

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORCID : - - -

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

ORCID : - - -

Trabzon

ÖNSÖZ

“Heyelan Alanlarının Orman Yolları ile İlişkisinin Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Belirlenmesi” adlı çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışma süresince bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen, çalışmamın her aşamasında çok kıymetli fikirlerini paylaşan değerli danışmanım Prof. Dr. Selçuk GÜMÜŞ’e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez aşamalarında takıldığım her alanda sorularımı sabırla cevaplayan çok değerli hocam Arş. Gör. Dr. Taha Yasin HATAY’a, tez konumun belirlendiği andan itibaren hep yanımda olan gerek bilgi gerek sonsuz manevi desteğiyle beni hiç yalnız bırakmayan çok değerli hocam, arkadaşım Arş. Gör. Gizem MISIRLIOĞLU ‘na şükranlarımı ve sevgilerimi sunarım.

Yazım aşamasında desteğini esirgemeyen Sümeyye GÜLER’e, verileri temin etmemde ve arazi çalışmalarında desteğini esirgemeyen Araklı Orman İşletme Şefliği personeline katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Eğitim-öğretim hayatım boyunca sevgisini, desteğini ve sabrını hep hissettiğim canım annem Emel ÜNLÜ’ye, her zaman yanımda olan, bana her zaman inanan, güvenen canım eşim Fatih AYDIN’a, çalışmalarım sırasında vakit geçiremediğim canım kızım Asya AYDIN’a sabrından ve anlayışından ötürü en içten teşekkürlerimi sunarım.

Seda YURDADOĞ AYDIN

Trabzon, 2024

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Heyelan Alanlarının Orman Yolları ile İlişkisinin Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Belirlenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Selçuk GÜMÜŞ’ ün sorumluluğunda tamamladığımı, örnekleri kendim topladığımı, analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 15/10/2024

Seda YURDADOĞ AYDIN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ	XI
KISALTMALAR DİZİNİ	XII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1 Giriş	1
1.2. Orman Yolları	4
1.2.1. Orman Yolu Tipi ve Standartları.....	4
1.3. Orman Yollarının Çevresel Zararları ve Ekolojik Etkileri	8
1.4. Heyelan Tanımı.....	11
1.5. Heyelan Oluşumunda Etkili Olan Faktörleri	17
1.6. Ormanların Heyelan Oluşumu Üzerine Etkileri	25
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	29
2.1. Çalışma Alanı Özellikleri	31
2.2. Çalışma Alanındaki Orman Yollarının Teknik Özellikleri.....	33
2.3. Yöntem.....	37
2.3.1. Heyelan Alanlarının Tespit Edilmesi	37
2.3.2. Heyelan Olmayan Alanların Belirlenmesi	39
3. BULGULAR	42
3.1. Çalışma Alanının Topoğrafik Özellikleri	42
3.1.1. Çalışma Alanı Eğim Sınıfları	42
3.1.2. Çalışma Alanı Bakı Sınıfları	44
3.1.3. Çalışma Alanı Yükselti Basamakları	46
3.2. Çalışma Alanının Bitki Örtüsü	48
3.3. AFAD’ tan Alınan Verilerin Orman Yolları ile İlişkilendirilmesi	50
3.4. Çalışma Kapsamında Belirlenen Heyelan Alanlarının Kümelenme Analizi	54
3.5. Çalışma Kapsamında Belirlenen Alanların Random Forest Sınıflandırıcı ile Analizi	61

4. TARTIşMA.....	66
5. SONUÇLAR.....	69
6. ÖNERİLER	71
7. KAYNAKLAR.....	72
8. EKLER.....	79
ÖZGEÇMİş	



Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

HEYELAN ALANLARININ ORMAN YOLLARI İLE İLİŞKİSİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK BELİRLENMESİ – ARAKLI ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ ÖRNEĞİ

Seda YURDADOĞ AYDIN

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Selçuk GÜMÜŞ
2024, 75 Sayfa, 10 Sayfa Ek

Orman yolları, ormanların sürdürülebilir yönetimi ve kullanımı için hayati öneme sahip altyapı elemanlarıdır. Orman yolları, orman yönetimi ve bakımı, yangınla mücadele, ağaç kesimi ve odun taşımacılığı, ekoturizm ve rekreasyon gibi birçok faaliyetin gerçekleştirilmesi için en gerekli tesislerdir. Fakat orman yollarının yararı olduğu gibi zararı da vardır. Bunlardan en önemlisi, heyelan riskini arttırmasıdır. Alanda detaylı incemeler yapılmadan, bütün parametrelerin analizleri oluşturulmadan yapılan orman yolları gerek inşaatı gerekse yapım sonrası heyelan riskini arttırır. Bu çalışmada Doğu Karadeniz Bölgesinde bulunan Trabzon ili sınırları içerisinde olan Sürmene Orman İşletme Müdürlüğüne dahil Araklı Orman İşletme Şefliği kapsamında belirlenen alanın topoğrafik özellikleri belirlenmiş ve haritaları oluşturulmuştur. Alandaki tüm yollar, heyelan alanları ve heyelan olmayan alanlar ArcGIS üzerinden tespit edilmiş ve yolların bu alanlara uzaklığı tespit edilmiştir. Eğim, bakı, yükselti gibi parametrelerin heyelan alanları ile olan ilişkisi istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda bu alan için tüm parametrelerin heyelan ile ilişki oranları bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda orman yollarının planlanması sırasında daha kapsamlı analizler yapılması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Orman yolları, Heyelan, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Arcgis, Google Earth

Master Thesis

SUMMARY

DETERMINATION OF RELATIONSHIP OF LANDSLIDE AREAS WITH FOREST ROADS USING GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS – ARAKLI FOREST MANAGEMENT DIRECTORATE EXAMPLE

Seda YURDADOĞ AYDIN

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Engineering Graduate Program
Supervisor: Assoc. Prof. Selçuk GÜMÜŞ
2024, 75 Pages, 10 Pages Appendix

Forest roads are infrastructure elements that are vital for the sustainable management and use of forests. Forest roads are the most necessary facilities for carrying out many activities such as forest management and maintenance, firefighting, logging and wood transportation, ecotourism and recreation. However, forest roads have both benefits and harms. The most important of these is that they increase the risk of landslides. Forest roads built without detailed examinations in the area and without analyzing all parameters increase the risk of landslides both during and after construction. In this study, the topographic features of the area determined within the borders of Trabzon province in the Eastern Black Sea Region within the scope of Araklı Forest Operation Directorate, which is included in Sürmene Forest Operation Directorate, were determined and maps were created. All roads, landslide areas and landslide-free areas in the area were determined via ArcGIS and the distance of the roads to these areas was determined. The relationship between parameters such as slope, aspect and elevation and landslide areas were statistically analyzed. As a result of the study, the relationship rates of all parameters with landslides were found for this area. In line with the results obtained, it is recommended that more comprehensive analyses be conducted during the planning of forest roads.

Key Words: Forest roads, Landslide, Geographic information systems, ArcGIS, Google Earth

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Araklı Aytaç Köyünde meydana gelen heyelan olayı (URL-1).....	2
Şekil 2. Araklı Yüceyurt mahallesinde meydana gelen heyelan olayı (URL-2).....	3
Şekil 3. Araklı Değirmencik mahallesinde meydana gelen heyelan olayı (URL-3)	3
Şekil 4. Ana Orman Yolu (Yorulmaz, 2021).....	5
Şekil 5. A Tipi Tali Orman Yolu (Yorulmaz, 2021).....	6
Şekil 6. B Tipi Tali Orman Yolu (Yorulmaz, 2021).....	6
Şekil 7. Ülkemizde oluşan afetlerin yüzde dağılımı (URL-4).....	12
Şekil 8. Düşme çeşitleri (URL-4).....	14
Şekil 9. Devrilme çeşitleri (URL-4)	14
Şekil 10. Kayma çeşitleri (URL-4).....	15
Şekil 11. Yayılma çeşitleri (URL-4)	16
Şekil 12. Akma çeşitleri (URL-4).....	16
Şekil 13. Karmaşık kayma örneği (URL-4).....	17
Şekil 14. Heyelana neden olan faktörler (URL-6).....	18
Şekil 15. Türkiye Heyelan Yoğunluk Haritası (URL 7)	24
Şekil 16. İş akışı	30
Şekil 17. Araklı Orman İşletme Şefliği	31
Şekil 18. Orman yolu inşaatının sebep olduğu heyelan alanı.....	32
Şekil 21. Walter'e (1975) göre Trabzon ili iklim diyagramı	32
Şekil 22. Çalışma alanında mevcut olan tüm yollar	34
Şekil 23. Çalışma alanında bulunan orman yolları.....	35
Şekil 24. Çalışma alanındaki heyelan alanları.....	36
Şekil 25. Heyelan alanlarının Google Earth yazılımı kullanılarak tespit edilmesi.....	38
Şekil 26. 104 adet heyelansız alanın Google Earth yazılımı ile gösterimi	39
Şekil 27. 57 numaralı heyelan alanının en yakın orman yola uzaklığının Google Earth yazılımında belirlenmesi	40
Şekil 28. 10 numaralı heyelan gerçekleşmeyen alanın en yakın yola uzaklığının Google Earth yazılımında belirlenmesi	41
Şekil 29. Çalışma alanı eğim sınıfları.....	43
Şekil 30. Çalışma alanı bakı sınıfları.....	45
Şekil 31. Çalışma alanı yükseklik basamakları	47

Şekil 32. Çalışma alanı arazi kullanımı dağılımı.....	49
Şekil 33. Çizgi katmanının poligon katmanına dönüştürülmesi.....	50
Şekil 34. Orman yol ağı ile heyelan riskli alanların ArcMAP yazılımı ile gösterimi.....	51
Şekil 35. Heyelan riskli alanlar içerisinde kalan orman yolları ile heyelandan etkilenen alanların (AFAD) kesişimi.....	52
Şekil 36. Heyelan alanlarının bakılarının grafiksel gösterimi	54
Şekil 37. Heyelan alanlarının yükselti sınıflarının grafiksel gösterimi	56
Şekil 38. Heyelan alanlarının eğim sınıflarının grafiksel gösterimi.....	57
Şekil 39. Heyelan alanlarının kapalılık sınıflarının grafiksel gösterimi.....	58
Şekil 40. Heyelan alanlarında bulunan ağaçların kök yapısının grafiksel gösterimi.....	59
Şekil 41. Heyelan alanlarında bulunan toprak türlerinin grafiksel gösterimi.....	60
Şekil 42. Heyelan alanlarındaki arazi kullanımının grafiksel gösterimi	61

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Orman Yolları Geometrik Standartları (OGM, 2008)	5
Tablo 2. Heyelan türleri (Varnes, 1978)	13
Tablo 3. Eğim sınıflarının alansal dağılımı	44
Tablo 4. Bakı sınıflarının alansal dağılımı.....	46
Tablo 5. Yükselti basamaklarının alansal dağılımı.....	48
Tablo 6. Bitki örtüsünün alansal dağılımı.....	50
Tablo 7. Orman yollarının heyelan riskli alanlara uzaklığı	53
Tablo 8. Heyelan alanlarının bakışının istatistiksel analizi	54
Tablo 9. Heyelan alanlarının yükselti sınıflarının analizi.....	55
Tablo 10. Heyelan alanlarının eğim analizi	56
Tablo 11. Heyelan alanlarının kapalılık analizi	57
Tablo 12. Heyelan alanlarında bulunan ağaçların kök yapısı analizi	58
Tablo 13. Heyelan alanlarında bulunan toprak türü analizi.....	59
Tablo 14. Heyelan alanlarının arazi kullanımı analizi.....	60
Tablo 15. Eğitim ve test verilerinin sayısı	62
Tablo 16. Çalışma verileri için Random Forest analizinin performans değerlendirmesi	62
Tablo 17. Tüm parametrelerin Random Forest Sınıflandırıcı ile analizi	63

KISALTMALAR DİZİNİ

CBS	: Coğrafi bilgi sistemleri
°	: Derece
ha	: Hektar
km	: Kilometre
m	: Metre
mm	: Milimetre
m ³	: Metreküp
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
OİŞ	: Orman İşletme Şefliği
%	: Yüzde

1. GENEL BİLGİLER

1.1 Giriş

Orman yolları, ormanlık alanlarda ağaçların kesimi, dağıtılması, bakımı ve orman yönetimi gibi faaliyetler için inşa edilen yollardır. Bu yollar, orman ekosistemlerinin korunması ve sürdürülebilir yönetimi açısından kritik bir öneme sahiptir. Orman yollarının tasarımı ve inşası, zararlı etkilerini en aza indirmek ve ormanın esnek bir şekilde kullanılabilmesini sağlamak için mühendislik sistemlerine dayanır (Sessions vd., 2016).

Orman yolları, orman yönetimi ve ekosistem sağlığı açısından birçok fayda sunar. Bu yollar, ormanlık alanlarda ulaşımı kolaylaştırarak ormancılık faaliyetlerinin etkin bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak tanır. Orman yollarının en önemli avantajlarından biri, ağaç kesimi ve orman ürünlerinin dağıtımını ekonomik olarak hızlandırmasıdır. Bu durum, orman ürünlerinin daha verimli kullanılmasını sağlar ve yerel ekonomilere katkıda bulunur (Acar, 2015).

Ayrıca, orman yollarının bakımı ve yönetimi, orman ekosistemlerinin sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından önemlidir. Yanlış yönetilen orman yolları, heyelan, erozyon, habitat kaybı ve su sorunları gibi problemlere yol açabilir. Bu nedenle, orman yollarının planlanması ve inşası sırasında etki değerlendirmesi yapılması gerekmektedir (Sessions vd., 2016).

Sonuç olarak, orman yolları, orman yönetimi, orman ekonomisi ve sürdürülebilirlik açısından önemli bir rol oynamaktadır. Doğru bir şekilde tasarlanmış ve inşa edilmiş yollar hem ekonomik fayda sağlar hem de orman ekosisteminin dengeli bir şekilde büyümesini destekler. Ancak bu yolların heyelan üzerinde etkileri de göz ardı edilemez.

Heyelan, eğimli alanlarda, yer altındaki su, toprak ve diğer malzemelerin hareketiyle oluşan kütleli hareketlerdir. Bu olaylar genellikle ani ve yıkıcı bir şekilde meydana gelir ve

çeşitli doğal ya da insan kaynaklı faktörlerle tetiklenebilir. Heyelanların oluşumunda jeolojik yapı, topografya, iklim koşulları, toprak özellikleri ve insan faaliyetleri gibi birçok etken rol oynar (Zağra ve Özcan, 2022).

Özellikle aşırı yağışlar, depremler ve insan kaynaklı müdahaleler, heyelanların meydana gelmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Özdemir, 2019; Dölek, 2023).

Türkiye, coğrafi konumu ve topografik özellikleri nedeniyle yüksek heyelan riski taşıyan bir ülkedir. Özellikle Doğu Karadeniz Bölgesi heyelan olaylarının yaygın olarak görüldüğü bir alandır. Bu bölgede meydana gelen heyelanlar hem doğal afetler hem de insan faaliyetleri nedeniyle büyük can ve mal kaybına yol açmaktadır (Fidan ve Görüm, 2020; Öz ve Günek, 2021).

Bu tez çalışması, riskin yüksek olduğu Doğu Karadeniz Bölgesinde bulunan Trabzon sınırları içerisinde kalan Araklı ilçesinde gerçekleşen heyelanlar baz alınarak yapılmıştır. Günümüze kadar Araklı'da hem can hem mal kaybının gerçekleştiği çok sayıda heyelan afeti yaşanmıştır. Araklı ilçesine bağlı Aytaç mahallesinde, 8 Haziran 2012 tarihinde gerçekleşen, 2 kişinin hayatını kaybettiği heyelan bunlardan bir tanesidir (Şekil 1).



Şekil 1. Araklı Aytaç Köyünde meydana gelen heyelan olayı (URL-1)

Yine Araklı ilçesi sınırları içerisinde kalan 5 Mayıs 2024 tarihinde yaşanan Yüceyurt mahallesi heyelanı (Şekil 2) ve 20 Temmuz 2024 tarihinde yaşanan Değirmencik mahallesi heyelanı (Şekil 3) son yıllarda meydana gelen en güncel heyelan olaylarıdır.



Şekil 2. Araklı Yüceyurt mahallesinde meydana gelen heyelan olayı (URL-2)



Şekil 3. Araklı Değirmencik mahallesinde meydana gelen heyelan olayı (URL-3)

1.2. Orman Yolları

Orman yolu, ormanlık alanlarda, ormancılık faaliyetlerini desteklemek, doğal büyümeyi sağlamak, ulaşım ve erişimi kolaylaştırmak amacıyla inşa edilen veya mevcut yolların iyileştirildiği yollardır. Bu yollar, genellikle ağaç kesimi, ormancılık, avcılık, turizm ve diğer doğal kaynakların kullanımı için gerekli ulaşım altyapısını oluşturur. Orman yolları hem motorlu araçlar hem de yaya taşımacılığı için tasarlanabilir ve bu nedenle farklı genişlik ve dayanıklılık özelliklerine sahip olabilir. Aynı zamanda orman yolları orman ekosistemi üzerinde etkilere neden olan, yapısal özellikleri bakımından karayollarından ayrılan altyapı tesisleridir. Orman yollarının planlanması ve yapımı; TS 9064 sayılı “Orman Yolları Yapım Kuralları” adı altındaki orman yolu standartları, Orman Yol Ağı Planlarının Düzenlenmesine Dair Yönetmelik (Resmî Gazete; 01 Temmuz 2007, Sayı: 26569) ve “Orman Yolları Planlaması, Yapımı ve Bakımı” adı altındaki 292 Sayılı Tebliğ (OGM, 2008) ile belirli kurallara bağlanmıştır (Eker, 2011).

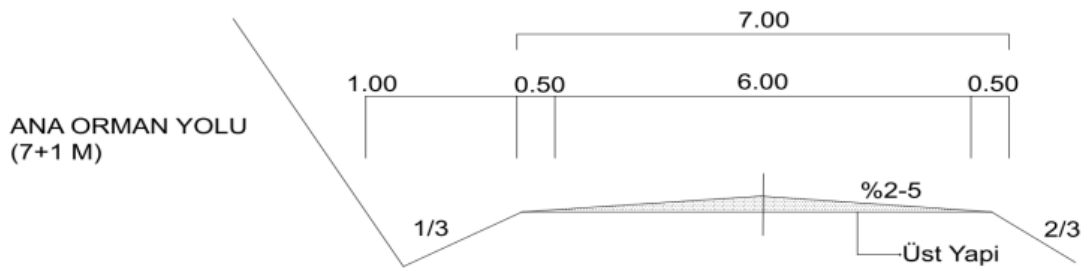
1.2.1. Orman Yolu Tipi ve Standartları

Orman yolları, bir yılda üzerinden taşınacak emval miktarları, yapılış gayeleri, trafik yoğunluğu, seyir halindeki araçların büyüklüğü ve tonajları dikkate alınarak üç ana gruba ayrılmıştır. Sırasıyla; Ana orman yolları, tali orman yolları (A tipi tali orman yolu ve B tipi tali orman yolu) ve traktör yollarıdır (Tablo 1).

Tablo 1. Orman Yolları Geometrik Standartları (OGM, 2008)

Yolun Tipi	Birimi	Ana Orman Yolu	Tali Orman Yolu				Traktör Yolu
			A-TİPİ	B-TİPİ			
				BT(S)	BT(S)	EBT	
Platform Genişliği	m	7	6	5	4	3	3,5
Şerit Sayısı	Adet	2	1	1	1	1	1
Azami Eğim	%	8	10	9	12	12	20
Asgari Kurp Yarıçapı	m	50	35	20	12	8	8
Şerit Genişliği	m	3	3	3	3	3	3
Banket Genişliği	m	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	
Hendek Genişliği	m	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	
Üst Yapı Genişliği	m	6	5	4	3	3	
Köprü Genişliği	m	7+(2x0.6)	6+(2x0.6)	5+(2x0.6)		4+(2x0.6)	

Ana Orman Yolu, trafiğe uygun platform genişliği 7m ve hendek genişliği 1m olup toplam genişliği 8m olan ana dereleri takip eden yollardır (Şekil 4). Bu genişlikte yol yapılabilmesi için o yol üzerinde bir yılda taşınacak emval miktarının 50.000m³ ten fazla olması ve Orman Genel Müdürlüğünden özel izin alınması gerekmektedir. Bu tip yolların tamamı 6m genişliğinde üst yapı malzemesi ile kaplanacak, asgari kurp yarıçapı 50m, azami eğim %8 olacaktır. Bu tip yollarda standart trafik işaretleri konulması zorunludur.

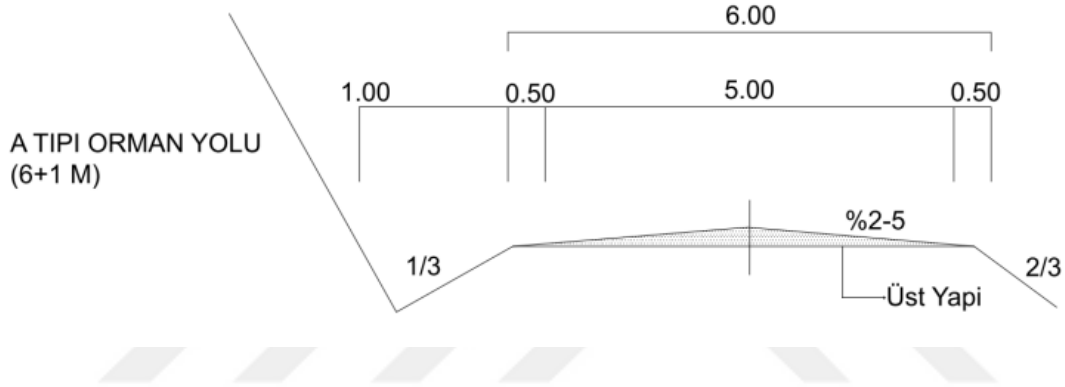


Şekil 4. Ana Orman Yolu (Yorulmaz, 2021)

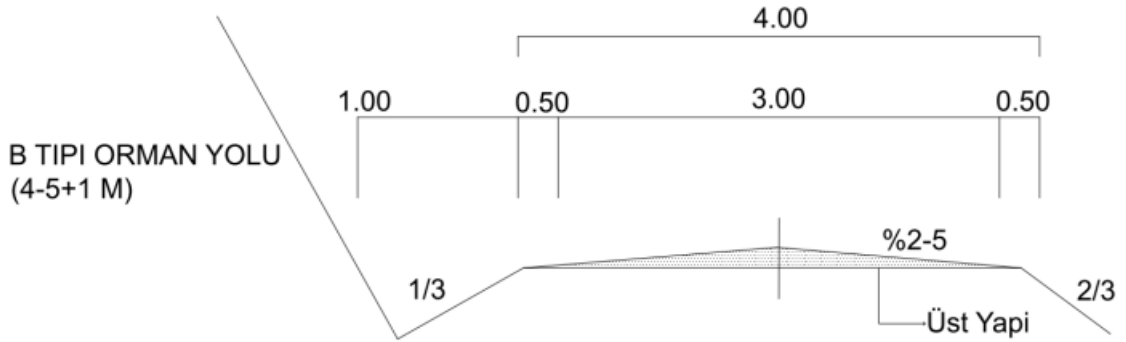
A Tipi Tali Orman Yolu, ana dere yolları, trafiğe uygun olarak tasarlanmış olup, platform genişliği 6 metre, hendek genişliği ise 1 metre olacak şekilde toplamda 7 metre

genişliğindedir (Şekil 5). Bu genişlikte bir yolun inşa edilebilmesi için, o yol üzerinde yılda taşınacak olan emval (odun, tomruk gibi orman ürünleri) miktarının 25.000 ile 50.000 metreküp arasında olması gerekmektedir. Ayrıca, böyle bir yol yapımı için Orman Genel Müdürlüğü'nden özel izin alınması zorunludur.

Bu tür yollar, 5 metre genişliğinde üst yapı malzemesi ile kaplanacak şekilde projelendirilecektir. Yolun minimum kurp (dönemeç) yarıçapı 35 metre olarak belirlenmiş ve maksimum eğim ise %10'u geçmeyecek şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 5. A Tipi Tali Orman Yolu (Yorulmaz, 2021)



Şekil 6. B Tipi Tali Orman Yolu (Yorulmaz, 2021)

B Tipi Tali Orman Yolu, trafiğe uygun platform genişliği 3- 5m ve hendek genişliği 0,50- 1m olup toplam genişliği 3,5- 6 m olan dere ve yamaç yollarıdır. Bu yollar üzerinde bir yılda taşınacak emval miktarı 25.000m³ ten azdır (Şekil 6). Üretim ve nakliyat mevsimi, nakledilecek emvalin cinsi, arazi yapısı gibi faktörler dikkate alınarak bu tip yolların tamamı veya bir kısmı 3-4m genişliğinde üst yapı malzemesi ile kaplanacaktır. Asgari kurp yarıçapı 12m ve prensip olarak normal eğim olan %9 eğim kullanılacak, ancak ender olarak ve kısa mesafelerde uygulanmak şartıyla azami eğim %12 olacaktır. Ters taşımada eğim 1000m ye kadar %9, 1000mden daha uzun mesafede %7 olacaktır. %75'in üzerinde olan arazi yamaç meylinde uzun mesafede som ve sert kaya olması halinde, böyle kısımlarda yol platformu 3m, hendek 0,50m olmak üzere B tipi tali orman yolu 3,5m genişliğinde olacaktır. Genel tarifi yapılan ve ormanların çok büyük bir bölümüne ulaşımı sağlayan B-tipi tali orman yolları; arazinin topografik yapısı, ormancılık faaliyetlerinin yoğunluğu ve önceliği, iş merkezleri, trafik yoğunluğu gibi etkenler dikkate alınarak üç alt gruba ayrılmıştır.

- a) *Standartları Yükseltilmiş B-Tipi Tali Orman Yolu (SBT)*: Bu yollar, İşletme Şefliği ormanlarının merkezine ulaşan veya ormanlarla birlikte grup köylerin ulaşımını sağlayan, treylerlerin ağır iş makinelerini manevrasız taşıyabileceği, platform genişliği 5m, hendek genişliği 1m, azami eğimi %9 asgari kurp yarıçapı 20m ve laseleri uygun, asgari 20-30m görüş mesafesi olan, sanat yapısı ve üst yapı yapılması öncelikli yollardır.
- b) *Normal B-Tipi Tali Orman Yolu (NBT)*: Platform genişliği 4m, hendek genişliği 1m, azami meyli genelde %9, ender olarak %12, kurp ve lase asgari yarıçapı 12m olan ve ormanların geneline ulaşımı sağlayan yollardır. Bu yollar normal topografik yapı ve arazi şartlarında uygulanır.
- c) *Ekstrem B-Tipi Tali Orman Yolu (EBT)*: Bu yollar, çok zor arazi şartlarının bulunduğu veya orman zonundan dağ zonuna yaklaşıldığında ucu kör yollar ile çok dik yamaçlar ve som kayalıkların bulunduğu alanlarda kısa mesafelerde uygulanabilecek yollardır. Platform genişliği 3m, hendek genişliği 0,50m, azami eğim kısa mesafelerde %12 olabilecektir. Karşılaşma yerleri ve yolun sonunda dönüş yeri yapılacak, uygun görülen yerlerine trafik işaretleri konulacaktır.

Traktör Yolu, mekanizasyon veya normal eğimli orman yolları ile ulaşamayan ve yoğun üretim yapılan çok zor arazi şartlarındaki alanlarda biriken orman ürünlerinin tam

kapasite ile taşımaya uygun yol veya rampaya kadar kısa mesafeli taşınması amacıyla yapılan standartları düşük yollardır. (OGM, 2008).

Ülkemizde kullanılan orman yolu çeşidi genellikle B-Tipi Tali Orman Yolu'dur (Eker & Ada 2011).

B tipi orman yolları orman alanlarında duyulan ihtiyacı karşılamakla birlikte acil durumlarda da ulaşımı sağlayan önemli yapılardır. Yapılan çalışmalar bu yolların doğal afetlerde acil ulaşım yolu olarak kullanıldığını bize gösterir (Vatandaşlar ve Demir, 2015).

Ayrıca B tipi tali orman yollarının, karayollarının kullanılmadığı durumlarda bile acil alternatif yol olarak kullanılabileceğini görebiliriz (Turk vd., 2022).

Ormancılık faaliyetlerinin en iyi şekilde yapılabilmesi için yol yapımının planlama aşamasında çok dikkatli ve kapsamlı çalışılmalıdır. Bu şekilde yapılan planlamalar yolun maliyetini düşüreceği gibi bölmeden çıkarma yöntemlerinin uygulanmasında da maddi kayıpları azaltabilir (Simoes vd., 2022).

Sonuç olarak B tipi orman yolları ormanların sürdürülebilirliği, korunması, ihtiyaçlarının karşılanması, ulaşımın sağlanması ve acil durumlarda kullanılmasıyla önemli bir noktada yer alır. Orman yollarının ekonomik, sosyal ve kültürel alanda faydaları vardır (Erdaş vd., 1995). Orman yolları sadece taşımacılıkta değil, bulunduğu alan ve çevresinin kalkınmasına katkı sağlar, sosyal canlılık getirir (Smirnov vd., 2018).

Orman yollarının sağladığı yararların yanısıra, yapıldığı alanda ve çevresinde neden olduğu değişikliklerde araştırılan başka bir önemli noktadır. Bu nedenle orman yolları planlanırken teknik, ekolojik ve ekonomik yönden incelenip çok titiz çalışılması gereklidir. Aksi takdirde doğal çevrede ciddi zararlar meydana gelir (Acar, 1999).

1.3. Orman Yollarının Çevresel Zararları ve Ekolojik Etkileri

Orman yolları gençleştirme, bakım, koruma gibi gerekli faaliyetler için orman içeriğine ulaşımı sağlar. Bununla beraber orman yolları ormanlarda ekosistemin

değişmesine, arazinin yapısı, bitki örtüsü gibi arazi yüzeyi üzerinde bulunan doğal detayların tahribatına veya değişmesine neden olabilir (Dennis ve Colfer, 2006).

Yapılan bazı çalışmalarda da orman yollarının, yangınların artmasına, istilacı türlerin alana yayılmasına, toprak erozyonu ve heyelan gibi bazı olumsuz sonuçlara neden olabileceği görülmüştür. (Riitters vd., 2017; Tampekis vd., 2015; Kleinschroth ve Healey, 2017). Yine başka bir araştırmada orman yollarının yapımı ve bakımı sırasında orman alanlarındaki kayıp, yaralanan ağaçlar sonrası oluşan böcek istilaları ve heyelan, erozyon gibi afetlere neden olabileceği incelenmiştir (Acar, 1999).

Orman yolları, ormanlık alanlardaki erişimi zor, uzak bölmelere ulaşımı kolaylaştırmasıyla böcek istilalarına ve bozulan habitatın daha geniş alanda oluşmasına neden olabilir (Kleinschroth & Healey, 2017). Ayrıca insanların yol olmadan giremeyeceği alanlara yapılan orman yolları, avcılarının bu yollar sayesinde düzensiz avlanmalarına ve bu sebeple yaban hayatı dengesinin değişmesine neden olabilir (Marie vd., 2018; Heon vd., 2019).

Aynı zamanda orman yolları toprak ekosistemini de etkiler. Yapılan araştırmalar orman yollarının toprakta bulunan karbonu, azot içeriğini ve diğer toprak özelliklerini de değiştirebileceğini göstermiştir (Rahbarisisakht vd., 2021). Orman yolları verimli üst toprağın tahribatına, erozyona zemin hazırladığından dolayı da yetiştirme ortamının verimliliğinin azalmasına neden olur. Orman yolu yapmak için açılan orman alanı kaybı, arazinin %1 ile %30'u arasındadır (Megahan, 1988).

Orman yollarının ormancılık faaliyetleri için gerekli olan en temel, ancak yapıldığı alandaki ekosistemi de zarara uğratabileceği araştırılan altyapı tesisleridir. Bu nedenle ormancılık faaliyetlerinin düzenli yapılabilmesi, ormanlardan sürekli yararlanmayı gerçekleştirebilmek ve sürdürülebilirliği sağlamak adına planlanan orman yol ağlarının orman ekosistemini, yaban hayatını, ekolojik dengeyi hatta toprağın yapısını özetle orman ekolojisini düşünerek ve bunlar üzerinde oluşabilecek zararı en aza indirmeye yönelik planlamalar yapılmalıdır (Çalışkan & Çağlar, 2010).

Orman yollarının yapıldığı alana verdiği hasarlar “Orman Yolları Planlaması, Yapımı ve Bakımı” adlı 292 No’lu Tebliğ’ de 1 km uzunluğundaki bir yol baz alınarak değerlendirilmiştir.

Buna göre;

a) yol tiplerine göre en az 4.000-8.000 m² ormanlık alanın açıldığı ve meşçere yaşına göre 400- 3.500 ağacın kesildiği,

b) kazı materyalinin yamaç aşağısına akması sonucu alt yamaçtaki dikili ağaçlarda kırılma, yaralanma ile tahribat olduğu ve böcek zararlarına yol açtığı,

c) yamaçlardaki destek dokunun kırılarak heyelanlara sebep olduğu,

d) sığ yeraltı sularının akış yönlerinin değişerek doğal meşçerelerin su ihtiyaçlarının karşılanamaması sonucu ekosistemin olumsuz yönde değiştirildiği,

e) rüzgâr koridorları oluşturarak ağaçlardaki kırılma ve devrilmelerin arttığı,

f) yüzeysel akış mesafesinin arttırıldığı ve erozyonun tetiklendiği,

g) ulaşım ile doğal bakir alanlarda yapay ve yoğun baskı sonucu yaban hayatının tedirgin edilerek yaşama hakkının kısıtlılığı,

h) yol yapım ve bakım masraflarıyla ulusal ekonomiye borç yüklendiği şeklinde sıralanmıştır (OGM, 2008a).

Orman yolları yapımında kullanılan araçlar da yol yapımının çevreye verdiği zararın miktarını etkilemektedir. Geri kalmış ülkelerle beraber ülkemizde de uygulanan dozer kullanımı ile tesviyelerin oluşmasında yolun altında kalan alanlarda arazi kaybına, burada bulunan ağaçların, toprak üst tabakasının kısaca ekolojinin tahribatına neden olur (Bayoğlu, 1989).

Yapılan bir araştırmada eğimli, dağlık alanlarda ekskavatör ve dozer kullanımı karşılaştırılmış ve dozer kullanımının ekskavatöre oranla çevreye daha çok zarar vererek erozyon riskini arttırdığı görülmüştür (Heinrich, 1979; Stjernback 1982). Bu şekilde yapılan araştırmalar dikkatle incelenerek, gerekli tüm araştırmalar titizlikle yapılır ve orman yol ağları bu şekilde planlanırsa hem yolların çevresel zararları ve yol maliyeti en aza indirilmiş hem de ormanların sürdürülebilirliği sağlanmış olur (Hayati vd., 2012).

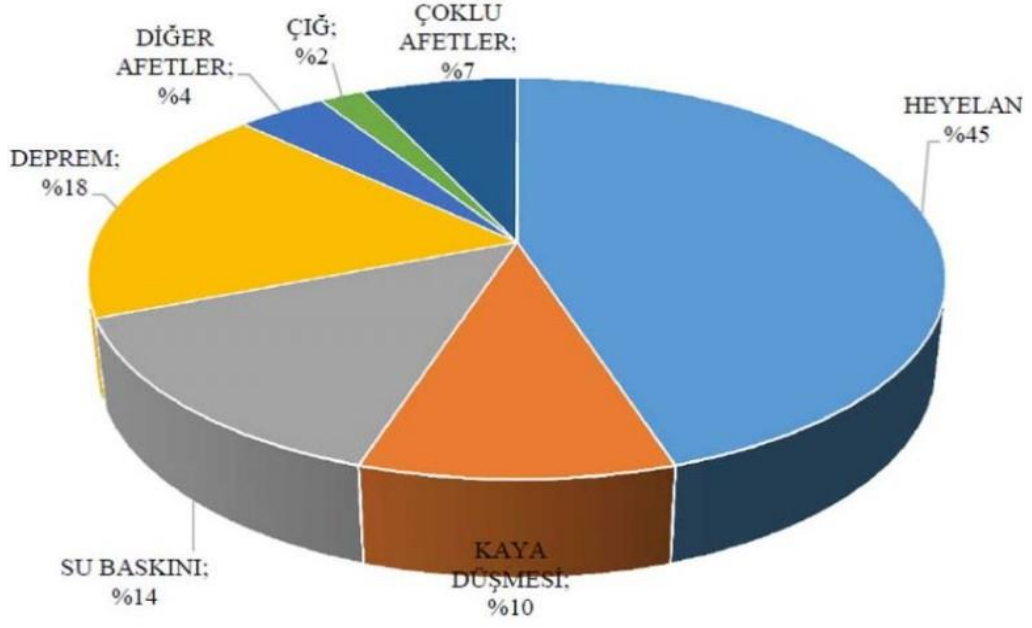
Ayrıca orman yol ağları planlanırken yapılan incelemeler ormanın ekolojisi, toprak özellikleri, arazi yapısı, habitat ortamı gibi etkenler göz önüne alınarak yapılırsa üst düzey orman yolları planlanmış olabilir (Tampekis vd., 2015). Bununla beraber, CBS teknolojileri gibi kullanılacak teknolojilerde orman yollarını planlama da yardımcı olabilir (Hosseini vd., 2018).

Sonuç olarak orman yolları, ormanların işletmeye açılması, sürekli odun üretimi, ormanların bakımını yaparak sürdürülebilirliğin sağlanması, acil durumlarda ve afetlerde ulaşımı kolaylaştırmasıyla birçok alanda fayda sağlayan tesislerdir ancak bu tesislerin yapım ve bakım çalışmalarında çevresine verdiği ekolojik zarar kaçınılmazdır. Bu alanda yapılan çalışmalar incelenip, yol yapılacak alanın özellikleri ve ihtiyaçları belirlenip teknolojiye de faydalanarak yapılacak yollarla bu zararları en aza indirmek mümkün olabilir.

1.4. Heyelan Tanımı

Heyelan, eğimli bir alanda bulunan taş, toprak gibi üst materyallerin kütleler halinde eğim yönüne doğru yer değiştirmesi veya kaymasıdır. Heyelanlar doğal eğimli yüzeylerde meydana geldiği gibi, insanların mühendislik çalışmaları sonucu yapmış olduğu eğimli alanlarda da meydana gelebilir. Bu doğal eğimli alanlara yamaç, sonradan insanların oluşturduğu eğimli alanlara şev adı verilir. Bu nedenle heyelan terimiyle beraber, şev duyarlılığı, yamaç duyarlılığı, şev kayması gibi terimler de sıkça kullanılır.

Ülkemizde heyelanlar diğer doğal afetlere oranla daha fazla görülür (Şekil 7). Bunun nedeni ülkemizin topografik yapısının eğimli ve engebeli olmasıdır.



Şekil 7. Ülkemizde oluşan afetlerin yüzde dağılımı (URL-4)

Heyelanlar en geniş haliyle kütle hareketi olarak adlandırılabilir ve kütle hareketlerinin en temel nedeni yer çekimidir. Kütle hareketine neden olan doğal ya da insan kaynaklı etkenler ise bu hareketin tetiklenmesine neden olan etkenlerdir. Aynı zamanda bu hareketin hızını, türünü belirleyen unsurlardır (Öztürk, 2002).

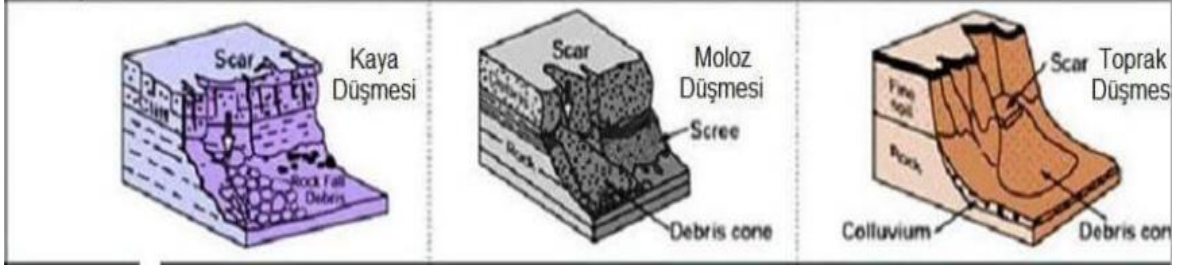
Heyelanlar yer değiştiren materyalin türüne, şekline, hızına, miktarına göre isimler alır. Bu kriterler göz önüne alındığında genel olarak şev hareketleri ya da yamaç hareketleri denilebilir. Ancak derine indiğimizde daha ayrıntılı bir sınıflandırma yapacak olursak düşme, devrilme, kayma, akma, yanal yayılma ve bunların birkaçının beraber oluşması da karmaşık kaymalar olarak adlandırılabilir (Erguvanlı 1994).

Günümüzde heyelan türleri Varnes (1978) tarafından yapılan sınıflandırılma baz alınarak incelenebilir (Tablo 2).

Tablo 2. Heyelan türleri (Varnes, 1978)

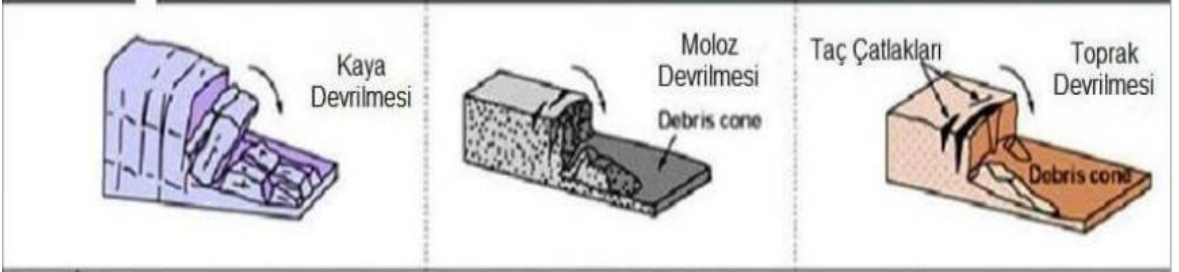
DUYARSIZLIK TÜRÜ			MALZEMENİN TÜRÜ		
			TOPRAK ZEMİNLER		ANA KAYA
			İNCE TANELİ	İRİ TANELİ	
DÜŞME			Zemin düşmesi	Moloz düşmesi	Kaya düşmesi
DEVİRİLMİ			Zemin devrilmesi	Moloz devrilmesi	Kaya devrilmesi
KAYMA	DÖNEL (DAİRESEL)	Sınırlı Sayıda Birim	Zeminde dairesel kayma	Molozda dairesel kayma	Kayada dairesel kayma
	ÖTELENMELİ	Çok Sayıda Birim	Zeminde blok türü ötelenme Zemin kayması	Molozda blok türü ötelenme Moloz kayması	Ana Kayada blok türü ötelenme Kaya kayması
YANAL YAYILMA			Zemin yayılması	Moloz yayılması	Kaya yayılması
AKMA			Zemin akması	Moloz akması	Kaya akması (Derin krip)
			Zeminde krip		
KARMAŞIK KAYMALAR			Yukarıda belirtilen diğer duyarsızlık türlerinden ikisinin veya birkaçının birleşmesiyle oluşan duyarsızlıklar		

Düşme, Malzemenin türüne göre zemin düşmesi, moloz düşmesi ve kaya düşmesi olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 8). Zemin düşmesi ve moloz düşmesi toprak zeminlerde meydana gelirken kaya düşmesi anakayanın parçalanıp düşmesiyle oluşur.



Şekil 8. Düşme çeşitleri (URL-4)

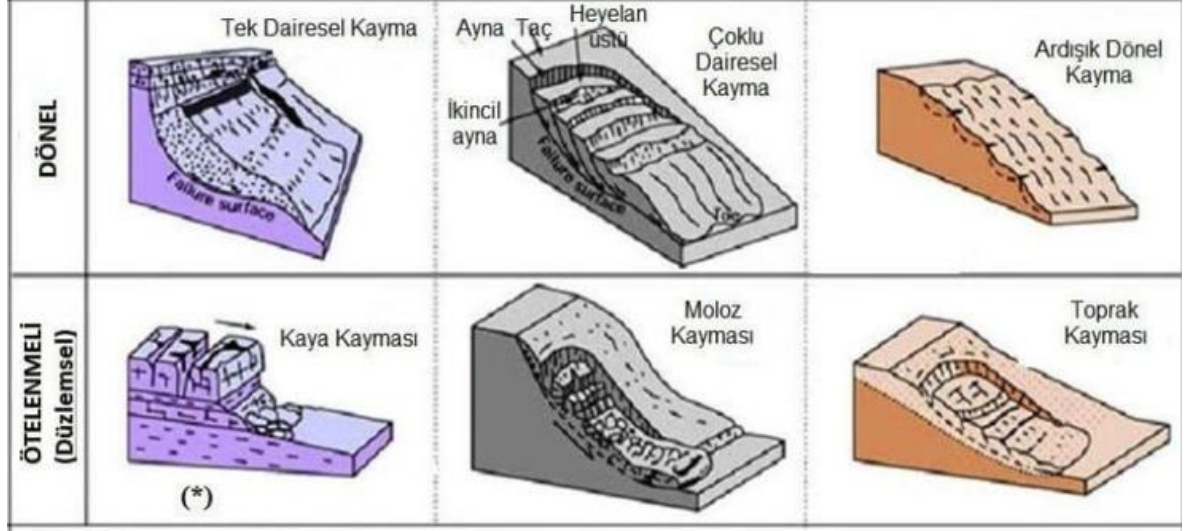
Devrilme, kolonsal yapıya sahip materyallerin komşu kolonlar ve yerçekiminin etkisiyle eğim yönünde devrilme olayıdır. Bu heyelan çeşidi bükülme devrilmesi ve blok tipi devrilme olarak 2 gruba ayrılır. Bükülme devrilmesi, ince kolonların kazı boşluğuna doğru bükülmesi ve kırılmasıyla oluşur. Blok tipi devrilme ise dike yakın blokların eğim yönüne kayması sonucu meydana gelir (Şekil 9).



Şekil 9. Devrilme çeşitleri (URL-4)

Kayma, toprak kaymaları asıl heyelandan daha yüzeyseldir. (Öztürk, 2002). Kayma bir kütlenin diğerinin üzerine kaymaması için var olan gerilimin yani makaslamanın azalması sonucu eğim aşağı meydana gelen hareketlerdir. Dönel (daireysel) kayma ve ötelenmeli (düzlemsel) kayma olarak 2 başlıkta incelenebilir. Dönel (daireysel) kaymalar çukur şeklinde bir yüzey boyunca oluşur. Ötelenmeli (düzlemsel) kayma da ise materyalin birleşik kütleler halinde yüzeye paralel kaymasıyla gerçekleşir. Dönel kayma ile ötelenmeli kayma arasındaki en belirgin fark dönel kayma sonucunda materyalin geriye doğru yatık

olması ancak ötelenmeli kayma da materyalin geriye yatmadan bloklar halinde kaymasıdır (Şekil 10).



Şekil 10. Kayma çeşitleri (URL-4)

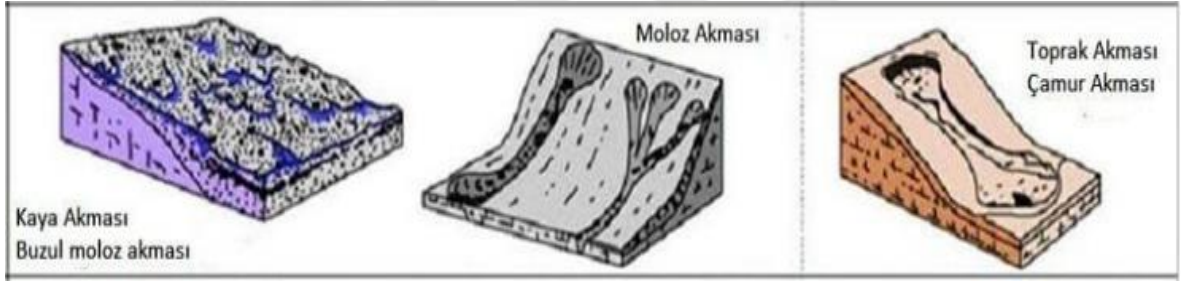
Yanal Yayılma, zeminde bulunan çatlaklar nedeniyle yanal yönde oluşan genişlemelerdir. Bu türde de toprak zeminler ve kayalarda oluşmasıyla kayan materyal türüne göre de sınıflandırma yapılabilir. Bu sınıflar yanal kaya yayılması ve yanal zemin yayılmasıdır (URL-5)

Yayılmalar bloklar halinde parçaların birbirinden ayrılmasıyla oluşan ve geniş alanları etkilemesiyle yıkıcı olabilecek bir heyelan türüdür (Şekil 11).



Şekil 11. Yayılma çeşitleri (URL-4)

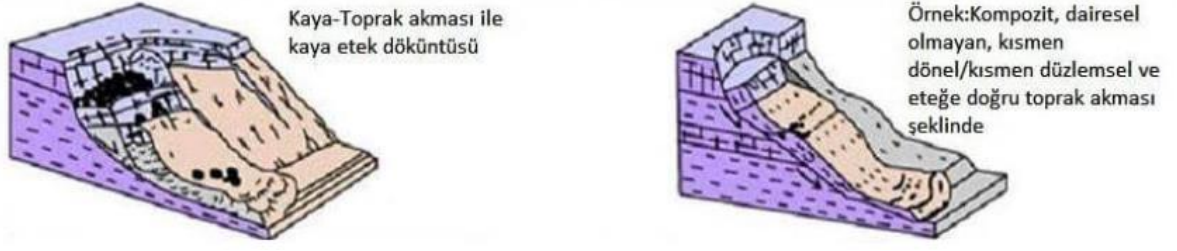
Akma, heyelan çeşidi daha çok suya doymuş veya kuru halde olan bloklaşmamış gevşek materyalin yamaç boyunca akması hareketidir. Akma birden çok yüzeyde gerçekleşir ve en önemli nedenlerinden biri alanın fazla su almasıdır (URL-5). Bu nedenle akma tipi heyelanlar genellikle sağanak yağış sırasında veya sonrasında gerçekleşir. Akma tipi heyelanları kaya akması, moloz akması, zemin akması olarak 3 sınıfa ayırabiliriz. Toprak zeminlerde zemin akması ve moloz akması gerçekleşirken anakaya da bulunan çatlakların çoğalmasıyla meydana gelen akmalar kaya akması olarak adlandırılır (Şekil 12).



Şekil 12. Akma çeşitleri (URL-4)

Karmaşık kaymalar, birden fazla heyelan türünün bir arada gerçekleşmesiyle oluşur (Şekil 13).

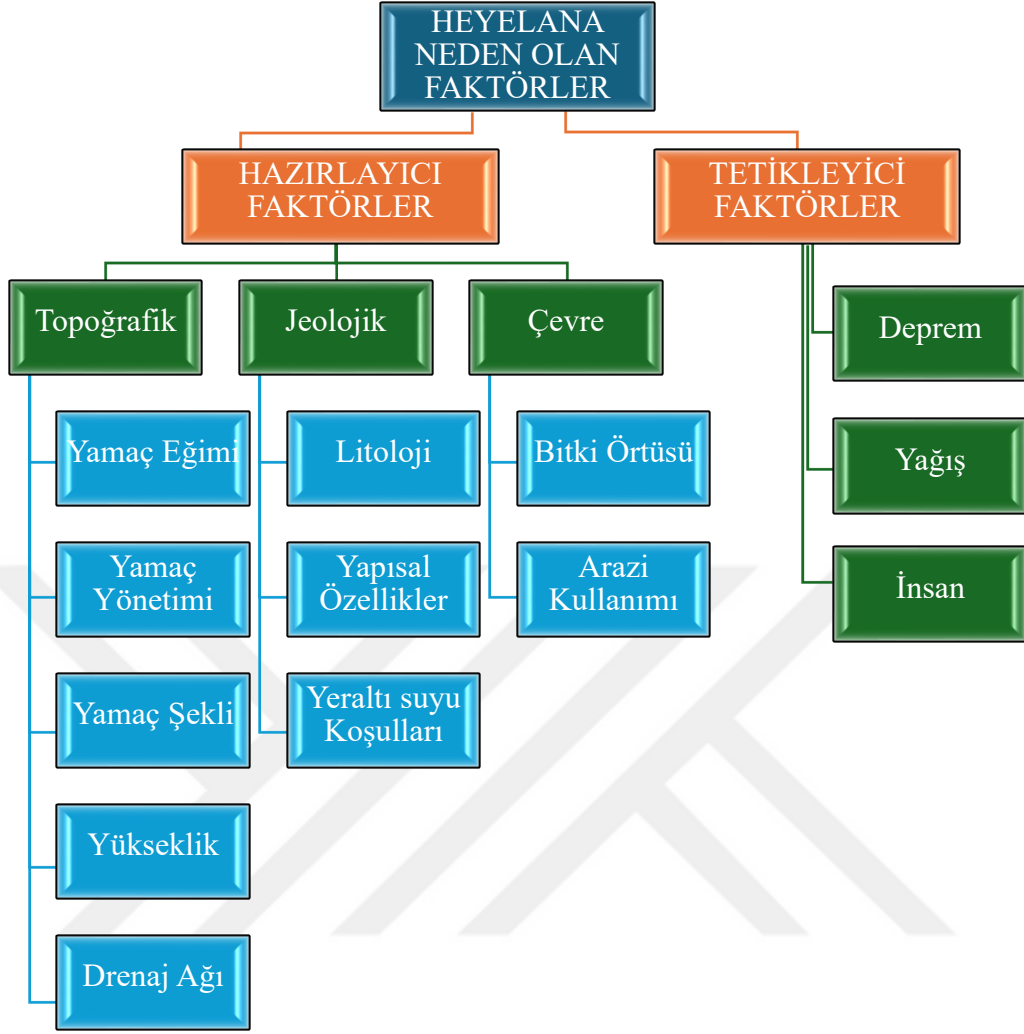
Başka bir deyişle heyelana neden olan etkenler alanın topografik yapısı, materyalin türü, klimatolojik özellikleri gibi birden fazla değişkene bağlı olduğundan birden fazla heyelanda beraber görülebilir. Çünkü bu etkenler heyelan oluşumunda aynı anda etkili olabilir (Öztürk 2002).



Şekil 13. Karmaşık kayma örneği (URL-4)

1.5. Heyelan Oluşumunda Etkili Olan Faktörleri

Heyelana neden olan faktörler, hazırlayıcı faktörler (ortam faktörleri) ve tetikleyici faktörler olmak üzere 2 ana başlıkta açıklanabilir. Hazırlayıcı faktörler alanın jeolojik, topoğrafik ve çevre özellikleriyle ilgilidir. Tetikleyici faktörler ise halihazırda heyelana meyilli bir alanda, bu oluşumun başlamasını tetikleyen faktörlerdir. Tetikleyici faktörler, yoğun yağış, doğal afetler ve insan kaynaklı gibi dışarıdan gelen etkilere (Şekil 14).



Şekil 14. Heyelana neden olan faktörler (URL-6)

Bir alanın jeolojik özellikleri, litolojisini, yapısal özelliklerini ve yeraltı suyu koşullarını kapsar. Bunlardan litoloji kabaca taş bilimi, bir kayacın fiziksel karakterini, kimyasal ve dokusal özelliklerini anlatır. Arazide bulunan kayanın ya da taşın parçalanabilme oranı o alanın heyelana zemin hazırlamasında etkilidir. Aynı zamanda toprağın verimlilik oranı da heyelanla ilişkilidir. Verimsiz yani kalitesiz toprak daha çabuk düşebilir.

Toprak tipi ile heyelan arasındaki ilişki, doğal afetlerin yönetimi ve sürdürülebilirlik açısından kritik bir değerlendirme konusudur. Heyelanlar, toprak ve diğer maddelerin yerçekimi etkisiyle aşağı doğru hareket etmesi sonucu oluşan kütle hareketleridir. Bu süreçte, toprak tipinin özellikleri, heyelanların oluşumunda önemli faktörlerden biridir.

Farklı toprak türleri, su tutma kapasitesi, dayanıklılık ve erozyon direnci gibi özellikler bakımından farklılık gösterir. Bu nedenle, toprak tipinin heyelan üzerindeki etkisi, risk değerlendirmesi ve yönetim açısından büyük önem taşır. Örneğin, Durak (2023), Artvin Merkez İlçesi'nde yaptığı çalışmada, toprak tipi ile heyelan dağılımını analiz etmiş ve farklı toprak tiplerinin heyelan oluşumundaki rolünü vurgulamıştır. Bu çalışmada, toprak yapısı, su geçirgenliği ve stabilite arasındaki bağlantılar detaylı bir şekilde belirtilmiştir. Benzer şekilde, Bozyiğit (2020) tarafından yapılan araştırmada, Seydikemer İlçesi'ndeki toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiş ve toprak tipinin heyelan riski üzerindeki etkisi kanıtlanmıştır. Bu bulgular, toprak tipinin heyelan oluşumundaki kritik rolünü açıkça ortaya koymaktadır.

Toprak tipinin heyelan üzerindeki etkisi, toprak nemi ve su tutma kapasitesi ile de ilişkilidir. Öz ve Günek (2021), Trabzon'daki Solaklı Havzası'nda yaptıkları çalışmalarda, toprak tipinin su tutma kapasitesinin heyelan gelişimi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Bu araştırmada, su tutma kapasitesinin yüksek olduğu toprakların heyelan riskinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, Yaman (2017), heyelan bölgelerinde toprak tipinin su içeriği ve stabilite üzerindeki etkilerini incelemiş ve bu durumun heyelan oluşumunu nasıl etkilediğini göstermiştir.

Toprak tipinin mineral içeriği de heyelan riski açısından önemli bir faktördür. Tunçay (2019), kurak ekolojik koşullar altında oluşan toprakların mineral yapısının heyelan riski üzerindeki etkilerini araştırmış ve farklı toprak tiplerinin heyelan oluşumundaki rolünü vurgulamıştır. Bu bağlamda, toprağın mineral içeriği, toprağın stabilitesini ve su geçirgenliğini etkileyerek heyelan riskini artırabilir veya azaltabilir.

Sonuç olarak, toprak tipi heyelan oluşumunda önemli bir rol oynamaktadır. Farklı toprak tiplerinin fiziksel, kimyasal ve mineral özellikleri, heyelan riskinin belirleyici unsurlarıdır. Bu nedenle, heyelan risk yönetimi ve önleme stratejilerinde toprak tipinin dikkate alınması büyük önem taşır.

Yükselti, bir bölgenin deniz seviyesinden yüksekliğini ifade eder ve bu durum, toprak yapısı, iklim koşulları ve bitki örtüsü gibi faktörleri etkileyerek heyelana doğrudan etki edebilir. Yüksek alanlar, genellikle daha dik eğimlere ve daha fazla yağışa maruz kaldıkları için heyelan riskini tetikleyebilir. Yükselti ile heyelan arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar, genellikle yüksek eğim ve doymuş toprağın heyelan riskini artırdığını

göstermektedir. Örneğin, Cihangir'in (2024) Aras Nehri havzasında, ortalama yükseltisi 1283 m, minimum yükseltisi 561,4 m, maksimum yükseltisi 2446,4 m olan çalışma alanında yaptığı heyelan analizi, yükselti ile heyelan riski arasında doğrudan bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. Yüksek alanlarda, toprak doygunluğu ve su akışı gibi faktörler, heyelanların oluşumunu tetikleyebilir. Bu nedenle, yükselti artışıyla birlikte heyelan riskinin artması beklenir. Ayrıca, Kılıçoğlu'nun (2020) Samsun ili Vezirköprü ilçesinde yaptığı çalışmada, heyelan haritalarında yükselti, eğim ve bakının heyelan oluşumunda önemli faktörler arasında yer aldığı tespit edilmiştir. Bu çalışma, yükselti ile heyelan arasındaki ilişkiyi daha da pekiştirmektedir. Yüksek alanlarda, artan eğim değerleri, toprak dağılımı ve drenaj koşulları, heyelan riskinin artmasında kritik bir rol oynamaktadır.

Yükselti, aynı zamanda iklim koşullarını da etkiler. Aydın ve Karabulut (2021), Türkiye'de yükseltinin sıcaklık üzerindeki etkisini incelemiş ve yükseltinin iklim üzerinde önemli bir rol oynadığını belirlemişlerdir. Bu bağlamda, yükselti hem iklim koşullarını hem de heyelan riskini etkileyen önemli bir faktördür. Özellikle aşırı yağışlar, toprak doygunluğunu artırarak heyelan riskini yükseltmektedir. Artvin bölgesinde yapılan bir araştırma, iklimsel koşulların heyelan oluşumundaki etkilerini incelemiş ve aşırı yağışların toprak bozulmasına neden olarak heyelanları tetiklediğini ortaya çıkarmıştır (Durak, 2023).

Heyelana neden olan hazırlayıcı faktörlerden bitki örtüsü de alanın heyelan duyarlılığı üzerinde etkilidir. Heyelan oranı ağaç varlığıyla ters orantılıdır. Ağaç sayısı azaldıkça diğer faktörler de devreye girerek heyelan olma riskini arttırabilir. Sunkar ve Avcı, bitki örtüsünün yapısının toprak stabilitesini etkilediğini ve bu durumun bozulmayı tetiklediğini belirtmişlerdir (Sunkar ve Avcı, 2016). Bitkilerin kök sistemleri, toprağı yapılandırarak suyun toprakta tutulmasına yardımcı olur. Bu nedenle, bitki örtüsünün kaybı, heyelan riskinin artmasında önemli bir faktördür. Örneğin, Yüksel ve Avcı, yaptığı bir çalışmada bitki örtüsünün seyrek olduğu yerlerde heyelanların daha yoğun olduğu sonucuna varmıştır (Yüksel ve Avcı, 2015).

Bozali (2021), bitkilerin kök verimi, kök yapısı, kök derinliği ve kök dayanıklılığının eğim ve toprak stabilitesi açısından önemli etkilerinin olduğunu vurgulamaktadır. Bu bağlamda, toprakta oluşturulan mekanik bağlar, yüzeysel toprak kaymalarını önlemede benzersiz bir koruma sağlar. Ağaçların kök yapısının toprak yapıları üzerindeki etkisi de göz ardı edilmemelidir. Yaman'ın (2017) araştırmasında, bitkilerin toprak kaymaları üzerindeki etkileri ağaçların yıllık halka kronolojileri ile ilişkilendirilmiştir. Bu çalışmada, köklerin

toprak stabilitesine katkıları ve heyelanların henüz tam olarak anlaşılmayan bileşenleri incelenmiştir.

Köklerin toprakta oluşturduğu ağ yapısı, toprağın bir arada kalmasını sağlayarak erozyon ve kayma sorunlarını azaltır. Ayrıca köklerin derinliği ve yayılımı, suyun toprakta tutulmasına ve köklerin su ve besin maddelerine erişim sağlamasına yardımcı olur; bu da bitkilerin sağlıklı bir şekilde beslenmesini sağlar. Farklı ağaç türlerinin kök yapıları, toprak stabilitesine katkıda bulunabilir. Özellikle derin köklere sahip türlerin, heyelanı önlemede daha etkili olduğu belirtilmektedir (Sarıyıldız ve Savacı, 2023).

Arazi kullanımı, doğal afetlerin, özellikle de heyelanların oluşumunda önemli bir rol oynamaktadır. Koç ve Gündüz (2022), Marmara Adası'nda yaptıkları çalışmada, arazi kullanımındaki bozulmanın jeomorfolojik birimlerdeki değişikliklerle birlikte heyelan riskini artırabileceğini belirtmişlerdir. Arazi kullanımı sonrasında toprağın mevcut yapısının bozulması, heyelan oluşumuna zemin hazırlayabilir. Üzel ve Öztürk (2021), Van ilinde yaptıkları araştırmada, arazi kullanımı değişikliklerinin heyelan yayılmaları üzerindeki etkilerini analiz etmiş heyelan riskini artırdığını göstermişlerdir. Bu çalışma, insan etkisinin iklim ve toprağın stabilitesini nasıl etkileyebileceğine dair önemli bilgiler sunmaktadır. Aydınoglu ve Altürk (2021), Taşlıdere Havzası'ndaki araştırmalarında, arazi kullanım değişikliklerinin heyelanların oluşumunu nasıl etkilediğini incelemişlerdir. Arazi kullanımındaki değişikliklerin, heyelan riskini artıran bir dizi faktörle ilişkili olduğunu ve bu değişikliklerin heyelanların daha sık ve yoğun bir şekilde meydana gelmesine neden olduğunu vurgulamışlardır. Sonuç olarak, arazi kullanımı ve değişiklikleri, heyelan riskini doğrudan etkileyen önemli faktörlerdir. İnsan faaliyetleri, özellikle eğimli arazilerde, heyelanların oluşumunu tetikleyebilir ve bu nedenle, arazi kullanım planlaması ve yönetimi, heyelan riskini azaltma açısından kritik öneme sahiptir.

Heyelan oluşumunda yamaç eğimi, yükseklik ya da yamaç şekli heyelanın oluşmasında hazırlayıcı faktörler arasında yer alırken, oluşan heyelanın hızını da etkileyen unsurlardır. Eğim ile heyelan arasındaki ilişki, jeomorfolojik ve potansiyel bilimler açısından önemli bir konudur. Eğim, toprak ve kaya kütlelerinin hareketlerini gösteren temel faktörlerden biridir. Eğim açısının artması, toprağın ve taşların kayma riskini artırarak yer kaybını tetikleyebilir. Bu durum, çeşitli bitkilerin gelişimini etkiler ve eğim ile heyelan arasındaki etkileşimlerin incelenmesine olanak tanır. Örneğin, Hepdeniz ve Soyaslan (2018), Isparta-Burdur bölgelerinde heyelan haritası oluştururken eğim, jeoloji ve bozulma gibi

unsurları dikkate almışlardır. Eğitim, heyelan riskini belirlemede önemli bir faktör olarak tespit edilmiştir (Hepdeniz ve Soyaslan, 2018).

Bakı, bir arazinin yönünü ifade eden bir terimdir. Bakı, arazinin güneş ışığı alma durumu ile değişkenlik gösterir ve bu durum, toprak nemi, sıcaklık ve bitki örtüsü gibi faktörleri etkileyerek heyelan riskini artırabilir veya azaltabilir. Öz ve Günek (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, bakının heyelan üzerindeki etkileri incelenmiş ve bakının toprak nemi ile doğrudan ilişkili olduğu vurgulanmıştır. Bu çalışma, bakının heyelan riskini artırabilecek bir faktör olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, Kılıçoğlu (2020), bakıyı heyelan haritalarında önemli bir parametre olarak kaydetmiş ve bu faktörün heyelan üzerindeki rolünü daha belirgin hale getirmiştir.

Bakılar 2 gruba ayrılmaktadır. Bunlar ‘Gölgeli bakılar (Kuzeybatı, kuzey, kuzeydoğu ve doğu)’ ve ‘Güneşli bakılar (Güneydoğu, güney, güneybatı ve batı)’dır (URL-10). Gölgeli bakılar, bitki örtüsünün yoğun olduğu ve güneş ışığının sınırlı ulaştığı bölgeler olarak tanımlanır. Bu tür alanlarda, artan toprak nemi toprak stabilitesinin bozulmasına yol açabilir. Özellikle ormanlık bölgelerde, gölgede kalan bitki örtüsü yağışlardan sonra topraktaki suyun birikmesine neden olarak heyelan riskini artırabilir (Eker & Aydın, 2014; Zengince & Karakaş, 2018). Yine yağışla beraber aşırı nem ve kök veriminin zayıflaması, heyelan riskini artırabilir (Gülcü vd., 2019). Ayrıca, gölgeli bakıların topografik özellikleri de heyelan riskini etkileyen önemli bir faktördür. Güneşli bakılar ise güneş ışığının doğrudan ulaştığı ve bitki örtüsünün genellikle daha az yoğun olduğu alanlardır. Bu durum, toprak neminin kaybolmasına ve toprak stabilitesinin zayıflamasına yol açabilir. Ayrıca, güneşli bakılarda bitki örtüsünün azlığı, toprak yapısının bozulmasına ve dolayısıyla heyelanların ortaya çıkmasına neden olabilir (Sunkar ve Avcı, 2016).

Bakı ile heyelan arasındaki ilişki, çeşitli araştırmalarda farklı sonuçlarla incelenmiştir. Örneğin, Taş (2024), Yalova-Çınarcık bölgesinde yaptığı incelemelerde bakının heyelan oluşumu üzerindeki etkilerini analiz etmiş ve bakıyı heyelan riskinin önemli bir parametresi olarak tanımlamıştır. Bu tür çalışmalar, bakının heyelan riskinin dikkate alınması gereken önemli bir faktör olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, bakı heyelan oluşumunda önemli bir rol oynamaktadır. Toprak nemi, bitki örtüsü ve güneş ışığına maruz kalma durumu gibi faktörler, heyelan riskini artırabilecek

veya azaltabilecek unsurlar arasında yer almaktadır. Bu nedenle, heyelan risk yönetimi ve önleme stratejilerinde bakı faktörlerinin dikkate alınması büyük önem taşır.

Heyelana duyarlı, eğimli arazilerde heyelanı tetikleyen faktörler 3 başlıkta incelenebilir. Bunlar yer kabuğunda beklenmedik bir anda meydana gelen sarsıntılar yani depremler; anakayanın çatlamasına, kopmasına ve yer değiştirmesine sebep olurken arazi üstünde bulunan materyallerin kaymasına yani heyelana sebep olabilir. Heyelana sebep olan tetikleyici faktörler arasında beşerî etkenler; önlem alınmadan yapılan yollar, barajlar, tüneller gibi yapılar kayma riskini artırır. Bu nedenle yapılacak olan her mühendislik çalışmasından önce mutlaka alanın tüm özellikleri araştırılmalı ve olası riskler hesaplanmalıdır. Tetikleyici faktörlerin içerisinde özellikle yoğun yağış heyelanın oluşumunu ve şiddetini önemli derecede etkiler (Qi vd., 2021). Bununla beraber yağışın özellikleri, eğim, yükseklik, litoloji, topografik özellikler de heyelanın dağılımını etkileyen faktörler arasındadır (Ma vd., 2023). Bu faktörleri uzaktan algılama, CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) gibi teknolojilerle bir araya getirip çalışmalar yapmak, heyelan duyarlılık haritaları oluşturup ilgili modellemeleri kurmak o alanda oluşabilecek heyelanın şiddetini, oluşturacağı zararların boyutunu, önceden tahmin etmemize yardımcı olabilir. Bu da olası bir heyelanın önceden tahmin edilip, oluşturabileceği zararlar için tedbirler almamıza olanak sağlar (Xu, 2024).

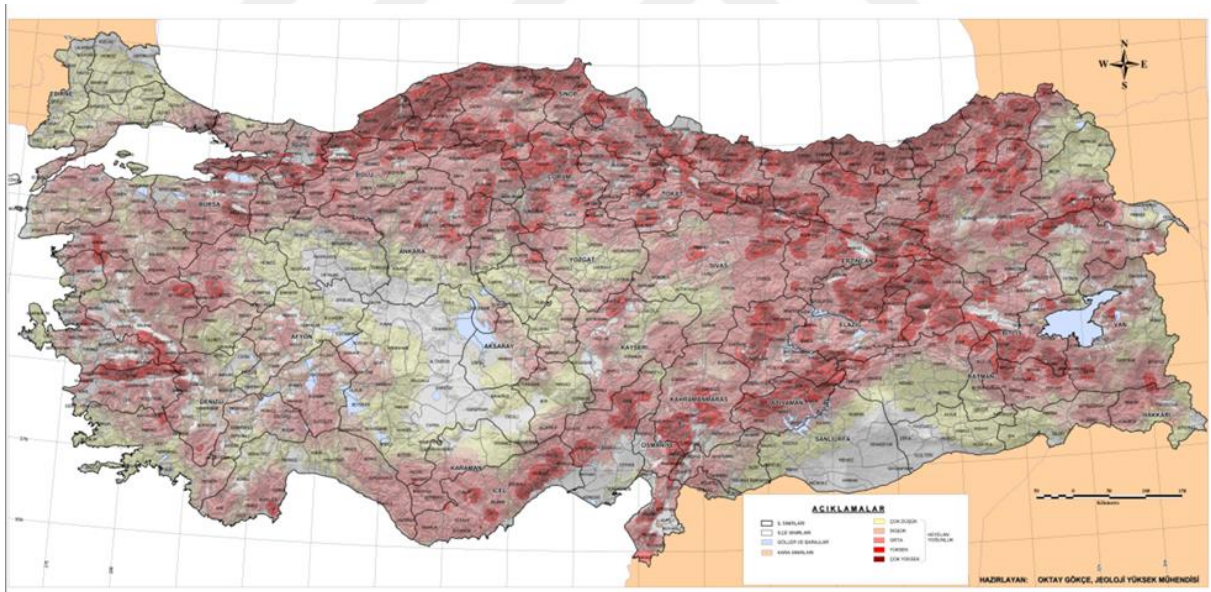
Heyelanlar Türkiye’de yıkıcı etkiler gösteren depremler, seller gibi doğal afetler içerisinde yer alır. Bu nedenle heyelanları bir kütle hareketi olarak nitelendirmek bizler için yetersizdir. Heyelanlara başlı başına bir afet olarak bakıp etken olan unsurları araştırmak gerekir.

Türkiye, iklimi, topoğrafik ve jeomorfolojik özellikleriyle heyelana elverişli bir ülkedir. Türkiye’nin kurak ve yarı kurak bir bölgede bulunmasıyla yağışsız geçen bir dönemin ardından bol yağışlı bir dönem takip eder. Bu da heyelana elverişli alanlar doğurur. Bununla birlikte Karadeniz bölgesi de ülkemizde heyelanın en sık görüldüğü bölgedir. Bunun sebebi nemli bir iklime sahip olan Karadeniz bölgesinin uzun süreli ve bol yağış almasıdır. Aynı zamanda Karadeniz bölgesinin dağlık ve eğimli arazilere sahip olması da heyelanı tetikleyen özelliklerdendir (Öztürk, 2002).

Ülkemizde heyelanların can ve mal kayıplarına neden olması yadsınamaz bir gerçektir. Fidan, S.’nin (2019) yaptığı bir araştırmada ülkemizde ölüme neden olan heyelanlar tespit

edilmiş ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında ‘Türkiye Ölümcül Heyelan Arşiv Envanteri’ oluşturulmuştur. Bu arşiv envanter ile Türkiye’deki ölümcül heyelanların hazırlayıcı koşullara ve tetikleyici faktörlere bağlı mekânsal ve zamansal dağılım karakteristiği belirlenmiştir. Türkiye’de 1929-2018 yıllarında tespit edilen 357 heyelan olayı sonucu 1291 kişi hayatını kaybetmiştir. İnsan ve dış etkenlere bağlı olarak 169 ölümcül heyelan yaşandığı ve bunun sonucunda 267 kişinin hayatını kaybettiği tespit edilmiştir. Bununla beraber doğal etkenlere bağlı olarak 143 heyelan tetiklenmiş ve 865 kişi hayatını kaybetmiştir. Doğal kökenli bu heyelanların ülkemizde genellikle Karadeniz bölgesinde yoğunlaştığı görülmüştür. Neredeyse tamamı yağış kaynaklı olan bu heyelanların temel nedeni yaz mevsiminde yaşanan ani ve şiddetli yağışlar olduğu saptanmıştır. Kalan 45 heyelan olayının ise tetikleyici faktörü, yeterli bilgi olmaması nedeniyle belirlenememiştir (Fidan, 2019).

Türkiye' nin heyelan yoğunluk haritası Şekil 15' deki gibidir.



Şekil 15. Türkiye Heyelan Yoğunluk Haritası (URL 7)

Sonuç olarak, heyelanları etkileyen faktörler karmaşık bir yapıya sahiptir ve etkileşimleri heyelan oluşumunu belirlemede kritik önem taşır. Bu nedenle, farklı faktörlerin

etkileri göz önünde bulundurularak ve kapsamlı analizler yürütülerek heyelan önleme, tahmin ve yönetimi için çok disiplinli bir yaklaşım benimsenmelidir.

1.6. Ormanların Heyelan Oluşumu Üzerine Etkileri

Ormanlar, heyelanların oluşumunu ciddi derecede azaltır (Rice 1977). İnsan tahribatına uğramamış ormanlarda heyelan gerçekleşme oranı açık alanlara göre daha azdır (Forbes ve Broadhead 2011).

İnsanların ormanlık alanları yok edip yapılaşmanın artmasıyla birlikte ormanlık arazilerin heyelanlara duyarlı dik arazilerde olduğunu ifade eden Rickli ve Graf (2009), nadiren ormanlık yamaçların, açık alanlara göre daha stabil olduklarını ifade etmektedir. Ormanlarda bulunan ağaç ve bitkilerin yaşları da heyelanlar ile etkileşimlerinde önemli derecede yer almaktadır. Çeşitli incelemeler, meşcere kapalılığının etkisini araştırmış ve yaşlı ormanların kök sistemleri, genç ormanlara göre heyelan oluşumlarını 4-5 kat azalttığı sonucuna ulaşılmıştır (Eker ve Aydın, 2014). Ayrıca Tüfekçioğlu (2018) çalışmasında meşcere kapalılığının, toprak stabilitesini sağlamak için kritik bir yapıya sahip olduğunu belirterek, ağaç sayısının fazla olmasının, yağışların toprakta daha uzun süre kalmasını sağlayarak yüzeylerin parçalarını azalttığını ve bu durumun topraktaki su dağılımını etkileyerek heyelan riskini azalttığını savunmuştur (Tüfekçioğlu, 2018).

Ormanlar, toprak stabilitesini arttırıp, heyelan riskini azaltarak doğal bir koruma özelliği gösterirler. Eker ve Aydın'ın çalışması, ormanların heyelan oluşumu üzerindeki etkilerini detaylı bir şekilde ele almıştır. Araştırma, ormanların ağaç kesimi ve yol inşaatı gibi ormancılık faaliyetlerinin heyelan oluşumuna etkilerini incelemektedir. Bu tür faaliyetlerin, topraklarda heyelan riskini yükselttiğini vurgulamaktadır (Eker ve Aydın, 2014).

Ormanların koruma özellikleri hem toprak altı hem de toprak üstünü etkilemektedir (Sakals ve diğ., 2006). Aynı ortamda yetişen, birbirine benzeyen bitkiler ve ağaçlar, yamaçta kısmen heyelana karşı en etkili korumayı sağlamakta, sığ kütle hareketlerine karşı ise belirli miktarda engelleyici rol oynamaktadır (Görçelioğlu, 2004).

Ormanların heyelan aktiviteleri üzerindeki etkileri çok sayıda faktöre bağlı olmasından dolayı oldukça karmaşıktır (Mulder vd., 1987); (Eker ve Aydın, 2014). Çünkü heyelanların meydana gelmesinde çok sayıda faktörün rolü söz konusudur. Heyelanın oluşumu, anakayanın fiziksel özelliklerinin belirlediği jeolojik devirlere dayanmakta olup, yer kabuğu hareketleri, erozyon, iklim koşulları etkisiyle aşınma vb. gibi dış olaylara da bağlıdır (Atalay ve Bekaroğlu, 1973). Orman örtüsü heyelanlara karşı duyarlılığı arttırabileceği gibi çoğu durumlarda olumlu yönde etki göstermektedir (Rice, 1977). Özellikle yer altı su seviyesindeki artış ve aşırı yağışlar, toprak stabilitesini olumsuz etkileyerek heyelan riskini arttırmaktadır (Sunkar ve Avcı, 2016).

Orman yollarında şevler; yarma ve dolgularda, platform kenarının doğal zeminle bağlantısını sağlamak amacıyla oluşturulan eğimli zemindir. Sahip oldukları eğim, bitki örtüsünün yol yapımı sırasında kaldırılmış olması ve çeşitli ekolojik nedenlerle şevlerde toprak hareketleri sık görülmektedir (Emir, 2006). Orman yolları yapımında oluşturulan şevler, su, rüzgâr ve don gibi doğal faktörlerin etkisi ile önce stabilitesini kaybeder sonra toprak cinsine, eğim açısına, yön ve su iletim durumuna bağlı olarak parmak erozyonu, rüzgâr erozyonu, toprak kayması ve taş yuvarlanmaları gibi olaylar ile karşı karşıya kalmaktadırlar. Bununla beraber yol yapım çalışmalarının üst toprak kaybını ve toprağın organik maddesi ile su tutma kapasitesi ve hacim ağırlığı gibi önemli kalite göstergelerini de etkilediği bildirilmiştir (Acar, Üçler, Ölmez, 2002); (Hacısalıhoğlu, Gümüş, Kezik ve Karadağ, 2019).

Heyelanın kayma düzleminin derinliği ile ormanların heyelanlar üzerindeki etkileri arasında oldukça önemli bir ilişki söz konusudur. Ormanlar, sığ heyelanların meydana gelmesini önlemede çoğunlukla etkili iken, derin heyelanların meydana geldiği alanlarda olumsuz etkiler oluşturabilmektedir (Steinacher vd., 2009). İdeal yapıdaki bir orman sığ heyelanları tamamen önleyemese de önemli ölçüde azaltabilmektedir. Ancak eğimin 40° (%88)'nin üzerine çıkması durumunda etkileri önemli ölçüde azalmaktadır (Frehner vd., 2007).

Ormanların yokluğu veya tahribi, heyelan riskini arttıran bir diğer önemli faktördür. Ormanların kesilmesi veya yangınlar sonucu ortaya çıkan orman kaybı, toprak kaymalarını artırarak heyelanların meydana gelme olasılığını yükseltmektedir. Özellikle eğimli arazilerde orman örtüsünün kaybı, toprak kaybına neden olmakta ve bu da heyelan riskini arttırmaktadır (Sunkar ve Avcı, 2016).

Orman yolları inşaatında kullanılan teknikler ve özellikleri, toprak stabilitesini doğrudan değiştirebilir. Yol inşaatı sırasında, toprak katmanlarının yerinden oynatılması ve dolgu malzemelerinin kullanılması, toprak yapısında değişikliklere neden olur. Bu durum, özellikle eğimli arazilerde, suyun toprakta dağılımına ve bu sebeple heyelanları tetiklemesine yol açabilir (Türk vd., 2022).

Orman yolları, suyun akış yönünü değiştirerek toprakta aşırı nem birikimine neden olabilir. Özellikle yoğun yağışların mevcut olduğu durumlarda, bu birikim toprak kaymalarını tetikleyebilir (Eker ve Aydın, 2014). Ayrıca orman çürümeleri sonrasında oluşan toprak kaybı ve bitki örtüsündeki azalma, heyelan riskini arttıran diğer faktörlerdir (Çelik, 2024; Duta, 2022).

Orman yollarının heyelan oluşumuna etkisi, ormancılığın sürdürülebilirliği açısından önemli bir konudur. Orman yolları, ormancılık faaliyetleri için gerekli altyapıyı sağlarken, aynı zamanda toprak istikrarını sağlamada da önemli bir rol oynar. Ancak, bu yolların inşası ve bakımı sırasında, toprak yoğunluğu ve koşulları üzerinde olumsuz etkiler ortaya çıkabilir ve bu da heyelan riskini artırabilir (Acar, 2015; Eker ve Aydın, 2014).

Gümüş ve Türk (2010), orman yollarında meydana gelen toprak kaybı sorunları konusunu ele almış, bu sorunların ana nedeninin orman yolu inşaatı sırasındaki yol yapım standartlarına göre yapılmaması olduğunu, gerekli denetimler ve bakımların yapılması ve yollara ayrılan yatırım payının artırılması ile bu sorunların önüne geçilebileceğini savunmuşlardır.

Ormanların heyelan oluşumu üzerindeki etkileri çok yönlüdür. Orman örtüsünün varlığı, toprak stabilitesini artırıp, heyelan riskini azaltırken, ormanların kaybı bu dengeyi bozmakta ve heyelan riskini artırmaktadır. İklimsel faktörler bu süreçte önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, Ormanların korunması ve sürdürülebilir yönetimi, heyelanlara karşı koruma açısından kritik bir öneme sahiptir. Ayrıca Ormanlardaki ağaçların kök yapısı da heyelanların oluşumu ve sınırlandırılmasında kritik bir rol oynamaktadır. Kök sistemleri, ağaçların toprakta dayanıklılığını artırarak yüzeysel toprak kaymalarını önlemeye yardımcı olur. Derin kökler, toprağın dayanıklılığını artırır ve eğimli arazilerde stabilizeyi sağlar (Bozali, 2021; Eker ve Aydın, 2014). Ağaçların kök performansı, kök yapısı ve derinliği, toprak stabilitesinin sağlanmasında önemli faktörlerdir (Bozali, 2021).

Yapılan çalışmanın amacı, orman yollarının tek başına heyelan üzerinde tetikleyici bir faktör olup olmadığı, eğer bu yönde etkisi varsa ne oranda etkilediğini inceleyen bir çalışmanın literatürdeki azlığıdır. Bu nedenle heyelan sahaları ve heyelansız sahalar orman yolları ile ‘heyelana neden olan faktörler’ açısından araştırılmıştır.

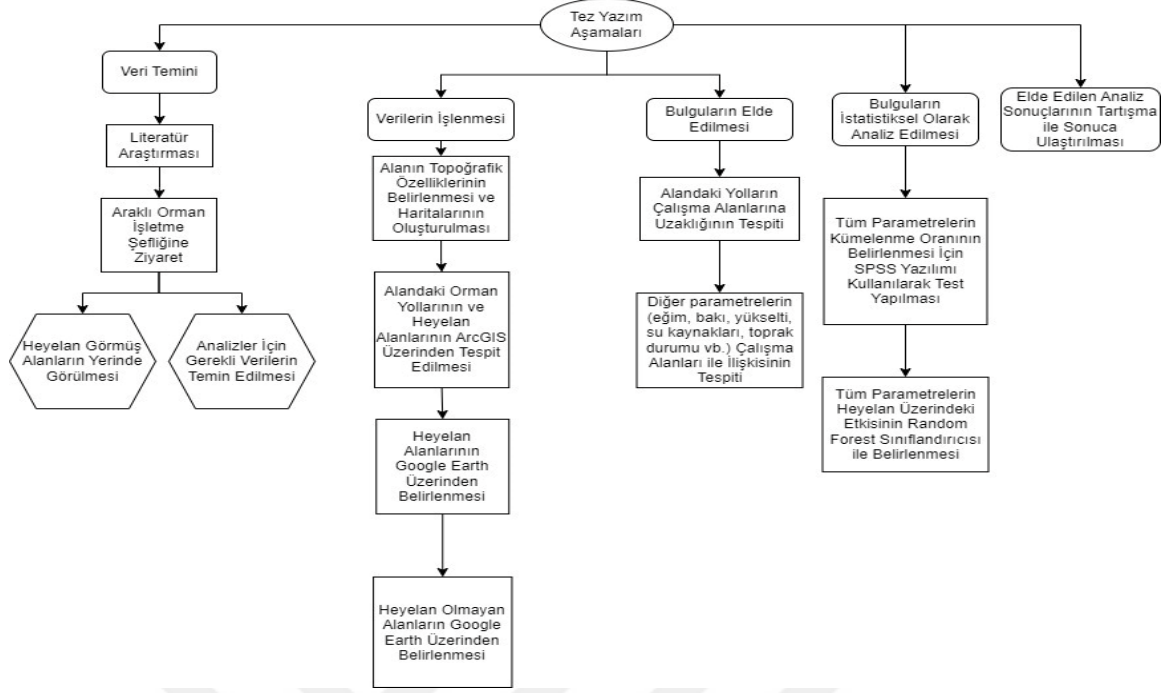


2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Çalışmanın ana amacı, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde orman yollarının heyelan alanları üzerindeki etkilerini coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanarak analiz etmektir. Araklı Orman İşletme Şefliği örneğinde yürütülen bu çalışma, yolların heyelan ile ilişkisini inceleyerek, bu yolların heyelan riskini ne ölçüde artırdığına dair bilimsel veriler sunmayı hedeflemektedir.

Yapılan literatür incelemelerinde, orman yollarının inşası sırasında yapılan hataların ve plansız çalışmaların çevresel zararları ve ekolojik etkileri üzerinde durulmuş, ancak orman yolları ile heyelan riski arasındaki ilişkiyi inceleyen az sayıda çalışma olduğu tespit edilmiştir. Bu eksiklikten yola çıkarak yapılan araştırma, orman yollarının eğim, bakı, yükselti gibi parametrelerle heyelan oluşumunu nasıl etkilediğini, bu yolların konumunun ve yapısının risk üzerinde nasıl bir rol oynadığını ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Bu çalışma veri temini, verilerin işlenmesi, bulguların elde edilmesi, bulguların istatistiksel olarak analiz edilmesi, elde edilen analiz sonuçlarının tartışma ile sonuca ulaştırılması olmak üzere 5 bölümden oluşmaktadır (Şekil 16).

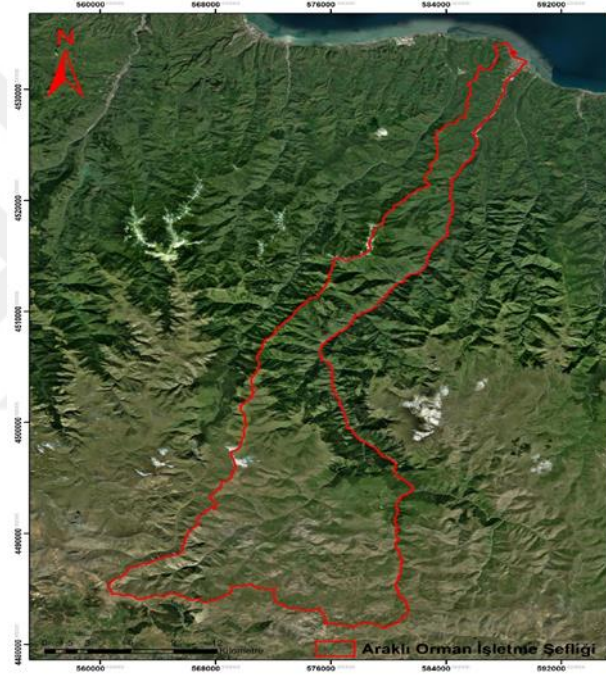


Şekil 16. İş akışı

Veri temini aşamasında çalışmanın yapılacağı Araklı Orman İşletme Şefliğine ziyaret gerçekleştirilmiştir. Bu ziyarette daha önceden heyelan görmüş alanlar orman muhafaza memuru eşliğinde yerinde görülmüştür. Araklı Orman İşletme Şefliğinden çalışma için gerekli olan veriler elde edilmiştir (alandaki yol varlığı, heyelan alanları, sulu ve kuru dereler, toprak türü vb.). Araklı Orman İşletme Şefliği kapsamında belirlenen alanın topoğrafik özellikleri belirlenmiş ve haritaları oluşturulmuştur. Alandaki tüm yollar, heyelan alanları ve heyelan olmayan alanlar ve yolların bu alanlara uzaklığı tespit edilmiştir. Verilerin işlenmesi ve sonuçların elde edilmesi aşaması bilgisayar üzerinden ArcMAP ve Google Earth yazılımı kullanılarak tamamlanmıştır. Heyelan alanlarının alansal ve oransal değişimini bulmak için IBM SPSS Statistics yazılımı kullanılarak kümelendirme analizi yapılmış sonrasında ise heyelana etki eden faktörlerin oransal dağılımını analiz etmek için Anaconda kütüphanelerinde Spyder programı üzerinde Python kodlama dili ile "Random Forest Classification/Regression" analizi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda bu alan için tüm parametrelerin heyelan ile ilişki oranları bulunmuştur. Sonuç olarak yol faktörünün heyelan oluşumunda tek başına bir etken olup olmayacağı araştırılmıştır.

2.1. Çalışma Alanı Özellikleri

Bu çalışma, Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü, Sürmene Orman İşletme Müdürlüğü, Araklı Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde gerçekleşmiştir (Şekil 17). Çalışma alanı olarak Araklı Orman İşletme Şefliğinin seçilmesinin sebebi, bu alanın gerek topoğrafya gerekse iklim özellikleri nedeniyle defalarca heyelana maruz kalmasıdır (Şekil 18).

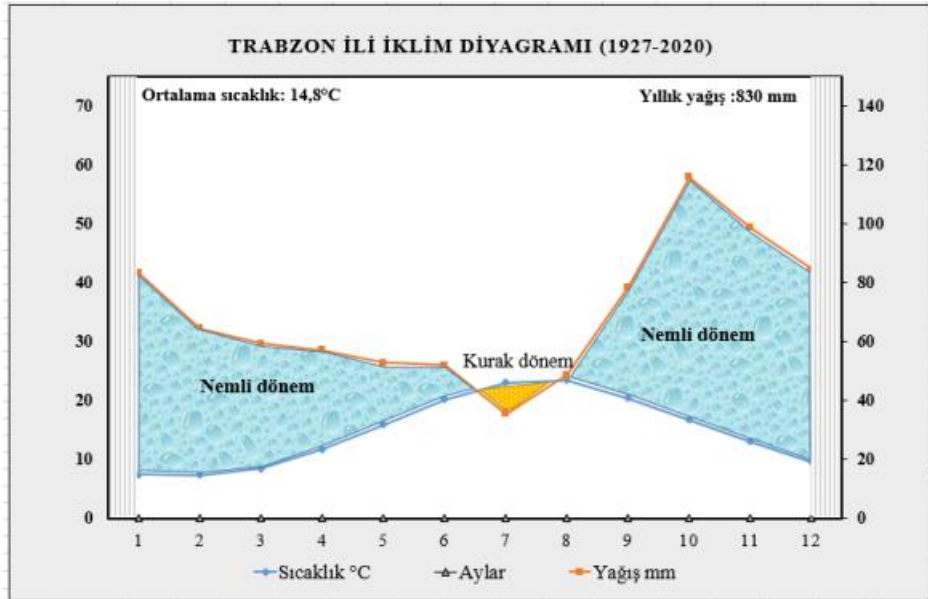


Şekil 17. Araklı Orman İşletme Şefliği



Şekil 18. Orman yolu inşaatının sebep olduğu heyelan alanı

Çalışma için seçilen Araklı Orman İşletme Şefliğinin sınırları deniz seviyesi yüksekliğinden başlayıp (0), 2793 metreye kadar yükselmektedir. Trabzon merkezde bulunan iklim istasyonundan elde edilen verilere göre çalışma alanı için kısa bir iklim analizi yapılmıştır (Şekil 19). Walter'e (1975) göre yıl boyunca temmuz ayı hariç nemli bir periyot gözlenmekte ve su açığı görünmemektedir. Yaz ortasında temmuz ayında ise çok küçük bir su açığı bulunmaktadır (Yorulmaz, 2021).



Şekil 19. Walter'e (1975) göre Trabzon ili iklim diyagramı

Trabzon ili 1997-2023 yılları arasındaki ortalama iklim resmi istatistiklerine bakıldığında ise; yıllık ortalama sıcaklık 14,8 °C, ortalama en yüksek sıcaklık 18,2 °C, ortalama en düşük sıcaklık 11.8 °C, yıllık ortalama güneşlenme süresi 4,5 saat, ortalama yağışlı gün sayısı 137,2 gün ve aylık toplam yağış miktarı ortalaması 828.9 mm ölçülmüştür (URL-8).

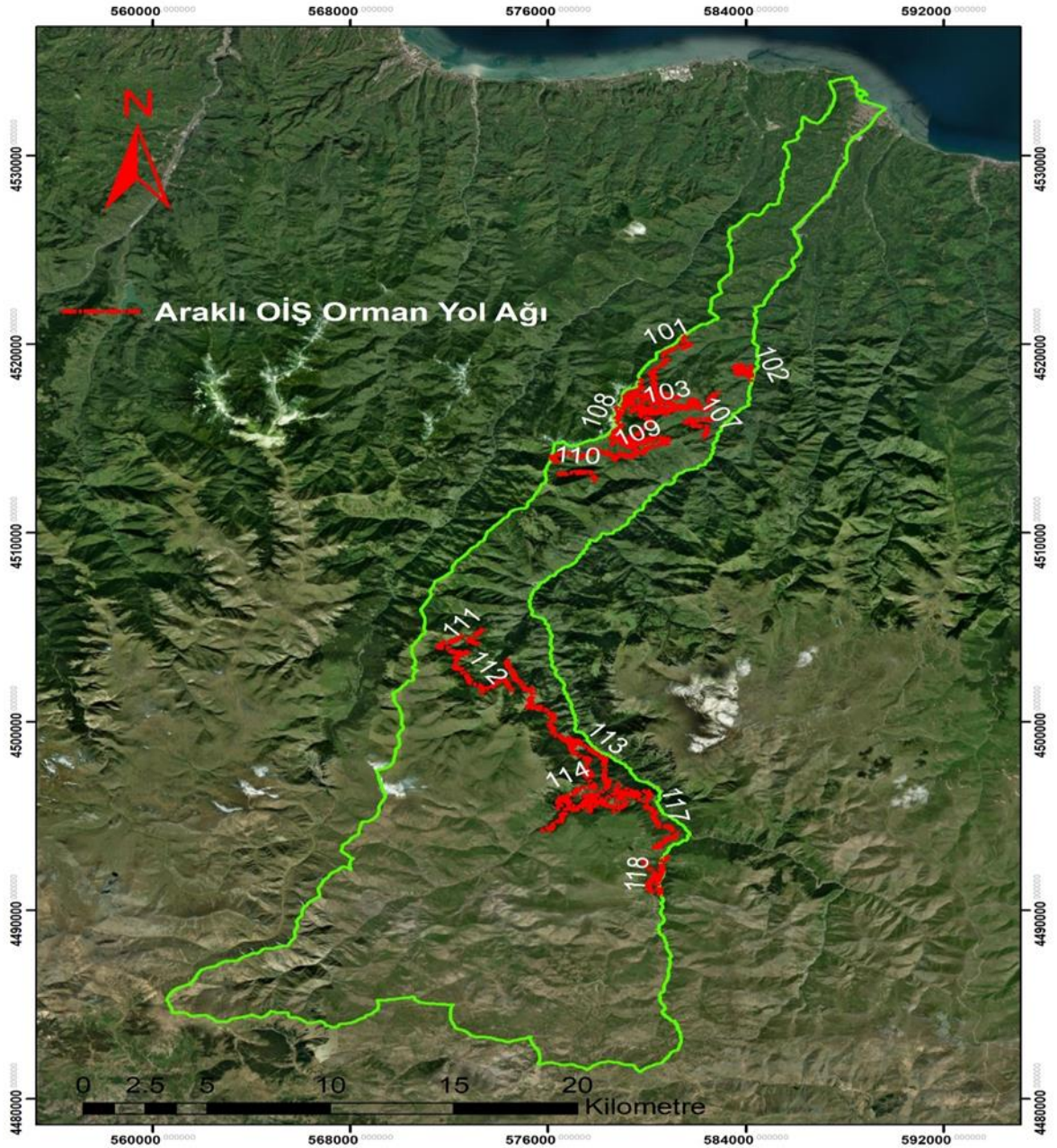
2.2. Çalışma Alanındaki Orman Yollarının Teknik Özellikleri

Çalışma alanında toplam 489+900 km yol bulunmaktadır (Şekil 20). Bu yolların 108,13 km'si orman yollarını oluşturmaktadır.



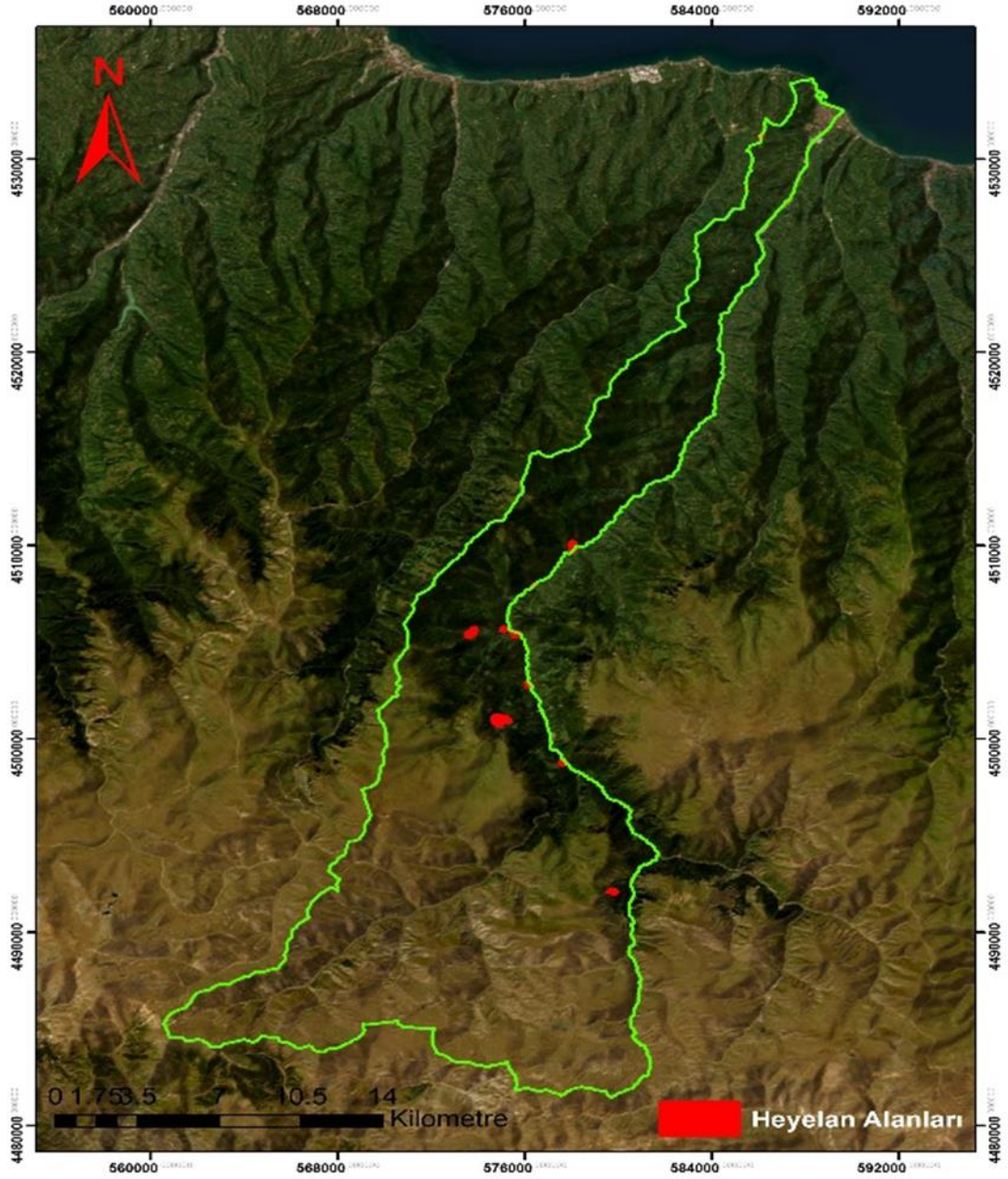
Şekil 20. Çalışma alanında mevcut olan tüm yollar

Kod numaraları 101, 101-1, 102, 102-1, 102-2, 103, 104, 107, 108, 108-1, 108-2, 108-3, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 115-1, 116, 117, 118, 119 ve 120 olmak üzere 25 adet orman yolu bulunmaktadır (Şekil 21). Bu yolların toplam uzunlukları 108+128 km olarak belirlenmiştir. Orman yolları B tipi tali orman yolu standartlarına uygun olarak yapılmış; platform genişliği 4 metre ve hendek genişliği 1 metre olmak üzere toplam genişliği 5 metredir.



Şekil 21. Çalışma alanında bulunan orman yolları

Araklı Orman İşletme Şefliği toplam alanı 36286 ha olarak belirlenmiştir. Bu alan içerisinde şeflikten alınan verilere göre 53.83 ha heyelan alanı bulunmaktadır (Şekil 22). Bu alana ek olarak uydu görüntülerinden belirlenen heyelan alanları da Google Earth üzerinden işaretlenmiştir.



Şekil 22. Çalışma alanındaki heyelan alanları

2.3. Yöntem

Çalışma alanının topoğrafik özelliklerini ortaya koymak, hangi eğim dereceleri, bakılar ve yüksekliklerde yer aldığını belirlemek adına ArcGIS 10.8 yazılımının ArcMAP modülü kullanılarak eğim, bakı ve yükselti haritaları oluşturulmuştur (Şekil 27, 28, 29). Bu işlem için gerekli DEM (Sayısal Yükselti Modeli) haritası 25 metre çözünürlükte USGS (U.S. Geological Survey) EarthExplorer'dan elde edilmiştir (URL-9).

Eğim sınıfları oluşturulurken Mcdonald, Isbell, Speight, Walker ve Hopkins, (1984) tarafından toprak erozyonu için belirlenmiş olan eğim sınıfları dikkate alınmıştır (Wells, 1988):

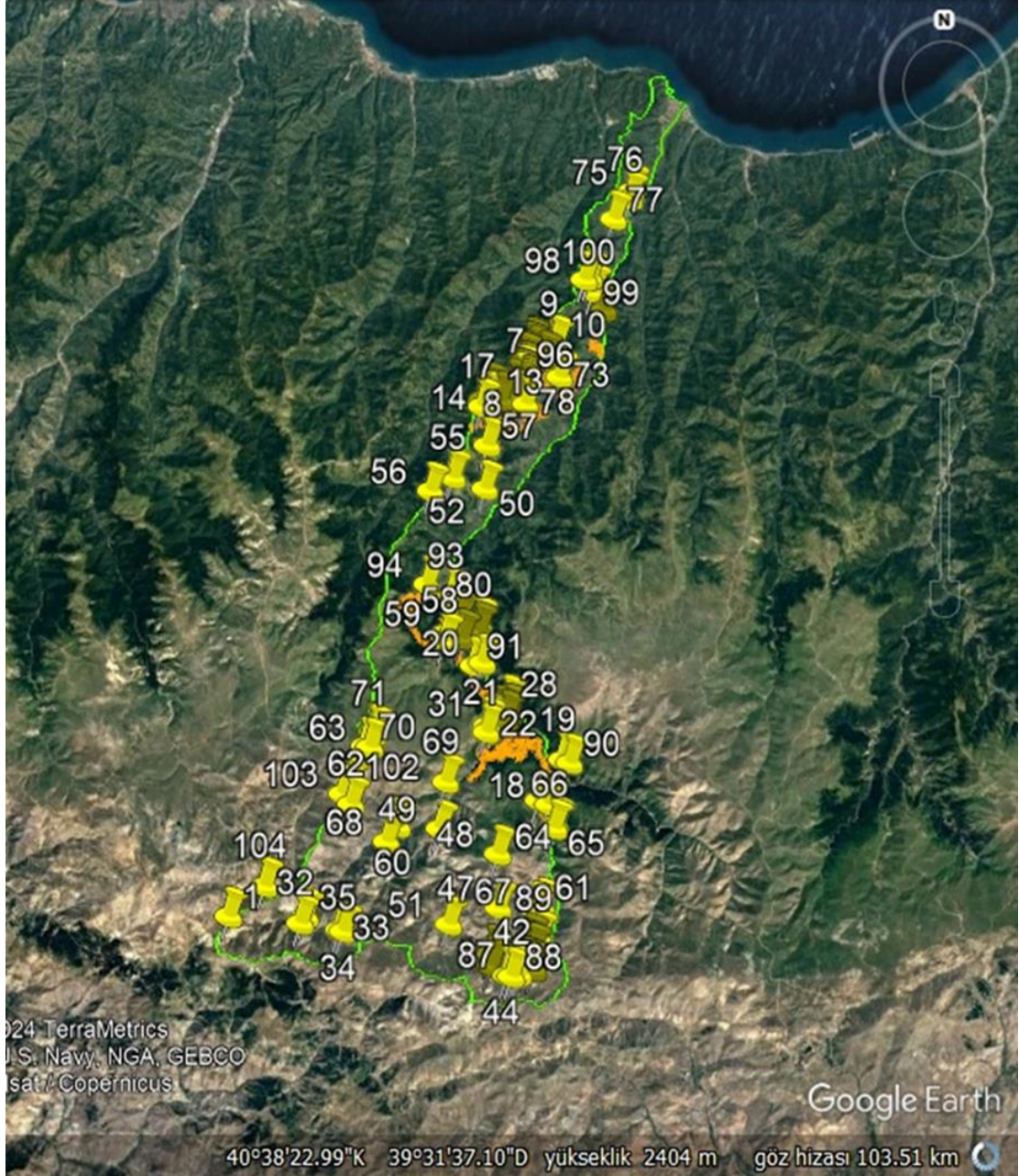
- 1: Çok az eğimli (0- 3),
- 2: Az eğimli (3 – 10),
- 3: Orta derecede eğimli (10 – 20),
- 4: Dik eğimli (20 – 30) ve
- 5: Çok dik eğimli (> 30)

Çalışma alanının hangi arazi kullanımına girdiğini belirlemek amacıyla meşcere veri tabanı kullanılarak sınıflandırma yapılmıştır. Burada, saf ibrelili meşcereler ibrelili, saf yapraklı meşcereler yapraklı, ibrelili ve yapraklı ağaçların beraber bulunduğu meşcereler karışık ve son olarak ziraat, iskân, orman toprağı gibi üzerinde orman ağacının bulunmadığı alanlar ise açıklık olarak sınıflandırılmıştır. Akımın belirlenmesi için dereler sulu ve kuru dere olmak üzere belirlenmiştir.

Bitki örtüsüne ait meşcere kapalılığı ve hâkim ağaç türünün kök yapısı parametrelerinin de heyelana etkisi literatür ile desteklendiğinden, ayrı sınıf olarak değerlendirilmiştir.

2.3.1. Heyelan Alanlarının Tespit Edilmesi

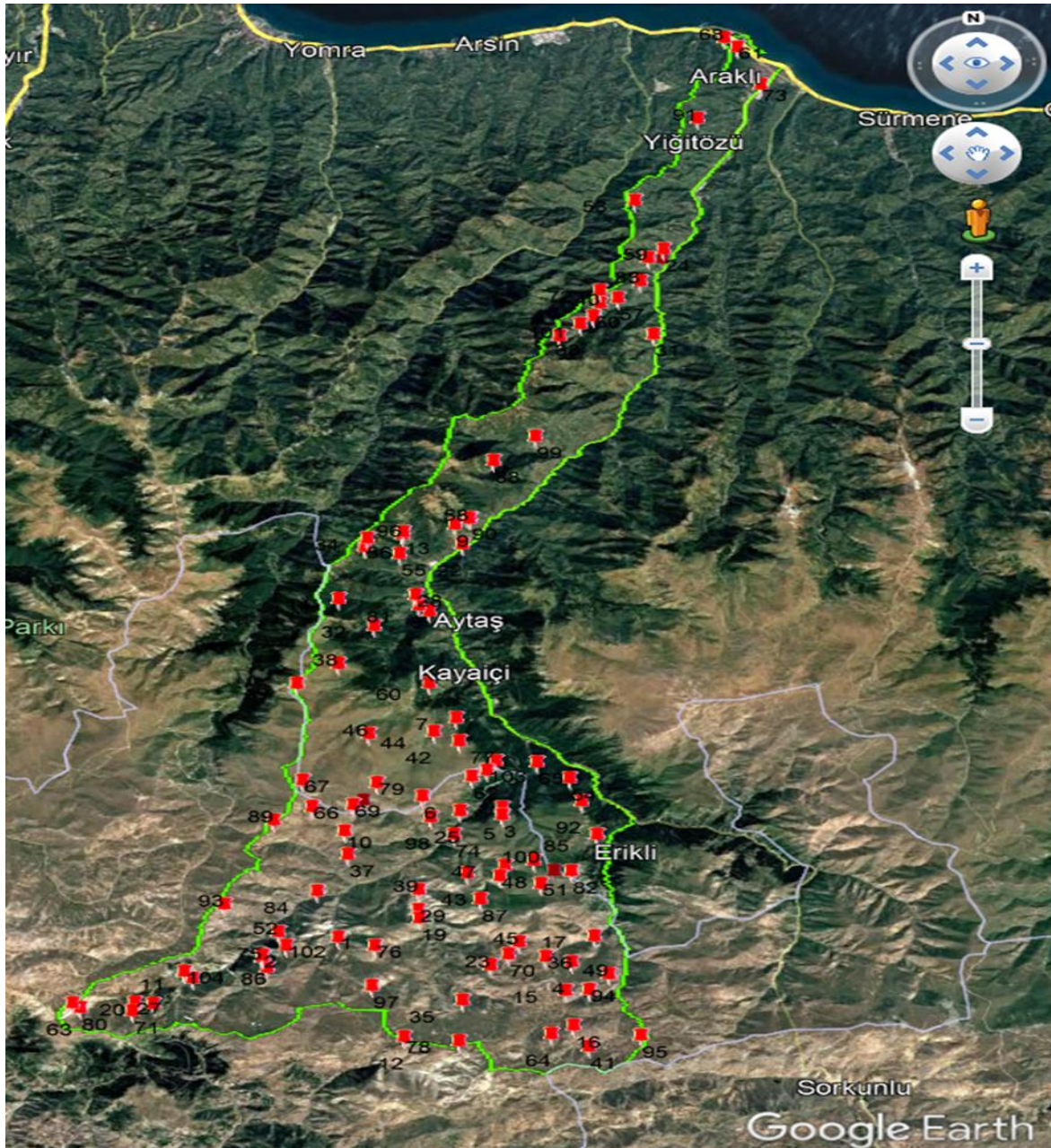
Araklı OİŞ sınırları içerisinde gerçekleşen tüm heyelan alanları Google Earth programı ile tespit edilip işaretlenmiştir. Yapılan bu çalışma sonucunda çalışma alanında gerçekleşen 104 adet heyelan alanı belirlenmiştir (Şekil 23).



Şekil 23. Heyelan alanlarının Google Earth yazılımı kullanılarak tespit edilmesi

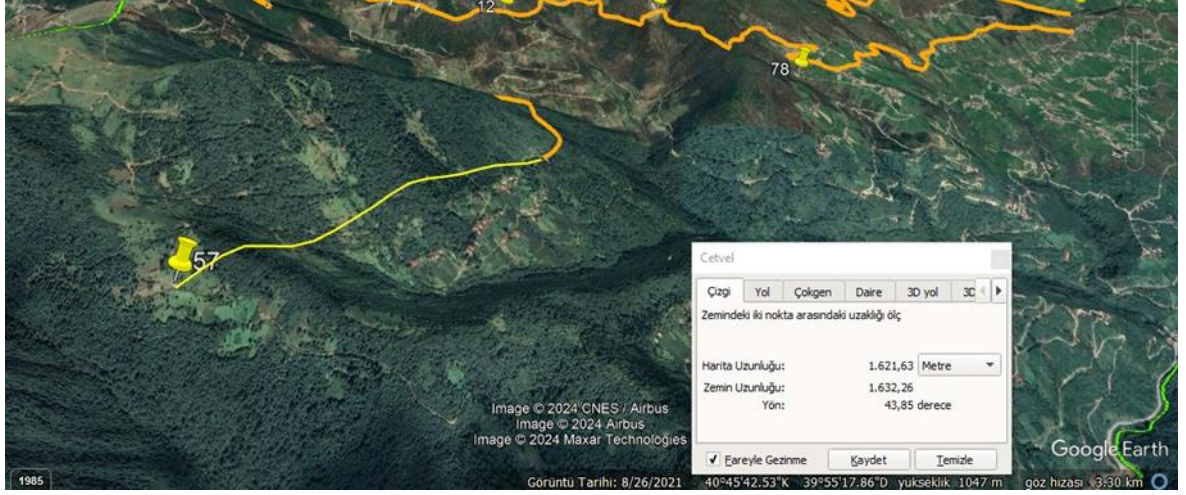
2.3.2. Heyelan Olmayan Alanların Belirlenmesi

Heyelan olayının gerçekleştiği ve gerçekleşmediği alanların karşılaştırılabilmesi amacıyla, ArcMap yazılımında "Create Random Points" komutu kullanılarak 104 adet heyelansız alan belirlenmiştir. Heyelan alanlarıyla kesişme durumu, Google Earth yazılımı kullanılarak kontrol edilmiştir (Şekil 24).

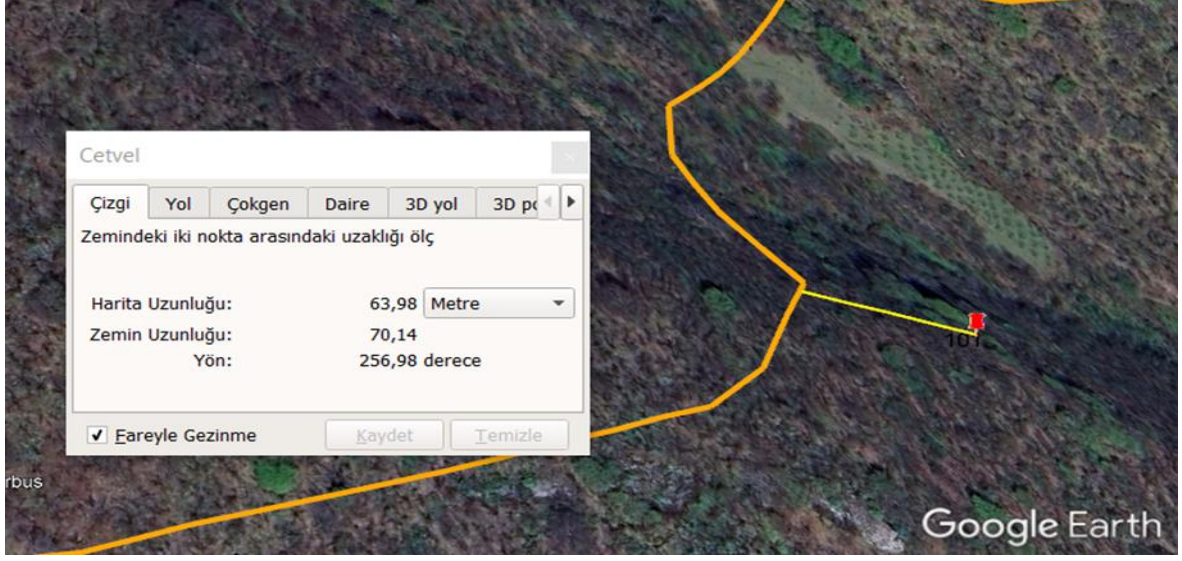


Şekil 24. 104 adet heyelansız alanın Google Earth yazılımı ile gösterimi

Tüm alanların öznitelik tablosu ArcMAP yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur. Bunun için bakı, ortalama yükselti ve eğim değerleri raster veri üzerinden elde edildiğinden dolayı tüm noktalara (104 adet heyelanlı, 104 adet heyelansız alan) her bir değerın aktarılması extract values to point işlemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Meşcere ve toprak verisi vektör verisi olduğu için bu özelliklerin noktalara tanımlanmasında spatial join komutu kullanılmıştır. Belirlenen tüm alanların en yakın yola uzaklığı Google Earth yazılımı üzerinden belirlenmiştir (Şekil 25 ve 26).



Şekil 25. 57 numaralı heyelan alanının en yakın orman yola uzaklığının Google Earth yazılımında belirlenmesi



Şekil 26. 10 numaralı heyelan gerçekleşmeyen alanın en yakın yola uzaklığının Google Earth yazılımında belirlenmesi

Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen tüm parametreler excel programına işlenmiştir (Ek Tablo 1).

Heyelan alanları için belirlenen tüm değişkenlerin alansal ve oransal dağılımını tespit edebilmek ve alan üzerindeki bütün dağılımların normal olduğunu görebilmek amacıyla SPSS yazılımında kümelenme analizi yapılmıştır.

Çalışma kapsamında belirlenen 208 adet noktanın 8 farklı değişkeni tespit edilmiş olup heyelana etki oranları Random Forest Sınıflandırıcı analizi ile tespit edilmiştir. Bu değişkenler yapılan literatür çalışmaları sonucu heyelan oluşumuna etkileri araştırılan parametrelerdir. Bunlar; eğim, yükselti, bakı, arazi kullanımı, toprak türü, kapalılık, yola olan uzaklık ve hakim ağaç türü kök yapısıdır. Bu parametrelerin analizi için Random Forest classify yöntemi kullanmamızın sebebi değişkenlerin kategorik olması ve fazla değişken bulunmasıdır.

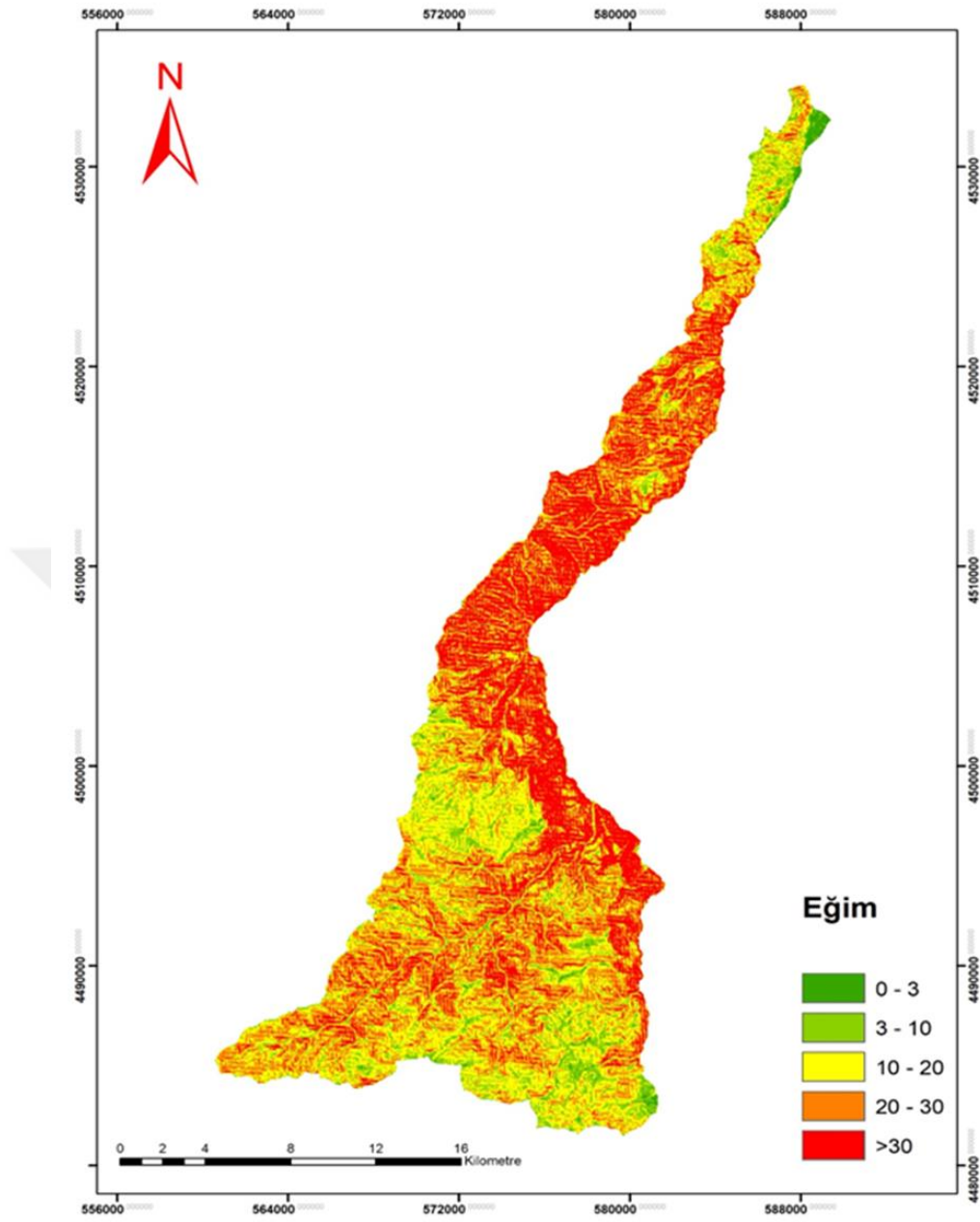
3. BULGULAR

Bu çalışmada orman yollarının heyelanın oluşumuna etkisi CBS ile belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun için çalışma alanında tespit edilen 208 adet noktanın (104 adet heyelan gerçekleşen alan ve 104 adet heyelan gerçekleşmeyen alan) 8 farklı değişkeni (eğim, yükselti, bakı, arazi kullanımı, toprak türü, kapalılık, yola olan uzaklık ve hâkim ağaç türü kök yapısı) belirlenmiştir.

Belirlenen alanların yola uzaklıkları ortalama 166,8 m, ortalama yükseltisi 1697 m, ortalama eğimi %24 olarak belirlenmiş ve 153 adet açıklık alanla arazi kullanımının en fazla açıklık alan olduğu, 184 adet sığ kök sistemiyle hakim ağaç türlerinin genel olarak sığ köklü olduğu, bakısının 25 adetle en fazla kuzeydoğu bakısında bulunduğu, toprak türünün 125 adet bulunmasıyla en fazla yüksek dağ mera toprakları olduğu ve son olarak kapalılığın en fazla 149 adet olarak 0 kapalılıkta bulunduğu tespit edilmiştir.

3.1. Çalışma Alanının Topoğrafik Özellikleri

3.1.1. Çalışma Alanı Eğim Sınıfları



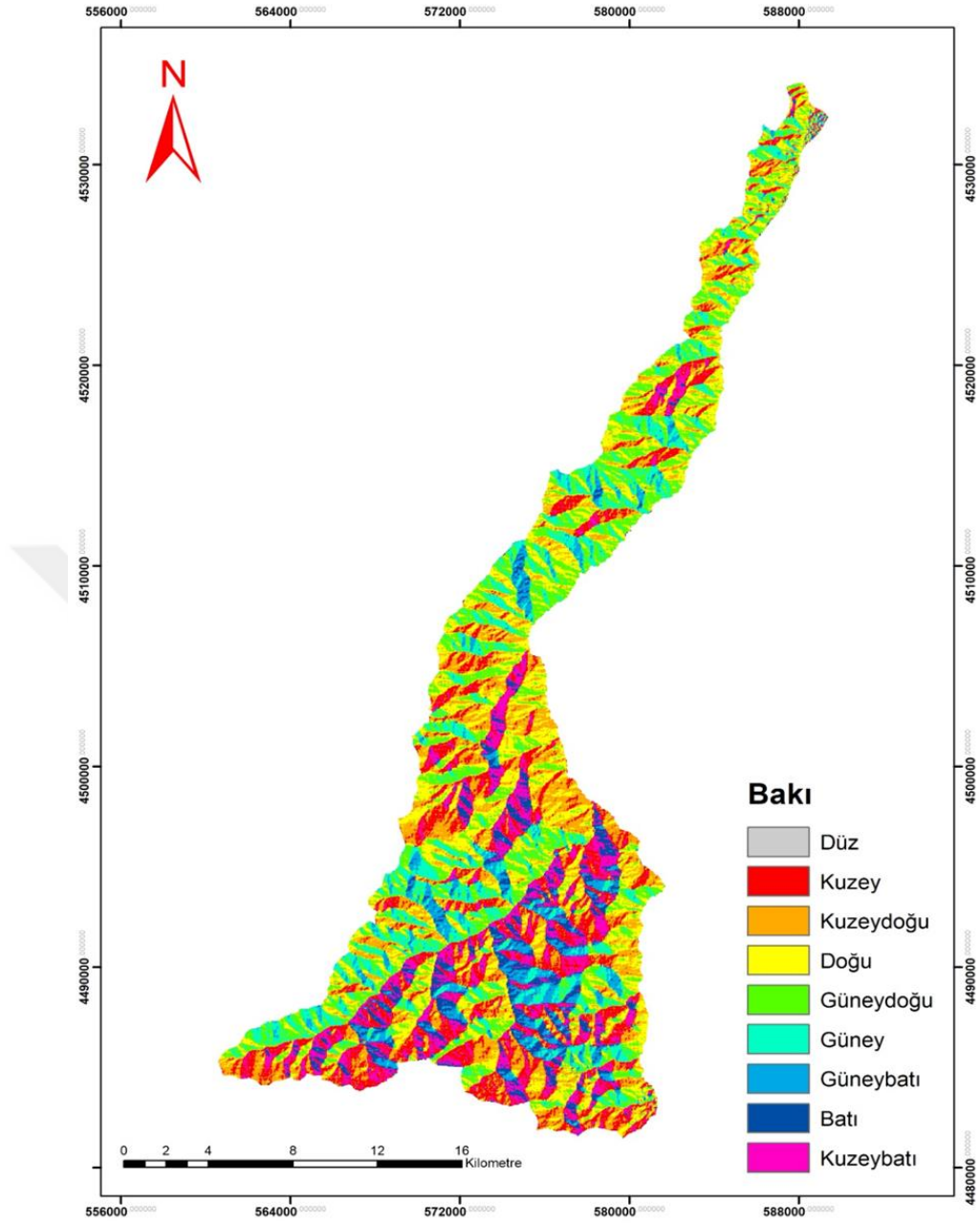
Şekil 27. Çalışma alanı eğim sınıfları

Çalışılan alanın %1,27'si 0-3 (çok az eğimli) eğim grubunda, %10,26'sı 3-10 (az eğimli) eğim grubunda, %31,48'i 10-20 (orta derecede eğimli) eğim grubunda, %32,72 si 20-30 (dik eğimli) eğim grubunda ve %24,27'si 30'un üzerindeki (çok dik eğimli) eğim sınıfındadır (Tablo 3). Bu sebeple alanın ağırlıklı olarak dik eğimli alan grubunda olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3. Eğim sınıflarının alansal dağılımı

EĞİM SINIFLARI	TOPLAM ALANA ORANI (%)	ALAN (ha)
0-3	1,270362	460,9637
3-10	10,26221	3723,744
10-20	31,48116	11423,25
20-30	32,71952	11872,61
>30	24,26675	8805,433
TOPLAM	100	36286

3.1.2. Çalışma Alanı Bakı Sınıfları



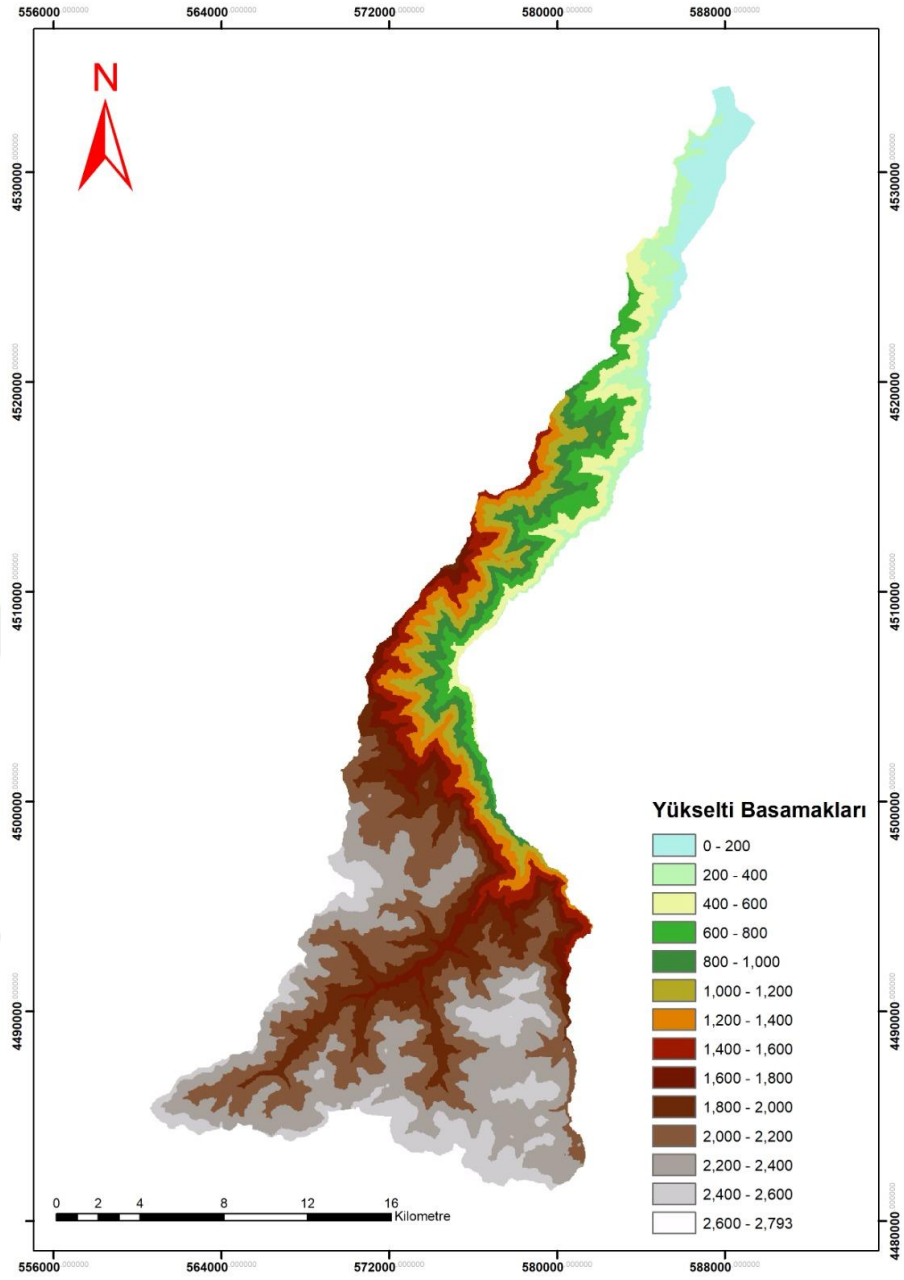
Şekil 28. Çalışma alanı bakı sınıfları

Çalışma alanında gölgeli bakıların (kuzey, kuzeydoğu, kuzeybatı ve doğu) toplam alanı 21475,60 ha güneşli bakıların (güneydoğu, güney, güneybatı ve batı) toplam alanı 14697,49 ha'dır. Alanda gölgeli bakıların alanın %59,2'sini kapsadığı görülmektedir (Tablo 4).

Tablo 4. Bakı sınıflarının alansal dağılımı

BAKİ	TOPLAM ALANA ORANI (%)	ALAN (ha)
Düz	0,311138639	112,8997667
Kuzey	13,5414473	4913,649567
Kuzeydoğu	16,46247548	5973,573854
Doğu	19,50304532	7076,875024
Güneydoğu	17,56250645	6372,731091
Güney	11,1989264	4063,642432
Güneybatı	5,823061835	2112,956218
Batı	5,920099102	2148,16716
Kuzeybatı	9,677299474	3511,504887
TOPLAM	100	36286

3.1.3. Çalışma Alanı Yükselti Basamakları



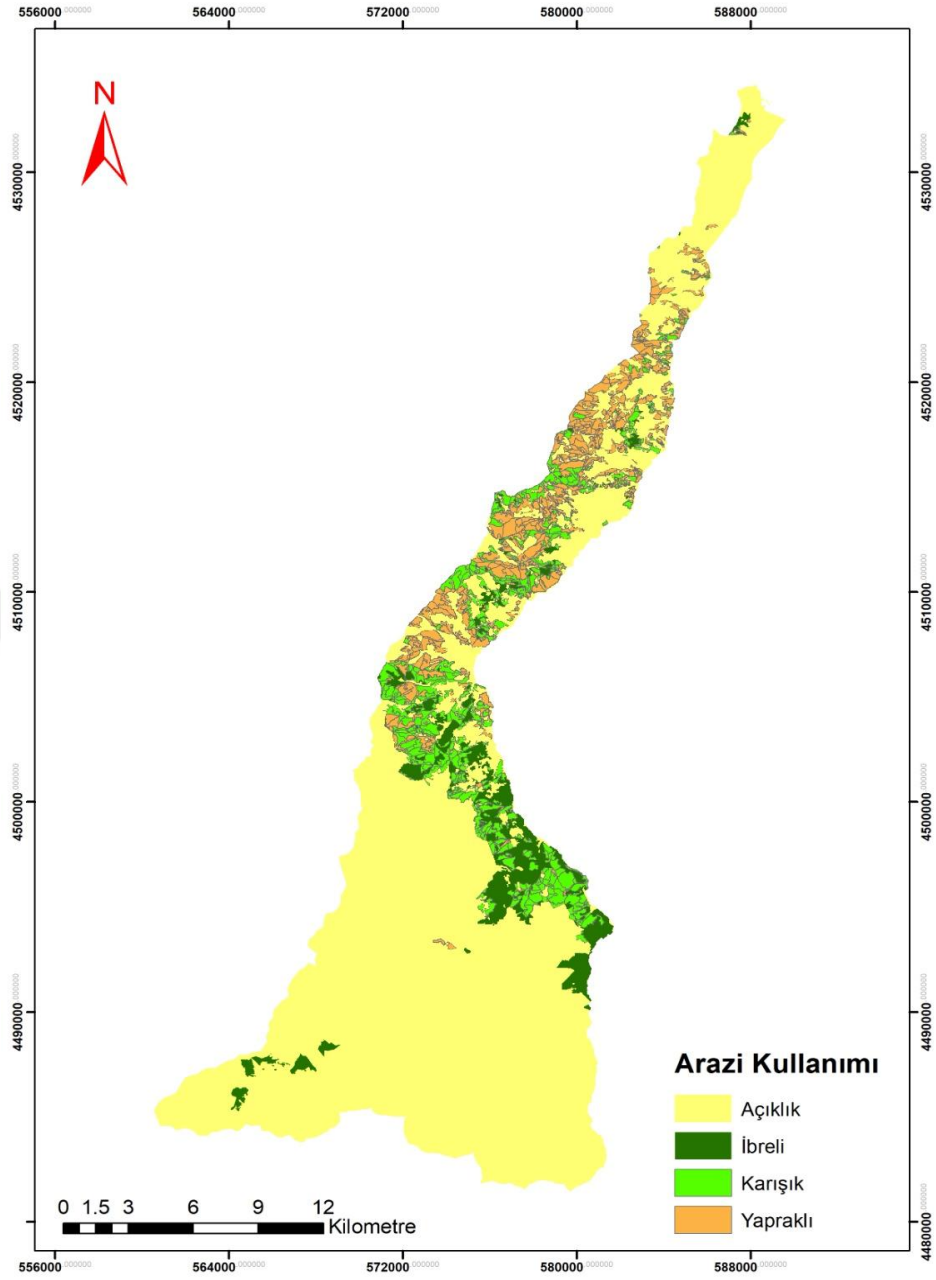
Şekil 29. Çalışma alanı yükseklik basamakları

Çalışılan alanın %18,6'sının 2000-2200 m yükselti aralığında, %20,6'sının 2200-2400 m yükselti aralığında olduğu tespit edilmiş ve alanın genelinin yükseltisinin fazla olduğu görülmüştür (Tablo 5).

Tablo 5. Yükselti basamaklarının alansal dağılımı

YÜKSELTİ BASAMAKLARI (m)	TOPLAM ALANA ORANI (%)	ALAN (ha)
0-200	3,84795219	1396,267931
200-400	3,749538046	1360,557375
400-600	4,17525068	1515,031462
600-800	5,040764282	1829,091727
800-1000	4,49479038	1630,979637
1000-1200	4,511124678	1636,906701
1200-1400	4,549510277	1650,835299
1400-1600	4,58258723	1662,837602
1600-1800	5,059344545	1835,833762
1800-2000	10,99032805	3987,950438
2000-2200	18,61681167	6755,296282
2200-2400	20,6430813	7490,548481
2400-2600	9,097999661	3301,300157
2600-2793	0,640917007	232,5631453

3.2. Çalışma Alanının Bitki Örtüsü



Şekil 30. Çalışma alanı arazi kullanımı dağılımı

Çalışma alanında toplam ağaç varlığı (ibrelî, yapraklı, karışık) 8679,85 ha olup açıklık alan 27606,15 ha'dır. Çalışmalar sonucunda toplam alanın %76'sının açıklık alan olduğu tespit edilmiştir (Tablo 6).

Tablo 6. Bitki örtüsünün alansal dağılımı

BİTKİ ÖRTÜSÜ	ALAN (ha)	TOPLAM ALANA ORANI (ha)
Açıklık	27606,15378	76,07934951
İbrelili	2158,878182	5,949617216
Karışık	3279,912766	9,039058165
Yapraklı	3241,056606	8,931975107
TOPLAM	36286,00133	100

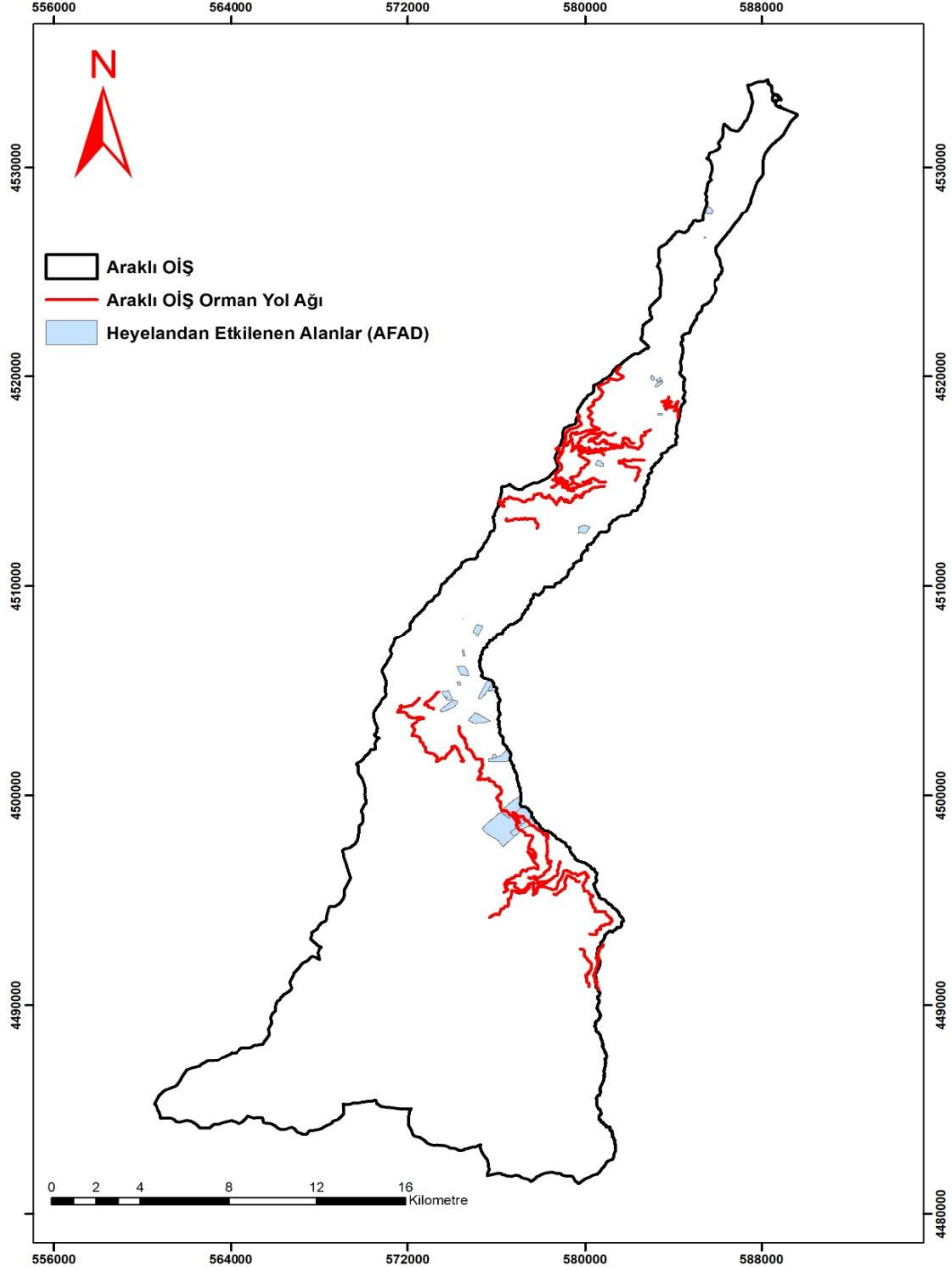
3.3. AFAD' tan Alınan Verilerin Orman Yolları ile İlişkilendirilmesi

Trabzon İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü'nden (AFAD) Trabzon ili Araklı ilçesi için heyelan alanı veri tabanı alınmıştır. Bu veriler heyelan oluşturabilecek riskli alanların etkileyeceği yerleşim yerleri olarak temin edilmiştir. Veriler .kml uzantılı Google Earth dosyasıdır. Fakat alınan veriler alan verisi olmasına rağmen çizgi katmanı olarak elde edildiği için her bir çizgi katmanı poligona Google Earth üzerinden dönüştürülmüştür (Şekil 31).



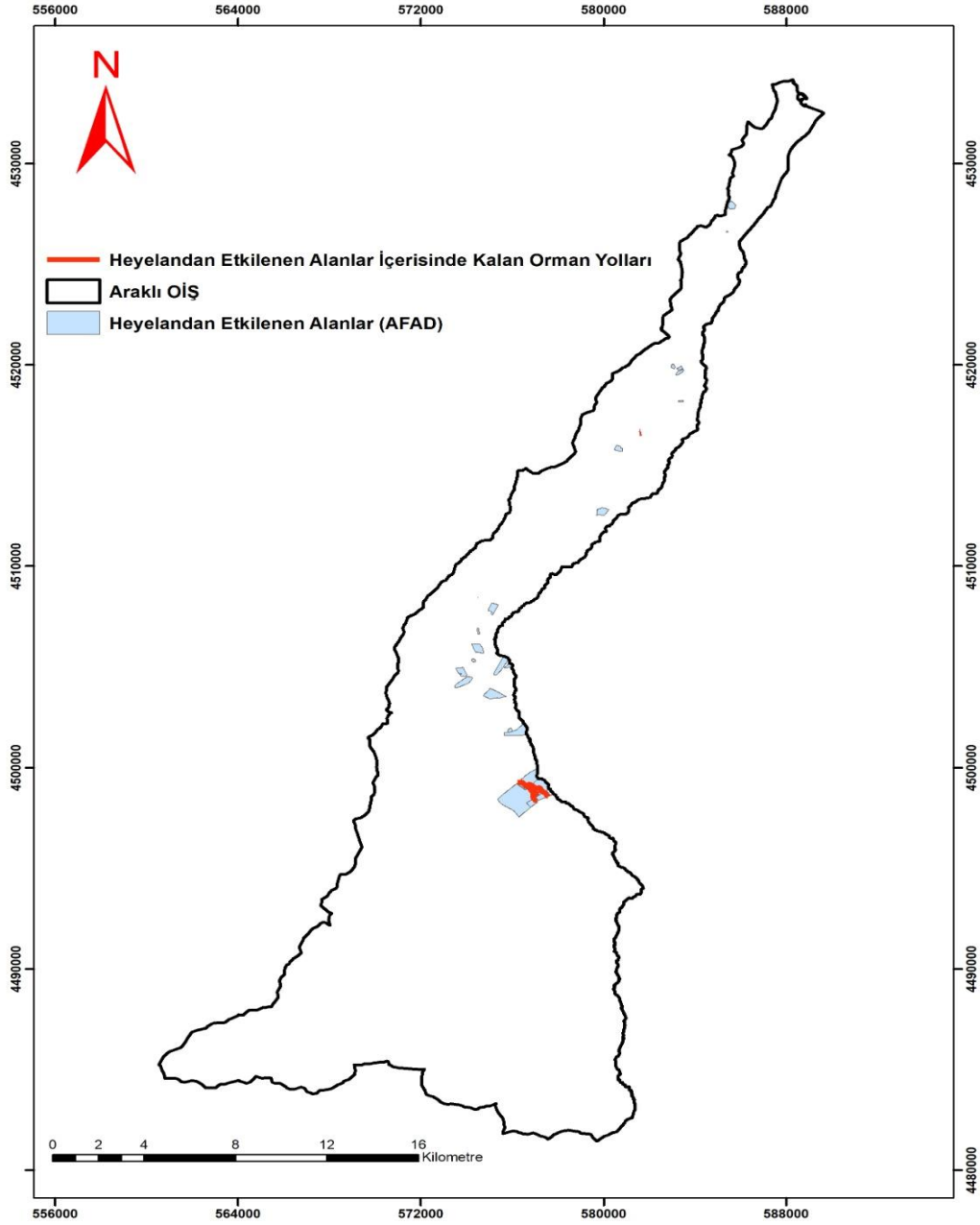
Şekil 31. Çizgi katmanının poligon katmanına dönüştürülmesi

Daha sonra elde edilen heyelan riskli alanların poligon veri tabanı, Araklı Orman İşletme Şefliği veri tabanındaki orman yolları ile ArcMAP yazılımına aktarılmıştır (Şekil 32).



Şekil 32. Orman yol ağı ile heyelan riskli alanların ArcMAP yazılımı ile gösterimi

Aktarılan bu alanlar Araklı orman yolları katmanıyla çakıştırılarak (intersect) heyelan riskli alanlar içerisinde kalan orman yolları bulunmuştur (Şekil 33).



Şekil 33. Heyelan riskli alanlar içerisinde kalan orman yolları ile heyelandan etkilenen alanların (AFAD) kesişimi

Bu iki katman arasında ArcMAP yazılımında uzaklık belirleme (near) komutu kullanılarak orman yollarının bu heyelan riskli alanlara olan uzaklığı belirlenmiştir (Tablo 7).

Tablo 7. Orman yollarının heyelan riskli alanlara uzaklığı

Yol Kodu	Heyelandan Etkilenen Alanlara Uzaklık (m)
101	116,95
104	627,59
107	533,47
113	0,00
114	0,00
115	527,14
115-1	1050,29
117	1489,04
116	2127,51
119	5287,71
106	319,75
111	116,21
112	826,00
118	5362,60
110	1834,67
102	396,83
102-1	271,76
102-2	412,32
103	0,00
108	630,85
108-1	1654,84
108-2	1705,49
108-3	1201,97
109	920,91
103-2	337,58
101-1	0,00
103-1	946,35
105	1687,98
120	1726,20

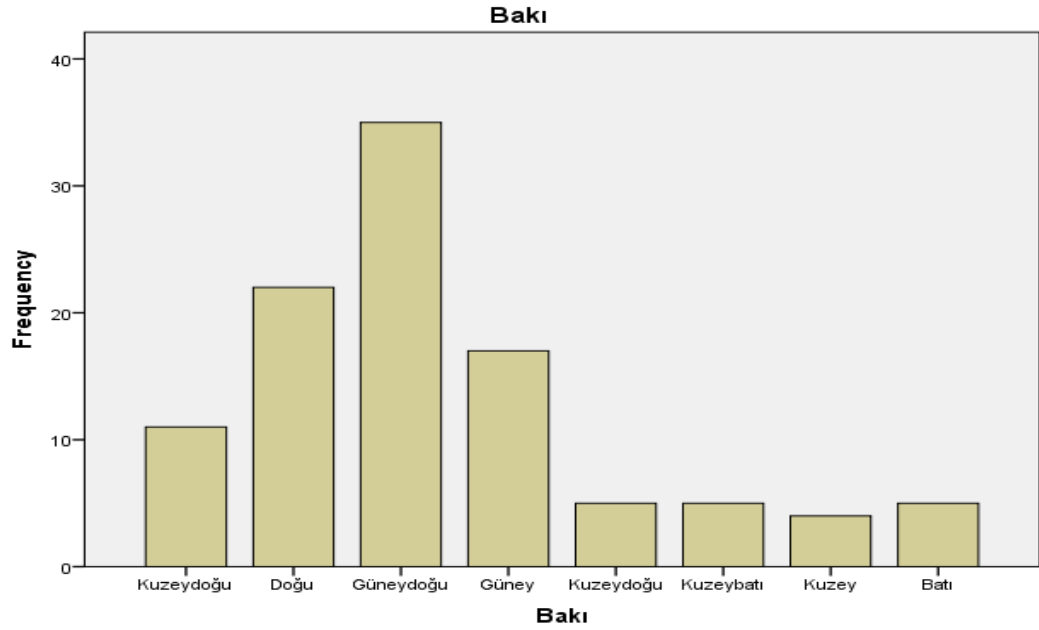
Yapılan bu çalışma sonucunda sadece 101-1, 103, 113, 114 kodlu yolların AFAD' dan alınan heyelan riskli alanlar içerisinde kaldığı tespit edilmiştir.

3.4. Çalışma Kapsamında Belirlenen Heyelan Alanlarının Kümelenme Analizi

Bakı unsuru ile yapılan analizde alanın %33,7'sinin güneydoğu, %21,2'sinin doğu, %16,3'ünün güney, %10,6'sının kuzeydoğu yönlü olduğu bulunmuştur (Tablo 8). Bu sonuç heyelan alanlarının çoğunlukla güneşli bakılarda olduğunu göstermektedir.

Tablo 8. Heyelan alanlarının bakısının istatistiksel analizi

		Bakı			
		Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Sınıf	Kuzeydoğu	11	10,6	10,6	10,6
	Doğu	22	21,2	21,2	31,7
	Güneydoğu	35	33,7	33,7	65,4
	Güney	17	16,3	16,3	81,7
	Güneybatı	5	4,8	4,8	86,5
	Kuzeybatı	5	4,8	4,8	91,3
	Kuzey	4	3,8	3,8	95,2
	Batı	5	4,8	4,8	100,0
	Toplam	104	100,0	100,0	

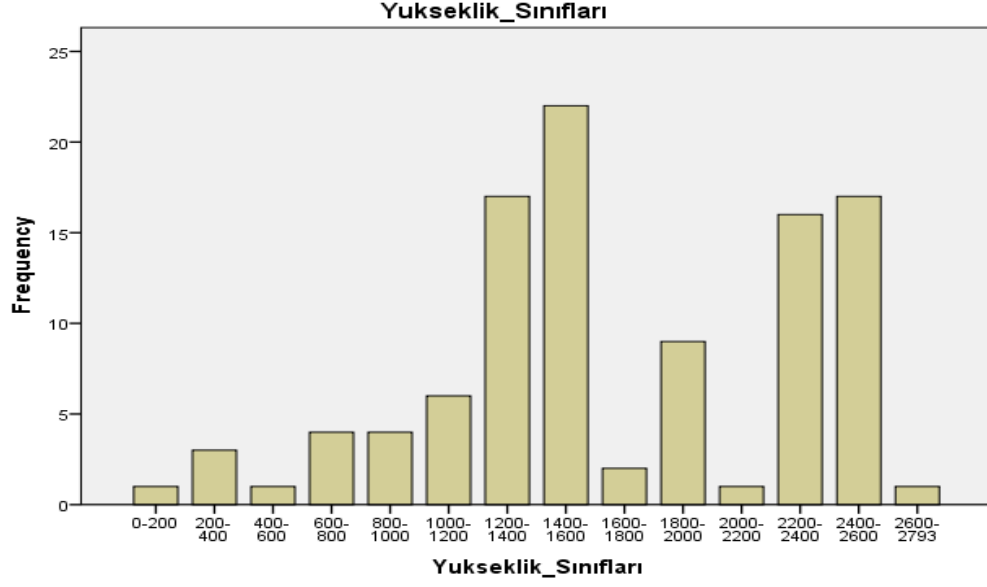


Şekil 34. Heyelan alanlarının bakılarının grafiksel gösterimi

Yükseklik sınıfı ile yapılan analizde toplam heyelan alanlarının %21,2'si 1400-1600 yükselti sınıfında, %16,3'ü 2400-2600 yükselti sınıfında, %15,4'ü 2200-2400 yükselti sınıfında, %16,3'ü 1200-1400 yükselti sınıfında olduğu bulunmuştur (Tablo 9). Bu sonuç heyelan alanlarının genelinin yükseltisinin fazla olduğunu göstermektedir.

Tablo 9. Heyelan alanlarının yükselti sınıflarının analizi

Yükseklik Sınıfları					
		Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Sınıf	0-200	1	1,0	1,0	1,0
	200-400	3	2,9	2,9	3,8
	400-600	1	1,0	1,0	4,8
	600-800	4	3,8	3,8	8,7
	800-1000	4	3,8	3,8	12,5
	1000-1200	6	5,8	5,8	18,3
	1200-1400	17	16,3	16,3	34,6
	1400-1600	22	21,2	21,2	55,8
	1600-1800	2	1,9	1,9	57,7
	1800-2000	9	8,7	8,7	66,3
	2000-2200	1	1,0	1,0	67,3
	2200-2400	16	15,4	15,4	82,7
	2400-2600	17	16,3	16,3	99,0
	2600-2793	1	1,0	1,0	100,0
	Toplam	104	100,0	100,0	

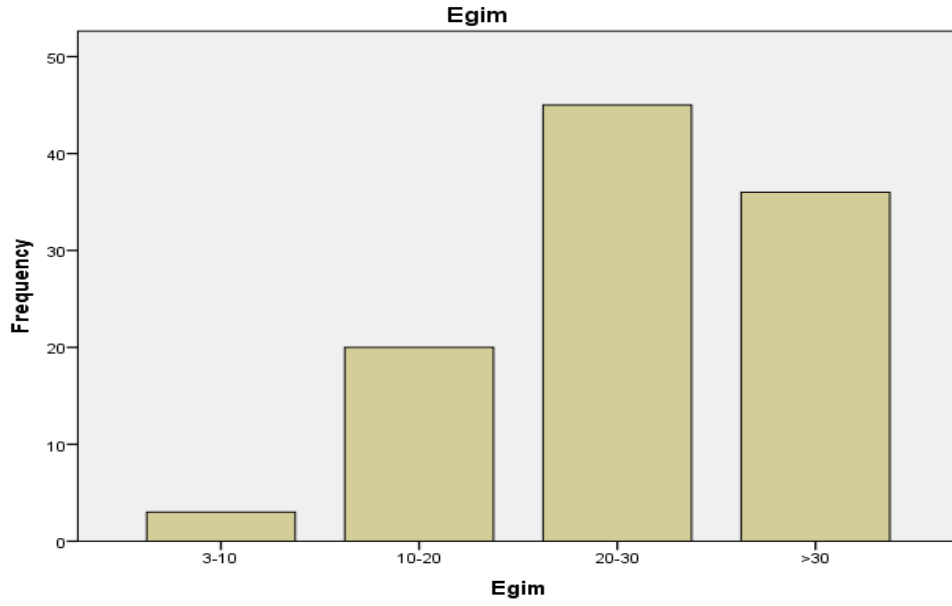


Şekil 35. Heyelan alanlarının yükselti sınıflarının grafiksel gösterimi

Heyelanı etkileyen en önemli faktörlerden biri olan eğim parametresinin heyelan alanlarındaki istatistiksel sonucuna bakıldığında toplam heyelan alanlarının %43,3'ünün 20-30 eğim sınıfında (dik eğim sınıfı) olduğu, %34,6'sının eğim değerlerinin ise 30'dan (çok dik eğim sınıfı) fazla olduğu bulunmaktadır (Tablo 10). Böylece çalışılan alandaki toplam heyelan alanlarının dik ve çok dik eğim sınıfında meydana geldiği görülmektedir.

Tablo 10. Heyelan alanlarının eğim analizi

Eğim					
		Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Sınıf	3-10	3	2,9	2,9	2,9
	10-20	20	19,2	19,2	22,1
	20-30	45	43,3	43,3	65,4
	>30	36	34,6	34,6	100,0
	Toplam	104	100,0	100,0	

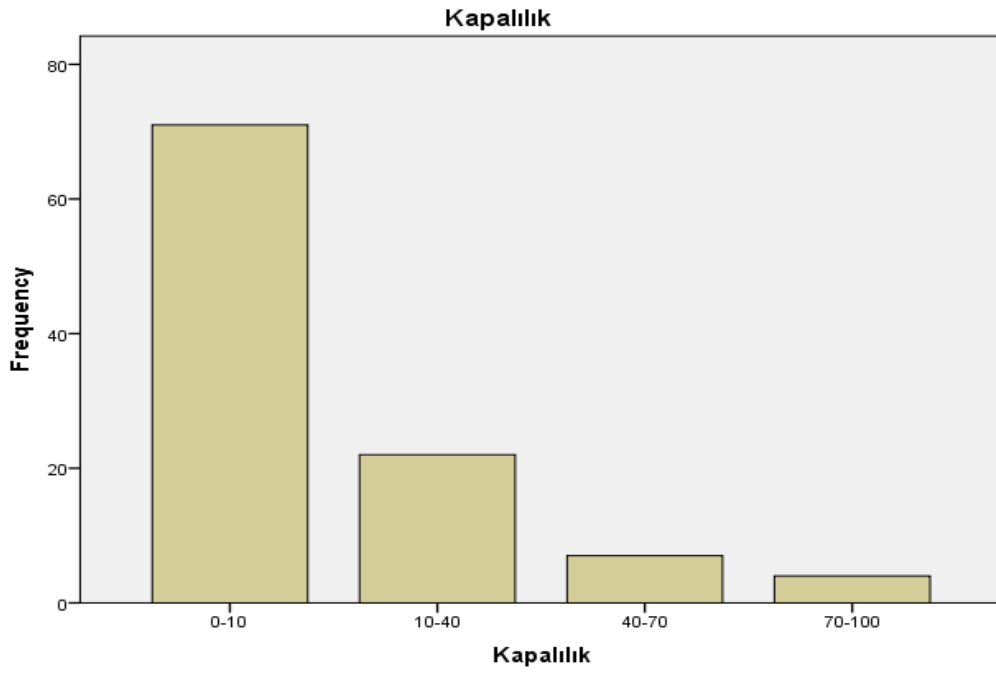


Şekil 36. Heyelan alanlarının eğim sınıflarının grafiksel gösterimi

İncelenen bir diğer parametre olan heyelan alanlarının kapalılık değerlerinde %0-10 0 kapalı, %10-40 1 kapalı, %40-70 2 kapalı, %70-100 3 kapalı olarak sınıflandırılmıştır. Bu analiz sonucunda toplam heyelan alanlarının %68,3'ünün 0 kapalılıkta olduğu tespit edilmiştir (Tablo 11).

Tablo 11. Heyelan alanlarının kapalılık analizi

Kapalılık					
		Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Sınıf	0-10	71	68,3	68,3	68,3
	10-40	22	21,2	21,2	89,4
	40-70	7	6,7	6,7	96,2
	70-100	4	3,8	3,8	100,0
	Toplam	104	100,0	100,0	

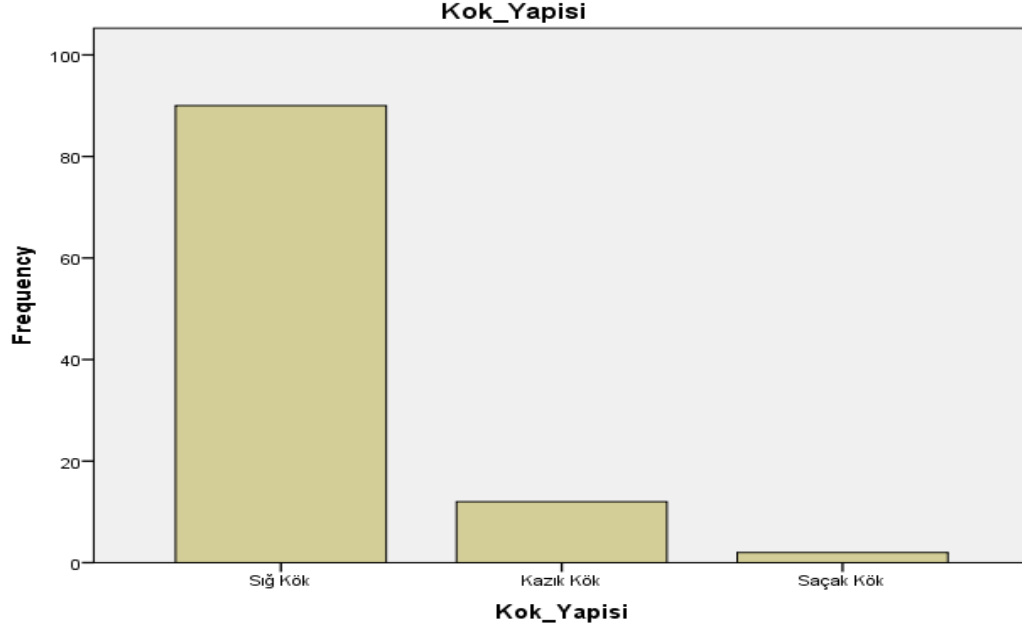


Şekil 37. Heyelan alanlarının kapalılık sınıflarının grafiksel gösterimi

Üzerinde ağaç bulunan heyelan alanlarındaki ağaç kök yapıları incelendiğinde bu alanların tamamına yakınında (%87) hâkim ağaç türünün sığ kök yapısına sahip olduğu bulunmaktadır (Tablo 12).

Tablo 12. Heyelan alanlarında bulunan ağaçların kök yapısı analizi

Kök_Yapısı					
		Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Sınıf	Sığ Kök	90	86,5	86,5	86,5
	Kazık Kök	12	11,5	11,5	98,1
	Saçak Kök	2	1,9	1,9	100,0
	Toplam	104	100,0	100,0	

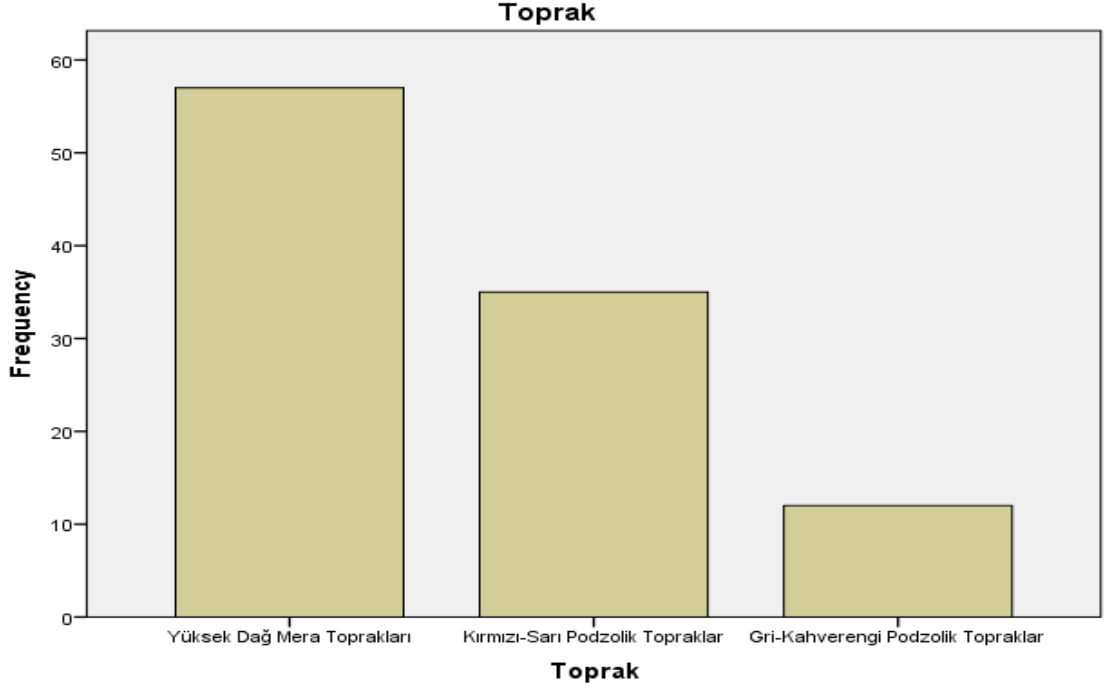


Şekil 38. Heyelan alanlarında bulunan ağaçların kök yapısının grafiksel gösterimi

Çalışılan heyelan alanlarındaki toprak türü analizinde toplam heyelan alanlarının %54,8'inin yüksek dağ mera toprakları olduğu, %33,7'sinin kırmızı-sarı podzolik topraklar olduğu ve %11,5'ininde gri-kahverengi podzolik topraklar olduğu görülmektedir (Tablo 13).

Tablo 13. Heyelan alanlarında bulunan toprak türü analizi

Toprak					
		Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Sınıf	Yüksek Dağ Mera Toprakları	57	54,8	54,8	54,8
	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar	35	33,7	33,7	88,5
	Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar	12	11,5	11,5	100,0
	Toplam	104	100,0	100,0	

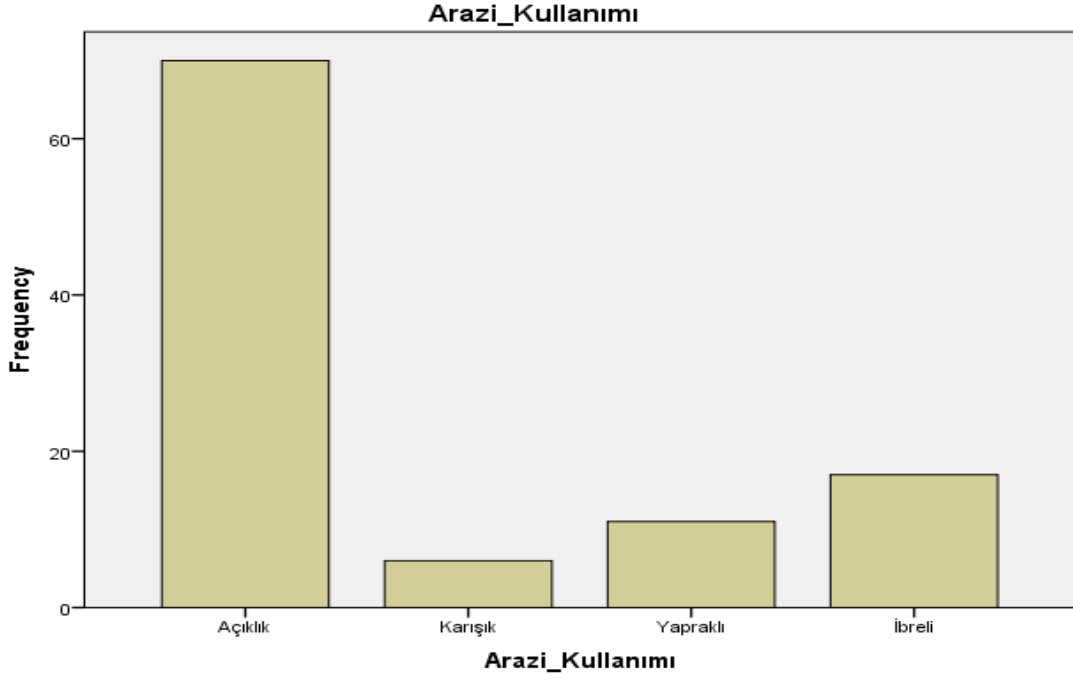


Şekil 39. Heyelan alanlarında bulunan toprak türlerinin grafiksel gösterimi

Son olarak analiz ettiğimiz arazi kullanımı parametresi incelendiğinde toplam heyelan alanlarının %70'inin açıklık alan olduğu tespit edilmiştir (Tablo 14).

Tablo 14. Heyelan alanlarının arazi kullanımı analizi

Arazi Kullanımı					
		Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Sınıf	Açıklık	70	67,3	67,3	67,3
	Karışık	6	5,8	5,8	73,1
	Yapraklı	11	10,6	10,6	83,7
	İbrelili	17	16,3	16,3	100,0
	Toplam	104	100,0	100,0	



Şekil 40. Heyelan alanlarındaki arazi kullanımının grafiksel gösterimi

3.5. Çalışma Kapsamında Belirlenen Alanların Random Forest Sınıflandırıcı ile Analizi

Çalışma kapsamında belirlenen alanların analizi için Anaconda kütüphanelerinde Spyder programı üzerinde Python kodlama dili ile “Random Forest Classification/Regression” analizi kullanılmıştır. Çalışmada elde edilen verilerle öncelikle Random Forest analizinin performansı değerlendirilmiştir.

Bu değerlendirme sonucunda çalışmada bulunan 208 adet veri Random Forest için genel olarak yeterli kabul edilir. Eğitim ve test verileri, veriyi ikiye bölerek modelin eğitildiği ve sonrasında test edildiği kısımları belirtir. %80 eğitim, %20 test ayrımı literatürde yaygın olarak kullanılır. Bu oran, modelin performansını değerlendirmek için uygundur (Tablo 15).

Tablo 15. Eğitim ve test verilerinin sayısı

Veri Özellikleri	Adet
Veri Sayısı	208
Eğitim Verisi	166 (%80)
Test Verisi	42 (%20)

Analizin performans değerlendirmesinde %87,3 gibi yüksek bir eğitim doğruluğu oranı, modelin eğitim verisi üzerinde iyi performans gösterdiğini işaret eder. %78,3 olan test doğruluğu, eğitim doğruluğuna kıyasla biraz daha düşüktür. Bu, modelin test verisinde eğitim verisine göre biraz daha düşük performans gösterdiğini ancak hala iyi bir sonuç verdiğini gösterir. %68,7'lik bir çapraz doğrulama oranı, modelin farklı veri kümeleri üzerinde ortalama bir performans gösterdiğini belirtir. Ezberleme (Overfitting) durumu olmaması, modelin eğitim verisini fazla "ezberlemediği", yani sadece eğitim verilerine özgü değil, genel verilere de iyi uyum sağladığı anlamına gelir. Kappa skoru, modelin rastlantısal doğru tahmin yapma olasılığına karşılık gerçek başarısını ölçer. 0,434, modelin orta düzeyde uyum sağladığını gösterir. Alıcı İşletim Karakteristiği (ROC) eğrisinin altındaki alan (AUC) modelin tahmin yeteneğini değerlendirir. 0,841, modelin sınıflandırma yeteneğinin iyi olduğunu gösterir.

Yapılan Random Forest modeli genel olarak başarılı, eğitim doğruluğu yüksek, test doğruluğu tatmin edici, ezberleme yapmayan, genelleme yeteneği ortalama düzeyde olan bir model olarak değerlendirilmekle beraber ROC (Relative Operating Curve) eğrisi altında kalan alan olan AUC (Area of Under the Curve) değerinin yüksek olması modelin tahmin yeteneğinin iyi olduğunu gösterir (Tablo 16).

Tablo 16. Çalışma verileri için Random Forest analizinin performans değerlendirmesi

Değerlendirme	Sonuç
Eğitim Doğruluğu	0,873
Test Doğruluğu	0,786
Çapraz Doğrulama (5 Katman * 10 Kombinasyon)	0,687

Tablo 16'nın devamı

Overfitting Durumu	Yok
Kappa Skoru	0,434
Roc Eğrisi (Auc)	0,841

Yapılan analiz sonucunda, her parametrenin heyelan oluşumunda önemi yüzdesel olarak görülmektedir. Bununla beraber bu parametrelerin alt kategorilerinin önemlilik oranları ve önemlilik sıralaması yapılmıştır (Tablo 17).

Tablo 17. Tüm parametrelerin Random Forest Sınıflandırıcı ile analizi

	DEĞİŞKEN ADI	DEĞİŞKENLERİN KATEGORİK AĞIRLIĞI	DEĞİŞKEN AĞIRLIĞI	SIRALAMA
	Yola Uzaklık	0,163	0,163	3
	Ortalama Yükselti	0,242	0,242	1
	Eğim	0,117	0,117	5
BAKİ	Batı	0,032	0,202	2
	Doğu	0,014		
	Düz	0,010		
	Güney	0,004		
	Güneybatı	0,007		
	Güneydoğu	0,022		
	Kuzey	0,046		
	Kuzeybatı	0,056		
	Kuzeydoğu	0,010		
KAPALILIK	0 Kapalılık	0,014	0,125	4
	1 Kapalılık	0,076		
	2 Kapalılık	0,029		
	3 Kapalılık	0,006		
KÖK SİSTEMİ	Kazık Kök	0,004	0,016	8
	Saçak Kök	0,004		
	Sığ Kök	0,008		
ARAZİ KULLANIMI	Açıklık	0,013	0,074	6
	İbrelili	0,036		
	Karışık	0,018		
	Yapraklı	0,007		
TOPRAK TÜRÜ	Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar	0,005	0,061	7
	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar	0,032		
	Yüksek Dağ Mera Toprakları	0,025		

En Önemli Değişkenler; Ortalama Yükselti (Ağırlık: 0,242): Modelde en önemli değişken ‘Ortalama Yükselti’dir. Yüksek bir ağırlık (%24,2) ile modelin heyelan tahmini yaparken en çok dikkate aldığı faktör budur.

Bakı (Yön) (Ağırlık: 0,202): Bakı (yön), yani arazinin hangi yöne baktığı, heyelan oluşumunu etkileyen ikinci en önemli değişkendir (%20,2). Özellikle kuzeybatıya bakan yamaçlar modelde yüksek bir ağırlık (%5,6) almıştır. Farklı yönlerde bakan yamaçlar ise daha az ağırlığa sahiptir (örneğin, güney %0,4).

Yol Uzaklığı (Ağırlık: 0,163): Yola uzaklık, modelde üçüncü en önemli değişken olarak karşımıza çıkmaktadır. Yol kenarındaki yamaçlarda heyelan oluşma olasılığı %16,3 olarak bulunmuştur.

Orta Düzeyde Önemli Değişkenler; Kapalılık (Ağırlık: 0,125): Kapalılık, yani ormanlık alanların yoğunluğu, modelde dördüncü sırada yer almaktadır. Çalışma alanı için bu model arazinin kapalılığının heyelan oluşumu üzerindeki etkisini %12,5 olarak bulmuştur.

Eğim (Ağırlık: 0,117): Arazi eğimi, modelde beşinci sırada yer almaktadır (%11,7). Çalışma alanı kapsamında arazi eğimi, heyelan oluşumu için orta düzeyde önemli bir faktördür.

Daha Az Önemli Değişkenler; Toprak Türü (Ağırlık: 0,061): Toprak türleri (örneğin, gri-kahverengi podzolik topraklar, kırmızı-sarı podzolik topraklar) modelde yedinci sırada görülmektedir. %6,1 oranıyla toprak türü modelde diğer faktörlere göre daha az önemli görülmektedir.

Kök Sistemi (Ağırlık: 0,016): Kök sistemi (kazık kök, saçak kök gibi) modelde düşük ağırlığa sahiptir (%1,6).

Arazi Kullanımı (Ağırlık: 0,074): Arazi kullanımı, modelde daha az önemli bir değişkendir. Özellikle açık araziler, ibreli ormanlar ve karışık ormanlar gibi kategoriler değişik ağırlıklarla modelde yer alıyor.

Bulguların genel bir değerlendirmesini yaptığımızda, ortalama yükselti, bakı (özellikle batı yönü) ve yola uzaklık modelin heyelan tahminlerindeki en önemli değişkenlerdir. Arazi

eğimi ve kapalılık (orman örtüsü) modelde dikkate alınan orta düzeyde önemli değişkenlerdir. Kök sistemi, toprak türü ve arazi kullanımı gibi faktörler modelde daha düşük bir ağırlığa sahiptir.



4. TARTIŞMA

Çalışmada yükseltinin %24,2 oranı ile heyelanı etkileyen en önemli faktör olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Kümelenme analizinde ise heyelan alanlarının %21,2'sinin 1200-1400m aralığında olduğu görülmüş olup bu sonuçlar Cihangir'in (2024) Aras Nehri havzasında yaptığı heyelan analizindeki, yükselti ile heyelan riski arasında doğrudan bir ilişki olduğu sonucunu desteklemiş olur. Aynı zamanda yükseltinin iklim koşullarını etkilediğini savunan Aydın ve Karabulut (2021), Türkiye'de yükseltinin sıcaklık üzerindeki etkisini incelemiş ve yükseltinin iklim üzerinde önemli bir rol oynadığını belirlemişlerdir. Bu bağlamda, yükseltinin hem iklim koşullarını hem de heyelan riskini etkileyen önemli bir faktör olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bununla beraber Durak'ın (2023) Artvin bölgesinde yaptığı bir araştırma, iklimsel koşulların heyelan oluşumundaki etkilerini incelemiş ve aşırı yağışların toprak bozulmasına neden olarak heyelanları tetiklediğini ortaya çıkarmıştır. Tüm bu çalışmalar yükseltinin heyelanı etkileyen önemli bir faktör olduğunu desteklemektedir.

Çalışma alanında bakı faktörünün heyelanı etkileyen en önemli değişken olarak ikinci sırada bulunmasıyla Taş'ın (2024) Yalova-Çınarcık bölgesinde yaptığı incelemelerde bakıyı heyelan riskinin önemli bir parametresi olarak tanımlamasını destekler nitelikte sonuçlanmıştır. Eker'in (2013) yaptığı çalışmada olduğu gibi batı ve kuzeybatı bakılarda heyelan oranları daha yüksek çıkmıştır. Yapılan çalışmada gölgeli bakılarda heyelan oluşumu %12,6 iken güneşli bakılarda bu oran %6,5 olarak görülmektedir. Bu sonuç Sunkar ve Avcı'nın (2016) güneşli bakılarda bitki örtüsünün azlığı, toprak yapısının bozulmasına ve dolayısıyla heyelanların daha fazla ortaya çıkmasına neden olabilir düşüncesinin aksi yönündedir. Bununla beraber Gülcü vd.'nin (2019) çalışmasında olduğu gibi özellikle ormanlık bölgelerde, gölgeli bakılarda kalan bitki örtüsü yağışlardan sonra topraktaki suyun birikmesine neden olarak heyelan riskini artırabilir düşüncesini desteklemektedir.

Çalışma alanında tespit edilen 104 adet heyelan alanının ve 104 adet heyelan gerçekleşmeyen alanların tüm yollara olan uzaklıklarının heyelana etkisi analiz edildiğinde %16,3 oranında etki ettiği görülmektedir. Bu sebeple Turk vd.'nin (2022) orman yollarının heyelanı tetikleyebileceği sonucunu aynı zamanda Eker ve Aydın'ın (2014) orman yolları,

suyun akış yönünü değiştirerek toprakta aşırı nem birikimine neden olarak özellikle yoğun yağışların mevcut olduğu durumlarda, bu birikimin toprak kaymalarını tetikleyebilir sonucunu destekler niteliktedir.

Çalışma alanı için yapılan kapalılık analizinde, bu faktörün heyelanı %12,5 oranında etkileyerek orta düzeyde önemli bir faktör olduğu sonucu, Eker ve Aydın'ın (2014) kapalılığın heyelanı etkilediği yöndeki çalışmasını desteklemektedir. Ayrıca Tüfekçioğlu'nun (2018) çalışmasında da olduğu gibi meşcere kapalılığının, toprak stabilitesini sağlamak için kritik bir yapıya sahip olduğu, ağaç sayısının fazla olmasının topraktaki su dağılımını etkileyerek heyelan riskini azalttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Yapılan ölçümlerde Araklı Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde tespit edilen 104 heyelan bölgesinin eğim sınıfları incelendiğinde %43,3'ünün 20-30 eğim sınıfında (dik eğim sınıfı) olduğu, %34,6'sının eğim değerlerinin ise 30'dan (çok dik eğim sınıfı) fazla olduğu bulunmaktadır. Alanların ortalama eğiminin ise 27,3 (dik eğim sınıfı) olduğu görülmektedir. Ayrıca yapılan analiz sonucunda çalışma alanı için eğim faktörü, heyelanı %11,7 oranında etkileyerek orta düzeyde bir öneme sahip olmasıyla Cihangir ve Görüm'ün (2016) yaptığı çalışmada, eğim derecelerinin yüksek olduğu alanlarda heyelan sıklığının arttığı sonucunu destekler nitelikte bir sonuca varılmaktadır. Aynı zamanda eğimin heyelan riskini belirlemede önemli bir faktör olduğunu savunan Hepdeniz ve Soyaslan'ın 2018 yılında yaptıkları çalışmada da olduğu gibi eğim faktörü heyelanı etkileyen orta düzeyde önemli bir faktör olarak tespit edilmiştir.

Analizi yapılan diğer parametre olan arazi kullanımının bu çalışma için heyelanı %7,4 oranında etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen bu sonuç ile Üzel ve Öztürk'ün (2021) Van ilinde yaptıkları çalışmada, arazi kullanımının heyelan yayılmaları üzerindeki etkilerini analiz ederek heyelan riskini artırdığı sonucunu desteklenmiş olur. Yapılan çalışmada %7,4 oranındaki etkinin %6,1'i ormanlık alanda, %1,3'ü ise açıklık alanda gerçekleşmiştir. Bu sonuç, Koç ve Gündüz'ün (2022) Marmara Adası'nda yaptıkları çalışmada ulaştıkları, arazi kullanımındaki bozulma ve açıklıkların jeomorfolojik birimlerdeki değişikliklerle birlikte heyelan riskini artırabileceği bulgusuyla çelişmektedir. Bunun sebebinin çalışma alanımızın tarıma açık alanlardan olduğu, koç ve gündüzün çalışmasının ise ada iklimi ve ada arazi kullanım yapısına uygun yapılan çalışmalardan olduğu düşünülmektedir. Forbes ve Broadhead (2011)'in çalışmasında insan tahribatına uğramamış ormanlarda heyelan gerçekleşme oranının açık alanlara göre daha az olduğu

sonucuna ulaşılmış olup bu çalışmanın aksi yönde sonuçlandığı görölmekte, bunun sebebinin de yapılan çalışmadaki ormanlık alanların diğer parametrelerinin heyelanı daha fazla etkileyip arttırdığı düşünölmektedir.

Yapılan bu çalışmada kök yapısı yoğunluğuna bakıldığında alanın %86,5'inin sığ kök yapısına sahip olduğu görölmektedir. Ayrıca bu parametre için yapılan analizlerde kök sisteminin heyelanı %1,6 oranında etkilediği sonucu ile Bozalı'nın (2021) çalışmasında belirttiği derin köklerin, toprağın dayanıklılığını artırıp eğimli arazilerde stabiliteyi sağlaması sonucunu destekler niteliktedir. Özellikle derin köklere sahip türlerin, toprak kaymalarını önlemede daha etkili olduğu belirten Sarıyıldız ve Savacı'nın (2023) çalışmasında da olduğu gibi derin kök sistemi bulunan alanların heyelan oranı daha düşük çıkmıştır.

Araklı bölgesinde yapılan bu çalışmalarda ormanlarda yapılan yol inşaatı gibi ormancılık faaliyetlerinin heyelan oluşmasında tek başına bir faktör olmadığı ancak diğer parametrelerle bir araya geldiğinde hazırlayıcı değil tetikleyici olabileceği görölmektedir.

5. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında heyelan alanlarının orman yolları ile ilişkisi hakkında araştırmalar yapılmış olup coğrafi bilgi sistemlerinden faydalanılmıştır. Bu kapsamda Doğu Karadeniz Bölgesinde yer alan Trabzon ilinin sınırları içerisinde kalan Sürmene Orman İşletme Müdürlüğü'ne dahil olan Araklı Orman İşletme Şefliğinde Google Earth yazılımı kullanılarak tespit edilmiş 104 adet heyelan alanı ve 104 adet heyelan olmayan alan karşılaştırılıp çeşitli analizler yapılmıştır.

Elde edilen bulgulara göre ortalama yükselti faktörü, heyelanı %24,2 oranında etkileyerek yapılan modelin en önemli değişkeni olmuştur. Araklı Orman İşletme Şefliği sınırlarında yükseltinin en yüksek çıkması, Doğu Karadeniz Bölgesinin yüksek kesimlerinde heyelan alanlarının daha fazla olduğu sonucunu gösterir. Buna bağlı olarak, Türkiye'nin diğer bölgelerinde bu çalışmaların yapılması gereklidir. Yükselti ile heyelan alanları arasındaki ilişkinin varlığı, genel olarak Türkiye dağılım haritasına bakıldığında daha net olarak görülmektedir (Şekil 15). Bu sonuç bizim bulgumuzu desteklemektedir.

Bakı faktörü %20,2 oranında bir etkiye sahip olmasıyla heyelanı etkileyen en önemli değişkenler arasında ikinci sıradadır. Özellikle bu oranın gölgeli bakılarda yoğunlaştığı görülmektedir (%12,6). Buna bağlı olarak Doğu Karadeniz Bölgesinin genelinin gölgeli bakılarda olmasıyla heyelan oranının fazla olması arasındaki ilişki açık olarak görülmektedir.

Seçilen her bir alanın yola uzaklığı analiz edildiğinde bu parametrenin heyelanı %16,3 oranıyla üçüncü sırada etkilediği görülmektedir. Seçilen her parametre gibi yola uzaklık faktörünün de heyelanla ilişkisi görülmekte olup yol inşaatları sırasında veya sonrasında sadece buna bağlı olarak heyelanın gerçekleşeceği sonucuna varılmamaktır.

Heyelana etki eden orta düzeyde önemlilik derecesine sahip parametreler kapalılık ve eğim parametreleridir. Elde edilen sonuçlar bu çalışma alanı için kapalılığın heyelana %12,5 oranında etkili olduğu, özellikle 1 kapalı meşcerelerde %7,6 oranında etki gösterdiği görülmektedir.

Eğim faktörü heyelanı etkileyen bir diğer parametredir. Bu çalışma alanının çoğunlukla dik ve çok dik eğim sınıfında olduğu görülmekte ve eğim parametresinin heyelana %11,7 oranında etki ettiğini göstermektedir.

Çalışma alanı için heyelanı etkileyen daha az önemli değişkenler kategorisinde %7,4 oranında arazi kullanımı, %6,1 oranında toprak türü ve en az etkileyen %1,6 oranında kök sistemi parametresidir.

Sonuç olarak yapılan bu çalışmada ormanlarda yapılan yol inşaatı gibi ormancılık faaliyetlerinin heyelan oluşmasında etkili olabileceği ancak tek başına heyelanı gerçekleştiren bir faktör olmadığı sonucuna varılmaktadır.



6. ÖNERİLER

Random Forest sınıflandırıcısı başka yetiştirme ortamlarında farklı verilerle de kullanılarak çıkan sonuçların karşılaştırılması yapılabilir, benzerlik ve farklılıkları analiz edilebilir.

Bu çalışmada çoğunlukla değişkenlerin kategorik olması, ana kategoriler dışında alt kategorilere de ayrılmasından dolayı bir sınıflandırıcı olan Random Forest modeli kullanılmıştır. Ancak bunun dışında CNN ve ANN gibi yapay zekâ modelleride kullanılabilir fakat bu modeller sayısal verilerde daha doğru tahmin yeteneğine sahiptir.

Orman yollarının yapım aşamasında, yol güzergâhları detaylı bir topoğrafik analiz ile belirlenmeli ve heyelan riskinin yüksek olduğu eğimli arazilerden kaçınılmalıdır. Özellikle eğim, bakı ve toprak özellikleri gibi faktörler göz önüne alınarak yol güzergâhları planlanmalıdır.

Orman yollarının düzenli bakımı, heyelan riskinin minimize edilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Yol kenarlarında oluşabilecek toprak kaymalarını engellemek için düzenli olarak kontrol ve bakım yapılmalıdır.

Orman yollarının planlanması, inşası ve yönetiminde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojilerinden daha fazla yararlanılması, risk yönetimi açısından önemli katkılar sağlayacaktır. Özellikle heyelan risk haritaları oluşturularak, yolların bu riskli bölgelere yakınlığı sürekli izlenmeli ve olası tehlikeler önceden belirlenmelidir. Orman yollarının inşasında görev alan mühendisler, işçiler ve karar vericiler, orman yollarının çevresel etkileri konusunda bilinçlendirilmeli ve heyelan riskini azaltacak önlemler konusunda eğitilmelidir. Bu sayede, orman yollarının çevreye verdiği zararlar en aza indirilebilir.

Orman yollarının uzun vadeli çevresel etkileri ve heyelan riskine yönelik daha kapsamlı çalışmalar yapılmalıdır. Bu çalışmalar, gelecekteki orman yolu projelerinin daha güvenli ve sürdürülebilir olmasına katkı sağlayacaktır.

7. KAYNAKLAR

- Acar, H. H. (1999). Orman işletmeciliğinde yol inşaatı, üretim ve transport çalışmalarının doğal çevre ve korunması açısından değerlendirilmesi. In *I. International Symposium on Production of Natural Environment and Ehrami Karaçam* (pp. 497–507). Kütahya.
- Acar, H. H. (2015). Environmental sensitive road planning and transportation techniques in forest engineering. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 66(2). <https://doi.org/10.17099/jffiu.79204>
- Akar, T. (2021). *Heyelan alanlarında üst yüzey bitki ve ağaçlarına bağlı olarak kütle hareketlerinin belirlenmesi*. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, Denizli.
- Atalay, F. İ., & Bekaroğlu, N. (1973). Heyelanlar ve mühendislik uygulaması. Bayındırlık Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü yayını, Ankara, 349s.
- Aydinoğlu, A., & Altürk, G. (2021). Heyelan duyarlılık haritalarının istatistik ve makine öğrenmesi teknikleri kullanılarak üretilmesi: Taşlıdere Havzası örneği (Rize). *Coğrafya Dergisi / Journal of Geography*, 0(43), 159-176. <https://doi.org/10.26650/jgeog2021-814561>
- Aydın, K., & Karabulut, M. (2021). Türkiye’de sıcaklıklar ile yükseklik ve enlem ilişkisi. *The Journal of Social Sciences*, 53(53), 501-519. <https://doi.org/10.29228/sobider.51986>
- Bayoğlu, S. (1989). Dağlık arazide ormana ve çevreye zarar vermeyen bir yol inşa tekniği. *Orman Mühendisliği Dergisi*, 26(12), 6-9.
- Berber, S., & Ceryan, S. (2023). Güzelyalı-Lapseki (Çanakkale) arasındaki bölgenin heyelan duyarlılığının analitik hiyerarşi süreci yöntemiyle (AHP) değerlendirilmesi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25(1), 305-316. <https://doi.org/10.25092/baunfbed.1208462>
- Bol, E., Özocak, A., & Sert, S. (2017). Kazıklı iksa sistemi ile şev duraylılığının sağlanması. *SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1-1. <https://doi.org/10.16984/saufenbilder.304422>
- Bozali, N. (2021). Determination of forest function priorities: a case of çelikhane planning unit. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23(1), 202-216. <https://doi.org/10.24011/barofd.822982>
- Brardinoni, F., Slaymaker, O., & Hassan, M. A. (2003). Landslide inventory in a rugged forested watershed: A comparison between air-photo and field survey data. *Geomorphology*, 54(3-4), 179-196. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(02\)00254-6](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(02)00254-6)
- Çalışkan, E., & Çağlar, S. (2010). Orman yolu yapım çalışmalarının çevreye verdiği zararların değerlendirilmesi. *OGM*.

- Cihangir, M. (2024). Aras Nehri Havzasında lojistik regresyon yöntemiyle kayma ve akma tip heyelan duyarlılığı değerlendirilmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (85), 55-68. <https://doi.org/10.17211/tcd.1475065>
- Cihangir, M. E., & Görüm, T. (2016). Kelkit Vadisi'nin aşağı çığrında gelişmiş heyelanların dağılım deseni ve oluşumlarını kontrol eden faktörler. *Türk Coğrafya Dergisi*, (66). <https://doi.org/10.17211/tcd.84731>
- Dennis, R., & Colfer, C. (2006). Impacts of land use and fire on the loss and degradation of lowland forest in 1983–2000 in East Kutai District, East Kalimantan, Indonesia. *Singapore Journal of Tropical Geography*, 27(1), 30-48. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9493.2006.00238.x>
- Dölek, İ., Uzelli, T., Ege, İ., & Çelik, Ö. (2023). An example of mass movements caused by the Kahramanmaraş earthquake of February 6: Tepehan landslide. *Türk Coğrafya Dergisi*, (83), 73-86. <https://doi.org/10.17211/tcd.1307166>
- Durak, M. (2023). Artvin merkez ilçe ve yakın çevresinde heyelan duyarlılığının analitik hiyerarşi yöntemi ile belirlenmesi. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 11(11), 2127-2136. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v11i11.2127-2136.6353>
- Eker, M. (2011). Orman Yolu Kalite Analiz Yönteminin Geliştirilmesi. TUBİTAK Proje No:110O010.
- Eker, M., & Ada, N. (2011). Orman yolu kalite analizine yönelik ölçüt ve gösterge setinin oluşturulması. *Turkish Journal of Forestry*, 12(2), 89-97. <https://doi.org/10.2399/foj.2011.2.10>
- Eker, R. (2013). *Yığılca Orman İşletme Müdürlüğü 'nde Heyelan Duyarlılık Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımı ile Üretilmesi ve Orman Yolları Açısından Değerlendirilmesi*. Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Düzce.
- Eker, R., & Aydın, A. (2014). Ormanların heyelan oluşumu üzerindeki etkileri. *Turkish Journal of Forestry*, 15(1), 84-93. <https://doi.org/10.18182/tjf.31067>
- Emir, C. (2006). *Orman yollarında Phyllostachys bambusoides ile şev stabilizasyonu üzerine bir araştırma*. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak.
- Erdaş, O., Acar, H. H., Tunay, M., & Karaman, A. (1995). Türkiye'de Orman İşçiliği ve Üretim, Orman Yolları, Orman Ürünleri Transportu, Ormancılıkta Mekanizasyon ve Mülkiyet-Kadastro ile İlgili Sorunlar ve Çözüm Önerileri. Türkiye Ormancılık Raporu, KTÜ Orman Fakültesi Yay. No:48, 44-79, Trabzon.
- Erguvanlı, K. (1994). *Mühendislik jeolojisi* (4. baskı). İstanbul: Seç Yayın Dağıtım.
- Fidan, S. (2019). *Türkiye'deki ölüme sebep olan heyelanların coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ile değerlendirilmesi*. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

- Fidan, S., & Görüm, T. (2020). Distribution characteristics of fatal landslides in Turkey and determination of priority areas at national scale. *Türk Coğrafya Dergisi*, 74, 123-134. <https://doi.org/10.17211/tcd.731596>
- Forbes, K., & Broadhead, J. (2011). *Forests and landslides: The role of trees and forests in the prevention of landslides and rehabilitation of landslide-affected areas in Asia*. Rap Publication 19.
- Frehner, M., Schmalholz, S. M., & Podladchikov, Y. (2007). Sismik arka plan gürültüsünün salınımlı gözenek sıvılarıyla etkileşimi, düşük frekanslarda pasif sismik ölçümlerin spektral modifikasyonlarına neden olur. In *SEG Teknik Programı Genişletilmiş Özetler 2007* (pp. 1307-1311). Keşif Jeofizikçileri Derneği.
- Görcelioğlu, E. (2004). *Biyoteknik Yapılar*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Gülcü, S., Demir, S., & Dirlik, S. (2019). Variations in cone and seed traits of crimean juniper (*juniperus excelsa* bieb.) populations. *Turkish Journal of Forestry | Türkiye Ormancılık Dergisi*, 187-194. <https://doi.org/10.18182/tjf.561242>
- Gümüş, S., & Türk, Y. (2010). Orman yollarında meydana gelen toprak kaybı sorunları. In *II. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi* (s. 544-553).
- Hacisalihoğlu, S., Gümüş, S., Kezik, U., & Karadağ, H. (2019). Impact of forest road construction on topsoil erosion and hydro-physical soil properties in a semi-arid mountainous ecosystem in Turkey. *Polish Journal of Environmental Studies*, 28(1). <https://doi.org/10.15244/pjoes/91352>
- Hayati, E., Majnounian, B., & Abdi, E. (2012). Qualitative evaluation and optimization of forest road network to minimize total costs and environmental impacts. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, 5(1), 121-125. <https://doi.org/10.3832/for0610-009>
- Heinrich, R. (1979). Protection of forest roads using biological and engineering methods. In *Mountain Forest Roads and Harvesting, FAO Forestry Paper 14* (pp. 79-92). Rome.
- Heon, S., Chapman, P., Bernard, H., & Ewers, R. (2019). Small logging roads do not restrict movements of forest rats in Bornean logged forests. *Biotropica*, 51(3), 412-420. <https://doi.org/10.1111/btp.12641>
- Hepdeniz, K., & Soyaslan, İ. İ. (2018). CBS ve frekans oranı yöntemi kullanılarak Isparta-Burdur dağ yolu heyelan duyarlılığının değerlendirilmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(2), 179-186. <https://doi.org/10.29048/makufebid.433136>
- Hosseini, S., Gorgandipur, M., & Nikooy, M. (2018). Forest road network assessment using lookout points orienting in Hyrcanian forest using GIS - Short communication. *Journal of Forest Science*, 64(9), 402-408. <https://doi.org/10.17221/45/2018-jfs>
- Kılıçoğlu, C. (2020). Frekans oranı metodu ve Bayesyen olasılık modeli kullanılarak Samsun ili Vezirköprü ilçesinin heyelan duyarlılık haritasının üretilmesi. *Afyon Kocatepe University Journal of Sciences and Engineering*, 20(1), 138-154. <https://doi.org/10.35414/akufemubid.658662>

- Kleinschroth, F., & Healey, J. (2017). Impacts of logging roads on tropical forests. *Biotropica*, 49(5), 620-635. <https://doi.org/10.1111/btp.12462>
- Koç, D. E., & Gündüz, Z. (2022). Marmara Adası'nda jeomorfolojik birimler ile arazi kullanımı arasındaki ilişki. *Türk Turizm Araştırmaları Dergisi*. <https://doi.org/10.26677/tr1010.2022.1076>
- Ma, S., Shao, X., & Xu, C. (2023). Landslides triggered by the 2016 heavy rainfall event in Sanming, Fujian Province: Distribution pattern analysis and spatio-temporal susceptibility assessment. *Remote Sensing*, 15(11), 2738. <https://doi.org/10.3390/rs15112738>
- Marie, M., Wójcicki, A., & Borowski, Z. (2018). Effects of forest roads on oak trees via cervid habitat use and browsing. *Forest Ecology and Management*, 424, 378-386. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.04.057>
- Megahan, W. F. (1987). Effects of forest roads on watershed function in mountainous areas. In A. S. Balasubramaniam, S. Chandra, D. T. Bergada, & P. Nutalaya (Eds.), *Environmental geotechnics and problematic soils and rocks* (pp. 335–348). A.A. Balkema.
- Mulder, H. F. H. M., Van Asch, T. W. J., & Weiss, E. E. W. (1987). The influence of forest on landslide activity. In *Erosion and sedimentation in the Pacific Rim: Proceedings of the Corvallis Symposium, August 1987* (IAHS Publ. no. 165).
- OGM, (2008). Orman Yolları Planlaması, Yapımı ve Bakımı'na ait 292 sayılı tebliğ. Ankara: Orman Genel Müdürlüğü.
- Öz, T., & Günek, H. (2021). Solaklı Havzası'nın (Trabzon) heyelan duyarlılığı ve yerleşim yeri risk analizi. *International Journal of Geography and Geography Education*, (44), 396-412. <https://doi.org/10.32003/igge.931516>
- Özdemir, M. A. (2019). Devrek (Zonguldak/Türkiye) heyelânı. *Social Sciences Studies Journal*, 5(47), 5852-5864. <https://doi.org/10.26449/sssj.1827>
- Özşahin, E. (2014). Tekirdağ ilinde coğrafi bilgi sistemleri ve analitik hiyerarşi süreci kullanarak heyelan duyarlılık analizi. *HUMANITAS- Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, 2(3), 167. <https://doi.org/10.20304/husbd.84015>
- Öztürk, K. (2002). Heyelanlar ve Türkiye'ye etkileri. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22(2).
- Qi, T., Zhao, Y., Meng, X., Chen, G., & Dijkstra, T. (2021). AI-based susceptibility analysis of shallow landslides induced by heavy rainfall in Tianshui, China. *Remote Sensing*, 13(9), 1819. <https://doi.org/10.3390/rs13091819>
- Rahbarisakht, S., Moayeri, M., Hayati, E., Sadeghi, S., Kepfer-Rojas, S., Pahlavani, M., & Borz, S. (2021). Changes in soil's chemical and biochemical properties induced by road geometry in the Hyrcanian temperate forests. *Forests*, 12(12), 1805. <https://doi.org/10.3390/f12121805>
- Rice, R. M. (1977). *Forest management to minimize landslide risk*. FAO Conservation Guide, Guidelines for Watershed Management.

- Rickli, C. H., & Graf, F. (2009). Effects of forests on shallow landslides: Case studies in Switzerland. *Forest Snow and Landscape Research*, 82(1), 33–44.
- Riitters, K., Potter, K., Iannone, B., Oswalt, C., Fei, S., & Guo, Q. (2017). Landscape correlates of forest plant invasions: A high-resolution analysis across the eastern United States. *Diversity and Distributions*, 24(3), 274–284. <https://doi.org/10.1111/ddi.12680>
- Sakals, M. E., Innes, J. L., Wilford, D. J., Sidle, R. J., & Grant, G. E. (2006). The role of forests in reducing hydrogeomorphic hazards. *Forest Snow and Landscape Research*, 80(1), 11–22.
- Sarıyıldız, T., & Savacı, G. (2023). Variation in soil properties and nutrient stocks under different forest tree species with altitude, aspect and soil depths. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 25(2), 279–294. <https://doi.org/10.24011/barofd.1256500>
- Sessions, J., Heinrich, R., & Castaneda-Langlois, H. (2016). Forest road engineering. In *Encyclopedia of forest sciences* (pp. 2301–2362). https://doi.org/10.1007/978-3-642-54601-3_162
- Simoës, D., Cavalcante, F., Lima, R., Rocha, Q., Pereira, G., & Miyajima, R. (2022). Optimal forest road density as decision-making factor in wood extraction. *Forests*, 13(10), 1703. <https://doi.org/10.3390/f13101703>
- Smirnov, M., Andrianov, Y., & Chernyakevich, V. (2018). Technological modernization of forest roads construction in Russia. *Istraživanja i Projektovanja za Privredu*, 16(3), 328–332. <https://doi.org/10.5937/jaes16-17071>
- Steinacher, M., Joos, F., Frölicher, T. L., Plattner, G. K., & Doney, S. C. (2009). Imminent ocean acidification in the Arctic projected with the NCAR global coupled carbon cycle-climate model. *Biogeosciences*, 6(4), 515–533. <https://doi.org/10.5194/bg-6-515-2009>
- Sunkar, M., & Avcı, V. (2016). Şepker Çayı aşağı havzası'nın (Adıyaman batısı) heyelan duyarlılık analizi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. <https://doi.org/10.18069/firatsbed.346901>
- Tampekis, S., Sakellariou, S., Samara, F., Sfougaris, A., Jaeger, D., & Christopoulou, O. (2015). Mapping the optimal forest road network based on the multicriteria evaluation technique: The case study of Mediterranean island of Thassos in Greece. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(11). <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4876-9>
- Taş, Z. (2024). Landslide susceptibility analysis of Yalova-Çınarcık region with logistic regression, frequency ratio, and ArcGIS Pro suitability model. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 12(1), 185–198. <https://doi.org/10.29130/dubited.1265598>
- Taştan, B. (2015). Çoklu afet risk yönetiminde tehdit ve zarar görülebilirlik belirlenmesi için gereksinim analizi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 0(31), 366. <https://doi.org/10.14781/mcd.83405>

- Turk, Y., Canyurt, H., Eker, R., & Aydın, A. (2022). İnsansız hava aracı ile orman yolu kazı ve dolgu hacimlerinin belirlenmesi: Bolu-Taşlıyayla örneği. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 9(Özel Sayı), 97-104.
- Ucler, A. O., Acar, C., Olmez, Z., & Acar, H. H. (2002). The effect of some factors on the growth of caper shrub (*Capparis ovata* Desf.) naturally distributed on the forest road slopes in Artvin District of Turkey.
- URL-1. (2024, Haziran 15). Beyaz Gazete. *Trabzon'da heyelan: 2 ölü*. <https://beyazgazete.com/haber/2012/6/8/trabzon-da-heyelan-2-olu-1245473.html>
- URL-2. (2024, Haziran 15). Ari Haber. *Araklı'da heyelan korkuttu*. <https://arihaber.net-heyelan-korkuttu-11297/haber/araklida>
- URL-3. (2024, Haziran 15). Taka Gazete. *Trabzon Araklı'da gece heyelan meydana geldi: Yollar trafiğe kapandı*. <https://www.takagazete.com.tr/trabzon-araklida-gece-heyelan-meydana-geldi-yollar-trafige-kapandi>
- URL-4. (2024, Şubat 8) İnsapedia.. *Heyelan nedir? Heyelan çeşitleri ve sınıflandırılması*. <https://insapedia.com/heyelan-nedir-heyelan-cesitleri-ve-siniflandirilmasi/>
- URL-5. (2024, Şubat 8) Jeoloji Mühendisleri Odası. *Heyelanlar*. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/18dd95a75a91f07_ek.pdf?dergi=MAV%C4%B0%20GEZEĞEN
- URL-6. (2024, Şubat 8) Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. *Heyelanlar*. <https://webdosya.csb.gov.tr/db/cem/icerikler/heyelanlar-20211108102144.pdf>
- URL-7. (2024, Nisan 10). AFAD. *Afet haritaları*. <https://www.afad.gov.tr/afet-haritalari>
- URL-8. (2024, Haziran 20). Meteoroloji Genel Müdürlüğü. *İl ve ilçeler istatistik*. <https://www.mgm.gov.tr/Veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=TRABZON>
- URL-9. (2024, Ocak 10). *Earth Explorer*. <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- URL-10. (2024, Mart 6). https://ktu.edu.tr/dosyalar/ormanmuhendisligi_df7c3.pdf
- Üzel, N., & Öztürk, D. (2021). Van ili heyelan duyarlılığının frekans oranı yöntemiyle analizi. *Uludağ University Journal of the Faculty of Engineering*, 26(2), 865-884.
- Vatandaşlar, C., & Demir, M. (2015). Orman yollarının doğal afetlerde acil ulaşım yolu olarak kullanım olanakları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 66(2), 369.
- Walter, H., Harnickell, E., & Mueller-Dombois, D. (1975). *Climate-diagram maps of the individual continents and the ecological climatic regions of the earth: Supplement to the vegetation monograph*. New York.
- Xu, Z. (2024). Seismic landslide susceptibility assessment using principal component analysis and support vector machine. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-48196-0>
- Yaman, B. (2017). Bir karaçam kökünün anatomisi: heyelan izleri*. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 1-1. <https://doi.org/10.17475/kastorman.295309>

- Yorulmaz, G. (2021). *Orman yolu dolgu şevlerinde zamana bağlı doğal bitkilenme ve erozyonun azalmasındaki etkileri*. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Yüksel, A., & Avcı, V. (2015). Ağırlıklı çakıştırma yöntemi ile Vahkin Çayı (Bingöl) havzası'nda erozyon durumunun belirlenmesi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 15(1). <https://doi.org/10.17475/kuofd.03645>
- Zağra, H. Ç., & Özcan, H. U. (2022). Heyelan bölgesinde yer alan tescilli yapıları koruma önerisi: Germiyan Kilise örneği. *Academic Perspective Procedia*, 5(2), 279-288. <https://doi.org/10.33793/acperpro.05.02.7938>
- Zengince, M., & Karakaş, A. (2018). Kocaeli gölcük'te oluşan heyelanların nedenleri, etkileri ve alınan önlemler. *Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi*, 17(1), 39-54. <https://doi.org/10.30706/uybd.41861>



8. EKLER

Ek Tablo 1. Tespit edilen tüm alanların (heyelan olayı gerçekleşen ve gerçekleşmeyen) analiz edilen parametreleri

Heyelan Alan No	Heyelan Oluşumu	Yola Uzaklığı	Bakısı	Ortalama Yükselti (m)	Eğimi (%)	Bitki Örtüsü	Kapalılık	Kök Sistemi	Arazi Kullanımı	Toprak Türü
1	Var	318,7	Kuzeydoğu	2494	20,094	Me	Yok	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
2	Var	14,8	Doğu	1340	27,4765	Me	Yok	Sığ Kök	Açıklık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
3	Var	28,0	Doğu	1498	31,1119	BKzL	1	Kazık Kök	Karışık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
4	Var	23,9	Doğu	1506	26,1154	Z	Yok	Sığ Kök	Açıklık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
5	Var	1,5	Güneydoğu	1479	30,7498	BFnGn	1	Saçak Kök	Karışık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
6	Var	2,4	Güneydoğu	1456	31,7681	BFnGn	1	Saçak Kök	Karışık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
7	Var	6,6	Güneydoğu	1444	23,3567	Z-2	Yok	Sığ Kök	Açıklık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
8	Var	15,8	Güneydoğu	1214	29,0292	OT	Yok	Sığ Kök	Açıklık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
9	Var	20,0	Güney	1055	33,9713	KsKzab3	3	Kazık Kök	Yapraklı	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
10	Var	65,0	Güney	1052	34,7436	KsKzab3	3	Kazık Kök	Yapraklı	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
11	Var	68,0	Güneydoğu	1076	27,1867	BKz-1	1	Kazık Kök	Yapraklı	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
12	Var	23,0	Güney	1144	36,1537	KsKzbc2-1	2	Kazık Kök	Yapraklı	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
13	Var	22,0	Güney	1187	36,4571	KsKzbc2	2	Kazık Kök	Yapraklı	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
14	Var	37,0	Güney	1209	38,1505	BLGn-T	1	Sığ Kök	Karışık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
15	Var	10,0	Güneydoğu	1218	27,7666	OT-1	0	Sığ Kök	Açıklık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
16	Var	47,0	Güneydoğu	1252	29,2147	BLKz	1	Sığ Kök	Karışık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
17	Var	19,0	Güneydoğu	1300	28,8837	LKscd2	2	Sığ Kök	Karışık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
18	Var	18,9	Doğu	1851	35,4528	BL	1	Sığ Kök	İbreli	Yüksek Dağ Mera Toprakları
19	Var	45,0	Güneydoğu	1674	28,5991	BL-T-3	1	Sığ Kök	İbreli	Yüksek Dağ Mera Toprakları

Ek Tablo 1'in Devamı

Heyelan Alan No	Heyelan Oluşumu	Yola Uzaklığı	Bakısı	Ortalama Yükselti (m)	Eğimi (%)	Bitki Örtüsü	Kapalılık	Kök Sistemi	Arazi Kullanımı	Toprak Türü
20	Var	39,3	Kuzeydoğu	1254	22,6129	BL-T	1	Sığ Kök	İbrelili	Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar
21	Var	8,6	Güneydoğu	1568	28,9055	BL-T-2	1	Sığ Kök	İbrelili	Yüksek Dağ Mera Toprakları
22	Var	15,8	Doğu	1542	34,9227	BL-T-2	1	Sığ Kök	İbrelili	Yüksek Dağ Mera Toprakları
23	Var	18,6	Güneydoğu	1542	27,7522	BL-T-2	1	Sığ Kök	İbrelili	Yüksek Dağ Mera Toprakları
24	Var	9,4	Güneydoğu	1506	46,5351	BL-T-2	1	Sığ Kök	İbrelili	Yüksek Dağ Mera Toprakları
25	Var	18,8	Güneydoğu	1539	43,318	OT	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
26	Var	14,0	Güneydoğu	1578	29,0109	BL	1	Sığ Kök	İbrelili	Yüksek Dağ Mera Toprakları
27	Var	13,9	Güney	1521	36,5079	BL	1	Sığ Kök	İbrelili	Yüksek Dağ Mera Toprakları
28	Var	5,9	Kuzeydoğu	1413	43,2465	Lcd3	3	Sığ Kök	İbrelili	Yüksek Dağ Mera Toprakları
29	Var	1,6	Kuzeydoğu	1405	34,3927	BL-4	1	Sığ Kök	İbrelili	Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar
30	Var	61,6	Güney	1330	40,7684	BL	1	Sığ Kök	İbrelili	Yüksek Dağ Mera Toprakları
31	Var	10,6	Güneydoğu	1555	41,3645	BL-T-2	1	Sığ Kök	İbrelili	Yüksek Dağ Mera Toprakları
32	Var	192,7	Kuzeybatı	2253	16,5986	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
33	Var	13,7	Kuzeydoğu	2330	13,181	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
34	Var	22,4	Kuzey	2317	18,0328	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
35	Var	14,5	Batı	2297	7,30047	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
36	Var	18,3	Güneydoğu	1347	28,1064	Me-1	0	Sığ Kök	Açıklık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
37	Var	12,9	Doğu	1344	29,5746	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
38	Var	37,0	Doğu	1491	26,8177	Me-1	0	Sığ Kök	Açıklık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
39	Var	11,5	Doğu	1286	16,6395	Z-2	0	Sığ Kök	Açıklık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
40	Var	107,8	Kuzeydoğu	2503	16,0823	OT	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
41	Var	130,0	Güneydoğu	2496	19,6684	OT	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
42	Var	120,0	Kuzeydoğu	2579	16,0124	OT	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları

Ek Tablo 1'in Devamı

Heyelan Alan No	Heyelan Oluşumu	Yola Uzaklığı	Bakısı	Ortalama Yükselti (m)	Eğimi (%)	Bitki Örtüsü	Kapalılık	Kök Sistemi	Arazi Kullanımı	Toprak Türü
43	Var	419,1	Güneybatı	2540	7,77621	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
44	Var	203,6	Kuzeydoğu	2553	7,96496	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
45	Var	280,3	Kuzeydoğu	2557	12,4589	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
46	Var	196,6	Güneydoğu	2487	27,7954	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
47	Var	148,5	Güneybatı	2398	21,3193	OT-T	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
48	Var	169,5	Güney	2369	29,9174	OT	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
49	Var	239,9	Doğu	1951	31,1881	Me-2	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
50	Var	35,5	Güneydoğu	772	45,8308	KDA	0	Sığ Kök	Açıklık	Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar
51	Var	93,7	Batı	2359	24,6542	Me-2	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
52	Var	235,9	Güneybatı	1255	46,1085	Me-2	0	Sığ Kök	Açıklık	Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar
53	Var	76,3	Doğu	1200	19,298	OT	0	Sığ Kök	Açıklık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
54	Var	335,0	Güneybatı	1380	44,6504	OT	0	Sığ Kök	Açıklık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
55	Var	347,4	Güneybatı	1251	33,2976	Me-1	0	Sığ Kök	Açıklık	Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar
56	Var	121,9	Güneydoğu	1428	22,9262	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar
57	Var	14,5	Güney	1225	28,2624	Z	0	Sığ Kök	Açıklık	Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar
58	Var	69,0	Güneydoğu	1968	30,378	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
59	Var	102,4	Doğu	1979	37,2701	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
60	Var	329,4	Batı	1888	22,7041	OT-T	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
61	Var	278,4	Güney	2353	33,675	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
62	Var	259,7	Güney	2200	34,6492	Me-1	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
63	Var	89,1	Güney	2364	19,551	OT-1	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
64	Var	423,6	Güneydoğu	2259	29,6389	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
65	Var	22,2	Doğu	1955	34,7624	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları

Ek Tablo 1'in Devamı

Heyelan Alan No	Heyelan Oluşumu	Yola Uzaklığı	Bakısı	Ortalama Yükselti (m)	Eğimi (%)	Bitki Örtüsü	Kapalılık	Kök Sistemi	Arazi Kullanımı	Toprak Türü
66	Var	43,9	Doğu	1916	41,1064	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
67	Var	139,9	Güneydoğu	2304	26,5895	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
68	Var	111,5	Doğu	1992	20,3626	Me-2	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
69	Var	226,8	Güney	1834	35,9933	OT-T	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
70	Var	90,2	Güneydoğu	2422	20,3282	OT-1	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
71	Var	23,3	Güneydoğu	2544	28,6605	OT-1	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
72	Var	36,7	Doğu	2625	25,7332	OT-1	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
73	Var	45,2	Kuzey	670	22,1435	Z-1	0	Sığ Kök	Açıklık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
74	Var	40,0	Güneydoğu	953	33,3707	KDA-4	0	Sığ Kök	Açıklık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
75	Var	112,8	Doğu	89	28,5426	Z-2	0	Sığ Kök	Açıklık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
76	Var	191,7	Kuzeydoğu	216	28,4411	KsKzbc3	3	Kazık Kök	Yapraklı	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
77	Var	23,5	Kuzeydoğu	414	26,9164	Z	0	Sığ Kök	Açıklık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
78	Var	69,0	Güneydoğu	876	12,9737	BKs	1	Kazık Kök	Yapraklı	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
79	Var	210,4	Doğu	928	18,772	BL	1	Sığ Kök	İbrelili	Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar
80	Var	126,1	Doğu	906	38,5971	KDA-4	0	Sığ Kök	Açıklık	Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar
81	Var	160,0	Güneydoğu	2323	21,9666	OT	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
82	Var	180,0	Batı	2391	20,0882	OT	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
83	Var	422,0	Kuzey	2438	22,7041	OT	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
84	Var	70,0	Kuzeydoğu	2435	13,4709	OT	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
85	Var	40,0	Kuzey	2440	13,6837	OT	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
86	Var	50,0	Kuzeybatı	2517	10,3144	OT	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
87	Var	130,0	Kuzeydoğu	2582	28,3996	OT	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
88	Var	240,0	Kuzeybatı	2592	18,3285	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları

Ek Tablo 1'in Devamı

Heyelan Alan No	Heyelan Oluşumu	Yola Uzaklığı	Bakısı	Ortalama Yükselti (m)	Eğimi (%)	Bitki Örtüsü	Kapalılık	Kök Sistemi	Arazi Kullanımı	Toprak Türü
89	Var	371,2	Kuzey	2414	16,6692	OT	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
90	Var	17,9	Güneydoğu	1425	32,0271	BL-T-4	0	Sığ Kök	İbrelili	Yüksek Dağ Mera Toprakları
91	Var	584,7	Güneydoğu	1800	19,7073	Lcd2-T	2	Sığ Kök	İbrelili	Yüksek Dağ Mera Toprakları
92	Var	166,0	Güneydoğu	1453	22,7728	BL	1	Sığ Kök	İbrelili	Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar
93	Var	80,8	Doğu	1276	29,0708	Z-2	0	Sığ Kök	Açıklık	Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar
94	Var	357,0	Doğu	1496	41,0496	BKz-T	1	Kazık Kök	Yapraklı	Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar
95	Var	427,0	Güney	1518	29,3033	OT-2	0	Sığ Kök	Açıklık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
96	Var	55,8	Güneydoğu	1508	30,8992	OT-1	0	Sığ Kök	Açıklık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
97	Var	60,8	Doğu	1229	17,3449	KzKsc2-2	2	Kazık Kök	Yapraklı	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
98	Var	1,9	Güneydoğu	720	18,1132	KsMıbc2-1	2	Kazık Kök	Yapraklı	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
99	Var	1,7	Güney	663	34,8889	KsMıbc2	2	Kazık Kök	Yapraklı	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
100	Var	6,9	Güney	252	37,8925	Z-2	0	Sığ Kök	Açıklık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
101	Var	197,5	Kuzeydoğu	384	27,8241	Z-2	0	Sığ Kök	Açıklık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
102	Var	165,6	Doğu	2297	21,7434	Me-2	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
103	Var	162,2	Güneydoğu	2361	20,9272	Me-1	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
104	Var	342,1	Güney	2352	24,4506	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
105	Yok	419,0	Güneybatı	1933	18,7943	OT-2	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
106	Yok	172,7	Kuzeybatı	2090	20,6011	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
107	Yok	15,8	Güneydoğu	1991	11,7643	Me-1	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
108	Yok	494,8	Kuzeydoğu	2419	10,1129	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
109	Yok	564,8	Kuzey	1929	33,6335	OT	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
110	Yok	11,6	Kuzeybatı	2318	6,62776	Me-1	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
111	Yok	778,4	Doğu	1843	17,724	Lcd2-T	2	Sığ Kök	İbrelili	Yüksek Dağ Mera Toprakları

Ek Tablo 1'in Devamı

Heyelan Alan No	Heyelan Oluşumu	Yola Uzaklığı	Bakısı	Ortalama Yükselti (m)	Eğimi (%)	Bitki Örtüsü	Kapalılık	Kök Sistemi	Arazi Kullanımı	Toprak Türü
112	Yok	157,1	Kuzey	923	22,4188	LKncd2	2	Sığ Kök	Karışık	Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar
113	Yok	14,3	Doğu	915	29,0392	Z-6	0	Sığ Kök	Açıklık	Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar
114	Yok	149,0	Güneydoğu	2170	13,8836	Me-1	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
115	Yok	89,1	Kuzey	1992	22,7016	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
116	Yok	4,9	Kuzey	2548	13,2504	Me-2	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
117	Yok	168,4	Doğu	1130	28,4324	KzKncd2	2	Kazık Kök	Yapraklı	Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar
118	Yok	1014,0	Kuzey	1327	39,9187	KzLbc2	2	Kazık Kök	İbrelili	Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar
119	Yok	458,2	Güneybatı	2433	22,3334	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
120	Yok	593,0	Kuzeybatı	2443	20,9272	OT	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
121	Yok	0,9	Doğu	2066	5,51552	is-2	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
122	Yok	387,2	Güneydoğu	2267	7,18818	Me-1	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
123	Yok	399,4	Kuzeydoğu	2101	29,6517	OT-T-1	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
124	Yok	484,6	Kuzeybatı	2165	26,2519	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
125	Yok	97,0	Kuzey	2360	29,4257	Me-3	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
126	Yok	8,6	Düz	411	0	Z-6	0	Sığ Kök	Açıklık	Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar
127	Yok	486,6	Kuzeybatı	2328	9,40304	OT-T	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
128	Yok	26,4	Güney	378	26,0277	Z-is	0	Sığ Kök	Açıklık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
129	Yok	105,1	Güneydoğu	1814	31,106	Z-is	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
130	Yok	102,2	Doğu	2070	8,62258	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
131	Yok	216,3	Kuzey	2272	3,71643	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
132	Yok	27,0	Güneydoğu	609	21,295	BGNM1	1	Kazık Kök	Karışık	Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar
133	Yok	25,0	Kuzeydoğu	1889	18,6536	OT-T-1	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
134	Yok	30,3	Doğu	289	27,7576	M1GNab3	3	Kazık Kök	Yapraklı	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar

Ek Tablo 1'in Devamı

Heyelan Alan No	Heyelan Oluşumu	Yola Uzaklığı	Bakısı	Ortalama Yükselti (m)	Eğimi (%)	Bitki Örtüsü	Kapalılık	Kök Sistemi	Arazi Kullanımı	Toprak Türü
135	Yok	34,7	Güneydoğu	322	35,0421	MıGnab3	3	Kazık Kök	Yapraklı	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
136	Yok	2,9	Kuzeydoğu	1312	24,5165	LKzcd1	1	Sığ Kök	Karışık	Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar
137	Yok	111,9	Doğu	606	17,1924	Z-is	0	Sığ Kök	Açıklık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
138	Yok	15,7	Güneydoğu	1447	39,228	Z-is	0	Sığ Kök	Açıklık	Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar
139	Yok	114,0	Kuzeydoğu	2280	28,9039	OT-T	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
140	Yok	387,4	Kuzey	2343	10,6118	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
141	Yok	46,7	Kuzeybatı	2156	7,9395	Me-3	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
142	Yok	117,3	Doğu	2009	5,04888	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar
143	Yok	5,0	Kuzeybatı	1810	15,1186	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
144	Yok	268,1	Güneydoğu	548	16,5949	KsKnc2	2	Kazık Kök	Yapraklı	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
145	Yok	109,5	Doğu	2323	10,3144	OT	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
146	Yok	470,0	Doğu	2175	16,7725	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
147	Yok	235,7	Kuzeybatı	2214	26,3933	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
148	Yok	54,0	Kuzeybatı	1975	15,0643	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
149	Yok	139,8	Kuzeybatı	2296	16,9804	OT	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
150	Yok	753,5	Kuzeybatı	2129	20,158	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
151	Yok	164,2	Kuzey	2051	33,4001	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
152	Yok	608,9	Kuzeybatı	2255	29,264	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
153	Yok	466,0	Doğu	2393	12,2003	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
154	Yok	188,9	Güneydoğu	570	28,3996	KsMıbc2	2	Kazık Kök	Yapraklı	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
155	Yok	186,5	Güney	2453	6,55551	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
156	Yok	284,4	Kuzey	2033	23,3708	Me-1	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
157	Yok	79,6	Kuzeydoğu	475	14,8404	Z-is	0	Sığ Kök	Açıklık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar

Ek Tablo 1'in Devamı

Heyelan Alan No	Heyelan Oluşumu	Yola Uzaklığı	Bakışı	Ortalama Yükselti (m)	Eğimi (%)	Bitki Örtüsü	Kapalılık	Kök Sistemi	Arazi Kullanımı	Toprak Türü
158	Yok	126,9	Kuzey	1710	46,4677	KnLcd2	2	Sığ Kök	Karışık	Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar
159	Yok	138,9	Güney	881	17,5965	Z-3	0	Sığ Kök	Açıklık	Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar
160	Yok	234,8	Güneydoğu	1354	38,7343	KDA	0	Sığ Kök	Açıklık	Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar
161	Yok	243,8	Güneydoğu	481	32,0701	KsLc2	2	Kazık Kök	Karışık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
162	Yok	4,2	Güneydoğu	864	32,2478	LKscd2	2	Sığ Kök	Karışık	Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar
163	Yok	50,6	Doğu	544	38,5712	Z-2	0	Sığ Kök	Açıklık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
164	Yok	110,1	Güneydoğu	1604	10,6925	LKnCd1-2	2	Sığ Kök	Karışık	Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar
165	Yok	67,9	Kuzey	141	19,2703	Z-is	0	Sığ Kök	Açıklık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
166	Yok	594,0	Güney	2227	26,0137	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
167	Yok	171,8	Doğu	2453	26,6242	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
168	Yok	749,8	Doğu	2404	13,3799	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
169	Yok	143,0	Güneybatı	1269	47,6991	Lc3-2	3	Sığ Kök	İbreli	Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar
170	Yok	20,5	Güneybatı	2548	15,0643	OT-1	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
171	Yok	43,8	Kuzey	2559	18,0463	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
172	Yok	3,8	Düz	166	0	Z-is	0	Sığ Kök	Açıklık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
173	Yok	108,6	Güney	2305	14,1569	Me-1	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
174	Yok	335,3	Kuzeybatı	2338	3,17652	OT	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
175	Yok	111,9	Doğu	2256	27,8384	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
176	Yok	120,3	Düz	777	0	KsMıbc2	2	Kazık Kök	Yapraklı	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
177	Yok	11,9	1	9	5,24847	is	0	Sığ Kök	Açıklık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
178	Yok	173,1	Kuzeybatı	1776	35,4359	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
179	Yok	54,0	Kuzey	2138	26,8993	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları

Ek Tablo 1'in Devamı

Heyelan Alan No	Heyelan Oluşumu	Yola Uzaklığı	Bakışı	Ortalama Yükselti (m)	Eğimi (%)	Bitki Örtüsü	Kapalılık	Kök Sistemi	Arazi Kullanımı	Toprak Türü
180	Yok	397,8	Doğu	2379	22,7752	Me-3	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
181	Yok	745,2	Kuzeydoğu	1714	45,2032	LKncd2-T	2	Kazık Kök	Karışık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
182	Yok	141,1	Kuzey	2585	27,0371	Me-2	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
183	Yok	82,8	Güneydoğu	2270	8,62258	Me-1	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
184	Yok	107,0	Kuzeydoğu	2317	7,07403	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
185	Yok	184,9	Kuzeybatı	642	39,9365	LKscd2-1	2	Sığ Kök	Karışık	Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar
186	Yok	200,0	Doğu	2382	29,7429	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
187	Yok	34,4	Kuzeydoğu	415	17,9925	LKsbc2	2	Sığ Kök	Karışık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
188	Yok	101,2	Güneydoğu	1836	25,6721	OT-T-1	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
189	Yok	14,3	Güney	1654	24,4616	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
190	Yok	300,9	Kuzeybatı	2216	33,729	OT-T	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
191	Yok	926,0	Kuzeydoğu	2341	24,7582	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
192	Yok	482,8	Doğu	1001	28,5391	Z-is	0	Sığ Kök	Açıklık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
193	Yok	94,7	Güney	2424	19,1092	OT-1	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
194	Yok	49,8	Güneydoğu	850	37,245	Z-is-2	0	Sığ Kök	Açıklık	Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar
195	Yok	90,5	Doğu	182	10,423	Z-is	0	Sığ Kök	Açıklık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
196	Yok	453,6	Kuzey	2003	36,8667	BLGn-T	1	Sığ Kök	Karışık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
197	Yok	185,8	Güney	2405	30,8411	Me-1	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
198	Yok	171,8	Güneybatı	2290	26,3698	Me	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
199	Yok	80,0	Doğu	2188	0,83213	OT	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
200	Yok	68,5	Güneydoğu	1099	39,8104	Z-is	0	Sığ Kök	Açıklık	Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar
201	Yok	54,6	Güneydoğu	2352	24,81	Me-2	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
202	Yok	410,0	Güney	2161	3,66041	Me-1	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları

Ek Tablo 1'in Devamı

Heyelan Alan No	Heyelan Oluşumu	Yola Uzaklığı	Bakısı	Ortalama Yükselti (m)	Eğimi (%)	Bitki Örtüsü	Kapalılık	Kök Sistemi	Arazi Kullanımı	Toprak Türü
203	Yok	28,5	Güney	758	23,5559	Z-2	0	Sığ Kök	Açıklık	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
204	Yok	12,2	Kuzey	2172	29,3459	OT	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
205	Yok	73,0	Kuzeydoğu	947	27,1867	KnKzcd2	2	Sığ Kök	Yapraklı	Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar
206	Yok	345,0	Kuzeybatı	2169	19,3685	Me-1	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
207	Yok	890,3	Doğu	2033	30,2995	OT-T	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları
208	Yok	35,2	Doğu	2166	26,8081	OT	0	Sığ Kök	Açıklık	Yüksek Dağ Mera Toprakları

ÖZGEÇMİŞ

Seda YURDADOĞ AYDIN. İlk ve ortaöğrenimini Adana'da tamamladı. Kozan Yusuf Baysal Anadolu Lisesinden 2007 yılında mezun olarak 2009 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Mühendisliği lisans programını kazandı. 2016 yılında mezun oldu. Orman Mühendisliği alanında Tezli Yüksek Lisans programına başladı.

2020-2024 yılları arasında Araklı Orman İşletme Şefliğinde Danışman Mühendis olarak çalıştı.

