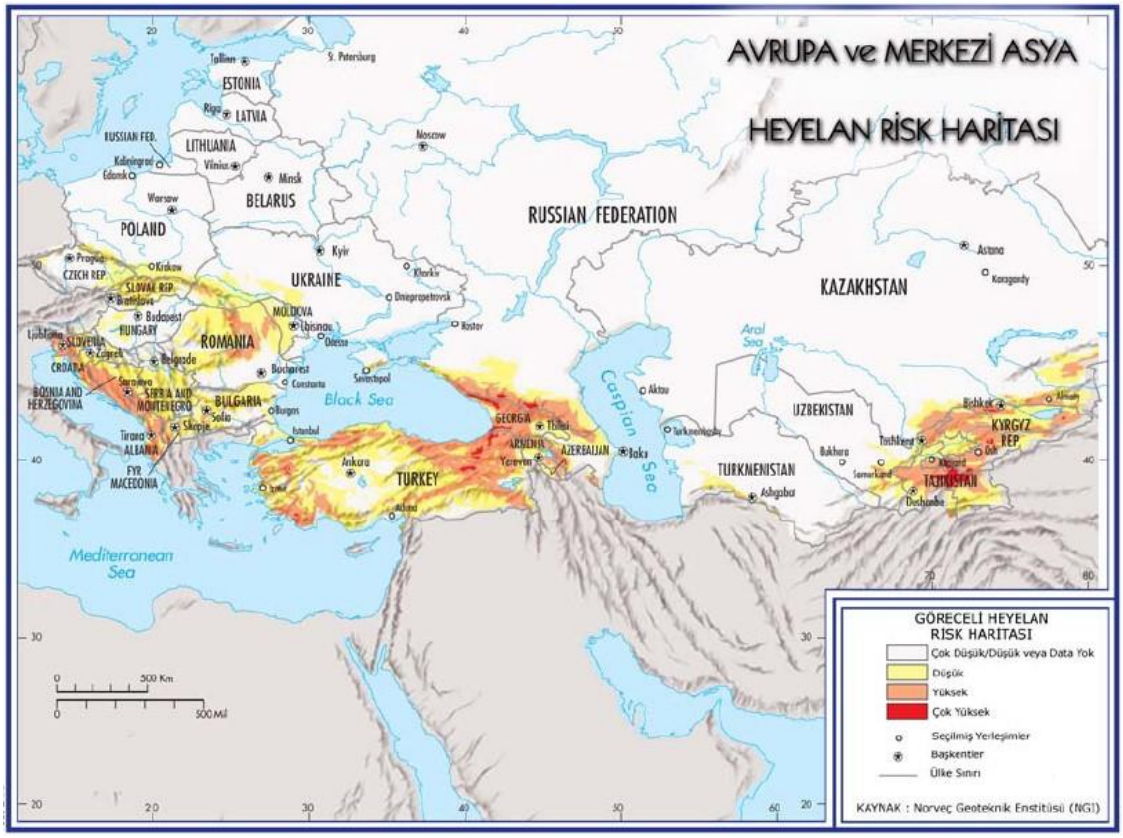
Tablo 1.2: Afet türüne göre afet olay sayısı ve afetzede sayılarının dağılımı (Gökçe vd., 2008'den yeniden düzenlenmiştir). **Not:** Deprem için olay sayısı, 1950'lerden bu yana meydana gelen deprem sayısı anlamına gelmemektedir. Meydana gelen depremlerde etkilenen ve gerektiğinde birden çok kez etüt edilen ve hasar tespit çalışması yapılan yerleşim birimleri sayısını belirtmektedir. Çoklu afetler, bir yerleşim biriminde aynı anda meydana gelen birden fazla afet olayları anlamındadır

Afetler	**Afet olay sayısı**	**Afet gören yerleşim birim sayısı**	**Toplam yerleşim birimi sayısına oranı (%)**	**Afetzede**				**Etkilenen toplam afetzede sayısı**
				Etkili nakil	**İlave nakil**	**Etkisiz nakil**	**Nakil iptali**	
Heyelan	13494	5472	15.31	65759	2622	3998	13034	59345
Kaya Düşmesi	2956	1703	4.76	19699	935	2442	3654	19422
Taşkın	4067	2924	8.18	29020	506	1197	8566	22157
Deprem	5318	3942	11.03	157794	45	637	235	158241
Diğer Afetler	1175	992	2.78	11309	8	85	2165	9237
Çığ	731	605	1.69	4409	181	336	542	4384
Çoklu Afetler	2024	0	0	17221	629	838	6478	12210
Tasnif Edilmemiş	42	0	0	0	0	0	0	0
Toplam	29807	15638	43.75	305211	4926	9533	34674	284996

.

Ülkemizde meydana gelen afet olay sayılarının, afet türlerine göre dağılımı incelendiğinde heyelanlar birinci sırada yer almaktadır (heyelan %45, kaya düşmesi %10, deprem %18 ve Taşkın %14). Toplam afetzede sayısının, afet türlerine göre dağılımına bakıldığında ise heyelanlar ikinci sırada yer almaktadır (deprem %55,

Heyelan %21, taşkın %8, kaya düşmesi %7). Kaya düşmelerinin de bir heyelan türü olduğu göz önünde bulundurulduğunda heyelanların, doğal afetler içinde en çok zarar verici etkiye sahip afet türü olduğu söylenebilir (Tablo 1.2). Ayrıca, heyelanlar neden oldukları ekonomik kayıplar içerisinde üçüncü sırada, zarar gören toplam konut sayısı oranına göre ise ikinci sırada yer almaktadır (Gökçe vd., 2008).



Şekil 1.2: Doğu Avrupa ve Merkezi Asya heyelan risk haritası (Norveç Geoteknik Enstitüsü).

Dünya genelinde birçok ülke gibi Türkiye de heyelanlardan etkilenmektedir. Ülkemizin jeolojik, topoğrafik ve meteorolojik özellikleri ile insan faktörü, heyelanların meydana gelmesinde etkin rol oynamaktadır. Gökçe vd. (2008) tarafından tespit edilen 16450 kütle hareketi, 78767 afetzede ve etkilenen 7175 yerleşim birimi sayısı dikkate alındığında ülkemiz için heyelan sorunun ciddi boyutta olduğunu söylemek mümkündür. Türkiye genelinde 1929, 1962, 1964, 1968, 1980, 1988, 1990, 2005 ve 2010 yıllarında meydana gelen heyelanlar sonucunda yüzden fazla insan hayatını kaybetmiş, yüzlerce insan yaralanmış ve ciddi ekonomik kayıplar meydana gelmiştir. Örneğin, 5 Temmuz 1929 tarihinde günlerce süren aşırı yağış sonucunda

Trabzon ilinin Of ve Sürmene ilçesi civarında meydana gelen heyelanlar sonucunda 148 kişi hayatını kaybetmiştir. Bunun yanı sıra, 5 Nisan 1964 tarihinde Giresun ilinin Şebinkarahisar ilçesinde meydana gelen heyelan ile 35 kişi hayatını kaybetmiştir. 23 Haziran 1988 tarihinde Trabzon'a bağlı Maçka ilçesinin Çatak mahallesinde gerçekleşen heyelan sonucunda 64 kişi hayatını kaybetmiştir. 13 Temmuz 1995 tarihinde Isparta ilinin Senirkent ilçesinde meydana gelen çamur akması sonucu 74 kişi hayatını kaybetmiştir. 17 Mart 1995 tarihinde Sivas ilinin Koyulhisar ilçesinde 15 kişi, 26 Ağustos 2010 tarihinde Rize ilinin Gündoğdu beldesinde 13 kişi heyelan sonucunda hayatını kaybetmiştir. Sadece bu örnekler ile heyelanların neden olduğu can ve mal kayıplarının boyutu, ülkemiz için bir heyelan sorunun var olduğunu ortaya koymaktadır.

Heyelanlar, çoğu zaman deprem, aşırı yağış ve sel gibi olaylar tarafından tetiklendiği için tetikleyen ana olayın içerisinde değerlendirilmektedir. Bunun sonucunda; heyelanların yol açtığı kayıpların ve zararların boyutları tahmin edilenden veya var olandan çok daha düşük olarak hesaplanmaktadır (Schuster, 1996; Görüm, 2006). Özellikle aşırı yağışlar sonucu meydana gelen sel ve heyelan olayları sonucunda, heyelanların neden olduğu can ve mal kayıplarının tespiti her olay için sağlıklı şekilde yapılamamaktadır. Diğer taraftan, ulaşım, haberleşme ve yerleşim birimlerinden uzakta meydana gelen heyelanlar ise zaten kayıt altına alınamamaktadır. Gerek kayıt altına alınamayan gerekse sonuçlarının tespitinin net olarak yapılamadığı heyelanlar da hesaba katıldığında ülkemizdeki heyelan sorunun çok daha önemli boyutlarda olduğunu söylemek mümkündür.

1900 yılından günümüze kadar dünya genelinde 14 milyondan fazla insan heyelanlardan etkilenirken yaklaşık 70000 kişi heyelan sonucu hayatını kaybetmiş ve milyarlarca dolar zarar meydana gelmiştir (EM-DAT, 2019). Türkiye'de ise yaklaşık 15000 kişi heyelanlardan etkilenirken 578 kişi bu heyelanlar sonucu hayatını kaybetmiştir (EM-DAT, 2019). Ancak, EM-DAT veri tabanı 10 veya daha fazla insanın öldüğü, 100 veya daha fazla insanın etkilendiği, ülke genelinde yardım durumu açıklanan ve uluslararası yardım çağrısında bulunulan afetleri kayıt altına almaktadır. Dolayısıyla ülkemizde meydana gelen kaydedilmeyen olaylar ve ölümler dikkate alındığında, verilen sayıların tam olarak gerçeği yansıtmadığını ve daha yüksek

olduğunu söylemek mümkündür. Heyelanların neden olduğu ölümlerin gerçek sayısının bilinmesi, mekânsal ve zamansal dağılımlarının ortaya konulması; bu afet türünün neden olduğu kayıpların ve zararların daha iyi anlaşılmasını, önleyici ve zararları daha aza indirgeyecek planlamaların yapılmasını mümkün kılacağı söylenebilir.

Heyelanların neden olduğu can ve mal kayıpları dikkate alındığında koruyucu ve zararları indirgemeye yönelik uygulamalar, heyelanların alansal dağılım (envanter) bilgisini gerektirir (Nefeslioğlu, 2008). MTA Genel Müdürlüğü tarafından 2007 yılında mekânsal olarak heyelanlara duyarlı jeoloji, tektonik ve morfolojik özelliklerin sorgulanabilmesini mümkün kılan bir tarihsel heyelan envanter haritası hazırlanmıştır. Afet İşleri Genel Müdürlüğü (yeni adı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD)) tarafından "Afet Bilgi Envanteri Projesi" kapsamında 1950-2008 yılları arasını kapsayan afet olay sayıları ve neden olduğu kayıpların birlikte değerlendirilmesini sağlayan bir heyelan arşiv envanter veri tabanı oluşturulmuştur. Birbirini tamamlar özellikte olan tarihsel heyelan ve heyelan arşiv envanter veri tabanları iki kurumun işbirliği ile bir araya getirilmiştir (Duman vd., 2016). Ülkemizdeki mevcut heyelan envanterleri meydana gelen olay sayısını, etkilenen afetzede ve konut sayılarını içermesine rağmen olay bazlı ölü sayısını içermemektedir. Oluşturulan mevcut veri tabanları ile ülkemizde ciddi kayıplara yol açan heyelanların frekanslarını, mekânsal ve zamansal dağılımlarını belirli bir ölçüde ortaya koymak mümkündür. Mevcut veri tabanları, sağladığı bilgi ile heyelan duyarlılık, tehlike ve risk çalışmalarının yapılmasına olanak tanımıştır. Dünyanın farklı bölgelerinde ve Avrupa'da ölümcül heyelanlara ait birçok çalışma mevcutken ülkemizde heyelanların neden olduğu ölü sayısını ve bu ölümcül heyelanların mekânsal ve zamansal dağılımını içeren herhangi bir veri tabanı veya yapılmış bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin ölümcül heyelanlarına ilişkin arşiv envanterinin oluşturulması ve bununla birlikte bu ölümcül heyelanların frekanslarının belirlenmesi, mekânsal ve zamansal dağılımlarının ve bu dağılımı kontrol eden faktörlerin ortaya konmasıdır.

1.2. Literatür Değerlendirmesi

Ölümcül heyelanlara ilişkin ülkemizde gerçekleştirilmiş herhangi bir çalışma henüz bulunmamaktadır. Bu nedenle, ölüme neden olan heyelanlara yönelik çalışmaların tamamının uluslararası literatürde yer aldığını görmekteyiz. Evans, (1997) ve Guzzetti (2000), ölümcül heyelanların neden olduğu problemleri ve sonuçlarını bölgesel bakımdan ele alan ilk çalışmalar olarak karşımıza çıkmaktadır. 1997 yılında Evans, 1840 ve 1996 yılları arası dönemde Kanada'da meydana gelen ölümcül heyelanlar üzerine bir veri tabanı analizi gerçekleştirmiştir. Evans, toplam 84 olayda yaklaşık 600 kişinin ölümüne neden olan heyelanların, tiplerini, mekânsal dağılımlarını, tetikleyici faktörlerini ve bireysel ölüm olasılıklarını ortaya koymuştur. Guzzetti (2000) ise 1279 ve 1999 yılları arasında İtalya'da meydana gelen ve ölümle sonuçlanan heyelanları derlemiştir. Yaptığı çalışma ile toplam 840 heyelan olayında 10.000'den fazla insanın öldüğünü tespit eden Guzzetti, ölümcül heyelanların İtalya genelinde frekanslarını, tiplerini, coğrafi ve mevsimsel dağılımlarını analiz etmiştir. Ayrıca, heyelan frekansını, benzer olayların görüldüğü Alpler, Kanada, Japonya, Çin ve Hong Kong ait frekanslar ile karşılaştırmıştır.

2010'lu yılları takiben ölümcül heyelanlar için envanter bilgisi önem kazanmıştır. Bu kapsamda, yerel ölçekte yapılan çalışmalara ek olarak bölgesel ve küresel ölçekli çalışmaların sayısı artmıştır. 2012 yılında Petley, 2004 ve 2010 yılları arasında sismik aktivite tarafından tetiklenmemiş ölümcül heyelanları kapsayan küresel ölçekte bir veri tabanı oluşturmuştur. Tespit edilen 2620 heyelan sonucunda 32322 kişi hayatını kaybetmiştir. Yaptığı analizler ile ölümcül heyelanların artan bir trende sahip oluğunu ortaya koyan Petley (2012); söz konusu çalışmanın, ölümcül heyelanların küresel ölçekteki etkilerinin daha doğru şekilde değerlendirilmesine, mekânsal ve zamansal dağılım analizinin ayrıntılı bir şeklide yapılmasına olanak sağlaması açısından ilk olduğunu dile getirmiştir. Kirschbaum vd. (2015) ise yapmış oldukları çalışmada 2007 ve 2013 yılları arasında yağışla tetiklenen heyelanları, medya haberlerini, online veri tabanlarını ve çeşitli diğer kaynakları derleyerek bir küresel heyelan kataloğu oluşturmuştur. Çalışma kapsamında 124 ülkede 5741 heyelan belirleyen araştırmacılar, toplam heyelan sayısının yaklaşık %30'na denk

gelen 1827 ölümcül heyelan sonucu 20500'den fazla kişinin öldüğünü tespit etmiştir. Ayrıca, yağış ile ölümcül heyelanlar arasındaki ilişkinin belirlenmesine yönelik radar uydu görüntülerine dayalı tahmin sistemi oluşturan araştırmacılar; heyelan olaylarını Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla (GSYH), nüfus yoğunluğu ve yol ağları ile karşılaştırmıştır.

Sepúlveda ve Petley (2015), Latin Amerika ve Karayipler'de 2004 ve 2013 yılları arasındaki döneme ait ölümle sonuçlanan heyelanları içeren bir veri tabanı oluşturmuştur. Veri tabanı, 24 ülkede toplam 611 heyelan sonucunda 11631 kişinin hayatını kaybettiğini göstermektedir. Heyelanları tetikleyici faktörleriyle birlikte değerlendirilen Sepúlveda ve Petley, bölgesel ve yerel ölçekte istatistiksel analizler yapmıştır. Bununla birlikte, ölümcül heyelanların El Niño, La Niña, topoğrafya, yağış ve nüfus yoğunluğuyla arasındaki ilişkiyi ortaya koymuşlardır. Bölgesel ölçekte yapılan başka bir çalışma da Haque vd. (2016)'nin ölümcül heyelanların ve bu heyelanların neden olduğu kayıpların değerlendirilmesini ve mekânsal ve zamansal dağılımlarını ortaya konmasını mümkün kılan çalışmadır. Çalışmaya göre, 1995 ve 2014 yılları arasında 27 Avrupa ülkesinde meydana gelen toplam 476 ölümcül heyelan sonucu 1370 kişi hayatını kaybetmiş ve 784 kişi yaralanmıştır. En fazla ölümün 335 ile Türkiye'de geçekleştiğini vurgulayan Haque vd. 2008-2014 yıllarını kapsayan periyotta özellikle Türkiye ve İtalya'da ölümcül heyelanların artan bir trendde olduğu ortaya koymuştur. Bu çalışmada, Avrupa'da en fazla heyelanın İtalya'da gerçekleşmesine karşın ölü sayısının en fazla Türkiye'de gözlendiği tespiti çarpıcıdır.

Petley (2018), Ocak 2004'ten Aralık 2016'ya kadar olan dönemi kapsayan sismik aktivite ile tetiklenmemiş, mekânsal ve zamansal analiz olanağı sunan küresel bir veri tabanı hazırlamıştır. Petley, çalışma kapsamında 4862 heyelan sonucunda toplam 55997 kişinin hayatını kaybettiği tespit etmiştir. Genel olarak heterojen bir dağılım gösteren ölümcül heyelanların yağışlarla örtüştüğü ifade eden Petley, 2012 yılında yaptığı çalışmadan farklı olarak bu çalışmada; özellikle inşaat, yasadışı madencilik ve yol yapım çalışmaları gibi insan faaliyetleriyle tetiklenen heyelanlar üzerinde durmuştur. Adı geçen bu faktörler ile tetiklenen heyelanların sayısının arttığını ortaya koymuştur. Yine aynı yılda Zhang ve Huang (2018), 2004 ve 2016 yılları arasında Çin genelinde sismik aktivite ile tetiklenmemiş ölümcül heyelanları ele almıştır. Zhang ve Huang, yaptıkları çalışmada bu heyelanların trendini, mekânsal

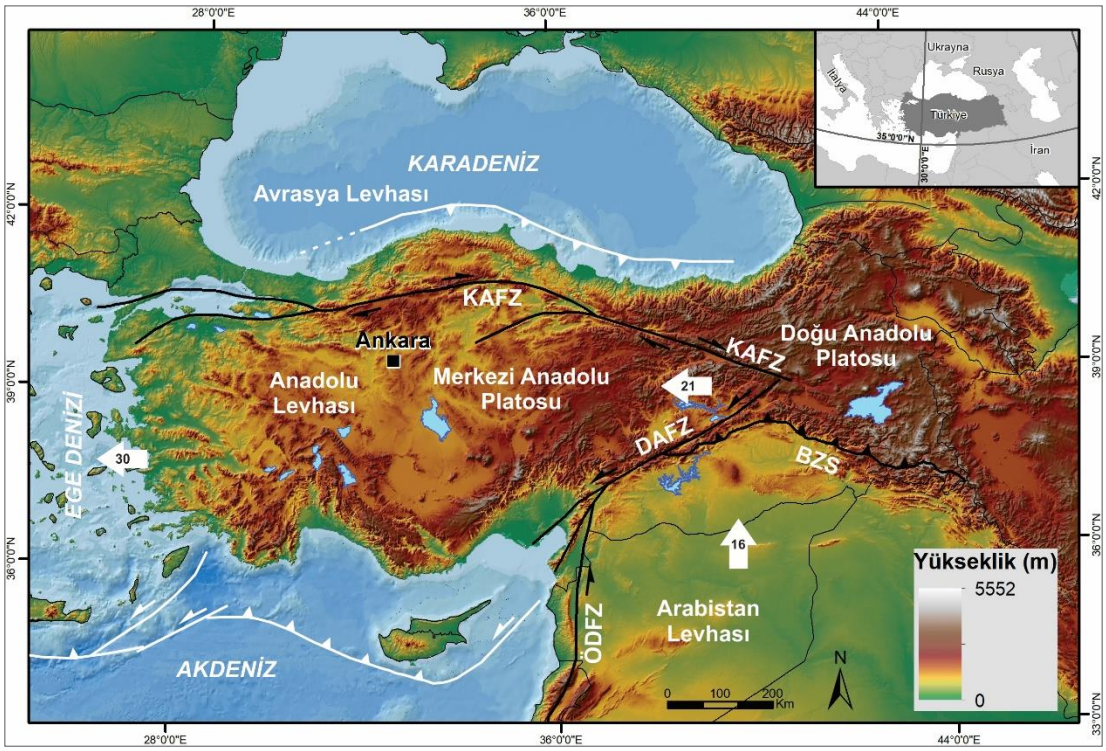
dağılımını ve neden olduğu ekonomik kayıpların istatistiksel analizini yapmıştır. İncelenen dönemde, 981.29 milyon dolar ekonomik kayba neden olan 463 heyelan sonucunda toplam 4718 kişinin öldüğünü belirlemişlerdir. Petley, ölümcül heyelanların jeoloji, jeomorfoloji ve iklim parametrelerine göre karakterize olduğunu ve bölgesel olarak büyük farklılık gösterdiği tespit etmiştir. Özellikle yağışlı dönemler ile ölümcül heyelanlar arasında kuvvetli bir kolerasyon olduğu ortaya koymuştur.

Küresel, bölgesel ve yerel ölçekte yapılan bütün çalışmalar genel olarak değerlendirildiğinde; ölümcül heyelanların iklim, jeoloji, jeomorfoloji, insan faaliyetleri ve nüfus yoğunluğu ile arasındaki ilişkinin incelendiği görülmektedir. Yapılan çalışmalarda, söz konusu bu faktörlerin birkaçının ve/veya tamamının etkisine değinilmiştir. Bunun yanı sıra, tespit edilen heyelan ve ölü sayıları çeşitli istatistiksel analizlere tabi tutulmuş, mekânsal ve zamansal dağılımları ve bu dağılımı kontrol eden faktörler ortaya konmuştur.

İKİNCİ BÖLÜM
TÜRKİYE'NİN FİZİKSEL, YAPISAL, TEKTONİK, KLİMATİK ve BİTKİ ÖTRÜSÜ ÖZELLİKLERİ

2.1. Çalışma Alanı

Türkiye, Kuzey yarım kürede 26^{o} -45^{o} doğu meridyenleri ile 36^{o} -42^{o} kuzey paralelleri arasında yer alır. Ülkemiz kuzey güney yönünde yaklaşık 666 km genişliğe sahipken en batıdaki İnceburun ile en doğudaki Dilucu arasındaki mesafe yaklaşık, 1570 km'dir (Atalay, 2011; Akengin, 2016). Sahip olduğu boğazlar ile Akdeniz'i Karadeniz'e bağlayan, Balkanlar, Kafkasya ve Orta Doğu'yu birleştiren Türkiye, Asya ve Avrupa kırası arasında bir köprü durumundadır (Şekil 2.1). Ülkemiz, Alp-Himalaya kıvrım kuşağında bulunmasının bir sonucu olarak engebeli ve yüksek bir topoğrafyaya sahiptir. Yükselti değerleri 0 ile 5137 metre arasında değişir. Ortalama yükselti ise 1141 metredir. Türkiye, coğrafi konumu itibariyle ılıman kuşakta yer alır. Ancak, üç tarafının denizlerle çevrili olması, yükselti farklılıkları, engebelilik ve karasallık gibi jeomorfolojik özellikler nedeniyle bölgesel ve yerel ölçekte farklı iklim özelliklerine sahiptir. Türkiye, iklim ve jeomorfolojik özelliklerindeki farklılıklar nedeniyle farklı bitki formasyonlarına ve tür çeşitliliğine sahiptir.

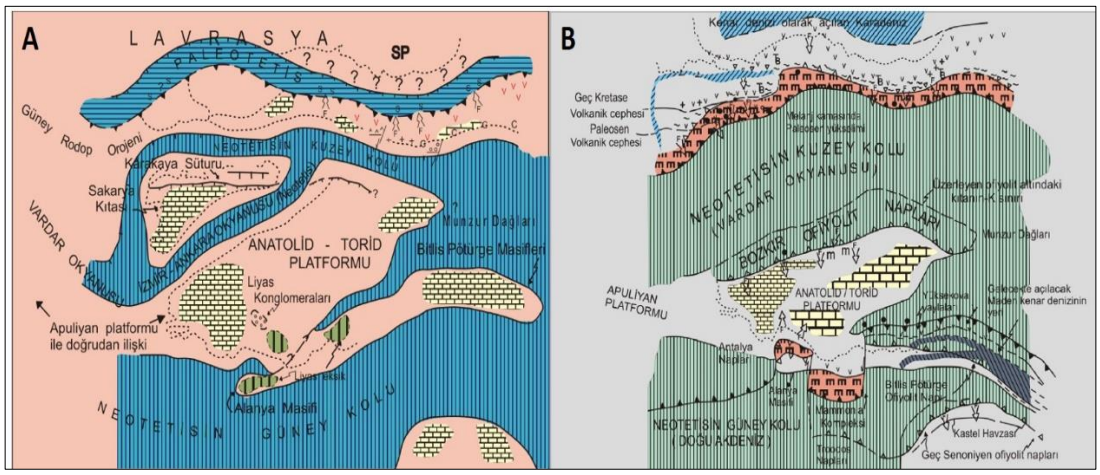


Şekil 2.1: Çalışma sahası lokasyon haritası. **Açıklama:** Siyah çizgiler aktif fayları, içinde sayı olan beyaz oklar levha hareketini (mm/yıl) göstermektedir. KAFZ, Kuzey Anadolu Fay Zonu; DAFZ, Doğu Anadolu Fay Zonu; ÖDFZ, Ölü Deniz Fay Zonu; BZS, Bitlis-Zağros Kenet Kuşağı.

2.2. Türkiye'nin Jeolojik ve Jeomorfolojik Genel Özellikleri

Günümüz Türkiye karasını oluşturan yerkabuğu parçaları, Paleozoik öncesinde oluşmaya başlamıştır. Bu dönemde, bir temel niteliğinde olan metamorfik masifler ve plütonik kütleler oluşmuştur (Ketin, 1966; Ketin, 1983). Bu kütleler, Trias ve Jura dönemlerinde Anadolu'nun büyük bir bölümünü kaplayan ve en geniş halini kazanmış olan Neotetis okyanusunun temelini oluşturmuştur. Bazı parçalar ise Neotetis üzerinde adalar halinde yükselmiştir (Şekil 2.2A). Afrika ve Avrasya levhalarının Kretase sonlarında birbirine yaklaşması ile Anadolu'nun büyük bir bölümünü hala altında barındıran Neotetis kapanmaya başlamış ve Pontidler oluşmaya başlamıştır (Ketin, 1966; Ketin, 1983). Devam eden süreçte Neotetis'in güney kolu giderek kapanırken kuzeyde ise Karadeniz oluşmaya başlamıştır. Bu dönem itibariyle Pontidler (Kuzey Anadolu Dağları), Toridler (Toroslar), Anatolidler (Orta Anadolu) ve Güneydoğu Anadolu (Kenar kıvrımları) olmak üzere Türkiye'nin dört ana tektonik kuşağının ilk özellikleri belirmiştir (Şekil 2.2B). Bu yeni beliren dağ sıraları arasındaki Neotetis ise

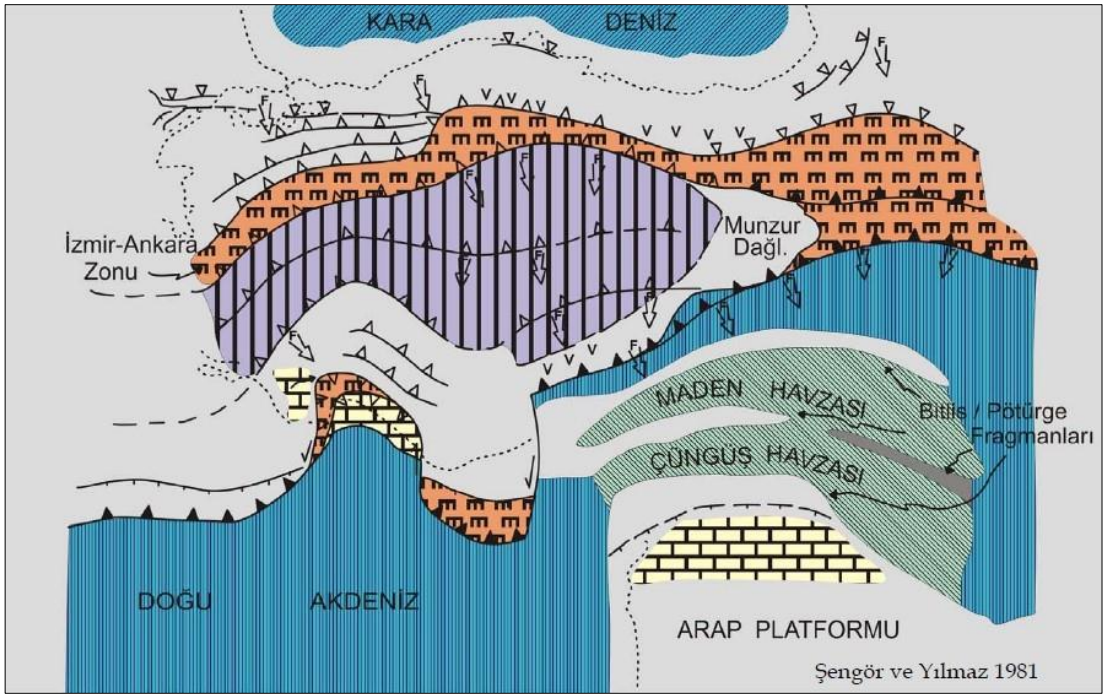
henüz çekilmemiş, oluk ve havzaları dolduran bir özellik kazanmıştır (Ketin, 1966; Şengör ve Yılmaz, 1981; Erol, 1989; Okay, 2008).



Şekil 2.2: A) Alt Jura paleotektonik haritası. **B)** Üst Kretase-Paleosen paleotektonik haritası (Şengör ve Yılmaz, 1981).

Paleosen ve Eosen'de, tektonik hareketler ile olukların arasında yükselen eski kıta parçaları üzerinde Anadolu'nun ilk aşınım yüzeyleri meydana gelmiştir. Pontidler üzerinde gelişen bu aşınım yüzeylerinin geniş bir bölümü, oluşumundan günümüze kadar geçen süreçte aşınımını sürdürmüş ve ilksel görünümünü tümüyle kaybetmiştir. Toridlerde gelişen aşınım yüzeyleri ise kendisinden daha genç formasyonlarla örtülerek fosil aşınım yüzeyleri haline gelmiştir (Erol, 1989). Eosen'de ise Pontidler ile Toridler arasındaki bölgede gerçekleşen sıkışma sonucunda Anatolid platformu (Anadolu) yükselmeye başlamıştır. Anadolu'nun orta ve batı bölümlerinin yükselmesine karşın Doğu Akdeniz suları Güneydoğu Anadolu'da Keban, Maden ve Çüngüş havzalarını doldurmuştur. Munzur, Malatya-Bitlis masifleri ise bu deniz üzerinde dar ve uzun adalar halinde kalmıştır (Şekil 2.3). Üst Eosen-Erken Miosen'de Anadolu plakası iyice belirginleşmiştir. Güneydoğu Anadolu'da Maden havzası kapanırken Çüngüş havzası iyice gelişmiştir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Erol, 1989). Bu dönemde, Torosların doruk bölümleri ile Ege Bölgesi ve İç Batı Anadolu eşiğinin yükselmesine karşın Trakya, İç Anadolu doğusu ve Erzurum-Kars dolaylarında evaporitik havzalar meydana gelmiştir. Bu havzalar, Alt Miosen sonlarına doğru karasal tortullarla dolmuş ve tektonik hareketlerle yükselerek gölsel havzalara dönüşmüşlerdir. Alt Miosen başlarında Anatolid kuşağının batı ve güneybatı kesimi

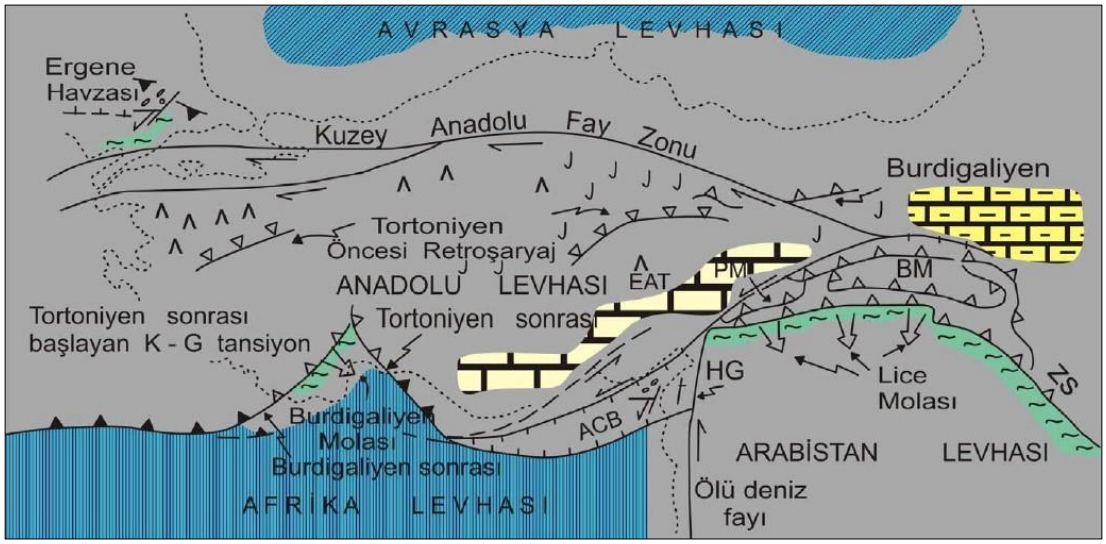
yüksek aşınım alanları, kuzeydoğu ve doğusu alçak denizel-lagüner birikim alanları halinde iken Alt Miosen sonlarında gelindiğinde kuzeydeki Pontidler ile güneyde Toros Dağlarının ilk beliren bölümleri arasında gölsel alanlar gelişmiş ve volkanizma etkin hale gelmiştir. Orta Miosen'de batı, orta ve doğu Toroslar ile Doğu ve Güneydoğu Anadolu büyük ölçüde denizlerle kaplıdır. Bey Dağları bu deniz üzerinde adalar halinde, Amanoslar ve Bitlis Masifi ise ada dizileri halinde bulunmaktaydı. Bu dönemde genel görünüm fazla değişmemiş olup tektonik bindirme ve havza oluşumu Toros Dağlarının güney kenarında yoğunlaşmış ve Antalya, Adana, Çüngüş havzaları belirmiştir (Erol, 1989). Üst Miosen süresinde, Çüngüş havzası tümüyle kapanmış, Bitlis kenet kuşağı boyunca Arabistan plakası ile Avrasya plakası çarpışmaya başlamıştır (Şekil 2.4). Bu kıta kıta çarpışması olayı Paleotektonik dönemin sona ermesine ve yeni bir tektonik dönemin (Neotektonik dönem) başlamasına neden olmuştur (Şengör ve Yılmaz, 1981; Erol, 1989; Erinç, 1993; Okay, 2008).



Şekil 2.3: Alt-Orta Eosen paleotektonik haritası (Şengör ve Yılmaz, 1981).

Yeni tektonik dönemde Anadolu plakasındaki kuzey-güney yönlü sıkışma büyük ölçüde gelişim göstermiş ve Anadolu plakası bir bütünlük kazanmıştır. Bu dönemde sıkışan Anadolu plakası batıya kayarken kırılmış, Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu transform fay zonları oluşmaya başlamıştır. Anadolu plakasının iç

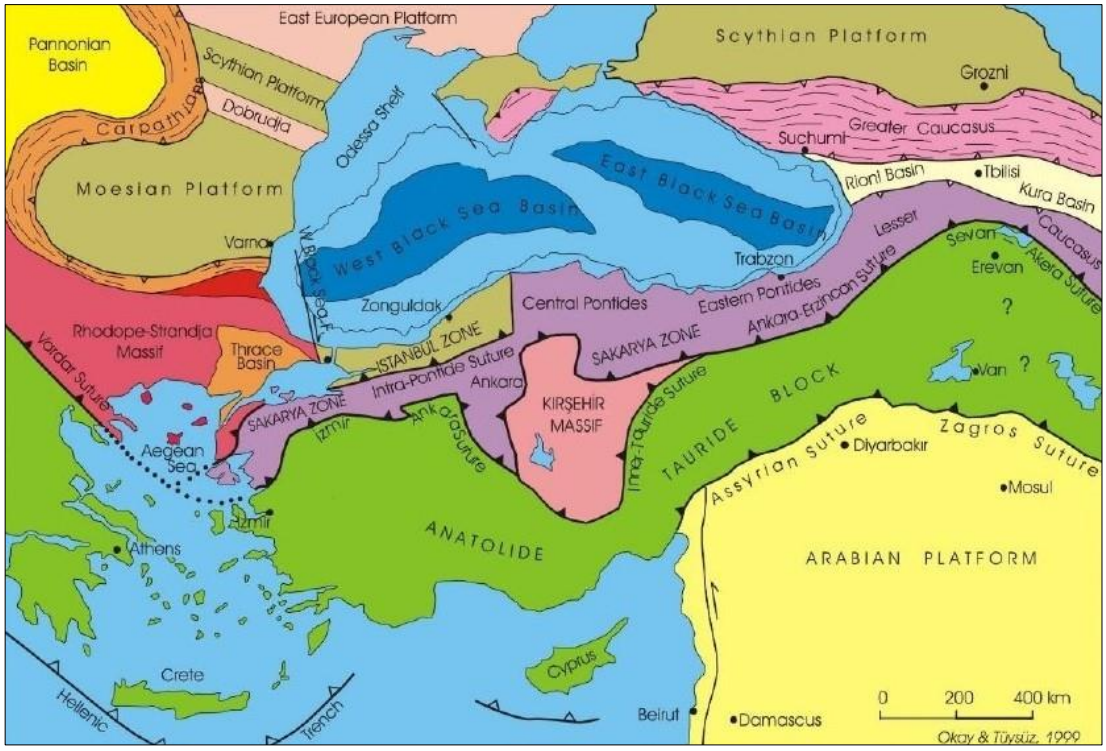
kesimlerinde transform fayların neden olduğu yanal kaymalara bağlı olarak Doğu ve İç Anadolu'da volkanik etkinlik gelişim göstermiştir. Ayrıca sıkışma sonucu dar ve uzun havzalar ile bu havzaların arasında plato-dağ blokları yükselmiştir. Anadolu plakasının doğusundaki bu sıkışma ile batıya kayan Anadolu plakasının Ege ve Batı Anadolu kesimlerinde yerkabuğu genişleyip incelmiş ve sonucunda Batı Anadolu'nun horst-graben sistemleri ile Ege Denizi çöküntüsü ve volkanizmasının oluşumu başlamıştır. Pliyosen başlarında Akdeniz'de yeni bir transgresyon başlamış, Antalya körfezi, Çukurova, Hatay ve Güneydoğu Anadolu kenar oluğuna deniz ilerlemiştir. Ege ve Marmara ise henüz kara halindedir. Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) fayları artan bir oranda etkinliğini sürdürmüş ve dağ blokları yükselme devam etmiştir. Bu yükselmeye bağlı olarak etkinliğini arttıran akarsular, havzaların dolmasında önemli rol oynamıştır. Böylece Pliyosen sonlarına gelindiğinde birbirinden bağımsız olan havzalar tortullarla dolmuş ya da kapmalar sonucu birbirlerine bağlanmış ve günümüz akarsu ağının ana hatları belirmiştir (Erol, 1983; Erol, 1989).



Şekil 2.4: Orta Miosen-Pliyosen paleotektonik haritası (Şengör ve Yılmaz, 1981).

Pleistosen'de Ege çökmüş, Akdeniz ise Üst Pleistosen'e kadar önce Ege'yi sonra da Marmara ve boğazlarla Karadeniz'i doldurmuştur. Batı Anadolu'da doğu batı doğrultusunda horst graben sistemi iyice gelişmiştir. İç Anadolu, ortama yüksekliği 1000 metre olan plato karakteri kazanmıştır. Sıkışma rejiminin bir sonucu olarak Doğu

Anadolu'daki yükselmeler ve volkanik etkinlik, ortalama yüksekliği 1500 metreyi bulan lav platolarını meydana getirmiştir. Orojenik kuşaklar ve bloklar arasındaki farklı göreli hareketler, volkanik etkinliği arttırmıştır. Buna bağlı olarak Ege'de Kula, İç Anadolu'da Karadağ, Hasan ve Erciyes, Doğu Anadolu'da Nemrut, Süphan, Tendürek ve Ağrı, Güneydoğu Anadolu'da ise Karacadağ volkanizması oluşmuştur. İç Anadolu ve Doğu Anadolu'da Alt Pleistosen'de gelişmeye başlamış olan plüviyal göller ve bu göllere ait taraça sistemleri, Üst Pleistosen'de daha belirgin bir görünüm kazanmıştır. Anadolu'nun jeomorfolojik gelişiminde Pleistosen süresinde oluşan buzul dönemleri de etkin rol oynamıştır. Özellikle Doğu Karadeniz Dağları ve Toroslar ile volkanik dağların yüksek kesimleri buzullar tarafından şekillendirilmiştir. Yaklaşık olarak son 10000 yıllık evreyi kapsayan Holosen'de ise deniz seviyesi yükselmelerine bağlı olarak gerçekleşen pozitif östatik hareketler ile taban seviyesinde değişiklikler meydana gelmiştir. Bunun sonucu olarak akarsular aşınım ve birikim faaliyetlerini mevcut koşullara göre düzenlemiş ve Anadolu kıyıları yeniden şekillenmiştir (Erol, 1983; Erol, 1989; Erinç, 1993).



Şekil 2.5: Türkiye ve çevresinin tektonik haritası (Okay ve Tüysüz, 1999).

Paleozik'ten Oligosen sonlarına kadar devam eden Paleotektonik dönem boyunca gerçekleşmiş Hersiniyen, Kimmerid ve Alpid orojenik evreleri ile oluşan kara kütleleri, Orta Miosen'de Neotektonik dönem ile başlayan yükselme, sıkışma ve gerilme gibi hareketler ile deformasyona uğramış ve Türkiye günümüzdeki görünümünü kazanmıştır (Şekil 2.5). Jeolojik tarih boyunca etkili olan farklı tektonik rejimlere ve değişen iklim koşullarına bağlı olarak kökeni ve gelişimi itibariyle birbirlerinden farklı yer şekilleri meydana gelmiştir.

2.2.1. Tektonik Özellikler

Türkiye'nin tektonik gelişimi, jeoloji tarihi boyunca paleotektonik ve neotektonik olarak iki dönem altında incelenir (Şengör ve Yılmaz, 1981). Türkiye, jeolojik tarihi boyunca okyanusların gelişimi ve kapanışı, kıtaların birbirlerine göre uzaklaşmaları, yaklaşmaları ve çarpışmaları sonucunda gelişmiş olan farklı tektonik birliklerin bir araya gelmiş olduğu bir bölgede yer almaktadır. Paleotektonik dönem, Tetis'in açıldığı, genişlediği, daraldığı ve sınırlandığı kıtaların çarpıştığı bir dönemdir. Diğer bir deyişle, Türkiye karasının oluştuğu dönemdir. Neotektonik dönem ise bu kütlelerin deformasyona uğradığı dönemdir (Ketin, 1966; Şengör, 1980; Şengör ve Yılmaz, 1981; Erol, 1983).

Güneydoğu'da Orta Miosen esnasında Çüngüş havzasının da kapanmasıyla (Şengör ve Yılmaz, 1981) Arabistan ve Avrasya levhası çarpışması başlamış ve bu çarpışma sonucu oluşan Anadolu bloğunun batıya kaçmaya başlaması ile parçalanmaya başlayan Türkiye orojenik yapısı Paleotektonik evrimini tamamlayarak Arabistan-Avrasya çarpışmasının dikte ettiği Neotektonik döneme girmiştir (Şengör, 1980). Orta Miosen'deki bu çarpışma, Doğu Anadolu ve Batı İran'ın yer aldığı bölgede Avrasya ile Arap levhası arasındaki son okyanus litosferin kaybolması ile sonuçlanmıştır. Bununla birlikte normal kalınlıktaki kıtasal litosfer, okyanusal litosfer gibi rahatlıkla dalamayacağından Arap levhasının Avrasya levhası ile yakınlaşması Türk-İran platosu sınırları içerisinde kıta kabuğunun yamulması ile karşılanmaya başlamıştır. Çarpışma cephesinin (Bitlis-Zağros) ard ülkesindeki kıta kabuğu, yaklaşmayı kısalıp kalınlaşarak karşılamıştır. Ancak, gittikçe artan kabuk kalınlığı ve buna paralel olarak yükselen litostatik basınç bu tür yamulmayı gittikçe zorlaştırmıştır.

Bunun sonucunda Orta ve Batı Anadolu'yu kapsayan Anadolu levhası, meydana gelen Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu fay zonları boyunca Doğu Anadolu sıkışma bölgesinden batıya kolaylıkla dalabilen Doğu Akdeniz litosferinin üzerine itilmeye başlamıştır. Doğu Anadolu hızla sıkışıp yükselirken Anadolu levhası da oluşarak Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu fay zonları boyunca batıya kaçmaya başlamıştır. Ancak Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Zante ile Soros arasında güneybatı yönüne dönerek, Yunan makaslama zonunu oluşturması Anadolu levhasının batıya hareketine engel oluşturmuştur. Bu engel, Ege'de doğu-batı yönlü bir sıkışma yaratmış, bu sıkışma da kuzey-güney yönlü bir gerilme ile karşılanarak buradaki Ege-Anadolu graben sistemini oluşturmuştur (Şengör, 1980; Bozkurt, 2001).

Şengör'e (1980) göre, Türkiye'nin neotektonik dönemini şekillendiren beş ana yapı vardır: Helen (Ege)-Kıbrıs yayı, Kuzey Anadolu Fay Zonu, Doğu Anadolu Fay Zonu, Bitlis-Zağros Kenet Kuşağı ve Ölü Deniz Fay Zonu (Şekil 2.6).

Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) yaklaşık olarak 1500 km uzunluğunda, Doğu Anadolu'dan Yunanistan'a kadar geniş yay şeklinde uzanan sağ yönlü doğrultu atımlı bir fay zonudur. Zonun genişliği birkaç 100 metre ile 40 kilometre arasında değişmektedir. Bu fay, kuzeydeki Avrasya ve güneydeki Anadolu levhası arasındaki sınırın bir bölümünü oluşturan transform fay özelliğine sahiptir. Karadeniz kıyılarına paralel olarak doğuda Karlıova'dan başlar, batıda Saroz körfezine kadar uzanır ve Doğu Anadolu sıkışma bölgesini Ege-Kıbrıs yayına bağlar. Birçok doğrultu atımlı fay gibi KAFZ, 1000-1500 kilometre uzunluğu boyunca morfolojik olarak iyi gelişmiş yüzey yapılarına sahiptir. Fay boyunca zona paralel, yarı paralel; faylar, saç örgüsü geometrisi, çek-ayır havzaları, çökme gölleri, basınç sırtları, ötelenmiş dereler vb. gibi yapılar izlenir (Barka, 1996; Bozkurt, 2001).

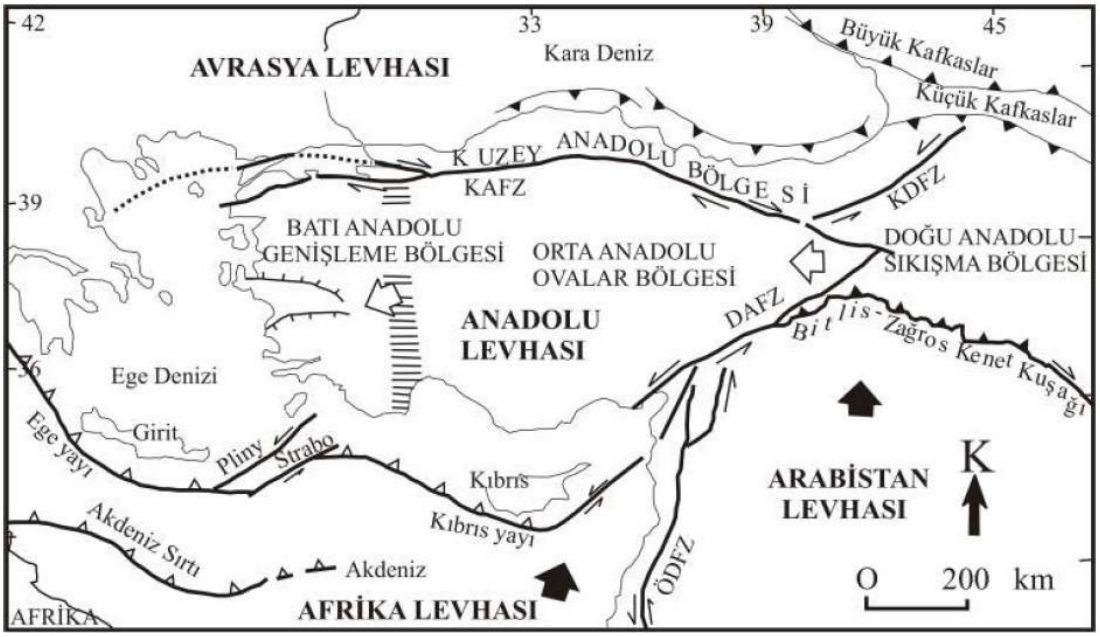
Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) 550 km uzunluğunda kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda uzanan sol yönlü doğrultu atımlı fay zonudur. DAFZ bu ana gidişe paralel, yarı paralel ve oblik olarak yönlenmiş bir dizi faydan oluşur (Şengör vd., 1985; Dewey vd., 1986; Westaway, 1994; Bozkurt, 2001). DAFZ'nun sol yönlü hareketi, KAFZ'nun sağ yönlü hareketi ile Anadolu levhasının batıya kaçışını sağlamaktadır (Bozkurt, 2001). DAFZ, kuzeybatıdaki Karlıova'dan güneybatıdaki Kahramanmaraş'a

uzanır ve burada Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Ölü Deniz Fay Zonu ile üçlü kavşak oluşturur (Mc Kenzie, 1970; Şengör vd., 1985; Westaway ve Arger, 1996).

Orta Miyosen ve Erken Geç Miosen sürecinde Arabistan ve Avrasya levhaları Bitlis-Zağros Kenet Kuşağı boyunca çarpışmıştır (Şengör ve Yılmaz, 1981). Bu çarpışma sonucu kenet boyunca dağ kuşakları yükselmiş ve sığ denizel ortam molas havzalarına dönüşmüştür. Bitlis kenet zonu, kıta-kıta ve kıta-okyanusal litosfer yakınsamasının karmaşık bir yapısıdır. Arap platformunun kıvrımlı bindirmeli kuşağının kuzeyinde yer alır. Türkiye'nin güneydoğusundan İran'daki Zağros dağlarına kadar uzanır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Yılmaz vd., 1993; Şengör, 1979; Hempton, 1985).

Kıbrıs Yayı, Doğu Akdeniz'de, güneyde Afrika levhası ile kuzeydeki Anadolu levhası arasındaki yakınsamayı temsil eden bir sınırdır (Mc Kenzie, 1970; Mc Kenzie, 1972). Kıbrıs'ın batısında Doğu Akdeniz okyanusal litosferinin kuzeydoğuya doğru daldığı ve Helen (Ege) yayının devamı niteliğindedir (Dewey ve Şengör, 1979; Oral vd., 1995; Şengör, 1979). Doğu Akdeniz'deki Afrika ve Anadolu levhaları arasındaki yakınsama, Kıbrıs yayının batısındaki Helen (Ege) yayı tarafından temsil edilir (Mc Kenzie, 1978; Mart ve Woodside, 1994). Helen yay sistemi Ege Bölgesi'nin jeodinamik evriminde önemli bir rol oynamaktadır. Helen yayı boyunca hendeğin yapısı farklılıklar taşır. Yayın batı kesimi Ionian hendeği tarafından temsil edilirken doğu kesimi daha çok bir transform fay şeklinde davranır (Le Pichon ve Angelier, 1979; Bozkurt, 2001).

Ölü Deniz Fay Zonu (ÖDFZ), 1000 km uzunluğunda kuzey-güney doğrultusunda uzanan sol yönlü doğrultu atımlı bir fay zonudur. Çek ayır havzaları, sol yönlü olarak kademelenmiştir (Quennell, 1958; Joffe ve Garfunkel, 1987; Freund vd., 1968). Fay zonu boyunca 1000 metreye varan bölgesel yükselmeler bulunur (Garfunkel ve Ben, 1996). ÖDFZ, Kızıldeniz'den DAFZ'na kadar uzanır. Levha tektoniği açısından ÖDFZ, Kızıldeniz'deki uzaklaşan levha sınırını Türkiye'nin güneyindeki Alp-Himalaya orojenik kuşağındaki yaklaşan levha sınırına birleştirir (Hempton, 1987). ÖDFZ, Afrika ve Arap levhalarını birbirinden ayıran transform fay özelliğindedir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Dewey vd., 1986).



Şekil 2.6: Türkiye'nin Neotektonik dönemini şekillendiren ana yapılar ve bölgeler (Şengör, 1980).

Şengör'e (1980) göre, Türkiye'nin neotektonik dönemini şekillendiren ana yapıların belirlediği üç ana neotektonik bölge bulunmaktadır: Doğu Anadolu sıkışma bölgesi, Ege graben sistemi ve Orta Anadolu Ovalar bölgesi (Şekil 2.6).

Doğu Anadolu sıkışma bölgesi, Karlıova üçlü kavşağının doğusunda kalan, kuzey-güney yönlü sıkışmalı tektonik rejimin etkisi altında gelişen bölgedir. Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fay zonlarına paralel olarak kesişen sol yönlü ve sağ yönlü faylar bu bölgenin en karakteristik yapılarıdır. Kesişen doğrultu atımlı fayların egemen bulunduğu bu bölgede doğu-batı doğrultulu sıkışma kökenli havzalar en önemli yapılardandır. Farklı yönlerde gelişen sıkışma ve bu sıkışmalara bağlı olarak gelişen açılma çatlakları sonucu oluşa genç volkanizma bölgenin diğer yapıları arasındadır. (Bozkurt, 2001).

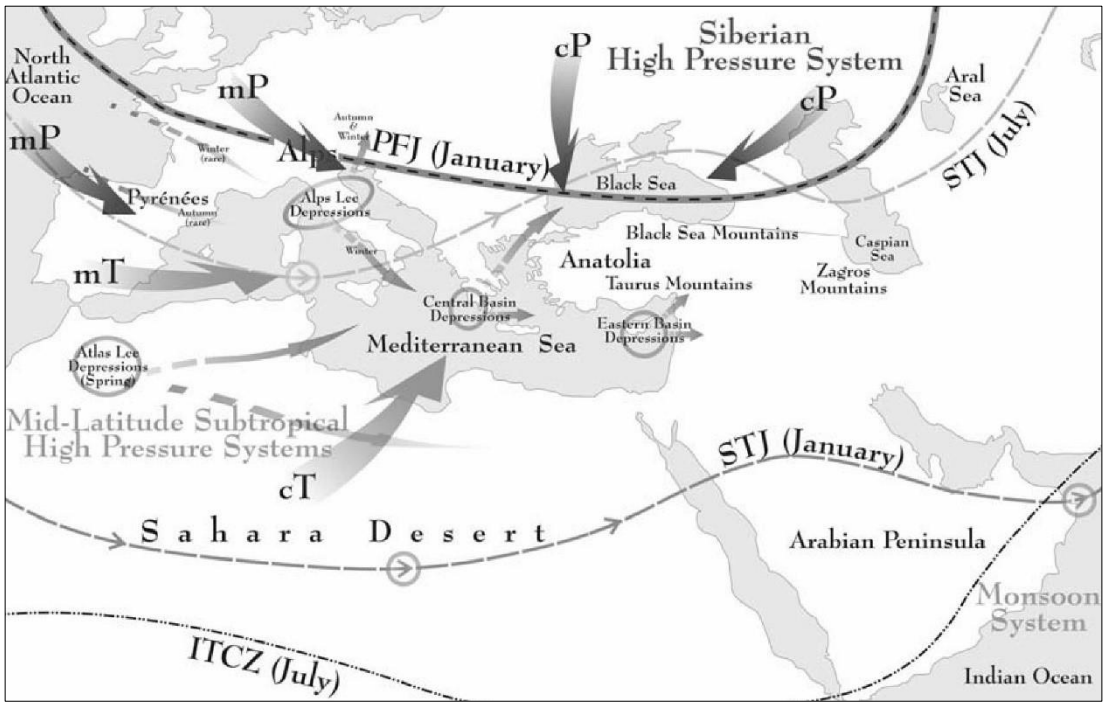
KAFZ, Ganos bölgesinden itibaren güneybatıya dönmekte ve Saros körfezinin hemen batısında ise fay güneybatı-kuzeydoğu Yunan makaslama zonuna geçmektedir. Yanal atımlı sistemin önüne çıkan bu engel Batı Anadolu'da doğu-batı yönlü bir sıkıştırmaya neden olmuştur. Bu sıkışma, doğu-batı doğrultulu normal faylarla kuzey-güney yönünde genişlemelerle sonuçlanmıştır. Diğer bir deyişle doğu-batı yönlü sıkışma-kuzey-güney yönlü genişleme ile karşılanmıştır (Dewey ve Şengör, 1979).

Ege graben sistemi, Doğu Anadolu sıkışma bölgesi gibi Avrasya-Arabistan çarpışmasının bir ürünüdür ve hareketin buradan KAFZ ile batıya transfer edilmesi sonucu oluşmuştur (Şengör, 1980). Batı Anadolu sismik olarak oldukça aktif bir bölgedir ve hızla genişlemeye uğramaktadır. Kuzey-güney yönlü genişleme oranı yılda 30-40 mm civarındadır (Oral vd., 1995; Le Pichon vd., 1995).

Orta Anadolu ovalar bölgesi, Doğu Anadolu sıkışma bölgesinin batısı ile Batı Anadolu'daki genişleme bölgesinin doğusunda kalan bir geçiş bölgesi niteliğindedir. KAFZ ile Toroslar arasında kalan bölgenin en büyük yapıları Konya, Tuz Gölü, Akşehir ve Niğde ovalardır. Şengör (1980), Orta Anadolu'yu denetleyen aktif neotektonik rejimi ova rejimi olarak tanımlanmıştır. Ova kenarları ikiden çok verev atımlı faylarla sınırlı havzaları temsil eder. Bu ovalar, batıya doğru dereceli olarak Ege graben sistemine geçiş gösterirken kuzeyde KAFZ, doğu ve güneydoğuda DAFZ, güneyde ise Adana-Kilikya havzasının kuzey omzunu oluşturan Orta Toroslar ile sınırlanır (Şengör, 1980).

2.3. İklim

Türkiye, subtropikal kuşakta kıtaların batı bölümünde oluşan Akdeniz makroklima iklim bölgesinde yer alır (Erinç, 1984; Türkeş, 2000). Ancak ülkemiz, kıyı ile iç kesimleri ve doğu ile batı bölgeleri arasında farklı klimatik özelliklere sahiptir. Özellikle batı ve güney kıyı bölgelerinde subtropikal iklim özellikleri görülürken iç kesimlerde ise karasal iklim özellikleri görülür (Atalay, 1997; Turoğlu, 2015, Sensoy vd., 2008). İklim özelliklerindeki bu değişiklik, ülkemizin yıl boyunca polar ve tropikal kuşaklardan kaynaklanan çeşitli basınç sistemleri ve hava kütlelerinin etki alanına giren bir geçiş bölgesi üzerinde yer almasıyla ilişkilidir (Türkeş, 2000). Bununla birlikte; yükselti, engebelilik, denizellik ve karasallık gibi jeomorfolojik özellikler farklı iklim bölgelerinin oluşmasına neden olmuştur (Turoğlu, 2015).



Şekil 2.7: Türkiye'yi etkileyen hava kütleleri (Akçar ve Schlüchter, 2005).

Türkiye sahip olduğu matematiksel konumunun bir sonucu olarak kış mevsiminde, Kuzey Atlantik üzerinden gelen soğuk ve nemli iklim koşulları ile etkili olan Denizel Polar (mP) hava kütlelerinin ve Sibirya üzerinden gelen soğuk ve kuru iklim koşulları ile etkili olan Karasal Polar (cP) hava kütlelerinin etkisi altındadır (Şekil 2.7). Kış mevsiminde Akdeniz'in çevresine göre alçak basınç haline dönüşmesi, Azor yüksek basınç merkezinin güneye kayması ve buna karşılık kuzeyde basıncın termik sebeplerle yükselmesi Akdeniz havzasını bir konverjans sahasına dönüştürür. Türkiye üzerine kuzeyden sokulan Denizel Polar (mP) ve Karasal Polar (cP) hava kütlelerinin, Akdeniz havzası üzerinde güneyde yer alan Denizel Tropikal (mT) ve Karasal Tropikal (cT) hava kütleleri ile karşılaşması siklonik hava şartlarına, frontal yağışlara ve birbirini takip eden sıcak ve soğuk devrelerin oluşmasına neden olur. Bu gezici siklonların etkisi özellikle kıyı bölgelerinde oldukça etkilidir. Yaz mevsiminde ise polar hava kütleleri kuzeye çekilirken, sıcak ve nemli iklim koşulları ile etkili olan Denizel Tropikal (mT) hava kütleleri ve sıcak ve kuru iklim koşulları ile etkili olan Karasal Tropikal (cT) hava kütleleri kuzeye sokulur ve ülkemizi etkisi altına alır (Şekil 2.7). Yaz mevsiminde etkili olan bu hava kütlelerinin karakterleri ve genel sirkülasyon şartları yağış bakımından elverişli uygun bir ortam oluşturmamaktadır. Dolayısıyla

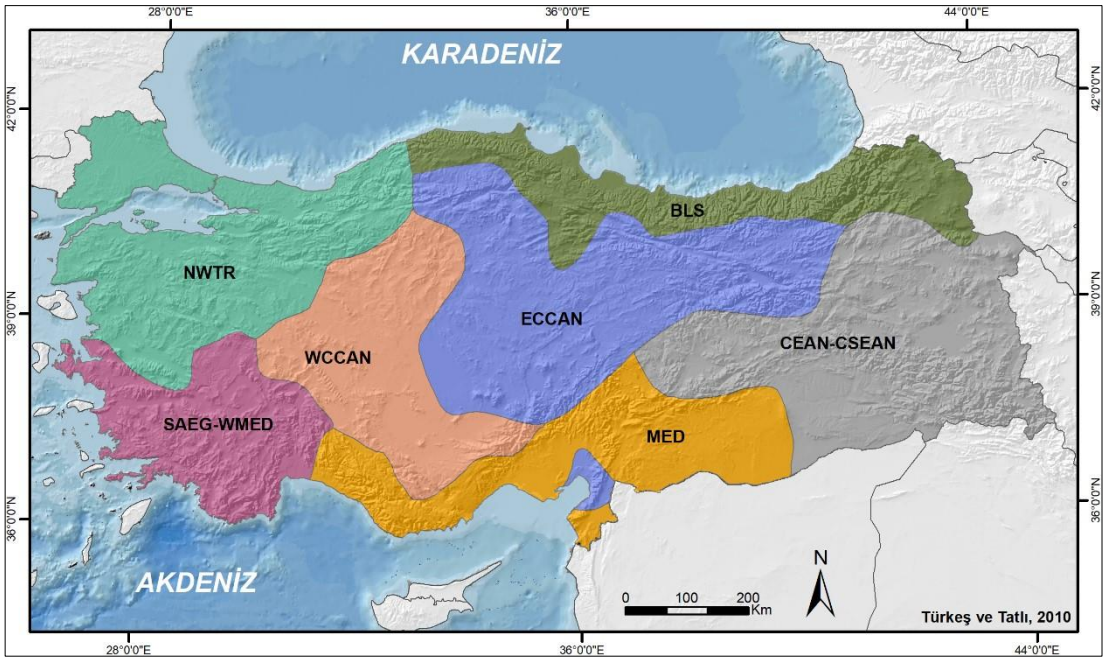
frontoliz şartlarının hâkim olduğu bu dönem boyunca yüksek sıcaklık, az yağış ve genellikle açık hava şartları egemen olur (Erinç, 1984; Fairbridge vd., 1997; Akçar ve Schlüchter, 2005, Erol, 1988). Bu hava kütlelerinin etkili oldukları dönemler ile bölgesel ve yerel faktörlerin değişmesine bağlı olarak iklim özelliklerinde mevsimlik farklılıklar gerçekleşmektedir (Türkeş, 2010).

Dünyadaki farklı iklim tiplerini belirlemek amacıyla birçok farklı yöntem kullanılarak iklim sınıflandırmaları yapılmıştır. Köppen-Geiger iklim sınıflandırması dünyada en yaygın olarak kullanılan iklim sınıflandırmalarından biridir. Köppen'in iklim sınıflandırmasına göre iklim tipleri aylık ve yıllık sıcaklıklar, yıllık yağış miktarı, yağışın yıl içindeki dağılımı ve yağış ile sıcaklığın doğal bitki örtüsü ile olan ilişkisine göre belirlenir. İlk harfler ana iklim tiplerini (A, B, C, D, E), alt tip olan ikinci harfler (S, W, s, w, f) yağış özelliğini, üçüncü harfler (h, k, a, b, c, d) ise sıcaklık özelliklerini temsil eder (Türkeş, 2010; Erlat, 2014; MGM, 2017; Zeynel vd., 2017). Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre, en geniş alana kışları ılıman orta enlem iklimi (C) sahip iken en az alana kurak iklim (B) tipi sahiptir. B iklim tipi en fazla İç Anadolu Bölgesi'nde, C iklim tipi kıyı bölgelerinde ve D iklim tipi ise (Karasal) Orta Toroslar ve İç Anadolu'nun yüksek kesimleri ile Doğu Anadolu'nun tamamına yakınında yayılış gösterir (Zeynel vd., 2017). Yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri de Thornthwaite iklim sınıflandırmasıdır. Thornthwaite'in iklim sınıflandırması, yağış-buharlaşma ve sıcaklık-buharlaşma arasındaki ilişkiye dayanır. Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre Karadeniz kıyıları ile Batı Akdeniz nemli iklim sınıfına, İç Anadolu, Güneydoğu Anadolu, Iğdır ve Trakya çevresi yarı kurak iklim sınıfına girmektedir. Geri kalan diğer bölgelerin ise yarı kurak-az nemli ve yarı nemli iklim sınıfında olduğu görülmektedir (MGM, 2017; Yılmaz ve Çiçek, 2016). İklim sınıflandırması için kullanılan başka bir yöntem de Erinç iklim sınıflandırmasıdır. Yağış ve buharlaşmanın neden olduğu su kaybına yol açan yıllık ortalama maksimum sıcaklık dikkate alınarak iklim tipleri ayırt edilmiştir. Erinç yönteminde evapotranspirasyonun neden olduğu kuraklık ve yağış ilişkisi formülüze edilerek bir indeks bulunur. Bu indeks değerlerine göre iklim tipi belirlenir. Erinç indeksine göre Karadeniz Bölgesi'nin kıyı kesimleri, Marmara Bölgesi'nin doğusu ve Batı Akdeniz nemli iklim sınıfına girmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin güney kesimi ile

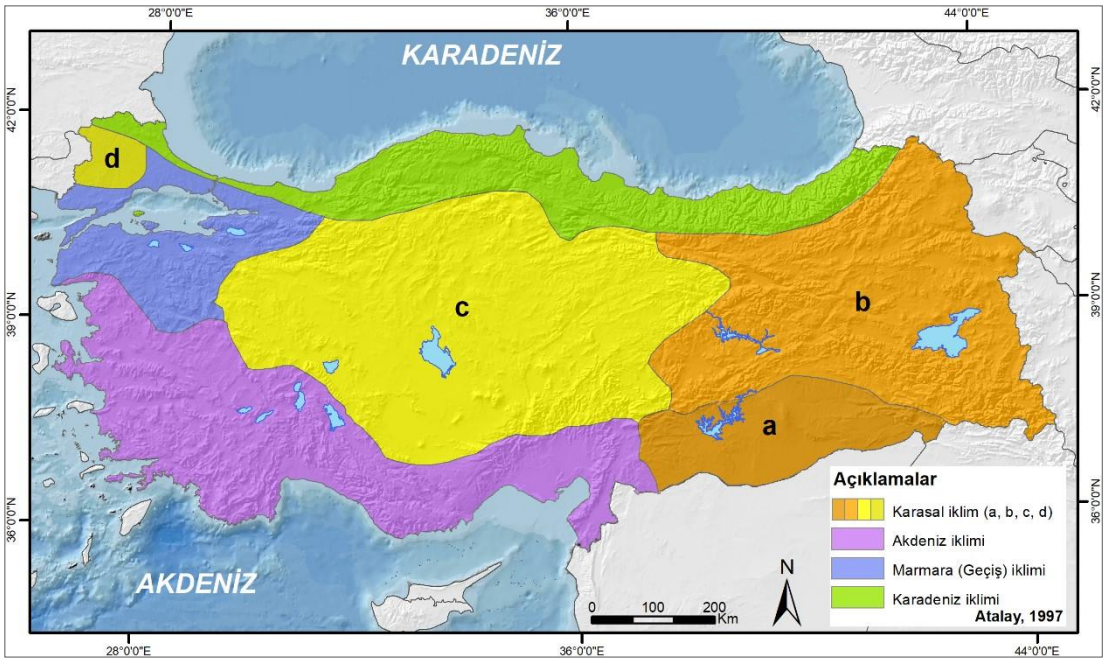
Iğdır dolayları kurak iklim sınıfındadır. İç Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgesi'nin büyük bir bölümü yarı kurak iklim sınıfında olduğu görülmektedir. Diğer bölgeler ise yarı nemli iklim sınıfındadır (MGM, 2017).

Türkeş ve Tatlı (2010), benzerlik matrisine dayalı kümelenme tekniği kullanarak Türkiye'nin yağış bölgelerini belirlemişlerdir. Yıllık yağış toplamları kullanılarak yapılan analiz ile Türkiye, Karadeniz, Kuzeybatı Türkiye, Güney Ege ve Batı Akdeniz, Akdeniz, İç Batı Anadolu ve İç Doğu Anadolu ile Doğu ve Güneydoğu Anadolu olmak üzere yedi farklı yağış bölgesine ayrılmıştır (Şekil 2.8).

Atalay'a (1997) göre, Türkiye'de Karasal iklim, Akdeniz iklimi, Marmara (Geçiş) iklimi ve Karadeniz iklimi olmak üzere genel anlamda dört farklı ana iklim tipi ayırt edilir. Karasal iklim ise dört alt tipe ayrılır (Şekil 2.9).

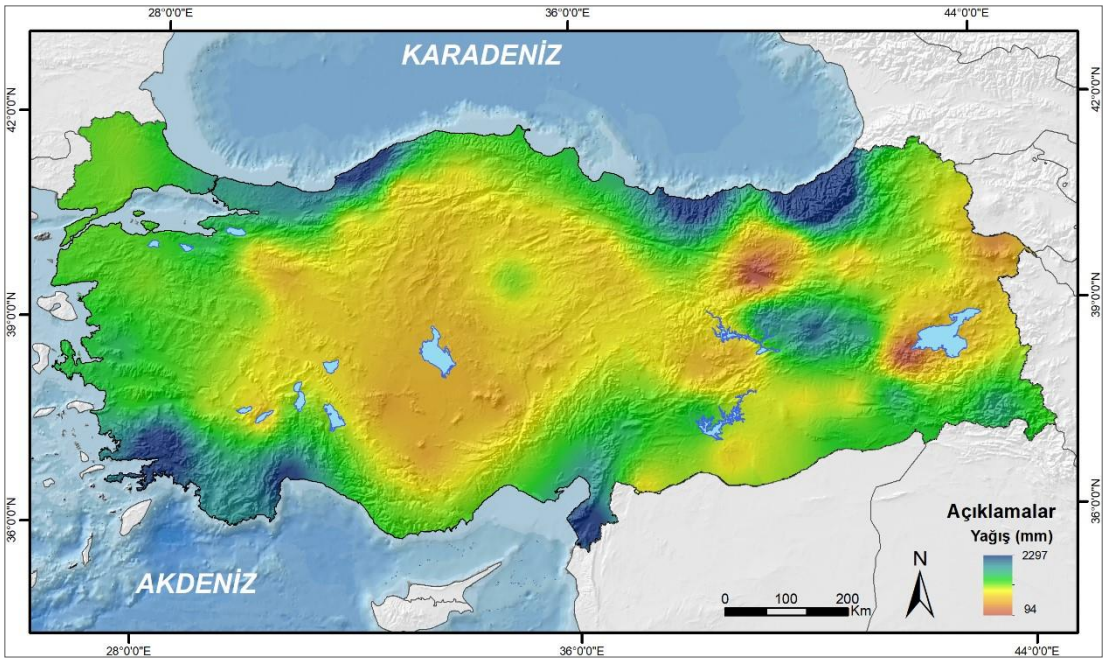


Şekil 2.8: Türkiye'nin yağış bölgeleri. **Açıklama: BLS:** Karadeniz; **NWTR:** Kuzeybatı Türkiye; **SAEG-WMED:** Güney Ege ve Batı Akdeniz; **MED:** Akdeniz; **WCCAN:** İç Batı Anadolu; **ECCAN:** İç Doğu Anadolu ve **CEAN-CSEAN:** Doğu ve Güneydoğu Anadolu (Türkeş ve Tatlı, 2010'dan yeniden düzenlenmiştir).



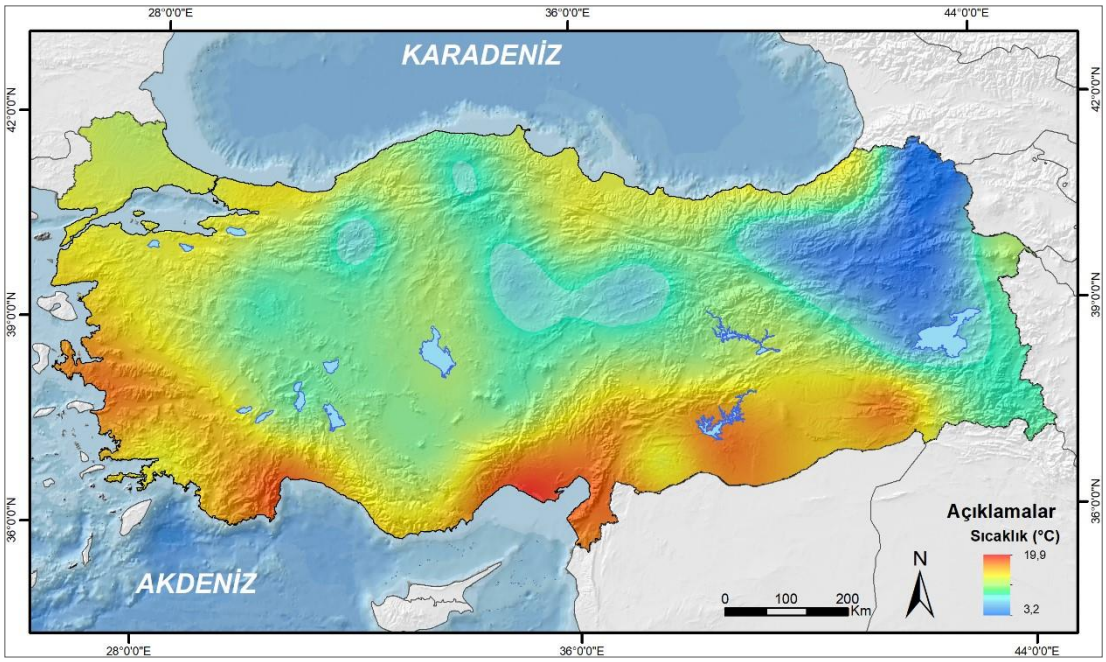
Şekil 2.9: Türkiye iklim bölgeleri (Atalay, 1997'den yeniden düzenlenmiştir).
Açıklama: a: Güneydoğu Anadolu karasal iklimi, **b:** Doğu Anadolu karasal iklimi, **c:** İç Anadolu karasal iklimi, **d:** Trakya karasal iklimi.

Akdeniz iklimi, Ege Bölgesi'nin büyük bir bölümü ile Anadolu platosunun batı bölümünde ve Akdeniz Bölgesi'nin kıyı bölümünde etkilidir. Ülkemizin bu bölgelerinde kışlar serin ve yağışlı, yazlar sıcak ve kurak geçmektedir. Ortalama sıcaklık değerleri kış mevsiminde 9 ^{o}C, yaz ise mevsiminde 29 ^{o}C olup ortalama yıllık toplam yağış 580 ile 1300 mm arasında değişmektedir. Karadeniz iklimi, Karadeniz Bölgesi'nin kıyı ve kuzey kesimleri ile Marmara Bölgesi'nin kuzey kıyılarında etkilidir. Özellikle kıyı bölümlerinin daha fazla yağış aldığı bu bölgede ortalama yıllık toplam yağış 842.6 mm'dir. Bölgenin doğu bölümü yıllık 2200 mm yağış ortalaması ile ülkenin yıl boyu yağış alan tek yeridir. Ortalama sıcaklık değerleri yaz aylarında 23 °C, kış aylarında 7 °C'dir. Marmara (Geçiş) iklimi, Ege'nin kuzeyi de dâhil olmak üzere Marmara Bölgesi'nin güney kesiminde etkilidir. Kış mevsimi Akdeniz ikliminden daha soğuk, yaz mevsimi ise Karadeniz ikliminden daha az yağışlıdır. Bu özellikleri ile Marmara ikimi, Akdeniz ve Karadeniz iklimleri arasında bir geçiş özelliği gösterir. Ortalama sıcaklık değerleri kış aylarında 4 °C yaz aylarında ise 27 °C'dir. Ortalama yıllık toplam yağış 595.2 mm olup daha çok kış mevsiminde gerçekleşmektedir (Atalay, 1997; Sensoy vd., 2008).



Şekil 2.10: Türkiye yıllık ortalama toplam yağış dağılım haritası.

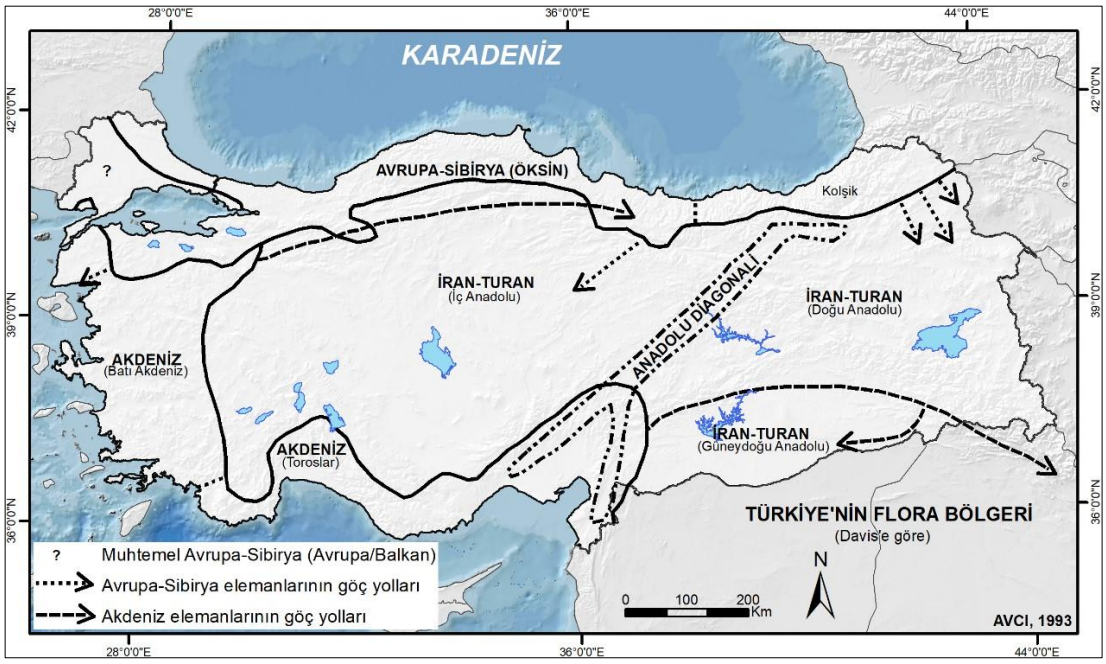
Ülkemizin deniz etkisinden uzak iç bölgelerinde karasal iklim özellikleri görülür. Yağış ve sıcaklık özelliklerine bağlı olarak karasal iklim tipi, Doğu Anadolu, Güneydoğu Anadolu ve İç Anadolu bölgeleri ile Trakya olmak üzere dört alt tipe ayrılır (Atalay, 1997; Sensoy, 2008). Doğu Anadolu karasal ikliminde uzun ve soğuk bir kış mevsimi yaşanmakta olup yazlar ise serin geçmektedir. Kış aylarında ortalama sıcaklık -13 °C, yaz aylarında 17 °C'dir. Ortalama yıllık toplam yağış 579.4 mm olup daha çok kış ve ilkbahar mevsimde görülür. Güneydoğu Anadolu karasal ikliminde yaz mevsimi oldukça sıcak, kış mevsimi nadiren soğuk geçer. Yıllık ortalama sıcaklık 16.4 °C'dir. Ortalama yıllık toplam yağış ise 565.7 mm'dir. Yağışların çoğu kış ve ilkbahar mevsiminde olup yaz mevsimi oldukça kurak geçmektedir. İç Anadolu karasal iklimi, sıcak yazlar ve soğuk kışlar ile karakterize olur. Bölgenin özellikle doğu bölümünde kış mevsimi daha soğuk geçmektedir. Yaz aylarında ortalama sıcaklık 23 °C, kış aylarında -2 °C'dir. Ortalama yıllık toplam yağış ise 413.8 mm olan İç Anadolu Bölgesi'nde yağışlar genellikle kış ve ilkbahar mevsimindedir. Trakya karasal ikliminde yazlar sıcak, kışlar ise nispeten soğuk geçer. Yıllık ortalama sıcaklık 12.2 °C'dir. Ortalama yıllık toplam yağış 559.7 mm olup diğer karasal iklim tiplerinden farklı olarak yağışların çoğunu kış ve ilkbaharla birlikte sonbahar mevsiminde almaktadır (Atalay, 1997; Sensoy vd., 2008).



Şekil 2.11: Türkiye yıllık ortalama sıcaklık dağılım haritası.

2.4. Bitki Örtüsü

Türkiye, Ilıman kuşakta bitki çeşitliliği açısından çevresinde yer alan birçok ülkeye göre farklı özelliklere sahiptir. 814.578 km^2 alana sahip Türkiye'de yayılış gösteren bitki türlerinin sayısı, Avrupa kıtasının tümünde yayılış gösteren bitki türlerinin sayısı ile karşılaştırılmaktadır. Her geçen yıl yeni bulguların eklendiği Türkiye florasındaki bitki taksonu sayısı (tür, alt tür ve varyete düzeyinde) yaklaşık olarak 12.000 civarındadır (Erik ve Tarıkahya, 2004; Avcı, 2005; Avcı, 2018). Türkiye'nin bu özelliği, bitkilerin yetişme ortamlarının çeşitliliğinden kaynaklanmaktadır. İklim özelliklerinde kısa mesafelerde ortaya çıkan değişiklikler, jeomorfolojik özellikler ve toprak tiplerinin farklılıkları gibi birçok coğrafi faktör bitki formasyonlarının farklılaşmasına ve türce çeşitlilik kazanmasına neden olmaktadır (Atalay, 1994; Avcı, 2005; Avcı, 2018).



Şekil 2.12: Türkiye'de temsil edilen flora bölgeleri (Avcı, 1993'ten yeniden düzenlenmiştir).

Türkiye, Avrupa-Sibirya flora bölgesi, Akdeniz flora bölgesi ve İran-Turan flora bölgesi olmak üzere üç farklı flora bölgesi ile temsil edilmektedir (Şekil 2.12). Karadeniz'e yakın olan batı bölüm Öksin, İran'ın kuzeyi ve Talış dağlarının bulunduğu bölüm ise Hırkaniyen olarak adlandırılır. Kafkas dağları ile birbirinden ayrılan bu iki alan, benzer özelliklere sahip olmalarına rağmen bitki türleri açısından belirgin farklılıklar gösterir. Avrupa-Sibirya bölgesi ise Türkiye'de Öksin provensi olarak adlandırılmaktadır. Öksin saha bütün Kuzey Anadolu'yu içine alır ve Kafkasların batı bölümüne kadar uzanır. Bu alanda kışın yapraklarını döken, yayvan yapraklı orman formasyonu hâkimdir. Kayın, nemcil meşe türleri, gürgen, kestane ve ıhlamur gibi yayvan yapraklı türlerin arasına yükseltinin artmasına bağlı olarak göknar, ladin ve sarıçam gibi iğne yapraklı türler de karışır. Öksin vejetasyon sahalarında en belirgin özellik yaz yağışının yüksek olmasıdır. Yıllık yağış çoğu yerde 1000 mm'nin üzerindedir. Doğu Karadeniz Bölümü ile Orta Karadeniz Bölümü'nü birbirinden ayıran Melet ırmağı Öksin alanı da ikiye ayırır. Öksin sahanın doğusu Kolşik olarak adlandırılır. Bu ayırım, Öksin sahadaki bitki türlerinin yoğunluğu ve yıllık yağış miktarının doğuya doğru önemli ölçüde artmasıyla ilişkilidir (Avcı, 1993).

Türkiye'de Akdeniz flora bölgesi, İtalya'nın doğusundan Lübnan'a kadar uzanan Doğu Akdeniz provensi içinde yer almaktadır. Akdeniz flora bölgesi Anadolu'nun tüm güney kıyılarını, Batı Anadolu kıyılarını ve Gelibolu yarımadasını kapsamaktadır. Akdeniz flora bölgesinde vejetatif faaliyetin kesintiye uğramadan yılın önemli bir bölümünde devam etmektedir. Bu bölgede kuru ormanlar ile maki formasyonu hâkimdir. Maki formasyonu özellikle Akdeniz ve Ege kıyılarında ormanların tahrip edildiği sahalarda yayılış gösterir. Akdeniz flora bölgesi içinde Batı Anadolu olarak ayrılan alan ise Akdeniz kıyılarına benzer özellik göstermektedir. Kızılçam, kurakçıl meşe türleri, göknar, karaçam ve sedir gibi türler yayılış gösterir (Avcı, 1993).

İran-Turan flora bölgesi, İran ile merkezi Asya steplerinin ve yarı kurak iklim bölgelerinin özelliklerine sahiptir. İç Anadolu, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerini kapsamaktadır. İran-Turan flora bölgesinde yüksek dağlık alanlar dışında iki vejetasyon alanı ayrılır. Bunlardan birincisi, büyük ölçüde tahrip edilmiş ve çoğu yerde sonradan steplere dönüşmüş ve orman topluluklarıdır. İkinci vejetasyon alanı ise Tuz Gölü çanağı, Ereğli havzası, Iğdır havzası ya da Akçakale-Ceylanpınar gibi alanlarda ortaya çıkan doğal step (bozkır) sahalarıdır. Bu sahalarda 300-400 mm arasında değişen yağış miktarı doğal olarak ağaç yetişmesine olanak tanımamaktadır. İran-Turan flora bölgesinde Neolitik dönemden günümüze kadar geçen sürede tarım ve hayvancılık gibi insan faaliyetleri, doğal bozkırları giderek genişletmiş ve buna karşılık orman alanlarını daraltmıştır. Bu durumun günümüze yansıması ise ormanların ancak dağlık sahaların yüksek kesimlerinde (çoğu yerde de meşe ormanı kalıntıları şeklinde) kalması şeklinde sonuçlanmıştır (Avcı, 1993).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
TÜRKİYE'DEKİ ÖLÜME SEBEP OLAN HEYELANLARA YÖNELİK ENVANTER ÇALIŞMASININ AMAÇ VE KAPSAMI

3.1. Amaç ve Kapsam

Doğal afetler, her yıl dünya genelinde on binlerce ölüme, yüz binlerce yaralanmaya ve milyarlarca dolar ekonomik kayba neden olmaktadır. Depremler, kasırgalar, kuraklık veya sel-taşkın gibi doğal afetlere ait veri setleri, yüksek bir doğruluk derecesi ile küresel ölçekte kapsamlı olarak kaydedilmektedir. Dünya genelinde son yıllarda yapılan çalışmalar, heyelanların hem boyutlarında hem de frekanslarında artan bir eğilime sahip olduğunu göstermektedir. CRED istatistiklerine göre; dünyadaki tüm doğal afetlerden kaynaklanan ölümlerin en az %17'si heyelanlar sonucu meydana gelmektedir. Heyelan olayları ve sonuçları genellikle deprem ve aşırı yağış gibi ana tetikleyici faktörün oluşturduğu kayıplara dâhil edilmektedir. Bu nedenle doğrudan etkileri gerçekçi olarak ortaya konulamadığı gibi ikincil olay olarak anılmaları nedeniyle de raporlara çok sonraları dâhil edilmeye başlanmıştır. Ülkemizde ise heyelanlara yönelik envanter çalışmaları yapılmış olmasına rağmen, ölümle sonuçlanan olayların ve ölümlerin kaydedilmesi ihmal edilmiştir. Heyelanların, ülkemizde depremlerden sonra en fazla can kaybına yol açan afet türü olarak ikinci sırada yer aldığı düşünüldüğünde bu heyelanların belirlenmesi önem arz etmektedir. Bu tezde, 1929-2018 yıllarında Türkiye sınırları içerisinde gerçekleşmiş ölümcül heyelanların coğrafi bölge ve bölüm ile idari il, ilçe ve köy gibi farklı ölçeklerde ele alınması, bu heyelanların frekansı, mekânsal ve zamansal dağılımının ortaya konması, hazırlayıcı koşulların ve tetikleyici faktörlerin belirlenmesi hedefiyle ulusal bir ölümcül heyelan arşiv envanterinin oluşturulması amaçlanmıştır. Bu arşiv envanterinin oluşturulması, heyelanların neden olduğu kayıpların ve zararların daha iyi anlaşılmasını, önleyici ve/veya kayıpları daha aza indirgeyecek bölgesel planlamaların yapılmasını mümkün kılacağı düşünülmektedir. Bunun yanı sıra bu envanter yarı otomatik bir güncelleme sistematiğine kavuşturularak gelecekte lokal ölçekte yapılacak heyelan tehlike ve risk değerlendirmelerinde önceliğin gözetilmesi gereken alanların tespitinde yönlendirici bir bilgi sistemi olmayı hedeflemektedir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
TÜRKİYE'DEKİ ÖLÜME SEBEP OLAN HEYELANLARA YÖNELİK ENVANTER ÇALIŞMASI İÇİN KULLANILAN VERİ VE YÖNTEM

4.1. Veri ve Yöntem

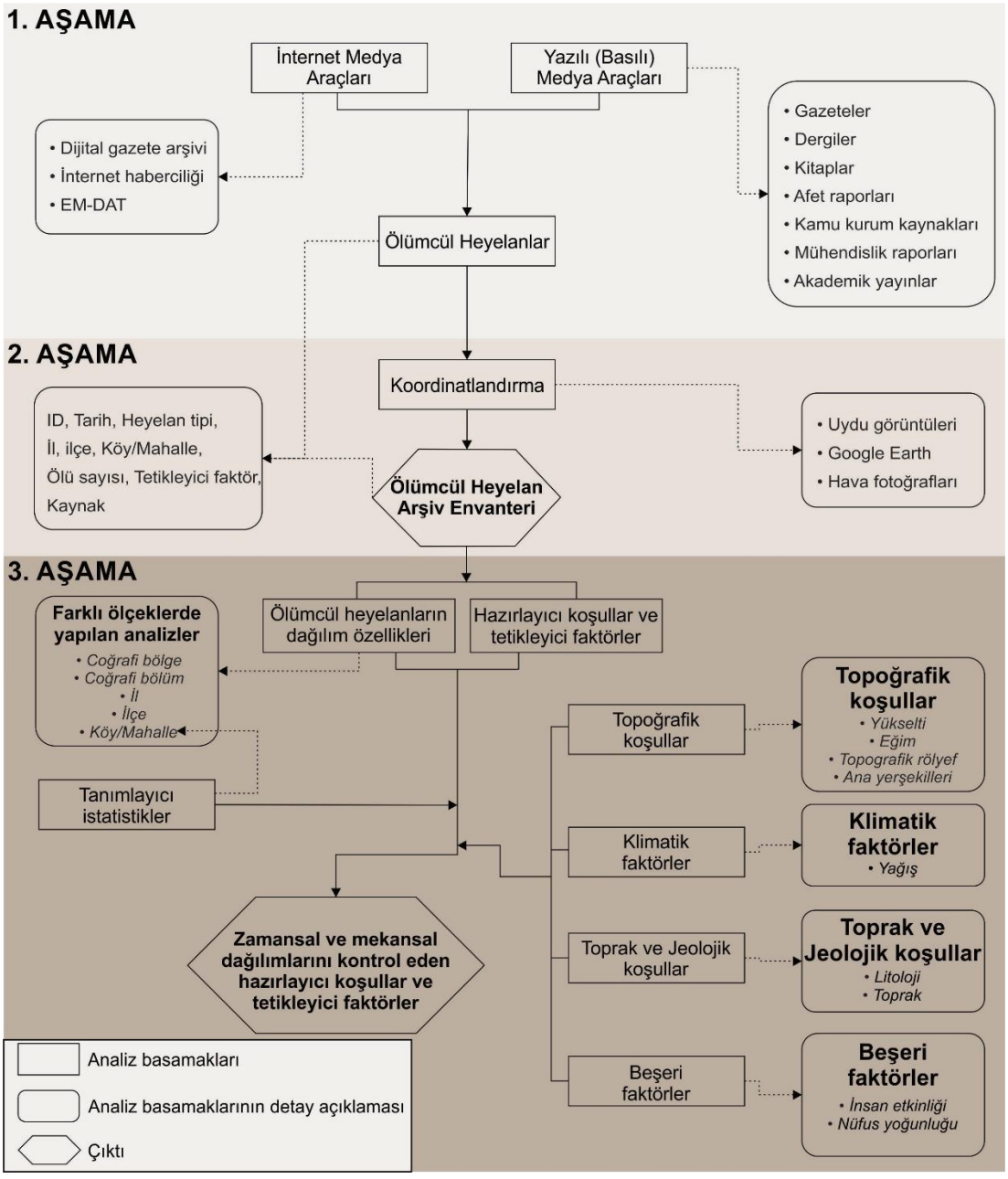
Türkiye'nin ölümcül heyelan arşiv envanterinin oluşturulması ve analizi üç aşamada ele alınmıştır. İlk aşamada, ölümcül heyelanların yer aldığı kaynakların taranması, olayların tespit edilmesi ve olay bilgilerinin kaydedilmesi amaçlanmıştır. İkinci aşamada, kaydedilen heyelan olayları koordinatlandırılmış ve ilk aşamada oluşturulan öznitelik bilgileriyle CBS ortamında ilişkilendirilerek veri tabanı oluşturulmuştur. Son aşamada ise oluşturulan veri tabanında yer alan ölümcül heyelanların mekânsal ve zamansal dağılım analizleri, heyelan hazırlayıcı koşulların ve tetikleyici faktörlerin değerlendirilmesi yapılmıştır.

4.2. Veri Kaynakları

Çalışmanın amacı ve kapsamı doğrultusunda Türkiye'de meydana gelen ve ölümle sonuçlanan heyelanlara ait noktasal veri tabanı oluşturulmuştur. Oluşturulan veri tabanı ile yapılacak olan analizler için Türkiye bölge, bölüm, il, ilçe ve köy verileri ile 90 metre yersel çözünürlüklü Sayısal Yükselti Modeli (SYM) olan SRTM 90 m DEM verisi kullanılmıştır. Raster ve vektör verilerin işlenmesi, analizi ve çıktıların (Harita, grafik ve tablo) elde edilmesinde ArcGIS 10.4.1, SAGA GIS ve Microsoft Office yazılımlarından faydalanılmıştır.

Çalışma kapsamında kullanılan 2017 yılına ait nüfus verisi, LandScanTM 2017 Oak Ridge National Laboratory (ORNL) ve Türkiye İstatistik Kurumu Başkanlığından (TÜİK); Türkiye geneli yağış verisi, Meteoroloji Genel Müdürlüğünden (MGM) ve fay verisi, Maden Tetkik Arama Müdürlüğünden (MTA) temin edilmiştir. Çalışmamıza konu olan ölümcül heyelanların, benzer uluslararası çalışmalar ile kıyaslanabilmesi için litoloji ve toprak verilerinin küresel olması tercih edilmiştir. Bu nedenle, litoloji verisi için Hartmann ve Moosdorf 2012 (https://doi.org/10.1029/

2012GC004370), toprak verisi için (https://worldmap.harvard.edu/data/geonode:DSMW_RdY) FAO-UNESCO dünya toprak verisine göre oluşturulan Digital Soil Map of the World veri tabanı kullanılmıştır.



Şekil 4.1: Veri tabanı akış şeması.

4.3. Heyelan Envanterleri

Bir heyelan envanteri, heyelan haritasının en basit şeklidir (Pašek, 1975; Hansen, 1984; Wieczorek, 1984; Guzzetti, 2006). Heyelan envanterleri, genel anlamda heyelanlara ait tip, coğrafi konum ve tarih bilgisini içermektedir. Heyelan envanter veri tabanı, tekil heyelanlarla ilgili tarihsel dökümanların derlenmesiyle veya hava fotoğrafları ve arazi çalışmaları ile edinilen bilgilerle dayanılarak yapılabilmektedir (Çan vd., 2013; Duman vd., 2016). Heyelan envanter veri tabanı veya haritalarının hazırlanmasında arşiv envanteri, jeomorfolojik (tarihsel) envanter (Guzzetti vd., 2012), olay envanteri ve çok zamanlı envanter yöntemleri kullanılır (Guzzetti, 2006).

4.3.1. Arşiv Envanteri

Arşiv envanterleri, bir tür tarihsel heyelan veri tabanıdır ve heyelanların gerçekleştiği bölge veya konumu hakkında bilgi verir. Arşiv envanterleri, kamu ve özel kuruluşlardan elde edilen verilerden veya gazete, dergi, teknik ve bilimsel raporlar ile literatürden derlenerek oluşturulmaktadır. Arşiv envanterleri, meydana geldiği bilinen tüm heyelan olayları, sadece insan yaşamını etkileyen olayları ve birkaç yıl veya yüzyıl arasından değişen süreleri kapsayan dönemler için hazırlanabilir (Guzzetti, 2006). Heyelan arşiv envanteri, olay tarihi, heyelan tipi ve meydana getirdiği zararların raporlanmasıyla oluşturulur (Guzzetti vd., 2000, Guzzetti vd., 2012; Çan vd., 2013; Duman vd., 2016).

4.3.2. Jeomorfolojik Envanter

Bir jeomorfolojik envanter haritası, birkaç on, yüz hatta binlerce yıl boyunca meydana gelmiş birçok heyelan olayının toplamını kapsamaktadır. Jeomorfolojik envanterler genellikle arazi çalışmaları yardımıyla bir veya iki hava fotoğrafının sistematik olarak yorumlanmasıyla hazırlanır (Guzzetti, 2006). Jeomorfolojik heyelan envanterleri, tetikleyici faktör ayırt edilmeksizin geçmişte oluşmuş ve envanterin yapıldığı tarih itibariyle morfolojilerini koruyan tüm heyelanları kapsaması durumunda tarihsel heyelan envanteri olarak tanımlanmaktadır (Guzzetti vd., 2000, Guzzetti vd., 2012; Çan vd., 2013; Duman vd., 2016). Tarihsel bakımdan, heyelanların yaşı ayırt edilmez veya eski ya da çok eski gibi göreceli olarak yaşlandırılır.

4.3.3. Olay Envanteri

Jeomorfolojik heyelan envanterleri deprem, aşırı yağış ve kar erimesi gibi faktörlerle tetiklenen heyelanları kapsıyorsa heyelan olay envanteri olarak tanımlanmaktadır. Bir olay envanterinde yer alan heyelanların tarihi, tetikleyici faktörün tarihine karşılık gelmektedir (Guzzetti, 2006; Guzzetti vd., 2000, Guzzetti vd., 2012). Olay envanteri, tetikleyici faktör sonucu gerçekleşen heyelan olayından kısa bir süre sonra çekilen uzaktan algılama görüntüleri ve kapsamlı arazi çalışmalarının değerlendirilmesiyle hazırlanır (Guzzetti, 2006).

4.3.4. Çok Zamanlı Envanter

Çok zamanlı heyelan envanterleri, heyelan envanterinin en gelişmiş şeklidir (Guzzetti, 2006). Bu envanter tipi, çalışma alanı için farklı tarihlere ait hava fotoğraflarının değerlendirilmesiyle hazırlanır (Guzzetti vd., 2000, Guzzetti vd., 2012). Çok zamanlı bir envanterin hazırlanmasında kapsamlı ve tekrar eden arazi çalışmaları, çok sayıda hava fotoğrafının sistematik olarak yorumlanması, tarihsel heyelan olaylarına ait birden fazla arşivin ve kaynağın derlenmesi gibi zor ve karmaşık işler nedeniyle bu envanter tipi nadir olarak hazırlanır (Guzzetti, 2006).

4.4. Türkiye Ölümcül Heyelan Arşiv Envanteri

Ülkemizde, Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından 2008 yılında "Afet Bilgi Envanteri Projesi" kapsamında tüm afetlerin yer aldığı bir envanter çalışması yapılmıştır. Veri tabanında deprem, heyelan, kaya düşmesi, taşkın ve çığ afetleri tarih, yerleşim birimleri, afet olay ve afetzede sayısı gibi bilgileri içerecek şekilde bu envanter düzenlenmiştir. (Gökçe vd., 2008). Ancak bu veri tabanında yer alan afetlerin tarihleri tam olarak bilinmemekle birlikte, neden oldukları ölü ve yaralı sayılarına ilişkin bilgi de mevcut değildir.

Ülkemizde, tek bir afet türünü kapsayacak şekilde heyelanlara yönelik olarak, Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan Tarihsel Heyelan Envanter Haritası ve Veri Tabanı ile Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) tarafından hazırlanan Heyelan Arşiv Veri Tabanı olmak üzere iki heyelan

envanteri bulunmaktadır (Duman vd., 2016). Sadece heyelanları kapsayan bu envanterler de çalışmamızın amacına ulaşmasında gerekli olan, her bir heyelan olayının neden olduğu ölü sayına ilişkin bilgi sağlamamaktadır. Bu nedenle; tez kapsamında, ülkemizde meydana gelmiş ve ölümle sonuçlanmış olan heyelanların yer aldığı bir heyelan arşiv envanteri hazırlanmıştır.

Türkiye'de Cumhuriyet tarihi boyunca gerçekleşmiş ve ölümle sonuçlanmış heyelanlar, afet raporları, gazete arşivleri, günlük gazeteler, internet haberciliği, kamu kurum ve kuruluşları, dergi, teknik ve bilimsel raporlar ile akademik yayınların incelenmesiyle derlenmiştir. Derleme sonucu 1929 ve 2018 yıllarını kapsayan dönemde ölümle sonuçlanmış 357 heyelan olayı tespit edilmiştir. Farklı kaynaklardan toplanan tüm heyelanlar için yapılan çapraz kontrol ile mükerrer heyelan olayları envanterden çıkarılmıştır. Her bir heyelanın kimlik numarası (ID), kaynak, heyelan tipi, tarih, il, ilçe, mahalle, köy, ölü sayısı, güvenirlilik, tetikleyici faktör, mevsim, coğrafi bölge ve bölüm bilgileri oluşturulması ile Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamına noktasal olarak aktarılmıştır. Heyelan kimlik numarası, bulunduğu ilin plaka numarası, ilçe kodu ve tarihsel olarak sıralanmış heyelan sayısı ile oluşturulmuştur. Heyelanların kaynak bilgisi, olayın temin edildiği kaynak bilgisidir. Örneğin; Başbakanlık Cumhuriyet Arşivi (BCA), Cumhuriyet Gazete Arşivi, Milliyet Gazetesi ve İhlas Haber Ajansı gibi. Heyelanların tipi, kaynaklardan elde edilen bilgilerin detayı ölçüsünde kayma, akma, çamur akması ve kaya düşmesi olarak sınıflandırılmıştır. İl, ilçe, mahalle ve köy bilgileri de yine kaynakların verdiği bilgi ölçüsünde yazılabilmiştir. Ölü sayısı, her bir olaya ait ölü sayısıdır ve en az 1 ve daha fazla ölümle sonuçlanan tüm heyelanlar envantere dâhil edilmiştir. Heyelanların güvenirliliği ise 1 ve 2 olacak şekilde kodlanmıştır. Çünkü gerçekleşen heyelanların bir kısmı tek başına değil, sel olaylarıyla birlikte kompleks olarak gerçekleşmiştir. Bu nedenle, bu tip olaylarda ölümün kesin olarak hangi olay ile gerçekleştiği ayırt edilemediği için, bu heyelanların güvenirlilik kodu 2 olarak girilmiştir. Ölümlerin, doğrudan heyelan ile gerçekleştiği bilinen olayların güvenirlilik kodu ise 1 olarak girilmiştir. Heyelan olaylarının tetikleyici faktörü doğal (yağış, kar erimesi vb.) ve antropojenik (maden, inşaat, yol, kanalizasyon vb.) olarak iki ana grupta sınıflanmıştır. Tetikleyici faktörü tespit edilemeyen olay ise bilinmeyen olarak ayırt edilmiştir (Tablo 4.1). Mevsim ile

coğrafi bölge ve bölüm bilgisi ise çalışma kapsamında yapılacak olan analizlerin kolaylaştırılmasını sağlamak adına tarih ve lokasyon bilgisi kullanılarak oluşturulmuştur. Her bir heyelanın noktasal olarak konumu, kaynaklardan elde edilen bilgilerin el verdiği ölçüde Google Earth (http://www.earth.google.com) ile farklı tarihlere ait uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarının değerlendirilmesiyle belirlenmiştir. Lambert Conformal Conic (ED-1950) projeksiyon sistemi kullanılarak noktasal veri tabanı oluşturulmuştur. Envanterde yer alan fakat konumunda belirsizlik olan heyelanlar, yerleşim birimi bilgisine göre minimum düzeyde köy/mahalle poligonları ile yaklaşık olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.1: Türkiye ölümcül heyelan arşiv envanteri örneği

ID	Tarih	İl	İlçe	Köy-Mahalle	Güvenilirlik	Heyelan tipi	Ölü	Tetikleyici faktör	Kaynak
6112001	05.07.1929	Trabzon	Of	Bölümlü	1	Bilinmiyor	88	Yağış	Başbakanlık Cumhuriyet Arşivi (BCA)
6112002	05.07.1929	Trabzon	Of	Cumapazarı	1	Bilinmiyor	33	Yağış	Başbakanlık Cumhuriyet Arşivi (BCA)
0312001	08.12.1958	Afyon	İscehisar	Seydiler	1	Kaya düşmesi	14	Yağış	Milliyet Gazete Arşivi
6111001	23.06.1988	Trabzon	Maçka	Çatak	1	Kayma	64	Yağış	Milliyet Gazete Arşivi
3207001	13.06.1995	Isparta	Senirkent		1	Çamur akması	74	Yağış	Milliyet Gazete Arşivi
5300003	23.07.2002	Rize	Taşlıdere, Güneysu, Çayeli		2	Bilinmiyor	34	Yağış	Cumhuriyet Gazete Arşivi
5811001	17.03.2005	Sivas	Koyulhisar	Sugözü	1	Akma	15	Kar erimesi	Milliyet Gazete Arşivi
4601002	10.02.2011	Kahramanmaraş	Afşin		1	Kayma	10	Antropojenik	TMMOB Maden Mühendisleri Odası

4.5. Heyelan Hazırlayıcı Koşullar ve Tetikleyici Faktörler

Ölümcül heyelanların mekânsal dağılımı, hazırlayıcı (topoğrafya, jeoloji ve toprak) koşullar ve tetikleyici (iklim, insan etkinliği ve ekonomi) faktörler olarak, dört sınıfta ele alınan 9 parametre (litoloji, toprak tipi, PGA, yağış, yükseklik, eğim, makro yer şekilleri, topoğrafik rölyef ve nüfus yoğunluğu) üzerinden ayrı ayrı analiz edilmiştir (Tablo 4.2).

Topoğrafik hazırlayıcı koşulları oluşturan yükselti, topoğrafik rölyef (rölatif yükseklik), eğim ve makro yer şekilleri SRTM 90 m DEM verisinden üretilmiştir. Bu hazırlayıcı koşullar kendi içinde sınıflandırılarak ölümcül heyelan yoğunluğu ve sayısı ele alınmıştır. Jeolojik hazırlayıcı koşullardan olan Litoloji parametresi için 1 km çözünürlüklü Global Lithological Map Database (GLİM) (Hartmann & Moosdorf 2012) kullanılmıştır. Küresel litoloji veri tabanı, Türkiye sınırları içinde Asidik plütonik kayaçlar, asidik volkanik kayaçlar, bazik plütonik kayaçlar, bazik volkanik kayaçlar, ortaç (İng.: intermediate) volkanik kayaçlar, evaporitler, karbonatlı tortul kayaçlar, karışık tortul kayaçlar, klastik tortul kayaçlar, metamorfik kayaçlar, pekişmemiş tortul kayaçlar ve piroklastikler olmak üzere 12 litolojik birim ile temsil edilmektedir. Çalışma kapsamında tespit edilen heyelanlar, sığ heyelanlar olduğu için ana kaya faktörü doğrudan ön plana çıkmamaktadır. Bu durum tartışma bölümünde ele alınacak olup bu analizdeki asli amaç; farklı litolojik birimlerin üzerinde yer alan ölümcül heyelanların yoğunluğu ve sayının nasıl dağıldığını göstermektir. Toprak parametresi için 1 km çözünürlüklü Digital Soil Map of the World (DSMW) kullanılmıştır. FAO-UNESCO dünya toprak sınıflandırma sistemine göre oluşturulan bu veri tabanı Türkiye sınırları içinde 17 toprak tipi ile temsil edilmektedir. Bu toprak tipleri ile veri tabanında yer alan ölümcül heyelanların yoğunluğu ve sayısı incelenmiştir. FAO-UNESCO toprak sınıflandırma sistemi Tablo: 4.3'te ayrıntılı olarak verilmiştir. MTA (2011) diri fay verisi kullanılarak 90 metre çözünürlükte üretilen PGA (Maksimum Yer İvmesi) ile ölümcül heyelanlar arasındaki herhangi bir ilişki olup olmadığı değerlendirilmiştir.

Tetikleyici faktör olan yağış parametresi ile heyelanlar arasındaki ilişki, MGM'den temin edilen uzun dönem ayılık ortalama yağış ve bazı aylara ait günlük toplam yağış verileri ile bunların türevleri kullanılarak incelenmiştir. Yıllık, mevsimlik ve aylık ortalama yağış miktarları ile günlük yağış miktarları, ölümcül heyelan olayları ile karşılaştırılmıştır. Ölümcül heyelanlar üzerinde başka bir tetikleyici faktör olan, insan aktivitesinin ektisini belirlemek için 1 km çözünürlüklü nüfus yoğunluğu (LandScan, 2017) verisi kullanılmıştır.

Tablo 4.2: Ölümcül heyelanların mekânsal dağılımını etkileyen hazırlayıcı koşullar ve tetikleyici faktörler.

Sınıf	Koşul/Faktör	Tanım	Kaynak
Topoğrafya	Yükselti	SRTM 90 m DEM	http://srtm.csi.cgiar.org
	Topoğrafik rölyef	90 m çözünürlükte	DEM'den üretilmiştir
	Eğim	90 m çözünürlükte	DEM'den üretilmiştir
	Makro yer şekilleri	90 m çözünürlükte	DEM'den üretilmiştir
İklim	Yağış	Ortalama yıllık yağış, 90 m çözünürlükte	https://mevbis.mgm.gov.tr
Jeoloji ve toprak	Litoloji	1 km çözünürlükte	Hartmann ve Moosdorf (2012)
	Toprak	1 km çözünürlükte	http://worldmap.harvard.edu
	PGA	90 m çözünürlükte	MTA (2011), diri fay verisi
İnsan etkisi	Nüfus	Nüfus yoğunluğu (2017), 1 km çözünürlükte	https://landscan.ornl.gov

Tablo 4.3: FAO/UNESCO toprak sınıflandırma sistemi (Mater, 2004'ten yeniden düzenlenmiştir).

Büyük toprak grubu (FAO/UNESCO)	Türkiye'deki karşılığı
Rendzina	Koyu renkli kireçli rendzina toprakları
Cambisol	Kahverengi orman toprakları, kahverengi topraklar
Kastanozem	Kestane renkli topraklar
Xerosol	Yarı kurak bölge toprakları, çöl toprakları
Luvisol	Gri kahverengi podzolik topraklar
Regosol	İskelet topraklar
Solonchak	Tuzlu topraklar, solonçak toprakları
Fluvisol	Alüvyal topraklar
Lithosol	Sığ, taşlı topraklar, dağlık arazilerin sığ toprakları
Acrisol	Kırmızı sarı podzolik topraklar
Vertisol	Kara topraklar

Veri tabanında yer alan heyelanların her biri minimum ölçekte köy/mahalle poligonları ile temsil edilmektedir. Hazırlayıcı koşulların (yükselti, topoğrafik rölyef ve eğim) ve tetikleyici faktörlerin (yağış ve nüfus) arşiv envanterinde yer alan ölümcül heyelanlar üzerindeki etkisini daha detaylı ortaya koyabilmek için köy/mahalle poligonları ile tanımlayıcı istatistik değerleri elde edilmiştir. Heyelanlar, hazırlayıcı koşulların ve tetikleyici faktörlerin sadece birinin değil birkaçının etkisi sonucunda gerçekleşmektedir. Bu bakımdan, ölümcül heyelanları birinci dereceden kontrol ettiği düşünülen yıllık ortalama yağış miktarı, eğim ve nüfus yoğunluğu parametrelerinin çeşitli kombinasyonları ArcGIS 10.4.1 Raster Calculator aracı kullanılarak elde edilmiştir.

BEŞİNCİ BÖLÜM
EN AZ ON ÖLÜM İLE SONUÇLANMIŞ DİKKAT ÇEKEN HEYELAN OLAYLARI

5.1. Of ve Sürmene Felaketi 5 Temmuz 1929

Cumhuriyet döneminde Trabzon'daki ilk büyük sel ve heyelan felaketi 5-7 Temmuz 1929 tarihlerinde Çaykara, Of ve Sürmene çevresinde meydana gelmiştir. 5 Temmuz 1929 günü başlayan ve 40 saati aşkın bir süre boyunca devam eden aşırı yağışlar sonrasında Of ve Sürmene çevresinde büyük bir felaket yaşanmıştır. Yaklaşık 15 gün süren heyelanlar neticesinde birçok insan hayatını kaybetmiş, milyonlarca liralık maddi zarar meydana gelmiştir. Bölgede, elektrik ve diğer medeni imkânların bulunmaması, ulaşımın çoğunlukla deniz yoluyla yapılabilmesi ve heyelan sahasının engebeli iç ve yüksek kesimlerde olması can kayıplarını artırmıştır. (Başkaya, 2015). Başkaya (2015)' ya göre gerçekleşen sel ve heyelanlar sonucu Sürmene'de 12, Of'un Bölümlü köyünde 88, Cumapazarı köyünde 33 ve Hanışra köyünde 15 olmak üzere toplam 148 kişi hayatını kaybetmiştir.

İstanbul Üniversitesi, inceleme yapmak üzere bölgeye bir heyet göndermiş ve bir rapor oluşturmuştur. Söz konusu felaket ve hazırlanan rapor 28.06.1990 tarihli Milliyet Gazetesine konu olmuştur. Rapora göre ölü sayısı kayıtlara 146 olarak geçmiştir (Şekil 5.1).

28.06.1990, Milliyet, Sayfa 14

61 yıldır süren sel felaketi

• Oktay PİRİM

• ANKARA

TRABZON ve çevresinde büyük can ve mal kaybına yol açan sel felaketi, doğaya karşı önlem alma konusunda **"Bir arpa boyu"** ilerlemediğimizi ortaya koydu.

1929 yılında İstanbul Üniversitesi'nce hazırlanan bir rapora göre, Cumhuriyet tarihinin en büyük sel felaketi 5 Temmuz 1929 yılında Trabzon ve çevresinde yaşandı ve 146 kişinin ölümüyle sonuçlandı.

• ÜNİVERSİTENİN RAPORU

Cumhuriyet döneminin en büyük sel felaketinin yaşandığı 5 Temmuz 1929 tarihinde, İstanbul Üniversitesi, Trabzon'a bir heyet göndererek incelemeler yaptırmıştı. O dönemde hazırlanan rapor, felaketin boyutlarını ortaya koyuyor.

18 Eylül 1929 tarihini taşıyan rapor, Trabzon'un Of ve Sürmene ilçelerinde meydana gelen felaketi şöyle anlatıyor:

• "Mıntıkanın hidrolojik tarihinde emsali görülmemiş olan bu yağmurlar 5 Temmuz 1929 günü akşam 20.00'de hafif surette başlayarak gece yarısından sonra pek ziyade şiddetlenmiş ve 7 Temmuz saat 12.00'ye kadar kısa fasılalarla 40 saat devam etmiştir."

• "Derelerin taşması 5 saat kadar devam etmiş ve birden bire sular çekilmeye ve yükseltisini almaya yüz tutmuştur."

• "Ham topraklar içersine sızan bu sular dolayısıyla birçok yerden adeta feveran halinde sular fışkırmıştır. Yamaçların fevkalade sarphğı dolayısıyla seller ve ırmaklar büyük bir süratle akmışlar ve aşındırma ve sürükleme kabiliyetleri de o nispette şiddetli olmuştur. Bu sebepten bazı ırmakların koparıp sakletttikleri tortu yekunu büyük kalınlık oluşturmuştur. Dere yataklarında kum ve çakıl kalınlığı 4 metreden 10 metreye kadar yükselmiştir."

Trabzon ve çevresinde Cumhuriyet döneminde 146 kişinin öldüğü en büyük sel felaketine 5 Temmuz 1929'da 40 saat süren yağışlar neden oldu

• "Biriken suların aşındırma kuvveti o kadar şiddetlenmiştir ki, dere, ya istikametini değiştirerek başka bir mecradan akmaya veyahut birikinti kütlesini delerek kendine yeni bir mecra kazmaya mecbur olmuştur. Bazen de sular bu kütlelerin yükseltisine kadar taşarak şelale halinde aşağı doğru boşalmıştır. İşte sel felaketlerinin en şiddetlisini bu sular husule getirmiş ve yolu üzerinde bulunan tarla, mesken, değirmen, köprü, ağaç ne varsa hepsini yıkmış ve sürüklemiştir. Hatta bazı ahşap evler tamamiyle parçalanmadan seller le dereye ve oradan da ta denize sürüklenmiştir. Fotinos (Kabataş) civarında bu suretle sürüklenen birkaç ev içinde sakinleri bile bulunmuştur."

• "Sürmene ve Of havalisinde oturan ihtiyarların bizzat tecrübelerine ve çocukluktan beri duyduklarına bakılacak olursa bu son şekilde tezahürler bu mıntıkada hiç müşahade olunmamıştır. Filhakika ilk Osmanlılar zamanında inşa edilmiş olan kemerler, bazı taş köprüler yalnız bu sefer tamamiyle sürüklenmiş ve tahrip olmuşlardır."

• "Zisino'da (Bölümlü), heyelan kütlesi o kadar süratle hareket etmiştir ki bu hareket esnasında fırlayan büyük kaya parçaları hava kütlelerini top mermileri gibi ıslıklarla yarak pek uzaklara ulaşmışlar ve orada toprağa gömülmüşlerdir."

• "Diğer taraftan bu hareketin havada husule getirdiği tazyik o kadar şiddetli olmuştur ki, bu tazyik havada uçan [illegible] sersemletmiş ve ertesi tır. Bu heyelanda da binlerce metre mikabına ulaşmış irili ufaklı kaya parçaları killi çamura karışarak aşağıya inmiştir."

• 146 ÖLÜ

Üniversite raporunda, sel felaketinin neden olduğu **"tahribat"** şöyle anlatılıyor:

• "Feyzeyan ve heyelan neticesinde Sürmene havalisinde 12 kişi ölmüş ve 9 kişi yaralanmıştır. Bu mıntıkada 348 ev, 64 dükkân, 8 kahvehane, 2 han, 64 değirmen, 2 cami, 8 fırın, 16 taş ve 2 ahşap köprü tamamiyle harap olmuştur. Seller, 4 bin 100 dönüm tarla, 3 bin 529 dönüm fındıklık, 643 çahlık, bin 5 dönüm çayırlığı tamamiyle tahrip etmiştir."

• "1927 yılında inşa olunan 20 kilometrelik Sürmene-Göneşara otomobil yolu kullanılmaz suretle tahrip olmuştur."

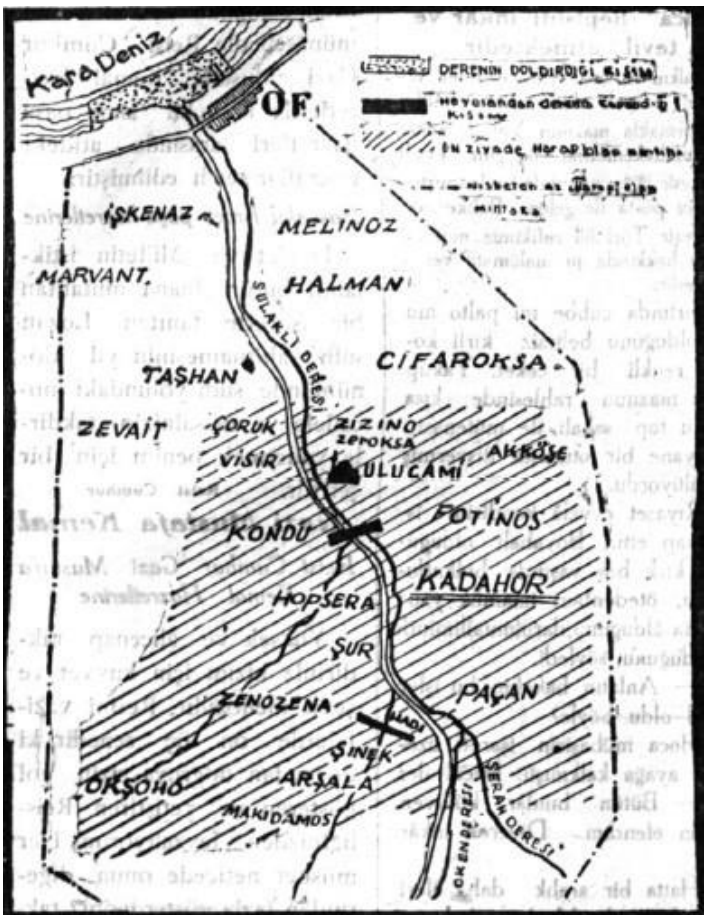
• "Of havalisinde 134 kişi ölmüştür. 845 ev tamamen, bin 366 ev de yıkılabilir durumdadır."

• "Manahos Deresi üzerinde 6 kâgir ve 6 ahşap köprü ile bütün değirmenleri seller götürmüş, Of-Bayburt yolunun hemen hemen izini bile bırakmamıştır."

• "Manahos ve Solaklı vadilerindeki ekseri köylerde heyelan tehlikesi beklenebilir."

Görüntülediğiniz Kupür / Günlük Sınırınız: 6

Şekil 5.1: 05.07.1929 Of ve Sürmene Felaketi hakkında 28.06.1990 tarihli Milliyet Gazetesi haberi.



Şekil 5.2: 05.07.1929 tarihli sel ve heyelan sahasını gösteren harita (Vakit Gazetesi, 25.07.1929; Başkaya, 2015).

5.2. Afyon Seydiler Kaya Düşmesi 6 Aralık 1958

Afyon'un İscehisar ilçesine bağlı Seydiler kasabasında aşırı yağışlar sonucu meydana gelen kaya düşmesinde 14 kişi hayatını kaybetmiştir (Milliyet Gazetesi, 09.12.1958). Yağış ile tetiklenen kaya düşmesi, kasabada kale olarak adlandırılan kaya kütlesinin çökmesi sonucu gerçekleşmiştir.

Şekil 5.3: Afyon'un İscehisar ilçesine bağlı Seydiler kasabasındaki kaya düşmesi olayı hakkındaki 09.12.1958 tarihli Milliyet Gazetesi haberi.

5.3. Ankara Kızılcahamam Yolu Kaya Düşmesi 19 Aralık 1962

Ankara'da Kızılcahamam yolunda aşırı yağış nedeniyle meydana gelen kaya düşmesi bir yolcu otobüsüne isabet etmiştir. 30 yolcu ile Ankara'dan İstanbul'a gelen bir yolcu otobüsü Kızılcahamam'a 15 km kala Azapdere mevkiinde yağan yağmurlar nedeniyle düşen kayaların altında kalmıştır. Olay sonucunda 18 kişi kayalar altında kalarak ölmüş ve 12 kişi yaralanmıştır (Milliyet Gazetesi, 30.12.1962).

Şekil 5.4: Ankara Kızılcahamam yolunda meydana gelen kaya düşmesi olayı hakkındaki 20.12.1962 tarihli Milliyet Gazetesi haberi.

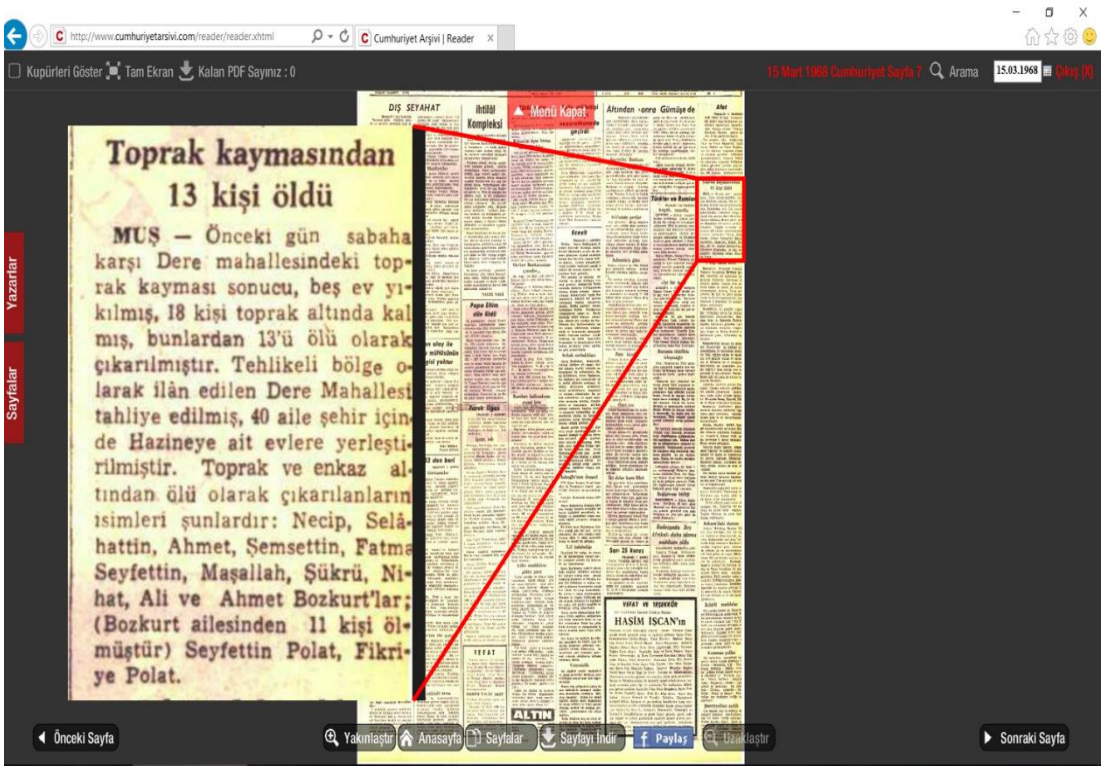
5.4. Giresun Şebinkarahisar Heyelanı 6 Nisan 1964

Giresun Şebinkarahisar yolunda bir yolcu otobüsü meydana gelen heyelan nedeniyle 50 metre yükseklikten Kelkit çayına düşmüştür. Olay sonucunda 35 kişi hayatını kaybetmiştir (Milliyet Gazetesi, 07.04.1964). Gerçekleşen heyelan olayının tetikleyici faktörü belirlenememiştir.

Şekil 5.5: Giresun Şebinkarahisar yolunda meydana gelen heyelan olayı hakkındaki 07.04.1964 tarihli Milliyet Gazetesi haberi.

5.5. Muş Dere Mahallesi Heyelanı 13 Mart 1968

Muş ilinin merkezine bağlı Dere Mahallesinde aşırı yağışlar nedeniyle meydana gelen heyelan nedeniyle 5 ev yıkılmış ve 18 kişi toprak altında kalmıştır. Toprak altında kalan 13 kişi hayatını kaybetmiştir. Tehlikeli bölge olarak ilan edilen Dere Mahallesi tahliye edilmiştir (Cumhuriyet Gazetesi, 15.03.1969).



Şekil 5.6: Muş Dere Mahallesinde meydana gelen heyelan olayı hakkındaki 15.03.1969 tarihli Cumhuriyet Gazetesi haberi.

5.6. Kayseri Ayvazhacı Heyelanı 27 Mart 1980

Kayseri'nin Develi ilçesine bağlı Ayvazhacı köyünde meydana gelen heyelan sonucunda 42 kişi hayatını kaybetmiştir. Aşırı yağış nedeniyle Bakırdağ'da bir heyelan olayı meydana gelmiş ve dağın eteklerinde kurulu olan köyde 20 ev yıkılmıştır. Yaklaşık 3 saat süren heyelan sonucu 20 evin üzeri 15-20 metre toprakla kaplanmıştır (Milliyet Gazetesi, 20.03.1980).

Şekil 5.7: Kayseri'nin Develi ilçesine bağlı Ayvazhacı Mahallesinde meydana gelen heyelan olayı hakkındaki 29.03.1980 tarihli Milliyet Gazetesi haberi.

Şekil 5.8: Kayseri Ayvazhacı heyelanı.

5.7. Bingöl Yel Değirmeni Heyelanı 20 Nisan 1988

Bingöl'ün Adaklı ilçesine bağlı Yel değirmeni köyünde (Olay tarihinde Kiğı ilçesine bağlı) aşırı yağışlar nedeniyle meydana gelen heyelanda 31 ev yıkılmış ve 11 kişi hayatını kaybetmiştir (Milliyet Gazetesi, 21.04.1988). Adaklı'nın batısında yer alan Arik Dağının (2215 m) batı yamaçlarında büyük heyelanlar meydana gelmiştir. Bu heyelanlar Yel değirmeni köyünü etkilemiş ve can kayıplarına neden olmuştur (Avcı, 2016).

Şekil 5.9: A: Bingöl'ün Adaklı ilçesine bağlı Yel Değirmeni köyünde meydana gelen heyelan olayı hakkındaki 21.04.1988 tarihli Milliyet Gazetesi haberi. **B:** Yel Değirmeni köyünde 11 kişinin ölümüne neden olan heyelan olayı. **Kaynak:** Avcı, 2016'dan.

5.8. Trabzon Çatak Heyelanı 23 Haziran 1988

23 Haziran 1988'de Trabzon ilini Gümüşhane'ye bağlayan karayolunun Maçka'daki Çatak mevkiinde, aşırı yağış nedeniyle gece 02:00 küçük bir kaymayla başlayan ve sabah 08:00'de meydana gelen heyelan 64 kişinin ölümüne neden olmuştur. 23 Haziran günü saat 02.00'de kayan ilk malzeme nedeniyle Trabzon-Gümüşhane karayolu ulaşıma kapanmıştır. Bu olaydan sonra, yolu ulaşıma açma çalışmaları devam ederken, saat 08.00'de meydana gelen asıl heyelanda 540.000 m^3 malzeme kaymıştır. Sonuç olarak; Trabzon-Gümüşhane karayolu, karayolunda bekleyen araçlar, içinde çok sayıda yolcunun bulunduğu köy kahvesi, Çatak Köyü ilkokulu ve Sağlık Ocağı ile Değirmendere'nin yatağı heyelan altında kalmış, olay sonucunda toplam 64 kişi hayatını kaybetmiştir (Doğu vd., 1989).

24.06.1988, Milliyet, Sayfa 1

FACİADAN ÖNCE YETKİLİLER BÖLGEDEKİ HEYELANLAR İÇİN UYARILMIŞTI

Valiye göre 100, görgü tanıklarına göre 250 kişi diri diri gömüldü

Toprak altından inilti geliyor

Bakan Safa Giray: "Diri diri gömülenlerin bir bölümü canlı"

Toprak altında bir ceset kaldı

• Cevat OCAK
• O. CUDİ YILMAZ
• TRABZON, MİL-HA

TRABZON'un Maçka ilçesine bağlı Çatak köyünde meydana gelen heyelanda toprak altında kalarak yaşamını yitirenlerden Mustafa Kurdal'ın cesedi de dün çıkarıldı. Böylece şimdiye kadar 63 kişinin cesedi çıkarılırken, toprak altında sadece bir ceset kaldığı bildirildi.

Kurtarma ekiplerince eski dere yatağında parçalanmış olarak çıkarılan cesedin yakınlarında aramalara devam edildiği bildirildi. Aynı bölgede Neşet Bülbül adlı vatandaşın cesedinin de bulunduğu sanılıyor.

Bu arada Meşeunkıran tepesinde askıda kalan kütleyi indir-

Devamı 13. sayfada

MAÇKA, MİL-HA

TRABZON'un Maçka ilçesine bağlı Çatak köyünde bugüne kadarki belirlemelere göre 64 kişinin ölümüne neden olan heyelandan sonra ilçede önceki gece bir toprak kayması daha oldu. Kayma yüzünden Maçka'nın Trabzon'la olan karayolu bağlantısı kesildi.

24.06.1988 | 24.06.1988 | 24.06.1988 | 06.1988

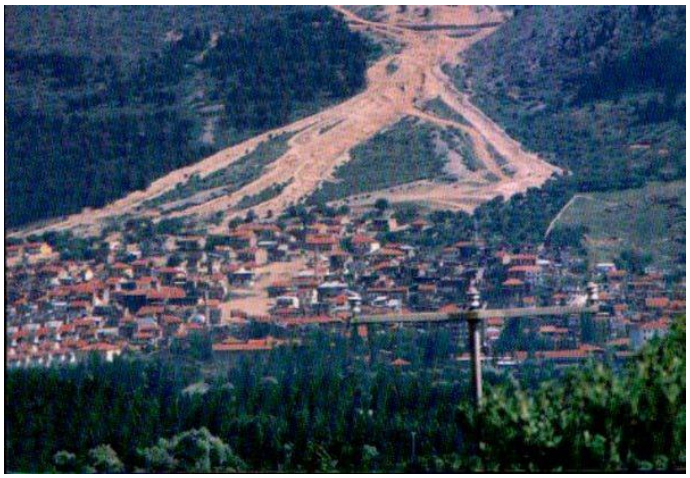
Önceki Gün | İlk Sayfa | Bu ve Diğer Sayfalar | Son Sayfa | Sonraki Gün

Şekil 5.10: Trabzon'un Maçka ilçesine bağlı Çatak köyünde meydana gelen heyelan olayı hakkındaki 24.06.1988 tarihli Milliyet Gazetesi haberi.

5.9. Isparta Senirkent Heyelanı 13 Temmuz 1995

Isparta'ya bağlı Senirkent ilçesinde 13.07.1995 tarihinde saat 20.00-20.30 arasında meydana gelen moloz akması nedeniyle 74 kişi hayatını kaybetmiştir. Söz konusu olay, ani ve aşırı yağış sonrası Beşparmak Dağı'ndan gelen moloz akmaları nedeniyle gerçekleşmiştir. Ayrıca 180 ev tamamen yıkılmış, 212 ev hasar görmüş, içme suyu, kanalizasyon, ulaşım ve elektrik hatları zarar görmüştür (Yalçınkaya, 1995; Ertek, 1995; Tunusluoğlu, 2007).

Şekil 5.11: Isparta'nın Senirkent ilçesinde meydana gelen heyelan olayı hakkındaki 14.07.1995 tarihli Milliyet Gazetesi haberi.



Şekil 5.12: Isparta Senirkent moloz akması**. Kaynak:** Ahmet Ertek.

5.10. Trabzon Beşköy Heyelanı 7 Ağustos 1998

Çalışma kapsamında söz konusu olay hakkında ulusal ve yerel olmak üzere birçok haber ve gazete kupürüne ulaşılmıştır. Edinilen bilgilere göre, 7 Ağustos 1998 günü saat 17.00'de başlayıp gece 03.00'e kadar devam eden şiddetli sağanak yağış nedeniyle meydana gelen sel ve kütle hareketleri birleşerek moloz akması şeklinde etkili olmuştur. Hayatını kaybeden kişi sayısının 43, 44 ve 47 olduğuna dair farklı haberler mevcut olmakla birlikte kayıtlara 50 olarak geçmiştir.

Şekil 5.13: Trabzon'un Köprübaşı ilçesinin Beşköy Mahallesinde meydana gelen heyelan olayı hakkındaki 22.08.1998 tarihli Cumhuriyet Gazetesi haberi.

5.11. Rize Heyelanları (Taşlıdere, Güneysu ve Çayeli) 23 Temmuz 2002

Rize merkeze bağlı Taşlıdere ile Güneysu ve Çayeli ilçelerinde aşırı yağışlar sonucu meydana gelen heyelanlar nedeniyle 34 kişi hayatını kaybetmiştir. Gerçekleşen heyelanlar nedeniyle hayatını kaybeden kişi sayısı farklı tarihlerdeki haberlere göre değişiklik göstermektedir. Çalışma kapsamında incelenen haberlerin detayı ölçüsünde ölü sayısı veri tabanına 34 olarak girilmiştir.

Şekil 5.14: Rize'nin Güneysu ve Çayeli ilçelerinde meydana gelen heyelan olayı hakkındaki 27.07.2002 ve 20.06.2004 tarihli Cumhuriyet Gazetesi haberi.

5.12. Sivas Kuzulu Heyelanı 17 Mart 2005

Sivas'ın Koyulhisar ilçesine bağlı Sugözü Köyü Kuzulu Mahallesinde 17 Mart 2005 günü meydana gelen heyelan sonucunda 15 kişi yaşamını yitirmiştir. Ayrıca, mahalledeki evlerin büyük bir bölümü yıkılmış ve 375 hayvan telef olmuştur (Yiğitbaşoğlu vd., 2008; Ertek, 2016). Kuzulu'da meydana gelen heyelanın daha önce alanda var olan eski bir heyelanın gövdesinde gelişmiş ve 2005 yılının bahar döneminde ani kar erimelerine bağlı olarak tetiklenmiştir (Gökçeoğlu vd., 2005, Cihangir vd., 2018).

Şekil 5.15: A: Sivas'ın Koyulhisar ilçesine bağlı Kuzulu mahallesinde meydana gelen heyelan olayı hakkındaki 18.03.2005 tarihli Milliyet Gazetesi haberi. **B:** Sivas Kuzulu heyelanı.

5.13. Rize Gündoğdu Seli ve Heyelanı 26 Ağustos 2010

Rize ilinin merkeze bağlı Gündoğdu beldesinin Hamidiye Mahallesinde sağanak yağış sonucu meydana gelen sel ve heyelanlarda 13 kişi hayatını kaybetmiştir. Rize ili heyelan ve sel olayından bir gün önce de aşırı miktarda yağış almış ve toplam 166.2 kg yağış düştüğü açıklanmıştır (Ertek, 2016).

Şekil 5.16: 26.08.2010 Rize Gündoğdu heyelanları.

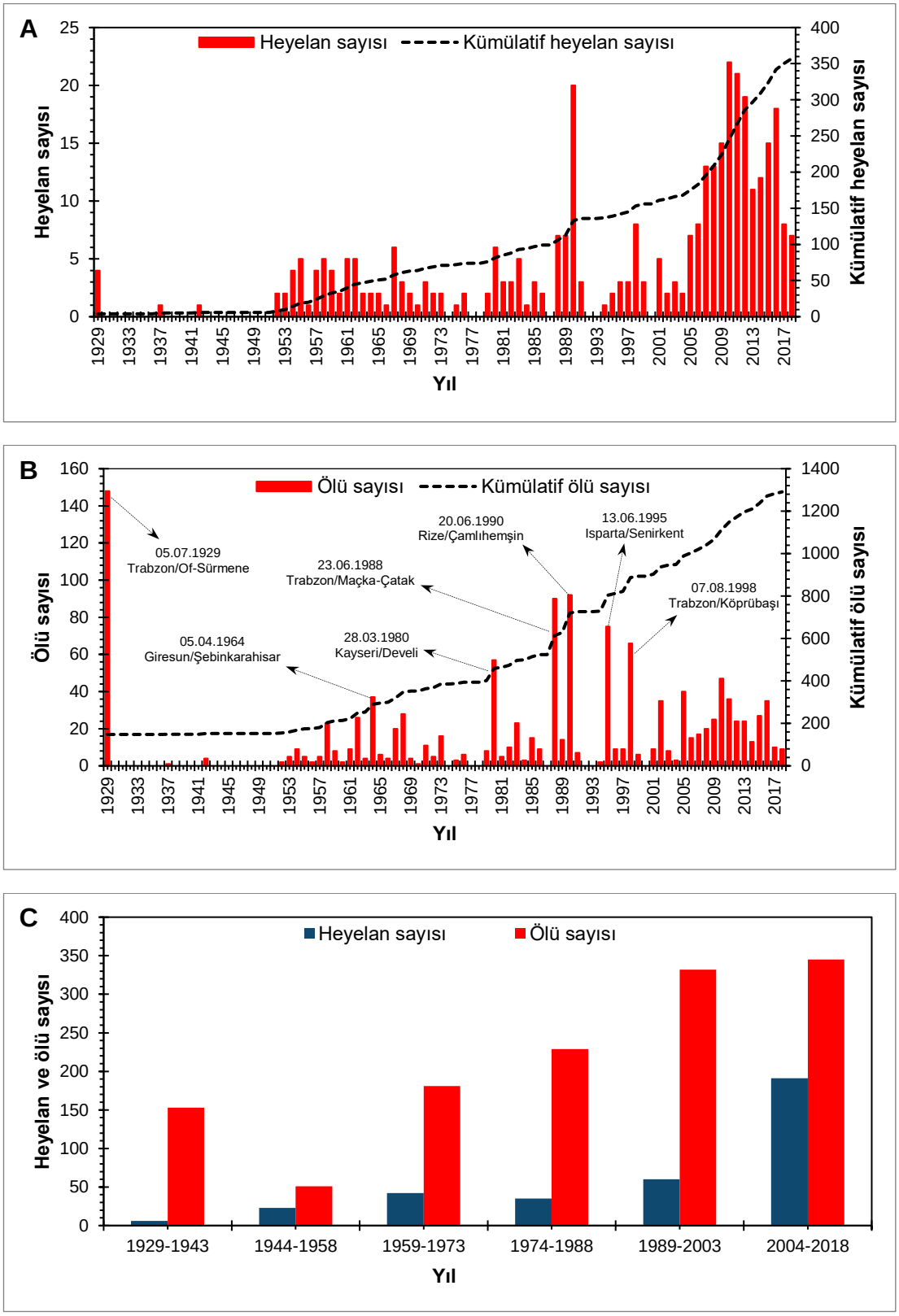
ALTINCI BÖLÜM
TÜRKİYE'DEKİ ÖLÜME SEBEP OLAN HEYELANLARA YÖNELİK ENVANTER ÇALIŞMASINA DAİR BULGULAR

6.1. Ölümcül Heyelanların Zamansal Dağılımı

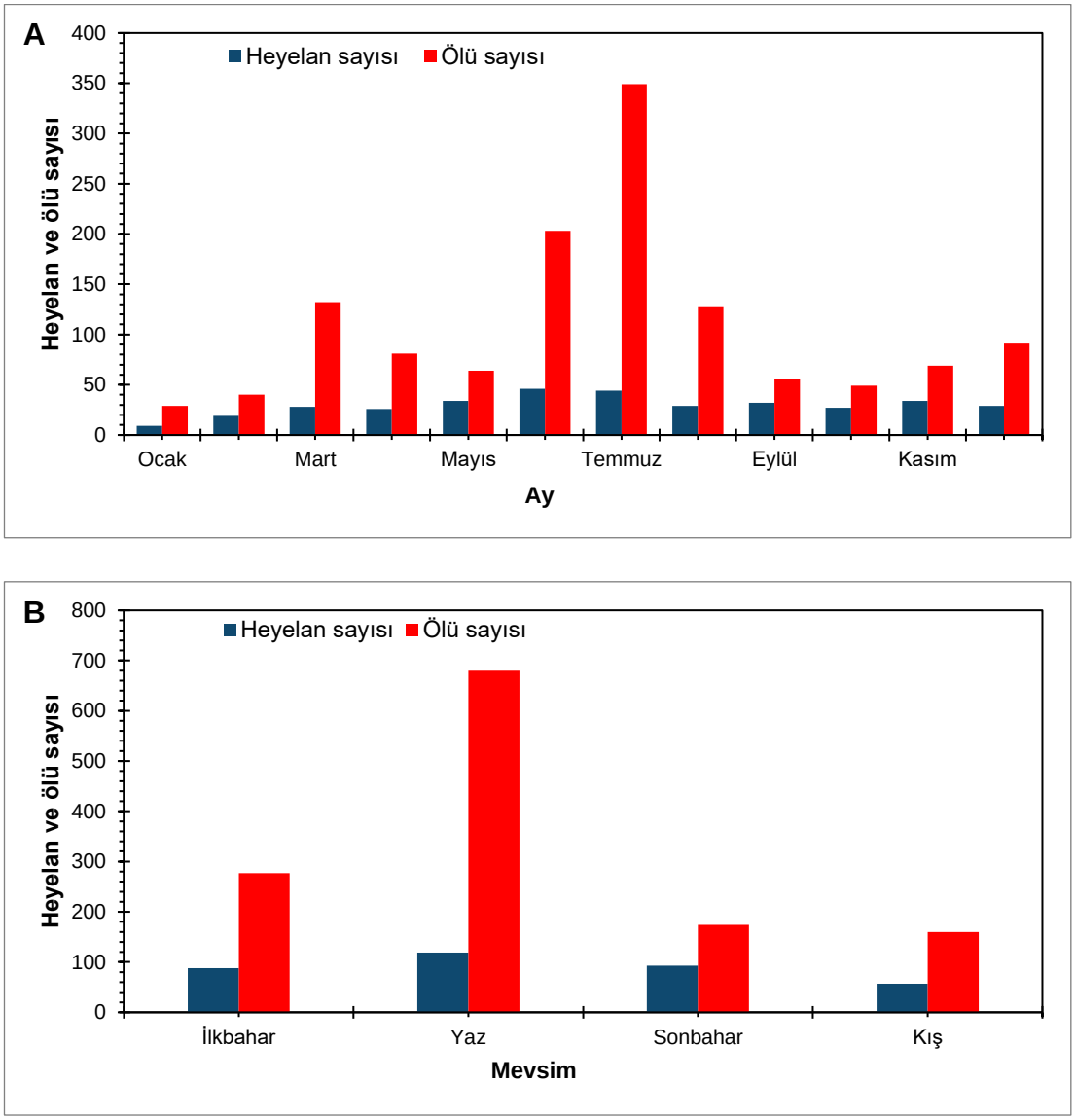
Türkiye genelinde, 1929-2018 yıllarını kapsayan dönem boyunca 1291 kişinin ölümüne sebep olan 357 heyelan olayı kaydedilmiştir. Yıl içerisinde gerçekleşen heyelan olayların zamansal dağılımı çalışma dönemi boyunca yüksek değişkenlik gösterir. En fazla heyelan olayı 2010 yılında (22 olay) gerçekleşmiştir. Heyelan etkinliğinin fazla olduğu diğer yıllar 2011 (21 olay), 1990 (20 olay), 2012 (19 olay) ve 2016 (18 olay) yıllarıdır (Grafik 6.1A). Heyelanların neden olduğu ölü sayısının en fazla olduğu yıl 1929 (148 ölü) yılıdır. Ölü sayısının fazla olduğu diğer yıllar ise 1990 (92 ölü), 1988 (90 ölü), 1995 (75 ölü), 1998 (66 ölü) ve 1980 (57 ölü) yıllarıdır (Grafik 6.1B). 1929-2018 yıllarını kapsayan dönemde yıllık ortalama ölümcül heyelan sayısı 4, ölü sayısı ise 14 olarak belirlenmiştir.

90 yılı kapsayan veri tabanı 15 yıllık dönemler halinde incelendiğinde hem heyelan hem de ölü sayılarındaki artış açık bir şekilde görülmektedir. Son 15 yılda gerçekleşen heyelanların önceki 75 yıla kıyasla önemli ölçüde yüksek olduğu belirlenmiştir. Veri tabanında yer alan toplam 357 heyelan olayının 191'i (%53.5) son 15 yılda gerçekleşmiştir. Ölümlerin ise 677'si (%52.43) son 30 yılda (1989-2003 döneminde 332 ölü, 2004-2018 döneminde 345 ölü) gerçekleşmiştir (Grafik 6.1C).

Ölümcül heyelanlar, 90 yıllık dönem boyunca yaz mevsimde yoğunlaşmış ve gerçekleşen 119 (%33.3) heyelan sonucunda 680 (%52.7) kişi hayatını kaybetmiştir (Grafik 6.2B). Özellikle 44 olay ve 349 ölümün gerçekleştiği Temmuz ayı ile 46 olay ve 203 ölümün gerçekleştiği Haziran ayı öne çıkmaktadır (Grafik 6.2A). Heyelan sayısı bakımından yaz mevsiminden sonra sırasıyla 93 olay (% 26.1) ile sonbahar ve 88 olay (% 24.6) ile ilkbahar mevsimi gelmektedir. Ölü sayısı bakımından da sırasıyla 277 ölüm (% 21.4) ile ilkbahar ve 174 ölüm (%13.5) ile sonbahar mevsimi gelmektedir. Kış mevsimi ise 57 olay (%16) ile heyelan sayısının ve 160 ölüm (%12.4) ile ölü sayının en az olduğu mevsimdir.



Grafik 6.1: (A) Türkiye'de 1929'dan 2018 yılına kadar gerçekleşmiş ölümcül heyelan sayısı, **(B)** neden oldukları ölümlerin yıllık dağılımı ve **(C)** dönemsel dağılımı.



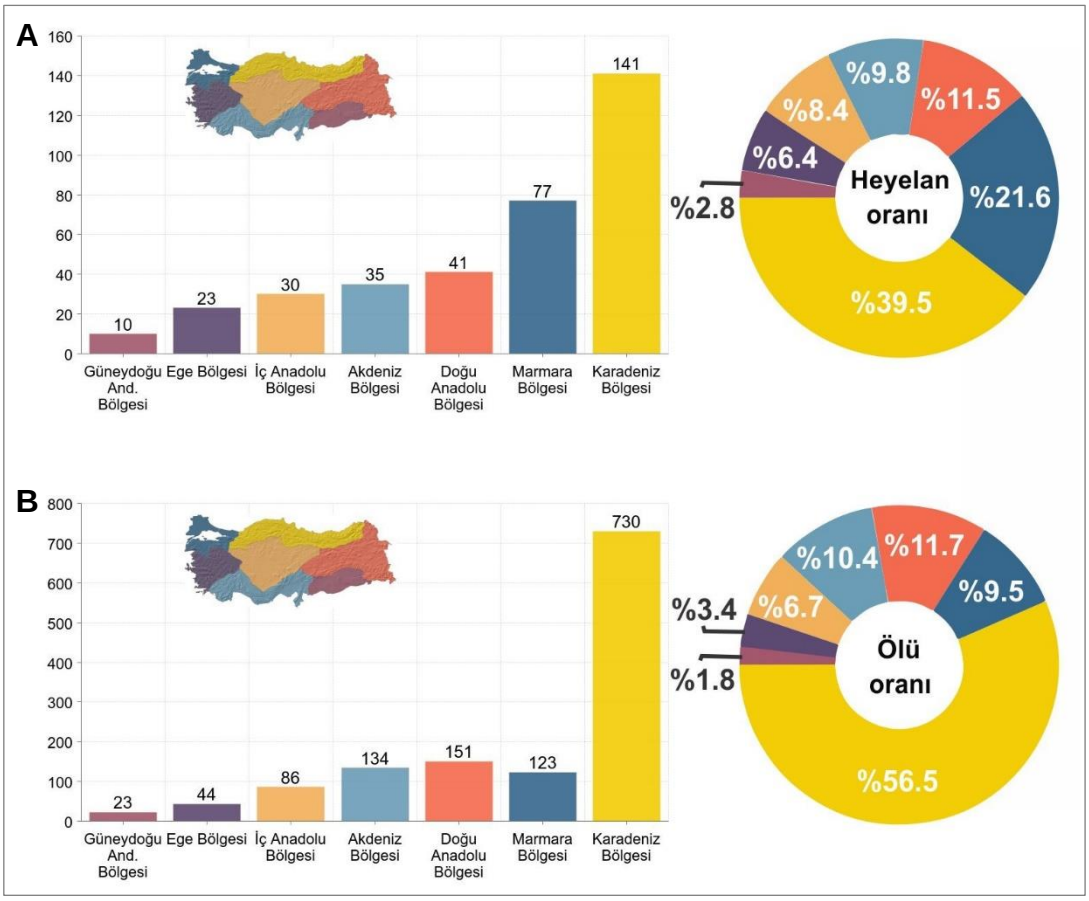
Grafik 6.2: Ölümcül heyelanlar ve neden oldukları ölümlerin **(A)** aylık ve **(B)** mevsimsel dağılımı.

6.2. Ölümcül Heyelanların Mekânsal Dağılımı

6.2.1. Coğrafi Bölge ve Bölüm Ölçeğine Göre Dağılım

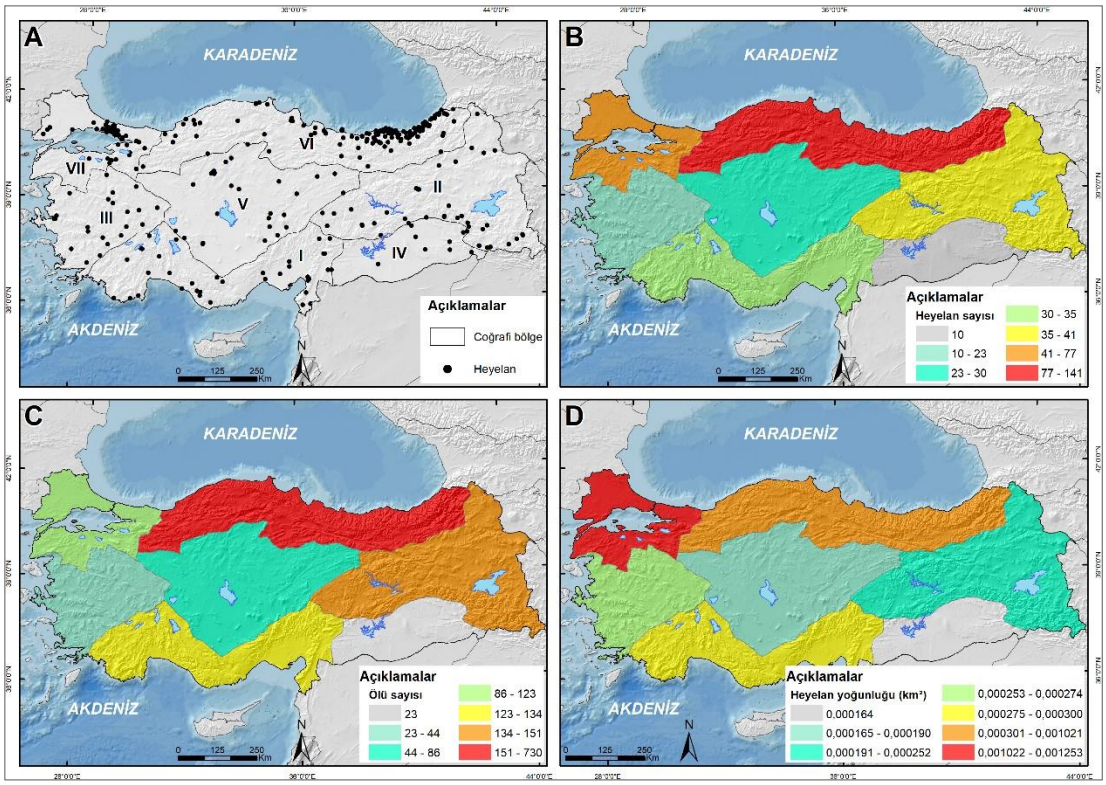
Toplam 357 ölümcül heyelan, ülke geneline dağılmış olmakla birlikte ağırlıklı olarak Karadeniz Bölgesi'nde Kaçkar Dağları'nın kuzeyinde, Marmara Bölgesi'nde İstanbul çevresinde ve Doğu Anadolu Bölgesi'nde Bitlis Kenet Kuşağı buyunca yayılış göstermektedir. Karadeniz Bölgesi, 141 (%39.5) heyelan ile en fazla heyelan

olayının gerçekleştiği bölgedir. Karadeniz Bölgesi'ni sırasıyla Marmara Bölgesi 77 (%21.6), Doğu Anadolu Bölgesi 41 (%11.5), Akdeniz Bölgesi 35 (%9.8), İç Anadolu Bölgesi 30 (%8.4), Ege Bölgesi 23 (%6.4) ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi 10 (%2.8) heyelan olayı ile izlemektedir (Grafik 6.3A).



Grafik 6.3: Coğrafi bölgelere göre **(A)** ölümcül heyelan sayısı ve **(B)** neden oldukları ölümlerin dağılımı**.**

Heyelan olayının en fazla meydana geldiği Karadeniz Bölgesi, aynı zamanda en fazla ölümün de gerçekleştiği bölgedir (Şekil 6.1C). Toplam 1291 ölümün %56.5'ini temsil eden 730 ölüm, Karadeniz Bölgesi'nde yaşanmıştır. Ölü sayısı bakımından Karadeniz Bölgesi'ni takiben Doğu Anadolu Bölgesi 151 (%11.7), Akdeniz Bölgesi 134 (%10.4), Marmara Bölgesi 123 (%9.5), İç Anadolu Bölgesi 86 (%6.7), Ege Bölgesi 44 (%3.4) ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi 23 (%1.8) ölü ile sıralanmaktadır (Grafik 6.3B). Heyelan yoğunluğunun ise en fazla Marmara Bölgesi'nde, en az Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde olduğu görülmektedir (Şekil 6.1D).

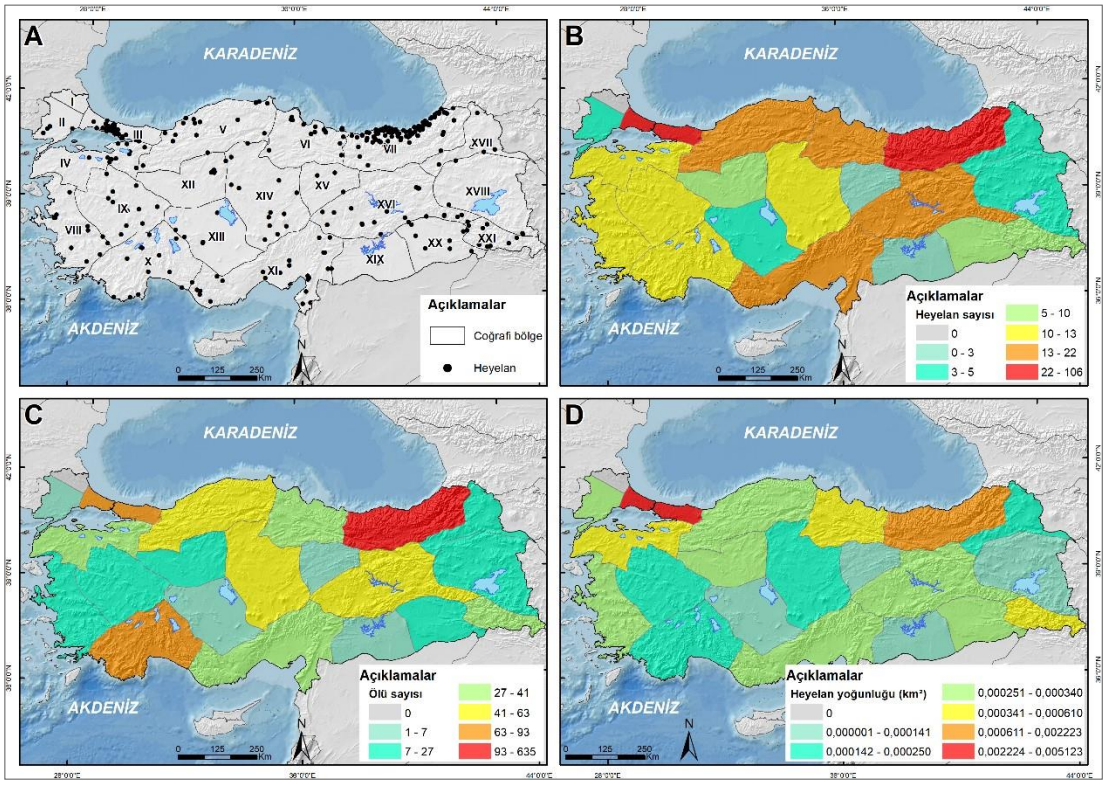


Şekil 6.1: Coğrafi bölge ölçeğinde **(A)** ölümcül heyelanların noktasal dağılımı, **(B)** ölümcül heyelan sayısı, **(C)** ölü sayısı ve **(D)** heyelan yoğunluğu. . **Açıklama: I:** Akdeniz Bölgesi, **II:** Doğu Anadolu Bölgesi, **III:** Ege Bölgesi, **IV:** Güney Doğu Anadolu Bölgesi, **V:** İç Anadolu Bölgesi, **VI:** Karadeniz Bölgesi, **VII:** Marmara Bölgesi.

Coğrafi bölüm ölçeğinde en fazla ölümcül heyelan olayı, 106 olay ile Doğu Karadeniz Bölümü'nde meydana gelmiştir (Şekil 6.2B). Bu sayı, ülke genelinde gerçekleşen heyelan olaylarının %29.7'sine karşılık gelmektedir. 60 olayın meydana geldiği Çatalca Kocaeli Bölümü ise ölümcül heyelan sayısı bakımından ikinci sırada yer almaktadır. Çatalca Kocaeli Bölümü'nde gerçekleşen heyelanlar, ülke genelindeki heyelanların 16.8'ini oluşturmaktadır (Tablo 6.1). Ülke genelindeki ölümcül heyelanların hemen hemen yarısı (%46.5) bu iki coğrafi bölümde gerçekleşmiştir. En az ölümcül heyelan olayı ise Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde meydana gelmiştir.

Doğu Karadeniz Bölümü, ölü sayısı bakımından da dikkat çekmektedir. Coğrafi bölüm ölçeğinde en fazla ölümün bu bölümde olduğu görülmektedir (Şekil 6.2C). Ülke genelinde meydana gelen 1291 ölümün 635'i Doğu Karadeniz Bölümü'nde gerçekleşmiştir. Bu sayı, ülke genelinde gerçekleşen ölümlerin %49,2'sini, Karadeniz Bölgesi'nde gerçekleşen ölümlerin ise %87'sini

oluşturmaktadır (Tablo 6.1). Doğu Karadeniz Bölümü'nde yılda ortalama 7 kişi hayatını kaybetmektedir. Heyelan yoğunluğu bakımından da Çatalca Kocaeli Bölümü'nden sonra ikinci sırada gelmektedir (Şekil 6.2D).



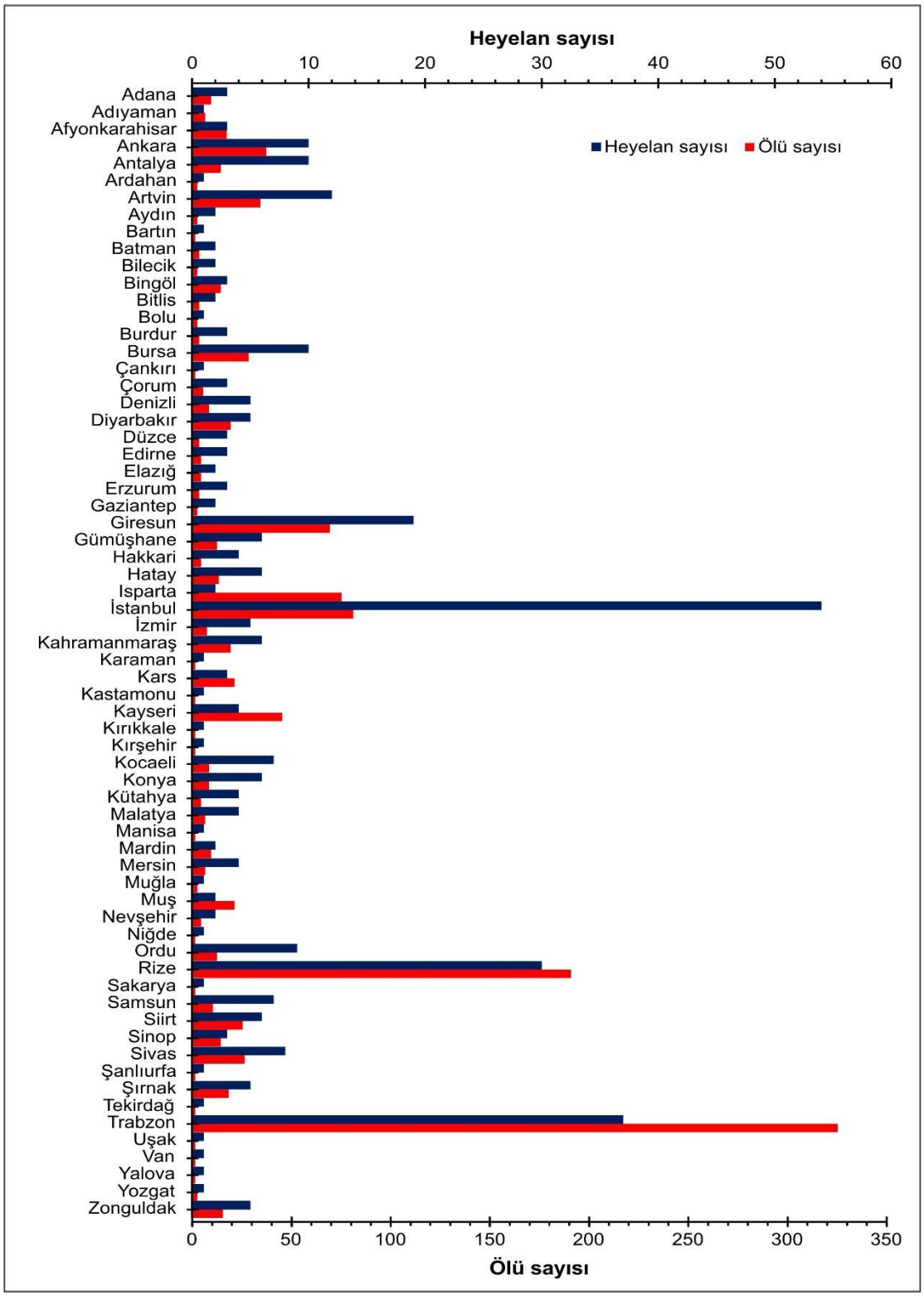
Şekil 6.2: Coğrafi bölüm ölçeğinde **(A)** ölümcül heyelanların noktasal dağılımı, **(B)** ölümcül heyelan sayısı, **(C)** ölü sayısı ve **(D)** heyelan yoğunluğu. **Açıklama: I:** Yıldız Dağları Bölümü, **II:** Ergene Bölümü **III:** Çatalca Kocaeli Bölümü, **IV:** Güney Marmara Bölümü, **V:** Batı Karadeniz Bölümü, **VI:** Orta Karadeniz Bölümü, **VII:** Doğu Karadeniz Bölümü, **VIII:** Ege Bölümü, **IX:** İç Batı Anadolu Bölümü, **X:** Antalya Bölümü, **XI:** Adana Bölümü, **XII:** Yukarı Sakarya Bölümü, **XIII**: Konya Bölümü, **XIV:** Orta Kızılırmak Bölümü, **XIX:** Orta Fırat Bölümü, **XV:** Yukarı Kızılırmak Bölümü, **XVI:** Yukarı Fırat Bölümü, **XVII:** Erzurum Kars Bölümü, **XVIII:** Yukarı Murat Bölümü, **XX:** Dicle Bölümü, **XXI:** Hakkâri Bölümü.

Tablo 6.1: Coğrafi bölüm ölçeğinde, ölümcül heyelanlara ilişkin sayısal değerler.

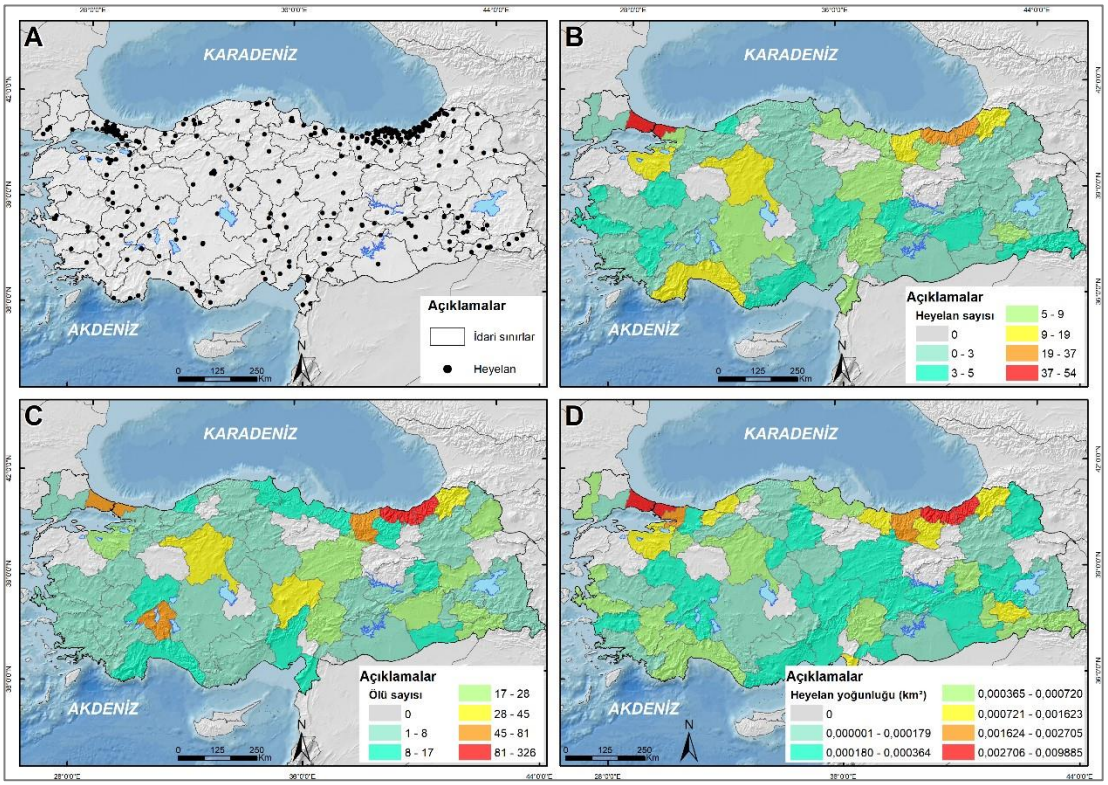
Coğrafi bölüm	Heyelan sayısı	Ölü sayısı	Bölge içi heyelan oranı %	Bölge içi ölü oranı %	Türkiye geneli heyelan oranı %	Türkiye geneli ölü oranı %
Antalya	13	93	37.1	69.4	3.6	7.2
Adana	22	41	62.9	30.6	6.2	3.2
Yukarı Murat	5	24	12.2	15.9	1.4	1.9
Hakkâri	10	40	24.4	26.5	2.8	3.1
Yukarı Fırat	21	63	51.2	41.7	5.9	4.9
Erzurum Kars	5	24	12.2	15.9	1.4	1.9
İç Batı Anadolu	11	27	47.8	61.4	3.1	2.1
Ege	12	17	52.2	38.6	3.4	1.3
Orta Fırat	2	2	20	8.7	0.6	0.2
Dicle	8	21	80	91.3	2.2	1.6
Yukarı Kızılırmak	3	5	10	5.8	0.8	0.4
Konya	5	7	16.7	8.1	1.4	0.5
Yukarı Sakarya	9	16	30	18.6	2.5	1.2
Orta Kızılırmak	13	58	43.3	67.4	3.6	4.5
Batı Karadeniz	17	56	12.1	7.7	4.8	4.3
Orta Karadeniz	18	39	12.8	5.3	5	3
Doğu Karadeniz	106	635	75.2	87	29.7	49.2
Yıldız Dağları	0	0	0	0	0	0
Ergene	4	5	5.2	4.1	1.1	0.4
Güney Marmara	13	30	16.9	24.4	3.6	2.3
Çatalca Kocaeli	60	88	77.9	71.5	16.8	6.8

6.2.2. İl ve İlçe Ölçeğine Göre Dağılım

1929-2018 yılları boyunca Türkiye'deki 81 ilin 66'sında ölümcül heyelan olayı kaydedilmiştir (Şekil 6.3B). Diğer bir deyişle, ülkemizdeki illerin %81.5'i en az bir ölümcül heyelan olayına maruz kalmıştır. İstanbul 54 olay, Trabzon 37 olay ve Rize 30 olay ile en fazla ölümcül heyelanın meydana geldiği illerdir (Grafik 6.4). Aynı zamanda İstanbul 81 ölü, Trabzon 326 ölü ve Rize 191 ölü ile en fazla ölümün de gerçekleştiği illerdir (Şekil 6.3C). İstanbul, Trabzon ve Rize illerinin yanı sıra, Giresun (19 olay), Artvin (12 olay), Ankara (10 olay), Bursa (10 olay) ve Antalya (10 olay) ölümcül heyelanların sık meydana geldiği diğer iller arasında yer almaktadır. Meydana gelen ölü sayıları açısından da Isparta (75 ölü), Giresun (69 ölü), Kayseri (45 ölü), Ankara (37 ölü) ve Artvin (34 ölü) illeri ön plana çıkmaktadır. Isparta (2 olay) ve Kayseri (4 olay) illerinde heyelan sayısı az olmasına rağmen ölü sayısının fazla olması, bir olayın çok sayıda ölüme neden olmasıyla ilişkilidir. Örneğin, 13 Temmuz 1995 tarihinde Isparta iline bağlı Senirkent ilçesinde gerçekleşen heyelan olayı 74 kişinin ölümüne; Kayseri'nin Develi ilçesine bağlı Ayvazhacı mahallesinde gerçekleşen olay ise 42 kişinin ölümüne neden olmuştur.



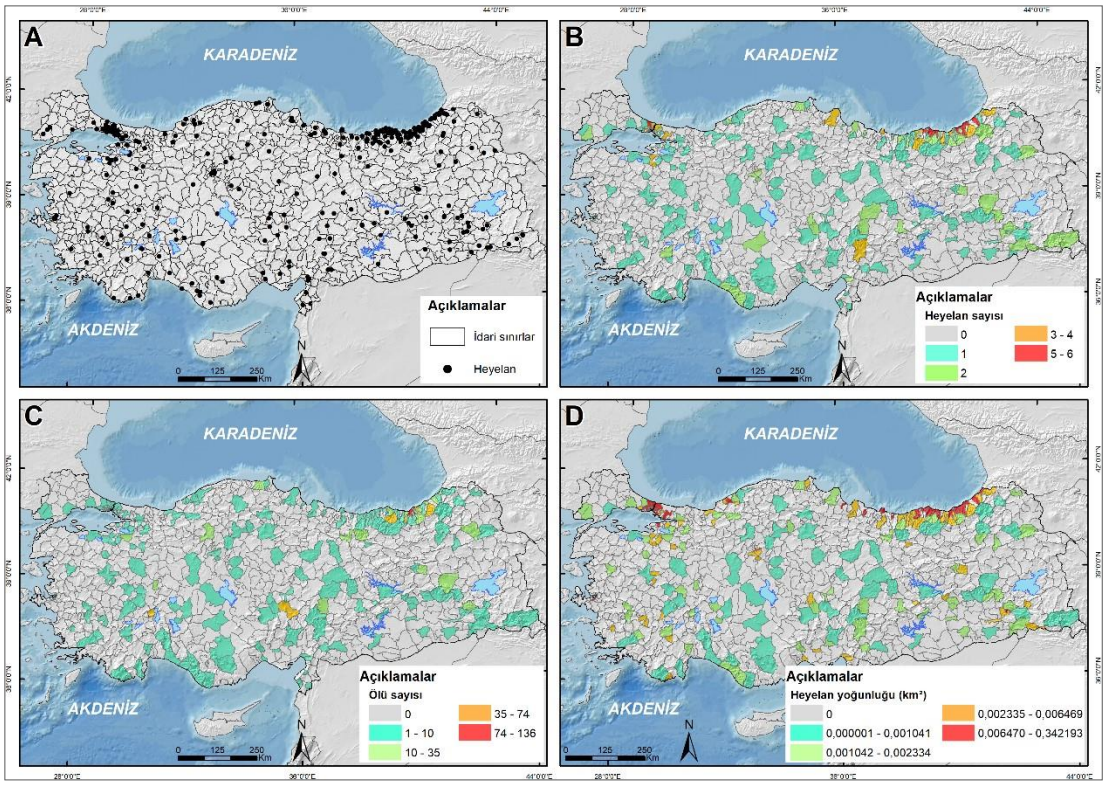
Grafik 6.4: İllere göre ölümcül heyelan sayısı ve neden oldukları ölüm sayısı.



Şekil 6.3: İl ölçeğinde **(A)** ölümcül heyelanların noktasal dağılımı, **(B)** ölümcül heyelan sayısı, **(C)** ölü sayısı ve **(D)** heyelan yoğunluğu.

Türkiye'deki mevcut 973 ilçenin 227'sinde en az bir ölümcül heyelan olayı meydana gelmiştir. İlçelere ait ölümcül heyelan sayıları 1 ile 6 arasında değişmektedir. 6 olayın tespit edildiği Pazar (Rize) ile 5 olayın tespit edildiği Rize merkez, Çayeli (Rize), Fındıklı (Rize), Ortahisar (Trabzon), Akçaabat (Trabzon), Vakfıkebir (Trabzon) ve Eyüpsultan (İstanbul) ilçeleri ölümcül heyelanların en fazla gerçekleştiği ilçelerdir (Şekil 6.3B).

Heyelanların neden olduğu ölü sayıları ele alındığında en fazla ölümün Trabzon'un Of (136 ölü) ilçesinde meydana geldiği görülmektedir. Isparta'nın Senirkent (74 ölü), Trabzon'un Maçka (65 ölü), Rize'nin Çamlıhemşin (58 ölü), Rize merkez (55 ölü), Trabzon'un Köprübaşı (50 ölü), Kayseri'nin Develi (42 ölü) ve Giresun'un Şebinkarahisar (35 ölü) ilçeleri ise en fazla ölümün gerçekleştiği diğer ilçelerdir (Şekil 6.3C).



Şekil 6.4: İlçe ölçeğinde **(A)** ölümcül heyelanların noktasal dağılımı, **(B)** ölümcül heyelan sayısı, **(C)** ölü sayısı ve **(D)** heyelan yoğunluğu.

6.3. Tetikleyici Faktörler

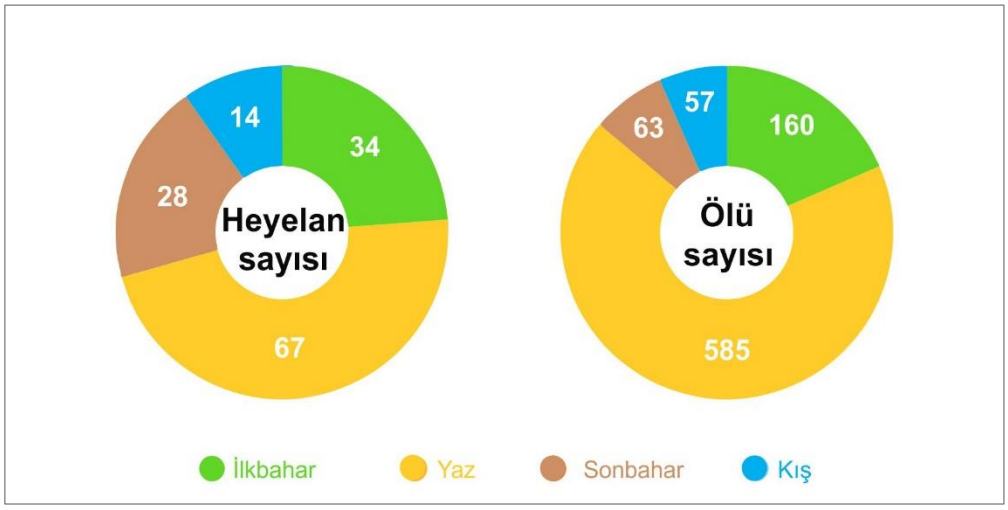
Ölümcül heyelanlar, hem doğal faktörlere hem de insan aktivitesine (Antropojenik) bağlı olarak tetiklenebilir. Çalışma kapsamında tespit edilen 357 ölümcül heyelanın 143'ü doğal faktörlere, 169'u antropojenik faktörlere bağlı olarak tetiklendiği belirlenmiştir. 45 olayın ise tetikleyici faktörü tespit edilememiştir.

6.3.1. Doğal Faktörler İle Tetiklenen Ölümcül Heyelanlar

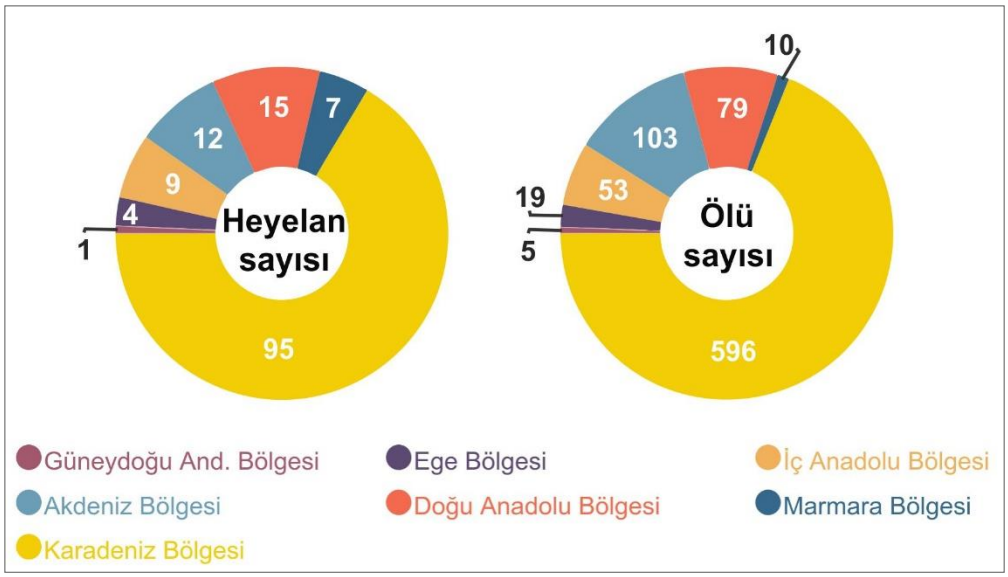
Ülkemizde doğal faktörler ile tetiklendiği tespit edilen 143 heyelan olayı 865 kişinin ölümüyle sonuçlanmıştır. 40 farklı ilde kaydedilen toplam 143 ölümcül heyelan olayının 140'ı yağış, 3'ü ise kar erimesi faktörüne bağlı olarak tetiklenmiştir. Bu heyelanların gerçekleşmesi iklim koşullarıyla ilişkili olduğu için olay sayıları mevsimsel farklılıklar göstermektedir. 67 olayın (%46.9) ve 585 ölümün (%67.6) meydana geldiği yaz mevsimi hem olay hem de ölüm frekansının en fazla olduğu mevsim olarak öne çıkmaktadır. Yaz mevsiminden sonra sırasıyla, 34 olay ve 160

ölüm ile ilkbahar; 28 olay ve 63 ölüm ile sonbahar; 14 olay ve 57 ölüm ile kış mevsimi gelmektedir (Grafik 6.5).

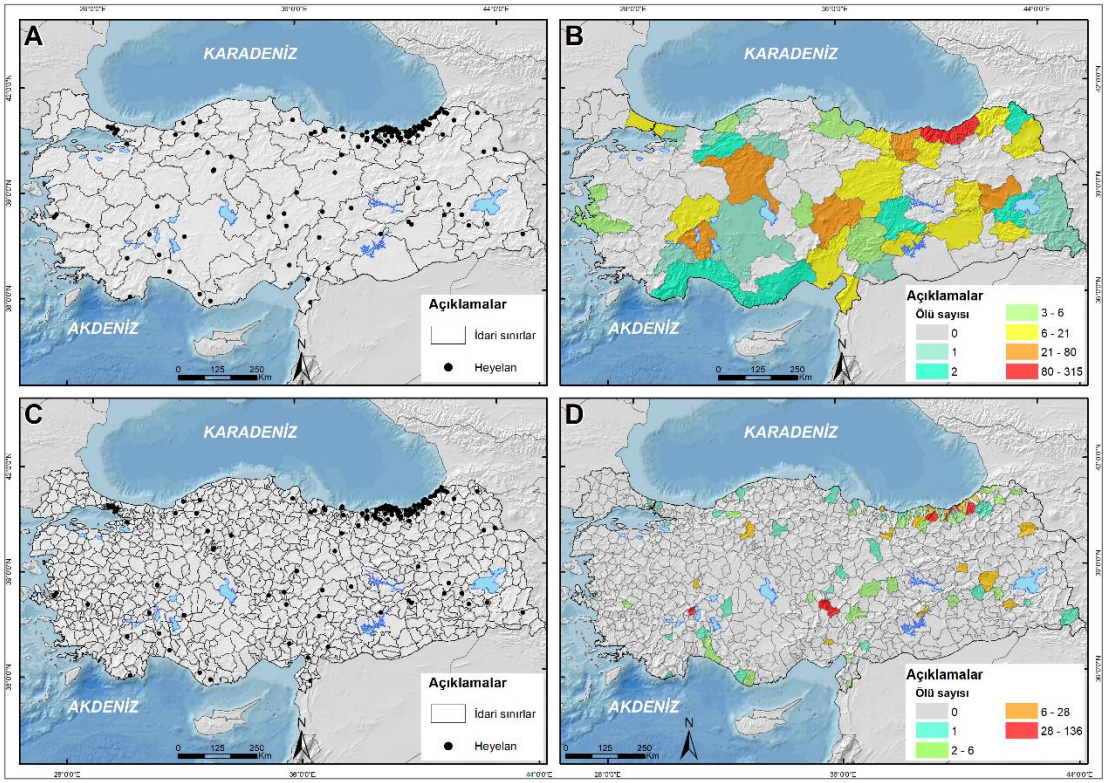
Doğal faktörlerle tetiklenmiş 143 ölümcül heyelan olayının 95'i (%66.4) Karadeniz Bölgesi'nde meydana gelmiş ve 596 (%68.9) kişi hayatını kaybetmiştir (Grafik 6.6). Doğu Karadeniz Bölümü'nde ise 79 olay sonucu 540 kişi hayatını kaybetmiştir. Trabzon (33 olay ve 315 ölü) ve Rize (24 olay ve 173 ölü) en fazla olayın ve ölümün gerçekleştiği illerdir. Bu sayılar, doğal faktörlere bağlı olarak tetiklenen ölümcül heyelanların büyük bir bölümünün Karadeniz Bölgesi'nde ve özellikle Doğu Karadeniz Bölümü'nde gerçekleştiğini göstermektedir.



Grafik 6.5: Doğal faktörler ile tetiklenen ölümcül heyelanların ve neden oldukları ölümlerin mevsimsel dağılımı.



Grafik 6.6: Doğal faktörler ile tetiklenen ölümcül heyelanların ve neden oldukları ölümlerin coğrafi bölgelere göre dağılımı.

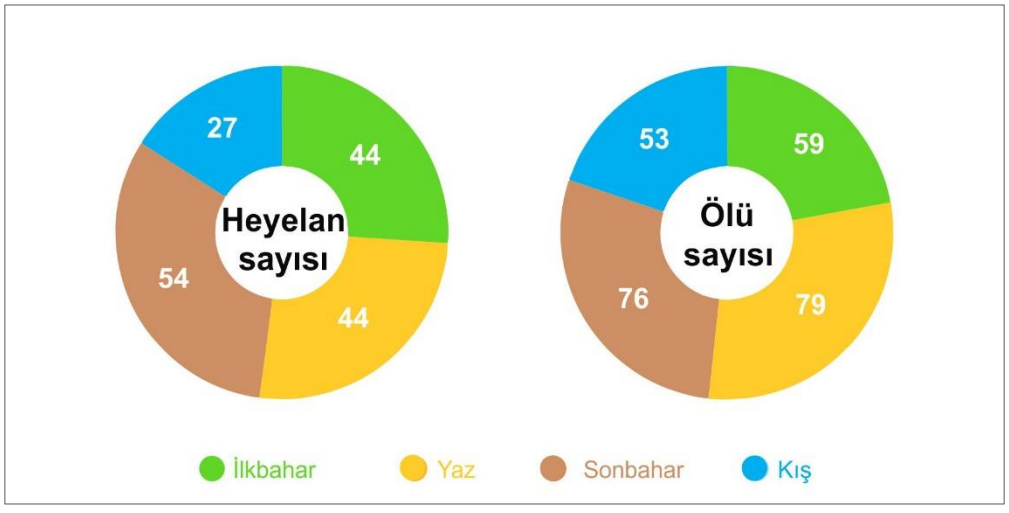


Şekil 6.5: Doğal faktörler ile tetiklenen ölümcül heyelanların **(A)** il ölçeğinde noktasal dağılımı, **(B)** il ölçeğinde ölü sayısı, **(C)** ilçe ölçeğinde noktasal dağılımı ve **(D)** ilçe ölçeğinde ölü sayısı.

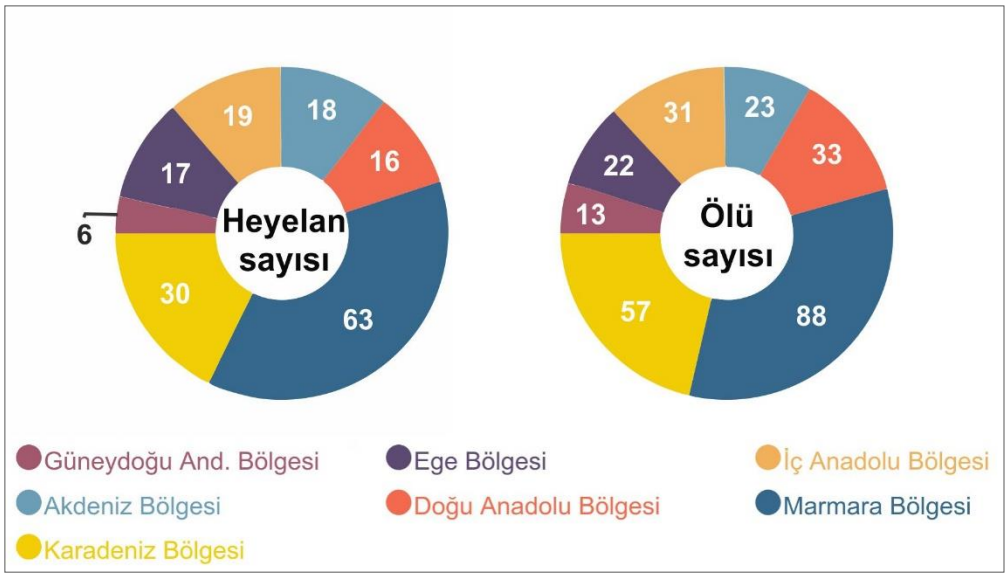
6.3.2. Antropojenik Faktörler İle Tetiklenen Ölümcül Heyelanlar

Çalışma kapsamında tespit edilen 169 ölümcül heyelan antropojenik faktörlere bağlı olarak tetiklenmiştir. Altyapı çalışmaları (maden, yol yapım çalışmaları, kanalizasyon, su kanalı, su kuyusu, içme ve kullanma suyu şebekesi) nedeniyle 114 olay, inşaat çalışmaları (temel atma çalışmaları, hafriyat ve baraj inşası) nedeniyle 49 olay, arkeoloji çalışmaları nedeniyle 3 olay ve dere ıslah çalışmaları nedeniyle de 3 olay meydana gelmiştir. Bu heyelanlar 267 kişinin ölümüne neden olmuştur. 54 olay ve 76 ölümün gerçekleştiği sonbahar mevsiminin, 44 olay ve 79 ölümün gerçekleştiği yaz mevsimine göre nispeten daha ön planda olduğu görülmektedir. İlkbahar mevsiminde 44 olay ve 59 ölüm; kış mevsiminde ise 27 olay ve 53 ölüm gerçekleşmiştir (Grafik 6.7).

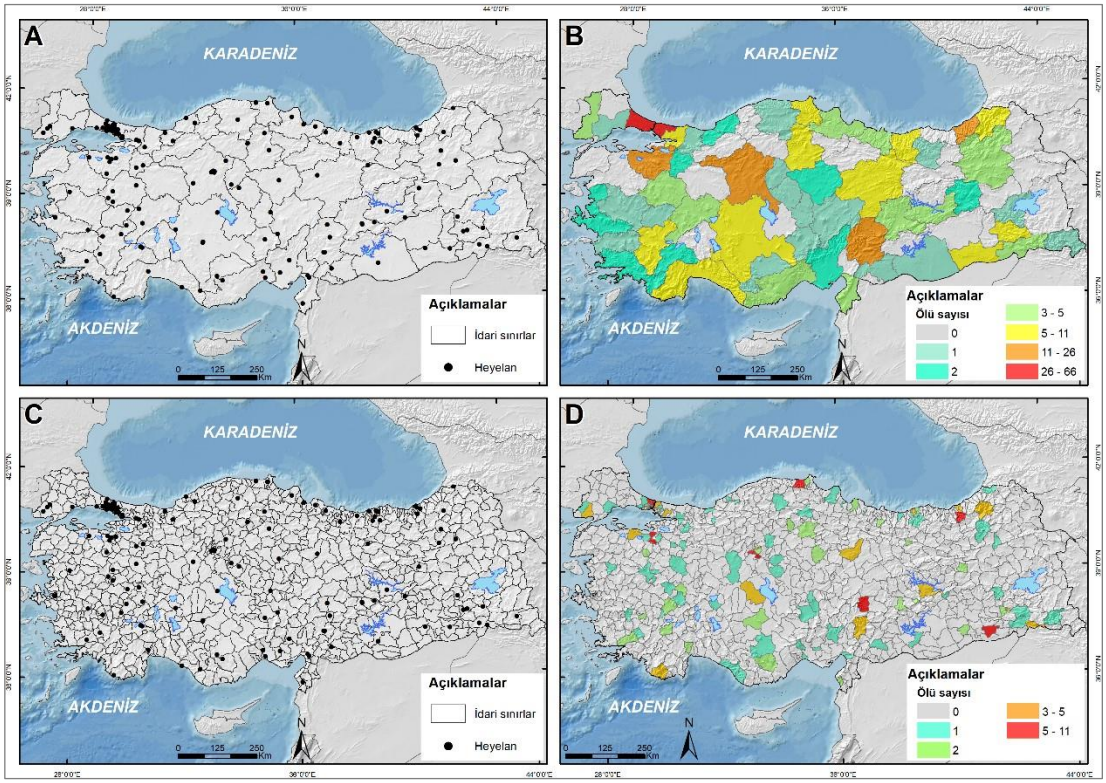
Marmara Bölgesi, antropojenik faktörlere bağlı olarak tetiklenmiş ölümcül heyelan (63 olay) ve ölü sayısının (88 ölü) en fazla meydana geldiği coğrafi bölgedir. Toplam 169 ölümcül heyelanın neden olduğu 267 ölüm 53 farklı ilde meydana gelmiştir (Grafik 6.8). Bu illerden biri olan İstanbul, 46 olay ve 66 ölüm ile olay ölü frekansının en fazla olduğu ildir.



Grafik 6.7: Antropojenik faktörler ile tetiklenen ölümcül heyelanların ve neden oldukları ölümlerin mevsimsel dağılımı.



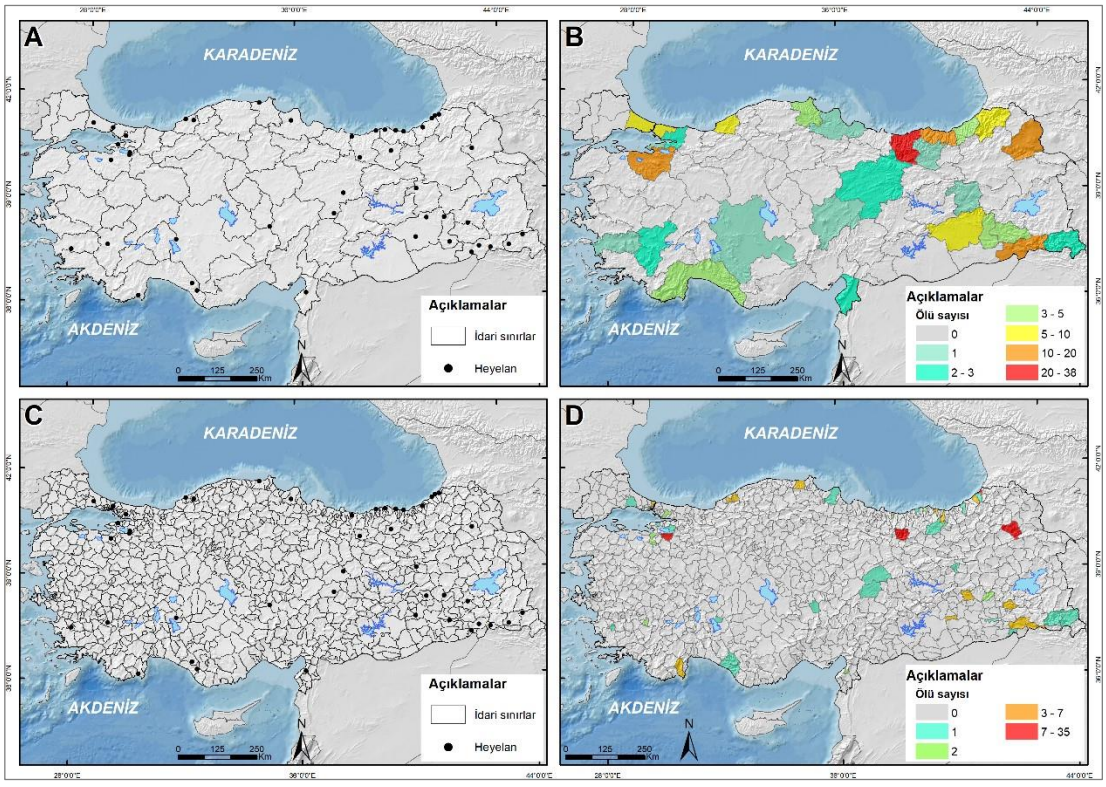
Grafik 6.8: Antropojenik faktörler ile tetiklenen ölümcül heyelanların ve neden oldukları ölümlerin coğrafi bölümlere göre dağılımı.



Şekil 6.6: Antropojenik faktörler ile tetiklenen ölümcül heyelanların **(A)** il ölçeğinde noktasal dağılımı, **(B)** il ölçeğinde ölü sayısı, **(C)** ilçe ölçeğinde noktasal dağılımı ve **(D)** ilçe ölçeğinde ölü sayısı.

6.3.3. Tetikleyici Faktörü Belirlenemeyen Ölümcül Heyelanlar

Veri tabanında yer alan 45 ölümcül heyelan olayının tetikleyici faktörü tespit edilememiştir. Bilinmeyen olarak sınıflanan bu 45 heyelan olayı 159 kişinin ölümüne neden olmuştur. Mevsimsel olarak İlkbahar 10 olay ve 58 ölüm; kış 16 olay ve 50 ölüm; sonbahar 11 olay ve 35 ölüm; yaz ise 8 olay ve 16 ölüm şeklinde dağılım göstermektedir. Karadeniz Bölgesi 16 olay ve 77 ölüm; Doğu Anadolu Bölgesi 10 olay ve 39 ölüm; Marmara Bölgesi 7 olay ve 25 ölüm; Akdeniz Bölgesi 5 olay ve 8 ölüm; Güneydoğu Anadolu Bölgesi 3 olay ve 5 ölüm; Ege Bölgesi 2 olay ve 3 ölüm; İç Anadolu Bölgesi 2 olay ve 2 ölüm olarak yedi coğrafi bölge de dağılım gösteren bu ölümcül heyelanlar genel olarak 23 farklı ilde meydana gelmiştir. Tetikleyici faktörü tespit edilemeyen 3 olay sonucu 38 ölümün gerçekleştiği Giresun ili dikkat çekmektedir. Bu durum bir olayın çok sayıda ölüme neden olmasıyla ilişkilidir. 1964 yılında Giresun ilinin Şebinkarahisar ilçesinde tetikleyici faktörü tespit edilemeyen bir heyelan sonucu 35 kişi hayatını kaybetmiştir.



Şekil 6.7: Tetikleyici faktörü belirlenemeyen ölümcül heyelanların **(A)** il ölçeğinde noktasal dağılımı, **(B)** il ölçeğinde ölü sayısı, **(C)** ilçe ölçeğinde noktasal dağılımı ve **(D)** ilçe ölçeğinde ölü sayısı.

6.4. Hazırlayıcı Koşullar

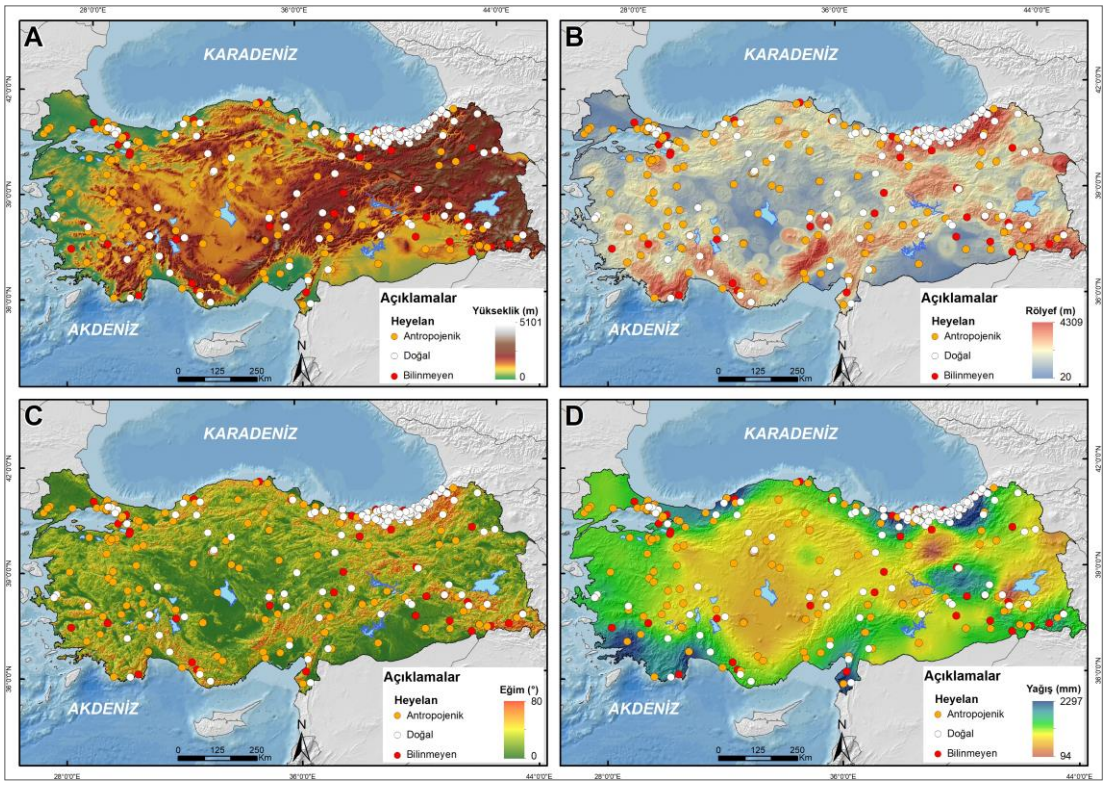
Yükselti değerleri 11 sınıfa ayrılarak heyelan sayıları ve heyelan sayısının yükselti basamağı alanına bölünmesinden elde edilen yoğunluk değerleri ele alınmıştır. Buna göre ölümcül heyelan olaylarının dağılımı 0-2300 metre arasında yer almaktadır. Ölümcül heyelanların yoğunluğu yükseltinin artmasına bağlı olarak azalış göstermektedir. Yükseltinin 0-100 metre arasında değiştiği bölgeler, ölümcül heyelanların en fazla (75 olay) gerçekleştiği yerlerdir. Bu bölgelerde gerçekleşen olayların büyük bir bölümünü antropojenik faktörlerle tetiklenen heyelanlar (47 olay) oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra, 800-1100 metre yüksekliğindeki bölgelerde de antropojenik faktörlerle tetiklenen olaylar sık görülmektedir. Doğal faktörlerle tetiklenen ölümcül heyelanlara ise 500-800 metre yüksekliğindeki bölgelerde daha sık rastlanmaktadır. 1400 metreden itibaren heyelan sayısı keskin bir düşüş göstermekle beraber 2300 metreden daha yüksek yerlerde ise heyelan kaydedilmemiştir (Grafik 6.9A).

Maksimum yüksekliğin minimum yüksekliğe farkı olarak tanımlanan rölatif yükseklik veya topoğrafik rölyef değerleri ise 7 sınıfa ayrılarak yoğunluk ve heyelan sayıları ele alınmıştır. Heyelan yoğunluğu rölatif yüksekliğin 2500 metrenin üzerinde olduğu bölgelerde en fazladır. En fazla heyelan olayı (77 olay) rölatif yüksekliğin 1400-2000 metre arası olduğu bölgelerde kaydedilmiştir. Doğal faktörlerle tetiklenen ölümcül heyelanlar rölatif yüksekliğin 3100 metre olduğu yerlere kadar arttığı görülürken, bu heyelanların yaklaşık % 50'sini oluşturan 71 olay rölatif yüksekliğin 2000-3100 metre arasındaki bölgelerde kaydedilmiştir. Antropojenik faktörlerle tetiklenen ölümcül heyelanların ise yaklaşık % 75'ine karşılık gelen 126 olay da rölatif yüksekliğin 300-2000 metre arasındaki bölgelerde kaydedilmiştir (Grafik 6.9B).

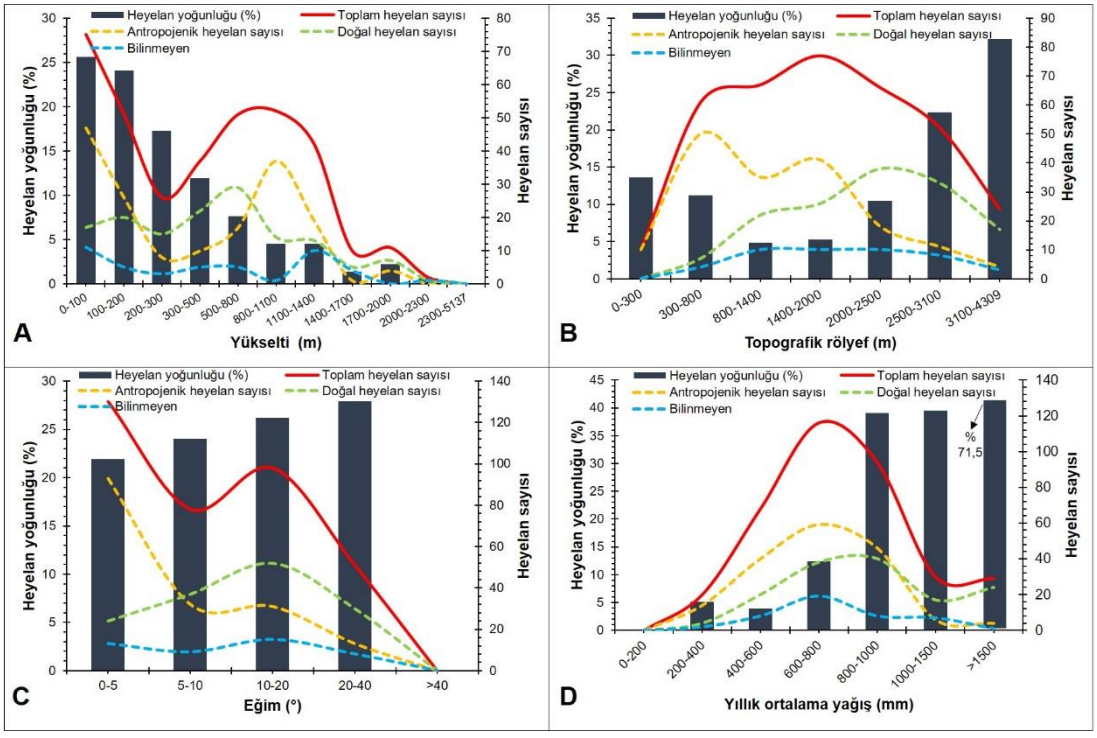
Eğim artışına paralel olarak (40°'ye kadar) ölüme neden olmuş heyelan yoğunluğunda da artış olduğu görülmektedir. Eğimin 40°'den fazla olduğu bölgelerde ölümcül heyelan olayı kaydedilmemiştir. 0-5° eğime sahip bölgeler en fazla ölümcül heyelanın (130 olay) kaydedildiği eğim grubudur. Az eğimli veya düz olarak sınıflanan bu eğim grubundaki heyelanların % 55'i (95 olay) antropojenik faktörlerle tetiklenen heyelanlardır. Bu heyelanlar, 5°'den itibaren azalış göstermektedir. Eğim faktörünün

etkisi, doğal faktörlerle tetiklenen ölümcül heyelanlar üzerinde belirgin olarak görülmektedir. Doğal faktörlerle tetiklenen heyelanlar eğime paralel olarak artmakta ve 20°'den itibaren belirli bir ölçüde azalmaktadır. Orta eğimli olarak sınıflanan 10-20° eğim grubu, doğal faktörlerle tetiklenen heyelanların en sık kaydedildiği bölgelerdir (Grafik 6.9C).

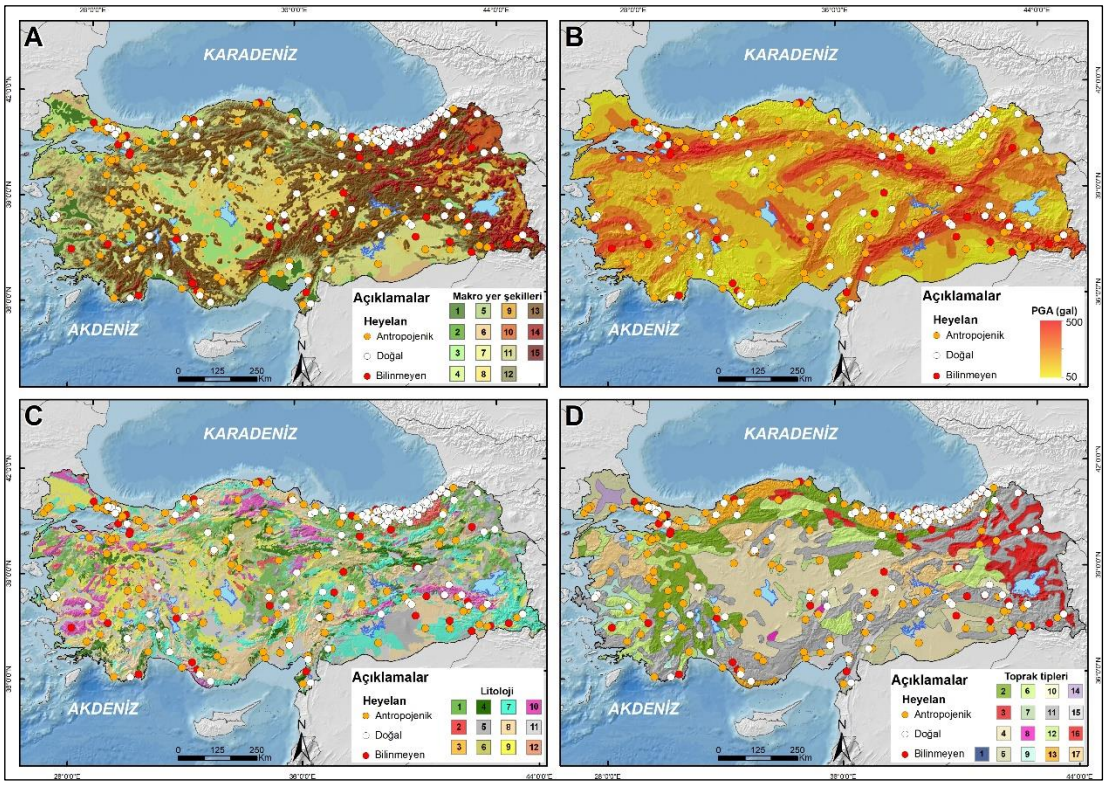
Ölümcül heyelanların yoğunluğu ile ortalama yağış miktarı paralellik göstermektedir. Yağış miktarının artmasına bağlı olarak heyelan yoğunluğu da artmaktadır. Ancak heyelan sayısı ile ortalama yağış miktarı arasında benzer bir paralellik görülmemektedir. Yıllık ortalama yağış miktarının 600-800 mm arasında değiştiği bölgelerde ölümcül heyelanlar daha sık gerçekleşmiştir (116 olay). Antropojenik faktörlerle tetiklenen heyelanların sıklığı, ortalama yağış miktarının 600-800 mm arasında olduğu bölgelerde daha fazlayken; doğal faktörlerle tetiklenen heyelanların sıklığı ise ortalama yağış miktarının 800-1000 mm arasında olduğu bölgelerde daha fazladır (Grafik 6.9D). Yağış, ölümcül heyelanların meydana gelmesinde en önemli tetikleyici faktörlerden biridir. Bu nedenle, yağış ile ölümcül heyelanlar arasındaki ilişkiyi daha anlamı kılabilmek için yağış faktörünün etkisi tartışma bölümünde ele alınacaktır. Aynı şekilde yükselti, topoğrafik rölyef ve eğim koşulları da tartışma bölümünde kapsamlı olarak değerlendirilecektir.



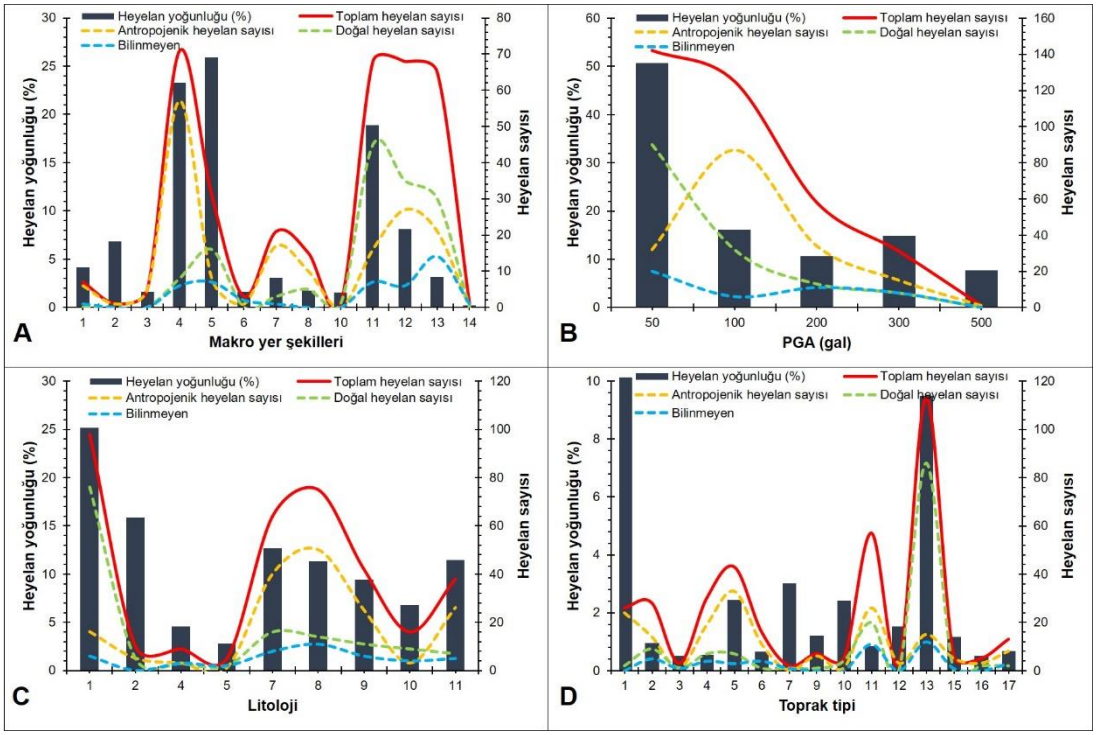
Şekil 6.8: Ölümcül heyelanların dağılımı; **(A)** yükselti, **(B)** topoğrafik rölyef, **(C)** eğim ve **(D)** yıllık ortalama yağış.



Grafik 6.9: Ölümcül heyelanların yoğunluğu ve sayısının dağılımı; **(A)** yükselti, **(B)** topoğrafik rölyef, **(C)** eğim ve **(D)** yıllık ortalama yağış.



Şekil 6.9: Ölümcül heyelanların dağılımı; **(A)** makro yer şekilleri, **(B)** PGA (Maksimum yer ivmesi), **(C)** litolojik birimler ve **(D)** toprak tipleri. **Açıklama: A: (1)** Ovalar; **(2)** Orta yükseltideki ovalar; **(3)** Yüksek ovalar; **(4)** Alçak alanlar; **(5)** Engebeli alçak alanlar; **(6)** Platformlar; **(7)** Alçak platolar; **(8)** Orta yükseltideki platolar; **(9)** Yüksek platolar; **(10**) Çok yüksek platolar; **(11)** Engebeli alanlar; **(12)** Alçak dağlar; **(13)** Orta yükseltideki dağlar; **(14)** Yüksek dağlar; **(15)** Çok yüksek dağlar. **C: (1)** Ortaç volkanik kayalar; **(2)** Asidik plütonik kayaçlar; **(3)** Asidik volkanik kayaçlar; **(4)** Bazik plütonik kayaçlar; **(5)** Bazik volkanik kayalar; **(6)** Evaporitler; **(7)** Karbonatlı kayaçlar; **(8)** Karışık tortul kayaçlar; **(9)** Klastik tortul kayaçlar; **(10**) Metamorfik kayaçlar; **(11)** Pekişmemiş tortul kayaçlar; **(12)** Piroklastikler. **D: (1)** Rendzina; **(2)** Calcic Cambisol; **(3)** Calcic Kastanozem; **(4)** Calcic Xerosol; **(5)** Chromic Luvisol; **(6)** Eutric Cambisol; **(7)** Eutric Regosol; **(8)** Gleyic Solonchak; **(9)** Calcaric Fluvisol; **(10**) Haplic Xerosols **(11)** Lithosol; **(12)** Luvic Xerosol; **(13)** Orthic Acrisol; **(14)** Pellic Vertisol; **(15)** Chromic Vertisol; **(16)** Haplic Kastanozem; **(17)** Orthic Luvisol.



Grafik 6.10: Ölümcül heyelanların yoğunluğu ve sayısının dağılımı; **(A)** makro yer şekilleri, **(B)** PGA (Maksimum yer ivmesi), **(C)** litolojik birimler ve **(D)** toprak tipleri (Bkz: Şekil 6.9 Açıklama).

Veri tabanında yer alan ölümcül heyelanlar, her ne kadar tek bir faktöre bağlı olarak tetiklense de gerçekleşmesinde birden fazla hazırlayıcı koşul etkili olabilmektedir. Heyelanların dağılımında etkili olan yükseklik, rölatif yükseklik ve yamaç eğimi gibi topoğrafik özelliklerin yanı sıra, bunların bütününden oluşan yer şekillerinin de ele alınması, ülkemizde gerçekleşmiş olan ölümcül heyelanların daha iyi anlaşılmasına fayda sağlayacaktır. Bu nedenle, ayırt edilen on beş farklı makro yer şekli üzerinde ölümcül heyelanların yoğunluğu ve sayıları incelenmiştir. Bunun sonucunda ölümcül heyelanların % 76'sının alçak alanlar, engebeli alçak alanlar, alçak platolar, orta yükseltideki platolar, engebeli alanlar, alçak dağlar ve orta yükseltideki dağlar olarak sınıflanan yer şekillerinde yoğunlaştığı belirlenmiştir. Bu yer şekilleri üzerindeki heyelanların dağılımı olay sayısı bakımından farklılık göstermektedir. Ancak olay sayıları tetikleyici faktörleriyle ele alındığında, yer şekilleriyle heyelanlar arasında anlamlı bir uyumluluk olduğu görülmektedir. Antropojenik faktörlerle tetiklenen heyelanlar ağırlıklı olarak alçak alanlar, alçak platolar ve orta yükseltideki platolara karşılık gelirken; doğal faktörlere bağlı olarak tetiklenen heyelanlar ise

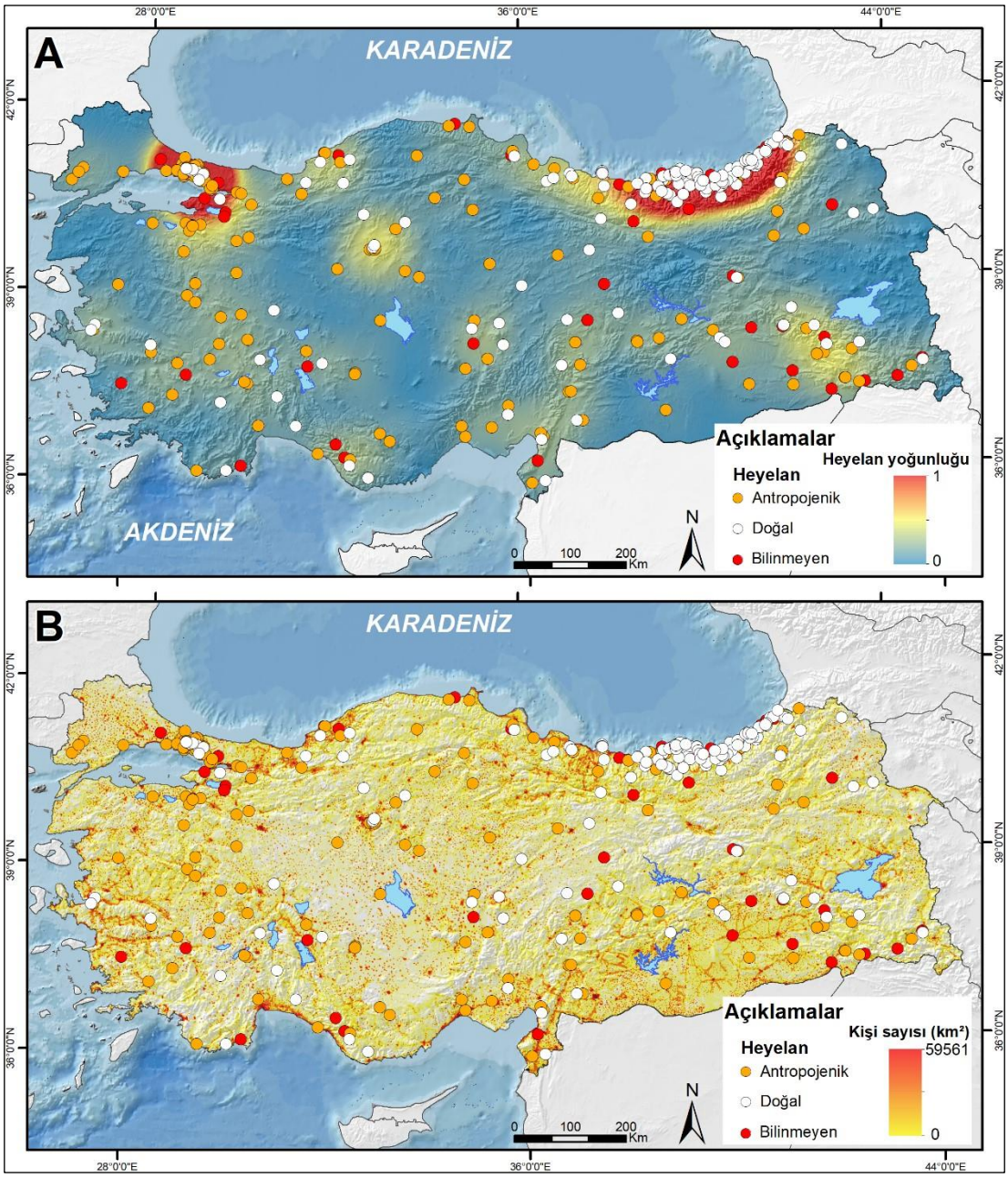
engebeli alçak alanlar, engebeli alanlar, alçak dağlar ve orta yükseltideki dağlara karşılık gelmektedir (Grafik 6.10A).

Ayrışma, bozunma derecesi, dayanım ve geçirimlilik gibi özellikler üzerinde etkili olan litolojik özellikler, yamaç duraylılığını etkileyen en önemli heyelan hazırlayıcı koşullardan birdir. Ülke genelinde ölümcül heyelan yoğunluğu ve sayısının (98 olay) en fazla olduğu kayaç gurubu, ortaç volkanik kayaçlar olarak sınıflanan litolojik birimlere karşılık gelmektedir. Bu birimler aynı zamanda doğal faktörlerle tetiklenen heyelanların en fazla olduğu (% 53) kayaç grubudur. Karbonatlı kayaçlar, karışık tortul kayaçlar, klastik tortul kayaçlar ve pekişmemiş karasal kırıntılar olarak sınıflanan kayaç gruplarında ise toplam 181 olay gerçekleşmiştir. Bu litolojik birimler üzerinde gerçekleşen heyelanların büyük bir bölümü antropojenik faktörlerle tetiklenmiştir (Grafik 6.10C).

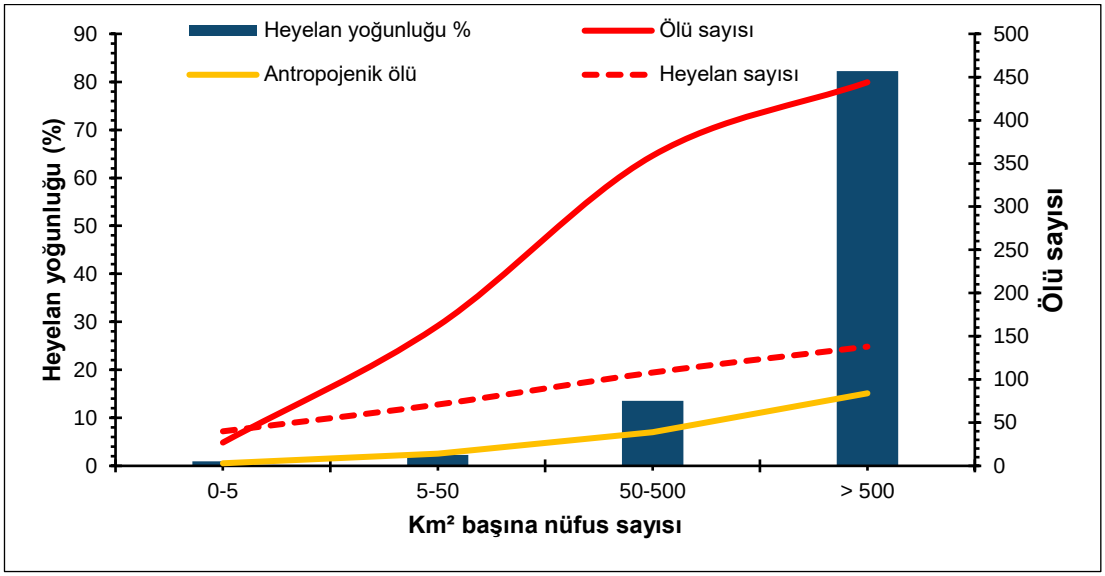
Antropojenik faktörlerle tetiklenen ve İstanbul'da yoğunlaşan 24 olayı içeren Rendzina toprakları, ölümcül heyelan yoğunluğunun en fazla (% 74) olduğu toprak tipidir. Ancak bu durum, Rendzina topraklarının yayılış alanın az olmasından kaynaklanmaktadır. 86'sı doğal faktörlerle tetiklenen heyelanlar olmak üzere toplam 113 olay, Karadeniz Bölgesi'nde geniş yayılış alanına sahip olan Acrisol topraklar üzerinde kaydedilmiştir. Bunun dışında 57 olayın kaydedildiği Lithosol topraklar ile 43 olayın kaydedildiği Luvisol topraklar ön plana çıkan diğer toprak tipleridir (Grafik 6.10D). Toprak tiplerinin karşılıkları Tablo 4.3'te verilmiştir.

Genel olarak, heyelan kaynaklı ölümler ile nüfus yoğunluğu arasında pozitif bir korelasyon olduğu düşünülmektedir. Yoğun nüfuslu bir alanda heyelan meydana gelirse, potansiyel olarak daha fazla kişi heyelana maruz kalacaktır (Oven, 2005). Bir heyelan olayının bu çalışma kapsamında ele alınabilmesi, yaşam kaybına neden olmasıyla ilişkilidir. Dolayısıyla, ölümcül heyelanların gerçekleşmesinde etkili olan topoğrafik rölyef, eğim, yağış ve litoloji gibi faktörlerle birlikte nüfus parametresi de temel bir faktör oluşturmaktadır. Ayrıca insan faktörü, kendi faaliyetlerinin bir sonucu olarak heyelanlar üzerinde tetikleyici role de sahiptir. Yapılan analiz sonucu km² başına düşen nüfus sayısı ile ölümcül heyelanlar arasında güçlü bir ilişki olduğu

görülmektedir. Km² başına nüfus sayısı arttıkça hem heyelan sayısı hem de bu heyelanların neden olduğu ölü sayısı artmaktadır (Grafik 6.11).



Şekil 6.10: Ölümcül heyelanların dağılımı; **(A)** ölümcül heyelan yoğunluğu, **(B)** nüfus yoğunluğu.



Grafik 6.11: Km² başına düşen nüfus sayısına göre heyelan sayısı ve yoğunluğu ile ölü sayısının dağılımı.

YEDİNCİ BÖLÜM
TARTIŞMA ve SONUÇLARIN SENTEZİ

7.1. Tartışma ve Sentez

Türkiye'deki ölüme sebep olan heyelanlara yönelik envanter çalışmasının mekânsal ve zamansal dağılımı analiz edilmiştir. Veri tabanında yer alan heyelanlar yükseklik, eğim, topoğrafik rölyef, makro yer şekilleri, litoloji, toprak tipi ve PGA olmak üzere 7 hazırlayıcı koşul ile yağış ve nüfus olmak üzere 2 tetikleyici faktör ile karşılaştırılmıştır. Heyelanlar tek bir faktöre veya koşula bağlı olarak gelişebildiği gibi birkaç faktöre veya koşula bağlı olarak da meydana gelebilmektedir. Dolayısıyla, bu faktör veya koşullardan hangilerinin etkili olup olmadığının değerlendirilmesi gerekmektedir. Diğer yandan, arşiv envanterinin oluşturulması sırasında kaydedilecek olan ölümcül heyelanların dönemin imkânları ölçüsünde yazılı veya görsel medyaya ulaşıp ulaşmadığı, kitle iletişim araçlarının yaygınlığı ve bu heyelan haberlerine erişimin sağlanması gibi zorlukların da değerlendirilmesi gerekmektedir.

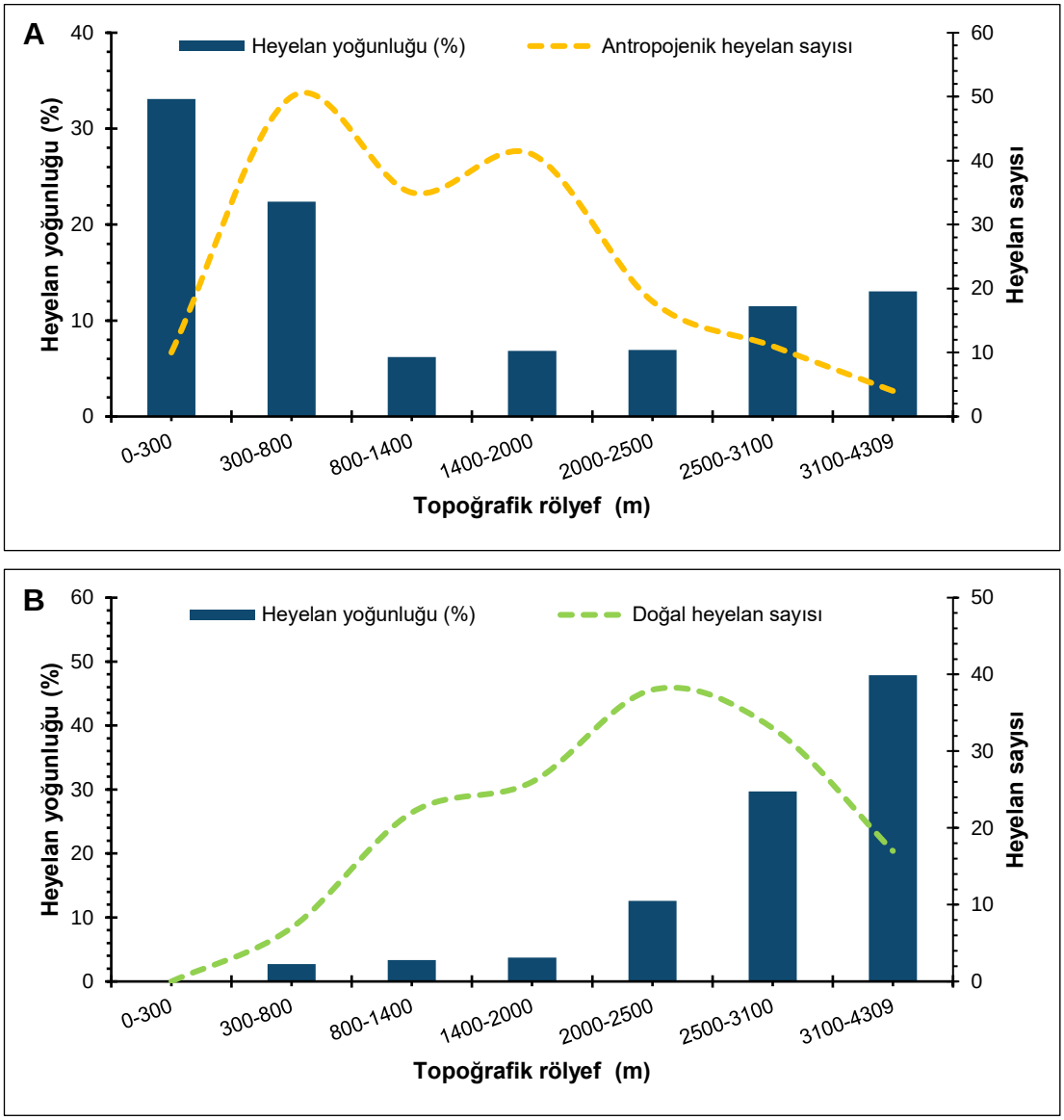
7.1.1. Topoğrafik ve Jeolojik Hazırlayıcı Koşullar

Hazırlayıcı koşullardan biri olan yükseklik, belirli bir noktanın deniz seviyesi veya lokal bir referans yerinden olan yükseltisi olarak tanımlanabilir. Yükseklikle heyelanların ilişkisi literatürde göreceli olarak daha yüksek seviyelerde bulunulan alanların heyelanlara karşı daha duyarlı olduğu yönündedir (Gökçeoğlu ve Ercanoğlu, 2001). Koukis and Ziourkas (1991) tarafından yapılan çalışmada, özellikle dağlık bölgelerdeki yüksek kesimlerin daha fazla yağış alması ve vadilere oranla daha dik olan kesimlerde sismik ivmenin yatay bileşeninin 1.2 ile 1.5 kat daha fazla etkimesi bu duyarlılığın iki temel gerekçesidir (Zolotarev, 1976; Nagarajan vd., 2000; Görüm, 2006). Yükseltiye bağlı olarak yerleşim yoğunluğu giderek azalmaktadır. Bu bakımdan ölümlü heyelan olasılığı düşmektedir. Ancak heyelan oluşumunu kontrol ettiği düşünülen yükselti koşulunun, ölümcül heyelanların dağılımını anlamlı bir şekilde yansıtmadığı saptanmıştır. Buna karşılık, yükselti ile topoğrafik rölyef arasında kıyaslama yapıldığında heyelan olaylarının farklı alanlarda yoğunlaştığı görülmektedir. Genel olarak topoğrafik rölyefin artmasına bağlı olarak heyelan

yoğunluğunun da arttığı gözlenmektedir (Grafik 6.9B). Yoğunluk üzerinde, sınıflanan yükselti aralıklarının alansal olarak büyüklüğü de etkili olmaktadır. Ancak doğal ve antropojenik faktörlere bağlı olarak tetiklenen olayların birbirinden net bir şekilde ayrışmaktadır. Doğal faktörlerle tetiklenen ölümcül heyelanlar topoğrafik rölyefin yüksek olduğu alanlarda yoğunluk gösterirken, antropojenik faktörlerle tetiklenenler ise topoğrafik rölyefin düşük olduğu alanlarda yoğunluk göstermektedir (Grafik 7.1A). Antropojenik kökenli heyelanların topoğrafik rölyef değerinin düşük olduğu alanlarda yoğunlaşmasının nedeni, nüfusun genellikle bu alanlarda toplanmış olması ve insan etkisinin bu alanlarda belirgin olmasıyla ilişkilidir. Topoğrafik rölyefin yüksek olduğu alanlarda ise yamaç stabilitesinin bozulması, yağış ve kar erimesi gibi tetikleyici faktörlerin etkisi doğal etkenlerle oluşan heyelanların bu alanlarda yoğunlaşmasına neden olmaktadır (Grafik 7.1B). Ayrıca doğal kökenli heyelanların gerçekleştiği alanlarda topoğrafik rölyef ortalaması, antropojenik kökenli heyelanların gerçekleştiği alanlardan yaklaşık 600 metre daha fazladır (Tablo 7.1). Dolayısıyla, ölümcül heyelanlar üzerinde etkili olan asıl koşul yükseltiden ziyade topoğrafik rölyeftir.

Yamaçlardaki yerel stabiliteyi ve sediment transferini kontrol eden eğim, heyelan aktivitesinde önemli bir hazırlayıcı koşuldur. Yerçekimine bağlı olarak yamaç üzerindeki malzemenin taşınması, transfer hızı ve boyutu eğim faktörü tarafından denetlenmektedir (Görüm, 2006). Bir hazırlayıcı koşul olarak eğim parametresine birçok çalışmada değinilmiştir (ör., Gökçeoğlu ve Ercanoğlu, 2001; Nefeslioğlu vd., 2011; Görüm, 2017). Eğim değerleri, ölümcül heyelanların tamamının gerçekleştiği alanlarda ortalama 10.5° iken antropojenik ve doğal tetikleyici mekanizmalarına göre ayırt edildiğinde, bu değerlerin doğal kökenli heyelanlar için 14.46°, antropojenik kökenli heyelanlar için ise 8.08° olduğu belirlenmiştir (Tablo 7.1). Bu bakımdan, özellikle Doğu Karadeniz başta olmak üzere eğimin çok yüksek olduğu ve ölümlerin çok yüksek oranda gerçekleştiği doğal kökenli heyelanların kaydedildiği bu alanlar, engebeli alanlara, alçak dağlara ve orta yükseltideki dağlara karşılık gelmektedir (Grafik 6.10A). Doğal faktörlerle tetiklenen heyelanların gerçekleştiği alanlarda ortalama eğim değerleri Antropojenik faktörlerle tetiklenenlerin iki katı kadardır (Tablo 7.1). Antropojenik kökenli ölümcül heyelanlar ağırlıklı olarak alçak alanlara karşılık gelmektedir. Bu tip tetikleyici mekanizmaya ait heyelanlar için genel olarak

doğal eğim koşullarını bilmediğimiz için eğimin antropojenik kökenli heyelanları doğrudan kontrol ettiği söylenemez. Ancak bu durum doğal heyelanlar için çok açıktır.



Grafik 7.1: Ortalama yağışın mevsimlik dağılımı **A:** Heyelan sayıları, **B:** Ölü sayıları.

Anadolu Platosu'nun kuzey sınırlarını oluşturan Kuzey Anadolu orojenik kuşağındaki ana kaya heyelanların dağılımı üç ayrı bölgede yoğunlaşmıştır. Ana kaya heyelanların yoğunlaştığı bu üç bölge arasında batı kesiminde heyelan yoğunluğunun en fazla olduğu bölgedir. Bu oran merkezden Doğu Karadeniz Dağları'na doğru gidildikçe azalmaktadır. Buna karşılık, Doğu Karadeniz Dağları ölümcül sığ heyelanların frekansının yüksek olduğu bir bölge olarak bilinmektedir (Görüm, 2019).

Bu sığ heyelanlar, ortalama kalınlığı 10 metre olan Üst Kretase ve Alt-Orta Eosen volkanitleri ile Paleosen magmatik kayaçlarını kaplayan, aşırı derecede bozunmuş, regolitik zon üzerinde gelişmektedir (Akgün vd., 2008; Nefeslioğlu vd., 2011; Görüm, 2019). Ayrıca, özellikle 1970'lerin başlarında devletin çay tarımı için verdiği politik teşvikler bölgede geniş bir ormansızlaşmaya neden olmuş ve bu alanlarda sığ heyelanlar yaygınlaşmıştır (Nefeslioğlu vd., 2011). Doğal faktörlerle tetiklenen heyelanların %53'üne karşılık gelen 76 olay, Doğu Karadeniz'de ortaç volkanik kayaçlar olarak sınıflanan litolojik birimler üzerinde meydana gelmiştir. Bu litolojik birimler üzerinde yer alan heyelanlar, esasen Karadeniz Bölgesi'nde kimyasal ayrışmanın şiddetli olduğu yerlerde regolitik zonun birkaç metre üzerinde oluşan sığ heyelanlardır.

Türkiye'nin orojenik kuşakları fizyografik olarak denize paralel uzanmaktadır. Deniz seviyesinden ortalama ~1.5 km yüksekliğe sahip olan Kuzey Anadolu Dağları, orta enlem siklonları için bir orografik bariyer oluşturur. Bu orografik etki, Kuzey Anadolu Dağları'nın kıyısı boyunca yüksek yağışların gözlenmesine neden olmaktadır. Özellikle Doğu Karadeniz (Doğu Pontidler) yağış miktarı 2000 mm'nin üzerine çıkabilmektedir (Görüm, 2019). Çalışma kapsamında tespit edilen doğal faktörlere bağlı olarak tetiklenen ölümcül heyelan olaylarının bu bölgede yoğunlaştığı görülmektedir. Benzer yağış girdisi Türkiye'nin güneybatı ucundaki Muğla ve Antalya çevresinde de olmasına rağmen, ölümcül heyelan yoğunluğu bu bölgede yok denecek kadar azdır. Bu durum iki bölge arasındaki litolojik farklılıkla ilişkilidir. Muğla ve Antalya'nın yer aldığı Batı Toroslardaki heyelanlar, yaygın litolojik birim olan kireçtaşı üzerinde değil, çoğunlukla 2000 metrenin üzerindeki zonda allokton-otokton geçişindeki naplara karşılık gelen killi birimler üzerinde gerçekleşmektedir. Heyelanların bu alanlarla sınırlı olması ve aynı zamanda bu alanlarda nüfus yoğunluğunun düşük olması dolayısıyla, günümüze kadar ölümcül bir heyelan kaydedilmemiştir.

Tablo 7.1: Heyelan hazırlayıcı koşullara ve tetikleyici faktörlere ilişkin tanımlayıcı istatistik değerleri.

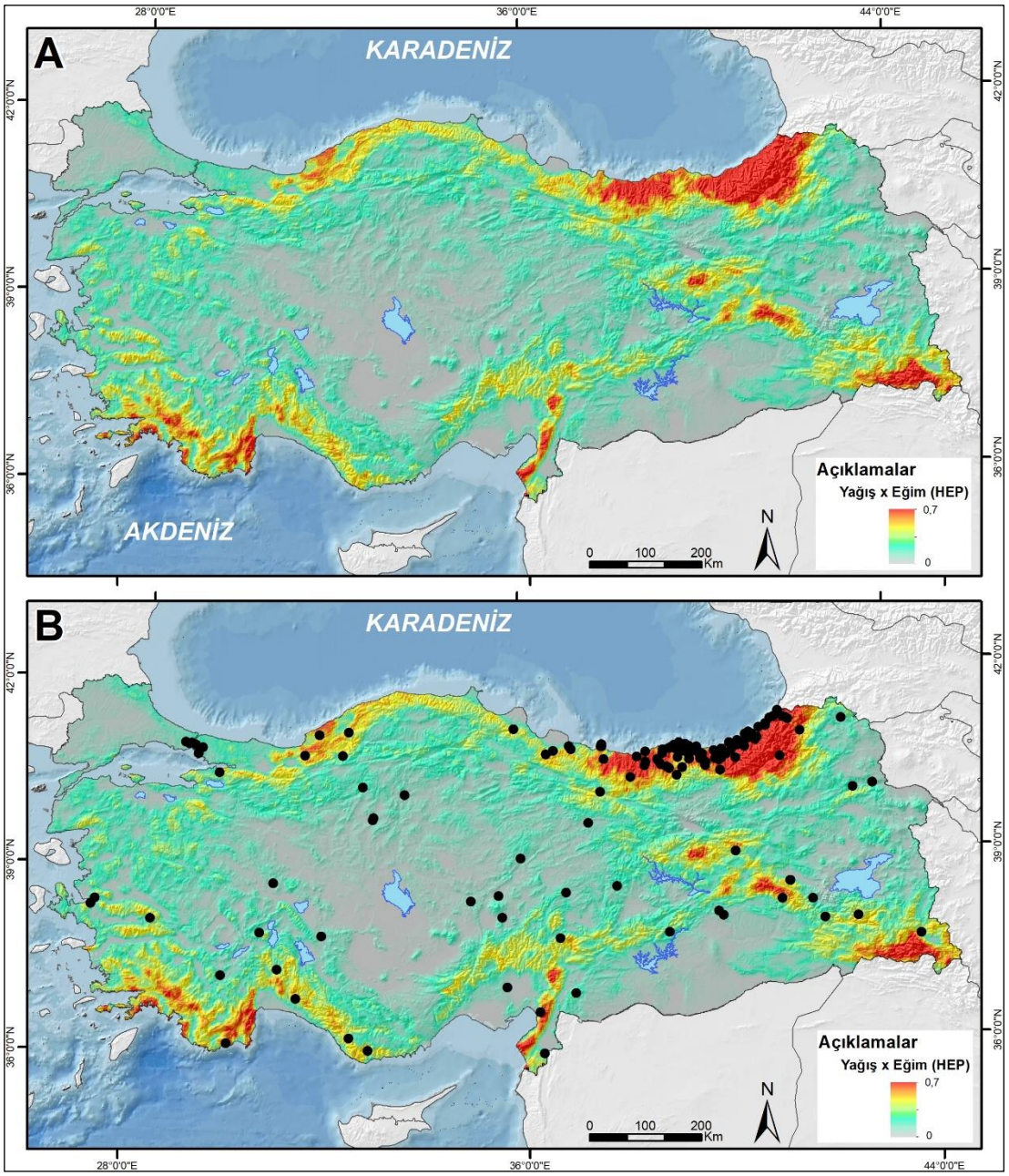
Yıl	Koşul/Faktör	Min.	Max.	Ort.	Standart sapma	Varyans
Heyelanlı köy/mahalle poligonları	Nüfus (km² kişi sayısı)	0	36930	703.57	2724.87	1663
	Yükseklik (m)	1	3479	1043.45	611.86	3247
	Eğim (°)	0	61	10.50	10.07	62
	Topoğrafik rölyef (m)	188	3891	1700.58	828.00	3062
	Yağış (mm)	276	2291	650.20	295.34	530
Heyelan içermeyen köy/mahalle poligonları	Nüfus (km² kişi sayısı)	0	58838	61.92	608.16	4837
	Yükseklik (m)	1	5098	1144.40	654.33	4868
	Eğim (°)	0	78	8.51	8.08	79
	Topoğrafik rölyef (m)	20	4309	1512.13	663.44	4290
	Yağış (mm)	94	2297	570.23	179.48	1535
Antropojenik heyelan içeren köy/mahalle poligonları	Nüfus (km² kişi sayısı)	0	34246	990.76	3222.92	1348
	Yükseklik (m)	1	3479	1004.15	599.09	3243
	Eğim (°)	0	61	8.08	9.33	62
	Topoğrafik rölyef (m)	188	3604	1484.03	809.809	2675
	Yağış (mm)	316	2291	597.67	273.15	350
Doğal heyelan içeren köy/mahalle poligonları	Nüfus (km² kişi sayısı)	0	34246	339.91	1900.76	500
	Yükseklik (m)	1	2675	1108.42	569.87	2663
	Eğim (°)	0	57	14.46	9.81	57
	Topoğrafik rölyef (m)	319	3891	2070.06	728.35	2336
	Yağış (mm)	244	2271	717.93	309.88	236

Türkiye tektonik olarak aktif bir ülke olmasına ve depremlerin tetiklediği heyelanların varlığı bilinmesine rağmen, bununla ilgili ölümle sonuçlanan herhangi bir heyelan rapor edilmemiş ve çalışma kapsamında da tespit edilememiştir. Veri tabanında yer alan heyelanların tetiklenmesinde hidrometeorolojik koşulların daha baskın olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun daha iyi anlaşılması için basit bir ağırlıklandırma yöntemi kullanılmıştır. Bu ağırlıklandırma yönteminde, heyelanların dağılımlarını baskın olarak kontrol eden iki ana parametre olan eğim (°) ve yağış (mm) kullanılmıştır. Bunu ön plana çıkarmak için Mitchell ve Montgomery (2006) tarafından yapılan çalışmada, "Hillslope erosion potential" (HEP) yamaç ve erozyon potansiyeliyle ilgili eşitlik kullanılmıştır. Bu eşitlik:

HEP = Yıllık ortalama yağış * Eğim

formülüyle ifade edilir. Bu eşitliğe göre, yüksek eğim ve yüksek yağış değerlerine sahip alanların HEP değeri yüksektir (Mitchell ve Montgomery, 2006). Bunun sonucunda doğal kökenli heyelanların neredeyse tamamının HEP değerini yüksek olduğu alanlara karşılık geldiği ortaya konmuştur (Şekil 7.1).

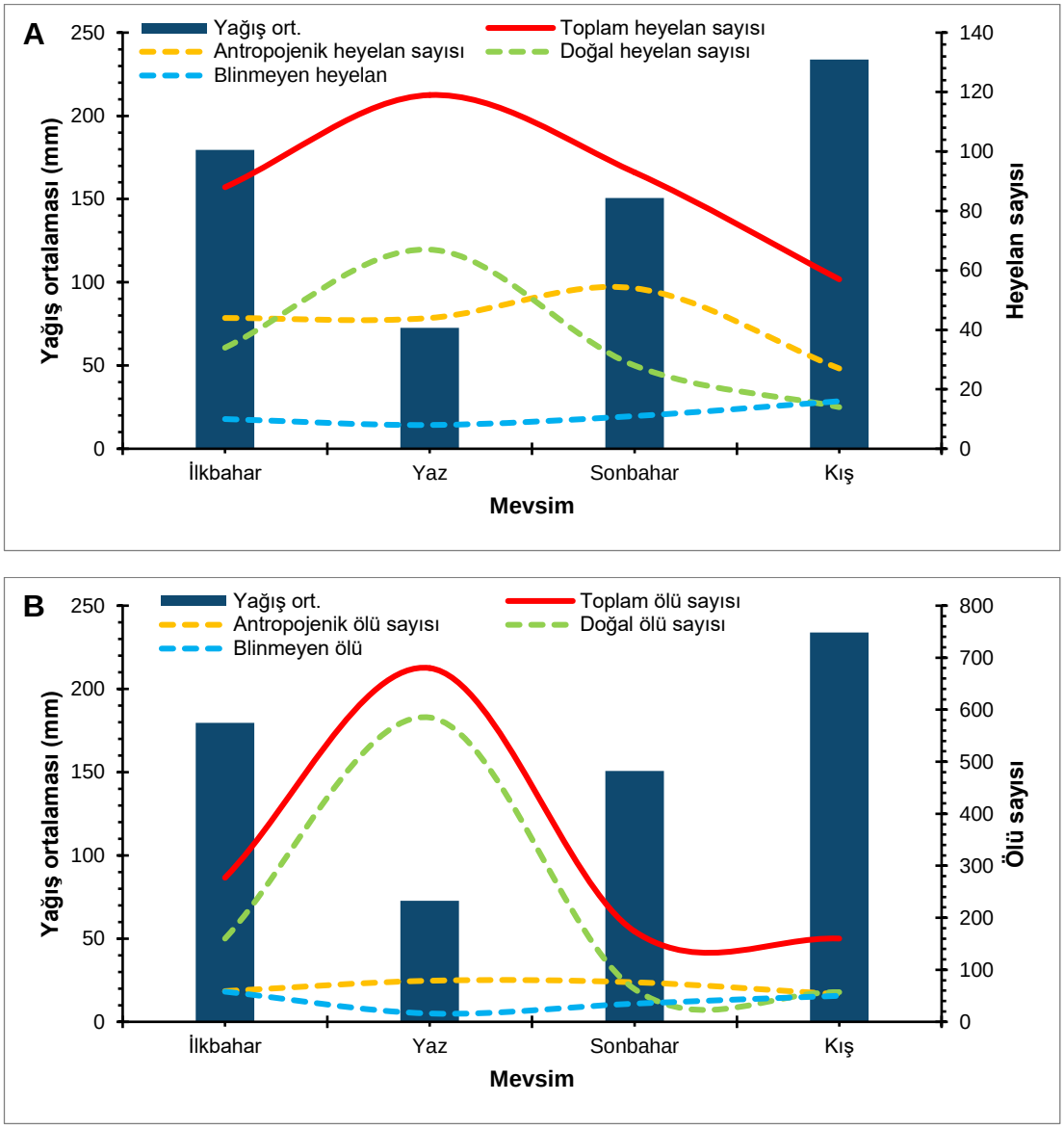
Toprak özellikleri infiltrasyon, akış, su ve nem tutma ile yeraltı su seviyesi üzerinde etkili olmaktadır. Bunların dışında toprak, suyun akışı esnasında suya dâhil ettiği malzemenin tipi ve yoğunluğuna bağlı olarak suyun akışkan tipini de (Newton ve Newton olmayan akışkanlar (Bingham plastik, Pseudoplastik plastik ve Dilatant)) değiştirmektedir. Bu nedenle malzemenin akış hızı değiştikçe oluşturacağı etki de farklı olmaktadır (Cihangir vd., 2018). Çalışma kapsamında ele alınan ölümcül heyelanlar ile toprak özellikleri arasındaki ilişki değerlendirilmesine rağmen, bu heyelanların genel olarak derinlik bilgisi eksik olduğu için aralarında doğrudan bir korelasyon elde edilememiştir.



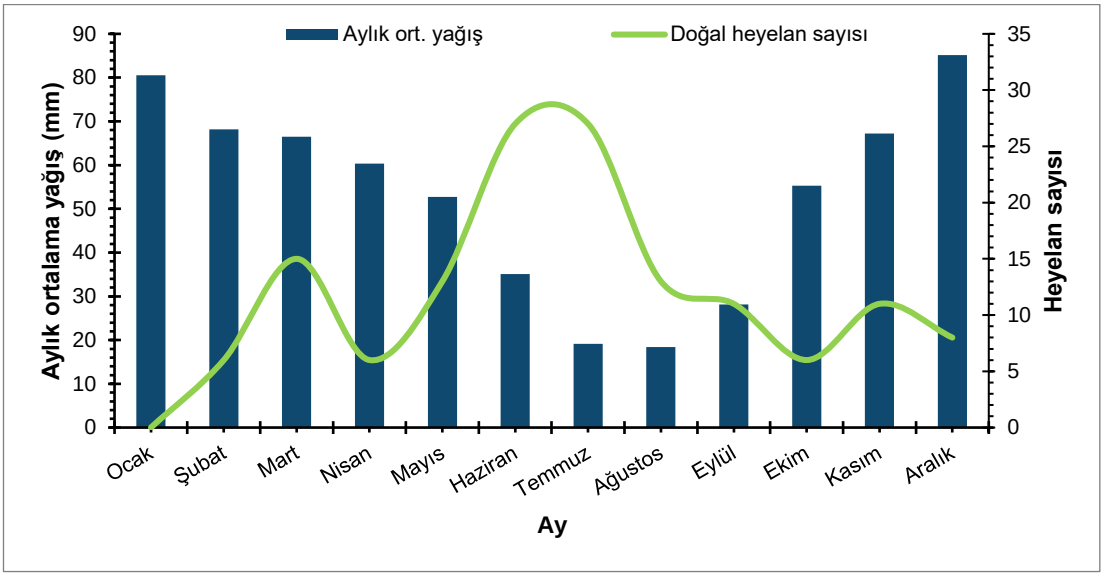
Şekil 7.1: A: Yıllık ortalama yağış ile eğim çarpımı haritası, **B:** Yıllık ortalama yağış ile eğim çarpımı haritası ve doğal faktörlerle tetiklenmiş heyelanların dağılımı. **Not:** Her siyah nokta bir doğal kökenli heyelanı temsil etmektedir.

7.1.2. Yağış Faktörü

Yağış, heyelanlar için doğal bir tetikleyici faktördür. Dolayısıyla yağış faktörünün etkisi sadece bu yolla tetiklenen heyelanlar üzerinde ele alınmıştır. Yıllık ortalama yağış miktarı ve şiddeti yıl içerisinde bölgesel ve zamansal farklılık göstermekte ve ölümcül heyelan sayıları da bu farklılıklara bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Türkiye genelinde yağış ile tetiklendiği tespit edilen ve 865 kişinin ölümüne neden olan 140 heyelanın, ortalama yağış miktarının fazla olduğu aylar ve/veya mevsimlere karşılık gelmediği saptanmıştır. Aksine, bu heyelanların ve neden oldukları ölümlerin büyük bir bölümünün yağışın en az olduğu yaz mevsiminde gerçekleşmiş olduğu görülmektedir. Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarını kapsayan yaz mevsiminde gerçekleşen yağışlar ile tetiklenen 67 heyelan olayı 585 kişinin hayatını kaybetmesine neden olmuştur (Grafik 7.2). 27 olayın kaydedildiği Haziran ve Temmuz ayı en fazla olayın gerçekleştiği aylardır. Fakat yağış miktarının daha fazla olduğu Ocak-Mayıs ve Ekim-Aralık aylarını kapsayan dönem boyunca daha az sayıda olay kaydedilmiştir. Ayrıca ikisi Mart ve biri Mayıs ayında olmak üzere 3 olay kar erimesi ile tetiklenmiştir.

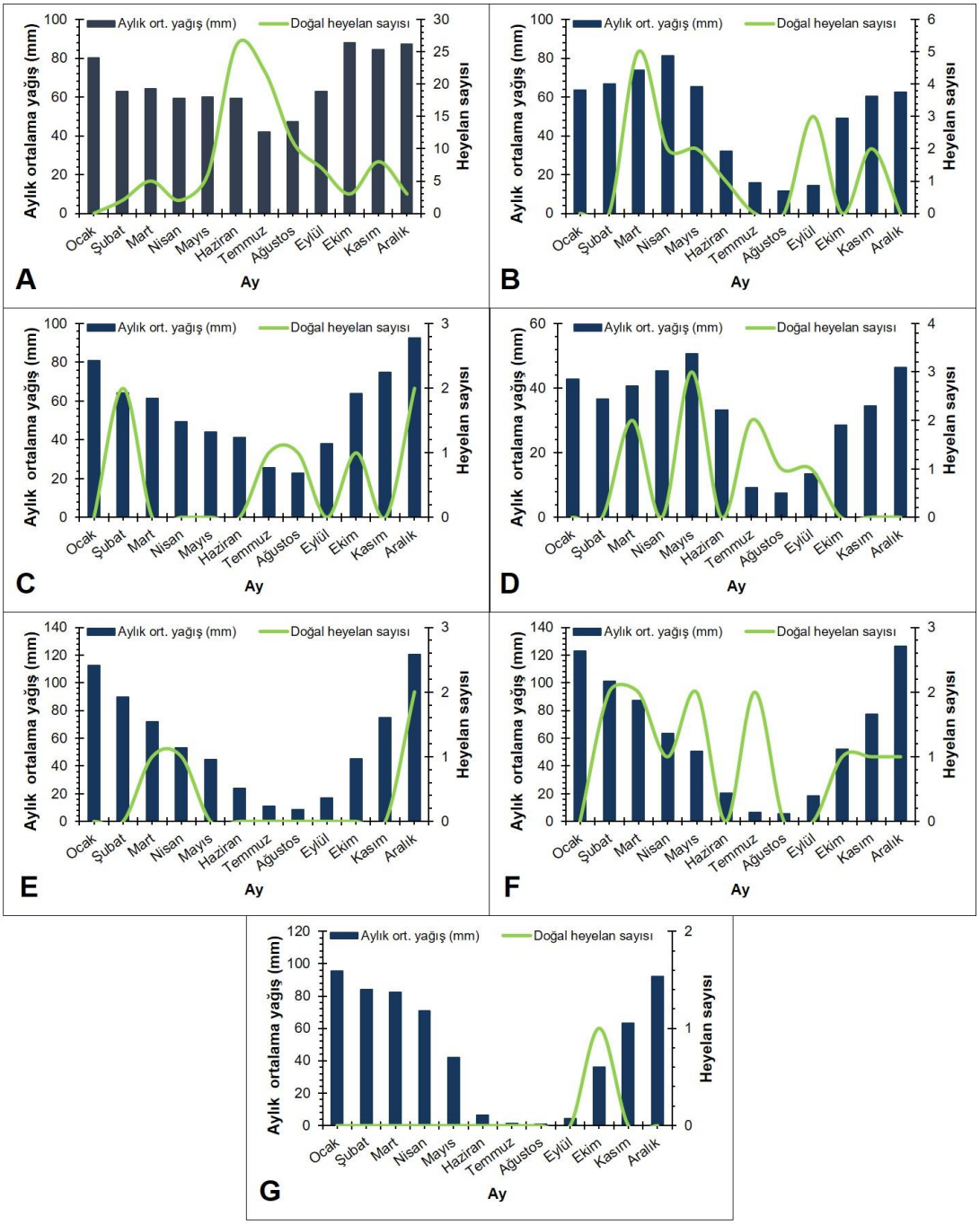


Grafik 7.2: Ortalama yağışın mevsimlik dağılımı **A:** Heyelan sayıları, **B:** Ölü sayıları.



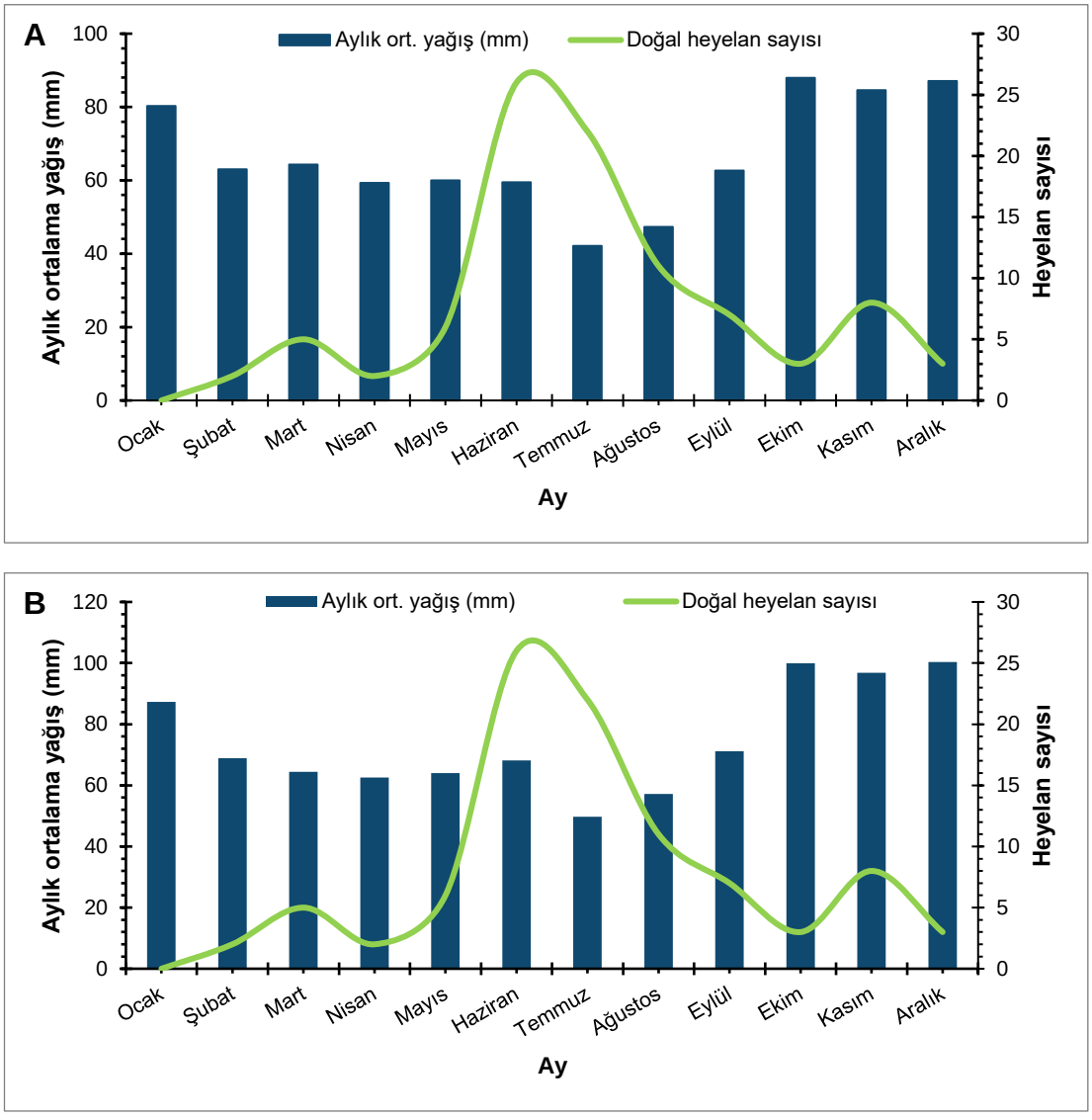
Grafik 7.3: Türkiye geneli aylık ortalama yağış dağılımı ve doğal faktörlerle tetiklenen heyelan sayısı.

Söz konusu bu heyelanlar, her ne kadar yağışla tetiklenmiş olsa da ülke geneli için aylık ortalama yağış miktarının minimum olduğu dönemde frekanslarının yüksek olduğu gözlenmektedir (Grafik 7.3). Ancak aylık ortalama yağış miktarının ve etkili oldukları dönemlerin farklılık gösterdiği coğrafi bölgelerin her biri aynı trendi göstermemektedir. Yağışla tetiklenen ölümcül heyelanlar, altı coğrafi bölgede de ortalama yağışın düşük ve yüksek olduğu aylara rastgele dağılmıştır. Ancak bu bölgelerdeki heyelan sayılarının nispeten düşük olması net bir karakter ortaya koymamaktadır. Diğer coğrafi bölgelerin tamamındaki heyelanlardan daha fazla heyelanın kaydedildiği Karadeniz Bölgesi'ndeki (Grafik 7.4A) heyelanlar (95 olay) Türkiye geneline (Grafik 7.3) benzer bir dağılım göstermektedir. Karadeniz Bölgesi'nde en fazla heyelan olayın (26 olay) meydana geldiği Haziran ayı, yaz mevsimi olmasına rağmen aylık ortalama yağış miktarı bakımından ilkbahar aylarına (Mart, Nisan ve Mayıs) benzerlik göstermektedir. Ancak Temmuz ve Ağustos ayı, yıl içerisinde ortalama yağış miktarının en az olduğu ve Haziran ayından sonra en fazla heyelan olayının (Temmuz 22, Ağustos 11 olay) gerçekleştiği aylardır.



Grafik 7.4: 1929-2018 yılları arası doğal faktörler ile tetiklenmiş ölümcül heyelanların aylık dağılımı ve aylık yağış ortalaması. **A:** Karadeniz Bölgesi, **B:** Doğu Anadolu Bölgesi, **C:** Marmara Bölgesi, **D:** İç Anadolu Bölgesi, **E:** Ege Bölgesi, **F:** Akdeniz Bölgesi, **G:** Güneydoğu Anadolu Bölgesi.

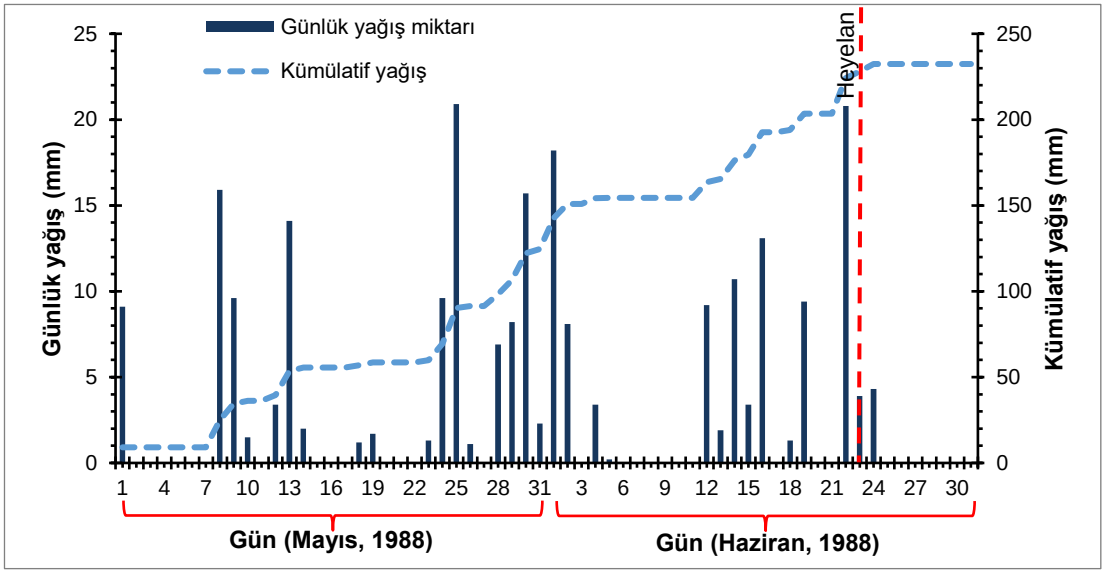
Coğrafi bölgeler için verilen aylık ortalama yağış miktarları, coğrafi bölge sınırları içerisinde kalan meteoroloji istasyon verileri kullanılarak elde edilmiştir. Yağışla tetiklenen heyelan olaylarının yıl içerisindeki dağılımının daha karakteristik olduğu Karadeniz Bölgesi'ndeki bulguları netleştirmek için aylık ortalama yağış miktarları, Türkeş ve Tatlı (2010)'ya göre oluşturulan Karadeniz yağış bölgesiyle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda verilerin birbirleriyle benzerlik gösterdiği gözlenmiştir (Grafik 7.5).



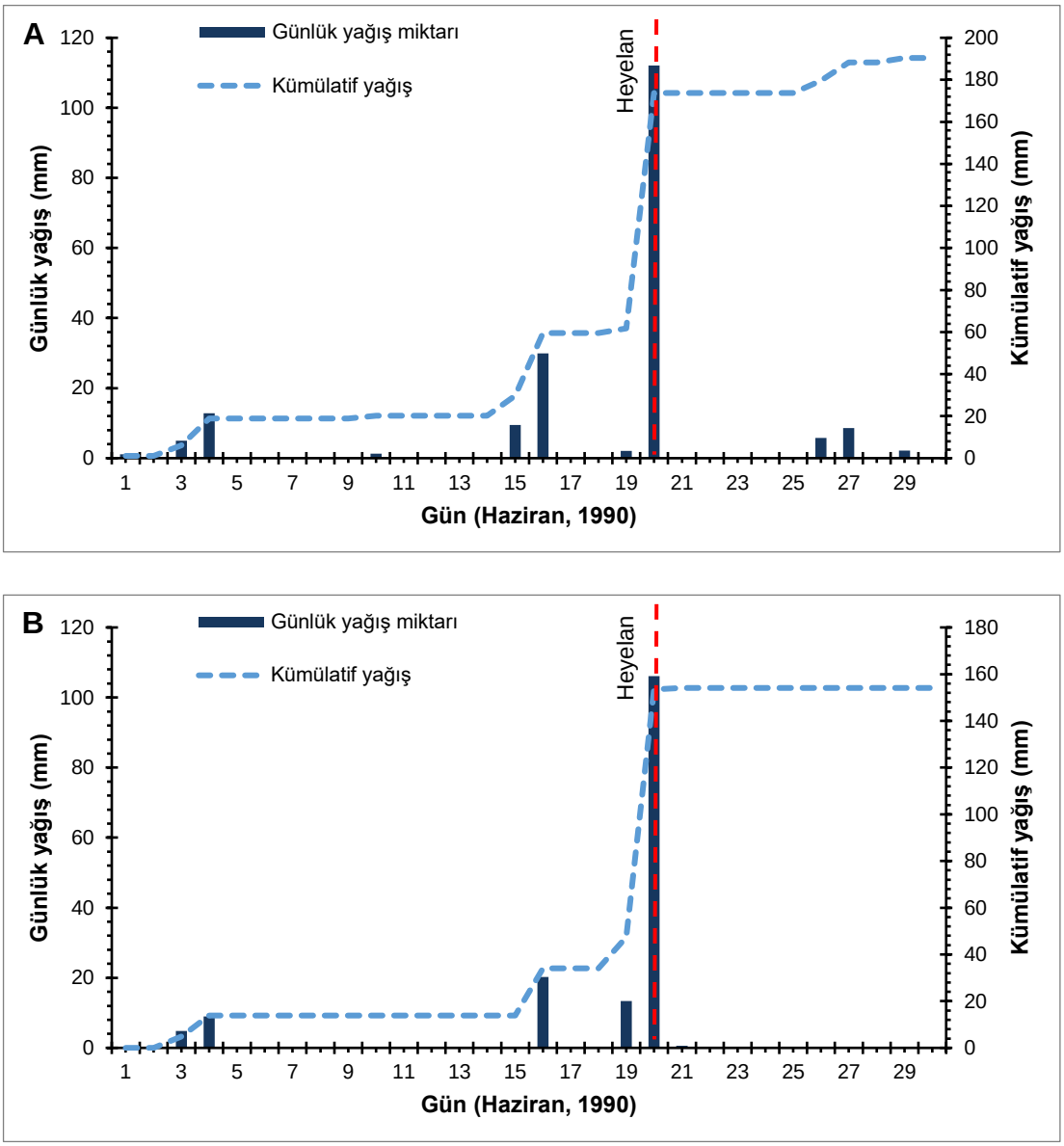
Grafik 7.5: A: Karadeniz Bölgesi'ni temsil eden coğrafi bölge sınırları içerisinde kalan meteoroloji istasyon verileri kullanılarak oluşturulan aylık ortalama yağış dağılımı. **B:**Türkeş ve Tatlı (2010)'ya göre sınıflanan Karadeniz yağış bölgesi içerisinde yer alan meteoroloji istasyon verileri kullanılarak oluşturulan aylık ortalama yağış dağılımı.

1929-2018 yıllarını kapsayan dönem boyunca, yaz mevsiminde yağışla tetiklenen 67 ölümcül heyelan olayının 59'u Karadeniz Bölgesi'nde gerçekleşmiştir. Hatta ülke genelinde 27 olayın tespit edildiği Haziran ayındaki ölümcül heyelanların neredeyse tamamına karşılık gelen 26 olay bu bölgede kaydedilmiştir. Ayrıca 27 olayın gerçekleştiği Temmuz ayındaki 22 olay ve 13 olayın gerçekleştiği Ağustos ayındaki 11 olay da yine Karadeniz Bölgesi'nde kaydedilmiştir. Dolayısıyla en çok olayın ve ölümün meydana geldiği yaz mevsimi, ülke genelini karakterize etmekte olup Doğu Karadeniz Bölümü'ndeki heyelanlar ile temsil edilmektedir.

23 Haziran 1988'de Trabzon ilinin Maçka ilçesine bağlı Çatak köyünde meydana gelen heyelanda yağış faktörü dikkat çekicidir. Maçka'nın Haziran ayı uzun dönem yağış ortalaması 55 mm iken 1988 yılının Haziran ayındaki toplam yağış miktarı 107.9 mm olarak kaydedilmiştir. Aynı şekilde Mayıs ayında düşen 124.5 mm yağış da uzun dönem Mayıs ayı ortalamasının (62 mm) çok üzerindedir. Mayıs ve Haziran aylarında uzun dönem ortalamaların üzerinde düşen yağış ve bununla birlikte olaydan bir gün önce 22 Haziran'da düşen 20.8 mm yağış, topoğrafik ve litolojik koşullarla ek olarak 23 Haziran günü 64 kişinin ölümüne neden olan heyelanın asıl tetikleyicisi olduğu düşünülmektedir. Olayın gerçekleştiği 23 Haziran 1988 günü düşen 3.9 mm yağış, Çatak heyelanın ani şiddetli yağışların etkisiyle değil, aslında Mayıs ve Haziran ayındaki yağışların kümülatif etkisiyle tetiklenmiştir (Grafik 7.6).



Grafik 7.6: Maçka istasyonu Mayıs ve Haziran 1988 günlük ve kümülatif yağış miktarı.

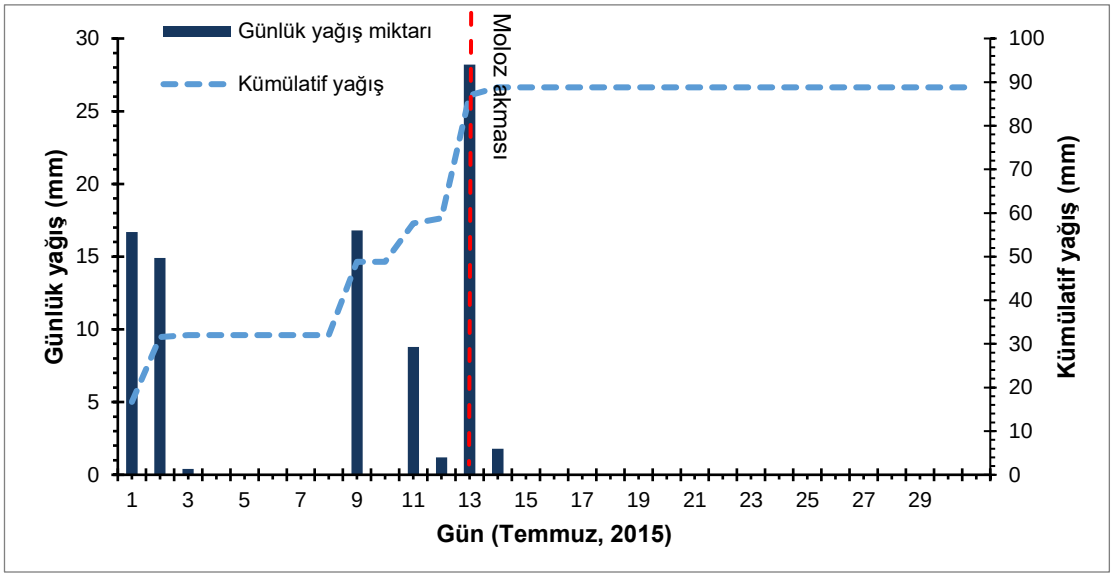


Grafik 7.7: A: Vakfıkebir istasyonu Haziran 1990 günlük ve kümülatif yağış miktarı. **B:** Düzköy istasyonu Haziran 1990 günlük ve kümülatif yağış miktarı.

Trabzon ilinin Akçaabat, Vakfıkebir ve Düzköy ilçeleri çevresinde 20 Haziran 1990 tarihinde aşırı yağışlar nedeniyle meydana gelen sel ve heyelanlar nedeniyle kayıtlara göre 57 kişi hayatını kaybetmiştir. Haziran ayı uzun dönem yağış ortalaması 57 mm olan Vakfıkebir ilçesine, 1990 yılının Haziran ayında 190.4 mm yağış düşmüştür. Ay geneline yayılmayan bu yağışın 122.1 mm'si sel ve heyelanların meydana geldiği 20 Haziran günü düşmüştür (Grafik 7.7A). Benzen şekilde, Haziran ayı uzun dönem yağış ortalaması 61 mm olan Düzköy ilçesine, 106.1 mm'si 20 Haziran'da olmak üzere toplam 154.1 mm yağış düşmüştür (Grafik 7.7B). Dolayısıyla,

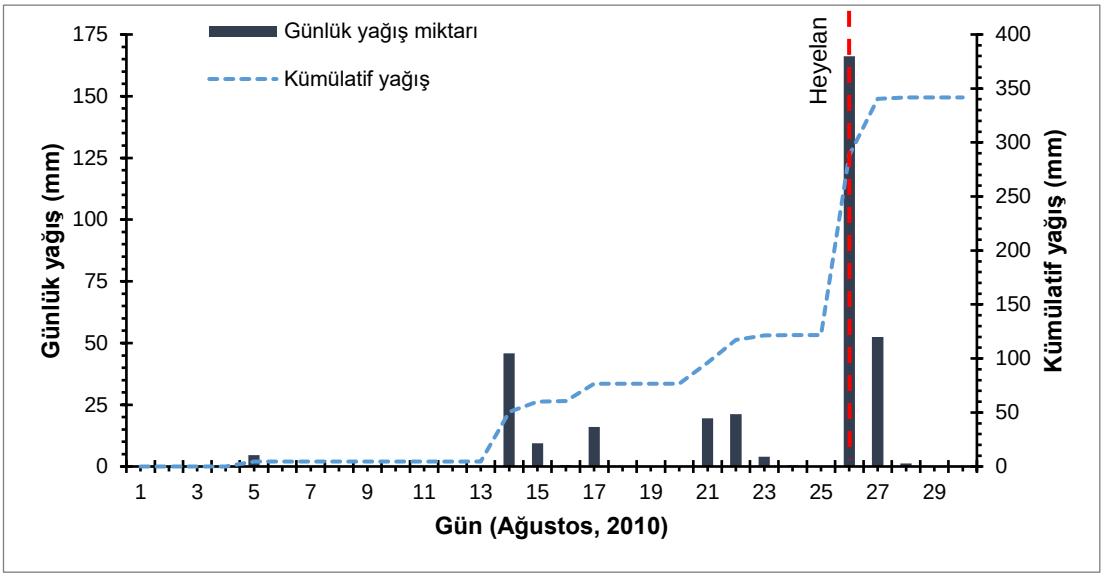
20 Haziran 1990 Trabzon çevresinde meydana gelen heyelanlar, uzun süreli yağışlar ile değil ani şiddetli sağanak yağışlarla tetiklenmiştir.

Isparta'nın Senirkent ilçesinde 13 Temmuz 1995 tarihinde meydana gelen moloz akması 74 kişinin ölümüne neden olmuştur. Temmuz ayı uzun dönem yağış ortalamasının 14.7 mm olduğu Senirkent'e, moloz akmasının meydana geldiği gün 28.2 mm yağış kaydedilmiştir (Grafik 7.8). Olaya ilişkin olarak yerel halktan alınan bilgiye göre, Beşparmak Dağı zirvesine gök gürültüsüyle birlikte çok fazla yağış düşmüş ve bu yağıştan yarım saat kadar sonra moloz akması gerçekleşmiştir (Karagüzel vd., 1996; Tunusluoğlu, 2007). Tunusluoğlu'na (2007) göre, bu felaketin gerçekleşmesinin en büyük nedeni, olay günü düşen 28.2 mm yağışın önemli bir kısmının yarım saat kadar kısa bir sürede gerçekleşmesi ve yağış şiddetinin oldukça yüksek olmasıdır. Ayrıca yağışın şiddeti nedeniyle, yağmur suyunun sızması için uygun koşulların olmaması ve bunun sonucu olarak yağışın neredeyse tamamının yüzeysel akışa dönüşmesinden kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla Senirkent felaketi de ani şiddetli yağış sonucu tetiklenmiştir.



Grafik 7.8: Senirkent istasyonu Temmuz 1995 günlük ve kümülatif yağış miktarı.

Ağustos ayı uzun dönem yağış ortalaması 187.6 mm olan Rize iline, 2010 yılının Ağustos ayında 341.7 mm yağış düşmüştür. Ay geneline dağılmayan bu yağışın 166.2 mm'si, Rize Gündoğdu'da 13 kişinin ölümüne neden olan heyelanın gerçekleştiği 26 Ağustos 2010 tarihinde düşmüştür (Grafik 7.9). Yaz mevsiminde meydana gelen çoğu olay gibi bu olay da ani şiddetli yağışlar ile tetiklenmiştir.



Grafik 7.9: Rize istasyonu Ağustos 2010 günlük ve kümülatif yağış miktarı.

Ağustos ayı uzun dönem aylık yağış ortalaması 173 mm olan Hopa'ya, 2015 yılının Ağustos ayında 535,2 mm yağış düşmüştür. 24 Ağustos 2015 tarihinde Hopa'da 24 saatlik yağış miktarı 287.2 mm olarak kaydedilmiştir. Hopa için bu yağış, ekstrem bir yağıştır (Ulupınar vd., 2015). Dolayısıyla, Hopa'da 13 kişinin ölümüne neden olan sel ve heyelan olayları da ani şiddetli yağışlarla paralellik göstermektedir.

Doğu Karadeniz'de yoğunlaşan bu heyelanlar, kıyı tarafında hidro-meteorolojik koşullar tarafından tetiklenirken, kontrol mekanizmaları iç bölgelerde farklılık göstermektedir. Özellikle Karadeniz'in batı ve doğu bölümündeki heyelanlar yüksek, şiddetli ve uzun süreli yağışlar ile tetiklenirken iç bölgelerdeki heyelanlar hızlı kar erimesiyle kontrol edilmektedir (Ocakoğlu vd., 2002; Can vd., 2005; Gökçeoğlu vd., 2005; Ulusay vd., 2007; Akgün vd., 2008; Nefeslioğlu vd., 2011; Görüm, 2019). Sonuç olarak, olay sayısı ve ölü sayısı bakımından yaz mevsiminde yoğunluk gösteren ve yağış faktörü ile tetiklenen heyelanların, yağışın kümülatif etkisiyle tetiklenebildiği gibi çoğunlukla kısa süreli ani ve şiddetli sağanak yağışlarla tetiklendiği belirlenmiştir.

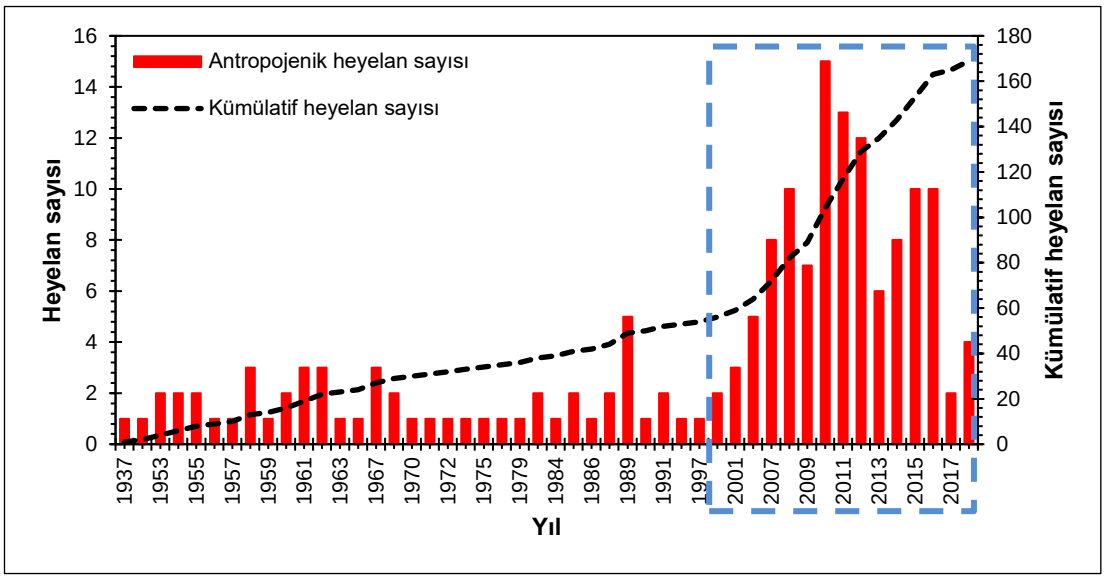
7.1.3. Nüfus

En basit bir kabulle, nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu kent merkezinde bir heyelan meydana gelme olasılığına karşılık, söz konusu riske maruz kalabilme olasılığı ilgili alanda yaşayan kişi sayısının yüksek olmasına bağlı olarak artacaktır. Buna karşılık, dağlık alanların düşük nüfuslu ve nüfusun dağınık olduğu kesimlerinde benzer büyüklükte bir heyelan meydana gelirse, heyelana maruz kalacak kişi sayısı nispeten düşük olacaktır. Bu açıdan bakıldığında ölümcül heyelanların kentlere olan etkisi, kırsal alanlara göre daha fazla olacağıdır. Ancak, burada asıl önemli olan heyelana duyarlı bölgelerdeki nüfus yoğunluğudur. Heyelandan etkilenecek olası nüfus, heyelanın büyüklüğünün yanı sıra, etkilediği yerleşmedeki nüfus yoğunluğu ile kontrol edilir. Bu yerleşmelerin, Trabzon ve Rize gibi il, Senirkent ve Hopa gibi ilçe, Çatak ve Develi gibi köy ya da mahalle ölçeğinde olabildiği görülmektedir. Hatta yerleşmenin dağınık olduğu bölgelerde tek bir yapı ölçeğinde dahi olabilmektedir. Nüfus yoğunluğu bu yönüyle ölümcül heyelanların neden olduğu ölü sayısını, riske maruz kalabilecek elemanların oranındaki yüksekliği kontrol eden bir faktör olarak etkisini göstermektedir.

Ölümcül heyelanlar üzerindeki nüfus, yani insan faktörünün etkisi, altyapı, inşaat temel çalışmaları, yol açma çalışmaları, maden açma ve işletme faaliyetleri, yapay vibrasyon, orman örtüsünün tahribatı, dere ıslah vb. faaliyetleri ile kendisini göstermektedir. Kentsel alanlarda meydana gelen ölümcül heyelanların neredeyse tamamı altyapı ve inşaat faaliyetleri ile tetiklenmiştir. Kentsel alanların büyümesi, altyapı çalışmalarının ve kentsel dönüşüm çalışmalarının özellikle son yirmi yılda artmasına paralel olarak kentlerdeki ölümcül heyelanlar da artış göstermiştir (Grafik 7.10). Kentsel alanlarda meydana gelen bu antropojenik heyelanlara, genellikle yapılaşmaya ve dönüşüme dair projelerin yoğun ve kısa sürelerde gerçekleşmesi ve beraberinde gelen hatalı uygulamalar neden olmaktadır. Antropojenik kökenli bu kent heyelanlarının büyük bir bölümü, kanalizasyon ve inşaat temeli çalışmaları sırasında meydana gelen işçi ölümleri ile sonuçlanmıştır. Diğer taraftan, özellikle yamaçlar üzerinde yapılan inşaat çalışmalarıyla yamaç dengesinin bozulması ve yapılaşma sonrası zemine olan aşırı yük yamaçların kaymasına neden olmaktadır. Son dönemde

İstanbul ili, Esenyurt ilçesindeki kayarak tahrip olan evler bu tip duraysızlıklara verebilecek en güncel örneği temsil eder.

Antropojenik kökenli ölümcül heyelanların gözlendiği alanlardaki nüfus yoğunluğu ortalaması, doğal kökenli ölümcül heyelanların gerçekleştiği alanlardaki nüfus yoğunluğu ortalamasından yaklaşık 3 kat daha fazladır (Tablo 7.1). Ancak doğal kökenli heyelanların neden olduğu ölü sayı (865), antropojenik kökenli heyelanların neden olduğu ölü sayısının (267) çok üzerindedir. Çünkü antropojenik kökenli heyelanlar insan etkinliğine bağlı olarak belirli bir yerde münferit olarak gelişen olaylardır. Antropojenik kökenli heyelanlar, maden sahalarındaki birkaç olay ayrı tutulduğunda etki alanları oldukça sınırlı olan heyelanlardır. Buna bağlı olarak neden oldukları ölü sayısı doğal kökenli heyelanlara göre daha düşüktür. Antropojenik kökenli ölümlerin olay sayısına göre ortalaması 1.6'dır. Buna karşılık doğal kökenli heyelanlar, yağışın yüzeyde temsil edildiği alanın daha fazla olmasına bağlı olarak daha geniş alanlarda birden fazla heyelan ya da antropojenik heyelanlara kıyasla daha büyük heyelanlar şeklinde gerçekleşmektedir. Bu nedenle maruz kalan kişi sayısının artması beraberinde ölü sayısını da arttırmaktadır. Doğal kökenli heyelanlara bağlı ölümlerin olay sayısına göre ortalaması ise 6.0'dır.

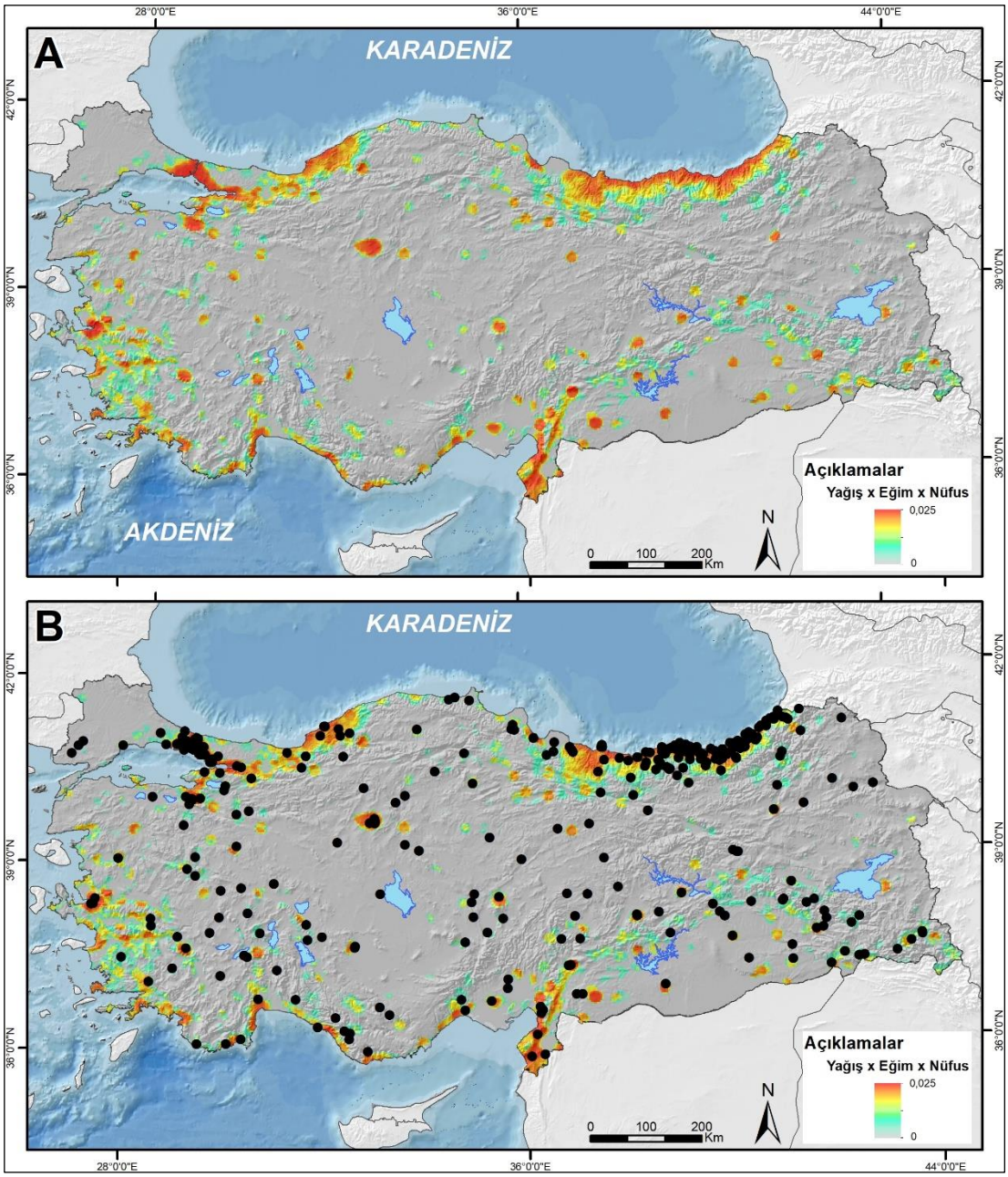


Grafik 7.10: Türkiye'de 1929'dan 2018 yılına kadar gerçekleşmiş antropojenik kökenli ölümcül heyelanların yıllara göre dağılımı.

Daha önce yıllık ortalama yağış ile eğim değerleri çarpılmış ve HEP eşitliği elde edilmişti. Doğal kökenli ölümcül heyelanlar da bu HEP değerinin yüksek olduğu alanlar ile örtüşmekteydi. HEP değerinin yüksek olup heyelan içermeyen alanların ise nüfus yoğunluğunun seyrek olduğu tespit edilmiştir. Bunu da daha iyi ortaya koyabilmek için yıllık ortalama yağış (mm) ile eğim (°) çarpımından oluşan eşitlik, bir de nüfus yoğunluğu (km^2'ye düşen kişi sayısı) ile çarpılmıştır.

HEP = Yıllık ortalama yağış * Eğim * Nüfus yoğunluğu

Bunun sonucunda yüksek kesimlerde nüfuslanmamış alanların otomatikman haritadan çıktığı görülmüştür. Buna karşılık yağış ile eğimin yüksek olduğu ve yoğun nüfuslu alanların, çalışma kapsamında tespit edilen ölümcül heyelanlarla büyük ölçüde örtüştüğü tespit edilmiştir (Şekil 7.2).



Şekil 7.2: A: Yıllık ortalama yağış, eğim ve nüfus yoğunluğu çarpımı haritası, **B:** Yıllık ortalama yağış, eğim ve nüfus yoğunluğu çarpımı haritası ve ölümcül heyelanların dağılımı. **Not:** Her siyah nokta bir ölümcül heyelanı temsil etmektedir.

7.2. Çalışmanın Sınırlamaları ve Karşılaşılan Zorluklar

İnternetin ülkemizde yaygınlaşmaya başladığı 1990'lı yılların öncesinde yazılı medya araçları, gerçekleşen ölümcül heyelanların tespit edilmesinde neredeyse tek bilgi kaynağını oluşturmuştur. Cumhuriyet'in ilk yıllarından internet haberciliğinin yaygınlaştığı 90'lı yılların sonuna kadar olan dönemde gerçekleşmiş olan herhangi bir ölümcül heyelanın kaydedilmesi, ilgili olayın yazılı medya araçlarında (gazete, dergi, kitap, haber mektubu, afet raporları ve akademik yayınlar) yer alıp almamasına bağlıdır. Yazılı medya araçlarından biri olan gazeteler, veri tabanında yer alan ölümcül heyelanların kaydedilmesinde ana bilgi kaynağını oluşturmuştur. İletişim ve haberleşme ağının yaygınlığı ile gerçekleşen ölümcül heyelan olaylarının basına ulaşıp ulaşmaması burada önemli bir ayrıntı olarak karşımıza çıkmaktadır. İletişim ve haberleşme ile ulusal gazeteciliğin yaygın olmadığı Cumhuriyet'in ilk döneminde gerçekleşen ve bir felaket boyutu kazanmayan ölümcül heyelanların ulusal gazetelere yansımaması ihtimal dâhilindedir. Benzer şekilde, var olan ulusal gazeteciliğin sadece büyük felaketler ile özellikle kentsel alanlarda gerçekleşen ölümcül heyelanları haber olarak değerlendirme eğilimleri de bazı olayların kaydedilmesini engellemiş olacaktır. Az sayıda ölüme neden olmuş, bu bakımdan o dönem için ulusal haber niteliği taşımayan heyelan olaylarının, olasılıkla yerel veya bölgesel gazetelere haber olarak yansıdığı düşünülebilir. Günümüzde yapılan bu çalışma ise geçmiş yıllara ait baskılarına elektronik ortamda erişilebilen Cumhuriyet ve Milliyet gibi ulusal ölçekteki haberleri konu alan gazetelerin incelenmesiyle yapılmıştır. Bu karşılık, bölgesel ve yerel gazetelerin geçmiş yıllara ait baskılarına ulaşılması sınırlı olduğundan bu gazeteler, veri tabanındaki az sayıda heyelan olayının kaynağını oluşturmuştur. 1950'li yılları takiben haberleşme ve iletişim ile ulusal gazeteciliğin yaygınlaşmasıyla birlikte kırsal kesimlerde gerçekleşen ölümcül heyelanlar olaylarının haber niteliği kazanarak kaydedilmesi kolaylaşmıştır. 1990'lı yıllardan başlayarak internetin yaygınlaşamaya başlaması ve 2000'li yıllarda telekomünikasyon ve bilgi teknolojisindeki ilerlemeler, ölümcül heyelanlara ait bilgilerin kalitesinde ve ulaşılabilirliğinde önemli rol oynamıştır. Gerçekleşen ölümcül heyelanları basılı yayın organlarına yansımasa dahi internet haberciliği aracılığıyla kolayca tespit edilebilir hale gelmiştir. Bu bakımdan 1950 yılı öncesi dönemde basın yayın organları

günümüzdeki gelişmişlik düzeyinin oldukça geresinde olması nedeniyle, bu dönemde gerçekleşmiş ölümcül heyelan olaylarının sayısında eksiklik olması muhtemeldir.

Medya üzerinden ulaşılabilen ölümcül heyelanların lokasyon bilgileri, haberlerin içerdiği detay ile sınırlı kalmıştır. Bu nedenle veri tabanında yer alan heyelanların koordinat bilgilerine ulaşılamadığı için heyelan noktaları, ilişkin köy/mahhalle sınırlarından elde edilen poligonların merkezi kısımlarına atanmıştır. Alan bilgisi, heyelanların etki alanın belirlenmesinde önemli olmasına karşın medya kaynaklarından elde edilen bilgilerle tespiti mümkün olmamıştır. Bu nedenle, alan bilgisiyle birlikte heyelanların tip ve derinlik bilgilerinde de eksiklik söz konusudur. Heyelanların tipine göre hızlı veya yavaş gerçekleşmesi ile sığ veya derin olması, heyelanın neden olduğu deformasyonun boyutları ve şiddeti üzerinde etkili olmaktadır. Medya kaynakları, ölümcül heyelanları tip ve derinlik bilgisinin tespit edilmesinde oldukça sınırlı kalmış, sadece kaya düşmeleri ayırt edilebilmiştir. Buna karşılık, diğer önemli bir bilgi olan tetikleyici faktör bilgisi ise 45 olay dışında geri kalan 312 heyelan olayının tümü için medya kaynakları ile tespit edilebilmiştir. Nitekim basın yayın organlarından elde edilen bilgilerin derlenmesi ile küresel ölçekte kayıt tutan EM-DAT, GLC ve DFLD ile ulusal ölçekte kayıt tutan FLEIC gibi veri tabanları da benzer bilgileri kullanmaktadır. Bu bakımdan, bu tez sonucu ortaya konulan yaklaşımla elde edilen Türkiye Ölümcül Heyelan Arşiv Envanteri, uluslararası veri tabanı standartlarına uygun olarak hazırlanmıştır.

SONUÇ

Bu çalışmada, 1929-2018 yılları boyunca meydana gelen 357 ölümcül heyelan olayı yazılı ve görsel medya, akademik yayın, mühendislik raporları vb. kaynakların incelenmesiyle bir araya getirilmiş ve Türkiye için ilk kez ölümcül heyelan arşiv envanteri veri tabanı oluşturulmuştur. Türkiye Ölümcül Heyelan Arşiv Envanteri'nde yer alan ölümcül heyelanların, mekânsal ve zamansaldağılımı ile heyelan hazırlayıcı koşulları ve tetikleyici faktörleri analiz edilmiştir. Buna göre:

- Türkiye Ölümcül Heyelan Arşiv Envanteri, uluslararası veritabanı standartlarına uygun olarak hazırlanmıştır.
- Türkiye genelinde, 1929-2018 yıllarını kapsayan 90 yıllık dönem boyunca 1291 kişinin ölümüne sebep olan 357 heyelan olayı kaydedilmiştir. Ölümcül heyelan olayları son 15 yılda artış göstermiştir. Veri tabanında yer alan heyelanların 191'i (%53.5) son 15 yılda gerçekleşmiştir.
- Ülkemizde yılda ortalama 4 ölümcül heyelan olayı gerçekleşmekte ve yılda ortalama 14 kişi heyelan nedeniyle hayatını kaybetmektedir.
- Toplam 357 ölümcül heyelan olayının 119'u (%33.3) yaz mevsiminde meydana gelmiş ve bu heyelanlar toplam ölü sayısının %52.7'sine karşılık gelen 680 kişinin ölümüne neden olmuştur. 57 (%16) heyelan olay sonucu 160 (%12.4) kişinin hayatını kaybettiği kış mevsimi, olay ve ölü sayısının en az olduğu mevsimdir.
- 141 heyelan olayının (%39.5) ve 730 ölümün (%56.5) meydana geldiği Karadeniz Bölgesi, hem olay sayının hem de ölü sayısını en fazla olduğu coğrafi bölgedir.
- 106 (%29.7) olayın meydana geldiği Doğu Karadeniz Bölümü, en fazla ölümcül heyelan olayı kaydedilen coğrafi bölümdür. Ülke genelindeki ölümlerin %49.2'sine ve Karadeniz Bölgesi'ndeki ölümlerin ise %87'sine karşılık gelen ölümlerin 635'i Doğu Karadeniz Bölümü'nde gerçekleşmiştir.
- Veri tabanında yer alan 357 ölümcül heyelanın 143'ü doğal faktörlere, 169'u antropojenik faktörlere bağlı olarak tetiklenirken, 45 olayın ise tetikleyici faktörü belirlenememiştir.

- 140'ı yağış, 3'ü kar erimesi faktörüne bağlı olmak üzere doğal faktörlerle tetiklenen 143 ölümcül heyelan olayı 865 kişinin ölümüne neden olmuştur. Doğal faktörler ile tetiklenen ölümcül heyelanların 79'u Doğu Karadeniz Bölümü'nde meydana gelmiş ve 540 kişinin ölümüyle sonuçlanmıştır.
- Genellikle altyapı ve inşaat çalışmaları faaliyetlerine bağlı olmak üzere 267 kişinin ölümüne neden olan 169 ölümcül heyelan olayı antropojenik faktörler ile tetiklenmiştir. 63 olay sonucu 88 kişinin hayatını kaybettiği Marmara Bölgesi ön plana çıkmaktadır.
- Litolojik özellikler, topoğrafik rölyef, yağış ve insan etkinliği gibi parametreler ölümcül heyelanların dağılımını kontrol etmektedir. Genel olarak, topoğrafik rölyef değerlerinin yüksek olduğu alanlarda yağış, kar erimesi ve heyelana uygun litolojinin varlığına bağlı olarak doğal kökenli ölümcül heyelanların sayısı fazladır. Topoğrafik rölyef değerlerinin alçak olduğu alanlarda ise insan etkinliğine bağlı olarak meydana gelen antropojenik kökenli ölümcül heyelanların sayısı fazladır. Buna karşılık, söz konusu bu alçak alanlarda litoloji ve yağış şartları doğal kökenli heyelanlara neden olabildiği gibi, topoğrafik rölyefin yüksek olduğu alanlardaki insan faaliyetleri nedeniyle de antropojenik kökenli heyelanlar meydana gelebilmektedir.
- Doğu Karadeniz'deki doğal kökenli ölümcül heyelanlar, Üst Kretase ve Alt-Orta Eosen volkanitlerine karşılık gelen kimyasal ayrışmanın şiddetli olduğu regolitik zonun üzerinde gelişen sığ heyelanlardır.
- Ortalama yıllık yağış ve eğim kombinasyonun doğal kökenli ölümcül heyelanları; ortalama yıllık yağış, eğim ve nüfus yoğunluğu kombinasyonunun ise tüm ölümcül heyelanları temsil ettiği ortaya konmuştur.
- GLC, DFLD ve FLEIC gibi veri setlerini kapsayan çalışmalarda, ölümcül heyelanların mevsimsel olarak yağışlı dönemlerle örtüştüğü bilinmektedir. Buna karşılık, Türkiye Ölümcül Heyelan Arşiv Envanteri'nde yer alan heyelanların ise mevsimsel olarak yağışlı dönemle değil, aksine yağışın en düşük olduğu dönemle örtüştüğü saptanmıştır. Böylece, bu ölümcül heyelanların çoğunlukla ani ve şiddetli sağanak yağışlar sonucu meydana geldiği tespit edilmiştir.

- Bu envanter çalışması, Türkiye'deki ölümcül heyelanların daha iyi anlaşılmasında büyük öneme sahiptir. Ayrıca heyelan yönetiminde ve karar alma süreçlerine yardımcı olacağı düşünülmektedir.
- Türkiye'nin Ölümcül Heyelan Arşiv Envanteri geliştirilerek web tabanlı yarı otomatik bir güncelleme özelliği olan bilgi sistemine dönüştürülmesi planlanmaktadır. Böylece gelecekte yapılacak tehlike ve risk çalışmaları için temel bir arşiv olmayı hedeflenmektedir.

KAYNAKÇA

AFAD, 2015. "Heyelan-Kaya Düşmesi Temel Kılavuzu". **Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Yayınları,** Ankara.

AKÇAR, N., & SCHLÜCHTER, C.: 2005 "Paleoglaciations in Anatolia: A Schematic Rewiew and First Results". **Eiszeitalter und Gegenwart,** 55, 102-121.

AKENGİN, H.: 2016 "Türkiye'nin Jeopolitiği". (ED. M. H. Kanat) Türkiye Coğrafyası ve Jeopolitiği. **Nobel Akademik Yayıncılık**, 1-28, Ankara.

AKGUN, A., DAG. S., BULUT, F.: 2008 "Landslide susceptibility mapping for a landslide-prone area (Findikli, NE of Turkey) by likelihood-frequency ratio and weighted linear combination models". **Environmental Geology**, 54 (6) 1127–1143.

ATALAY, İ.: 1994 "Türkiye Vejetasyon Coğrafya". **Ege Üniversitesi Basımevi,** İzmir.

ATALAY, İ.: 2011 "Türkiye Coğrafyası ve Jeopolitiği". **Meta basım**, İzmir.

ATALAY, İ.:1997 "Türkiye Coğrafyası". **Ege Üniversitesi yayınları,** İzmir.

AVCI, M.: 1993 "Türkiye'nin flora bölgeleri ve Anadolu Diagonali'ne coğrafi bir yaklaşım". **Türk Coğrafya Dergisi,** 28, 225-248.

AVCI, M.: 2005 "Çeşitlilik ve Endemizim Açısından Türkiye'nin Bitki Örtüsü". **İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Dergisi,** 13, 27-55.

AVCI, M.: 2018 "Türkiye'nin Bitki Çeşitliliği ve Coğrafi Açıdan Değerlendirilmesi". (Ed. Ü. Akkemik) Türkiye'nin Doğal-Egzotik Ağaç ve Çalıları. **Orman Genel Müdürlüğü Yayınları,** 30-43, Ankara.

AVCI, V,: 2016 "Adaklı İlçesi'nde (Bingöl) Görülen Heyelanların Jeomorfolojik Faktörlere Göre Dağılışı". **Bingöl Araştırmaları Dergisi,** 2 (2), 31-60.

BARKA, A.A.: 1996 "Slip distribution along the Nort Anatolian Fault associated with the large earthquakes of the penod 1939 to 1967". **Bull. Seismol. Soc. Am.,** 86, 1238-1254.

BAŞKAYA, M.: 2015 "1929 Of-Sürmene Felaketi Ve Bölgeye Etkileri". **Karedeniz İncelemeleri Dergisi,** 18, 177-196.

BOZKURT, E.: 2001 "Neotectonics of Turkey" – a synthesis, **Geodinamica Acta,** 14, 3-30.

CAN, T., NEFESLİOGLU, H. A., GOKCEOGLU, C., SONMEZ. H., & DUMAN, T. Y.: 2005 "Susceptibility assessments of shallow earthflows triggered by heavy rainfall at three catchments by logistic regression analyses". **Geomorphology,** 72 (1-4) 250-271.

CİHANGİR, M., 2018 "Kelkit Çayı Vadisinde (Umurca-Koyulhisar Arası) Heyelan Riskinin Belirlenmesi". **Yayımlanmamış**

Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

CİHANGİR, M., GÖRÜM, T., & NEFESLİOĞLU, H.: 2018 "Heyelan tetikleyici faktörlerine bağlı mekânsal hassasiyet değerlendirmesi". **Türk Coğrafya Dergisi,** 70, 133-142.

CRUDEN, D. M., & VARNES, D. J.: 1996 "Landslides: investigation and mitigation. Chapter 3-Landslide types and processes". **Transportation research board special report** (247).

ÇAN, T., DUMAN, T.Y., OLGUN, Ş., ÇÖREKÇİOĞU, Ş., GÜLMEZ, F.K., ELMACI, H., HAMZAÇEBİ, S., & EMRE, Ö.: 2013 "Türkiye Heyelan Veri Tabanı". **TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi.**

DEWEY, J. F., & ŞENGÖR, A.M.C.: 1979 "Aegean and surrounding regions: complex multiple and continuum tectonics in a convergent zone". **Geol. Soc. Am. Bull.** 90, 84–92.

DEWEY, J. F., HEMPTON, M., KİDD, W., SAROGLU, F., & ŞENGÖR, A.M.C.: 1986 "Shortening of continental lithosphere: the neotectonics of Eastern Anatolia—a young collision zone". **Geological Society, London, Special Publications,** 19 (1), 1-36.

DOĞU, A.F., ÇİÇEK, İ., & GÜRGEN, G.: 1986 "23 Haziran 1988 Çatak Heyelanı (Trabzon/Maçka)". **Atatürk Dil ve Tarih Yüksek Kurumu, Coğrafya Araştırmaları,** 1 (1), 103-109, Ankara.

DUMAN, T.Y., ÇAN, T., & GÖKÇE, O.: 2016 "Birleştirilmiş Türkiye Heyelan Veri Tabanı". **Ulusal Heyelan Sempozyumu Tebliğler,** 7-10, Ankara.

EM-DAT.: 2008 "Annual Disaster Statistical Review The Numbers and Trends 2007". **Center for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED),** Belgium.

EM-DAT.: 2009 "Annual Disaster Statistical Review 2008 The numbers and trends". **Center for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED),** Belgium.

EM-DAT.: 2010 "Annual Disaster Statistical Review 2009 The numbers and trends". **Center for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED),** Belgium.

EM-DAT.: 2011 "Disasters in Numbers 2010" **Center for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED),** Belgium.

EM-DAT.: 2012 "Annual Disaster Statistical Review 2011 The numbers and trends". **Center for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED),** Belgium.

EM-DAT.: 2013 "Annual Disaster Statistical Review 2012 The numbers and trends". **Center for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED),** Belgium.

EM-DAT.: 2014 "Annual Disaster Statistical Review 2013 The numbers and trends". **Center for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED),** Belgium.

EM-DAT.: 2015 "Annual Disaster Statistical Review 2014 The numbers and trends". **Center for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED),** Belgium.

EM-DAT.: 2016 "Annual Disaster Statistical Review 2015 The numbers and trends". **Center for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED),** Belgium.

EM-DAT.: 2017 "Annual Disaster Statistical Review 2016 The numbers and trends". **Center for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED),** Belgium.

EM-DAT.: 2018 "Natural Disaster 2017". **Center for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED),** Belgium

EM-DAT.: 2019 "2018 Reııew of Disaster Events". **Center for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED),** Belgium

EM-DAT.: 2019 EM-DAT: The Emergency Events Database, Université catholique de Louvain (UCL), Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), (Çevrimiçi) www.emdat.be, Brussels, Belgium.

ERİK, S., & TARIKAHYA, B.: 2004. "Türkiye Florası üzerine". **Kebikeç,** 17, 139-163.

ERİNÇ, S.: 1984 “Klimatoloji ve Metodları”, **Alfa Basım Yayım Dağıtım,** İstanbul

ERİNÇ, S.: 1993. “Türkiye Fiziki Coğrafyasının Ana Çizgileri”. **İ.Ü. Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Bülteni**, 10, 1-10, İstanbul.

ERLAT, E.: 2014 “Dünya iklimleri”. **Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları,** İzmir.

EROL, O.: 1989 Türkiye Jeomorfolojisi. "Türkiye'nin Jeomorfolojik Evrimi ve Bugünkü Genel Jeomorfolojik Görünümü". Yayınlanmamış Ders Notu, İstanbul.

EROL,O.: 1983 “Türkiye'nin Genç Tektonik ve Jeomorfolojik Gelişimi”. **Jeomorfoloji Dergisi,** 11, 1-22, Ankara.

EROL,O.: 1988 “Genel Klimatoloji”. **İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü**, 9, İstanbul.

Ertek, T. A.: 1995 “Senirkent Seli (13 Temmuz 1995-Isparta)”. **Türk Coğrafya Dergisi,** 30, 127-141, İstanbul.

ERTEK, T. A.: 2016 “Türkiye’de Doğal Afetler”. (ED. M. H. Kanat) Türkiye Coğrafyası ve Jeopolitiği. **Nobel Akademik Yayıncılık**, 1-28, Ankara.

EVANS, S. G.: 1997 “Fatal landslides and landslide risk in Canada”. **in: Landslide Risk Assessment**. edited by: Cruden, D. and Fell, R., Balkema, Rotterdam, 185–196, 1997.

FAİRBRİDGE, R., EROL, O,, KARACA, M., & YILMAZ, Y.: 1997 "Background to Mid-Holocene Climatic Change in Anatolia and Adjacent Regions". In: Dalfes, Kukla ve Weiss (Eds). **Third Millennium BC Climate Change and Old World Social Collapse,** Vol. I 49, 595-610, Springer Verlag, Heidelberg, Germany.

FAO/IIASA/ISRIC/ISSCAS/JRC.: 2012 "Harmonized World Soil Database". (version 1.2). FAO, Rome, Italy and IIASA, Laxenburg, Austria. (Erişim tarihi: 22.01.2019)

FREUND, R., ZAK, I., & GARFUNFEL, Z.: 1968. "On the age and rate of sinistral movement along the Dead Sea rift". **Nature**, 220, 253-255.

FROUDE, M. J., & PETLEY, D. N.: 2018 "Global fatal landslide occurrence from 2004 to 2016". **Natural Hazards and Earth System Sciences**, 18, 2161-2181.

GARFUNKEL, Z., & BEN-AVRAHAM, Z.: 1996 "The structure of the Dead Sea basin". **Tectonophysics,** 255, 155-176.

GOKCEOGLU, C., SONMEZ, H., NEFESLİOGLU, H. A., DUMAN, T. Y., & CAN, T.: 2005 "The 17 March 2005 Kuzulu landslide (Sivas, Turkey) and landslide-susceptibility map of its near vicinity". **Engineering Geology,** 81, 65-83.

GÖKÇE, O., ÖZDEN, Ş., & DEMİR, A.: 2008 "Türkiye'de Afetlerin Mekânsal ve İstatistiksel Dağılımı Afet Bilgileri Envanteri". **Afet İşleri Genel**

Müdürlüğü, Afet Etüt ve Hasar Tespit Daire Başkanlığı, Ankara.

GÖKÇEOĞLU, C., & ERCANOĞLU, M., 2001 "Heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasında kullanılan parametrelere ilişkin belirsizlikler". **Hacettepe Yerbilimleri Dergisi,** 23, 189-206.

GÖRÜM, T.: 2006 "Coğrafi Bilgi Sistemi ve İstatistiksel Yöntemler Kullanılarak Heyelan Duyarlılık Analizi: Melen Boğazı ve Yakın Çevresi". **Basılmamış Yüksek Lisans Tezi İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.**

GÖRÜM, T.: 2017 "Muş İlindeki Kütle Hareketleri ve Kütle Hareketlerine Duyarlı Alanların Analizi". Muş İli İçin Doğal Tehlike Kaynakları, Dölek I.. , Ed., Yayınevi, Ankara, 37-79.

GÖRÜM, T.: 2019 "Tectonic, topographic and rock-type influences on large landslides at the northern margin of the Anatolian Plateau". **Landslides,** 16 (2), 333-346.

GRAHN, T., & JALDELL, H.: 2017 "Assessment of data availability for the development of landslide fatality curves". **Landslides**, 14 (3), 1113-1126.

GUZETTİ, F.: 2006 "Landslide hazard and risk assessment" **(PhD Thesis),** Mathematisch Naturwissenschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms- Universität, University of Bonn, Bonn, Germany.

GUZZETTİ, F. 2000. "Landslide fatalities and evaluation of landslide risk in Italy". **Engineering Geology,** 58, 89-107.

GUZZETTİ, F., CARDİNALİ, M., REİCHENBACH, P., & CARRARA, A.: 2000 "Comparing landslide maps: a case study in the upper Tiber River Basin, Central Italy". **Environmental Management,** 25 (3), 247-363.

GUZZETTİ, F., MONDİNİ, A.C., CARDİNALİ, M., FİORUCCİ, F., SANTANGELO, M., CHANG, K.-T.: 2012 "Landslide inventory maps: New tools for an old problem". **Earth-Science Reviews,** 112 (1-2), 42-66.

GUZZETTİ, F., STARK, C.P. & SALVATİ, P.: 2005 "Evaluation of Flood and Landslide Risk to the Population of Italy". **Environmental Management,** 36 (1), 15-36.

HANSEN, A.: 1984a "Landslide hazard analysis". In: Brunsden, D. and Prior, D.B. (eds.) **Slope instability,** Wiley & Sons, New York, 523-602.

HANSEN, A.: 1984b "Engineering geomorphology: the application of an evolutionary model of Hong Kong's terrain". **Zeiscrift für Geomorphologie,** Supplementband, 51, 39-50.

HAQUE, U., BLUM, P., DA SİLVA P. F., ANDERSEN, P., PİLZ, J., CHALOV, SR., MALET. J, P., AUFLİČ, "Fatal landslides in Europe". **Landslides**, 13 (6), 1545-1554.

M. J., ANDRES, N., POYİADJİ, E., LAMAS, P. C.: 2016

HAQUE, U., DA SİLVA, P.F., LEE, J., BENZ, S., AUFLİČ, M.J., & BLUM, P.: 2017 "Increasing Fatal Landslides in Europe". In: Mikos M., Tiwari B., Yin Y., Sassa K. (eds) **Advancing Culture of Living with Landslides**. WLF 2017. Springer, Cham.

HARTMANN, J., & MOOSDORF, N.: 2012 The new global lithological map database GLiM: A representation of rock properties at the Earth surface". **Geochemistry Geophysics Geosystems,** 13, 1-37.

HEMPTON, M. R.: 1985 Structure and deformation history of Bitlis suture near lake Hazar, southeastern Turkey". **Bulletin of the Geological Society of America,** 96, 233-243.

HEMPTON, M. R.: 1987 "Constraints on Arabian plate motion and extensional history of the Red Sea", **Tectonics,** 6, 687-705.

ILDIR, A.: 1995 "Türkiye'de heyelanların dağılımı ve afetler yasası ile ilgili uygulamalar". **2. Ulusal Heyelan Sempozyumu**, Sapanca, 1-9.

JOFFE, S., & GARFUNKEL, Z.: 1987 "Plate kinematics of the circum Red Sea - a re-evaluation", **Tectonophysics**, 141, 5-22.

KARAGÜZEL, R., BOZCU, M., YALÇIN, "Senirkent (Isparta) moloz-çamur akması ön mühendislik jeolojisi değerlendirilmesi", **Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni,** 11, 16-25.

A., & YILMAZ, K..: 1996

KETİN, İ.: 1966, "Anadolu'nun tektonik birlikleri". **MTA Dergisi,** 66, 20-34, Ankara.

KETİN, İ.: 1983 "Türkiye Jeolojisine Genel Bir Bakış". **ITÜ Maden Fakültesi yayınları**, sayı: 1259, İstanbul.

KİRSCHBAUM, D. B., STANLEY, T., & ZHOU, Y.: 2015 "Spatial and temporal analysis of a global landslide Catalog". **Geomorphology**, 249, 4-15.

KOUKİS, G., & ZİOURKAS, C.: 1991 "Slope instability phenomena in Greece: A statistical anlysis". **Bulletin of International association of Engineering Geologists,** 43, 47-60.

LACASSE, S., NADİM, F., & KALSNES, B.: 2010 "Living with landslide risk". **Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA,** Vol. 41, No. 4.

LANDSCAN.: 2017 LandScan. (Çevrimiçi) http://web.ornl.gov/sci/landsan/ (Erişim tarihi: 12.02.2019)

LE PİCHON, X., & ANGELİER J.: 1979 "The Aegean arc and trench system: a key to the neotectonic evolution of the eastern Mediterranean area". **Tectonophysics**, 60, 1-42.

LE PİCHON, X., CHAMOT-ROOKE, C., LALLEMANT, S., NOOMEN, R., & VEİS G.: 1995 "Geodetic determination of the kinematics of Central Greece with respect to Europe: implications for Eastern Mediterranean tectonics". **Journal of Geophysical Research**, 100, 12675-12690.

LİN, Q., & WANG, Y.: 2018 "Spatial and temporal analysis of a fatal Landslide inventory in China from 1950 to 2016". **Landslides,** 15(12), 2357-2372.

MART, Y., & WOODSİDE, J.: 1994 "Preface: Tectonics of the Eastern Mediterranean". **Tectonophysics,** 234, 1-3.

MC KENZİE, D. P.: 1978 "Active tectonics of the Alpine–Himalayan belt: the Aegean Sea and surrounding regions". **Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society,** 55, 217-254.

MC KENZİE, D.P.: 1970 "Plate tectonics of the Mediterranean region". **Nature** 220, 239-343.

MC KENZİE, D.P.: 1972 "Active tectonics of the Mediterranean region". **Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society,** 30, 109-185.

METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ (MGM).: 2017 "İklim sınıflandırmaları". (Çevrimiçi) https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yayinlar/iklim_siniflandirmalari.pdf (Erişim tarihi: 15.12.2018).

MİTCHELL, S. G., & MONTGOMERY, D. R.: 2006 "Influence of a glacial buzzsaw on the height and morphology of the Cascade Range in central Washington State, USA". **Quaternary Research,** 65, 96-107.

NAGARAJAN, R., ROY, A., VİNOD KUMAR, R., MUKHERJEE, A., & KHİRE, M.V.: 2000 "Landslide hazard susceptibility mapping based on terrain and climatic factors for tropical monsoon regions". **Bulletin of Engineering Geology and the Environment,** 58, 275-287.

NEFESLİOĞLU, H. A.: 2008 "Toprak Akmalarına İlişkin Tehlike Haritalarının Üretilmesi (Büyükköy Su Toplama Havzası, Çayeli, Rize)". **Yayımlanmamış Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.**

NEFESLİOĞLU, H.A., GÖKÇEOĞLU, C., SÖNMEZ, H., & GÖRÜM, T.: 2011 "Medium-scale hazard mapping for shallow Landslide initiation: the Buyukkoy catchment area (Cayeli, Rize, Turkey)". **Landslides,** 8 (4), 459-483.

OCAKOGLU, F., GOKCEOGLU, C., & ERCANOGLU, M.: 2002 "Dynamics of a complex mass movement triggered by heavy rainfall: a case study from NW Turkey". **Geomorphology,** 42 (3-4) 329-341.

OKAY, A.I., & O, TÜYSÜZ.: 1999 "Tethyan sutures of northern Turkey", **Geological Society, London, Special Publications,** 156, 475-515.

OKAY, A.I.: 2008 "Geology of Turkey: A synopsis". **Anschnitt,** 21, 19-42.

ORAL, M. B., REİLİNGER, R. E., TOKSÖZ, M. N., KONG, R.W., BARKA, A. A., KINIK, İ., & LENK, O.: 1995 "Global positioning system offers evidence of plate motions in eastern Mediterranean". **EOS Transactions,** 76 (9).

OVEN, K. J.: 2005 "The analysis of the spatial patterns and controls governing the global occurrence of fatal landslides". **Durham theses, Durham University.**

ÖZDEN, Ş., GÖKÇE, O., DEMİR, A., & ÇİFTÇİ, A. "Afet Bilgi Envanter Projesi", **T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü**, Ankara.

ÖZTÜRK, M. Z., ÇETİNKAYA, G., & AYDIN, S.: 2017 "Köppen-Geiger İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye'nin İklim Tipleri". **İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Dergisi**, 35, 17-27.

PAŠEK, J.: 1975 "Landslide inventory". **International Association Engineering Geologist Bulletin,** 12, 73-74.

PETLEY, D. N.: 2012 "Global patterns of loss of life from landslides". **Geology,** 40, 927-930.

QUENNELL, A. M.: 1958 "The structural and geomorphic evolution of the Dead Sea rift". **Quarterly Journal of The Geological Society of London,** 114, 1-24.

SCHUSTER, R.L.: 1996 "Socia-economic significance of landslides, In: Turner", Schuster (eds) "Landslides: Investigation and

Mitigation". Transportation Research Board-National Research Council, **Special Report,** 247, 12-35.

SENSOY, S., DEMİRCAN, M., ULUPINAR, Y., & BALTA, İ.: 2008 "Climate of Turkey". **Turkish State Meteorological Service**, P.O. Box: 401, Ankara, Turkey.

SENSOY, S., DEMİRCAN, M., ULUPINAR, Y., & BALTA, İ.: 2008 "Türkiye İklimi", Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM).

SEPÚLVEDA, S. A. & PETLEY, D. N.: 2015 "Regional trends and controlling factors of fatal landslides in Latin America and the Caribbean". **Natural Hazards and Earth System Sciences**, 15, 1821-1833.

ŞENGÖR, A.M.C., & YILMAZ, Y.: 1981 "Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach". **Tectonophysics,** 75, 81-241.

ŞENGÖR, A.M.C., GÖRÜR, N., & SAROĞLU, F.: 1985 "Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study". in: Biddle K.T., Christie-Blick N. (Eds.), Strike-slip Faulting and Basin Formation, **Soc. Econ. Paleontol. Mineral. Sp. Pub.,** 37, 227-264.

ŞENGÖR, A.M.C.: 1979 "Mid-Mesozoic closure of Permo-Triassic Tethys and its implications". **Nature,** 279, 590-593.

ŞENGÖR, A.M.C.: 1979 The North Anatolian transform fault: its age, ofset and tectonic significance, **Journal of the Geological Society**, London, 136, 269-282.

ŞENGÖR, A.M.C.: 1980 "Türkiye'nin neotektoniğinin esasları". **Turkiye jeoloji Kurumu Konferans Serisi,** 2, 40, Ankara.

THE WORLD BANK.: 2004 "Understanding the Economic and Financial Impacts of Natural Disasters", **Disaster Risk Management Series**, No. 4, Washington, D.C.

THE WORLD BANK.: 2004 "Preventable Losses: Saving Lives and Property through Hazard Risk Management", **Disaster Risk Management Working Paper Series**, No. 9, Washington, D.C.

THE WORLD BANK.: 2005 "Natural Disaster Hotspots A Global Risk Analysis", **Disaster Risk Management Series**, No.5, Washington, D.C.

THE WORLD BANK.: 2010 "Disaster Risk Management and Climate Change Adaptation in Europe and Central Asia", **Global Facility for Disaster Reduction and Recovery**, Washington, D.C.

TSCHOEGL, L., BELOW, R., & GUHA-SAPİR, D.: 2006 "An Analytical Review of Selected Data Sets on Natural Disasters and Impacts", **UNDP/CRED Workshop on Improving Compilation of Reliable Data on Disaster Occurrence and Impact**, Bangkok, Thailand.

TUNUSLUOĞLU, M. C.: 2007 "Barla-Beşparmak-Kapı Dağlarının Kuzey Yamaçlarındaki Moloz Oluşumunu Etkileyen Faktörlerin Ve Moloz Akma Koşullarının Araştırılması". **Yayımlanmamış Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.**

TUROĞLU, H.: 2015 "Tarihlendirilmiş Bazı Jeomorfolojik Verilere Dayandırılan, Anadolu'nun Kuvaterner İklim Özellikleri Rekonstrüksiyonu". Prof Dr. İbrahim ATALAY'ın 45. Meslek yılına armağan, Efe R., Ed., **Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüs,**, İzmir, 75-102.

TÜİK (2018) Türkiye İstatistik Kurumu Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemleri Sonuçları.

TÜRKEŞ, M., & TATLI, H.: 2011 "Use of the spectral clustering to determine coherent precipitation regions in Turkey for the period 1929-2007". **International Journal of Climatology,** 31(14), 2055-2067.

TÜRKEŞ, M.: 2000 "El Nino-GÜneyli Salınım Ekstremleri ve Turkiye'deki Yağış Anomalileri ile İlişkileri**"** **TMMOB Çevre Bilim ve Teknoloji**, 1, 1-13.

TÜRKEŞ, M.: 2010 "Klimatoloji ve meteoroloji". **Kriter Yayınevi**.

ULUPINAR, Y., ÇELİK, S., GÜLSOY, E., "24 Ağustos 2015 Tarihinde Hopa'da Meydana Gelen Şiddetli Yağışın Meteorolojik ve Hidrometeorolojik

AKBAŞ, A. İ., & KÖSE, S.: 2015 Analizi", **II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu,** Antalya.

ULUSAY, R., AYDAN, Ö., & KILIC, R.: 2007 "Geotechnical assessment of the 2005 Kuzulu landslide (Turkey)". **Engineering Geology,** 89 (1-2) 112-128.

VARNES, D. J.: 1978 "Slope movement types and processes". **Special report**, 176, 11-33.

WESTAWAY, R., & ARGER, J.: 1996 "The Golbası basin, southeastern Turkey: A complex discontinuity in a major strike-slip fault zone". **Journal of the Geological Society,** London, 153, 729-743.

WESTAWAY, R.: 1994 "Evidence for dynamic coupling of surface processes with isostatic compensation in the lower crust during active extension of western Turkey". **Journal of Geophysical Research,** 99, 20,203-223.

WİECZOREK, G.F.: 1984 "Preparing a detailed landslide-inventory map for hazard evaluation and Reduction". **Bulletin Association Engineering Geologists,** 21 (3), 337-342.

YALÇINKAYA, S.,: 1995 "Isparta Senirkent feyezanı", **DSİ Genel Müdürlüğü Bülteni,** 407-408, 13-22.

YILMAZ, E., & ÇİÇEK, İ.: 2016 "Thornthwaite classification of Turkey". **Journal of Human Sciences,** 13 (3), 3973-3994.

YILMAZ, Y., YİĞİTBAŞ, E., & GENÇ, C.Ş.: 1993 "Ophiolitic and metamorphic assemblages of southeast Anatolia and their significance in the geological evolution of the orogenic belt". **Tectonics**, 12, 1280-1297.

YİĞİTBAŞOĞLU, H., EASTWOOD, W., MATHER, A., & MAHER, R.: 2008 "17 Mart 2005 Kuzulu heyelanı (Koyulhisar/Sivas)". (ED. A.E.Erginal) **Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu,** 281-289, Çanakkale.

ZHANG, F., & HUANG, X.: 2018 "Trend and spatiotemporal distribution of fatal landslides triggered by non-seismic effects in China". **Landslides,** 15 (8), 1663-1674.

ZOLOTAREV, V. M.: 1976 "Metric distances in spaces of random variables and their distributions". **Mat.USSR Sb.,** 50 (3) 373-401.

İnternet Kaynakları

https://www.cumhuriyetarsivi.com/

http://gazetearsivi.milliyet.com.tr/

http://www.cumhuriyet.com.tr/

http://www.milliyet.com.tr/

https://www.cnnturk.com/

http://www.hurriyet.com.tr/

https://www.iha.com.tr/

https://www.aa.com.tr/tr

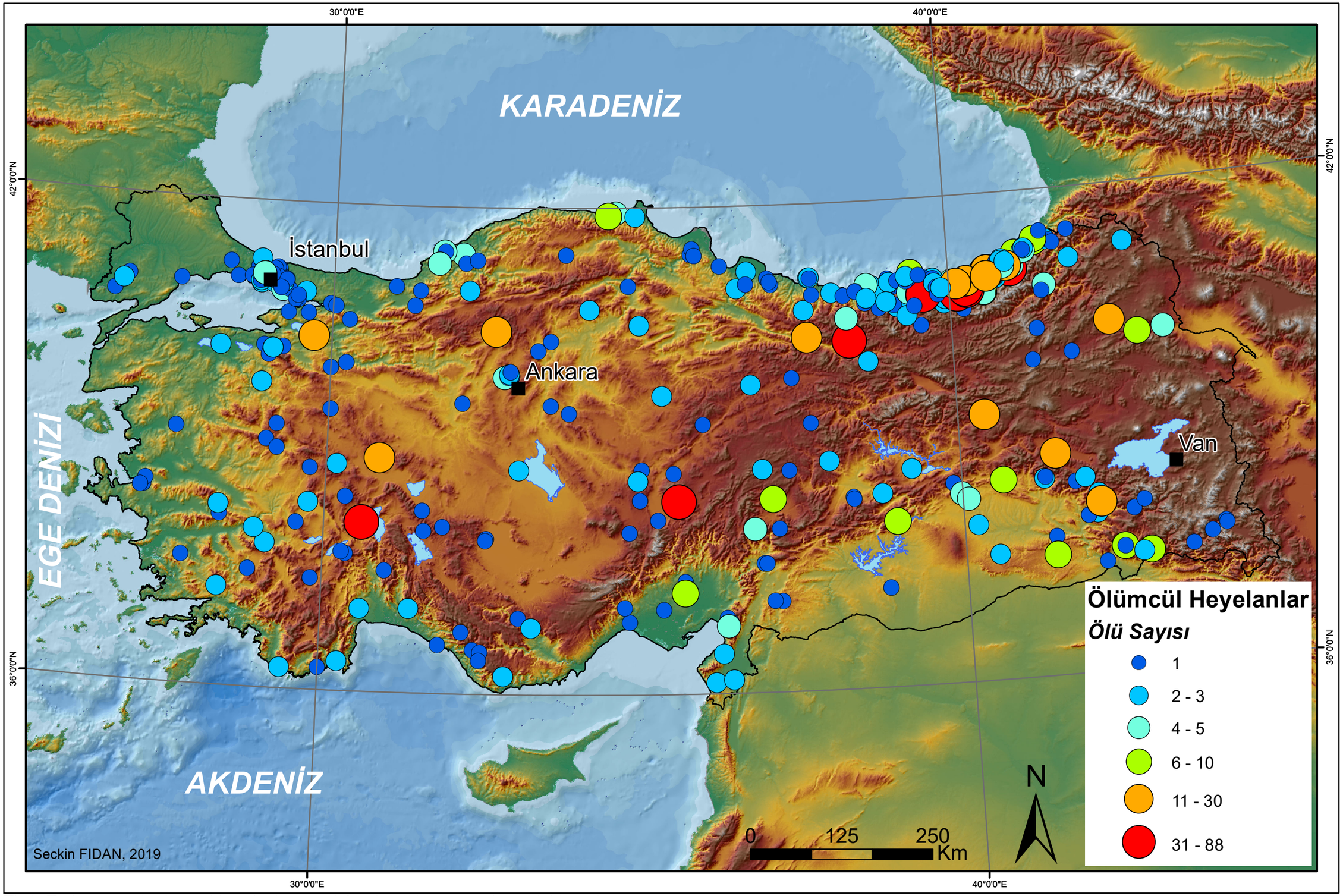
https://www.sabah.com.tr/

https://www.mynet.com/

https://www.haberturk.com/

EKLER

Ek 1: Türkiye geneli ölümcül heyelanların mekânsal dağılımı ve neden oldukları ölü sayısı.



Ek 1: Türkiye geneli ölümcül heyelanların mekânsal dağılımı ve neden oldukları ölü sayısı.