

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

SİNOP-GERZE YÖRESİNİN HEYELAN DUYARLILIK ANALİZİ

DOKTORA TEZİ

Jeoloji Yük. Müh. Seda ÇELLEK

TEMMUZ 2013
TRABZON

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

SİNOP-GERZE YÖRESİNİN HEYELAN DUYARLILIK ANALİZİ

Jeoloji Yük. Müh. Seda ÇELLEK

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“DOKTOR (JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ)”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 17.06.2013
Tezin Savunma Tarihi : 17.07.2013

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Hakan ERSOY
İkinci Danışman : Doç. Dr. Recep NİŞANCI

Trabzon 2013

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında

Seda ÇELLEK tarafından hazırlanan

SİNOP-GERZE YÖRESİNİN HEYELAN DUYARLILIK ANALİZİ

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 25/06/2013 gün ve 1511 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
DOKTORA TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Fikri BULUT

Üye : Prof. Dr. Süleyman DALGIÇ

Üye : Doç. Dr. Fatma GÜLTEKİN

Üye : Yrd. Doç. Dr. Zekai ANGIN

Üye : Yrd. Doç. Dr. Hakan ERSOY

.....

.....

.....

.....

.....

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır.

Öncelikle her zaman destek olup, bilgi ve deneyimleri ile çalışmamı yönlendiren, büyük bir özveri gösterip birlikte çalışmayı kabul eden, Sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Hakan ERSOY'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmama "Sinop ili Heyelan Duyarlılığı" adlı ve 2009.112.05.6 nolu BAP proje yürütücülüğünü yapan Anabilim Dalı Başkanı Sayın Hocam Prof. Dr. Fikri BULUT'a ve projenin alınmasında katkı sağlayan Sayın Hocam Prof. Dr. Necati TÜYSÜZ'e teşekkür ederim

Doktora tez izleme komitesinde görev alan Yrd. Doç. Dr. Zekai ANGIN'a, gerek ki analizlerinde bilgilerinden gerekse doktora çalışmalarım sırasında karşılaştığım güçlüklerde daima yanımda olan Yrd. Doç. Dr. Ali VAN'a şükranlarımı sunarım.

Çalışma süresince bana mümkün olduğunca destek verip materyal sağlayan Sinop AFAD Müdürü Ümit Ünal'a, Sinop ve Gerze Belediyelerine ve Jeoloji Mühendisi Özcan ÖZTEKİN'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmasının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile ilgili aşamalarında yönlendirme yapan İkinci Danışmanım Recep NİŞANCI'ya, teknik destek ve katkılarından dolayı Araş. Gör. Ekrem SARIALIOĞLU'na, Jeofizik verilerin yorumlanmasında yardımcı olan Araş. Gör. Recep GÜNEY'e teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarının farklı dönemlerini benimle paylaşan, maddi manevi destek veren babam Mehmet Ali ÇELLEK'e, annem Fevziye ÇELLEK'e, eniştem Onur MIZRAKLI'ya ve ablam Ceyda ÇELLEK MIZRAKLI'ya teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca laboratuvar çalışmalarında yardımcı olan Uzman Erdoğan TİMURKAYNAK'a, veri temininden dolayı Jeoloji Mühendisi M. Kudret SELEN'e teşekkür ederim.

Seda ÇELLEK
Trabzon, 2013

TEZ BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Sinop-Gerze Yöresinin Heyelan Duyarlılık Analizi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Yrd. Doç. Dr. Hakan ERSOY’un sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, deneyleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı ve yaptırdığımı, 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. 17/06/2013

Seda ÇELLEK

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	X
SUMMARY	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XII
TABLolar DİZİNİ.....	XVI
SEMBOLLER DİZİNİ	XVIII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Amaç ve Kapsam	4
1.3. Çalışma Alanın Konumu.....	5
1.4. Yerleşim Durumu ve Ulaşım	6
1.5. Morfoloji	8
1.6. İklim ve Bitki Örtüsü	8
1.7. Ekonomik Durum.....	11
1.8. Önceki Çalışmalar.....	12
1.8.1. İnceleme Alanıyla İlgili Genel Çalışmalar	12
1.8.2. Heyelan Envanteri, Duyarlılığı, Tehliklesi ve Riski ile İlgili Yapılmış Çalışmalar.....	15
1.8.2.1. Heyelan Envanteri, Duyarlılığı, Tehlikesi ve Riski ile İlgili Yayınlar	15
1.8.2.2. Heyelan Duyarlılık Analizleri İlgili Yüksek Lisans ve Doktora Tezleri	16
1.9. Heyelan Duyarlılık Analizine İlişkin Genel Değerlendirmeler	18
1.10. Afet Kavramı	19
1.11. Heyelan Terminolojisi	22
1.12. Heyelan Harita Çeşitleri.....	25
1.12.1. Heyelan Envanter Haritaları	25
1.12.1.1. Heyelan Envanter Haritalarının Hazırlanması	26
1.12.2. Heyelan Duyarlılık Haritaları	28
1.12.2.1. Heyelan Duyarlılık Haritalarının Hazırlanması	29

1.12.2.2.	Heyelan Duyarlılık Haritalarının Sınıflandırması.....	31
1.12.3.	Heyelan Tehlike Haritaları.....	31
1.12.3.1.	Heyelan Olası Tehlike Haritalarının Hazırlanması.....	33
1.12.4.	Heyelan Risk Haritaları.....	34
1.12.5.	Diğer Heyelan Haritaları.....	36
1.12.6.	Heyelan Envanter, Duyarlılık, Tehlike ve Risk Haritalarının Sınırlamaları.....	37
1.12.6.1.	Heyelan Envanter Haritalarının Sınırlamaları	37
1.12.6.2.	Heyelan Duyarlılık Haritalarının Sınırlamaları	38
1.12.6.3.	Heyelan Tehlike Haritalarının Sınırlamaları.....	39
1.12.6.4.	Heyelan Risk Haritalarının Sınırlamaları.....	41
1.13.	Yöntemler	42
1.13.1.	Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP).....	45
1.13.1.1.	Hiyerarşi Tasarımı	47
1.13.1.2.	Hiyerarşi Değerlendirmesi	47
1.13.1.3.	Karar Verme Probleminin AHP ile Çözümüne Ulaştırılması.....	48
1.13.1.4.	Ağırlıkların (Önceliklerin) Belirlenmesi.....	48
1.13.1.5.	İkili Karşılaştırmalar Matrisi.....	49
1.13.1.6.	Hiyerarşik Model	52
1.13.1.7.	Heyelan Duyarlılık Haritaları İçin Hiyerarşinin Kurulması	53
1.13.1.8.	AHP Yöntemi Kullanılarak Heyelan Duyarlılık Haritalarının Oluşturulması.....	54
1.13.2.	Yöntemlerin Sınırlamaları	55
1.13.2.1.	Kalitatif (Niteliksel) Yöntemlerin Sınırlamaları.....	55
1.13.2.1.1.	Arazide Yapılan Jeomorfolojik Gözlem ve Değerlendirmelerin Sınırlamaları.....	55
1.13.2.1.2.	İndeks veya Parametre Haritalarının Sınırlamaları.....	56
1.13.2.1.2.1.	İndeks Haritalarının Çakıştırılması veya Birleştirilmesinin Sınırlamaları.....	56
1.13.2.1.2.2.	Mantıksal Analiz Yöntemlerinin Sınırlamaları.....	56
1.13.2.2.	Kantitatif (Niceliksel) Yöntemlerin Sınırlamaları	57
1.13.2.3.	İstatistiksel Analizin Sınırlamaları.....	57
1.13.2.3.1.	İki Değişkenli (Bivariate) Analizin Sınırlamaları.....	57
1.13.2.3.2.	Çok Değişkenli Analizin Sınırlamaları.....	58
1.13.2.3.2.1.	Ayrırma (Diskriminant) Analizin Sınırlamaları	58
1.13.2.3.2.2.	Mantıksal (Lojik) Regresyonun Sınırlamaları	59

1.13.2.3.3.	Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP) Sınırlamaları	59
1.13.2.3.4.	Deterministik (Güvenlik Katsayısının Hesaplanması) Analizin Sınırlamaları.....	60
1.13.2.3.5.	Yapay Sinir Ağlarının Sınırlamaları	60
1.14.	Parametreler	61
1.14.1.	Parametrelerin ve Sınıf Aralıklarının Belirlenmesi	65
1.14.1.1.	Jeolojik Faktörlerin Kullanılabilirliği	65
1.14.1.1.1.	Litolojinin Kullanılabilirliği.....	66
1.14.1.1.2.	Yapısal Unsurların Kullanılabilirliği	67
1.14.1.1.3.	Jeoteknik/ Jeomekanik Verilerin Kullanılabilirliği.....	69
1.14.1.2.	Topografik Faktörlerin Kullanılabilirliği.....	69
1.14.1.2.1.	Yamaç Eğriselliği/ Yamaç Şekli.....	69
1.14.1.2.2.	Akarsu Yakınlık/Drenaj Yoğunluğu	70
1.14.1.2.3.	Yamaç Yönelimi/Bakının Kullanılabilirliği	71
1.14.1.2.4.	Yüksekliğin Kullanılabilirliği	72
1.14.1.2.5.	Yamaç Eğiminin Kullanılabilirliği	74
1.14.1.3.	Çevresel Faktörlerin Kullanılabilirliği.....	77
1.14.1.3.1.	Yol Yoğunluğu-Yollara Uzaklık/Yakınlığın Kullanılabilirliği	77
1.14.1.3.2.	Arazi Sınıflaması	78
1.14.2.	Parametrelerin Sınırlamaları	80
1.14.2.1.	Ayrışma Derecesi/Derinliğini Parametresinin Sınırlamaları	80
1.14.2.2.	Litoloji Parametresinin Sınırlamaları.....	80
1.14.2.3.	Yapısal Unsurlara Yakınlık/Uzaklık Parametresinin Sınırlamaları.....	81
1.14.2.4.	Jeoteknik Parametresinin Sınırlamaları	82
1.14.2.5.	Yamaç Eğriselliği Parametresinin Sınırlamaları.....	82
1.14.2.6.	Akarsuya Yakınlık/Uzaklık Parametresinin Sınırlamaları.....	82
1.14.2.7.	Bakı Parametresinin Sınırlamaları	83
1.14.2.8.	Yükseklik Parametresinin Sınırlamaları	86
1.14.2.9.	Eğim Parametresinin Sınırlamaları	87
1.14.2.10.	Yola Uzaklık/Yakınlık Parametresinin Sınırlamaları	88
1.14.2.11.	Arazi Sınıflaması/Bitki Örtüsü Parametresinin Sınırlamaları.....	88
1.14.2.12.	Yeraltı Suyu Durumunun Sınırlamaları	90
1.14.2.13.	Tetikleyici Faktörlerin Sınırlamaları.....	91
1.15.	Ölçekler.....	91
1.15.1.	Heyelan Duyarlılık Değerlendirmelerinde Kullanılan Ölçekler	95

2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	98
2.1.	Envanter Çalışmaları.....	98
2.2.	Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları.....	98
2.2.1.	Laboratuvar Çalışmaları.....	99
2.2.2.	Arazi Çalışmaları	101
2.2.2.1.	Sondaj Çalışmaları	102
2.2.2.2.	Jeofizik Yöntemler.....	107
2.3.	Bilgisayar Destekli Büro Çalışmaları	110
3.	BULGULAR.....	111
3.1.	Bölgesel Jeoloji.....	111
3.2.	Sinop-Gerze ve Çevresinin Genel Jeolojisi	112
3.2.1.	Hamsaros Formasyonu.....	112
3.2.2.	Akveren Formasyonu.....	117
3.2.3.	Atbaşı Formasyonu	120
3.2.4.	Kusuri Formasyonu.....	122
3.2.5.	Sinop Formasyonu	124
3.2.6.	Sarıkm Formasyonu	127
3.2.7.	Kale Formasyonu	129
3.2.8.	Bedire Kaya Formasyonu	131
3.2.9.	Plaj Çökelleri	132
3.2.10.	Alüvyon.....	132
3.3.	Yapısal Jeoloji.....	134
3.4.	Sinop-Gerze Yöresindeki Zeminlerin Jeoteknik Özellikleri.....	136
3.4.1.	Sinop Merkez İlçesi Zeminlerinin Jeoteknik Özellikleri	137
3.4.1.1.	Sinop Merkez İlçesi Kayma Direnci Parametreleri	137
3.4.1.2.	Sinop Merkez İlçesi Yeraltı Suyu Durumu.....	138
3.4.1.3.	Sinop Merkez İlçesi Taşıma Gücü.....	139
3.4.1.4.	Standart Penetrasyon (SPT) Deneyi Vuruş Sayısı	139
3.4.1.5.	Elastisite Modülü ve Poission Oranı.....	140
3.4.2.	Gerze İlçesi Zeminlerinin Jeoteknik Özellikleri	145
3.4.2.1.	Aktivite	145
3.4.2.2.	Gerze İlçesi Kayma Direnci Parametreleri	147
3.4.2.3.	Plastik Özellikleri.....	149
3.4.2.4.	Gerze İlçesi Yeraltı Suyu Durumu.....	150

3.5.2.5.	Gerze İlçesi Taşıma Gücü.....	150
3.5.	Sinop-Gerze Yöresindeki Heyelanlar ve Genel Özellikleri.....	151
3.6.	Heyelan Duyarlılık Analizi.....	158
3.6.1.	Heyelan Duyarlılık Haritalarında Literatür Araştırmalarıyla Parametre Seçimi	158
3.6.2.	Heyelan Envanteri.....	169
3.6.3.	Jeoloji.....	171
3.6.4.	Yamaç Eğimi	174
3.6.5.	Yamaç Eğim Yönü (Bakı)	180
3.6.6.	Topoğrafik Yükseklik	184
3.6.7.	Arazi Sınıflandırması	189
3.6.8.	Akarsuya Yakınlık	193
3.6.9.	Ana Yola Uzaklık	198
3.6.10.	Yamaç Eğriselliği.....	203
3.6.11.	Yapısal Unsurlara Yakınlık.....	207
3.7.	Heyelan Duyarlılık Haritalarının Üretilmesi	212
3.7.1.	Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP) Kullanılarak Heyelan Duyarlılık Haritalarının Oluşturulması	212
3.7.2.	İkili Karşılaştırmalar Matrisi.....	214
4.	İRDELEME	223
4.1.	Envanter Haritalarının Hazırlanmasında Yapılan Eksiklikler	223
4.1.1.	Örnek Çalışmalarda Belirlenen Eksiklikler	223
4.1.2.	Çalışmalarda Belirlenen Eksikliklerin Giderilmesi İçin Yapılan İşlemler	224
5.	SONUÇLAR.....	226
6.	KAYNAKLAR	235
7.	EKLER.....	272
ÖZGEÇMİŞ		

Doktora Tezi

ÖZET

SİNOP-GERZE YÖRESİNİN HEYELAN DUYARLILIK ANALİZİ

Seda ÇELLEK

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Hakan ERSOY
2013, 271 Sayfa, 38 Sayfa Ek

Sinop-Gerze yörelerini kapsayan bu çalışmada, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri ile farklı kaynaklardan toplanan veriler değerlendirilmiş, Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP) kullanılarak heyelan duyarlılık haritası üretilmiştir. Üretilen duyarlılık haritalarında 5 farklı duyarlılık alanı ayırtlanmıştır.

Gerek literatür araştırmaları gerekse arazi çalışmalarıyla bakı, jeoloji, arazi sınıfı, yamaç eğriselliği, eğim, yükseklik, ana yola uzaklık, akarsuya yakınlık ve yapısal unsurlara uzaklık parametrelerinin heyelan duyarlılık haritasının üretiminde etkili olduğu belirlenmiştir. Heyelan duyarlılık haritasının analitik hiyerarşi analizi yöntemi ile hazırlanmasında, heyelan yoğunlukları değerinden yararlanılarak parametre puanları verilmiştir. Heyelan duyarlılık derecelerinin alan ve yüzde dağılımları hesaplanmış ve çalışma alanın yaklaşık % 26'sının heyelan tehditi altında olduğu belirlenmiştir.

Hesaplanan yoğunluk değerlerine göre, Sinop Formasyonu, Atbaşı Formasyonu ve Akveren Formasyonu, düşük eğimli araziler, güney, batı, doğu ve güneydoğuya bakan yamaçlar, 500-600 m ve 200-300 m arasındaki yükseklik sınıfları, 50-100 m arası akarsuya yakınlık sınıfları, 0-50 m arası ana yola uzaklık sınıfları, iç bükey yamaçlar, 0-50 m yapısal unsurlara uzaklık sınıfları ve yerleşim alanları heyelan oluşumunda etkili olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Heyelan duyarlılık haritası, Sinop, Gerze, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Analitik Hiyerarşi.

PhD. Thesis

SUMMARY

LANDSLIDE SUSCEPTIBILITY ANALYSIS OF SİNOP-GERZE REGION

Seda ÇELLEK

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Geological Engineering Science Branch
Supervisor: Asst. Prof. Hakan ERSOY
2013, 271 Pages, 38 Pages Appendix

In this study, the data collected by Geographical Information Systems (GIS), Remote Sensing (RS) techniques have been analysed with Analytic Hierarchy Process to evaluate the region of Sinop district and Gerze, province to produce the landslide susceptibility map. In the produced maps, five different sensitivity ranges have been determined.

The related literature and field studies clearly reveal that geology, land class, slope, slope curvature, elevation, distance to the main road, proximity to stream, and distance of the structural elements, are effective parameters in producing landslide susceptibility maps. During the preparation process of landslide susceptibility maps with analytic hierarchy analysis method parameter weight values have been determined by the use of landslide density values. The landslide susceptibility degrees and percentage distributions have been calculated and approximately 26% of the working area has been diagnosed as being under the threat of landslides.

According to the calculated density values, Sinop Formation, Atbaşı Formation and Akveren Formation, low slopes, south, west, east and south-east facing slopes, between 500-600 m and 200-300 m height classes, classes in proximity to the stream from 50 to 100 m, 0-50 m from the main road, concave slopes, 0-50 m from structural factors, have been determined as effective factors in landslide occurrence.

Key Words: Landslide susceptibility map, Sinop, Gerze, Geographical Information Systems, Analytical Hierarchy

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.	İnceleme alanına ait yer bulduru haritası 7
Şekil 2.	1975-2010 (36 yıl) yılları arasındaki toplam aylık yağış (mm) değerleri..... 10
Şekil 3.	1975-2010 (36 yıl) yılları arasındaki toplam aylık sıcaklık (C ⁰) değerleri..... 10
Şekil 4.	Basit bir analitik hiyerarşi modeli 53
Şekil 5.	Heyelana neden olan hazırlayıcı ve tetikleyici faktörler 64
Şekil 6.	Gerze ilçesinde yapılan arazi çalışmaları sırasında farklı alanlarda açılan araştırma çukurlarında gerçekleştirilen örnek alımı işlemi 103
Şekil 7.	Sinop merkez ilçesinde yapılan sondaj çalışmaları ve zeminlerden alınan karot örneklerine ait görüntüler 104
Şekil 8.	Çalışma alanı ve yakın çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti 113
Şekil 9.	Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti 114
Şekil 10.	Çalışma alanın genel jeoloji haritası 115
Şekil 11.	Hamsaros Formasyonunda bulunan andezit ve aglomeralardan görünüm (Sinop yarımadası) 116
Şekil 12.	Gerze burnunun kuzey kıyısında mostra veren Akveren Formasyonuna 119
Şekil 13.	Gerze burnunun güney kıyısında mostra veren Atbaşı Formasyonuna ait kumtaşı ve marn ardalanması 121
Şekil 14.	Gerze kuzey sahil kesiminde, çöp atık alanında mostra veren Kusuri Formasyonuna ait kumtaşları 123
Şekil 15.	Sinop-Gerze kesiminde, mostra veren Sinop Formasyonuna ait kumtaşı, kireçtaşı ve marn ardalanması 126
Şekil 16.	Sinop giriş ve sahilde kale kuzeyinde, mostra veren Sarıkum Formasyonuna ait kumtaşı 128
Şekil 17.	Sinop ili merkezinde Kale Formasyonuna ait kumtaşları 130
Şekil 18.	Gerze yakınlarında mostra veren Bedire Kayası Formasyonu ait çakıltası, kumtaşı ardalanması..... 132
Şekil 19.	Sinop sahilinde mostra veren plaj çökelleri 133
Şekil 20.	Sinop-Gerze sahilinde alüvyonlara ait görünüm 133
Şekil 21.	Çalışma alanına ait tektonizma haritası..... 135
Şekil 22.	Sinop merkez ve Gerze ilçeleri çevresinde örselenmemiş örnek alım noktaları..... 136

Şekil 23.	Sinop merkez ilçesi zeminlerine ait içsel sürtünme açısı dağılım haritası	137
Şekil 24.	Sinop merkez ilçesi zeminlerine ait kohezyon (kPa) dağılım haritası	138
Şekil 25.	Sinop merkez ilçesi zeminlerine ait yeraltı su tablası haritası	138
Şekil 26.	Sinop merkez ilçe taşıma gücü dağılım haritası	139
Şekil 27.	Sinop merkez ilçesi zeminlerine ait 7.5 m için düzeltilmiş SPT vuruş sayıları dağılım haritası	140
Şekil 28.	Yeraltı P dalga hızı yapısı, a) 0-4 m için P hızı, b) 4-8 m tabaka için P hızı	141
Şekil 29.	Yeraltı S dalga hızı yapısı, a) 0-4 m tabaka için S hızı, b) 4-8 m tabaka için S hızı	142
Şekil 30.	Yeraltı tabakalarının V_p/V_s oranı, a) 0-4 m tabaka için, b) 4-8 m tabaka için	143
Şekil 31.	Yeraltı tabakalarının poisson oranı, a) 0-4 m tabaka için, b) 4-8 m tabaka için	144
Şekil 32.	Elastisite modülü (Ed), a) 0-4 m tabaka için, b) 4-8 m tabaka için.....	145
Şekil 33.	Gerze ilçesi zeminlerine ait aktivite dağılımları	146
Şekil 34.	a) % kil dağılımı, b) % silt dağılımı, c) % kil+silt dağılımı, d) % kum dağılımı.....	147
Şekil 35.	Gerze ilçesi zeminlerine ait a) içsel sürtünme açısı ve b) kohezyon dağılım haritası	148
Şekil 36.	Gerze ilçesi a) LL, b) PL dağılım haritası	149
Şekil 37.	Gerze ilçesi yeraltı su tablası haritası	150
Şekil 38.	Gerze ilçesi taşıma gücü dağılım haritası.....	151
Şekil 39.	Sinop ili sahil kesiminde akma türü hareket ve morfolojide meydana gelen değişimler.....	152
Şekil 40.	Sinop-Gerze sahil kesiminde görülen erozyon ve kütle hareketleri.....	152
Şekil 41.	Çalışma alanında kütle hareketleri sonucu bitki örtüsünde meydana gelen hasar, ağaç sürüklenmeleri	153
Şekil 42.	Sinop-Gerze sahil kesiminde deniz aşındırması sonucu meydana gelen kütle hareketleri	155
Şekil 43.	Sinop-Gerze sahil kesiminde deniz kıyısında meydana gelen kütle hareketleri.....	156
Şekil 44.	Gerze İlçesi, Değirmenler mevkiinde heyelan nedeniyle boşaltılan Deniz Feneri Restoran'da meydana gelen hasar ve deniz kıyısından görünümü	157
Şekil 45.	Gerze ilçesi sahil yolu yapım çalışmaları sırasında meydana gelen hasara ait görüntüler	158

Şekil 46.	Jeoloji parametrelerin çalışmalarda kullanım sayıları ve yüzde dağılımları	162
Şekil 47.	Topoğrafik faktörlerinin ana başlıklarda dağılımları ve yüzde dağılımları	165
Şekil 48.	Çevresel faktörlerin çalışmalara göre dağılımları ve yüzde dağılımları	166
Şekil 49.	Tetikleyici Faktörlerin çalışmalara göre yüzde dağılımları	167
Şekil 50.	En çok kullanılan 10 parametrenin dağılımı	169
Şekil 51.	Sinop ve çevresinin heyelan envanter haritası	170
Şekil 52.	Sinop ve çevresinin jeoloji haritası	172
Şekil 53.	Sinop ve çevresinin Jeoloji ve heyelan envanter haritası	173
Şekil 54.	Çalışma alanında formasyonlara ait yüzde dağılım grafikleri	175
Şekil 55.	Sinop ve çevresinin yamaç eğimi haritası	176
Şekil 56.	Sinop ve çevresinin yamaç eğimi ve heyelan envanter haritası	177
Şekil 57.	Çalışma alanında eğim değerlerine ait yüzde dağılım grafikleri.....	179
Şekil 58.	Sinop ve çevresinin yamaç yönelimi haritası	181
Şekil 59.	Sinop ve çevresinin Bakı haritası ve heyelan envanter haritası	182
Şekil 60.	Çalışma alanında eğim yönlerine ait yüzde dağılım grafikleri	183
Şekil 61.	Sinop ve çevresinin topoğrafik yükseklik haritası	185
Şekil 62.	Sinop ve çevresinin topoğrafik yükseklik haritası ve heyelan envanter haritası	186
Şekil 63.	Çalışma alanında yüksekliklere ait yüzde dağılım grafikleri	187
Şekil 64.	Sinop ve çevresinin sayısal yükseklik modeli (TİN)	188
Şekil 65.	Sinop ve çevresinin arazi sınıflama haritası	190
Şekil 66.	Sinop ve çevresinin arazi sınıflaması ve heyelan envanter haritası	191
Şekil 67.	Çalışma alanında arazi sınıflamasına ait yüzde dağılım grafikleri	192
Şekil 68.	Sinop ve çevresinin akarsuya yakınlık haritası ve heyelan envanter haritası	194
Şekil 69.	Sinop ve çevresinin akarsu tampon bölgeleri haritası	195
Şekil 70.	Sinop ve çevresinin akarsu tampon bölgeleri ve heyelan envanter haritası	196
Şekil 71.	Çalışma alanında akarsuya yakınlığa ait yüzde dağılım grafikleri	197
Şekil 72.	Sinop ve çevresinin ana yola uzaklık haritası	199
Şekil 73.	Sinop ve çevresinin ana yola uzaklık tampon bölge haritası	200
Şekil 74.	Sinop ve çevresinin ana yola uzaklık tampon bölgeleri ve heyelan envanter haritası	201
Şekil 75.	Çalışma alanında ana yola yakınlığa ait yüzde dağılım grafikleri	202

Şekil 76.	Sinop ve çevresinin yamaç eğrisellik haritası	204
Şekil 77.	Sinop ve çevresinin yamaç eğrisellik haritası ve heyelan envanter haritası	205
Şekil 78.	Çalışma alanında yamaç eğriselliğine ait yüzde dağılım grafikleri	206
Şekil 79.	Sinop ve çevresinin yapısal unsurlara uzaklık haritası.....	208
Şekil 80.	Sinop ve çevresinin yapısal unsurlara uzaklık tampon bölge haritası.....	209
Şekil 81.	Sinop ve çevresinin yapısal unsurlara uzaklık tampon bölgeleri ve heyelan envanter haritası	210
Şekil 82.	Çalışma alanında yapısal unsurlara uzaklığa ait yüzde dağılım grafikleri	211
Şekil 83.	Analitik hiyerarşi (AHP) yöntemiyle heyelan duyarlılık haritasının oluşturulması akış şeması.....	213
Şekil 84.	Sinop ve çevresinin heyelan duyarlılık haritası.....	222

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Sinop ili aylık meteorolojik verileri	9
Tablo 2. Heyelan değerlendirme yöntemleri	43
Tablo 3. Heyelan duyarlılık analizinde kullanılan yöntemler ve genel özellikleri.....	44
Tablo 4. Yöntemler ve kullanılan ölçekler	44
Tablo 5. AHP değerlendirme ölçeğinin önem skalasına göre değerlendirilmesi	49
Tablo 6. Büyük, orta ve küçük ölçekli haritaların genel özellikleri	93
Tablo 7. Heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasında kullanılan ölçek türü	94
Tablo 8. Heyelan duyarlılık değerlendirme yöntemlerinde kullanılan ölçekler	95
Tablo 9. Numuneler üzerinde yapılan rutin deneyler	100
Tablo 10. Poisson oranına göre zemin sıklık sınıflaması	109
Tablo 11. Elastisite modülü değerlerine göre zemin dayanım sınıfları.....	109
Tablo 12. Çalışmada kullanılan yayınların yıllara göre sayılarının dağılımı	159
Tablo 13. Ulaşılabilen yayınların yıllara göre sayılarının dağılımı.....	160
Tablo 14. Hazırlayıcı faktörlerden, jeolojinin literatürde kullanım şekilleri ve sayıları	160
Tablo 15. Jeoloji faktörlerinin ana başlıklarla dağılımları	161
Tablo 16. Hazırlayıcı faktörlerden, topoğrafik faktörlerin literatürde kullanım şekilleri ve sayıları	163
Tablo 17. Topoğrafik faktörlerinin ana başlıklarla dağılımları	164
Tablo 18. Hazırlayıcı faktörlerden, çevresel faktörlerin literatürde kullanım şekilleri ve sayıları	164
Tablo 19. Çevresel faktörlerinin ana başlıklarla dağılımları	165
Tablo 20. Tetikleyici faktörlerin çalışmalarda kullanım dağılımları.....	167
Tablo 21. Literatürde en çok kullanılan parametreler	168
Tablo 22. Formasyon sınırları ve heyelanlar arasındaki ilişkiler	171
Tablo 23. Eğim sınıfları ve heyelanlar arasındaki ilişkiler.....	178
Tablo 24. Yamaç eğim yönü (bakı) sınıfları ve heyelanlar arasındaki ilişkiler	180
Tablo 25. Yükseklik sınıfları ve heyelanlar arasındaki ilişkiler	184
Tablo 26. Arazi sınıflaması ve heyelanlar arasındaki ilişkiler	189
Tablo 27. Akarsuya yakınlık sınıfları ve heyelanlar arasındaki ilişkiler	193
Tablo 28. Anayola uzaklık sınıfları ve heyelanalar arasındaki ilişkiler	198

Tablo 29.	Yamaç eğriselliği sınıfları ve heyelanlar arasındaki ilişkiler	203
Tablo 30.	Yapısal unsurlara yakınlık sınıfları ve heyelanlar arasındaki ilişkiler	207
Tablo 31.	Jeoloji birimlerinin heyelan duyarlılığına olan etki değeri	214
Tablo 32.	Eğim değerlerinin heyelan duyarlılığına olan etki ağırlıkları	215
Tablo 33.	Arazi sınıflaması değerlerinin heyelan duyarlılığına olan etki değeri	215
Tablo 34.	Bakı değerlerinin heyelan duyarlılığına olan etki değeri	216
Tablo 35.	Akarsuya yakınlık değerlerinin heyelan duyarlılığına olan etki değeri	217
Tablo 36.	Ana yola uzaklık değerlerinin heyelan duyarlılığına olan etki değeri	217
Tablo 37.	Yamaç eğriselliği değerlerinin heyelan duyarlılığına olan etki değeri	218
Tablo 38.	Yükseklik değerlerinin heyelan duyarlılığına olan etki değeri	218
Tablo 39.	Yapısal unsurlara yakınlık değerlerinin heyelan duyarlılığına olan etki değeri.....	219
Tablo 40.	Veri katmanlarının heyelan duyarlılığına olan etki değeri.....	220
Tablo 41.	Veri katmanları ve alt kriterlerin ağırlık değerleri	221
Tablo 42.	Heyelan duyarlılık zonlarının alan ve yüzde dağılımları	222

SEMBOLLER DİZİNİ

A	: Parametre sınıfındaki piksel sayısı
Ac	: Aktivite sayısı
AFAD	: Afet İşleri Genel Müdürlüğü
AHP	: Analitik Hiyerarşi Yöntemi
AİGM	: Afet İşleri Genel Müdürlüğü
ANFIS	: Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System
B	: Parametre Sınıfındaki Heyelanlı Piksel Sayısı
BIS	: Bureau of Indian Standarts
BM	: Bulanık Mantık
CAR	: Coğrafi Ağırlıklandırılmış Lojistik Regresyon
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
ÇDİY	: Çok Değişkenli İstatistiksel Yaklaşım
ÇÖKA	: Çok Ölçütlü Karar Analizi
Ç	: Çevresel Hazırlayıcı Faktörler
DA	: Dağılım Analizi
De	: Deterministik Analiz
Ds	: Diskriminant Analiz
DSTEM	: Dempster-Shafer Theory of Evidence Model
Eİ	: Entropi İndeksi
FF	: Favourability Functions
FIS	: Fuzzy Inference System
FOSM	: İlk Derece İkinci Moment Metodu
FR	: Frequency Ratio (Frekans Oranı)
FSM	: Fuzzy Similarity Methods
GIS	: Geographical Information System
GLM	: Genel Linear Model
He	: Herustik Yaklaşım
HGK	: Harita Genel Komutanlığı
İA	: İstatistiksel Analiz

İDiY	: İki Değişkenli İstatistiksel Yaklaşım
İM	: İndeks Metodu
İPHK	: İndeks ve Parametre Haritalarının Kullanılması
J	: Jeolojik Hazırlayıcı Faktörler
JA	: Jeomorfolojik Analiz
JY	: Jeoteknik Yaklaşım
LHR	: Likelihood Ratio
LL	: Likit Limit
LR	: Lojistik Regresyon
KO	: Koşullu Olasılık
MA	: Matris Analizi
MR	: Mantıksal Regresyon Analizi
MRT	: Mekansal Regresyon Teknikleri
MTA	: Maden Tetkik Arama
NDVI	: Bitki İndeksi Katmanı
PL	: Plastik Limit
PI	: Plastisite İndisi
QS II	Quantification Scaling Type II
RL	: Rötire limit deneyi
SVM	: Support Vector Machine
T	: Topoğrafik Hazırlayıcı Faktörler
Tr	: Tetikleyici Faktörler
UA	: Uzaktan Algılama
UCSs	: Çok Değişkenli Analiz Yöntemlerinden Tek Durum Birim Yöntemi
UHK	: Ulusal Haritacılık Kuruluşları
USCS	: Birleşik zemin Sınıflama Sistemi
Wi	: Weight of Evidence Analysis
WofE	: Quantative Method Adapting Weights of Evidence
YSA	: Yapay Sinir Ağları Metodu
YSS	: Yeraltı Su Seviyesi
YZY	: Yapay Zeka Yöntemleri
ZERMOS	: Zones Exposed to Risk of Soil Movements

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Yeryüzünü oluşturan ortamlara insanlar tarafından olumsuz müdahaleler yapıldığı zaman, bu doğal denge bozulmakta ve çeşitli sorunlar ortaya çıkmaktadır. Buna karşın, insanoğlu teknolojik gelişmelerle birlikte, çevresel olayları algılama, yorumlama ve analiz yeteneğini de sürekli geliştirmektedir. İlk insanlardan günümüze kadar geçen süre zarfında görülmektedir ki, insanların en büyük ihtiyaçlarından birisi belirli bir yaşam yeri edinme, edinilen yeri koruma ve muhafaza etmektir.

Doğal afetler; deprem, heyelan, taşkın gibi olayların meydana gelmesi sonucunda oluşan doğal hasar ile sosyal, ekonomik, politik ve kültürel faktörlere bağlı olan toplumsal hasarın, aynı yer ve zamanda meydana gelmesinin sonucudur. Doğa olayları, doğanın iç dengelerinin yeniden düzenlenmesi döngüsünün sonuçları olup dünyanın oluşumundan günümüze kadar devam etmektedir. Doğa olaylarının, afetlere dönüşmesi ise insan yaşamının başlaması ile eş zamanlıdır. Bu nedenle, afetler, en geniş anlamı ile insanlara zarar veren olaylar olarak tanımlanabilir. Doğal afetlerin en belirgin özellikleri ise aniden gelişmeleri, başladıktan sonra insanlar tarafından hiçbir şekilde müdahale edilememeleri ve engellenememeleridir. Doğal olayları afete dönüştürmemek, önceden alınan önlemlerle zararları en aza indirmek; yerbilimci, mühendis, mimar ve şehir plancıların mesleki uygulamalarında birincil yaklaşımları olmalı ve bu yaklaşım doğrultusunda çok katmanlı ve çok aşamalı bir süreç olan afet yönetimi oluşturulmalıdır (Yiğiter, 2008; Akıncı vd., 2010; Hasekioğulları, 2010; Şahin, 2012).

Afet yönetimi, doğa olayının hareketlerinin tayini ve değişik senaryolarıyla, muhtemel etki alanı içerisindeki beşeri unsurların zarar görülebilirlik özelliklerinden oluşan risk analizi çalışmalarıdır. Mühendis, mimar ve plancılar için temel amaç, yerleşim alanlarındaki doğal tehlikeleri önceden belirlemek ve bu tehlikelerin riske dönüşmesini engellemeye ve zarar azaltmaya yönelik tasarımlar geliştirebilmektir. Önlem alma, korunma ve zarar azaltma amaçlı çalışmalara ağırlık verilmeden afetle mücadelede başarılı olunması imkânsızdır. Afet yönetimi, sadece afet sırasında ya da sonrasında yapılacak müdahaleyle sınırlı kalmamalıdır. Bu nedenle, afet öncesi potansiyel risk taşıyan bölgelerin belirlenmesi ve buna göre tedbirlerin önceden alınması ve hazırlıkların buna göre

yapılması gerekmektedir. Bu hedeflere giden yolun ilk adımı arazi kullanım planlaması kararlarına yön verecek olan jeolojik ve jeoteknik etütlerin gerçekleştirilmesidir. Bu çalışmaların en küçük ölçekten en büyük ölçeğe kadar en iyi şekilde izlenmesi, gerekli olan yoğun bilginin elde edilmesi, oluşturulması, depolanması ve bir takım kantitatif sonuçlara ulaşılması ve değerlendirilmesi açısından Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) çalışmalarının büyük önemi bulunmaktadır.

Afet öncesi ve sonrasında kullanılmak üzere hazırlanan önemli haritalardan birisi ise heyelan duyarlılık haritalarıdır. Etkin bir planlama yapılabilmesi ve afet sonrası can ve mal kayıplarının en az seviyeye indirilebilmesi için heyelan duyarlılık haritalarının yüksek doğruluklu olarak üretilmesi önemli bir şarttır. Bu nedenle, konumsal veri tabanlarının çevresel uygulamalarda kullanılması kaçınılmazdır. Bu bilgi sistemi içerisine ne tür veri girilirse ancak o bilginin sorgulaması yapılabilir. Bu sebeple, jeolojik ve jeoteknik bilgileri imar haritası ve topoğrafik haritaları sayısal ortamda değerlendirebilen bilgi sistemlerinin Jeoloji Mühendisliği'ne aktarılması bir ihtiyaç haline gelmiştir (Hamzaçebi vd., 2004a, b; Şengün ve Temiz, 2007; Yalçın vd., 2007; Şahin, 2012).

Yerbilimsel çevreden yola çıkarak gelecekte olabilecek heyelanlara karşı hassas alanları ortaya koyan duyarlılık, bir alanın heyelan oluşumuna karşı olan eğilimini ifade eder. Diğer bir ifadeyle heyelan duyarlılığı, morfolodinamik koşullar çerçevesinde bilinen yamaç duraysızlıklarının mekânsal olabilirliğidir. Bu bakımdan geçmişte olmuş heyelanları denetleyen koşullar, gelecekte olabilecek heyelanların coğrafi lokaliteleri hakkında bilgi vererek duyarlı alanların kestirimi için yardımcı olabilmektedir. Heyelan duyarlılığının değerlendirilmesinde 'geçmiş ve bu gün, geleceğin anahtarıdır' ilkesine dayanarak, geçmişte heyelanların oluşmasına neden olan parametreler dikkate alınmakta ve gelecekte oluşacak potansiyel duraysız alanlar, belirlenmeye çalışılmaktadır. Heyelan duyarlılık çalışmalarında hem mevcut hem de geçmişte meydana gelmiş heyelanların özelliklerinin belirlenmesi ve bu heyelanların oluşumunda etkili olabilecek parametrelerin bir arada değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmalarda, heyelanın meydana gelmesine neden olabilecek faktörler değerlendirilerek, daha sonraki doğal süreçte heyelan oluşumunda etkilenebilecek muhtemel duraysız alanlar belirlenmektedir. Sonuç olarak heyelan oluşunda etkili olabilecek parametrelere ait haritalar oluşturularak, bu parametrelerin etkileri hesaplanan ağırlık değerleri ile belirlenmekte ve bu değerlerin kullanılması ile gerçekleştirilen işlemler neticesinde heyelan duyarlılık haritaları oluşturulmaktadır. Heyelan duyarlılığı kavramı içerisinde, potansiyel olay ve olayın olma olasılığı bir arada

değerlendirilmektedir. Gerek ülkemizde gerekse uluslararası literatürde heyelan duyarlılık haritalarındaki artışa oranla heyelanların mekansal ve zamansal olabilirliklerini bir arada bulunduran heyelan olası tehlike haritalarının üretimi ile ilgili çalışmalar daha sınırlı sayıda bulunmaktadır. Heyelan tehlike ve risk değerlerinin hesaplanmasına ilişkin yordamlar kuramsal olarak oldukça basit bir şekilde ifade edilebilirken uygulamada oldukça karmaşık süreçler içermektedirler. Meydana gelen heyelan olayları sonucunda ortaya çıkacak olası potansiyel kayıpların ortaya konduğu risk değerlendirmesi ile ilgili çalışmalar ise oldukça sınırlıdır. Bu tür değerlendirmelerinin en önemli aşamalarından biri, heyelan oluşumunda etkin olan parametrelerin ve bunların önem derecelerinin belirlenmesidir (Gökçeoğlu ve Ercanoğlu, 2001; Çevik ve Topal, 2003; Temiz, 2005; Görüm, 2006; Dağ, 2007; Yalçın, 2007a; Yüksel, 2007; Delikanlı, 2010).

Son yıllarda, literatürde gelişen teknolojilere paralel olarak çoğu araştırmacı heyelan duyarlılık haritası üretmede, olasılık yöntemi (sıklık oranı), analitik Hiyerarşi süreci (AHP), iki değişkenli, çok değişkenli, lojistik regresyon, bulanık mantık ve yapay sinir ağları gibi değişik yöntemler kullanmaktadır. Heyelan duyarlılık haritalarının üretiminde literatürde yaygın olarak kullanılan diğer bir metot ise olasılık modeline dayalı frekans oranı metodudur. Bunun yanında yapay sinir ağları, destek vektör makineleri, karar ağaçları gibi sezgisel algoritmalar ile duyarlılık haritalarının üretilmesi konusunda araştırmalar bulunmaktadır. Bu çalışmaların birbirlerinden ayrıldıkları noktalar olsa da en büyük ortak noktaları son yıllarda birçok alanda kullanılan coğrafi bilgi sistemlerini kullanmalarıdır. Bu bilgi sistemi verilerin bir arada, hızlı, ekonomik ve etkin bir şekilde değerlendirilmesini sağlamaktadır. Nicel yöntemlere uygulanabilirliği birçok çalışmayla da ortaya konmuş CBS ve mevcut istatistiksel programların entegrasyonunun sağlanması ile duyarlılık için kullanılacak parametrelerin üretimi de çok daha kolaylaşmıştır. Ancak, heyelan çalışmalarında veri kalitesi çok önemlidir ve çok hassas sonuçlar, verilerin yeterli, uygun ve geniş aralıklı parametrelerden alınmış olmasıyla elde edilir (Pradhan vd., 2009; Yılmaz, 2010; Yalçın vd., 2011; Şahin, 2012).

Doğal afetler yönünden dünyanın riskli bir bölgesinde yer alan Türkiye’de başta deprem olmak üzere, sel, çamur akıntısı, heyelan, çığ, rüzgâr gibi doğal etkenler bazı yerleşim alanlarının tamamını ya da bir bölümünü etkileyerek can ve mal kayıplarına yol açmaktadır. Ülkemizde, oluşma sıklığı ve verdiği zararlar açısından heyelandan en fazla etkilenen bölgeler Karadeniz ve Marmara’dır. Ülkemizde heyelanlı yerleşim birimlerinin mekânsal dağılımına bakıldığında ise en fazla yoğunluğun Karadeniz bölgesinde olmakla

birlikte hemen her bölgede farklı yoğunlukta heyelan olaylarının gerçekleştiği gözlenmektedir.

Batı Karadeniz Bölgesinde yer alan Sinop İli ve Gerze İlçesi gerek jeolojik, gerekse iklim koşulları nedeniyle heyelanların sıkça meydana geldiği yerleşim alanlarıdır. Erken uyarı sistemleri ile üretilen yağış tehlike haritasına göre son yıllarda bu alanlara düşen yağış miktarı önceki yıllara göre giderek artmaktadır. Özellikle son yıllarda yapılmaya başlanılan sahil yolu projesi sonucu alanda birçok heyelan meydana gelmiştir. Doğu ve Batı Karadeniz Bölümlerinde farklı araştırmacılar tarafından yapılmış birçok çalışma mevcuttur. Fakat Sinop ve çevresinde yapılmış amaca uygun çalışma literatürde yer almamaktadır.

1.2. Amaç ve Kapsam

Literatürde heyelan duyarlılık çalışmalarında kullanılan yöntem, seçilen ölçek ve uygulanan parametrelerle ilgili sonuçlar içeren çalışmalar henüz bulunmamaktadır. Bunun en önemli nedenlerinden biri, çalışılan alanların farklı olmasından dolayı, duyarlılığa etkiyen parametrelerin genellikle çalışılan havzaya özgü olmasından kaynaklanmaktadır. Özellikle yurt dışında raylı sistemin daha yoğun kullanılmasından kaynaklanan demiryoluna uzaklık parametresi Türkiye genelinde kullanışlı bir parametre olarak görülmemektedir. Çalışmaların genelinde ise jeoteknik verilere ve bundan üretilmiş parametrelere rastlanılmamaktadır. Seçilen metodlar ise son dönem çalışmalarında özellikle iki veya üç istatistiksel yöntemin karşılaştırılması şeklinde olmaktadır. Ölçek olarak ise genellikle 1/25.000 ölçekli ve 1/100.000 ölçekli haritalar tercih edilmektedir.

Orta Karadeniz Bölümünde yer alan Sinop ili ve çevresinde 1987 yılından günümüze kadar kaydedilmiş büyük hasarlı bir heyelan meydana gelmemiş olmasına rağmen, özellikle karayolu üzerinde meydana gelen kütle hareketleri ulaşımı ve dolayısıyla hayatı olumsuz yönde etkilemektedir. Yapılan ön araştırma ve arazi incelemelerinde, önümüzdeki yıllarda heyelan olaylarının can ve mal kayıplarına neden olabileceği ve yerleşim alanlarının seçiminde yeterli mühendislik araştırmaları yapılmadığı takdirde alanın büyük hasarlara yol açabilecek heyelanların tehdidi altında olduğu görülmüştür. Bu çalışmada, Sinop ili Merkez ilçe ve Gerze İlçesi ile bu iki ilçe merkezi arasında kalan alanın heyelan duyarlılık analizi yapılmış, heyelan açısından tehlikeli alanlar belirlenmiş, mevcut heyelanların mühendislik jeolojisi özellikleri ile

söz konusu heyelanların yaratacağı etkinin modellenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, heyelan duyarlılık haritalarının üretilmesinde ölçek etkisinin boyutu araştırılmıştır, 1/25.000 ve daha küçük ölçekli haritaların üretilmesi ve değerlendirilmesi aşamasındaki eksiklikler ele alınmış, Sinop-Gerze sahil kesimi pilot bölge seçilerek, farklı ölçeklerde ve dolayısıyla farklı parametreler kullanılarak hazırlanan haritalarda elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Yöntem olarak çok ölçütlü karar verme analizlerinden AHP seçilmiş ve bu şekilde çok sayıda harita üretilip karmaşa oluşması engellenmiştir. Çalışmada, deneysel sonuçlarla duyarlılık haritasının güvenilirliği artırılarak parametre ve ölçek kavramının öneminin vurgulanması amaçlanmaktadır. Çalışmada, uzaktan algılama ürünü olan 15 m yersel çözünürlüklü Quickbird uydu görüntüleri ve değişik ölçekli ve farklı yıllara ait hava fotoğrafları, 1/25.000 ölçekli jeolojik haritalar ve topoğrafik haritalar, 1/5000 ve 1/1000 ölçekli hali hazır pafta ve imar planları olmak üzere dört temel veri grubu altlık olarak kullanılmıştır. Heyelan duyarlılık analizleri sonucunda elde edilen veriler, envanter haritasındaki heyelan lokasyonları ile karşılaştırılarak doğruluk analizleri yapılmıştır. Sonuç olarak farklı ölçekler kullanılarak üretilen duyarlılık haritaları karşılaştırılmış ölçek etkisinin duyarlılık çalışmalarındaki önemi vurgulanmıştır.

Son yıllarda heyelan duyarlılık haritalarının üretiminde olduğu kadar kullanım alanları da sorgulanmaya başlanmıştır. Bu çalışmanın kapsamında duyarlılık haritalarının kullanılabilirliği sorgulanmıştır. Belirlenen iki alanda detay ölçeklerde mühendislik haritaları üretilerek alanın jeoteknik parametreleri ile heyelan lokasyonları karşılaştırılarak güvenilir sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır.

1.3. Çalışma Alanın Konumu

Karadeniz Bölgesinin Orta Karadeniz bölümünde, Batı ve Doğu Karadeniz bölümleri arasında bir geçiş bölgesinde yer alan Sinop ili, $41^{\circ} 12'$ ve $42^{\circ} 06'$ kuzey enlemleri ile $34^{\circ} 14'$ ve $35^{\circ} 26'$ doğu boylamları arasında yer almaktadır. Heyelan duyarlılık çalışması Sinop-Gerze sahil kesimini kapsarken, jeoteknik çalışmalar Sinop ili merkezi, merkeze bağlı mahallelerini, Gerze ilçe merkez ve köylerini kapsamaktadır (Şekil 1).

1.4. Yerleşim Durumu ve Ulaşım

Yüz ölçümü 5862 km² olan Sinop kentinin, merkez ilçe ile birlikte 9 ilçesi, 11 belediyesi, 2 beldesi ve 467 köyü bulunmaktadır. Sinop merkezi ve mücavir alan sınırlarının 611 hektarı planlıdır. Kentin 2390 hektarında 1/5000 ölçekli nazım imar planı, 611 hektarının 1/1000 ölçekli uygulama imar planı bulunmaktadır. Ancak, henüz çevre düzeni planı bulunmamaktadır. Plansız yerleşim çarpık kentleşmeyi doğurmaktadır. Şehrin bazı kesimlerinde heyelan tehlikesi olduğundan bu yöndeki yapılaşma sınırlandırılmıştır. Sinop ilinin yerleşme düzenini; il topraklarının denizle olan doğal ve ekonomik ilişkileri, dağların ve ormanların kümeleniş biçimi belirler. Ekonomik kaynaklarının sınırlı oluşu, iç kısımlarla olan ulaşım bağlantılarının zayıflığı, kıyı kesimdeki yerleşmelerde nüfusun gelişimini olumsuz etkilemektedir (Sinop ÇED, 2004; Özdemir, 2007).

Sinop, Karadeniz Bölgesi'nin karayolu ağı bakımından en az gelişmiş illerinden birisidir. İlin topografik yapısının engebeli olması kıyıyla iç kesim arasındaki ulaşım bağlantısını güçleştirmekte, kıyı şeridinin dar olması, kıyı boyunca ulaşımı kısıtlamaktadır. Doğal yapısından kaynaklanan bu sınırlamalar nedeniyle, Sinop'taki karayollarının niteliği ülke genelinin gerisinde kalmıştır. Bununla beraber, doğal geçitleri izleyen karayolları genel olarak ilin birinci derecede ulaşım seçeneğidir.

Sinop il merkezi çevre merkezlere ve diğer bölgelere üç devlet yolu ile bağlıdır. Ayancık-Türkeli ekseni ile Batı Karadeniz bağlantısı Boyabat-Taşköprü ekseni ile Kastamonu ve İstanbul bağlantısı Gerze-Bafra-Samsun ekseni İç Anadolu ve Doğu Anadolu bağlantısı kurulmaktadır. Bunlardan; Gerze-Bafra-Samsun ekseni İç Anadolu ve Doğu Karadeniz bağlantısını sağlamakta olup, en önemli ve yoğun karayolu ulaşım yönüdür. Sinop'un doğusu yarımadaadan oluşmaktadır. Bu yarımadaanın güneydoğusundaki limana Büyük liman (İç liman), kuzeybatısındakine ise Akliman (Dış liman) adı verilmiştir. Orta Karadeniz bölümünün, son yıllara kadar ulaşılması en güç kesimlerinden birini teşkil eden Sinop'ta, liman faaliyetleri ve deniz ulaşımı önemini korumuştur.

Samsun-Sinop yolunun devamı olan Yakakent-Gerze arasında kalan yol 2013 yılında ulaşımına açılarak mesafe 35 km'ye indirilmiştir. Yol üzerinde 4 adet tünel, 5 adet viyadük, 9 adet alt ve üst geçit ve menfez şeklinde sanat yapıları bulunmaktadır. Samsun-Sinop yolunun bitirilmesiyle aradaki mesafe 160 km'ye inecektir.



Şekil 1. İnceleme alanına ait yer bulduru haritası

1.5. Morfoloji

Anadolu'nun en kuzeyinde üç tarafı denizlerle çevrili bir yarımada olan Sinop ili Orta Karadeniz Bölümünde yer almaktadır. İl, Anadolu'nun kuzeye doğru en çok ilerleyen ve İnceburun ile sonlanan kara çıkıntısına doğudan birleşen küçük bir yarımadanın, yamacına kurulmuştur. Sinop ili içindeki morfolojik yapı, yüksek dağlık alan, plato alanları, taban dolguları ve alüvyal düzlükler ve aradaki geçiş kuşağı olmak üzere dört ana birlikten oluşur. Yüksek dağlık alanlar inceleme alanın ortalarında yer alır ve yaklaşık kuzeybatı-güneydoğu yönünde uzanır. Dağlık alanın peneplenleşmesi sonrasındaki yükselmesiyle akarsular “V” şeklinde derin vadiler ve boğazlar oluşturmuştur. Dağlar arasında ve dağlarla sahil kesimi arasında kalan ovalar büyük düzlükler halindedir. Sinop'un Karadeniz kıyıları girintili ve çıkıntılı kıyılardır. Hopa'dan başlayan ve İstanbul Boğazında sonlanan Karadeniz kıyılarının hiçbir yerinde Sinop'taki kadar koy ve körfezlerle korunmuş limanlara rastlanmaz. Topraklarının % 74 dağlardan, % 23 platolardan, % 2 ovalardan oluşan il kuzeyden güneye doğru gittikçe yükselen bir morfolojiye sahiptir. Yarımada sahilleri çoğunlukla dik falezler şeklindedir. Sinop ili sınırı içinde kalan Karadeniz kıyıları girintili çoğunlukla yüksek, dik kıyı karakterindedir. Bununla beraber, akarsu ağızlarında küçük boyutta alçak kıyılar görülebilmektedir. Dağların ve platoların denizle birleştiği kesimlerde görülen dik kıyıların yükseklikleri Sinop'tan batıya ve güneye doğru artmaktadır. Deniz (dalga) erozyonuna fazla uğramış olan kıyılarda falezler oluşmuştur (Aktimur vd., 1993; Özdemir, 2005; Duman vd., 2007; Özdemir, 2007; Yeni, 2009; Asan, 2010; AB Eğitim ve Gençlik Programları Merkezi Başkanlığı, 2011).

1.6. İklim ve Bitki Örtüsü

Sinop ili, Doğu ve Batı Karadeniz iklim özelliklerinin iç içe geçtiği bir yöredir. İl merkezinde mevsimler arası sıcaklık farkları çok büyük olmamasına rağmen. Sinop'un kuzeyinde yer alan kıyı kesimlerde Karadeniz iklim tipi egemenken, ilin güney kesiminde ise kıyı boyunca uzanan dağlar nedeniyle, Karadeniz ikliminin etkisi giderek azalmakta ve karasal iklim tipi hakim olmaktadır. Dağların yükseltileri ve doğrultuları nedeni ile Orta Karadeniz'de denizel iklimin yayılım alanı, Doğu ve Batı Karadenize oranla daha geniştir. Bölgede dağların kıyıdan uzaklaşması ve yükseltilerin azalmasına bağlı olarak yıllık yağış

miktarı azalmaktadır (Şekil 2 ve 3). Sinop merkez ilçe meteoroloji gözlem istasyonundan alınan veriler ile Tablo 1’de verilmiştir.

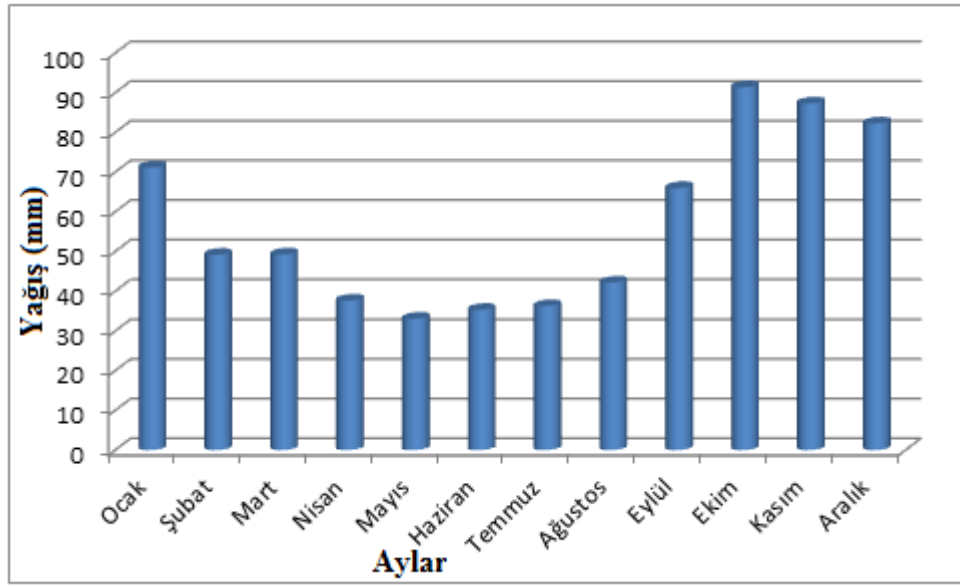
Yıl boyunca esen sürekli rüzgârlar etkilidir. İlin konumu, kuzey (yıldız) rüzgârlarının zaman zaman çok şiddetli esmesine yol açar. Yapılan 53 yıllık ölçümlere göre Sinop İlinin ortalama rüzgar hızı 4.3 m/s, en hızlı esen rüzgarın yönü Batı-Kuzeybatı, hızı ise 40.5 m/s’dir. Sonbahar mevsimine doğru hakim rüzgarlar kısmen BKB doğrultusundan esmekte, Mayıs ayında ise en sıklıkla ters yöndeki GD rüzgarları hakim olmaktadır.

Sinop’ta ortalama güneşlenme süresi ise 5.56 saat/gündür. Sinop kışın alçak basınç alanı içine girdiğinden, Balkanlar ve Sibiryâ Yüksek Basınç Merkezlerinden fırtına şeklinde gelen rüzgârlardan da etkilenir. Yazın, gündüzleri doğu (gündoğusu) ve kuzeybatı (karayel) rüzgârları değişimli olarak düşük bir hızla eser (Sinop ÇED, 2007)

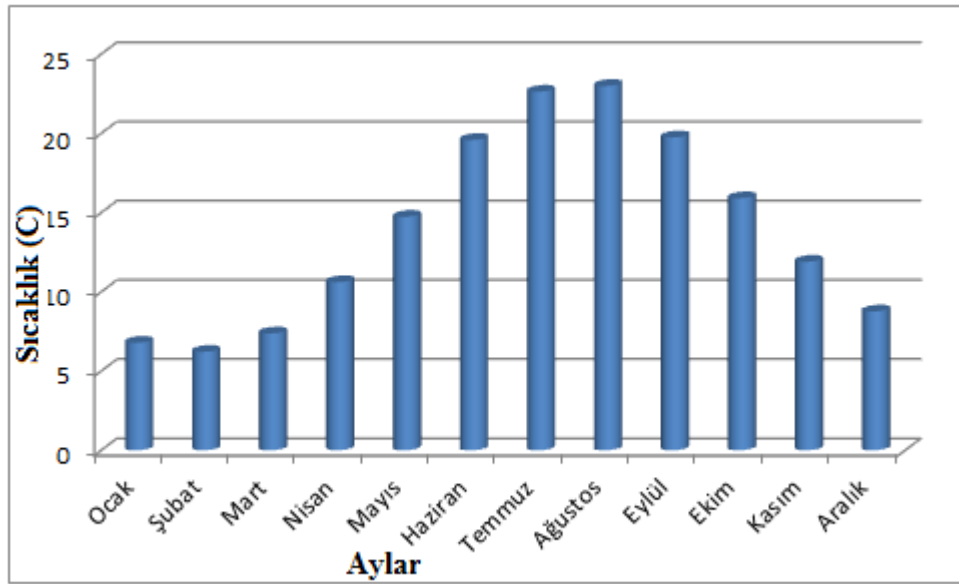
Tablo 1. Sinop ili aylık meteorolojik verileri (1975-2010, Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü).

Aylar	Yağış (mm)	Sıcaklık (C ⁰)	Aylık Maximum Nem (%)	En Hızlı esen rüzgâr yönü
Ocak	71.2	7	95	BKB
Şubat	49.2	6	95	KKB
Mart	49.3	7	96	BKB
Nisan	37.7	11	96	BKB
Mayıs	33.1	15	96	BKB
Haziran	35.3	20	95	BKB
Temmuz	36.3	23	95	BKB
Ağustos	42.2	23	94	BKB
Eylül	66.0	20	95	GGD
Ekim	91.4	16	96	BKB
Kasım	87.3	12	95	KKB
Aralık	82.3	9	95	BKB

Kışın ise, özellikle akşam saatlerinde kuzeybatı (karayel) ve güneybatı (lodos) rüzgarları etkili olur. Kıyılardan içeri doğru yağış karakteri değişir ve miktar azalır. Bunun nedeni, bol nem taşıyan hava kütlelerinin nemini kıyıda yamacına bırakıp iç kesimlere daha kuru bir şekilde ulaşmasıdır. Karadeniz dağlarından iç kesimlere doğru, dağların güney yamaçlarında yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve kar yağışlı olan kara iklimi görülür.



Şekil 2. 1975-2010 (36 yıl) yılları arasındaki toplam aylık yağış (mm) değerleri (Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü).



Şekil 3. 1975-2010 (36 yıl) yılları arasındaki toplam aylık sıcaklık (C⁰) değerleri (Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü).

Yazın belli bir dönem dışında, bütün yıl nemli ve yağışlı geçer. Yıllık yağışların, %30'u kış mevsiminde (Aralık, Ocak, Şubat), %18'i ilkbahar mevsiminde (Mart, Nisan, Mayıs), %16'sı yaz mevsiminde (Haziran, Temmuz, Ağustos) ve %36'sı sonbahar mevsiminde (Eylül, Ekim, Kasım) meydana gelmiştir.

Yörenin doğal bitki örtüsünü ormanlar oluşturmaktadır. Bitki örtüsü çok zengin ve yoğun olup yükselti kuşaklarına göre farklılaşmaktadır. Alanın kuzeyinde kayın hâkimiyetinde göknar, meşe ve gürgen ile yapmış olduğu karışık meşcereler mevcuttur. İlin kıyı şeridinde Akdeniz bitkileri de görülür. Meşe defne, karaağaç, çınar, fındık, kızılcık, kayın, gürgen, karaçam ve sarıçamdan oluşan bu bitki örtüsü, yükseltinin 1.800 metreye ulaştığı kesime dek yayılır. Günümüzde yörede seyrek şekilde zeytin ağaçları görülmektedir. Gerze ormanları kıyıdan iç kesimlere, kuzeyden, güneye doğru uzanır. Yörenin dağlık ve ormanlık oluşu tarımı büyük ölçüde etkilemektedir. Tarımsal alanlar, tarla tarımı alanları, bağ-bahçe ve çayır-mera alanlarını oluşturmaktadır. Tarım dışı alanlar funda ve orman ağaçları ile kaplıdır. (Koçak, 1993; Aktimur vd., 1993; Sinop ÇED, 2007; Yılmaz, 2007; Özdemir, 2007; Duman vd., 2007; BaYSSİ, 2008; AB Eğitim ve Gençlik Programları Merkezi Başkanlığı, 2011).

1.7. Ekonomik Durum

Sinop, Karadeniz’de, kuzeyindeki Bağımsız Devletler Topluluğuna en yakın deniz mesafesinde, Türkiye’nin modern, sakin ve olaysız illerinden bir tanesidir. Doğal güzelliği yanında çevreyi kirletmeyen sanayisi ile turizm sektöründe ilerleme yolundadır. Sinop ilinde ekonomi tarım, hayvancılık, sanayi, turizm ve diğer hizmetlere dayanmaktadır. İl nüfusunun yaklaşık olarak % 72’si tarım, % 20’si ise hizmet sektörü, % 8’i sanayide bulunmaktadır. Bununla birlikte coğrafi ko numu, topografyası, pazara uzaklığı, sermaye yetersizliği ve altyapısının tamamlanmamış olması kalkınmasında olumsuz etkiler yaratmaktadır. İlde kamu ve özel kuruluşlara ait toplam 106 adet sanayi tesisi mevcuttur. Bu sanayi kolları; gıda, hayvancılık, inşaat, kimya ve su ürünlerinden oluşmaktadır. Sinop da sanayi tesisleri küçük ölçekli olup sezonluk çalışan deniz mahsulleri işleme tesisleri çoğunluktadır ve sanayi sektörü; tarım, orman, toprak, su ürünleri ve diğer kaynaklara bağlı olarak gelişme göstermiştir (Sinop ÇED, 2007; Özdemir, 2007; AB Eğitim ve

Gençlik Programları Merkezi Başkanlığı, 2011; Sinop Belediyesi, 2010).

İlin ekonomik yapısına bakıldığında tarım sektörünün hâkim nitelikte olduğu görülmektedir. Tarım arazisi genellikle orman açması olup; engebeli, parçalı ve su erozyona açık alanlardır. İlin tarımsal yönden en büyük sorunu, arazinin çok parçalı ve dağınık olmasıdır. İlde tarımsal üretimde alet ve makine kullanımı masraflı olup sınırlıdır. Buna bağlı olarak alınan verim de düşük olmaktadır. Sinop ilinde arazi varlığı ve yapısı

nedenleri ile bitkisel üretim yerine hayvancılığa ağırlık verilmesi bunun göstergesidir (Sinop ÇED, 2007; Özdemir, 2007; AB Eğitim ve Gençlik Programları Merkezi Başkanlığı, 2011; Sinop Belediyesi, 2010).

İlin genel tarımsal durumunun bir parçası olarak hayvancılık da aile işletmeciliği karakterinde ve küçük birimler seklindedir. Sahil ve şehir yerleşim çevrelerinde büyükbaş, yüksek kesimlerde küçükbaş hayvan yetiştiriciliği daha fazladır. İlde arıcılık büyük çapta yeni tip kovanlarla yapılmakta olup, sahil şeridinin ilkbaharda sisli ve yağışlı olması, yaz sıcaklarının geç başlaması ve gezginci arıcılığın yaygın olmaması nedeniyle kovan basına alınan bal miktarı ticari arıcılığa oranla çok düşüktür (Özdemir, 2007).

Sinop, madenler açısından zengin değildir. Genel olarak birkaç adet mermer ocağı mevcuttur. Sinop merkez ilçede kuvars ve kumtaşı işletmeleri vardır. Sinop'ta özellikle akarsular üzerine kurulmuş barajlardan sulamada faydalanılmaktadır. İl, Türkiye'de rüzgâr potansiyelinin değerlendirilebileceği yerleşim birimleri ve rüzgar enerji verileri değerlendirildiğinde enerji miktarının en yüksek olduğu ilk on il içerisinde yer almaktadır.

1.8. Önceki Çalışmalar

Bu bölümde, tez çalışmasına temel oluşturabilecek, heyelan duyarlılık, tehlike, risk vb. haritaların üretilmesine ilişkin çalışmalar farklı başlıklar altında irdelenerek özetlenmiştir. Önceki çalışmalarda Sinop ili için heyelan araştırmaları yapılmış fakat alan için çok kapsamlı duyarlılık haritası üretilmemiştir. Bu nedenle, söz konusu bu çalışma ile literatürdeki ilgili boşluğun doldurulması hedeflenmiştir.

1.8.1. İnceleme Alanıyla İlgili Genel Çalışmalar

Gedik ve Korkmaz (1984), “Sinop Havzasının Jeolojisi ve Petrol Olanakları” isimli raporlarında, Sinop ilinin 1/100.000 ölçekli jeoloji haritasını hazırlamışlar ve incelenen alan içinde yer alan formasyonları ayrıntılı olarak çalışmışlardır.

Gedik vd. (1984), “Orta Karadeniz (Samsun-Sinop) Havzasının Jeolojisi ve Volkanik Kayaçların Petrolojisi” adlı çalışmalarında Orta Karadeniz Bölgesinde, temelde yer alan metamorfik kayaçlar üzerinde Liyas-Kuvaterner zaman aralığında çökelen kaya birimleri tanıtarak çeşitli evrelerde oluşan volkanik kayaçlarda yapılan petrolojik çalışmaları

sunmuşlardır. Çalışmalarının amacını, tortul kaya birimlerinin ayrıntılı stratigrafisini ortaya koymak ve birkaç evrede oluşan farklı kökenli volkanitlerin petrokimyasal incelemelerini yapmak ve kökensel yoruma gitmek olduğunu belirtmişlerdir.

Sonel vd. (1989a), “Bürnük (Boyabat-Sinop) Civarının Jeolojisi” adlı çalışmalarında, Bürnük civarında görülen istiflerin Sinop Havzası genelinde çökelmiş sedimanter birimlerin devamını oluşturduğunu tespit etmişlerdir. Havzada oldukça kalın sedimanter ve volkanosedimanter istifler yüzeyleme verdiğini belirlemişlerdir.

Sonel vd. (1989b), “Boyabat (Sinop) Havzası Ekinveren Fayının petrol aramalarındaki önemi” adlı çalışmalarında, Boyabat Havzası Pontid Kuşağındaki petrol olanakları bakımından en ümitli sedimanter havzalardan biri olduğunu belirtmişlerdir. Alan için ayrıntılı jeolojik çalışma yapmışlardır.

Aktimur vd. (1993), “Sinop İlinin Arazi Kullanım Potansiyeli” adlı raporlarında, Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı Sosyal Planlama Genel Müdürlüğü’nün isteğiyle Sanayi ve Ticaret Bakanlığının 1993 yılı yatırım planı doğrultusunda, Sinop ili sınırları içerisinde kurulması planlanan Organize Sanayi Bölgesi (OSB) yer seçimine esas olacak yerbilimi verilerinin toplanması, arazi kullanım potansiyelinin hazırlanmasına ve yer seçimine yönelik alternatif alanların belirlenmesine yönelik çalışmalarda bulunmuşlardır.

Sarı (1994), “Boyabat (Sinop) Yöresi (Triyas-Kretase) Birimlerinin Organik Fasiyes İncelemesi” adlı çalışmasında, bölgedeki formasyonların, organik jeokimyasal analizleri ve mikroskop incelemelerini yapmışlardır. Çalışmasında formasyonlara ait örneklerin organik jeokimyasal analizlerinin yorumlaması ve formasyonların organik fasiyeslerinin belirlenmesini amaçlamıştır.

Turoğlu (1998), “Sinop Şehri ve Çevresinde Arazi Kullanımı-Jeomorfolojik İlişkisi” adlı çalışmasında, Sinop ilinin jeomorfolojik ve insan kökenli fiziksel çevre problemlerine yeni bir bakış açısı getirerek imar planında yönlendirici olarak kullanılması gerektiğini belirtmiştir.

Turoğlu (1999), “Sinop-Gerze Arası Sahil Kesiminin Uygulamalı Jeomorfolojisi” çalışmasında, çalışma alanının ayrıntılı jeomorfolojik haritalarını hazırlamış ve aşınımın şekillerini değerlendirerek jeomorfolojik problemleri araştırmıştır.

Işık (1999), “Bir Heyelanın Nedenleri, Analizi ve Duraylılığı, Sinop Güneyi, Türkiye” adlı Yüksek Lisans tezinde Sinop ilinde meydana gelen 33 evler heyelanının nedenlerini, makaslama dayanımı parametrelerini ve en uygun iyileştirme tekniklerini belirlemeyi amaçlamıştır.

Özdemir (2002), “Sinop İlinde Doğal Afetlerden Etkilenen Yerleşmeler” adlı Doktora Tezinde, Sinop il idari sınırı içerisinde meydana gelen doğal afetler ve bu afetlerden etkilenen yerleşmeleri coğrafyanın araştırma yöntemlerini kullanarak açıklamaya çalışmıştır. Çalışmasını üç bölüme ayıran Özdemir, birinci bölümde Afet İşleri Genel Müdürlüğünden elde ettiği verilerle Sinop ilinde meydana gelen doğal afet türlerini tespit ederek nedenlerini açıklamaya çalışmıştır. İkinci bölümde ise il sınırları içerisinde doğal afetlerden etkilenen yerleşimlerin dağılışını yapmış ve bu yerleşimlerden örnek vermiştir. Üçüncü bölümde ise doğal afetlerden etkilenen yerleşimler ve alınan önlemler açıklanmıştır.

Özdemir (2005), “Sinop İlinde Etkili Bir Doğal Afet Türü: Heyelan” adlı çalışmasında, Sinop ilinde en çok meydana gelen doğal afet türünün heyelan olduğunu belirlemiştir ve heyelanların nedenlerini, coğrafya biliminin araştırma metotlarına göre açıklamaya çalışmıştır. Çalışmasında Sinop ilinde pek çok yerleşkede hasara neden olan heyelanların nedenleri üzerinde durmuştur.

Yerebasmaz (2006), “Gerze Kentsel Dönüşüm Örneğinin İncelenmesi Üzerine Bir Araştırma” adlı Yüksek Lisans tezinde, Kentlerde zaman içinde değişen dinamiklerin etkisiyle ekonomik, fiziksel, sosyal ve çevresel sorunların ortaya çıktığını, bu sorunları çözme kapsamında kentsel dönüşüm projelerinin üretildiğini belirtmiştir. Modernleşme sürecindeki değişimlerden en çok etkilenen ilçelerden biri olarak da Gerze kasabasını göstermektedir. Gerze kasabasındaki kentsel değişimlerin ve dönüşümlerin mimari yapıyı da oldukça etkilemediğini belirtmiştir. Yapılan çalışmada dönüşüme etki eden süreçler belirlenmiş bu süreçlerin Gerze sivil mimarisine, afet evlerine ve apartmanlarına, dönemindeki mimari yapıya olan etkisini incelemiştir. Çalışmanın sonucunda Gerze kentsel dönüşümünün 5 ayrı zamanda nasıl şekillendiğinden bahsetmektedir.

Sinop Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü (2007), “Sinop İli 2007 Çevre Durum Raporu” adlı çalışmada, daha önce hazırlanan 2004 ve 2006 raporlarının güncel hali olarak hazırlanmıştır. Bu raporda derledikleri bilgilerin ileride yapılacak çalışmalara ışık tutacağını ifade etmişlerdir.

Çellek (2007), “Gerze (Sinop) Yöresindeki Aktif Heyelan Alanlarının Mühendislik Jeolojisi Açısından İncelemesi” adlı Yüksek Lisans tezinde, Sinop ili Gerze ilçesinde kıyı kesimlerinde ve yerleşim yerlerinin yoğun olduğu merkezlerde yer alan heyelan alanlarındaki malzemelerin jeoteknik özelliklerini belirlemiş ve bu alanların heyelan duyarlılığını incelemiştir.

Asan (2010), “Hamsaros (Sinop) Volkanitlerinin Kökeni” isimli Yüksek Lisans tezinde, Sinop yakın çevresinde yüzeyleyen Geç Kretase yaşlı volkanik kayaçların mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerini belirlemiştir. Çalışmasında, Hamsaros volkanitlerini ayrıntılı olarak incelemiştir. Alanda yer alan, Yeni Konak Formasyonu-Kusuri Üyesi, Sinop Formasyonu, Sarıkum Formasyonu ve alüvyonları da incelemiştir.

1.8.2. Heyelan Envanteri, Duyarlılığı, Tehlikesi ve Riski ile İlgili Yapılmış Çalışmalar

1.8.2.1. Heyelan Envanteri, Duyarlılığı, Tehlikesi ve Riski ile İlgili Yayınlar

Heyelan duyarlılık haritaları ile ilgili çalışmalar son 30 yılda büyük gelişme göstermiştir. Konuyla ilgili ilk çalışmalar, Aniya (1985), tarafından yapılırken ilerleyen yıllarda, Atkinson ve Massari (1998), Fernandez vd. (1999), Dai vd. (2001a), Parise ve Jibson (2000), Wachal ve Hudak (2000) gibi araştırmacılar tarafından yapılan ve literatürde yerini alan çalışmalar hazırlanmıştır.

Gökçeoğlu ve Ercanoğlu (2001), “Heyelan Duyarlılık Haritalarının Hazırlanmasında Kullanılan Parametrelere İlişkin Belirsizlikler” isimli çalışmalarıyla, duyarlılık haritalarına farklı bir bakışla yaklaşmışlardır. Son on yıllık dönemde ise Lee vd. (2002a,b), Zezere (2002), Clerici vd. (2002), Ercanoğlu ve Gökçeoğlu (2002), Van Westen vd. (2003), Remondo vd. (2003), Corominas vd. (2003a,b), Lee vd. (2003), Çevik ve Topal (2003), Casagli vd. (2004), Lee (2004), Ermini vd. (2005), Go’Meza ve Kavazoğlu (2004), Süzen ve Doyuran (2004), Lee vd. (2004), Coe vd. (2004), Lee ve Choi (2004), Ayalew vd. (2004), Moreiras (2004), Ercanoğlu vd. (2004), Ercanoğlu ve Gökçeoğlu (2004), Ayenewa ve Barbieri (2005), Temiz (2005), Alparslan vd. (2006), Erener ve Lacasse (2007), Erener ve Kaynia (2007), Yalçın (2007b), Chuan vd. (2009), Tangestani (2009), Magliulo vd. (2009), Nandi ve Shakoor (2009), Ghosh vd. (2009), Kumtepe vd. (2009), Yılmaz (2009), Özdemir (2009), tarafından yapılan çalışmalarla heyelan duyarlılık haritaları büyük gelişme göstermiştir. Araştırmacıların seçtikleri parametrelerden, yöntemlere kadar duyarlılık haritalarının hazırlanmasında izlenicek işlem adımları için yol gösterici olmuşlardır.

Son yıllarda ise, Akıncı vd. (2010), Akgün ve Türk (2010), Nefeslioğlu vd. (2010), Melchiorre vd. (2011), Oh ve Lee (2011), Bai vd. (2011), Oh ve Pradhan (2011), Park

(2011), Goetz vd. (2011), Ghimire (2011), Bui vd. (2011), Vergari vd. (2011), Constantin vd. (2011), Ercanoğlu ve Temiz (2011), Lucà vd. (2011), Intarawichian ve Dasananda (2011), Avtar vd. (2011), Yalçın vd. (2011), Rozos vd. (2011), Nefeslioğlu vd. (2012), Akgün vd. (2012), Li vd. (2012), Costanzo vd. (2012), Xu vd. (2012a), Kavzaoğlu vd. (2012), Xu vd. (2012b), Wang vd. (2012), Rapolla vd. (2012), Yılmaz vd. (2012), Schicker ve Moon (2012), Conforti vd. (2012), Che vd. (2012), Kirschbaum vd. (2012), Lee vd. (2012), Erener ve Düzgün (2012), Bui vd. (2012a,b), Kayastha vd. (2012), Piacentini vd. (2012), Song vd. (2012a,b), Pourghasemi vd. (2012a), Mondal ve Maiti (2012), Rotigliano vd. (2012), Pourghasemi vd. (2012b), çalışmalarında farklı bölgeler için değişik ölçeklerde ve çeşitli yöntem ve parametreler aracılığıyla heyelan duyarlılık haritası hazırlamışlardır. Ayrıca seçtikleri yöntemler ve parametrelere ilişkin farklı yaklaşımlarla literatürde yeni bir dönem başlatmışlardır. Son dönem araştırmacıların ayrıntılı alan çalışmalarında detaydan kaçınarak, bulgular üzerinde yoğunlaşmışlardır.

Zanutta vd. (2006), Gökçe vd. (2006), “Kanungo vd. (2011), Yalçın (2011), , Alkeveli ve Ercanoğlu (2011), Aksoy ve Ercanoğlu (2012), Song vd. (2012), çalışmalarında heyelanların meydana gelişlerine ilişkin değerlendirmeler yapmışlardır. Araştırmacılar literatürde rastlanan parametre seçimi ve envanter uygulamasına jeoteknik çalışmalar gibi sağlam veriler ile yeni yaklaşımlarda bulunmaya çalışmışlardır.

Wang ve Li (2012), Miller vd. (2012), Bui vd. (2012), Matori vd. (2012), Wua, vd. (2001), çalışmalarında farklı bölgeler için heyelan tehlike zonları oluşturmuşlardır. Heyelan duyarlılık çalışmasının yanı sıra, heyelanların zamansal ve mekânsal olabilirliklerini detaylı olarak incelemişlerdir. Özellikle diğer çalışmalardan farklı olarak yağış verilerini de hesaplamalarda kullanmışlardır.

Demirci (2001b), “Büyükçekmece Gölü Doğusu Heyelan Alanları ve Risk Zonlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Tespiti”, Zhang vd. (2012) “Çin, Subao Havzası İçin Deprem Tarafından Tetiklenen Heyelanların Duyarlılık ve Risk Belirlemesi” adlı çalışmalarında risk haritası hazırlamışlardır. Bu amaçla çalışmalarında sismik verilerden de yararlanmışlardır.

1.8.2.2. Heyelan Duyarlılık Analizleri İlgili Yüksek Lisans ve Doktora Tezleri

Demirci (2001a), “ CBS Kullanımı ile Heyelanların Büyükçekmece Doğusundaki Dağılımı ve Çeşitleri”, Durmaz (2003), “Yalova-Orhangazi Arasındaki Bölgenin Heyelan

Envanteri” ve Alkeveli (2009), “Aster Uydu Verilerinin Heyelan Envanter Haritalamalarına Yönelik Kullanımının Araştırılması: Yenice-Gökçeboy (Batı Karadeniz Bölgesi)”, adlı Yüksek Lisans tezlerinde çalışma alanları için heyelan envanteri hazırlamışlardır.

Karakaya (2003), “Yalova-Orhangazi arasındaki Bölgenin Heyelan Duyarlılık Değerlendirmesi”, Çörekçioğlu (2004), “Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Yazı Havzasının (Orta-Çankırı) Heyelan Duyarlılık Değerlendirmesi”, Mazman (2005), “Coğrafi Bilgi Sistemleri ve İstatistiksel Analiz Teknikleri ile Kumluca Havzası (GD Bartın) Heyelan Duyarlılık Değerlendirmesi”, Görüm (2006), “Coğrafi Bilgi Sistemi Ve İstatistiksel Yöntemler Kullanılarak Heyelan Duyarlılık Analizi: Melen Boğazı ve Yakın Çevresi”, Yılmaz (2007), “Devrek Yöresi İçin Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Heyelan Duyarlılık Haritalaması”, Daş (2008), “Heyelan Duyarlılık Haritalarının Hazırlanmasında Yer İvmesinin Etkisinin İncelenmesi”, Hasekioğulları (2010), “Heyelan Duyarlılık Haritalarının Üretilmesinde Parametre Etkilerinin Değerlendirilmesi, Delikanlı (2010), “Coğrafi Bilgi Sistemi ile Yaka (Gelendost, Isparta) Bölgesinin Heyelan Duyarlılık İncelemesi”, Aksoy (2011), “Arhavi (Artvin) ve Çevresinin Heyelan Duyarlılık Analizi” adlı Yüksek Lisans tezlerinde farklı çalışma alanlarında değişik yöntem ve parametreler seçerek heyelan duyarlılık değerlendirme yapmışlardır.

Ercanoğlu (2003), “Bulanık Mantık ve İstatistiksel Yöntemlerle Heyelan Duyarlılık Haritalarının Üretilmesi: Batı Karadeniz Bölgesi (Kumluca Güneyi-Yenice Kuzeyi)”, Yalçın (2005), “Ardeşen (Rize) Yöresinin Heyelan Duyarlılığı Açısından İncelenmesi”, Dağ (2007), “Çayeli (Rize) ve Çevresinin İstatistiksel Yöntemlerle Heyelan Duyarlılık Analizi”, Yüksel (2007), “Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Heyelan Duyarlılık Haritalarının Oluşturulmasında İstatistiksel Yöntemlerin ve Yapay Sinir Ağlarının Kullanılması: Kumluca-Ulus (Bartın) Bölgesi”, Demir (2011), “Kuzey Anadolu Fayı Üzerinde Niksar-Suşehri Arasındaki Alanın CBS Tabanlı Heyelan Duyarlılık Analizi”, Şahin (2012) “CBS Tabanlı Çok Kriterli Karar Analizi Yöntemi Kullanılarak Heyelan Duyarlılık Haritasının Üretilmesi: Trabzon İli Örneği”, adlı Doktora çalışmalarında belirledikleri bölge, yöntem ve parametreler ile heyelan duyarlılık haritaları hazırlamışlardır.

Kutluca (2001), “İzmir İnşaat Alanı Bölgesi Potansiyel Tehlike Alanları, Örnek Çalışma: Altındağ Heyelan Bölgesi” adlı Yüksek Lisans tezinde, Yeşiloğlu (2006), “Eğirdir (İsparta) Yerleşim Merkezi İçin Heyelan Olası Tehlike Değerlendirmesi ve Haritalaması” adlı Yüksek Lisans tezinde, Nefeslioğlu (2008) “Toprak Akmalarına İlişkin

Tehlike Haritalarının Üretilmesi (Büyükköy Su Toplama Havzası, Çayeli, Rize)", adlı Doktora Tezinde ve Çil (2009) "Erdemli (Mersin) Yöresinin Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Heyelan Olası Tehlike Değerlendirmesi", adlı Yüksek Lisans tezinde, heyelan tehlike değerlendirmesi yapmıştır.

Gökçeoğlu (1993), "Mengen (Bolu, NE) Yöresi Heyelanlarının Araştırılması ve Potansiyel Risk Alanlarının Uzaktan Algılama Tekniği Kullanılarak Belirlenmesi", Özdemir (2007), "Havran Çayı Havzasının (Balıkesir) CBS Ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Taşkın ve Heyelan Risk Analizi", adlı Doktora tezinde, Yılmaz (2008), "Afete Duyarlı Planlama Kapsamında Planlama Jeorisk İlişkisi ve CBS ile Analizi, Bartın Kenti Örneği", adlı Yüksek Lisans tezinde ve Erener (2009), "Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Kullanılarak Heyelan Riski Belirleme Yaklaşımı" adlı, Doktora Tezinde çalışma alanları için risk haritası oluşturmuşlardır.

Tombuş (2005), "Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Erozyon Risk Belirlemesine Yeni Bir Yaklaşım, Çorum İli Örneği", adlı Yüksek Lisans Tezinde, Akgün (2007), "Ayvalık ve Yakın Çevresinin Erozyon ve Heyelan Duyarlılığının Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı İncelenmesi" adlı Doktora Tezinde, Altan (2010), "Şebinkarahisar (Giresun) ve Çevresinin Erozyon Riskinin Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak İncelenmesi" adlı Yüksek Lisans tezinde erozyon riskini belirlemeye çalışmışlardır.

Çırık (2009), "Ans Kampüs Alanı Zemin Bilgi Sistemi" adlı Yüksek Lisans Tezinde Afyon Kocatepe Üniversitesine bağlı Ahmet Necdet Sezer Kampüs (ANS) alanı için zemin bilgi sistemini oluşturmuştur

1.9. Heyelan Duyarlılık Analizine İlişkin Genel Değerlendirmeler

Heyelan envanter, duyarlılık, tehlike ve risk haritaları ile yapılmış literatürde bir çok çalışmaya rastlanmaktadır. Çalışmalarda seçilen alanların farklılığı nedeni ile yöntem ve parametre seçiminde genelleme yapılamamaktadır (EK 1). Değişik yıllarda yapılan ve farklı araştırmacıların yayınlarından elde edilen tablolar ile yöntem ve parametre seçimine yönelik istatistiksel veriler birçok araştırmacının çalışma konusunu oluşturmuştur.

Doktora tez çalışması kapsamında, daha önceden literatürde hazırlanan tablolar birleştirilerek, güncellenmiş, toplamda 293 çalışmadan oluşan genel bir değerlendirme yapılmıştır (EK 1). Bu çalışmalar ile jeolojik, topoğrafik, çevresel ve tetikleyici

parametreler ile kullanılan yöntemleri içeren tablolar oluşturulmuştur. Tabloda seçilen parametre ve yöntemlere ait kısaltmalar ve simgeler verilmiştir. Jeolojik ve çevresel faktörler içinde araştırmacılar tarafından en çok seçilen hazırlayıcı faktörün topoğrafik parametrelerin olduğu belirlenmiştir (EK 2). Çevresel Faktörlerden ise en çok tercih edilen parametrelerin bitki örtüsü ve arazi kullanımı olduğu belirlenmiştir (EK 3). Tetikleyici faktörler, en az tercih edilen parametrelerdendir (EK 4). Son olarak ise çalışmalarda kullanılan yöntemler incelenmiştir (EK 5). Çalışmalarda özellikle son dönemlerde Yapay zeka yöntemleri ile ağırlık oranı yöntemleri kullanılmıştır. Doktora çalışması kapsamında heyelan duyarlılık haritasının üretilmesinde AHP yöntemi kullanılmıştır. Yöntem, uygulama kolaylığı ve uzman görüşüne dayandığı için tercih edilmiştir.

1.10. Afet Kavramı

En geniş kapsamıyla, insanları birçok bakımdan etkileyen büyük felaketlere “doğal afet” denilmektedir. İnsanlar için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplar doğuran, gündelik yaşam faaliyetlerini durdurarak veya kesintiye uğratarak, insan topluluklarını etkileyen ve etkilenen topluluğun kendi imkân ve kaynaklarını kullanarak altından kalkamayacağı, üstesinden gelemeyeceği doğal, teknolojik veya insan kökenli olaylardır. Başka bir ifade ile can ve mal kaybına yol açan doğal olaylardır. Bilinen en eski çağlardan günümüze, her toplumun karşılaştığı, çoğu zaman da hazırlıksız yakalanmanın cezasını büyük kayıplarla ödemek zorunda kaldığı afetler sonucunda, insan hayatı ve sosyo-ekonomik sistem altüst olmaktadır. Nerede, ne zaman, hangi büyüklükte, nasıl ve ne türde meydana geleceği bilinmeyen afetler, var oldukları ilk günden bu yana insan topluluklarının can ve mal güvenliğine yönelmiş en büyük tehlikedir. Afetin ilk özelliği doğal olması, ikincisi can ve mal kaybına neden olması, bir diğeri çok kısa zamanda meydana gelmesi ve son olarak da başladıktan sonra insanlar tarafından engellenememesidir (Açıkgöz, 2007; Yılmaz, 2008; Yiğiter, 2008; Öztürk, 2009; Şahinalp, 2009; Baltacı, 2010; Durmuş, 2011).

Bir afeti oluşturan iki unsurdan bir tanesi “afeti meydana getiren olay”, diğeri de “olayın meydana geldiği toplum yapısıdır”. Bu bakımdan, bir toplum için afet olarak sayılan bir olay, başka bir toplum için afet sayılmayabilir. Bu, genellikle toplumların gelişmişlik durumlarıyla doğru orantılıdır. Ama bazen, afeti meydana getiren olayın büyüklüğü ve kapsamı o kadar fazla olabilir ki, bu durumda gelişmiş ülkelerde bile bahis konusu olan olay bir “afet” olarak tanımlanabilir. Yani, olayın insan yerleşimlerine, toplum

yapısına zararlı etkisi olması durumunda bir afet durumundan söz edilebilir. Afetler bazı kaynaklarda meteorolojik, jeolojik ve insan kaynaklı afetler olmak üzere üçe ayrıldığı gibi genel olarak doğal afetler ve teknolojik afetler (insan kaynaklı afetler) olarak ikiye ayıran sınıflandırma tercih edilmektedir (Açıkgöz, 2007; Baltacı, 2010).

I-Doğal Afetler: Oluşumları tabiat olaylarına dayanan afetlerdir. Ancak bu tür afetlerin bazılarında insan etkisi bulunabilmektedir. Hatta olayın meydana gelmesinde tetik rolü oynayan etken insan olabilmektedir. Ancak olayı hazırlayan faktörler ve olayın hazırlanışı, bölgedeki doğal özelliklere dayanmaktadır (Açıkgöz, 2007).

Doğal afetler kendi aralarında iki grupta incelenir;

a-Jeolojik Kökenli Afetler; Bunlar doğrudan doğruya kaynağını yer kabuğu yâda yerin derinliklerinden alan doğal afetlerdir. Jeolojik kökenli afetlerden en çok görülenler; deprem, heyelan, kaya düşmesi, çamur seli ve toprak kaymasıdır (Açıkgöz, 2007; Yılmaz, 2008).

b-Meteorolojik Kökenli Afetler; Meteorolojik şartlar ile doğrudan ve dolaylı olarak ilişkili olan doğal afetlerin tümü, meteorolojik afetler veya meteorolojik karakterli doğal afet olarak adlandırılmaktadır. Bunlar, atmosfer olayları sonucunda meydana gelen afetlerdir ve atmosfer olaylarının (sıcaklık, yağış, basınç ve rüzgâr) insan için yararlı olduğu sınırı aşmasıyla meydana gelir. Meteorolojik kökenli afetlerin en çok görülenler; sel, aşırı kar ve çığ, don, fırtına, tipi, yıldırım düşmesi, dolu, sis, kuraklık, orman yangınıdır (Açıkgöz, 2007; Yılmaz, 2008; Öztürk, 2009).

II-Beşeri Afetler; Bunlara, teknolojik ve insan kökenli afetler denilmektedir. Doğal olmayan, fakat insanlara ve çevreye büyük zararlar veren olaylardır. İnsan aktivite ve ihmallerinin neden olduğu için bunlar beşeri afetler olarak nitelendirilirler. Gelişen teknoloji ve değişen insan ilişkileri sonucunda ortaya çıkan ve etkileri ölçek olarak daha büyük boyutlarda olan afetlerdir. Bunlar arasında orman, yangınlarının bir kısmı, meskûn mahallerde görülen yangınlar, patlamalar, nükleer ve kimyasal kazalar, savaşlar, terörist saldırıları vb en önemlileridir. Çevre kirlenmesi (hava kirliliği, su kirliliği), toprak erozyonu, doğal ve ekolojik dengenin bozulması, yer altı kaynaklarının azalması ve su kaynaklarının aşırı tüketilmesi ve salgın hastalıklar da yine insan eliyle doğaya yapılan yanlış müdahaleler sonucu ortaya çıkabilecek afetler arasında sayılabilir. İnsan faaliyetlerinin afet tehlikelerini göz ardı ederek gerçekleştiriliyor olması afetin olası zararlarını en çok tetikleyen faktördür. Afet etkili ve zarar verici olması, insan faaliyetlerinin gelişimine göre paralellik göstermektedir. Doğal afet olarak bilinen yer

sarsıntısı, deprem, su baskını/sel, taşkın, fırtına, toprak kayması, kaya düşmesi, çığ gibi olgular aslında olağan doğa olayları olup bu doğa olaylarının bir afet olarak toplumları etkilemesi insanlar için ekonomik, sosyal kayıplara neden olması günlük yaşantıyı kesintiye uğratması, insanların doğaya müdahale biçimleriyle doğru orantılı olarak değişmektedir (Açıkgöz, 2007; Yılmaz, 2008; Baltacı, 2010).

Bazı afetler, başka bir afetin doğmasına yol açar. Örneğin erozyondan sonra tarım topraklarının yok olması tarım açısından önemli bir sorun olmaktadır. Hem meydana gelişi ve hem de doğurmuş olduğu zararın uzun süreli olması, bazı olayları afet dışında bırakmaktadır. Bunların başında da toprak erozyonu gelmektedir. Esasında toprak erozyonu, ülkeler ve insanlar için çok önemli zararlar doğuran hatta sonunda insanları göçe ve açlığa mahkum eden bir olaydır. Bu özelliği ile bir afet olma özelliği taşır, ancak ani olarak değil de çok uzun zaman içerisinde aşama aşama gelişmesi ve ayrıca insanlar tarafından önlenabilir olması, bu önemli olayın doğal afetler dışında tutulmasına yol açmaktadır. Sonuç olarak, hangi kaynaklı olursa olsun afetler meydana geldiği toplum yapısında bir bozulma meydana getirir ve paha biçilemez can kayıpları ve yaralanmaların dışında büyük ekonomik ve sosyal kayıplara da yol açarlar (Açıkgöz, 2007; Baltacı, 2010).

Doğal afetlerin açık biçimde görülen doğrudan etkilerinin yanı sıra, birçok dolaylı etkisi de mevcuttur. Bir afetin zararlarının giderilebilmesi için yıllarca harcama yapılması gerekebilmektedir. Zararların tamamen giderilmesi mümkün olmayıp, tehlikeler yaşam tarzlarını değiştirebilmektedir. Doğrudan etkiler; insan kaybı, hayvan kaybı, mesken hasarı, işyeri hasarı, tarımsal ürün kaybı, toprak kaybı, ulaşım yapılarının tahribi, ulaşım ve nakliyenin aksaması, haberleşme yapılarının tahribi, eşya kaybı ve tahribi, dolaylı etkiler ise işsizlik, psikolojik etki, fakirlik, salgın hastalık olarak özetlenebilmektedir (Yılmaz, 2008; Çağlar, 2010).

Bir afetin büyüklüğü genel olarak, olayın neden olduğu can kayıpları, yaralanmalar, yapısal hasarlar, sosyal ve ekonomik kayıpların büyüklükleri ile değerlendirilmektedir. Afetin tanımında da belirtildiği gibi, afet bir olay veya tehlikenin kendisi değil, yol açtığı kayıplar yani olumsuz sonuçlarıdır. Dolayısıyla afet, “Afet Riski = Tehlike x Hasar Görebilirlik” formülü ile ifade edilebilir. Bu formülden de anlaşılacağı üzere, tehlike ne kadar büyük olursa olsun, toplumun tehlikeyi belirleme, zararlarını azaltma, başa çıkma, yaşamı süratle normale döndürme kapasitesi yüksek ise yani hasar görülebilirlik düşükse, afet o kadar küçük boyutta olacaktır. Aksine tehlike küçüktü olsa, toplumun tehlikeyi belirleme, zararlarını azaltma ve başa çıkma kapasitesi yetersiz yani hasar görülebilirlik

yüksekse, afetin yol açtığı kayıp ve zararlar yine de büyük olacak ve küçük bir tehlike büyük bir afet sonucunu doğuracaktır. Afet riski, muhtemel tehlikeler (deprem, sel, fırtına vb.), riskten etkilenen unsurlar (insan, binalar, yollar vb.) ve bu unsurların tehlikeler karşısındaki mukavemetinin gösteren hasar görebilirliğin kesişmesiyle oluşmaktadır. Hasar görebilirlik kavramını, fiziksel hasar görebilirlik, sosyal hasar görebilirlik, ekonomik hasar görebilirlik, olarak gruplara ayırmakta mümkündür (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2004; Yılmaz, 2008; Öztürk, 2009).

Afet risk azaltma çalışmalarında, risk haritaları ve karar mekanizmalarının kullanacağı ilgili veriler geliştirilmeli ve periyodik olarak güncellenmelidir. Afetlerin oluşumu, etkisi ve sebep olduğu kayıpların düzenli istatistiksel veriler olarak kaydedilmesi, analiz edilmesi ve özetlenerek yayımlanması gerekmektedir. Bilgi sistemleri periyodik olarak güncellenmeli, gözden geçirilmeli ve erken uyarı sistemlerinin bir parçası olarak tesis edilmelidir. Bu doğrultuda araştırma, gözlem, analiz, haritalama ve mümkün olduğu durumlarda tahmin sistemlerinin geliştirilmesi için altyapının, bilimsel, teknolojik ve kurumsal kapasitelerin gelişimi ve sürekliliği desteklenmelidir. Yerel, ulusal, bölgesel ve uluslararası seviyede veritabanlarının ve bu veritabanlarının araştırma, değerlendirme ve gözlem amaçlı olarak yayımlanması ve paylaşılması doğrultusunda yaklaşımlar geliştirilmelidir. Risk belirleme, gözlemlene, erken uyarı oluşturma konularında bilimsel ve teknik yöntemler geliştirilmesi desteklenmelidir. Bu desteklere yersel ve uzay tabanlı gözleme sistemlerinin, coğrafi bilgi sistemlerinin, uzaktan algılama yöntemlerinin, tehlike modelleme ve tahminlerinin, iklim modelleme ve tahminlerinin kullanımının teşviki dâhildir. Bunlara ek olarak tehlike haritalarına, risk değerlendirmelerine ve kayıp analizlerine altlık olan verilerin kaydedilmesi, analiz edilmesi, özetlenmesi, yayımlanması ve paylaşılması konularında gerekli olan kapasitenin geliştirilmesi gerekmektedir (Menteşe, 2009).

1.11. Heyelan Terminolojisi

Heyelan değerlendirmelerine yönelik yapılan çalışmalarda çoğunlukla, duyarlılık, tehlike ve risk kavramları ile ilgili tanımlamalarda ve bu kavramların kullanımında bir karışıklık söz konusudur. Kimi çalışmalarda aynı anlamda kullanılan bu kavramlar bazen de birbirlerinin yerlerine kullanılmaktadır. Birbiri ile bağlantılı olan duyarlılık, tehlike ve risk kavramları aslında farklı tanımlamalara ve kullanımlara sahiptir. Konu anlatımlarında

kullanılan risk, tehlike, hasar görebilirlik vb. temel kavramlar ve aralarındaki ilişkilere yine bu bölümde yer verilmiştir (Özdemir, 2006; Yiğiter, 2008; Yılmaz, 2008; Aksoy, 2011).

Tehlike, insan toplulukları için olumsuz etkiler doğurma potansiyeli olan doğal, teknolojik ve insan kökenli her türlü etkeni ya da olayı, risk, gelecekteki belirli bir zaman içerisinde, belirli bir tehlikenin, bu tehlikeye maruz olan unsurlara verebileceği zararları; duyarlılık, dış olayların neden olduğu durumlara yatkınlık derecesini; zarar görebilirlik, bir toplumun, bir yapının veya hizmetin, tehlike oluştuğunda görebileceği zararın olası ölçüsünü ifade eder (Ergünay, 2002; Mazman, 2005; Özdemir, 2006; Yeşiloğlu, 2006; Akgün, 2007; Yüksel, 2007; Öztürk, 2009; Demir, 2011).

Olasılık (*Probability*): olası olarak ortaya çıkan toplam rakama (değere) özgül olarak beliren oranla ölçülen, özgül olarak oluşma ihtimali. “0 ve 1” arasında ve “0” oluşma olasılığının bulunmadığını, “1” ise oluşma olasılığının bulunduğunu ifade eder (Karakaya, 2003; Mazman, 2005; Özdemir, 2006).

Duyarlılık (*Susceptibility*): Bir bölgenin, göreceli olarak doğal olaya (heyelan, erozyon, sel vb.) karşı hassasiyetidir (Akgün, 2007).

Heyelan Duyarlılığı (*Landslide Susceptibility*): Bir bölge içerisindeki alanların, çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek gibi göreceli olarak heyelana karşı hassasiyetinin sınıflandırılması şeklinde tanımlanabileceği gibi yağış, deprem ve insan faktörü gibi tetikleyici faktörlerin değerlendirilmediği koşullar altında belirlenen heyelan olasılığı olarak da tanımlanabilmektedir (Dağ, 2007).

Tehlike (*Hazard*): Belirli bir zamanda ve belirli bir alan içerisinde potansiyel olarak zarar verme etkisine sahip bir olayın, oluşabilme olasılığıdır. Geometrik ve mekanik yönden tanımlanabilen doğal bir olaydır. Doğal veya insan kaynaklı olarak oluşan, toplum yaşantısını olumsuz yönde etkileyip, normal yaşantıyı kesintiye uğratabilecek nadir olaylardır.

Olası Tehlike (*Hazard*): belli bir zamanda belli bir bölgede heyelan olayının oluşma olasılığıdır (Karakaya, 2003; Mazman, 2005; Özdemir, 2006).

Risk kelimesi, gelecekteki belirli bir zaman içerisinde, belirli bir tehlikenin, bu tehlikeye maruz olan değerler veya tehlike altındaki unsurlara bunların zarar veya hasar görebilirliklerine bağlı olarak, verebileceği zararların tahmini miktarı olarak tanımlanmaktadır. Yani, heyelan sonucunda oluşabilecek can ve mal kayıplarının yanı sıra, oluşacak hasarın tahmini, ekonomik ve çevresel zararları beraber değerlendirilecektir.

Heyelan riski, belirli bir alanda heyelan tehlikesinin meydana gelmesi durumunda oluşabilecek kayıplardır. Bir olasılık derecesi ve ayrıca sağlığa, mal mülke veya çevreye

olan ters (olumsuz) etki olarak tanımlanabilir. Bir olayın meydana getirebileceği olumsuz sonuçların tümünü risk kavramını oluşturmaktadır. Risk kavramından bahsedebilmek için belirli bir yerde belirli bir büyüklükte bir tehlike veya olayın olması, mevcut değerlerin bundan zarar görmesi, etkilenme veya zarar görebilme oranlarının tahmin edilebilir olması gerekir. Risk pek çok durumda “olasılık x sonuç” olarak tahmin edilir. Tehlikenin ortaya çıkması durumunda meydana gelecek kayıpların belirlenmesidir. Şu gün için risk hesaplamaları için uygulanan pratik formül, “Risk = Tehlike x Tehlikeye Maruz Değerler x Zarar Görebilirlik” şeklindedir (Varnes vd., 1984; Anbalagan and Singh, 1996; Ergünay, 2002; Karakaya, 2003; Mazman, 2005; Özdemir, 2006; Yeşiloğlu, 2006; Yüksel, 2007; Dağ, 2007; Özkul ve Karaman, 2007; Yiğiter, 2008; Yılmaz, 2008; Aksoy, 2011).

Risk Değerlendirmesi (*Risk Assesment*): Bu Haritalarda olası tehlike ve onun potansiyel sonuçlarıyla ilgili olarak insan yaşamını etkileyen, ekonomik etkileri olan veya çevresel değişikliklere neden olan şeyler belirlenir. En basit ve yaygın yaklaşım olası tehlike haritaları üzerine arazi kullanım haritalarının oturtulması şeklinde olur. Arazi kullanımına bağlı olarak değişik riskler üretilebilir, buna karşılık aynı zamanda farklı olası tehlikeler de aynı araziye etkileyebilir. Risk analizinin ve risk gelişiminin sürecini ifade eder (Karakaya, 2003; Mazman, 2005; Özdemir, 2006).

Risk Analizi (*Risk Analysis*): Çevre, toplum ve insanların olası tehlikelerden mevcut bilgiler kullanılarak risklerin tahmin edilmesidir. Risk analizleri genellikle olası tehlikenin belirlenmesi ve riskin tahmini aşamalarını kapsar (Karakaya, 2003; Mazman, 2005; Özdemir, 2006).

Risk Tahmini (*Risk Estimation*): Sağlık düzeyini, mal mülk durumunu veya analiz edilen ortamsal risklerin değerlendirilmesini ortaya koymada kullanılan süreçtir. Risk tahmini sıklık analizi, sonuç analizi ve bunların entegrasyonu aşamalarını kapsar (Karakaya, 2003; Mazman, 2005; Özdemir, 2006).

Etkilenme Derecesi/Hasar Görebilirlik (*Vulnerability*): Bir eleman veya elemanlar dizisi için kayıp derecesini ifade eder. Risk altındaki bir nesne ya da grup üzerinde, büyüklüğü ve şiddeti verilen bir doğal olayın sonucunda meydana gelen kaybın derecesidir. Başka bir deyişle hasar görebilirlik, tehlikeye maruz olan bir unsurun ya da unsurlar grubunun (insan, yapı, yaşam, sosyo-ekonomik düzen gibi), tehlikenin meydana gelmesi halinde, görebileceği, fiziksel, sosyal veya ekonomik kayıp ve zararların ölçüsü olarak tanımlanabilir (Ergünay, 2002; Karakaya, 2003; Mazman, 2005; Akgün, 2007; Yiğiter, 2008).

Mekânsal Olabilirlik (Spatial Probability): Bir alandaki doğal tehlikenin mekânsal olabilirliği, duyarlılık haritaları yardımıyla değerlendirilebilmektedir. Çalışılan saha çok geniş olduğunda, genellikle istatistiksel yöntemler ve matematiksel modeller kullanılarak dolaylı yoldan üretilen duyarlılık haritaları kullanılmaktadır. Heyelan olası tehlike haritalarının üretimi esnasındaki önemli parametrelerden biri olan mekansal olabilirlik kavramı, heyelan duyarlılık haritaları ile ortaya konulmaktadır. Bir alandaki doğal tehlikenin mekansal olabilirliği, duyarlılık haritaları yardımıyla değerlendirilebilmektedir (Özdemir, 2006; Yeşiloğlu, 2006; Nefeslioğlu, 2008; Çil, 2009).

Zamansal Olabilirlik (Temporal Probability): Belli yamaçlarda heyelanların ne zaman oluşabileceğinin tahminidir. Deprem, yağış, rezervuardaki su seviyesi değişimleri gibi geçici ve periyodik olaylarla ilgili olarak tahmin edilebilmektedir (Karakaya; 2003; Mazman, 2005; Özdemir, 2006; Yeşiloğlu, 2006; Çil, 2009).

1.12. Heyelan Harita Çeşitleri

1.12.1. Heyelan Envanter Haritaları

Bu haritalar en temel heyelan haritalarıdır ve yamaç hareketinin yerini, tipini ve aktivite durumuyla ilgili bilgiler sunar. Bu haritaların hazırlanışında hem niteliksel (kalitatif) hem de niceliksel (kantitatif) analizler kullanılabilir. Heyelan duyarlılık değerlendirmelerinin en önemli aşaması, heyelan envanterinin ve heyelan oluşumunda etkin olduğu düşünülen parametrelere ilişkin veri tabanının oluşturulmasıdır. Çünkü geçmişe yayılmış hareketlerin yayılımı gelecekteki heyelan bölgeleri için bir ipucudur ve mevcut heyelanlara ait haritalar tehlikeyi tahmin etmeye yardımcıdır. Ayrıca, heyelan duyarlılık, tehlike ve risk modellemeleri için temel altlık olmasından ötürü son derece büyük bir öneme sahiptir. Diğer bir deyişle, yapılacak değerlendirme veya modelleme türü ne olursa olsun, herhangi bir heyelan çalışmasının başlangıç aşamasındaki en önemli unsurlardan biri olarak değerlendirilmektedir. Heyelan envanter haritaları, heyelan oluşumuna ilişkin tarihsel kayıtlar, uydu görüntüleri, hava fotoğrafı yorumlamaları ve arazi çalışmalarına dayalı olarak oluşturulmaktadır. Buna rağmen asıl amacı heyelanların dağılımlarını göstermektir. Bu haritalar herhangi bir zamanda arazinin o andaki durumunu yansıtır. Geçmişe ait aktivitelere ilişkin bilgilerin verilebilmesine rağmen zamansal gelişimi ve değişimi hakkında bilgi vermezler. Çoğu araştırmacı heyelan envanter

haritalarının oluşturulmasında, en az iki veya üç yöntemin birleştirilerek kullanılmasını savunmaktayken, bazı araştırmacılarda saha çalışmaları ile hazırlanan heyelan envanter haritalarının daha güvenilir olduğuna dikkat çekmektedirler. Heyelan envanter haritaları diğer ek haritaların üretilmesi için temel gerekliliktir. Buna rağmen asıl amacı heyelanların dağılımlarını göstermektir (Van Westen, 1994; Parise, 2001; Karakaya; 2003; Durmaz 2003; Çörekçioğlu, 2004; Mazman, 2005; Yalçın, 2005; Özdemir, 2006; Görüm, 2006; Yüksel, 2007; Akgün, 2007; Nefeslioğlu, 2008; Alkeveli, 2009; Delikanlı, 2010; Hasekioğulları, 2010).

1.12.1.1. Heyelan Envanter Haritalarının Hazırlanması

Haritalarının hazırlanmasında literatür çalışmalarıyla elde edilen tarihsel veri kayıtları incelenerek veri tabanı oluşturulmalıdır. Bu veri setine, Maden Teknik Arama (MTA) ve Afet İşeri Genel Müdürlüğü (AİGM)'den bölgede daha önceden meydana gelmiş olan heyelan kayıtları ve ilgili haritalar temin edilir. MTA Genel Müdürlüğü tarafından 1997 yılında bölgesel ve ulusal ölçekte heyelan envanter haritalarının oluşturulmasına yönelik olarak başlatılan proje, 2005 yılında tamamlanmıştır. Bu proje ile 1/25000, 1/100000 ve 1/500000 ölçekli heyelan envanter haritaları oluşturulmuştur.

Literatür ve uydu görüntülerine dayalı olarak elde edilen envanter ve parametre haritalarının arazi çalışmalarıyla kontrol edilmesi ve haritaların güvenilirliğinin belirlenmesi gerekmektedir. Bazı araştırmacılar geleneksel yöntemlerin kullanımını savunmaktayken diğer araştırmacılar ise özellikle yüksek ve orta çözünürlüklü uydu görüntülerinin kullanımının heyelan envanter haritalamalarında daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmektedirler. Bununla birlikte, bilgisayar ve uydu teknolojilerindeki son 20 yıl içinde meydana gelen gelişmelere de koşut olarak, özellikle uydu görüntülerinin kullanımında bir artış söz konusudur (Yüksel, 2007; Alkeveli, 2009).

Hava fotoğrafları bölgesel ölçekli (1/200.000), büyük ölçekli ($> 1/25.000$) ve orta ölçekli (1/25.000-1/200.000) haritalarının hazırlanmasında kullanılmaktadır. Ayrıntılı hava fotoğrafı yorumlamaları heyelan envanter haritaları değinilen ölçeklerde oluşturulur. Söz konusu haritaların üretilmesinde, hava fotoğrafı yorumlamalarının kullanılmasının en önemli sınırlaması, yorumlamaları yapan araştırmacının tecrübesine bağlı olarak öznel olması ve haritanın güvenilirliğinin belirlenmesinin güç olmasıdır. Geleneksel yöntemler içinde değerlendirilen topoğrafik harita analizleri (düzensiz ve karşıt konturların varlığı),

hava fotoğrafı yorumlamaları ve saha çalışmalarının bir arada bütünleşik olarak kullanıldığı yöntembilim, heyelan envanter çalışmalarının ve haritalamalarının temelini oluşturmaktadır. Topoğrafik haritaların kullanımı küçük boyutlu heyelanların belirlenmesinde çoğunlukla yetersiz kalmaktayken, hava fotoğrafı yorumlamalarının zaman alıcı olduğu belirtilmektedir. Ayrıca, hava fotoğraflarının belirli hava koşullarında ve zaman dilimleri içerisinde alınması gerekliliği de bulunmakta ve heyelan taş kesiminin çevresi ile renk, ton ve kontrast farklılığı yaratması gerekmektedir. Ancak, yüksek maliyetli olması ve özellikle dağlık ve engebeli topoğrafyalarda bu tür saha çalışmalarının gerçekleştirilmesinin hemen hemen olanaksız olması, saha çalışmalarının uzaktan algılama (UA) yorumlamalarından sonra doğrulama amaçlı yapılması önerilmektedir. Tüm bu sınırlamaların yanında hava fotoğrafı yorumlamaları, heyelan yerlerinin belirlenmesinde 1990'lı yılların sonunda bile yaygın olarak kullanılan temel uzaktan algılama (UA) yöntemi olarak ortaya çıkmaktadır. Hava fotoğrafı yorumlamaları, heyelan envanterlerinin oluşturulmasında günümüz koşulları için vazgeçilmez bir yöntembilim olarak görülmektedir (Yüksel, 2007; Alkevi, 2009).

Büyük ölçekli ($>1/25.000$) haritalar kullanılarak heyelan envanter haritaları oluşturulmaktadır. Tarihsel veri kayıtları temel alınarak, heyelanlar yerinde incelenir, haritalanır ve özellikleri belirlenir. Saha çalışmaları ile heyelan envanter haritaları değinilen ölçeklerde oluşturulur. Sınırlaması, öznel ve araştırmacının tecrübesine bağlı olmasıdır. Ölçeğe göre heyelan envanter haritasının hazırlanması aşağıdaki gibidir;

Bölgesel Ölçekli Envanter Haritaları ($<1/200\ 000$): Heyelan envanter haritalarının hazırlanması, literatür çalışmalarıyla elde edilen tarihsel veri kayıtları veya hava fotoğrafı yorumlamaları ile gerçekleştirilmektedir (Yüksel, 2007).

Orta Ölçekli Envanter Haritaları ($1/25\ 000-1/200\ 000$): Genellikle hava fotoğrafı yorumlamaları ile oluşturulmakta ve üretilen haritaların doğruluğu sınırlı arazi çalışmalarıyla kontrol edilmektedir (Yüksel, 2007).

Büyük Ölçekli Envanter Haritaları ($>1/25\ 000$): Arazi çalışmaları ya da hava fotoğrafı yorumlamaları ile birlikte geniş kapsamlı arazi çalışmalarıyla oluşturulmaktadır (Yüksel, 2007).

İncelenen hava fotoğrafı setlerinden tespit edilen heyelanlar arazi kontrolleri yapılarak test edildikten sonra topografya paftalarına işlenerek daha sonra bu haritalar taranıp bilgisayar ortamına aktarılır. Coğrafi bilgi sistemleri ortamında yersel doğrulukları belirlenerek sayısallaştırılır. Envanter haritası, kütle hareketi görülen alanların vektör

olarak sayısallaştırılması ile oluşturulur. Heyelan alanları poligon olarak sayısallaştırılır, daha sonra tüm poligon vektör formatındaki veriler, analizde kullanılmak amacıyla, daha önce oluşturulan verilerle aynı kolon ve sıra sayısında raster veri formatına dönüştürülür.

1.12.2. Heyelan Duyarlılık Haritaları

Bir bölge içerisindeki alanların, çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek gibi göreceli olarak heyelana karşı hassasiyetinin sınıflandırılması şeklinde tanımlanabileceği gibi yağış, deprem ve insan faktörü gibi tetikleyici faktörlerin değerlendirilmediği koşullar altında belirlenen heyelan olasılığı olarak da tanımlanabilmektedir. Heyelan duyarlılığı değerlendirme çalışmaları, bir bölge içerisindeki alanların, göreceli olarak heyelana karşı hassaslığının sınıflandırılmasıdır. Heyelan duyarlılığının değerlendirilmesinde, “geçmiş ve bugün, geleceğin anahtarıdır” ilkesine dayanarak, geçmişte heyelanların oluşmasına neden olan parametreler dikkate alınmakta ve gelecekte oluşacak potansiyel duraysız alanlar, belirlenmeye çalışılmaktadır. Bu sayede, incelenen alanların heyelana karşı duyarlılığının belirlenmesi mümkün olacak ve incelenen alan için heyelan oluşumuna neden olabilecek faktörlerin değerlendirilmesiyle, daha sonraki zamanlarda heyelan olayının gelişebileceği potansiyel alanlar tespit edilebilecektir. Burada temel esas, güncel veya daha önce meydana gelmiş heyelanların özellikleri belirlenerek, heyelan oluşumunda etkin olabilecek parametrelerin bir arada değerlendirilmesi şeklindedir. Özellikle bölgesel ölçekte hazırlanacak heyelan duyarlılık haritalarında kullanılacak parametrelerin değerlendirilmesinde izlenecek yöntemlerde, sağlıklı bir heyelan veri tabanı kullanılması gerekmektedir. Heyelan duyarlılık haritalarının üretilmesi ve heyelan riski taşıyan alanların belirlenmesi afet planlamaları için kritik bir işlem adıdır. Heyelan duyarlılık haritalarının üretiminde, arazide heyelanlarla ilgili ne kadar ayrıntılı veri elde edilirse, üretilen heyelan duyarlılık haritaları da o kadar hassas olacaktır. Üretilen haritaların doğruluğu can ve mal kayıplarının azaltılması açısından büyük önem arz etmektedir. Heyelan riski taşıyan alanların belirlenmesi yeryüzünün farklı özelliklerini gösteren katmanların bir arada değerlendirilmesini gerektirmektedir. Son yıllarda bilgisayar teknolojisinin gelişmesi, kullanılan programların da bu yönde artmasına ve çeşitlenmesine sebep olmuştur. Bu yönde, gerek coğrafi bilgi sistemleri (CBS) gerekse Uzaktan Algılama (UA) tekniklerinin kullanımı artmış ve elde edilen veride, çeşitlenme, detaylama ve hassasiyeti de beraberinde getirmiştir. Bu tekniklerin kullanımı ile sayısal harita

hazırlanmasına ilişkin yöntemlerin de çoğalmasi özellikle heyelan gibi doğal afetlerin zararlarının azaltılmasına yönelik çalışmaları artırmıştır (Yalçın, 2005; Özdemir, 2006; Görüm, 2006; Akgün, 2007; Yüksel, 2007; Dağ, 2007; Delikanlı, 2010; Demir, 2011; Kavzaoğlu vd., 2012).

1.12.2.1. Heyelan Duyarlılık Haritalarının Hazırlanması

Heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasında izlenen işlem adımları, üç aşamada değerlendirilebilir. Bunlardan ilki araştırmaya konu verilerin üretilmesi, ikincisi üretilen verilerin modele uygulanması ve sonuncusu da modelin uygulanmasından elde edilen verilerle heyelan duyarlılık haritasının elde edilmesi ve değerlendirilmesidir. Bu çalışmalarda, heyelan duyarlılık haritalarının üretilmesine yönelik olarak arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları sonucu elde edilen verilerle konumsal veri tabanı oluşturulur. Bu tür çalışmalarda, incelenen alanda heyelanların meydana gelmesine neden olabilecek faktörler değerlendirilerek, daha sonraki doğal süreçte heyelan oluşumundan etkilenebilecek olası duraysız alanlar belirlenmektedir

Uygun arazi haritalama biriminin seçilmesi heyelan duyarlılık analizlerinin ilk aşamasını oluşturmaktadır. CBS esaslı heyelan duyarlılığının belirlenmesinde kullanılan değişkenler heyelan incelemesinin yapıldığı yerin özelliklerine ve araştırmacıya göre farklılıklar göstermektedir. Duyarlılık çalışmalarında heyelanlarla yakın ilişkisi olan, kolaylıkla belirlenebilen ve haritalanabilir özellikteki parametrelerin seçilmesi önemlidir. Duyarlılık incelemelerinde, topografik eğim, eğim yönü, deniz seviyesinden yükseklik, yamaç profil eğriliği, yamaç plan eğriliği, yamaç tanjansiyel eğrilik, topografik nem indeksi, yeraltısuyu derinliği, akarsu aşındırma indeksi, akarsu sediment taşıma indeksi, litoloji, ayrışma-bozuşma derecesi, ayrışma-bozuşma derinliği, tabakalanma doğrultu ve eğim yönünün yamaçla ilişkisi, rölatif geçirgenlik, arazi kullanımı, süreksizlik, yer malzemesinin jeomekanik değerleri, drenajlara uzaklık/yakınlık, drenaj yoğunluğu, yollara uzaklık/yakınlık, yol yoğunluğu, faylara uzaklık/yakınlık, fay yoğunluğu, deprem ivmesi, yağış türü ve miktarı, süresi v.b. gibi çok sayıda değişken yaygın olarak kullanılmaktadır. Heyelan duyarlılık çalışmalarında hem güncel hem de geçmişte meydana gelmiş heyelanların özelliklerinin belirlenmesi ve bu heyelanların oluşumunda etkili olabilecek parametrelerin bir arada değerlendirilmesi gerekmektedir. Özetle heyelan oluşumunda etkili olabileceği düşünülen parametrelere ait haritalar oluşturularak, bu parametrelerin

etkileri hesaplanan ağırlık değerleri ile belirlenmekte ve bu değerlerin kullanılması ile gerçekleştirilen işlemler sonucunda heyelan duyarlılık haritaları oluşturulmaktadır (Dağ, 2007; Delikanlı, 2010; Aksoy, 2011).

Çeşitli yöntemlerle yapılan hesaplamalar sonucunda veri katmanı bazında ağırlıkları belirlenerek heyelan duyarlılık analizleri yapılır. Bu ağırlık değerlerinden büyük olanı, heyelan duyarlılığına olan etkinin fazla olduğuna işaret etmektedir. Bu analizin temeli, her katmandan aynı bir pikselin alacağı özellik ile bunun matematiksel değeri ve heyelan duyarlılık haritasının üretimindeki etkisini belirlemeye dayanmaktadır. Her bir katmanın alt kriterlerine karşılık gelen ağırlık değerleri (piksel faktör puanı) ait oldukları piksellere atanır ve katmanların belirlenen ağırlık değerleri (piksel ağırlığı) piksel faktör puanıyla çarpılarak sonuç haritası üretilir (Yalçın, 2005).

Bu metodlara göre yapılan analizler sonucunda, heyelan duyarlılık haritası üretilir, bu haritada piksel değerleri eşit şekilde bölünerek çok düşük duyarlı, düşük duyarlı, orta duyarlı, yüksek duyarlı ve çok yüksek duyarlı olmak üzere farklı duyarlılık zonu tanımlanır, yapılan analizler sonucunda, duyarlılık zonlarının çalışma alandaki alan ve yüzde dağılımları belirlenir. Oluşmuş heyelanların gösterildiği heyelan envanter haritasındaki alanlar, heyelan duyarlılık haritası ile karşılaştırılır. Daha sonra, mevcut heyelan alanlarının duyarlılık zonlarına göre dağılımları belirlenir.

Üretilen heyelan duyarlılık haritasında, ayırtlanan duyarlılık zonlarına göre yerleşim yerlerinin dağılımlarını belirlemek için CBS ve dijital fotogrametri teknikleri kullanılarak bir dizi analiz gerçekleştirilir. Bu amaçla çalışma alanı dışında yoğun yerleşim alanı dışında kalan binalar, noktasal olarak hava fotoğraflarından tespit edilir ve sayısallaştırılır. Gerekli analizlerin yapılabilmesi için, tespit edilen evlerin konumlarının gösterildiği harita heyelan duyarlılık haritası ile karşılaştırılır. Üretilen heyelan duyarlılık haritası ile binaların konum haritası kullanılarak analizler yapılır ve konutların heyelan duyarlılık alanlarına göre dağılımları belirlenerek tablo olarak gösterilir. Elde edilen tabloya göre evlerin % dağılımlarına bakılarak hangi derecede heyelana duyarlı alanlar içerisinde kaldığı belirlenir. Bu verilere göre, yörede yaklaşık olarak kaç kişinin her an heyelan tehlikesi ile karşı karşıya olduğu belirlenebilir (Yalçın, 2005).

1.12.2.2. Heyelan Duyarlılık Haritalarının Sınıflandırması

Heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasında ki temel aşamalarda biri de haritanın en uygun şekilde sınıflandırılmasıdır. Genellikle çok düşük duyarlı, düşük duyarlı, orta duyarlı, yüksek duyarlı ve çok yüksek duyarlı olarak beş sınıf oluşturulmaktadır. Temel duyarlılık sınıflarına göre karşılaşılabilecek durumlar ise aşağıdaki gibi özetlenebilmektedir;

I- Düşük Duyarlılık Sınıfı: Arazinin aynı durumda kalması koşuluyla gelecek dönemlerde herhangi bir yıkıcı olayın gelişmesi beklenmemektedir. Buna rağmen yetersiz inşaat ve alt yapılar probleme yol açabilir (Çil, 2009).

II- Orta Duyarlılık Sınıfı: Bu alanlarda orta olasılıkta yıkıcı olayların oluşabileceği ve bunların da alt yapı ya da binalara zarar vereceği yerlerdir. Buna rağmen hasar çok lokal ve pahalı olmayan ve basit iyileştirme yöntemleriyle önlenabilir (Çil, 2009).

III- Yüksek Duyarlılık Sınıfı: Bu tür alanlarda yıkıcı olayların olasılığı yüksektir. Burada bina ve alt yapılarda oldukça hasar beklenmektedir. Bu kesimlerde yeni alt yapı ve bina yapılması tavsiye edilmez veya en azından ayrıntılı çalışmalar sonucu yapılabilir (Çil, 2009).

1.12.3. Heyelan Tehlike Haritaları

Tehlike haritaları tekrarlanma periyotları veya olasılıkları gibi kesin anlamdaki hiçbir tahmini kapsamaz, fakat olası olayları belirler (Karakaya, 2003; Mazman, 2005; Özdemir, 2006). Bu tanım büyüklük, coğrafik konum ve zaman gibi faktörleri bir arada içermektedir. Ancak, bu tür çalışmalar yapılarak, heyelan tehlike değerlendirmelerinin gerçekleştirilmesi, uygulama açısından zordur. Çünkü büyük alanlar için potansiyel zarara neden olabilecek bir heyelanın oluşma olasılığının belirlenmesi güçtür (Dağ, 2007). Heyelan tehlike haritaları, var oluşundan meydana gelen duraysız koşulları veya gelecekte meydana gelebilecek yamaç yenilmelerini ifade eder. Genel olarak her biri farklı seviyelerde bilgi ve detay sağlayan iki çeşit heyelan tehlike haritası vardır, bunlardan ilki, heyelan duyarlılık haritalarıdır, temelinde (içerisinde) bölgesel veya yerel özellikleri olan gelecekte olabilecek heyelanların ilişkisini anlatır. Heyelan tehlikesi, belirli bir alanda ve belirli bir zaman içerisinde, heyelanın oluşma olasılığıdır. Heyelan tehlike haritalarının üretilmesindeki ilk aşama, heyelan oluşumu ile heyelan oluşumuna neden olabilecek

parametreler arasındaki ilişkilere dayalı olarak heyelan duyarlılığının değerlendirilmesidir. Sonraki aşamada ise genellikle şiddetli yağış ve deprem gibi, heyelanların tetiklenmesine neden olan parametreler belirlenmekte ve heyelanın oluşma olasılığı değerlendirilmektedir (Yüksel, 2007). İkincisi, potansiyel heyelan haritalarıdır. Tetikleyici (elverişli) olaylarla ilişkili olası (hassas) heyelanları anlatır. Potansiyellerde genellikle, hassasiyeti arttıran üç temel faktör belirlenerek, deprem veya aşırı yağış gibi tetikleyici olayların olma (meydana gelme) olasılığı tahmin edilir veya ölçülür (Karakaya; 2003; Mazman, 2005; Demir, 2011).

Literatürde heyelan tehlike haritaları, çoğunlukla olası tehlike haritaları şeklinde üretilmekle beraber göreceli olası tehlike haritalarına da rastlanılmaktadır.

Olası tehlike (hazard) hakkında yapılan ilk tanımlarda, zarar verebilme potansiyeline sahip herhangi bir doğa olayının (örn, heyelan) belirli bir alanda ve belirli bir zaman aralığında gerçekleşme olasılığı olarak tanımlanmaktadır. Bu tanım günümüzde de oldukça kabul görmesine rağmen özellikle heyelanlar açısından bakıldığında son yıllarda yapılan çalışmalar da dahil olmak üzere olası tehlike (hazard) terimi kullanılarak gerçekleştirilen çalışmaların çoğunun aslında duyarlılık (susceptibility) anlamında sadece mekansal olabilirlik kavramını içeren çalışmalar şeklinde gerçekleştirildiği görülmektedir. Olası tehlike haritalarının üretimi 3 farklı parametrenin bir arada üretilip çarpılması ile elde edilir. Tehlikenin tanımını, belirli bir büyüklükteki heyelanın belirli bir zaman aralığında ve belirli bir bölgede oluşma olasılığı olarak ifade etmektedir. Bu tanım heyelanların mekansal (nerede), zamansal (ne zaman) ve alansal (hangi büyüklükte) olabilirlik değerlerinin bilinmesini gerektirmektedir. Son tanıma uygun olarak tehlike (potansiyel olay) ve bu olayın olasılığı birlikte gösterilir. Olası tehlike daima bir ölçek dahilinde ifade edilir. Bu ise olasılıklar şeklinde veya nitel ve nicel (çok düşük, düşük, orta, yüksek, çok yüksek gibi) farklı ölçeklerdeki biçimlerde olabilir. Olası tehlike düzeylerinin haritalanması daha çok farklı renklerle, simgelerle veya bunların kombinasyonlarıyla yapılır. Heyelanlardan kaynaklanan zararları en aza indirmek amacıyla, heyelan tehlike boyutlarını, hasar veren heyelanlardan etkilenen bölgeleri belirlemek ve heyelanların tekrarlanma olasılığının da değerlendirilmesi gerekmektedir. Genellikle diğer doğa olaylarında (deprem, taşkın vb.) olduğu gibi heyelan oluşumu için de kesin bir zaman aralığı vermek zor olduğundan, heyelan olası tehlike haritaları genellikle heyelan duyarlılık haritaları olarak isimlendirilir ve belirli bir heyelan tipinin olma olasılığını ifade eder (Karakaya, 2003; Mazman, 2005; Özdemir, 2006; Çil, 2009). Karmaşık yapıda olan olası tehlike haritası değişik yollarla yapılabilmektedir. Heyelan olası tehlike zonlaması farklı

şevlerdeki olası tehlikeler birbirleriyle karşılaştırıldığı zaman yapılır. En basit zonlama haritalama alanını koşullu ve ön koşulsuz olmak üzere iki sınıfa bölmektedir. Elde çok fazla veri varsa, heyelana duyarlı yamaçların güvenlik katsayısıyla değişik olası tehlike veya stabilite sınıflarına ayrılabilir (Karakaya, 2003).

Mekansal olabilirlik ile ilgili yapılan çalışmalardan bir kısmı aşağıda özetlenmiştir. Heyelanların sadece zamansal olabilirliği ile ilgili çalışma bulunmamakla beraber mekansal ve zamansal olabilirlik parametrelerinin bir arada bulunduran çalışmalar mevcuttur. Ayrıca iklimsel ve mevsimsel olayların tekrarlanma periyodunun bulunması ile aşırı yağışların tetiklemesi sonucu oluşan taşkın veya heyelan gibi doğa olaylarının zamansal olabilirlikleri tahmin edilebilmektedir. Heyelan olası tehlike haritalarının son parametresi olan ve çalışılan bölge içerisinde gelişebilecek heyelanların hangi büyüklüklere sahip olabileceğini belirleyen alansal olabilirlik parametresinin tahmini ile ilgili çok az sayıda çalışma bulunmaktadır (Çan ve Duman, 2008; Çan vd., 2008; Çil, 2009).

İstatistiksel temele dayalı heyelan olası tehlike haritaları büyük dezavantajlara sahiptir. Genellikle şev duraysızlığıyla ilgili faktörler bütün bir alan için genelleştirilmesi zorunludur. Bu da tüm faktörlerin kombinasyonunu bütün bir alan için aynı olacağı anlamına gelmektedir. Herhangi bir bölgedeki özel faktörlerin kombinasyonu (kaya tipi, şev sınıfı ve arazi kullanım tipi) başka bir alanda duraysızlığa karşılık gelmeyebilir. Bu durumu göz önünde bulundurmak istatistiksel olası tehlike analizinde çok zordur. İstatistiksel heyelan olası tehlike analizleriyle üretilen haritalar doğrudan olası tehlike haritalarına oranla daha fazla üretilir. Bunun nedeni de istatistiksel olası tehlike analizindeki değerlerin ağırlığı verilerden üretilmiş olması, tecrübeyle üretilmemiş olmasıdır. Buna rağmen doğrudan yöntemlere oranla istatistiksel olası tehlike analizinin daha nesnel olduğu söylenemez (Özdemir, 2006).

1.12.3.1. Heyelan Olası Tehlike Haritalarının Hazırlanması

Heyelan olası tehlikesinin risk değerlendirmesi için Coğrafi Bilgi Sistemi yaklaşımı kullanılır. Arazi gözlemleri ve sonrasında yapılan analizler esas alınarak, farklı türde heyelanlar haritalanır. Öncelikle saha çalışmalarıyla tespit edilen eski, aktif ve potansiyel kayma alanları, küçük ölçekli sığ kaymalar, moloz birikimleri, moloz akmaları ve kaya düşmesi kaynak alanları 1/25000 ölçekli topoğrafik harita üzerine işlenir. bilgisayar

programı kullanılarak sayısallaştırılır. Heyelan aktivitesi ile ilgili parametreler (litoloji, arazi kullanım, tektonik-makaslama zonundan uzaklık vb) puanlandırılır. Hazırlayıcı ve tetikleyici parametrelerin analiz edilerek bunların çevresel etkileri araştırılır. Aktif ve/veya potansiyel kayma alanlarındaki malzemelerin hareketinin tetiklenmesi durumunda, yayılma mesafeleri ve etkileyebileceği olası alanlar belirlenir. Bu analizler sırasında ortaya çıkan belirsizlikler dikkate alınarak en kötü senaryo sonuç haritası üzerine işlenir. Heyelan tehlike haritasında, heyelanın oluşma olasılığı, türü, büyüklüğü, hızı gibi özellikleri yansıtılmalıdır. Çalışılan bölgedeki heyelanların türü, aktivitesi ve bunların dağılımlarının sağlıklı bir şekilde gösterildiği bir heyelan envanterinin oluşturulması ve bunlarla ilişkili parametrelerin ortaya konulması son derece önemlidir.

1.12.4. Heyelan Risk Haritaları

Heyelan risk çalışmaları, heyelan sonucunda oluşabilecek can ve mal kayıplarının yanı sıra, oluşacak hasarın tahmini, ekonomik ve çevresel zararları da beraber değerlendiren çalışmalardır. Duyarlılık ve tehlike çalışmalarına ilave olarak heyelanı oluşturan veya tetikleyen parametreler dışında, çalışılan bölgedeki nüfus, ekonomik aktivite gibi konularda da ayrıntılı bilgiye gereksinim duyulmaktadır. Heyelan Risk Haritası, yenilme-kırılma olsun yada olmasın can ve mal kaybının beklendiği potansiyel olarak ilişkili heyelanları anlatır. Benzer olarak, derelerdeki aşırı sedimantasyonun riski ve diğer ekolojik zararlar değerlendirilebilir nehirlerin özellikleri ve hassaslıkları ile birlikte heyelan tehlikesi düşünülebilir. Birçok ülkede heyelan alanları için risk veya olası tehlike haritaları arazi değerlendirmesinde kullanılmak üzere üretilmektedir.

Bu tür haritaların üretimi Fransa, İtalya ve İspanya’da gelişmiştir. Risk haritalarında en önemli ilerleme Fransa’da olmuştur. Fransa da ki ZERMOS (Zones Exposed to Risk of Soil Movements) haritaları 1/25.000 ölçekte, aktif ve potansiyel kayma hareketlerine göre riski altı zonlama sınıfına göre tanımlanır. Çalışma bu sistemde 1972’de başlamış ve uluslararası bir sempozyumla risk zonlaması hız kazanmıştır (Karakaya, 2003; Mazman, 2005).

Kalitatif analiz modeli ve indeks haritaları kullanılarak değişik ölçeklerde heyelan risk haritaları üretilebilmektedir. Bu model oluşturulurken kullanılan yöntemlerden biri de üç boyutlu çoklu kriter değerlendirmesi ve kullanılan teknik ise CBS’ dir. Her bir indeks, duyarlılık ve tehlikeye katkılarına göre analiz edilir ve standart hale getirme işlemine tabi

tutulur. İndeksler direk olarak, ikili çiftler halinde kıyaslama yaparak ve sıraya koyarak düzenleme metotları kullanılarak ağırlık verilir ve ağırlıklar son biçimiyle heyelan risk indeks haritası elde etmek için birleştirilir. Sonuçlar, bölgenin her bir fizyografisi (fiziki coğrafyası) ve yönetsel birimlerin belediye ve vilayet ölçeğinde analiz edilir. Sonuçlar bölgesel ölçekte uygun heyelan riskini azaltma planının tasarlanmasına da olanak verir. Dolayısıyla bu tür haritaların oluşturulmasında, duyarlılık ve tehlike haritalarına göre daha fazla disiplinler arası çalışmalar gerekmektedir. Çünkü heyelan risk haritalarının hazırlanmasında, sadece yerbilimciler değil, sosyal bilimciler, şehir planlamacıları gibi meslek gruplarının ortaklaşa çalışması gerekmektedir. Heyelan risk haritalarının oluşturulmasına yönelik çalışmalar, duyarlılık ve tehlike haritalarının üretilmesine yönelik çalışmalara oranla çok daha az sayıdadır. Bu durumun temel nedeni, parametrelere ilişkin sağlıklı verilere ulaşmanın oldukça güç bir işlem olmasıdır (Dağ, 2007; Aksoy, 2011). Risk haritalarının hazırlanmasında duyarlılık ve tehlike haritalarına göre daha fazla disiplinler arası (yerbilimciler, sosyal bilimciler, şehir plancıları, vb.) çalışmalar gerekmektedir. Duyarlılık ve tehlike çalışmalarına ek olarak, heyelanı oluşturan veya tetikleyen parametreler dışında, çalışılan bölgedeki nüfus, ekonomik aktivite gibi konularda da ayrıntılı bilgiye gereksinim duyulmaktadır bu nedenle de risk haritalarının hazırlanmasına yönelik çalışmalar diğerlerine oranla çok daha az sayıdadır. Bunun bir diğer nedeni de parametrelere ait sağlıklı bilgilere ulaşılmasıdır. Benzer şekilde insan nüfusu da zamanla artan bir eğilim gösterebilir. Dolayısıyla hem nüfus sayısındaki değişim, hem de kaymadan dolayı hasar görmesi muhtemel yerleşim alanları, araziler vb. alanlardaki değişimler dikkate alındığında, risk değerlendirmelerinin zaman içinde güncelleştirilmesi gerekmektedir (Anbalagan ve Singh,1996; Dağ, 2007).

Heyelan duyarlılık haritaları özellikle duraysız alanları belirleyebilmek için mükemmel haritalardır. İyi bir jeolojik analiz stabilite problemi olan alanların tahmin edilmesine yardımcı olmaktadır (Karakaya, 2003). Heyelan tarihleri ve bu tarihlere ait yağış ve deprem kayıtlarının bulunmaması veya güvenilir olmaması nedeniyle heyelanın, ne zaman oluşacağını kestirilmesine yönelik hesaplamalar, yapılamamaktadır. Risk değerlendirmesi ise, bu sınırlamaların yanında risk altındaki elemanların ve oluşacak kayıpların nicel olarak belirlenebilmesi gibi önemli belirsizlikleri içermektedir. Bu nedenle, heyelan tehlike ve risk değerlendirmelerine yönelik çalışmalar, sınırlı sayıda kalmakta ve bunun yerine, genellikle duyarlılık değerlendirmeleri yapılmaktadır (Yüksel, 2007).

1.12.5. Diğer Heyelan Haritaları

Son 30 yıllık süreçte Dünya genelinde farklı bölgeler için heyelan duyarlılık, tehlike ve risk haritaları hazırlanmaktadır. Özellikle son dönemde ihtiyaçları karşılaması amacıyla farklı harita seçimlerine de rastlanılmaktadır. Bunlar;

I- Doğrudan Haritalama: Haritalayan jeomorfolog arazinin durumuna ve tecrübesine bağlı olarak olası tehlike derecesi saptar (Karakaya, 2003; Mazman, 2005; Özdemir, 2006).

II- Dolaylı Haritalama: Heyelan dağılımı ve yüzey şekli arasındaki ilişkilerden sağlanan bilgilere dayandırılarak heyelana eğilimli alanların tahmininde deterministik veya istatistiksel modellerin kullanılmasıyla yapılmaktadır (Karakaya, 2003; Özdemir, 2006).

III- Doğal Durum Haritası: Bu haritalar literatürden ve araziden toplanan bilgileri içerir. Bu bilgiler topoğrafik haritalar, jeolojik (yüzey, kayaç, yapısal) haritalar, bitki örtüsü haritaları, hidrojeoloji (yağmur, drenaj, yeraltısuyu) haritaları, jeoteknik haritalar, profiller, test sonuçları, yer değiştirme ölçümleri, su seviyesi değişimleri ve görsel izlenimleri kapsar (Karakaya, 2003; Mazman, 2005; Özdemir, 2006).

IV-Heyelan Yönetim Haritaları: Tehlike ve risk haritaları nadiren heyelan haritalarının son ürününü oluştururlar. Ancak sadece karar vermede temel oluştururlar. Bu kararlar genellikle, heyelana karşı ölçümler, düzenleme amaçlı yönetim veya her ikisini de içeren formların birleşimi şeklinde olmaktadır. Düzenleme yönetimi, detaylı hesaplamalar ve ek araştırmalar veya özel tasarım uygulamalarının zorunlu hale getirildiği farklı yaptırımları nedeniyle oldukça karmaşıktır. Genellikle olası tehlike haritalarından sonra heyelan yönetim haritaları oluşturulmaktadır (Karakaya, 2003; Mazman, 2005; Özdemir, 2006).

V- Heyelan Aktivite Haritası: Çok zamanlı hava fotoğrafı yorumlamasından veya periyodik araştırmalardan elde edilebilir. Şev hareketlerinin gelişim eğilimiyle ilgili zamansal değişiklikleri verir (Parise, 2001; Karakaya, 2003; Mazman, 2005; Özdemir, 2006).

VI- Etkilenme Derecesi Haritası: Amaç, heyelan olası tehlikesi altındaki elemanlar için heyelan ile elemanın birbirine olan etkisine bağlı olarak hasar derecesi veya hayatı kaybetme olasılığının belirlenmesidir (Durmaz 2003; Karakaya, 2003; Mazman, 2005; Özdemir, 2006).

VII- Risk Değerlendirmesi Haritası: Bu haritalarda olası tehlike ve onun potansiyel sonuçlarıyla ilgili olarak insan yaşamını etkileyen, ekonomik etkileri olan veya çevresel

değişikliklere neden olan etkenler belirlenir. En basit ve yaygın yaklaşım olası tehlike haritaları üzerine arazi kullanım haritalarının oturtulması şeklinde olur. Arazi kullanımına bağlı olarak değişik riskler üretilebilir, buna karşılık aynı zamanda farklı tehlikeler de aynı araziye etkileyebilir (Özdemir, 2006).

VIII- Potansiyel Heyelan Haritaları: Tetikleyici (elverişli) olaylarla ilişkili olası (hassas) heyelanları anlatır. Potansiyellerde genellikle, hassasiyeti arttıran üç temel faktör belirlenerek, deprem veya aşırı yağış gibi tetikleyici olayların olma (meydana gelme) olasılığı tahmin edilir veya ölçülür.

IX- Heyelan-Zon Haritası: Bu haritalar tipik olarak doğadaki iki değişkenli (zonun içinde veya dışında verilen) ve yerbilimci olamayanlar tarafından planlanan aletler gibi kullanım için dizayn edilmişlerdir. Zon haritaları heyelan potansiyel ve hassasiyet haritalarından ileri gelmektedir ama bazılarının temelinde eğim derecesi veya heyelan envanter haritası vardır.

1.12.6. Heyelan Envanter, Duyarlılık, Tehlike ve Risk Haritalarının Sınırlamaları

1.12.6.1. Heyelan Envanter Haritalarının Sınırlamaları

- Heyelan envanter ve parametrelerin oluşturulmasında yapılan hatalar haritaya da yansımaktadır.
- Geçmişe ait aktivitelere ilişkin bilgilerin verilebilmesine rağmen zamansal gelişimi ve değişimi hakkında bilgi vermezler.
- Çoğu araştırmacı heyelan envanter haritalarının oluşturulmasında, en az iki veya üç yöntemin birleştirilerek kullanılmasını savunmaktayken, bazı araştırmacılarda saha çalışmaları ile hazırlanan heyelan envanter haritalarının daha güvenilir olduğuna dikkat çekmektedirler.
- Uydu görüntüleri gibi veri türünde sınırlama vardır. Arazi çalışmalarıyla kontrol edilmesi gerekir. Literatür, uydu görüntülerine dayalı olarak elde edilen envanter ve parametre haritalarının arazi çalışmalarıyla kontrol edilmesi ve haritaların güvenilirliğinin belirlenmesi gerekmektedir. Bazı araştırmacılar geleneksel yöntemlerin kullanımını savunmaktayken bazı araştırmacılar ise özellikle yüksek ve orta çözünürlüklü uydu görüntülerinin kullanımının heyelan envanter

haritalamalarında daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmektedirler. Bununla birlikte, bilgisayar ve uydu teknolojilerindeki son 20 yıl içinde meydana gelen gelişmelere de koşut olarak, özellikle uydu görüntülerinin kullanımında bir artış söz konusudur.

- Söz konusu haritaların üretilmesinde, hava fotoğrafı yorumlamalarının kullanılmasının en önemli sınırlaması, yorumlamaları yapan araştırmacının tecrübesine bağlı olarak öznel olması ve haritanın güvenilirliğinin belirlenmesinin güç olmasıdır. Geleneksel yöntemler içinde değerlendirilen topoğrafik harita analizleri (düzensiz ve karışık konturların varlığı), hava fotoğrafı yorumlamaları ve saha çalışmalarının bir arada bütünleşik olarak kullanıldığı yöntem bilim, heyelan envanter çalışmalarının ve haritalamalarının temelini oluşturmaktadır.
- Topoğrafik haritaların kullanımı küçük boyutlu heyelanların belirlenmesinde çoğunlukla yetersiz kalmaktayken, hava fotoğrafı yorumlamalarının zaman alıcı olduğu belirtilmektedir. Ayrıca, hava fotoğraflarının belirli hava koşullarında ve zaman dilimleri içerisinde alınması gerekliliği de bulunmakta ve heyelan taç kesiminin çevresi ile renk, ton ve kontrast farklılığı yaratması gerekmektedir. Ancak, yüksek maliyetli olması ve özellikle dağlık ve engebeli topoğrafyalarda bu tür saha çalışmalarının gerçekleştirilmesinin hemen hemen olanaksız olduğundan, saha çalışmalarının UA yorumlamalarından sonra, doğrulama amaçlı yapılması önerilmektedir.

1.12.6.2. Heyelan Duyarlılık Haritalarının Sınırlamaları

- Duyarlılık incelemelerinde çok sayıda değişken yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu da araştırmacı için parametre seçiminde karmaşa yaşanmasına ve tekrarlanmaların meydana gelmesine neden olmaktadır.
- Heyelan riski taşıyan alanların belirlenmesi yeryüzünün farklı özelliklerini gösteren katmanların bir arada değerlendirilmesini gerektirmektedir.
- Özellikle bölgesel ölçekte hazırlanacak heyelan duyarlılık haritalarında kullanılacak parametrelerin değerlendirilmesinde izlenecek yöntemlerde, sağlıklı bir heyelan veri tabanı kullanılması gerekmektedir.

- Heyelan duyarlılık haritalarının üretiminde, arazide heyelanlarla ilgili ne kadar ayrıntılı veri elde edilirse, üretilecek heyelan duyarlılık haritaları da o kadar hassas olacaktır.
- Üretilen haritaların doğruluğu can ve mal kayıplarının azaltılması açısından büyük önem arz etmektedir.
- Uygun arazi haritalama biriminin seçilmesi heyelan duyarlılık analizlerinin ilk aşamasını oluşturmaktadır. Literatürde farklı araştırmacılar tarafından farklı haritalama şekilleri bulunmaktadır.
- CBS esaslı heyelan duyarlılığının belirlenmesinde kullanılan değişkenler heyelan incelemesinin yapıldığı yerin özelliklerine ve araştırmacıya göre farklılıklar göstermektedir. Duyarlılık çalışmalarında heyelanlarla yakın ilişkisi olan, kolaylıkla belirlenebilen ve haritalanabilir özellikteki parametrelerin seçilmesi önemlidir.
- Heyelan duyarlılık çalışmalarında hem güncel hem de geçmişte meydana gelmiş heyelanların özelliklerinin belirlenmesi ve bu heyelanların oluşumunda etkili olabilecek parametrelerin bir arada değerlendirilmesi gerekmektedir.

1.12.6.3. Heyelan Tehlike Haritalarının Sınırlamaları

- Genellikle diğer doğa olaylarında (deprem, taşkın vb.) olduğu gibi heyelan oluşumu için de kesin bir zaman aralığı vermek zor olduğundan, son yıllarda yapılan çalışmalar da dahil olmak üzere olası tehlike (hazard) terimi kullanılarak gerçekleştirilen çalışmaların çoğunun aslında duyarlılık (susceptibility) anlamında sadece mekansal olabilirlik kavramını içeren çalışmalar şeklinde gerçekleştirildiği görülmektedir. Bu nedenle, heyelan olası tehlike haritaları genellikle heyelan duyarlılık haritaları olarak isimlendirilir ve belirli bir heyelan tipinin olma olasılığını ifade eder.
- Heyelan tehlike haritasında, heyelanın oluşma olasılığı, türü, büyüklüğü, hızı gibi özellikleri yansıtılmalıdır. Çalışılan bölgedeki heyelanların türü, aktivitesi ve bunların dağılımlarının sağlıklı bir şekilde gösterildiği bir heyelan envanterinin oluşturulması ve bunlarla ilişkili parametrelerin ortaya konulması son derece önemlidir.

- Tehlike haritaları tekrarlanma periyotları veya olasılıkları gibi kesin anlamdaki hiçbir tahmini kapsamaz, fakat olası olayları belirler. Bu tanım büyüklük, coğrafik konum ve zaman gibi faktörleri bir arada içermektedir. Ancak, bu tür çalışmalar yapılarak, heyelan tehlike değerlendirmelerinin gerçekleştirilmesi, uygulama açısından zordur. Çünkü büyük alanlar için potansiyel zarara neden olabilecek bir heyelanın oluşma olasılığının belirlenmesi güçtür
- Heyelanların mekansal (nerede), zamansal (ne zaman) ve alansal (hangi büyüklükte) olabilirlik değerlerinin bilinmesini gerektirmektedir.
- Heyelanlardan kaynaklanan zararları en aza indirmek amacıyla, heyelan tehlike boyutlarını, hasar veren heyelanlardan etkilenen bölgeleri belirlemek ve heyelanların tekrarlanma olasılığının da değerlendirilmesi gerekmektedir.
- Heyelanların sadece zamansal olabilirliği ile ilgili çalışma bulunmamakla beraber mekânsal ve zamansal olabilirlik parametrelerinin bir arada bulunduran çalışmalar mevcuttur. Ayrıca iklimsel ve mevsimsel olayların tekrarlanma periyodunun bulunması ile aşırı yağışların tetiklemesi sonucu oluşan taşkın veya heyelan gibi doğa olaylarının zamansal olabilirlikleri tahmin edilebilmektedir. Heyelan olası tehlike haritalarının son parametresi olan ve çalışılan bölge içerisinde gelişebilecek heyelanların hangi büyüklüklere sahip olabileceğini belirleyen alansal olabilirlik parametresinin tahmini ile ilgi çok az sayıda çalışma bulunmaktadır
- İstatistiksel temele dayalı heyelan olası tehlike haritaları büyük dezavantajlara sahiptir. Genellikle şev duraysızlığıyla ilgili faktörler bütün bir alan için genelleştirilmesi zorunludur. Bu da tüm faktörlerin kombinasyonunu bütün bir alan için aynı olacağı anlamına gelmektedir.
- İstatistiksel heyelan olası tehlike analizleriyle üretilen haritalar doğrudan olası tehlike haritalarına oranla daha fazla üretilebilir. Bunun nedeni de istatistiksel olası tehlike analizindeki değerlerin ağırlığı verilerden üretilmiş olması, tecrübeyle üretilmemiş olmasıdır. Buna rağmen doğrudan yöntemlere oranla istatistiksel olası tehlike analizinin daha nesnel olduğu söylenemez
- Heyelan olası tehlike çalışmaları deneyimli bir uzman tarafından yürütüldüğünde güvenilir haritalar çok dikkatli bir çalışma sonunda yapılabilir.
- Çalışılan alanı temsil edici türde veriye ulaşmanın maliyeti yüksektir.

- Tehlike değerlendirmesi için, heyelanların gelecekte ne zaman oluşacağı ve hangi sıklıkta tekrarlanacağı hesaplanmalıdır.

1.12.6.4. Heyelan Risk Haritalarının Sınırlamaları

- Duyarlılık ve tehlike çalışmalarına ilave olarak heyelanı oluşturan veya tetikleyen parametreler dışında, çalışılan bölgedeki nüfus, ekonomik aktivite gibi konularda da ayrıntılı bilgiye gereksinim duyulmaktadır.
- Bölgesel ölçekte uygun heyelan riskini azaltma planının tasarlanmasına da olanak verir. Dolayısıyla bu tür haritaların oluşturulmasında, duyarlılık ve tehlike haritalarına göre daha fazla disiplinler arası çalışmalar gerekmektedir. Çünkü heyelan risk haritaların hazırlanmasında, sadece yerbilimciler değil, sosyal bilimciler, şehir planlamacıları gibi meslek gruplarının ortaklaşa çalışması gerekmektedir.
- İnsan nüfusu da zamanla artan bir eğilim gösterebilir. Dolayısıyla hem nüfus sayısındaki değişim, hem de kaymadan dolayı hasar görmesi muhtemel yerleşim alanları, araziler vb. alanlardaki değişmeler dikkate alındığında, risk değerlendirmelerinin zaman içinde güncelleştirilmesi gerekmektedir
- Heyelanlar birbirleri ile yakından alakalı pek çok nedenlerden ötürü meydana gelmektedir ve bunların meydana gelme zamanı ve yerlerini önceden tespit etmek güçtür.
- Heyelan tarihleri ve bu tarihlere ait yağış ve deprem kayıtlarının bulunmaması veya güvenilir olmaması nedeniyle heyelanın, ne zaman oluşacağını kestirilmesine yönelik hesaplamalar, yapılamamaktadır.
- Risk değerlendirmesi ise, bu sınırlamaların yanında risk altındaki elemanların ve oluşacak kayıpların nicel olarak belirlenebilmesi gibi önemli belirsizliklerin içermektedir. Bu nedenle, heyelan tehlike ve risk değerlendirmelerine yönelik çalışmalar, sınırlı sayıda kalmakta ve bunun yerine, genellikle duyarlılık değerlendirmeleri yapılmaktadır

1.13. Yöntemler

Heyelan duyarlılık çalışmalarında uygulanan birçok yöntem bulunmaktadır. Özellikle 1990'lı yılların başından itibaren coğrafi bilgi sistemleri ve bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak geniş bir kullanım alanına sahip olan heyelan değerlendirmelerinde kullanılan yöntemler başlıca, kalitatif/doğrudan (niteliksel/öznel) ve kantitatif/dolaylı (niceliksel/veri) yöntemler olmak üzere iki başlık altında incelenebilir. Bunları genel olarak Tablo 2'deki gibi özetlemek mümkündür (Aleotti ve Chowdhury, 1999; Gökçeoğlu ve Ercanoğlu, 2001; Karakaya, 2003; Ercanoğlu, 2003; Çörekçioğlu, 2004; Ayalew vd., 2004; Görüm, 2006; Dağ, 2007; Akgün, 2007; Özdemir, 2007; Yüksel, 2007; Hasekioğulları, 2010; Delikanlı, 2010).

Heyelan olmamış alanlarda duyarlılık tahmini için farklı metotlar gereklidir. Örneğin, heyelan duyarlılığı ile ilgili literatür incelendiğinde, özellikle son yıllarda, lojistik regresyon ve bulanık mantık-yapay sinir ağları gibi yapay zeka yöntemlerinin kullanımında, önemli bir artış söz konusudur (Tablo 3). Bununla birlikte, basit sıralama ve derecelendirme, iki değişkenli istatistiksel analizler gibi, diğer yöntemlere göre daha basit sayılabilecek yöntemlerden de, iyi sonuçlar alınabilmektedir (Yılmaz, 2009; Hasekioğulları, 2010). Bu metotlar, geçmişte meydana gelen tehlikeli olaylardan elde edilen bilgilerle gelecekte oluşabilecek olaylar hakkında yararlı bilgiler elde edilebilir esasına dayanır (Hansen, 1984; Yalçın, 2005).

Bunadan dolayı bu tür olayların ve etkili olduğu düşünülen faktörlerin haritalanması duyarlılık zonlamasında çok önemlidir (Yalçın, 2005). Bu tür haritalar için iki genel yaklaşım mevcuttur;

I-Jeomorfoloji tabanlı duyarlılık zonlama çalışmalarının çoğu, arazi çalışmaları esnasında yapılmaktadır. Arazide toplanan veriler (bitki türü, jeolojik yapı, vb.) haritalara aktararak buradan basitçe duyarlılık değerlendirilmesi yapılmaktadır bu tür çalışma ile haritaların üretildiği yönteme direkt yaklaşım (direct approach) denmektedir (Hansen, 1984; Yalçın, 2005; Mazman, 2005)

II-İndirekt metotta, heyelanın meydana geldiği alandaki parametrelerin kombinasyonları hesaplanarak, aynı kombinasyonlara sahip olan ve henüz heyelan olmamış alanlarda heyelanlarla ilgili veriler elde edilir. Bunlar daha çok istatistiksel yöntemlerdir (Hansen, 1984; Yalçın, 2005; Mazman, 2005). Bu değerlendirmelerin ötesinde tehlike ve duyarlılık değerlendirme teknikleri, istatistiksel yöntemlerin

kullanımına dayalı üç geniş sınıfta ayırt edilebilir (Carrara, 1983; Hartlen ve Viberg, 1988; Soeters ve Van Westen, 1996; Akgün, 2007).

Tablo 2. Heyelan değerlendirme yöntemleri (Aleotti ve Chowdhury, 1999'dan değiştirilerek alınmıştır).

Heyelan Değerlendirme Yöntemleri				
Kalitatif (Niteliksel) Yöntemler (Doğrudan Haritalama)	Arazide Yapılan Jeomorfolojik Gözlemler ve Değerlendirmeler			
	İndeks veya Parametre Haritalarının Kullanımı	İndeks Haritalarının Çakıştırılması veya Birleştirilmesi		
		Mantıksal Analiz Yöntemleri		
Yarı Niteliksel Yöntemler	Heyelan Duyarlılık İndeksi			
	Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP)			
Kantitatif (Niceliksel) Yöntemler (Dolaylı Haritalama)	İstatistiksel Analiz	İki Değişkenli Analiz		
		Çok Değişkenli Analizi	Ayırma (Diskriminant) Analizi	
			Faktör Analizi	
			Lojistik (Mantıksal) Regresyon Analizi	
		Matris Analizi	Çok Kriterli Değerlendirme (ÇÖKA)	
	Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP)			
	Jeoteknik Yaklaşım	Deterministik (Güvenlik Katsayısının Hesaplanması) Analiz		
		Olasılık Yaklaşım	Tek değişkenli olasılık analizi	Frekans oranı (FR)
	Yapay Zeka Yöntemleri	Yapay Sinir Ağları		
		Bulanık Mantık Yaklaşımı		
Hibrit Yöntemleri	İndeks Tabanlı Yöntemler	(İki Değişkenli İstatistiksel Analizler+Analitik Hiyerarşi Süreci)		
	Eğitim Tabanlı Yöntemler	(İki Değişkenli İstatistiksel Analizler+Yapay Sinir Ağları Yöntemi)		

a-Beyaz Kutu Modelleri: Fiziksel modellere dayanır (şev stabilite ve hidrolojik modeller) ve deterministik model (deterministic model) olarak da tanımlanır (Yalçın, 2005; Akgün, 2007).

b-Siyah Kutu Modelleri: Fiziksel modellere değil istatistiksel analizlere dayanır (Yalçın, 2005; Akgün, 2007).

c-Gri Kutu Modelleri: Hem fiziksel modellere hem de istatistiksel analizlere dayanır (Yalçın, 2005; Akgün, 2007).

Tablo 3. Heyelan duyarlılık analizinde kullanılan yöntemler ve genel özellikleri

Analiz Tipi	Ana özelliği
Dağılım/Dağılış Analizi	En basit yöntemlerden birisi olup, doğrudan heyelanların haritalanmasını içerir. Kütle hareketleri sonucunda oluşan özellikler direkt olarak gösterilir. Haritalanan alanlar geçmişte meydana geliş heyelan alanlarıdır, geçmişte oluşan heyelanlar hakkında bilgi vermektedir.
Kalitatif (Niteliksel) Analiz	Kullanılan en genel yöntemdir. Daha çok, sayısal veri eksikliğinin olduğu ve niceliksel yöntemlere yabancılıktan dolayı tercih nedenidir. Direkt ya da yarı-direkt metot olan bu yöntemde, tehlike haritasının üretiminde jeomorfolojik haritalar kullanılır, farklı katman haritaları birleştirilerek sonuca gidilir, bu metot da yerbilimcilerinin deneyimi çok önemlidir.
Kantitatif (Niceliksel) Analiz	Akademik ve araştırma enstitüleri çevrelerince en çok benimsenen dolaylı metot olup, heyelan ve heyelana neden olan faktörler arasındaki ilişkiye daha kapsalı değinen ve diğer ilk iki yöntemle göre çok daha az subjektif olan yöntemdir.
İstatistiksel Analiz	İndirekt metot olan bu yöntemde katman haritalarından her birindeki kütle hareketi tehlikesinin belirlenmesinde istatistiksel analizler kullanılır. Bir seri parametre haritasından yararlanarak elde edilen ve istatistik yöntemler kullanarak olasılık sonuçları elde edilen dolaylı yöntemler.
Deterministik Analiz	İndirekt (dolaylı) metot olan bu yöntemde katman haritalarıyla şev stabilite analizleri sonucunda üretilen makaslama dayanımı katman haritası birleştirilir. Yamaç stabilitesi çalışmalarını içerir ve güvenlik faktörünün değerlendirilmesini amaçlar. Bu yöntemin doğru uygulanabilmesi için detaylı jeoteknik ve hidrojeolojik dataya ihtiyaç vardır. Daha çok küçük alanlara uygulanabilen bu yöntem, veri elde edilesi mümkün olmayan büyük alanlar için uygulanması zordur.
Heyelan Frekans (Sıklık) Analiz	Dolaylı metot olan bu metotta, deprem ve/veya yağış yada hidrolojik modeller, elde edilmiş heyelan verileri ile karşılaştırılarak hareketin başlangıç değeri elde edilir. Deprem ve yağış kayıtlarıyla heyelan günlerinin kolerasyonu yapılır, sıklık için eşik değeri elde edilir.

Çalışma alanı ölçeğinin seçimi, heyelan duyarlılık değerlendirmelerinde kullanılacak yöntemin seçimini de etkilemektedir (Tablo 4).

Tablo 4. Yöntemler ve kullanılan ölçekler

Heyelan Duyarlılık Değerlendirmelerinde Kullanılan Yöntemler	Ölçek
Jeomorfolojik Analizler	BL, O, B
İndeks Haritalarının Çakıştırılması	BL, O
İki Değişkenli İstatistiksel Analiz	O
Çok Değişkenli İstatistiksel Analizler	O
Deterministik Analizler	B, D

BL: Bölgesel Ölçek, O:Orta Ölçek, B:Büyük Ölçek, D:Detaylı Ölçek

1.13.1. Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP)

Tanımlanan varlıkların, belli bir grubuna dâhil olanların yalnızca tek bir diğer gruba dâhil olanları etkilediği ve yalnızca bir tek grubun varlıkları tarafından etkilendiği ayrık kümeler ayrılabilirdi varsayımına dayanarak oluşturulan, her biri çeşitli sayıda eleman ya da faktör bulunduran sıralı düzeylerde oluşan sisteme “Hiyerarşi” denir. Hiyerarşi, ilgili bütün faktörleri organize ederek problemlerin mantıklı ve sistematik bir yoldan kolayca çözülmesini sağlar (Hacımenli, 1998; Kavas, 2009). Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), ilk olarak 1968 yılında Myers ve Alpert ikilisi tarafından ortaya atılmış ve 1977 yılında ise Saaty tarafından bir model olarak geliştirilerek, karar verme problemlerinin çözümünde kullanılabilir duruma getirilmiştir. AHP, karar teorisinde yaygın uygulama alanı bulunan bir yöntem olup birbirleriyle çelişen, ölçülebilir ve/veya soyut ölçütleri dikkate alan bir ölçme yöntemidir. AHP bir karar verme durumunda, veriler kadar değerli olan bilgi ve deneyimlerin de dikkate alınması ilkesine dayanır. AHP kişisel kararlardan karmaşık işletme kararlarına kadar geniş bir alanda kullanılabilen bir araçtır. Teorinin başarısı, basitliğinden ve değişik koşulların her birinde aynı şekilde kullanılabilme özelliğinden kaynaklanmaktadır (Yaralıoğlu, 2001; Tombuş, 2005; Kavas, 2009). Burada AHP, rasyonel ve irrasyonel tercihler ve sezgiler de karar verme sürecinin içine katabilmek için, kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır (Harker ve Vargas, 1987). AHP, karar seçeneklerinin değerlendirilmesi ve seçilmesi sürecinde nitel ve nicel karar kriterlerinin de kullanılabilmesini sağlayan bir yöntemdir (Saaty, 2000; Yalçın, 2005). AHP, karar vericinin tüm alternatifleri tüm kriterler altında değerlendirerek, göreceli önemlerine göre ikili karşılaştırmalar yapmasına dayanmaktadır (Saral ve Musaoğlu, 2011). AHP yönteminde ve diğer tüm yöntemlerde, araştırmacılar ellerindeki olanaklar dâhilinde parametrik harita üretimlerini gerçekleştirmekte, ya deneme-yanılma yoluna giderek, ya da istatistiksel analizler veya deneyimleri doğrultusunda, heyelan duyarlılık analizlerinde kullanacakları parametreleri seçmektedirler. AHP, karar teorisinde yaygın uygulama alanı bulunan bir yöntem olup birbirleriyle çelişen, ölçülebilir ve/veya soyut ölçütleri dikkate alan bir ölçme yöntemidir. AHP bir karar verme durumunda, veriler kadar değerli olan bilgi ve deneyimlerin de dikkate alınması ilkesine dayanır (Tombuş, 2005). AHP, belirlilik ya da belirsizlik altında çok sayıda alternatif arasından seçim yaparken, çok sayıda karar vericinin bulunduğu, çok kriterli, çok amaçlı bir karar vermede kullanılır. AHP, karar seçeneklerinin değerlendirilmesi ve seçilmesi sürecinde nitel ve nicel karar kriterlerinin de

kullanılabilmesini sağlayan bir yöntemdir (Saat, 2000; Yalçın, 2005, Dağ, 2007). İzleyen yıllarda, özellikle karar verme süreçleri içinde gerek sosyal bilimler, gerekse mühendislik uygulamalarında sıklıkla kullanılır hale gelmiştir (Ercanoğlu vd., 2008b; Hasekioğulları, 2010). AHP yöntemi, karar hiyerarşisinin tanımlanabilmesi durumunda kullanılması daha uygun olan, parametrik etkilerin yüzde dağılımlarını dikkate alan bir karar verme ve tahminleme yöntemi olarak tanımlanmaktadır (Saaty, 1997; Hasekioğulları, 2010).

Bu yöntemle problem çözmede kullanılabilecek üç ilke bulunmaktadır. Bunlar ayırıştırma, karşılaştırmalı değerlendirmeler ve önceliklerin sentezinin yapılmasıdır (Saaty, 1990; Yalçın, 2005, Dağ, 2007). Birinci adımda düzey ve öğeler tanımlanır. Bu tanımlamalar soru formülasyon aşamasında kullanılır. Eğer karar vericinin bu sorulara cevap vermede bir sorunu olursa, düzey ve öğe tanımlaması yenilenir. Hiyerarşi tasarımı bu şekilde kendini tekrarlayan bir süreçtir. Ayırıştırma ilkesi, problemin temel öğelerinin belirlenmesi için hiyerarşinin yapılandırılmasını içerir. Bunu yapmanın etkin bir yolu üst düzeydeki kriterden ona bağlı olan alt düzeydeki kritere doğru alınmasıdır (Yalçın 2005; Dağ, 2007). Karşılaştırma ilkesi ise ikinci düzeydeki öğelerin, birinci düzeydeki genel amaç karşısındaki göreceli önemlerinin ikili karşılaştırılmasını yapmak için bir matrisin oluşturulmasını içerir. Ölçümde kullanılacak bir ölçeğin bulunmaması halinde ise bu değerlendirme, problemi çözmekte olan kişi ya da grup tarafından yapılır (Yalçın 2005; Dağ, 2007). Bundan sonra üçüncü düzeydeki alt kritere gidilir ve bu süreç bir sonraki alt kriterle devam eder. Böylece daha genel olandan daha özel ve belirgin olan değerlere ulaşılır. Daha sonra alt düzey için alternatifler ve bunların karşılaştırılacağı bir üst düzeydeki özellikler belirlenir. Ayırıştırma düzeyleri, ölçümün temel bir bölümünü oluşturur ve bu yüzden de genellikle farklı olmamaları, diğer bir deyişle belli bir nitelik ölçüsünden daha farklı olmamaları gerekir (Yalçın 2005; Dağ, 2007). Bundan sonra önceliklerin sentez edilmesi ilkesi uygulanır. Hiyerarşinin en alt düzeyinden elde edilen önceliklerden hareket edilerek problemin bütünü için ya da hiyerarşide en üst düzeyde yer alan genel kriter için öncelik belirlenir (Saat, 2000; Yalçın, 2005, Aksoy, 2011). AHP'nin karar verme uygulamaları, Hiyerarşi Tasarımı ve Değerlendirme olarak iki aşamada gerçekleşir.

1.13.1.1. Hiyerarşi Tasarımı

Hiyerarşi tasarımı, problem alanı ile ilgili bilgi ve deneyim gerektirir. İki karar verici, aynı probleme ilişkin iki ayrı tasarım geliştirebileceği gibi probleme ilişkin aynı hiyerarşiyi de geliştirebilir. Hiyerarşiler oluşturulurken hiyerarşiyi tasarlayan kişi/kişiler aşağıdaki hususları dikkate almalıdır (Saaty, 1990; Yalçın, 2005; Aksoy, 2011). Problem tanımlanırken mümkün olduğunca öğelerde meydana gelen değişim dikkate alınmalıdır. Problem değerlendirilirken çevre etkiler göz önünde bulundurulmalıdır. Çözümde katkıda bulunacak nitelik ve katkıları belirlenmelidir. Problemlerle ilişkili katılımcılar belirlenmelidir. Hiyerarşi tasarımı, birbirini izlemeyen, ama birbiriyle ilişkili üç süreçten oluşur. Bunlar düzey ve öğelerin belirlenmesi, kavramların tanımlanması ve soruların formüle edilmesidir (Yalçın, 2005; Aksoy, 2011). Hiyerarşide öğelerin her kümesi bir hiyerarşi düzeyini oluşturur. En üst düzeyde sadece genel amacı temsil eden bir öğe bulunur. Bundan sonra gelen düzeylerde farklı öğeler bulunabilir.

1.13.1.2. Hiyerarşi Değerlendirmesi

AHP'nin uygulanmasında ikinci aşama, hiyerarşide yer alan iki öğe arasındaki ilişkilerin sayısal olarak temsil edilmesini sağlayan karşılaştırmaların ya da değerlendirmenin yapılmasıdır. Bu değerlendirme kümesi, bir kare matris şeklinde olan ikili karşılaştırmalar matrisi olarak ifade edilir. Her bir değerlendirme iki öğe arasında, bir üst düzeydeki kritere bağlı olarak hangisinin daha önemli olduğunu ortaya koyar ve bu önemin derecesini yansıtır. Bu önem derecesini ifade etmek için sayılardan yararlanılır. Bu sayıların belirlenmesinde bir ölçeğin kullanılması gerekir (Yalçın, 2005). AHP' de ölçeğin belirlenmesi çok önemlidir. AHP'de ölçeğin belirlenmesi için önce bu ölçek için belli bir sayılar dizini alınır ve bu sayılar kullanılarak belirlenecek önceliklerin birbiriyle nasıl birleştirileceğine karar verilir. Bu ölçek nesneler kümesi, sayılar kümesi ve nesnelerle sayılar arasındaki karşılıklı ilişkilerin belirlenmesi olmak üzere üç elemandan oluşur (Yalçın, 2005). Standart bir ölçekte ölçeğin değerlerini oluşturmak için birimin kullanılması gerekmektedir. Standart ölçek, belli bir özelliği ölçmek için geliştirilen bir birimi kullanarak, nesneler ya da olayların ölçümünde kullanılır. Ölçekten elde edilen sayılar sadece insan zihni açısından bir uyarıcı işlev görür ve kendi başlarına bir değere sahip değildir (Yalçın, 2005). Böyle bir durumda standart oran ölçeğinde elde edilen

ölçümler normal hale getirilerek göreceli ölçekteki ölçümlere dönüştürülür. Bir özelliği ölçmek için kullanılan standart ölçeğin elde edilmesi her zaman mümkündür. Eğer ele alınmakta olan özelliğe ilişkin doğrudan gözlemler yâda değerlendirmeler yapılyorsa, önceliğin ya da önem derecesinin ifade edilmesi açısından göreceli bir ölçeğe ihtiyaç duyulur. Böyle bir ölçek, standart bir ölçekten elde edilen verilerin gerçekte neyi ifade ettiğini anlamada da çok yarar sağlar. Sübjektif değerlendirmelerin ifade edilmesi açısından da göreceli ölçeklere her zaman ihtiyaç duyulmaktadır (Saaty, 1990; Yalçın, 2005). Saaty (1990) tarafından bu konuyla ilgili göreceli bir ölçek geliştirilmiştir.

1.13.1.3. Karar Verme Probleminin AHP ile Çözümüne Ulaştırılması

Herhangi bir karar verme probleminin AHP ile çözüme ulaştırılabilmesi için izlenmesi gereken adımlar aşağıda tanımlanmıştır (Saral ve Musaoğlu, 2011). Karar verme problemi tanımlanır. Değerlendirme ölçütleri için ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. İkili karşılaştırma matrisinin her elemanı, kendi sütun toplamına bölünerek normalleştirilmiş karşılaştırma matrisi elde edilir. Normalleştirilmiş karşılaştırma matrisinin her satırda satır ortalamaları hesaplanarak ölçütlerin göreceli önem değerleri elde edilir. Tutarlılık oranı (CR Consistency Rate) hesaplanır. Sonuç dağılımının bulunması işlemleri sırasıyla yapılır.

1.13.1.4. Ağırlıkların (Önceliklerin) Belirlenmesi

AHP’de kullanılan kriterlerin ve karar alternatiflerine yönelik olarak önceliklerin belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için ikili karşılaştırmalardan yararlanılır. Çok ölçütlü değerlendirme yönteminde, genel olarak çeşitli etkiler ayrı ayrı değerlendirilmekte ve daha sonra her birine belli bir ağırlık verilerek bir sonuç puana ulaşılmaktadır. AHP ile bir problemin çözümlenmesi, ikili karşılaştırmaları yapılan ölçütlerin ağırlıkları ya da öncelikleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Ağırlık veya önceliklerin belirlenmesi karşılaştırma matrisinin normalize edilmesi ile gerçekleştirilmektedir. Bunun için matrisin sütun elemanları her bir sütun toplamına bölünerek normalize edilir. Elde edilen matristeki satır elemanları toplanır ve toplam değer satırdaki eleman sayısına bölünür. Böylelikle

öncelik vektörü ya da ağırlık vektörü elde edilmiş olur (Tombuş, 2005; Yalçın, 2005; Kavas, 2009).

1.13.1.5. İkili Karşılaştırmalar Matrisi

Analitik Hiyerarşi, karmaşık, anlaşılması güç veya yapısallaşmamış sorunlar için genel bir yöntemdir ve üç temel prensip üzerine kurulmuştur (Akgün, 2007; Öztürk, 2009). Hiyerarşilerin oluşturulması prensibi (ikili karşılaştırma matrisinin geliştirilmesi), yöntem, 1'den 9'a değişen değerlere sahip bir ölçek kullanır. Olası değerler Tablo 5'de verilmektedir.

Üstünlüklerin belirlenmesi prensibi (ağırlıkların hesaplanması): Ağırlıkların hesaplanması üç aşamada gerçekleştirilmektedir. Birinci aşamada, matristeki her bir kolonda yer alan değerlerin toplanmasıdır. Daha sonra, matristeki her bir eleman, ait olduğu kolonun toplamına bölünmelidir. Elde edilen matris normalize edilmiş ikili karşılaştırma matrisine karşılık gelmektedir. Normalize edilmiş matrisin her bir kolonundaki elemanların ortalamasının hesaplanması gerçekleştirilmelidir. Elde edilen matris, her bir eleman için normalize edilmiş skorların kriter sayısı ile toplanmasını kapsamaktadır. Bu ortalamalar dikkate alınan kriterin göreceli ağırlık değerinin tahmin edilmesini sağlamaktadır.

Mantıksal ve sayısal tutarlılık prensibi (Tutarlılık oranının tahmin edilmesi); Bu aşamanın amacı, ikili karşılaştırmaların tutarlı olup olmadığını belirlemektir. Bu aşama aşağıdaki adımları kapsamaktadır. Orjinal ikili karşılaştırma matrisinin birinci kolonu ile birinci kriteri çarpmak suretiyle ağırlıklandırılmış toplam vektör belirlenir.

Tablo 5. AHP değerlendirme ölçeğinin önem skalasına göre değerlendirilmesi

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit Önemde	Her iki faaliyet de amaca eşit katkıdır
3	Orta Önemde	Tecrübe ve değerlendirmeler sonucunda bir faaliyet diğerine göre biraz daha fazla tercih edilir
5	Güçlü Önemde	Tecrübe ve değerlendirmeler sonucunda bir faaliyet diğerine göre çok daha fazla tercih edilir
7	Çok Güçlü Önemde	Bir faaliyet diğerine göre çok güçlü şekilde tercih edilmiştir. Uygulamada üstünlüğü ispatlanmıştır.

Tablo 5'in devamı

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
9	Son Derece Önemli	Bir faaliyet diğerine göre mümkün olan en yüksek derecede tercih edilir.
2,4,6,8	Yukarıdaki değerler arasındaki ara değerler	Bir değerlendirmeyi yapmakta hangi değer olduğu noktasında tereddütler varsa, sayısal değerlerin ortasındaki bir değer verilir.

Daha sonra, ikinci kolonla ikinci kriter, üçüncü kolonla üçüncü kriter çarpılır ve sonuçta sıra üzerindeki tüm değerler toplanır. Daha önceden belirlenmiş kriter ağırlıkları ile ağırlıklandırılmış toplam vektör bölünerek tutarlılık vektörü belirlenir. Lambda (λ) değeri hesaplanır. Bu değer tutarlılık vektörünün ve tutarlılık indeksi'nin (CI) ortalama değeridir. CI değeri, tutarlılıktan sapmanın bir ölçüsüdür ve aşağıdaki formül ile ifade edilmektedir.

$$CI = \frac{(\lambda - n)}{(n-1)} \quad (1)$$

Tutarlılık oranı (CR), aşağıdaki formül ile ifade edilmektedir.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

Burada RI, rastgele indekstir ve karşılaştırılan elemanların sayısına bağlıdır. Eğer, $CR < 0.10$ ise, oran ikili karşılaştırmadaki tutarlılığın kabul edilebilir bir seviyede olduğunu söylenebilir. Buna karşın şayet $CR > 0.10$ ise oran değerleri tutarsız hükümlerin verildiğini işaret etmektedir (Akgün, 2007).

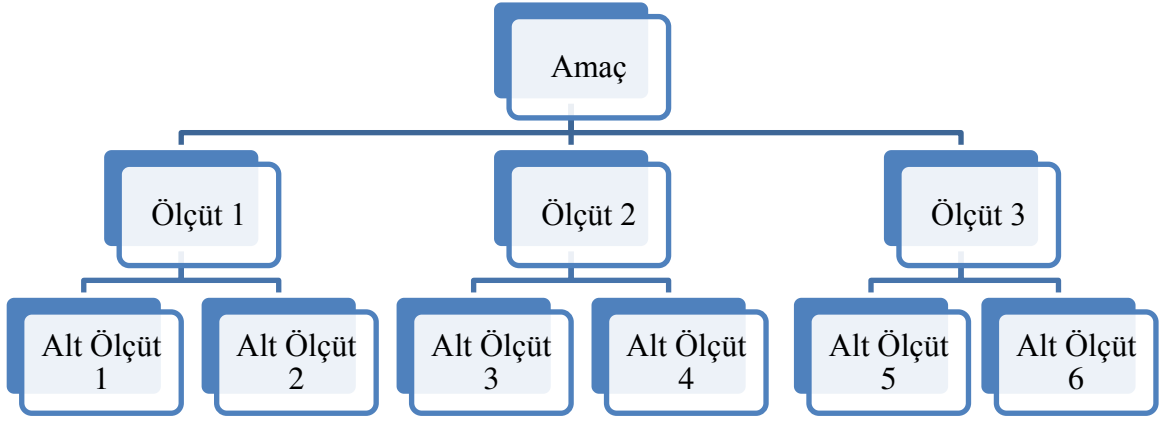
AHP' de en önemli bölümlerinden bir tanesi, oluşturulan hiyerarşik modelde yer alan ölçütlerin birbirlerine göre önem değerlendirmelerinin yapıldığı ikili karşılaştırmalar kısmıdır. Parametrelerin, heyelan duyarlılık haritasına etkisinde önceliklerin belirlenmesinde, ilk aşamada parametrelerin ikişerli değerlendirilip bu iki parametrenin birbirine göre heyelan duyarlılığına etkisi belirlenir. Normal olarak, bu iki parametrenin birbirine göre alacağı değeri belirleme karar vericinin tercihinin bağlı bir durumdur. Yapılan çalışmalarda, hem parametrelerin birbirine göre olan karşılaştırmalarında, hem de karar alternatiflerinin yani parametrelerin alt kriterlerinin etki değerlerinin (ağırlıklarının)

belirlenmesinde heyelan envanter haritası ile diğer veri katmanlarının karşılaştırılması esas alınır. Dolayısıyla belirlenen ağırlık değerleri gerçek arazi verileriyle uygun bir durum kazanır. Her bir seviyedeki ölçütler, kendilerinden bir üst seviyedeki ölçüte göre ikili olarak karşılaştırılır. Her bir parametrenin alt kriterlerine ait olan heyelan dağılım yüzdeleri belirlenir. Buradaki veriler, parametrenin alt kriterlerinin hangisinin heyelan duyarlılığına daha eğilimli olduğuna işaret etmektedir. Bu kapsamda yapılan ikili karşılaştırmaları sonucu her bir parametrenin ikili karşılaştırmalar matrisi (*pair-wise comparison matrix*) oluşturulmaktadır. Oluşturulan bu ikili karşılaştırmalar matrisinden alt kriterlerin ağırlıklarının hesaplaması yapılmaktadır. Bu işlem AHP’nde sentezleme olarak adlandırılır. Değerlendirmelerin yapılabilmesi ve öncelik derecelerinin belirlenebilmesinde sayısal değerlerden yararlanılmaktadır (Tombuş, 2005; Yalçın, 2007b). Hiyerarşinin tüm parçaları birbirleri ile ilgilidir ve bir faktördeki değişimin diğer faktörleri nasıl etkilediği kolayca görülebilir. Hiyerarşik yapıdaki bu esneklik ve etkinlik, karar vericiye karar sürecinde çok yardımcı olur. Kararları bu yapıda kurarak; birçok veri türü bir araya getirilebilir, performans seviyelerindeki farklılıklar birbirine uygun hale dönüştürülebilir ve farklı nesneler arasında karşılaştırma yapılabilir. Problem, hiyerarşik bir modele oturtulduktan sonra, hiyerarşiyi oluşturan öğelerin göreceli üstünlükleri hesaplanır. Karar verici, bir düzeydeki öğelerin, hiyerarşide hemen bir üst düzeyde yer alan öğeler açısından göreceli önemlerini saptayacak şekilde Tablo 5’deki (1-9) puanlı tercih ölçeğine dayalı bir puanlama yapar ve ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur (Saaty, 1977; Saaty, 1980; Tombuş, 2005; Akgün, 2007; Yalçın, 2007b; Saaty, 2008; Öztürk, 2009; Kavas, 2009; Hasekioğulları, 2010; Saral ve Musaoğlu, 2011). Hiyerarşinin her düzeydeki benzer öğeler, bir sonraki düzeydeki kriterler açısından karşılaştırılır. Bu karşılaştırmalardan elde edilecek sonuçlar yukarıdaki ölçekte yer alan sayılar cinsinden ifade edilir. Bu ölçek 1’den 9’a kadar olan değerlerin anlamlarını göstermektedir. Bu ölçekte yer alan değerler, öğeler arasındaki ilişkilerin yoğunluğunu belirlemektedir. Tüm öğelerin ikili karşılaştırması sonucunda ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Bu matriste bir öğenin kendisiyle karşılaştırılması 1 sayısı ile ifade edileceğinden, matrisin köşegenlerine 1 değerleri yerleştirilir. n elemanlı bir matriste $n(n-1)/2$ adet karşılaştırma yapılır. Bunun nedeni, matrisin diyagonal köşegeninde öğelerin köşegenin üst tarafındaki eleman sayısı kadar değerlendirme yapılması, gereklidir. Bu durum, diyagonal köşegenin altında kalan değerlendirmelerin, köşegenin üstünde yer alan değerlerin tersi olmasından kaynaklanmaktadır. Bu yüzden ihtiyaç duyulan değerlendirme sayısı $[(n*n)-n]/2$ olacaktır.

(Yalçın, 2005). İkili karşılaştırma matrisinde öncelik vektörü elde edilir. Öncelik vektörü matrisin asıl özvektörüdür. Niteliksel özelliklere verilen ağırlıklar olarak ifade edilen karar öncelikleri, ikili karşılaştırmalar matrisinin özvektörü olarak tanımlanır. Özvektör yardımıyla kriterin göreceli önemi en alt kriterden en üst kriterlere kadar belirlenmektedir (Yalçın, 2005). Daha önce alt ölçütlere verilen sayısal değerleri değiştirerek son kararın duyarlılığının analiz edilmesi, bir başka anlatımla, nesnel değerlerde değişiklik yaparak verilen kararın incelenmesi, değerlendirmelerin yapılabilmesi ve öncelik derecelerinin belirlenebilmesinde sayısal değerlerden yararlanılmaktadır.

1.13.1.6. Hiyerarşik Model

AHP de, karar vericinin amacı doğrultusunda ölçütlerin ve ona ait olan alt ölçütlerin belirlenip, hiyerarşik yapının oluşturulması ilk adımdır. AHP’de, öncelikle amaç belirlenmekte ve bu amaç doğrultusunda seçimi etkileyen ölçütler ortaya konulmaktadır. Daha sonra ölçütler göz önüne alınarak potansiyel alternatifler belirlenmektedir. Böylelikle karar vermek için hiyerarşik bir yapı ortaya konulmaktadır (Tombuş, 2005). Yöntemin uygulanması sırasında, doğru bir karar verme süreci için, aşağıdaki adımlar uygulanmalıdır: Problem tanımı mümkün olan en iyi şekilde yapılmalı ve problemin çözümüne yönelik veri türleri (sayısal, kavramsal vb.) belirlenmelidir. AHP modelinde hiyerarşik yapı, bir üst düzey elemanlar tarafından kontrol edilen Alt Ölçütler, Ölçütler ile hiyerarşinin en üst noktasında bulunan ve en büyük öneme sahip (1 değeri) Amaç’tan oluşturmaktadır (Şekil 4). Alınacak kararın amacı doğrultusunda, karar hiyerarşisi ve öncelikler, analiz sürecinin ilk aşamasında yapılandırılmalıdır. AHP modelinde hiyerarşinin en üstünde bir amaç, bu amacın altında sırasıyla ölçütler ve alt ölçütler aşağıda Şekil 4’deki basit bir hiyerarşik yapıyı oluşturmaktadır (Tombuş, 2005; Öztürk, 2009; Kavas, 2009; Hasekioğulları,2010).



Şekil 4. Basit bir analitik hiyerarşi modeli

Amaca ait bu 1 değeri, ölçütler arasında bölünür ve her bir ölçüte ait bu bölünmüş değer de, o ölçüte ait alt ölçütler arasında bölünür. Bu işlem en altta bulunan ölçüt düzeyine kadar devam eder (Kavas, 2009).

1.13.1.7. Heyelan Duyarlılık Haritaları İçin Hiyerarşinin Kurulması

AHP kişisel kararlardan karmaşık işletme kararlarına kadar geniş bir alanda kullanılabilen bir araçtır. Teorinin başarısı, basitliğinden ve değişik koşulların her birinde aynı şekilde kullanılabilme özelliğinden kaynaklanmaktadır. AHP ile karar verme süreci şu aşamalardan oluşmaktadır: AHP’de ilk aşama, genel amaç, kriterler karar alternatiflerine göre problemin grafiksel bir akış şemasının oluşturulmasıdır. Hiyerarşinin ilk düzeyi, genel amacın heyelan duyarlılık haritası üretmek olduğunu göstermektedir. İkinci düzeydeki kriterler (makaslama dayanımı, eğim, bakı, arazi örtüsü, litoloji-ayırışma, drenaj yoğunluğu, akarsuya yakınlık, yola yakınlık) genel amaca ulaşmaya katkıda bulunacaktır. Üçüncü düzeydeki her bir karar alternatifi (sınıflandırılmış alt kriterler) ise her bir kriterle göre değerlendirilir (Yalçın, 2005). Karmaşık ve düzensiz bir problemin parçalara (alt ölçütlere) ayrılması, başka bir anlatımla, problemin temel ölçütlerini ve bu ölçütler arasındaki ilişkileri gösteren bir modelin oluşturulması. İlgili alt ölçütleri gruplayıp düzenleyerek hiyerarşik bir yapının oluşturulması. Burada oluşturulan hiyerarşik yapı ölçütler arasındaki fonksiyonel bağımlılık ilişkisini yansıtacak şekilde olmalıdır. Bu ilişkileri oluştururken değerlendirmeler probleme ilişkin olarak elde edilen bilgileri ve karar vericinin duygularını da yansıtmalıdır. Aynı gruptaki diğer alt ölçütlere bağlı olarak,

alt ölçütün algılanan önemine bağlı olarak, her bir alt ölçüte sayısal değerler verilmesi, bir başka deyişle, değerlendirmelerin anlamlı sayılarla belirtilmesi. Hiyerarşinin alt ölçütlerinin önceliğini belirlemek için bu değerlerin kullanılması. Karar alternatiflerini belirlemek için bu önceliklerin birleştirilmesi, genel sonuç için daha önceki aşamada elde edilen değerlerin sentezlenmesi. Daha önce alt ölçütlere verilen sayısal değerleri değiştirerek son kararın duyarlılığının analiz edilmesi, bir başka anlatımla, nesnel değerlerde değişiklik yaparak verilen kararın incelenmesi (Tombuş, 2005; Kavas, 2009).

1.13.1.8. AHP Yöntemi Kullanılarak Heyelan Duyarlılık Haritalarının Oluşturulması

Çalışmada dikkate alınan AHP yöntemi, heyelan oluşumunda etkin olduğu düşünülen parametrelerin birbirlerine göre etkinlik derecelerinin belirlenmesi ve duyarlılık haritası oluşturulurken dikkate alınması gereken parametrelerin seçilmesi amacıyla uygulanır. Heyelan duyarlılık analizlerinde herhangi bir parametrenin etkisi, sabit kabul edilebilmektedir. Analizlerde kullanılacak olan envanter haritası ve parametre haritaları, raster formatında üretilip saklandıktan sonra, “*.dat” uzantılı dosyalar haline dönüştürülür. Buradaki amaç, heyelan envanteri içindeki heyelanlı ve heyelansız alanlardaki parametrik değişimler elde edilmesidir. Heyelan veri tabanı otomatik olarak oluşturulmaktadır. Oluşturulan “*.dat” dosyaları, heyelanlı alanların piksel sayılarını bulmak amacıyla, programda girdi verisi olarak kullanılmaktadır. Buradaki amaç, “*.dat” uzantılı envanter ve parametre dosyalarının, ilgili program yardımıyla karşılaştırılması ve heyelanlı piksellere karşılık gelen parametre değerlerinin ortaya konulmasıdır. Bunun için, eğer bir piksel heyelanlı ise (piksel değeri=1), söz konusu piksele karşılık gelen parametre değerleri, veri tabanını oluşturacak şekilde, yine “*.dat” uzantılı farklı dosyalar halinde saklanır. Eğer, söz konusu pikselde heyelan yoksa (piksel değeri=0), parametrik veri dosyalarında her hangi bir işlem yapılmadan, bir sonraki veri grubuna geçilmektedir. Bu şekilde, dikkate alınan her bir parametre ve alt grupları için, heyelanlı piksel sayıları ve çalışma alanındaki sayıları, otomatik olarak belirlenir. Gerek yerleşilebilirlik analizinde kullanılan puanları belirlemede, gerekse Analitik Hiyerarşi Süreci’nde faktör ağırlıklarını belirlemede literatür çalışması ve uzmanlarla gerçekleştirilen görüşmelerden faydalanılır. Belirlenen puanlar, GIS ortamında hazırlanan haritalara öznitelik bilgisi olarak girilir. Daha sonra tüm haritalar

raster harita formatına çevrilir ve faktörlerin belirlenen ağırlık katsayıları ile çarpılarak her hücre birimi başına hesaplanan değerler harita olarak elde edilir.

Analitik hiyerarşi analizinin avantajları;

- AHP yöntemi, kullanmış olduğu matematiksel ilişkiler nedeniyle yöntemin olası özelliğinin ortadan kalkmasına olanak sağlamaktadır (Akgün ve Türk, 2010).
- Hiyerarşinin düzey sayısında bir sınırlama yoktur.
- Oluşturulan hiyerarşi bir kalıp değildir.
- Hiyerarşiye yeni kriterler eklenip çıkarılabilir, kriterlerin göreceli önemleri hakkında değerlendirmeler değiştirilebilir, düzey sayısı arttırılabilir (Saaty, 1994).
- Teorinin başarısı, basitliğinden ve değişik koşulların her birinde aynı şekilde kullanılabilme özelliğinden kaynaklanmaktadır.

1.13.2. Yöntemlerin Sınırlamaları

1.13.2.1. Kalitatif (Niteliksel) Yöntemlerin Sınırlamaları

- Kalitatif yöntemlerle ilgili asıl sınırlama (dezavantaj), yamaçların duraylılığını kontrol eden çok sayıdaki faktöre ağırlık değerleri atanırken yaşanan kişisel değerlendirmeleri dikkate alan özneliktir.

1.13.2.1.1. Arazide Yapılan Jeomorfolojik Gözlem ve Değerlendirmelerin Sınırlamaları

- Parametre seçiminin öznel olması yani yamaç duraylılığını kontrol eden faktörlerin seçimindeki kişisellik. Bu durum farklı araştırmacı ya da uzmanlar tarafından hazırlanan haritaların karşılaştırılmasını zorlaştırmaktadır
- Deneyime dayalı bir yöntem olması nedeniyle kesin olmayan kuralların kullanılması. Dolayısıyla bu yöntem, doğrudan haritalama yöntemleri arasındadır. Bu yöntemde kullanılan karar kuralları kişisel tabanlara dayandığı için, genelleştirilmiş olarak formülize etmek oldukça güçtür. Çünkü kullanılan karar kuralları araziden araziye hatta poligondan poligona değişmektedir.
- Yeni veriler elde edildiğinde, güncelleme yapılamaması.
- Uzun zaman alan arazi çalışmalarına gereksinim duyulması.

- Bu metotta duyarlılığın derecesi, arazide yapılan çalışmalar esnasında her bir alan için değerlendirilmektedir.

1.13.2.1.2. İndeks veya Parametre Haritalarının Sınırlamaları

- Parametre haritalarının kullanılması yönteminde ağırlık değerlerinin belirlenmesinde sorun yaşanmaktadır.
- Haritaların oluşturulmasında araştırmacının kişisel deneyiminin ön plana çıkması ve kullanılacak parametrelerle ilgili yetersiz veriler nedeniyle hatalar oluşmaktadır

1.13.2.1.2.1. İndeks Haritalarının Çakıştırılması veya Birleştirilmesinin Sınırlamaları

- Bu yöntemde de parametre ve ağırlık değerlerinin belirlenmesi araştırmacıyı bilgi ve tecrübesine dayanmakta, dolayısıyla öznellik içermektedir.
- Büyük alanlarda yapılan çalışmalarda, uzun süren arazi çalışmalarına gereksinim duyulmaktadır
- Parametre haritalarındaki ağırlık değerlerinin belirlenmesinde kullanılacak parametrelerle ilgili yetersiz veri nedeniyle hatalı sonuçlar oluşabilmektedir
- Bu yöntemdeki en temel problem, değişik parametre haritalarının kesin ağırlık değerinin belirlenmesi noktasıdır.
- Genelde, önemli faktörlerin yeterli olmayan arazi bilgisi faktör ağırlıklarının belirlenmesine engel olmakta, bundan dolayı da kabul edilemez genelleştirmelere sebep olmaktadır

1.13.2.1.2.2. Mantıksal Analiz Yöntemlerinin Sınırlamaları

- Mantıksal Analiz Yöntemlerinin Sınırlamaları ise; ağırlık değerleri tecrübeye dayalı olarak atanır.
- Model performansını belirleyerek, sonuçlar uyumlu ise oluşturulan model heyelanların sınıflamasında kullanılmakta aksi durumda parametrelere atanan ağırlık değerleri değiştirilerek yeni modeller oluşturulmaktadır.

- İzleme verisi gerektirmektedir. Sadece büyük ölçeklerde uygulanabilir bir yöntemdir

1.13.2.2. Kantitatif (Niceliksel) Yöntemlerin Sınırlamaları

- Kantitatif (Niceliksel) Yöntemlerin Sınırlamasıysa, heyelan olası tehlike değerlendirmeleri için dolaylı yöntemler, özellikle aşamalı olarak yapılmalıdır.

1.13.2.3. İstatistiksel Analizin Sınırlamaları

- Heyelanların gelişmesinde etkin olan parametrelerin sistematik olarak tanımlanması, değerlendirilmesi ve standart bir veri tabanının oluşturulma aşamasının zor olması, istatistiksel yöntemlerin en önemli sınırlamasıdır.
- Çalışılan saha çok geniş olduğunda, genellikle istatistiksel yöntemler ve matematiksel modeller kullanılarak dolaylı yoldan üretilen duyarlılık haritaları kullanılmaktadır. Ancak saha küçük olduğunda, yöntemin kullanılması doğru sonuçlar vermemektedir. Bu nedenle, doğrudan haritalama yöntemleri tercih edilmektedir.
- Çalışılan ölçekler dikkate alındığında, orta büyüklükteki ölçek, güvenilir şekilde istatistiksel değerlendirme yapılması için en uygun ölçeği temsil etmektedir. Çünkü, bölgesel ölçekte yapılan çalışmalarda, uygun doğrulukta girdi veri toplamak hem zaman hem de iş gücü açısından zahmetlidir. Büyük ölçekli çalışmalarda ise kullanılması gerekli olan yeraltı su tablası haritası, zemin derinlik ve profili haritası gibi verilerin, göreceli olarak küçük alanlar için veri olarak elde edilmesi de oldukça güçtür. Her heyelan tipi ayrı ayrı analiz edilmelidir.
- İstatistiksel metotların başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için en uygun parametrelerin seçilmesi gerekmektedir.

1.13.2.3.1. İki Değişkenli (Bivariate) Analizin Sınırlamaları

- İki değişkenli (bivariate) analiz sınırlamaları; ağırlık değerlerinin atanması öznel olarak içermektedir.

- Koşullu bağımsızlık varsayımı, her zaman geçerli olmadığı gibi, üretilen sonuçlar her zaman gerçeği yansıtmamaktadır.

1.13.2.3.2. Çok Değişkenli Analizin Sınırlamaları

- Yapılan çalışmalarda grid ağının kullanılması nedeni ile işlem süresinin uzun olmasıdır.
- Grid ağı kullanılarak yapılan çalışmalarda, hesaplama aşamalarının çok fazla sayıda matris içermesidir. Grid hücrelerinin ölçeği arttığında homojenlik azalmaktadır. Bunun sonucunda veri kaybı yaşanmakta ve bazı parametre sınıflamalarının atanmasında hatalar oluşmaktadır.
- Bu yöntemin başarısı için, son derece ayrıntılı bir veri tabanına gereksinim duyulmaktadır. Geniş bir veri tabanı ile çalışılmasından ötürü veri toplama ve veri işleme süreçleri uzun ve zaman alıcıdır.

1.13.2.3.2.1. Ayırma (Diskriminant) Analizin Sınırlamaları

- Ayırma analizinde, yanlış sınıflandırma olasılığını ortadan kaldırmak için değişkenlerin çoklu normal dağılıma sahip olmaları, bütün gruplar için kovaryans matrislerinin eşit olması ve bağımsız değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı probleminin olmaması gerekmektedir.
- Ayırma analizinin diğer bir varsayımı, değişkenler arasında çoklu bağlantı probleminin bulunmamasıdır. Bu koşulun sağlanabilmesi için iki değişken arasında 0.7'den büyük korelasyon olmaması gerekmektedir.
- Ayırma analizinde, bağımlı değişkeni iki veya daha çok gruptan oluşan bir ayırma modeli, grupları birbirinden en iyi ayıracak şekilde kurulmaktadır. Ancak, doğrusal ayırma analizinin grupları en iyi şekilde ayırabilmesi için bağımsız değişkenlerin kovaryanslarının her grup düzeyinde eşit olması gerekmektedir. Bu nedenle, ayırma analizinde bağımsız değişkenler arasında nominal veya ordinal ölçekli değişken/değişkenlerin kullanılması durumunda bu varsayım sağlanamamaktadır.

1.13.2.3.2.2. Mantıksal (Lojik) Regresyonun Sınırlamaları

- Basit ve çoklu regresyon analizleri bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki matematiksel bağıntıyı analiz etmekte kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin uygulanabileceği veri setlerinde bağımlı ve bağımsız değişkenlerin normal dağılım göstermesi gerekmektedir. Bu ve benzeri koşulların yerine getirilmediği veri setlerine basit ya da çoklu regresyon analizleri uygulanmaz.
- Mantıksal regresyon yönteminde, bağımsız değişkenlere ait sınıfların seçiminde tartışma yarattığı için, kullanılan bağımsız değişkenlerin sürekli veriler olması istenmesine karşın bazı araştırmacılar kategorik verilerin de mantıksal regresyon analizinde kullanılabileceğini göstermiştir.
- Bir diğer önemli sorun, mantıksal regresyon sırasında gerçekleştirilen örnekleme veya kontrol spesifikasyonlarının uygulanmasıdır. Olağan mantıksal regresyon yönteminin, (1) olayı nın, (0) olayına göre çok az sayıda yer aldığı durumlarda olasılık değerinin net bir şekilde tahmin edilemediğidir. Bu durum, literatürde “nadir olay (rare event)” olarak tanımlanmaktadır.

1.13.2.3.3. Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP) Sınırlamaları

- Bu yöntem, uzman görüşüne dayalı olmasından dolayı öznel kararların verildiği ve dolayısıyla heyelan duyarlılık değerlendirmesinde kullanım açısından sakıncalı bir yöntem olarak düşünülebilir.
- Analitik hiyerarşi için oluşturulan ikili parametre karşılaştırma gruplarının birbirlerine göre önem derecelerinin verilmesi, ayrıntılı bir arazi gözlemi ile heyelan ve ilgili parametre arasındaki ilişkilerin de fiziksel olarak iyi tanımlanmış olmasını gerektirmektedir. Bu yöntemin, istatistiksel bir başka yöntem ile birlikte kullanılmasının daha yararlı olabileceği açıktır.
- Çok Kriterli Değerlendirmede, kriterlerin çelişkili olmasından dolayı en iyi alternatifin seçimi karar verici açısından oldukça zordur. Bu kriterler arasından en iyi sonuçları elde edebilmek için kriterler arasındaki çelişkileri ele alıp bu çelişkileri giderecek yöntemlerin kullanılması gereklidir.
- Sorgulama sürecinde belirsizlik, karar vericiyi yanlış kriter ve alternatif seçimine götürür. Tüm sorular cevaplanabilir nitelikte ve mevcut bilgilerle tutarlı olmalıdır.

Bir düzeydeki öğeler bir sonraki daha yüksek düzeydeki kriter çerçevesinde birbiriyle karşılaştırılır. Her düzeydeki öğeler aynı önem derecesine sahip olmalıdır. Öğeler aralarındaki çelişki büyük ise, yani öğeler birbirinden çok farklı önem derecelerine sahip ise, bu öğeler değişik düzeylerde yer almalıdır.

- Etkilerin değerlendirme işlemine hangi ağırlıklarla gireceğine karar verecek olan analizci veya karar vericiye çok fazla sorumluluğun düşmesidir.

1.13.2.3.4. Deterministik (Güvenlik Katsayısının Hesaplanması) Analizin Sınırlamaları

- Kapsamlı veri ihtiyacı nedeniyle, genellikle küçük alanlarda ve detaylı ölçeklerde yapılmaktadır.
- Büyük ölçekli çalışmalarda, alanı temsil edebilecek örnekleme yapılabilmesinin çok zor olması.
- Mühendislik projelerinde planlama ve karar verme aşamasında maliyet/fayda oranı artmaktadır.
- Deney ekipmanı ve yöntemlerden kaynaklanan hataları.
- Arazi ve laboratuvar çalışmalarının uzun zaman alması.
- Detaylı jeoteknik ve yer altı verisine ihtiyaç duyar.
- Bu yöntem çalışma alanında heyelan türünün aynı olduğu koşullarla, jeolojik ve jeomorfolojik şartların homojen olduğu alanlarda kullanılmalıdır.
- Özellikle büyük alanlarda yapılacak çalışmalarda, alansal özelliklerin temsil edilebileceği örnekleme çalışmalarının çok güç olmasından ötürü, gereğinden fazla genellemeye gidilmesi zorunluluğudur.

1.13.2.3.5. Yapay Sinir Ağlarının Sınırlamaları

- Yeni bir yaklaşım olması nedeniyle uygulama sayısının sınırlı olmasıdır.
- Girdi verilerine bağlı olarak, ağıın tasarlanmasının zor olması.
- Tecrübe gerektirmesidir.
- Klasik istatistiksel yöntemler, probleme ilişkin anlaşılabilir ve yorumlamaya olanak verir parametreler üretirken, YSS sistemleri tarafından belirlenen bağlantı ağırlıkların yorumlanması oldukça güçtür.

- Eğitim verilerinin nasıl seçileceği konusu en büyük sınırlamalardandır.
- Ağın eğitilmesi için doğru ve yeterli verinin elde edilmesi, uzun zaman almaktadır.
- Ağın eğitim aşamasında sistemin ezberlemeye gidebilmesi sonuç alınmamasına ya da hatalı sonuçlar alınmasına neden olabilmektedir.
- YSA ile üretilen sonuçların her zaman doğru ve yüksek güvenilirlik oranına sahip olduğunu kabul etmek doğru bir yaklaşım değildir.
- Söz konusu yöntem, bazı uygulama alanlarında kabul edilemez sonuçlar üretebilmekte veya ağı eğitilmesi mümkün olamamaktadır.

1.14. Parametreler

Heyelan duyarlılığının değerlendirilmesinde kullanılan yöntemlerden çok, dikkate alınan parametrelerin etkisinin de önemli bir rolü vardır. Diğer bir ifade ile heyelan oluşumunda etkin olan parametreler doğru seçilirse, üretilcek haritaların, daha temsil edici ve/veya mevcut durumu daha iyi yansıtıcı özellikte olacağı söylenebilir (Mazman, 2005). Erozyon ve heyelan duyarlılık analizi ilgili son yıllarda yapılan çalışmalar incelendiğinde, bağımsız parametrelerin seçimlerinde çok sayıda alternatif olduğu görülmektedir (Gökçeoğlu ve Ercanoğlu, 2001; Akgün, 2007).

Literatüre bakıldığı zaman çalışmaların bütününde jeoloji ve eğim parametreleri hemen hemen bütün çalışmalarda kullanıldığı, yapısal unsurlara (faylara) yakınlık, yamaç yönü, arazi kullanımı/örtüsü gibi faktörlerin de yoğun olarak dikkate alındığı görülmektedir. Burada dikkate alınması gereken önemli hususlardan birisi de tetikleyici faktörlerdir. Yağış ve depremsellik, özellikle heyelan oluşumundaki en önemli tetikleyici faktörlerden biri olmasına karşın, incelenen çalışmaların çok azında bunların kullanıldığı görülmektedir. Bunun temel nedeni, söz konusu faktörlere ilişkin girdi veri olarak kullanılabilecek nitelik ve miktarda kayıt altına alınmış bilginin eksikliğidir. Buna karşın, diğer jeolojik, topoğrafik ve çevresel faktörlerin elde edilmesi görece olarak daha kolaydır. Bu nedenle üretilen haritalara tehlike haritası değil, duyarlılık haritası adı verilmektedir. Çünkü bu haritalar, ortamsal koşulları dikkate alarak çalışılan alanları zonlara ayırmaktadır (Akgün, 2007).

Heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasında kullanılan parametrelerin belirlenmesi için öncelikle bu konu ile ilgili literatürde mevcut çalışmalar incelenir.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda parametreler belirlenir. Bunun en büyük nedeni ise farklı çalışma alanlarında değişik parametrelerin etkili olmasıdır (Yalçın, 2005). Bu tür parametreler belli bölgeler için büyük önem taşmakla birlikte az kullanılıyor olmaları, heyelan oluşumunda önemsiz oldukları anlamına gelmemektedir (Gökçeoğlu ve Ercanoğlu, 2001).

Heyelan duyarlılık değerlendirmeleri ile ilgili çalışmaların ilk aşamasını heyelan envanter ve duyarlılık haritalarının hazırlanması oluşurmaktadır. Bu haritaların hazırlanması, belirli bir coğrafi lokasyonda belirli bir heyelan tipinin oluşması açısından sahayı göreceli olarak zonlayan ve heyelanların zararlarının azaltılmasına yönelik çalışmaların en önemlilerindendir. Fakat bu haritaların hazırlanmasında Dünya genelinde araştırmacılar arasında bir görüş birliği sağlanamamıştır (Gökçeoğlu ve Ercanoğlu, 2001, Mazman, 2005, Yalçın, 2005; Dağ, 2007). Duyarlılık haritaları hazırlanırken, heyelana neden olan birçok parametre kullanılmaktadır

Dağ (2007) ve Aksoy (2011), çalışmalarında, bu parametrelerin ortak özeliklerini kısaca aşağıdaki şekilde belirtmektedir;

- I. Parametreler heyelanların meydana gelmesinde etkili olmalıdır,
- II. Parametrelerin her biri haritalanabilir nitelikte olmalıdır,
- III. Parametreler çalışılan bölgenin özelliklerini yansıtmalıdır.

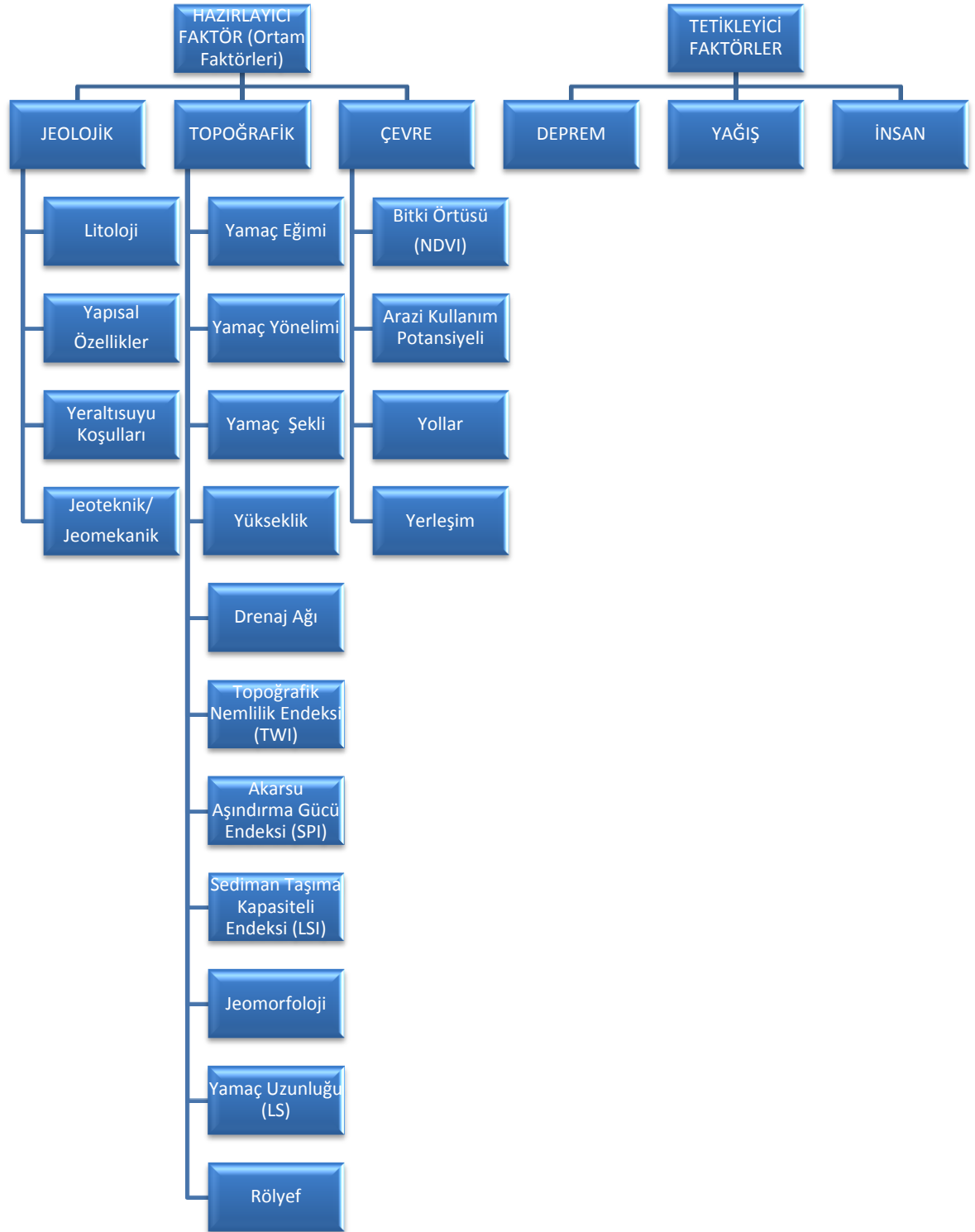
Heyelan haritaları üretilirken, bağımlı değişken heyelan envanterinin, topoğrafik yükseklik, eğim, bakı, topoğrafik nemlilik endeksi, akarsu aşındırma gücü endeksi, diferansiyel yamaç eğriselliği, plan yamaç eğriselliği, profil yamaç eğriselliği, litoloji, arazi kullanım özellikleri, jeomorfoloji, vb gibi bağımsız değişkenlerle arasındaki ilişki irdelenir. (Nefeslioğlu, 2008).

Araştırmacıların üzerlerinde ortak fikirde oldukları ve duyarlılık çalışmalarında diğer parametrelere oranla sıkça kullanılan bazı parametrelerin genel bir değerlendirmesi yapılmıştır. Heyelanın meydana gelmesinde etkili olan parametreler hazırlayıcı ve tetikleyici olarak iki grup altında değerlendirilir (şekil 5).

Gökçeoğlu ve Ercanoğlu (2001) alışmalarında, toprak türü zeminlerde gelişen heyelanların oluşumunda etkili olan parametreleri hazırlayıcı (ortam) ve tetikleyici olarak iki başlık altında toplamışlardır. Kaya kütlelerinde meydana gelen duraysızlıklar farklı olduğundan bunları çalışmalarında değerlendirilmeye almamışlardır. Duyarlılık haritalarının hazırlanmasında en etkili olan parametreleri hazırlayıcı (ortamsal) parametreler olarak değerlendirilebilmektedir. Bunlar da jeolojik, topografik ve çevresel

parametreler olarak alt başlıklarda incelenebilmektedir (Ercanoğlu, 2003). Heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasında kullanılan parametreler Şekil 5’de verilmiştir.

İstatistiksel verilere göre özellikle eğim ve litoloji parametresi üzerinde görüş birliği sağlanmış gözükmemektedir. Ayrıca arazi kullanımı ve bitki örtüsü parametrelerinin de benzer nitelikte olduğu düşünüldüğünde (beraber değerlendirildiği takdirde) eğim ve litolojiden sonra en fazla değerlendirilen parametre olduğu görülmektedir.



Şekil 5. Heyelana neden olan hazırlayıcı ve tetikleyici faktörler

En fazla kullanılan diğer faktörler ise yapısal çizgisellikler, yamaç yönelimi ve yamaç eğriselliklerinden oluşan jeolojik ve topografik parametreler olduğunu belirlemiştir. Bitki örtüsü ve bölgenin hangi kesimlerinin orman, hangilerinin bitki ve hangilerinin tarım ve yerleşim bölgesi olduğu bilgilerini içeren arazi kullanım potansiyeli parametreleri de, heyelan duyarlılık haritalarında aynı amaca hizmet etmektedir. Arazi kullanım potansiyeli ve bitki örtüsü parametrelerinin ortak değerlendirildiği düşünülerek bu parametreler içinde görüş birliğinden söz edilebilir. Literatürdeki çalışmaların en önemli ortak özellikleri ise jeolojik, topografik ve çevresel faktörlerden en az bir tanesinin kullanılmış olmasıdır diğer parametrelerde arazinin özelliklerine göre ve ayrıntıya yönelik çalışmalarda kullanılmaktadır. Yani, çalışma alanın özelliklerine göre, araştırmacının bakış açısına ve değerlendirmesine göre diğer parametreler belirli bölgeler için önem taşıyabilmektedir. .

Bu tür parametreler belli bölgeler için büyük önem taşımakla birlikte az kullanılıyor olmaları, heyelan oluşumunda önemsiz oldukları anlamına gelmemektedir (Ercanoğlu, 2003; Gökçeoğlu ve Ercanoğlu, 2001; Yalçın, 2005; Dağ, 2007; Daş, 2008; Nefeslioğlu, 2008, Çil, 2009).

1.14.1. Parametrelerin ve Sınıf Aralıklarının Belirlenmesi

Parametrelerin kullanımında ve seçiminde literatürde çok sayıda yoruma rastlanılmaktadır. Parametre seçiminde karşılaşılan diğer sorun ise sınıf aralıklarının yine kullanıcı tarafından belirlenmesidir. Çoğu araştırmacı bilgisayar tarafından otomatik sınıflamayı tercih ederken, az sayıda araştırmacı alan değerlendirmesi yaparak sınıf aralıkları belirlemişlerdir. Bunun içinde bu parametrelerin ilk olarak heyelan oluşumunda etkileri daha sonra diğer parametrelere oranla seçim üstünlüğü değerlendirilmiştir. En son olarak ise parametrede yaşanan sorunlar ortaya konulmaya çalışılmıştır.

1.14.1.1. Jeolojik Faktörlerin Kullanılabilirliği

Jeolojik faktörler, değişik araştırmacılar tarafından farklı biçimde yorumlanmaktadır. Bu parametrelerin araştırmacılar arasında tercih edilme nedenleri heyelan oluşumundaki etki özellikleridir.

1.14.1.1.1. Litolojinin Kullanılabilirliği

Araştırmacılar litoloji parametresini, genellikle heyelanların hangi litolojik birimlerde daha yoğun olarak meydana geldiğini belirlemek amacıyla, farklı gruplandırmalar yaparak kullanmışlardır. Jeomorfolojik çalışmaların bir birleşeni olan heyelan, arazide yüzeyleyen kaya kütlelerinin litoloji ve ayrışma özellikleri ile ilişkilidir

Jeolojik faktörlerin heyelan oluşumunda etkileri;

- Jeolojik yapı ve doğal yamacı oluşturan malzemenin özellikleri duraysızlığı doğrudan denetlemektedir.
- Farklı litolojiye sahip birimlerde su iletim özelliklerinin ve birimlerin kayma gerilimlerinin farklı olması, bu birimlerin kaymaya karşı duyarlılığının da farklı olmasına neden olmaktadır. Farklı duyarlılık değerlerine sahip oldukları için heyelan duyarlılık çalışmalarında önemli rol oynamaktadır.
- Aynı bölgede yer alan litolojik birim, farklı bozunuma derecelerine sahip olarak, heyelana karşı farklı duyarlılık gösterebilir.
- Araştırmacılar, litoloji parametresinin, kohezyonu kontrol eden bir parametre olduğunu belirtmişlerdir.
- Zemini oluşturan malzemelerin tane boyu büyüdükçe, taneler arası boşluk artmaktadır. Bu durum yağışın fazla olduğu bir anda zeminin daha fazla su içermesine ve kayma olasılığının artmasına neden olacaktır. Bütün bu değerlendirmeler göz önüne alındığında parametrenin avantaj ve dezavantajları genel olarak değerlendirilmeye çalışılmış ve şu sonuçlar elde edilmiştir;

Parametrenin Avantajları;

- Heterojen olan litolojik birimler farklı litolojik birim olarak sınıflanır. Çok fazla formasyon olan geniş çalışma sahalarında, benzer formasyonlar ana gruplarına ayrılarak sayı azaltılabilir.
- İstatistiksel değerlendirmelerde, sahada mevcut heyelanların hangi birimler içerisinde dağılım gösterdiği ortaya konarak hem hata azaltır, hem de uzman olmayan kişiler tarafından rahatlıkla uygulanabilir.

1.14.1.1.2. Yapısal Unsurların Kullanılabilirliği

Literatürde, diğer parametrelerin aksine, yapısal unsurlara uzaklık parametresinin heyelanların üzerindeki etkisi ile ilgili görüş birliği olup, yapısal unsurlara uzaklık ile heyelan sıklığı arasında ters orantılı bir ilişki olduğu savunulmaktadır. Araştırmacılar, yapısal unsurlara uzaklık parametresini kullanırken, yapısal unsurlara uzaklık haritasında birbirlerinden farklı uzaklıkları dikkate alarak, çok sayıda tampon bölge oluşturmuşlardır. Çalışmaların çoğunda heyelan yoğunluğunun, en yakın mesafeleri içeren gruplarda daha fazla olduğu belirtilmiştir. Bu parametreyi çalışmalarında girdi parametresi olarak kullanan araştırmacılar arasında, yapısal unsurlara yakın bölgelerde heyelan oluşumunun fazla olduğu, bu durumun da malzemelerin daha zayıf ve bozunmaya daha açık olmasından kaynaklandığı yönünde bir fikir birliği bulunmaktadır. Genel olarak araştırmacılar, fay, kıvrım eksen, kırık/çatlak sistemleri gibi çizgisel unsurlara yakın alanlarda, heyelan oluşumunun daha fazla olacağı görüşünü savunmaktadırlar.

Yapısal unsurların heyelan oluşumundaki etkileri şu şekilde sıralanmaktadır;

- Faya yakın olma kayaçlarda parçalanmaya neden olmaktadır. Bu da yamaçları duraysızlığa karşı daha duyarlı hale getirmektedir.
- Tabakaların yamaç eğimine paralel olarak bulunmaları heyelanları kolaylaştırır.
- Heyelan oluşumunda, tabakalar arasında, süreksizlik düzlemleri boyunca (çatlak ve kırıklarda) killi bir seviyenin varlığı önemli rol oynar.
- Kar veya yağmur sularının toprağa sızması sonucunda plastik veya akışkan hale geçen kil tabakasının üzerindeki kütleler, yerçekimi etkisiyle aşağıya doğru hareket ederler.
- Kayaların diyaklâzlarla derin ve sık bir şekilde parçalanmış olması da heyelanı kolaylaştıran koşullar arasında sayılabilir.
- Faylar heyelan reaktivitesi üzerinde de etkili olmaktadır.
- Fayların yakınında oluşan veya tekrar aktif olan heyelanların, topuklarında şişme ve kabarmalar ile ikincil kaymalar oluşabilmektedir.
- Aktif olmayan faylarda duraysızlığın gelişimine katkıda bulunabilmektedir.
- Ana fayın yakınında yer alan heyelanlarda bir iki metreye varan yer değiştirmeler gerçekleşebilmektedir.
- Araştırmacıların büyük çoğunluğu heyelan yoğunluğunun, en yakın mesafeleri içeren gruplarda daha fazla olduğunu belirlemişlerdir bu durumu, yapısal

unsurlara uzaklık azaldıkça, kayacın içerdiği çatlak oranının ve bozunma derecesinin artmasıyla açıklamışlardır. Ayrıca, yapısal unsurların, kendilerini çevreleyen malzemeyi zayıflatması ile ilişkilendirilmiştir.

- Sismik aktivite ayrışmayı tetiklediğinden bununda heyelan duyarlılığı üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir.
- Jeolojik birimler içindeki fay, eklem, tabakalanma vb gibi yapısal elemanlar zayıf yüzeyler olması nedeniyle, şev açısının ve şev yönelimlerinin de uygun olması durumunda, kütle hareketlerinin gerçekleşmesine neden olmaktadır.
- Bu parametre kapsamında incelenen bir diğer parametre olan çizgiselliği, çalışmalarında girdi parametresi olarak kullanan araştırmacılardan çizgiselliğin sadece yüzey malzemesinin yapısını etkilemediğini, aynı zamanda, geçirimsizliği artırıcı yönde katkıda bulunduğunu ve yamaç duraysızlığını arttırabileceğini vurgulamışlardır. Bunun içinde jeolojik birimler içindeki fay, eklem, tabakalanma vb gibi süreksizliklerin duraylılık üzerinde etkisi de belirlenmelidir.
- Süreksizlikler üzerinde bulunan toprak malzemesi, süreksizlik yönelimine de bağlı olarak duraylılığını yitirmekte ve süreksizlikler yenilme yüzeyi gibi davranmaktadır.
- Literatürde yamaçlarla aynı yönelime sahip çizgiselliklerin yoğunlukları hesaplanarak, heyelan duyarlılığı hesaplamalarında kullanılır. Böylece zayıflık düzlemleri olan çizgiselliklerin yoğun olduğu alanların heyelan oluşumuna daha duyarlı olduğu belirlenmiştir.
- Süreksizlikle yamaç arasındaki açısal ilişkilere dayalı olarak kayma koşulunu sağlayan alanların belirlenmesidir. Kinematik anlamda gerekli koşulları sağlayan alanları belirlemede tabaka ölçüleri kullanılır. Bu yapısal elemanlar zayıf yüzeyler olması nedeniyle, şev açısının ve şev yönelimlerinin de uygun olması durumunda, kütle hareketlerinin gerçekleşmesi söz konusudur.
- Süreksizlikler malzemenin atmosferik koşullara maruz kalarak, su girişi, kütle içindeki zayıf zonların yumuşaması gibi olaylara neden olarak duraylılığı azaltıcı etki yapmaktadır.

Parametrenin Avantajları;

- Tektonik yapı ile heyelan arasında çok sıkı bir ilişkisi vardır. Sismisitesi yüksek bölgelerde yapılacak heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasında dikkate

alınabilecek bir yaklaşım olduğu belirtilmektedir. Depremselliği yüksek bölgelerde önemli bir parametredir.

1.14.1.1.3. Jeoteknik/ Jeomekanik Verilerin Kullanılabilirliği

Şevlerin kaymasında yağışların önemli bir etkisi bulunduğundan, zemin içerisindeki yüzey suyunun varlığı oldukça önemlidir. Dolayısıyla şevin doygun zemin ağırlığını belirleyebilmek için, kuru birim hacim ağırlık ve doygun birim hacim ağırlıklarının hesaplanması gerekmektedir.

Parametrenin Avantajları;

- Jeoteknik araştırmaların duraysızlığın belirlenmesinde ve teşhisinde etkili yararlar sağlamasıdır.

1.14.1.2. Topografik Faktörlerin Kullanılabilirliği

Topoğrafik Faktörler, heyelan duyarlılık haritalarının önemli girdi parametrelerinden olan eğim, yamaç, yönelim gibi parametreleri içerir. Çalışma alanında topoğrafik analiz için üretilen eğim, yükseklik ve bakı haritaları, sayısal olarak bulunan eşyüksekti eğrilerinden elde edilen TIN verisinin analizi grafik olarak işlenmesi sonucunda oluşturulur.

1.14.1.2.1. Yamaç Eğriselliği/ Yamaç Şekli

Topoğrafik verilerden üretilen birincil parametreleri, (eğim-bakı, oranlarını) değişik açılardan ifade ederler. İçbükey, düz ve dışbükey olmak üzere 3 grupta sınıflandırılırlar. Pozitif eğrisellik değerleri dış bükey yamaçları ifade ederken, negatif eğrisellik değerleri iç bükey yamaçları göstermektedir. 0 ise hiçbir eğriselliğin görülmediği düzlük alanları ifade etmektedir.

Yamaç şeklinin heyelan oluşumundaki etkileri şu şekilde sıralanabilir;

- Yamaçlardaki düzensizlikler gerilim dağılımlarını olumsuz etkiler ve bu da duraysızlıklara neden olur.

- İç bükey yamaçlarda heyelanların duyarlılığının artmasının temel nedeni, yüzey sularının bu alanlarda dış bükey yamaçlara oranla daha fazla oyalanmaları ve zeminin geçirimsizliği oranında az veya çok yer altı suyu koşullarını etkileyerek heyelanlar üzerinde etkili olmalarıdır
- Yamaç eğrisellikleri ile yamaç şekli ortaya konur, iç bükey ve dış bükey olması ise heyelan oluşumunda etkilidir. Bunun nedeni heyelan sonrasında gelişen morfolojinin her heyelan kütlelerinde olduğu gibi konkav olmasından ileri gelmektedir. İç bükey ve dış bükey yamaç şekillerinin hidrolojik akış şekillerini kontrol etmesi bakımından oldukça önemlidir. Dışbükey yamaçlarda yüzey sularının drenajına bağlı olarak ve içbükey yamaçlarda yüzey sularının malzeme içinde toplanarak yamacın doygunluk derecesini arttırması şeklinde değerlendirilmektedir.

Parametrenin Avantajları;

- Çoğu araştırmacının kullandığı yüzey sularının, yamaç içinde birikmesi veya drene olmasını gösteren topoğrafik bir parametredir.

1.14.1.2.2. Akarsu Yakınlık/Drenaj Yoğunluğu

Parametrelerden en önemli olanlardan bir tanesidir çünkü yamaç malzemesinin doygunluk derecesi ile ilgilidir Literatürde, heyelan duyarlılığı değerlendirmelerine yönelik çalışmalarda, topoğrafik parametreler arasında değerlendirilen drenaj ağı, genel olarak iki değişken drenaja olan uzaklık (m) ve drenaj yoğunluğu (km^{-1}) olarak verilmektedir.

Parametrenin heyelan üzerindeki etkisi şu şekilde sıralanabilir;

- Yamaç topuğunu erozyona uğratarak ya da yamacı oluşturan malzemenin akarsu seviyesinin altındaki kesimini suya doygun hale getirerek, yamaçların duraylılığını bozmaktadır.
- Bazı çalışmalarda, fay tarafından tetiklenen heyelanların akarsu boyunca meydana geldiği belirlenmiştir. Bu nedenle, fay tarafından tetiklenen heyelanlar için akarsuya uzaklığın heyelan oluşumunu kontrol eden faktörler arasına alınabileceği belirtilmiştir
- Heyelan oluşum frekansı değerleri ve arazi gözlemleri dikkate alınarak, eğer drenaj yoğunluğu düşükse heyelan duyarlılığı düşüktür. Eğer drenaj yoğunluğu yüksekse, heyelan duyarlılığı yüksektir.

- Akarsuya yakınlık doygunluk ve aşınma açısından bir tehlike faktörü olarak ele alınmalıdır. En fazla süzülme, alüvyon gibi permabilitesi yüksek olan akarsulara bitişik yamaçlarda görülür. Zeminlerin önemli kil içeriği nedeniyle, permabilitelerinin düşük olacağı ve çevresindeki bir bölgeyi daha doymun hale getireceği düşünülerek, bu bölgedeki tehlike alanı olarak incelenir. Akarsular, geçtikleri yerdeki toprak zemini aşındırarak duraylılığın bozulmasında olumsuz rol oynayabilir.
- Akarsulardan uzaklaştıkça suyun yamaç üzerinde meydana getirebileceği, duraysızlık problemlerinin de azalabileceği söylenebilir
- Araştırmacıların genel görüşü, drenaj hatlarına uzaklık fazla ise heyelan duyarlılığı düşüktür yâda drenaj hatlarına olan mesafe az ise heyelan duyarlılığı yüksektir.
- Akarsuların, aşındırıcı süreçleri kapsayan aralıklı akış rejimi, akarsu kanallarına yakın alanlarda şiddetli ve yüzeysel kütle kaybına neden olur.

Parametrenin Avantajları;

- Parametrelerden en önemli olanlardan bir tanesidir, çünkü yamaç malzemesinin doygunluk derecesi ile ilgilidir.
- Heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasına yönelik birçok çalışmada araştırmacılar saha gözlemlerinden yararlanarak akarsu yataklarına yakınlığı, heyelan değerlendirmelerinde bir parametre olarak kullanmışlardır.

1.14.1.2.3. Yamaç Yönelimi/Bakının Kullanılabilirliği

Yamaç eğim yönü, arazi yüzeyinin yönünü gösterir. Bakı, kuzeye doğru saat ibresi yönünde gidilerek ölçülür ve 0 ile 360 derece arasında pozitif değerler alır. Yamaç yönelim haritası oluşturmak amacıyla 4 ana coğrafik yön ve bu ana yönleri (KD, KB, GD ve GB) esas alınarak inceleme alanı içinde yamaçların bu yönlerden hangisine baktığı ve heyelanların yönleri ile ilişkileri belirlenir. Konu ile ilgili birçok çalışmada yapılan, istatistiksel değerlendirmelerde heyelanların belli bakı değerlerinde yoğunlaştığı tespit edilmiştir.

Parameterenin heyelan oluşumuna etkileri şu şekilde sıralanabilir;

- Bakı, heyelanların oluşumunu kontrol edebilen süreksizlikler, yağış, rüzgar etkisi ve güneş ışığına maruz kalma gibi parametrelerle ilişkilendirilmektedir

- Yamaç eğim yönünün heyelan duyarlılığı değerlendirmelerinde kullanımı, yamaca düşen yağış miktarının, eğim yönüne bağlı olduğu temel alınarak malzemenin su içeriği ve bitki örtüsü özelliklerini dolaylı olarak yansıtması şeklindedir.
- Farklı yönlere bakan yamaçların yağış, güneş ışığı, donma-çözülme vb. gibi atmosferik olaylardan etkilenme koşulları da farklı olmaktadır.

Parametrenin Avantajları;

- Heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanması ile ilgili çalışmalarda eğim yönü, sıkça kullanılan önemli bir parametredir. Birçok çalışmada araştırmacılar yaptıkları istatistiksel değerlendirmelerde heyelanların belli yönelimlere sahip yamaçlarda yoğunlaştığını saptamışlardır. Heyelan oluşumunda, dolaylı olarak etkin olan bir parametre olarak değerlendirilen yamaç eğim yönünün, heyelan duyarlılığı değerlendirmelerinde kullanılmasına yönelik olarak bir görüşbirliği oluşmamakla birlikte bu parametre, birçok araştırmacı tarafından dikkate alınmaktadır.
- Bakı faktörü bitki ekolojisi, ormancılık, yer seçimi ve planlama, jeomorfolojik anlamlarıyla dış süreçlere in direkt nüfuzuyla aşınım ve birikim süreçleri üzerinde etkili olur. Bu etkide çoğu zaman klimatolojik faktörlerin, bakı, yükselti, vb gibi yerel şartlara bağlı olarak modifiye olması ve sahanın jeomorfolojik eğilimi sonucu karşımıza çıkar.

1.14.1.2.4. Yüksekliğin Kullanılabilirliği

Duyarlılık haritalarında yükseklik, deniz seviyesinden veya lokal bir referans yerinden olan yükseklik değerlerini temel alan “topografik yükseklik”, ya da çalışılan alandaki topografya elemanlarının birbirlerine göre yükseklik farklarını temel alan “göreceli yükseklik” şeklinde değerlendirilmektedir. Göreceli yükseklik pek yaygın kullanılmamakla beraber, bazı araştırmacılar tarafından dikkate alınmıştır. Araştırmacılar arasında genel eğilim topoğrafik yüksekliğin kullanılmasıdır. Göreceli ve topoğrafik yüksekliğin bir arada kullanılması tekrarlanmaya yol açarak aynı parametrenin iki kere dikkate alınmasına neden olacaktır. Bu nedenle, topoğrafik ve göreceli yükseklik parametrelerinden sadece biri kullanılmaktadır ya da heyelan duyarlılığı değerlendirmelerinde ayrı ayrı kullanılarak analiz sonuçları karşılaştırılmaktadır.

Yükseklik parametresinin, heyelanların meydana gelmesine neden olan birçok parametre üzerindeki etkisi nedeniyle, topoğrafik yükseklik ile heyelan oluşumu arasındaki ilişki karmaşıktır. Yamaç yenilmelerinin birbirinden farklı yüksekliklerde görülmesini yağmur, kar yağısı ve donma çözünme döngüsünü neden olmaktadır. Farklı yükseklik kotlarının heyelan duyarlılığına etkileri de farklı olmaktadır. Farklı yüksekliklerin heyelan oluşumundaki etkileri şu şekilde sıralanabilmektedir;

- Yüksek kotlarda heyelan duyarlılığı; Bu alanlarda yağış ve sismik analizlerin heyelanla ilişkilendirilmesi yapılmalıdır. Bunun içinde sismograf ve yağış gözlem istasyonlarına gereksinim vardır.
- Orta yükseklikteki kotlar, heyelana yüksek kotlardan daha duyarlıdır. Bunun nedeni, orta yüksekliklerdeki alanlar (150-400 m), daha yüksek alanlardan gelen malzeme ve ayrışma dolayısıyla oluşacak toprak örtüsü nedeniyle, heyelanlara karşı daha duyarlı olarak değerlendirilmektedir.
- Düşük kotlarda heyelan duyarlılığı, araştırmacıların büyük çoğunluğu tarafından, daha fazla olduğunu belirlemişlerdir. Bununla beraber, yüksekliğin litoloji, bitki örtüsü, bozunma durumu ve yamaç eğimi gibi diğer parametrelerle birlikte değerlendirilmesi gerektiği de göz ardı edilmemelidir
- Çok düşük kotlarda heyelana daha az duyarlı olmasının nedeni, genel olarak çok düşük yüksekliklerin (0-150 m), yamaç eğimlerinin az olması ve kalın örtü malzemesi içermesidir.

Parametrenin Avantajları;

- Bazı araştırmacılar, çalışmalarında yüksekliğin heyelan olasılık haritalarının hazırlanmasında iyi bir gösterge olduğunu belirtmişlerdir.
- Arazi yüksekliği heyelan riski üzerindeki etkisi tam olarak kesinlik kazanmamış ancak araştırmacılar tarafından sıklıkla kullanılan bir faktördür.
- Planlama çalışmaları açısından iklim faktörleri ile doğrudan ilişkili olan yükseklik grupları, tercih edilmektedir. Böylelikle topoğrafyadaki değişken yükseklik koşulları biyolojik ve doğal etmenler üzerinde etkili olmaktadır. Bu nedenle yükseklik faktörünün şev durağanlığına ve şev kırılmalarına yol açabilecek etkileri olduğu söylenmektedir.

1.14.1.2.5. Yamaç Eğiminin Kullanılabilirliği

Arazi yüzeylerinin yataydan sapmaları olarak da bilinen eğim, yerçekimine bağlı olarak, malzeme taşınmasını tamamen denetlemektedir ve yer bilimleri çalışmalarında diğer bilimlerde de olduğu gibi büyük bir öneme sahiptir.

Parametrenin heyelan duyarlılığına etkisi;

- Literatürde, yamaç eğiminin heyelan duyarlılığına etkisi ile ilgili genel değerlendirmeler mevcuttur. Heyelan duyarlılığı üzerinde yamaç eğimi ile yamaç yöneliminin yükseklikten daha etken olduğu ortaya konmuştur
- Eğim, hareket mesafesini kontrol eden en önemli morfolojik parametrelerden biridir. Yerçekimine bağlı olarak malzemelerin taşınımı tamamen eğimin denetlediği süreçlerle gerçekleşir.
- Kütle hareketleri oluşumu ve harekete geçen malzemenin transfer hızı ve boyutu yine eğim tarafından denetlenir.
- Yamaç duraysızlığının genellikle yükseklik ve yamaç uzunluğunun artışı ile arttığı düşünülmektedir. Sonuç olarak, yüzey akışının hızı ve hacminin tanımlanmasında yamaç haritalarına başvurulur.
- Daha önceki çalışmalar ve arazi gözlemleri eğimin artmasıyla heyelana karşı duyarlılığın arttığını göstermektedir. Bu nedenle, heyelan duyarlılık haritalarının üretilmesinde eğim parametresinin çok önemli bir fonksiyonu vardır.
- Eğim, yüzeysel akış, toprak nemi ve taban suyu tarafından akarsu akımına yapılan katkılar bakımından önemli bir faktördür.
- Eğim, biriken yağış miktarını etkilemekte ve düşük eğimlerde taşkın süresi daha uzun olmaktadır.
- Genel olarak, yüksek eğimli yamaçların, heyelana daha duyarlı olduğu bilinmekle birlikte araştırmacılar yapmış oldukları çalışmalarda yamaç eğimi parametresinin önem açısından ağırlığına, en yüksek değeri vermişlerdir. Bununla birlikte, araştırmacılar arasında, yamaç duyarlılığı ile yamaç eğimi arasında doğru orantılı bir ilişki olduğu, diğer bir deyişle, yamaç eğimi arttıkça heyelan duyarlılığının artacağı yönünde bir görüş de hâkimdir.
- Yamaç eğiminin yamaç yüzey ve yeraltısuyu akışının hızına, toprak su içeriğine, toprak yapısına, erozyon potansiyeline ve jeomorfolojik süreçlere önemli oranda etki ettiğini belirlenmiştir.

- Eğim yükselmesi duraylılığı bozabilecek bir faktördür. Hareket mesafesini kontrol eden en önemli morfolojik parametrelerden biridir. Özellikle kütle hareketlerinin gelişiminin ve olası tetikleyici faktörün oluşması halinde hareket edecek malzemenin ilerleme mesafesinin ve olası depolanma lokasyonlarının saptanmasında kullanılması amacıyla sahanın eğim haritası üretilir
- Genel olarak, yüksek eğimli yamaçların, heyelana daha duyarlı olduğu bilinmekle birlikte yamaç eğiminin heyelan duyarlılığı üzerindeki etkisi, çalışma alanındaki toprak, moloz ve kaya türü malzemelerde meydana gelen heyelan türüne bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.
- Araştırmacılar arasındaki genel eğilim, yamaç eğiminin artmasıyla, heyelana karşı duyarlılığın da artacağı yönündedir.
- Eğim değerlerinin yükselmesi, toprak zeminde kaydırıcı kuvvetleri arttırarak, malzemenin harekete geçmesini kolaylaştırır.
- Eğim değerlerinin yüksek olduğu yerlerde yüzey aşınması ve drenaja bağlı olarak akma tipinde heyelanlar meydana gelebilmektedir.
- Yükseklik artması, duraylılığı azaltıcı bir etki yapmaktadır. Yani aynı eğim değerine sahip fakat yüksekliğin farklı olduğu yamaçların tehlike açısından aynı olmadığı, aynı eğimde olan iki yamaçtan yüksekliği fazla olan yamacın duraysız konuma geçmesi olasılığının diğerlerine oranla daha fazla olabilmektedir.
- Topoğrafik eğimin dik olması ve yamaç topuğundaki sürekli kanal aşındırması nedeniyle kayma oluşturmaktadır.
- Gerek yamacı oluşturan malzemenin blok oluşturma potansiyeli, gerekse yamaçların eğimlerinin dik olması kaya düşmeleri için gerekli koşulları sağlamaktadır. Orta derecede eğim değerine sahip (20^0 - 45^0) yamaçlarda artan eğim değeri zeminin kayma gerilmesini arttıracığından, yamaçların duraylılığını olumsuz olarak etkilemektedir.
- Düşük eğimlerde bozunma zonun kalın olmasından heyelanlar meydana gelebilmektedir.
- Yüksek eğime sahip yamaçların kaya birimlerden oluşması ve düşük eğimli yamaçlarda bozunma zonu kalınlığının artması nedeniyle düşük eğime sahip yamaçların, heyelana daha duyarlı olduğu düşünülmektedir.
- Yamaç eğiminin artmasıyla, genelde yamaçların duraylılığında azalma etkisi olacağı düşünülse de, çalışma alanında, son derece düşük eğimlerde de heyelan

gelişimi olasıdır. Örneğin, filiş türünde malzemenin bozunması sonucunda oluşmuş toprak zeminlerin, daha az eğimli topografyalarda birikmesi sonucunda diğer parametrelerin de etkisiyle heyelanların oluşmasıdır. Dik yamaçlar, çoğunlukla dayanıklı kayalarla örtüldüğü için, bu kesimlerde heyelanlara rastlanılmamaktadır.

- Çok düşük eğim değerine sahip alanlarda kayma gerilmeleri daha düşük olacağından dolayı, bu eğim değerleri heyelan açısından daha az duyarlıdır.
- Eğim, yamaç duraysızlıklarında kullanılan, stabilite çalışmalarının esasını oluşturan ve kayma yüzeyindeki kayma ve normal gerilmeleri etkileyen asıl faktörlerdendir. Yamaç ya da şevlerin eğimi, heyelanların oluşumunda direk etkili olup duraylılık çalışmalarının esasını oluşturmaktadır. Şev stabilite çalışmalarında ana parametre şev ya da yamacın eğim açısıdır.

Parametrenin Avantajları;

- Coğrafi bilgi sistemleri programları aracılığıyla SYM verisinden kolay bir şekilde üretilebilmektedir.
- Bölgesel heyelan olasılık veya heyelan duyarlılık haritaları yapılırken birçok araştırmacı eğim değerlerini heyelanı hazırlayıcı faktörlerden biri olarak kabul etmiş ve analizlerinde kullanmışlardır.
- Literatürde, araştırmacılar arasında, yamaç eğiminin heyelan oluşumunda etkin olan bir parametre olarak değerlendirilmesi konusunda fikir birliği sağlanmış olup bu parametre, heyelan duyarlılık değerlendirmelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.
- Şev ya da yamacın eğim açısı heyelanlarla direkt ilgili olduğu için, heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasında çok sık kullanılan bir parametredir.
- Eğim açısının çalışmalarda sıklıkla kullanılma nedenlerinden bir diğeri ise kolay haritalanabilir olmasındandır.
- Yerleşilecek arazinin eğim analizlerinin yapılması, o alan üzerinde yerleşecek kentsel fonksiyonların konumlanmasında önemli bir etkidir. Ayrıca yerleşilecek arazinin eğim analizlerinin yapılması arazinin işlevlere dağıtılmasına, yapılanma yoğunluğuna, ulaşım ağı şemasına, kent görünümüne yani yapılaşmanın üçüncü boyutuna ilişkin kararlarla yakından ilgilidir.
- Eğimli arazide, rüzgâr hızı eğim derecesine bağlı bir değişkendir. Yamaç yukarı esen rüzgârın hızı, % 6-20 eğimli arazide, düz araziye göre % 10-30 oranında

daha azdır. Bu sebeple yamaca yapılacak inşaatlarda, rüzgarın yapı ve çevresinde yarattığı olumsuz etkileri azaltması yönünden eğim analizlerinin yapılması gereği doğmaktadır.

1.14.1.3. Çevresel Faktörlerin Kullanılabilirliği

Heyelan duyarlılık çalışmaları kapsamında değerlendirilen bir diğer parametre grubunu çevresel değişkenler oluşturmaktadır. Çevresel değişkenler kapsamında, havza içerisinde meydana gelen toprak akmalarının oluşumunda etkili olduğu düşünülen faktörler ve bitki örtüsü incelenmektedir. Çevresel faktörler olarak değerlendirilen çevresel zarar görebilirlik özellikleri, sahadaki doğal kaynakların kayıplarını veya zarar görmesini içermektedir. Özellikle afet anında insan yaşamı için önemli olan su kaynaklarının kirlenmesi, afetin boyutunu arttıran etmen olarak karşımıza çıkar. Sahada, çevresel faktörler olarak özellikle zaman içinde arazi kullanımındaki değişim ele alınmaktadır.

1.14.1.3.1. Yol Yoğunluğu-Yollara Uzaklık/Yakınlığın Kullanılabilirliği

Doğal topografyayı tahrip eden ve yamaçlardaki durağanlığı etkileyen faktörlerden bir diğeri de mevcut yol ağlarıdır. Heyelan duyarlılığı değerlendirmelerinde, araştırmacılar tarafından yollara yakınlık ve yol yoğunluğu olmak üzere iki şekilde kullanılmaktadır. Son yıllarda uzaktan ölçüm teknolojisinin yol ve tren yolu uygulamalarında etkili kullanımı vardır. Genellikle yol yapımı için açılan kazılar sonucunda yamaçların doğal dengesinin bozulması ile heyelanların oluşması şeklinde değerlendirilmektedir,

Yamaçlardan alınan malzeme şevin eğimini arttırmakta ve denge halindeki yamacın stabilitesini bozmaktadır. Eğimli arazi üzerinde yapılan yollar topografya üzerindeki mevcut durağan yük durumunu bozmakta, topoğrafik değişiklikler ile birlikte yük azalmasına sebep olmaktadır. Yol güzergâhı boyunca üzerine etkiyen ağır taşıtların geçmesi gibi dış yüklerin yamaç duraylılığına olumsuz etki etmesi şeklinde değerlendirilmektedir. Yol açılmadan önce dengede olan yamaçta, daha sonra oluşan çatlaklara, dışarıdan gelebilecek su girişi gibi negatif etkilerle duraysızlıklar meydana gelmektedir. Yol yoğunluğu, bozunma sonucu oluşan toprak zeminlerde, heyelan yoğunluğunu arttırmaktadır.

Yol parametresinin heyelan ölçümündeki etkileri şu şekilde sıralanabilir;

- Yamaçlarda açılan yollar, yamaç topuğunda ve topografyada yük azalmasına, dolayısıyla hem topografyanın değişmesine hem de yamaç gerisinde gerilme artışlarına ve gerilme çatlaklarının oluşmasına neden olmaktadır.
- Yamaçlarda açılan yollar nedeniyle yamaç topuğunda yapılan oyulmalar, yamaç topuğunda ve topografyada yük azalmasına, dolayısıyla hem topografyanın değişmesine hem de yamaç gerisinde gerilme artışlarına ve gerilme çatlaklarının oluşmasına neden olmaktadır.
- Yamaçlardan alınan malzeme şevin eğimini arttırmakta ve denge halindeki yamacın stabilitesini bozmaktadır.
- Yol güzergahı boyunca yapılacak kazıların ve üzerine etkiyen dış yüklerin (örn, ağır taşıtların geçmesi gibi), yamaç duraylılığına olumsuz etki etmesi şeklinde değerlendirilmektedir.

Parametrenin Avantajı;

- Literatürde yola yakın alanların heyelana duyarlı olduğu konusunda genellemelere rastlanılmaktadır.

1.14.1.3.2. Arazi Sınıflaması

Literatürde çelişki oluşturan parametrelerdendir. Araştırmacılar, arazinin vejetasyon durumunu farklı başlıklarda benzer şekillerde incelemişlerdir. Arazi örtüsü ve arazi kullanımı terimleri farklı anlamlar taşımaktadır. Arazi örtüsü terimi, zeminin yüzey örtüsü, yani bitki örtüsü, su ile örtülü alanlar, boş toprak vb. içermektedir. Bitki örtüsü ve arazi kullanımı alt başlıklarıyla incelenir. Literatürde araştırmacılar, parametre olarak arazi örtüsünü veya arazi kullanımından birini tercih etmişlerdir. Her iki parametrede yerleşim alanları, tarım alanları, ormanlık alanlar, yoğun ve seyrek bitki örtüsü içeren alanlar gibi benzer özellikleri değerlendirmektedir. Bazı çalışmalarda bu parametreler ortak kabul edilip, arazi örtüsü başlığında değerlendirilmektedir. Eğer arazi kullanım potansiyeli kullanılacaksa, bitki örtüsü parametresi kullanılmamalıdır. Çünkü bu işlem bitki örtüsünün etkisini iki kez dikkate alınmasına neden olmaktadır.

Parametrenin heyelan oluşumundaki etkisi;

- Bitki örtüsünün duraylılık üzerindeki etkisi önemli ölçüde bitki türüne ve bunların dağılımlarına bağlıdır.

- Bitki örtüsü yoğunluğu azaldıkça heyelan olma olasılığı artmaktadır.
- Bitki örtüsünün yoğun olduğu ormanlık alanlarda, seyrek bitki örtüsü ya da tarım ve yerleşim alanlarına oranla heyelanlardan daha az etkilenmektedir.
- Bitki örtüsü olmayan veya seyrek bitki örtüsü ile kaplı alanlar, hızlı erozyona maruz kalırlar ve heyelana daha duyarlıdırlar.
- Bitki örtüsünün tahrip edilmesi ve bu alanların yerleşim yeri ya da tarım alanları olarak kullanılması heyelanların oluşumunda önemli ölçüde etkili olmaktadır.

Parametrenin Avantajları;

- Orman örtüsünün heyelanları önlemekten daha ziyade geciktirici etkisi olduğunu söylenebilir.
- Bitki örtüsünün duraylılığa olumlu etkisi bulunmaktadır. Özellikle ağaç türündeki bitkilerin duraylılık üzerindeki etkileri olumlu olarak kabul edilmekte.
- Kök sistemleri gelişmiş olan bitkiler duraylılığı olumlu olarak etkilemektedir.
- Yağışın süzülme etkisi üzerinde ağaç ya da bitkilerin yaprakları suyu emme ve buharlaştırma özelliği etkilidir. Kökler zemin içindeki suyu alarak terleme yoluyla buharlaşmakta ve boşluk suyu basıncının azalmasına yol açarak duraylılık üzerinde olumlu etkiye neden olmaktadır. Yoğun yağışlar olduğu zaman, bitkilerin su tutma ve toprak içindeki gözenek suyu basıncını azaltma etkisi vardır.
- Sahaların bitki örtüsü özellikleri, yağışın akışa geçen miktarının belirlenmesi üzerinde büyük rol oynar. Bunun içinde meydana gelen sel ve taşkınların oluşmasında sahaların bitki örtüsü özellikleri, özellikle de orman formasyonu yönlendirici bir etkiye sahiptir.
- Kökler zemini güçlendirerek, makaslama dayanımını arttırmaktadır. Yüzey ve yüzey altı tabakalar arasında bağlantıyı sağlayarak duraylılığı olumlu olarak etkilemektedir. Kök sistemi güçlü olan ağaçların olduğu alanlarda, heyelan olma olasılığı daha düşüktür. Literatürde, geniş çaplı ağaçlar ve yaşlı ağaçların bulunduğu alanlarda, heyelan olma olasılığının daha az olduğu savunulmaktadır.
- Toprak kalınlığının fazla olmadığı yerlerde ormanın toprağı kökleriyle tuttuğu, bu özelliği ile toprak kaymalarını engellediği düşünülmektedir.
- Yağmurlu fırtınada suyu emerek alan bitki örtüsü kesme dayanımı yitimine yol açacak biçimde şev malzemesinin suya doygunluğunu azaltır.
- Bitki örtüsünün kök sistemi de toprak partiküllerini birbirine bağlayarak ve toprağı ana kayaya tutundurarak şevin duraylı hale gelmesine yardım eder.

- Köklerin çekme mukavemetleri ağaç cinsine ve kök çapına göre değişiklik göstermektedir. Bazı kökler çok sağlam olup yumuşak çeliğin üçte biri (70 MPa) çekme mukavemetine sahiptirler (Akçalı, 2011). Köklerin düşey ve yatay uzunlukları da ağaç türüne göre farklılık göstermekte olup sarıçamların 6 m, meşelerin 9 m derinliğe kadar kök geliştirdikleri ortaya konmuştur (Akçalı, 2011). Ormanlık alanlarda meydana gelen heyelanların büyük çoğunluğu, Ladin ve Kayın ağaçlarından oluşmaktadır. Ladin ve Kayın ağaçları, sık köke sahip ağaçlardandır. Yaygın olarak bulunan meşe, çam, sarıçam, kestane ve göknar ağaçları ise derin ve kuvvetli kök sistemlerine sahiptirler (Akçalı, 2011).

1.14.2. Parametrelerin Sınırlamaları

Parametrelerin ortak özelliklerini kısaca aşağıdaki şekilde belirtmektedir; Parametreler heyelanların meydana gelmesinde etkili olmalıdır, Parametrelerin her biri haritalanabilir nitelikte olmalıdır, Parametreler çalışılan bölgenin özelliklerini yansıtmalıdır.

1.14.2.1. Ayrışma Derecesi/Derinliğini Parametresinin Sınırlamaları

- Aynı bölgede yer alan litolojik birim, farklı bozunma derecelerine sahip olarak, heyelana karşı farklı duyarlılık gösterebilir.
- Ayrışma özelliklerinin ve derecelerinin hatalı değerlendirilmesiyle üretilen haritalarda hatalı olmaktadır.
- Tamamen ayrılmış ve reziduel zemin özelliğindeki malzemede heyelan sayısı, az veya orta derecede ayrılmış litolojilere oranla çok fazla olabilmektedir.
- Arazi gözlemleri ve ölçümleri çok dikkatli yapılmalıdır.

1.14.2.2. Litoloji Parametresinin Sınırlamaları

- Aynı bölgede yer alan litolojik birim, farklı bozunma derecelerine sahip olarak, heyelana karşı farklı duyarlılık gösterebilir. Ayrışma özelliklerinin ve derecelerinin hatalı değerlendirilmesiyle üretilen haritalarda hatalı olmaktadır.

Tamamen ayrıışmış ve reziduel zemin özelliğindeki malzemede heyelan sayısı, az veya orta derecede ayrıışmış litolojilere oranla çok fazla olabilmektedir. Arazi gözlemleri ve ölçümleri çok dikkatli yapılmalıdır.

- Arazi gözlemleri ve ölçümleri çok dikkatli yapılmalıdır.
- Nitel değerlendirmeler öznel olduğundan, heyelana duyarlı olarak tanımlanan litolojik birimlerde kütle hareketlerini olması ve az duyarlı alanlarda kütle hareketi meydana gelmesi gibi hatalar ortaya çıkabilmektedir. Nicel değerlendirmelerde ise hatalar daha az sayıda meydana gelmektedir
- Litoloji heyelan oluşumunu etkileyen önemli parametrelerden bir tanesidir. Ancak gerek çalışma alanının büyüklüğü gerekse heyelanların çok farklı ve değişik yayılım gösteren birimler üzerinde gelişmesinden dolayı ağırlıklı toplam çakıştırma analizinde jeolojiye ait litoloji parametresi analiz üzerinde olumsuz bir etki oluşturmaktadır. Dolayısıyla litolojiye ilişkin bu olumsuzluğun ortadan kaldırılması için araştırmalarda daha küçük boyutlu çalışma alanlarının kullanılması daha uygundur.
- Sahanın heyelana duyarlı olup olmadığı hakkında litolojinin önemli veriler sağlayabileceği, diğer parametrelerde olduğu gibi litoloji haritalarının hazırlanmasında araştırmacılar arasında bir görüş birliği yoktur. Literatürde, heyelanların litolojik farklılıkların gözlemlendiği bölgelerde daha çok meydana geleceğini vurgulamış, bu nedenle litolojik farklılıkların analizlerde dikkate alınması gereğine değinilmiştir. Bununla birlikte, bazı araştırmacılar bu parametreyi heyelan duyarlılık analizlerinde dikkate almamışlardır.

1.14.2.3. Yapısal Unsurlara Yakınlık/Uzaklık Parametresinin Sınırlamaları

- Araştırmalar, ana faylara yakınlık parametresinin, sadece depremselliği yüksek olan bölgelerde yapılacak heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasına yönelik çalışmalarda kullanılabileceğini göstermektedir.
- Bazı faylar sonradan oluşan depozitler tarafından örtüldüğünden, belirlenememiş olma ihtimali olmaktadır.

1.14.2.4. Jeoteknik Parametresinin Sınırlamaları

- Limit-denge şev analizleri malzemenin jeomekanik parametrelerinin ve hidrojeolojik koşulların ayrıntılı bir biçimde tayinini gerektirdiğinden, bölgesel ölçekte yapılan heyelan duyarlılık haritalama çalışmaları, gerçekçi bir jeoteknik uygulamanın yapılması mümkün değildir.
- Pahalı ve zor bir yöntemdir.
- Numune alımı sırasında, çeşitli fiziksel etkiler sebebiyle az da örselenme meydana gelebilmektedir.
- Her ne kadar bazı deneylerden elde edilen sonuçlar daha gerçekçi olsa da, bu deneyleri her zaman yapabilme imkânı olmamaktadır.
- Zemin koşullarını doğru olarak yansıtan parametrelerin elde edilebilmesi için en iyi deney aleti seçilmesi gerekir.

1.14.2.5. Yamaç Eğriselliği Parametresinin Sınırlamaları

- Literatürde dış bükey yamaçların, iç bükey yamaçlara oranla heyelana daha duyarlı olduğu yönünde bir eğilim olsa da bunun aksi yönünde iç bükey yamaçların heyelana daha duyarlı olduğunu savunan görüşler mevcuttur.
- İç bükey ve dış bükey yamaçlarda meydana gelen heyelanlar beraber değerlendirilmektedir.

1.14.2.6. Akarsuya Yakınlık/Uzaklık Parametresinin Sınırlamaları

- Drenaj ağını oluşturan ana akarsu veya kollarının, heyelan oluşumu üzerindeki etkisinin belirlenmesinde, hangi uzaklıkların ne şekilde kullanılacağı konusu belirsizdir.
- Akarsu etkisinin belirlenmesinde arazi gözlemleri önemli yer tutmaktadır. Bunun içinde gözlemsel çalışmaların dışında bir yöntem bulunmamaktadır. Bazı araştırmacılar deneyimlerini ve saha gözlemlerini kullanarak akarsu yatağına yakınlığı, heyelan değerlendirmesinde parametre olarak kullanmışlardır. Sorun belirli deneyime sahip olunmasıdır.

- Su durumuna yönelik değerlendirmeler mevsimsel koşullardan ve kişisel yorumlamalardan etkilenebilmektedir. Akarsuların mevsimsel seviye değişimlerinin ayrıntılı incelenmesi ve yeraltısuyu ile ilişkisinin ortaya konulması gerekir. Literatürde, özellikle tampon bölge analizinin gerçekleştirilmiş olduğu çalışmalarda bölge genişliğine ilişkin herhangi bir fikir birliğinin sağlanmadığı görölmektedir.

1.14.2.7. Bakı Parametresinin Sınırlamaları

- Bakı tek başına incelenebilen bir faktör değildir. Literatürde heyelan ile bakı arasında ilişki kurulsa da fikir birliği sağlanamamıştır. Uzun zamandır araştırılmış olup, henüz bir uzlaşma sağlanmamıştır.
- Araştırmacılar, bakı değerlerini gruplandırıp analiz ettiklerinde, heyelanların birbirlerinden farklı yönelimlerde yoğunlaştığını belirlemişlerdir.
- İncelenen çalışmalardan göröldüğü üzere, bakı parametresi, her çalışma alanında farklılık gösteren bir parametredir.
- Parametre seçiminde bakı, arazi gözlemleriyle mevcut heyelanların belli yönelime sahip yamaçlarda yoğunlaşması tespit edilmişse değerlendirme kapsamına alınabilmektedir.
- Bakı faktöründe uzlaşılmamanın en önemli nedeni araştırmacıların çoğunlukla heyelanı yağışla ilişkilendirmiş olmasıdır. Eğer bir bölgede yağışlar eşik değerini aşarsa heyelanlar meydana gelebilir.
- Yağış tetikleyici, bakı ise hazırlayıcı faktör olarak değerlendirilmelidir. Bu noktada yağış birebir etkin bir süreç olabilir. Örneğin bölgedeki yağış eşik değerlerinin aşılmasıyla heyelanlar meydana gelebilir. Bu anlamıyla yağış karşımıza tetikleyici bir faktör olarak çıkarken, bakı hazırlayıcı faktör olarak çıkar. Herhangi bir yöne bakan yamaçta diğerlerine göre belirgin bir şekilde fazla olmasının nedeni, heyelanların meydana geldiği dönemde gelişen sağanak ve şiddetli yağışların o yönden itibaren bir hat boyunca olmasıdır. Bu nedenle yoğun yağış alan ve güneş ışınlarına daha az maruz kalan yamaçlarda heyelanların daha yoğun olduğu gözlenebilmektedir.
- Farklı yönlere bakan yamaçların, yağış, güneş, ışığı, donma-çözünme, vb., gibi atmosferik olaylardan etkilenme koşulları da farklıdır. Bakı ise genel ve hatta

mikro iklim şartlarına göre değerlendirilmesi gereken bir özelliktir. Sıcak iklim şartlarında kuzey bakan yamaçlarda daha uygun görülebilmekte, ancak özellikle kışların sert ve soğuk geçtiği bölgelerde güney bakan yamaçlarda yerleşimler için daha uygun olmaktadır.

- Yoğun yağış alan yamaçlar, topoğrafik yamaç eğimi ile zeminin türü, geçirgenliği, gözenekliliği, nem ve organik madde içeriği, bitki örtüsü ve yağışın meydana geldiği mevsim gibi birçok faktör tarafından kontrol edilen süzülme kapasitesine de bağlı olarak, egemen yönelimin dışındaki yönetime sahip yamaçlarındaki oranla doygunluğa daha çabuk ulaşır ve zemin içinde daha yüksek gözenek suyu basıncının gelişmesine neden olur. Bu olayın daha yoğun yağış alan yamaçların heyelana karşı daha duyarlı olduğunu gösterir.
- Bakı, güneşten alınan ısı enerjisi miktarına ve dolayısıyla terleme ve buharlaşma ile su kaybına etki etmektedir
- Bakı faktöründe uzlaşamamasının diğer bir nedeni ise, bazı araştırmacıların bu durumu arazinin morfolojik durumu ile ilişkilendirmeleridir. Arazi morfolojisi, yapısal unsurların etkisi altındadır. Değişmesi için ise uzun zaman gerekmektedir. Bakıyı denetleyen en büyük etken ise geçmişten günümüze kadar sahanın silüetini oluşturan yapısal ve dinamik morfolojik şartlardır. Bu bakımdan aralarındaki bakı şartlarını oluşturan yapıcı unsurlardan ziyade var olan morfoloji sonucu ortaya konabilecek bakı faktörünün, iklimatik parametreleri nasıl modifiye ederek etkidiği ilişkilendirilmelidir. Bu bakımdan yoğun yağış alan ve güneş ışınlarına daha fazla maruz kalan yamaçlarda heyelanların daha yoğun olduğu gözlenebilmektedir.
- Bakı faktöründe uzlaşamamasının diğer nedeni, klimatolojik faktörlerin değişmesinde çevresel etkileri ve bu faktörlerin daha hızlı değişmesi söz konusu olmasıdır. Buna ek olarak bakı koşullarını oluşturan zaten sahanın morfolojik eğilimidir. Bu nedenle morfolojisinden dolayı bakı faktörünün, iklimatik parametreleri nasıl modifiye ederek etkidiği ilişkilendirilmelidir.
- Çalışma alanı içerisinde bakı etkisine göre bitki yayılımlarının tespiti ve doğruluk oranının artırılması amaçlı bakı verisi eklenebilmektedir. Bakı verisi, alanın güneşe konumunun belirlenmesi ve değerlendirmede bu konumun göz önünde tutularak sınıflama yapılması amaçlı kullanılmaktadır. Bu nedenle bakı verilerinin

kullanımı, güneş açılarından kaynaklı vejetasyon değişimlerinin ortaya konabilmesi amaçlı, sınıflandırmada doğruluğu artırıcı bir etmen konumundadır.

- Bakı ile çalışma bölgesi ilişkilendirilerek, toprak zeminlerin kuru ve doymun durumlardaki kritik eğim açısı değerleri incelenir.
- Literatürde, Karadeniz’de yapılan çalışmalarda Kuzeye bakan yamaçlarda heyelanların yoğun olduğu görülmüştür. Nedeni ise, bölgenin kuzeyden gelen yağış etkisi altında kalması ve kuzeye bakan yamaçların yağışlarından daha fazla etkilenmesidir. Karadenizde, buharlaşmanın çok olması sebebiyle kuzeyden daha çok yağış aldığı bilinmektedir. Bu nedenle kuzeye bakan yamaçlar çalışma alanında toprak zeminlerin doymunluğu bakımından en tehlikeli, güneye bakan yamaçlar ise en az tehlikeli bölgeler olarak incelenmektedir.
- Denize yakın çalışma sahalarında denizden gelen hava akımlarının yörede daha fazla alanı etkileyeceği sonucuna varılabilir.
- Ülkemizin kuzey yarımkürede yer almasından dolayı genel olarak güneye bakan yamaçlar, kuzeye bakan yamaçlara oranla daha fazla kısa dalgalı güneş radyasyonunu alırlar. Buna karşın doğu ve batıya bakan yamaçlar daha orta derece bir etkiye sahip olurlarken, doğuya bakanlar sabahları fazla, batıya bakan yamaçlar ise akşamları daha fazla güneş ışığı alırlar.
- Bakının etkisiyle kuzey ve güney yamaçlardaki jeomorfik süreç üzerinde bazı farklılıklar ortaya çıkar. Bunlar, kuzeye bakanlara göre daha fazla radyasyon alan güneye bakan yamaçlarda, evapotranspirasyon oranı fazlalaşır ve yağmurdan sonra bitki örtüsünde ani bir su ihtiyacı doğar. Bunun sonucu olarak bitki örtüsü daha seyrek olup ve kuraklığa dayanıklı türlerden oluşur. Seyrek bitki örtüsünün olduğu yerlerde yüzeysel akış daha fazla olmakla birlikte erozif faaliyetlerde artış gösterir. Kuzeye bakan yamaçlar ise toprak nemliliğini yağıştan sonrada uzun bir süre muhafaza eder, böylelikle nemliliği seven bitki örtüsü gelişir. Bu da toprak oluşumu için uygun şartlar sunar. Bu özellik infiltrasyonu arttırıcı ve yüzeysel akışı azaltıcı bir etki oluşturmaya karşın derin toprak oluşumu ve yüksek nemlilik içeriğinden dolayı kütle hareketleri için uygun şartlar sağlar
- Bir alanın bakı durumu, özellikle o yerin iklimini ve yağış miktarını etkiler. Ülkemizde genel olarak “güney, güneydoğu, güneybatı ve batı” bakıları daha sıcak olduğu için bunlara güneşli bakılar denmektedir. Bunun aksine “kuzey, kuzeydoğu, kuzeybatı ve doğu” bakıları daha serin olduğu için bunlar da gölgeli

bakılar olarak adlandırılmaktadır. Bu iki grubun güneşlenme süreleri belirgin bir şekilde birbirinden farklıdır. Güneye ve batıya bakan yamaçlar güneş ışığına daha çok maruz kaldıklarından bu bölgelerde buharlaşma hızlı olmaktadır. Aksi durumda buharlaşma yavaş ve toprağın nemli kalma süresi uzun olduğundan, aşırı yağış alma durumunda kuzey ve doğuya bakan yamaçlarda sel oluşma riski daha fazladır.

1.14.2.8. Yükseklik Parametresinin Sınırlamaları

- Topoğrafik yükseklik, heyelan oluşumunda doğrudan etkin olan bir parametre olmamakla birlikte, bozunma, bitki örtüsü ve yağış gibi birçok parametrenin etkisini dolaylı olarak yansıtmaktadır.
- Göreceli ve topoğrafik yüksekliğin bir arada kullanılması tekrarlanmaya yol açmaktadır.
- Topoğrafik yükseklikte Sayısal Yükseklik Modelinin piksel boyutu ve çözünürlükten kaynaklanabilecek hatalar içerme olasılığı yüksektir (Bu sorun yüksek çözünürlüğe sahip uydu görüntülerinin kullanılması ile aşılabilmektedir)
- Herhangi bir bölgede meydana gelecek heyelanların hangi yüksekliklerde olacağının belirlenmesi, çoğu araştırmacı için sadece bir ön fikir verebilecek nitelikte veri olarak kabul edilmektedir
- Göreceli yüksekliğin ayrıntılı tanımlanması, yağış ve sismik analizler ile bunların heyelanla ilişkisinin ortaya konulmasını gerektirir
- Araştırmacılar arasında görüş birliği sağlanamamış bir diğer konuda heyelana duyarlı olan yükseklik değerleridir. Çalışmaların çoğu heyelanların, düşük ve orta kotlarda geliştiği yönünde olsa da, yüksek ve çok düşük kotlarda heyelan meydana gelmiş çalışmalara rastlamakta mümkündür.
- Yükseklik parametresi, duyarlılık haritalarının hazırlanmasında çok kullanılan bir parametre olmasına rağmen, morfoloji, bitki örtüsü ve yağış gibi diğer bazı parametrelerle ilişkilendirilerek değerlendirilmektedir
- Yükseklik, yağış kayıplarını etkilemesi bakımından önem taşımaktadır. Yükseklik verilerinin elde edilmesinin zahmetli bir işlem olması nedeniyle klasik hidrolojik yöntemlerde yüzeysel akış kestiriminde çoğu zaman yükseklik bilgileri kullanılmamaktadır. Yükseklik, biriken yağış miktarını etkilemesi bakımından

büyük önem taşımaktadır. Araştırmacılar bu durumu, dağlık bölgelerdeki yüksek kesimlerin, daha fazla yağış alması ile ilişkilendirmiştir. Çalışma sahasında yeterince yağış istasyonu olmadığı durumlarda yağış faktörü değerlendirmeye almayarak, morfolojiye göre heyelan dağılımı gösterilebilmekte ve yükselti sınıfına göre heyelan yoğunluğu grafiği çizilebilmektedir Yükseklikler arttıkça sıcaklık ve yağışlarda azalmalar görülmekle beraber değişen yükseklik basamaklarında farklı bitki kuşakları oluşmaktadır

- Özellikle dağlık bölgelerdeki vadilere oranla daha dik olan kesimlerde sismik ivmenin yatay bileşeninin 1,2 ile 1,5 kat daha fazla etkimesi nedeniyle heyelana daha duyarlıdır
- Yüksek alanların heyelana daha az duyarlı olması, belirli yüksekliğin (>500m) üzerindeki alanların yoğun ormanlık alanlar olması ile ilişkilendirilmektedir.
- Yükseklik, erozyon tipi ve derecesini de kontrol eden bir parametre olarak değerlendirilmektedir. Aynı zamanda, biyofiziksel parametreleri ve toprak özelliklerini de etkileyen bir parametredir. Yükseklik heyelan oluşumuna doğrudan etkileyen bir parametre olmasa da, erozyon ve bozunma durumunu kontrol eden ve toprak özelliklerini etkileyen bir parametredir
- Araştırmacılar, heyelan ve yükseklik arasında net bir ilişki bulunmasa da, yollarla ilişkili olarak, etkisinin olduğunu düşünmektedirler. Antropojenik aktiviteleri yükseklik değerleri etkilemektedir. Yol yarması, nüfus, yerleşim gibi insan aktiviteleri de yükseklik değerlerine göre şekil almaktadır.

1.14.2.9. Eğim Parametresinin Sınırlamaları

- Kütle hareketleri oluşumu ve harekete geçen malzemenin transfer hızı ve boyutu yine eğim tarafından denetlenir. Bu nedenle yamaç eğiminin titizlikle incelenmesi gerekmektedir.
- Yamaç eğiminin kullanımı ile ilgili değerlendirmelerde dikkat çeken bir başka husus, çalışmaların büyük bir çoğunluğunda eğim değerlerine ait sınıf aralıklarının farklı alınmasıdır. Bu durumun araştırmacılara özgü olduğu ve çalışma alanındaki heyelanların yoğunlukları dikkate alınarak sınıf aralıklarının belirlendiği düşünülmektedir.

- Araştırmacıların büyük bir bölümü yamaç eğiminin artmasıyla, heyelana karşı duyarlılığın artacağını savunurken, düşük eğimlerde de heyelanlar oluşabilmektedir. Eğim sınıfına göre heyelan yoğunluk grafiği hazırlayan farklı araştırmacılar, heyelan-eğim ilişkisinde farklı sonuçlara ulaşmışlardır. Bazı araştırmacılar, heyelanın 30^0 ile 40^0 arasında, bazıları $>25^0$, bazıları ise $<30^0$ olduğu görüşündedir. Sonuç olarak, araştırmacılar arasında yamaç eğimi ile heyelan ilişkisi arasında farklı görüşlerin olduğu, bu durumun da bölgesel farklılıklar gösterebileceği ve heyelanlı yamaçların eğimlerinin istatistiksel olarak değerlendirilip yorumlanması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır.
- Çalışmaların genelinde eğim artıkça heyelanın duyarlılığının azalacağı yönünde ön görüşü vardır. Yalnızca eğim parametresinden yola çıkılarak değerlendirme yapılırsa sonuçlar büyük ölçüde tutarsız olur. Bu tutarsızlığında en büyük sebebi diğer faktörlerin göz ardı edilmiş olmasıdır. Yamaç eğiminin heyelan duyarlılığı üzerindeki etkisi, çalışma alanındaki toprak, moloz ve kaya türü malzemelerde meydana gelen heyelan türüne bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.
- Birçok araştırmacının aksine Van Westen vd. (2003), İtalya’ da gerçekleştirdiği heyelan duyarlılık değerlendirmesi çalışmasında tüm yamaç eğimi gruplarındaki heyelan olasılıklarının birbirine yakın çıkması nedeniyle, yamaç eğiminin çalışma alanı için etken bir parametre olmadığını belirtmiştir.

1.14.2.10. Yola Uzaklık/Yakınlık Parametresinin Sınırlamaları

- Yapılan arazi çalışmalarında açılan yolların etkisi ile oluşmuş heyelanlara rastlanırsa bu parametrenin duyarlılık analizine dâhil edilmesi gerekmektedir
- Yol hafriyatları modern mühendislik yöntemleri ile yapılsa da, uzun zaman ve iklim değişiklikleri etkilidir.

1.14.2.11. Arazi Sınıflaması/Bitki Örtüsü Parametresinin Sınırlamaları

- Pek çok heyelan bitki örtüsünün yoğun olduğu dik alanlarda meydana gelmektedir.
- Bitki örtüsünün duraylılık üzerinde olumsuz etkileri de bulunmaktadır.

- Kök ve gövdeler zemin yüzeyinin pürüzlülüğünü ve geçirgenliğini arttırarak yüzeyden akan suyun zemin içerisine girişini kolaylaştırır. Böylece derine sızan sular ana kayanın ayrışmasına neden olmakta ve bu da heyelanların oluşmasına oldukça uygun malzeme olmaktadır.
- Ağaç köklerinin salgıladıkları asitler de ana kayanın parçalanmasında etkili olmaktadır.
- Zemindeki nemin azalması ise yüzeyde kuruma çatlaklarının oluşmasına ve çatlaklardan içeri zemin suyu girmesine neden olarak yamaç duraylılığını olumsuz olarak etkilemektedir.
- Ağaçların ağırlığı ise yamaçtaki normal ve kayma gerilmelerini arttırmakta bu da malzemenin stabilitesini olumsuz olarak etkilemektedir.
- Rüzgâr etkisinin bitkiler tarafından yamaca aktarılması da olumsuz etki yapmaktadır.
- Arazi örtüsünün türü ve dağılımı bitki örtüsünün farklı etkilerini göstermesine neden olmaktadır.
- Ağaçların etkisiyle yeraltısuyunun yükselmesi sonucunda, heyelanlar meydana gelmektedir.
- Literatürde araştırmacılar, ormanlık alanlarda yerleşim alanlarına oranla daha fazla oranda heyelan meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Bunun nedenini yerleşim alanlarının düz, ormanların ise daha eğimli dağlık arazilerde olması ve heyelanların genel olarak eğimli arazilerde meydana gelmesine bağlamışlardır.
- Fındık ağaçlarının kök sistemleri, su tutma kapasiteleri düşüktür. Bu nedenle yamaç duyarlılığı arttırıcı özellik taşır.
- Toprak su bakımından zengin olduğunda, ağaç su aramak için köklerini derine indirmez. Bu durum ormanın toprağı tutucu özelliğini azaltmaktadır. Bununla birlikte ağaçlar yamaç örtüsünü ağırlaştırarak, yer çekiminin etkisiyle kaymasına neden olabilmektedir.
- Her jeolojik birimde ağaçlar heyelanların meydana gelmesini engelleyememektedir. Ancak, orman örtüsünün tahrip edildiği vadi yamaçlarında akarsuların yanal aşındırması hızlanmakta ve erozyonun da etkisiyle yamaç dengesi bozulabilmektedir. Buralarda mekanik ve kimyasal ayrışma hız kazanmakta, ayrışan malzeme yamaçlardan aşağıya yuvarlanarak kaya düşmesi, kaya çığı veya kaya akması denilen hareketlere neden olmaktadır.

- Ağaçların ağırlığı ise yamaçtaki normal ve kayma gerilmelerini arttırmakta bu da malzemenin stabilitesini olumsuz olarak etkilemektedir.
- Küçük çaplı ve daha genç ağaçların olduğu alanlarda, heyelanların daha fazladır.
- Bitki örtüsünden yoksun ve eğimli arazilerde yağmur suları direkt akışa geçerken, bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlarda akış daha azdır.
- Kayma bölgesi içindeki köklerin bükülmesi kökte çekme bölgesi meydana getirmekte, bu kuvvetin kayma bölgesine paralel olan bileşeni kaymaya karşı koymakta, kayma bölgesine dik bileşeni ise kayma bölgesi üzerindeki gerilmeyi arttırmaktadır. Esnek elastik kökler kayma bölgesini dik olarak geçmektedir.
- Arazi kullanım şartları, yanlış kullanım, yanlış yer seçimi, heyelan riski alan yerlerde can ve mal kaybına yol açar.
- Bitki örtüsü, arazi kullanımı sınıfı ele alınınca dikkate alınmalıdır. Çünkü bitki örtüsü parametre olarak dikkate alınır, iki defa dikkate alınmış olur. Bu da sonucu olumsuz etkiler.

1.14.2.12. Yeraltı Suyu Durumunun Sınırlamaları

- Çalışılan sahaların geniş olması nedeniyle, yeterli düzeyde yeraltısuyu verisinin sağlanması, zaman alıcı ve masraflı sondaj işlemleri gerektirmektedir. Çalışmalarda yapılan değerlendirmenin mevsimsel koşullara veya değerlendirmeyi yapan kişiye göre değişim göstermektedir.
- Yeraltısuyu özelliklerine yönelik yapılacak çalışmalarda, temsil edici veriler topoğrafik olanaksızlardan ötürü sınırlanmaktadır.
- Gerçekte bu tür çalışmalarda değişik zamanlarda çekilmiş hava fotoğraflarına gereksinim duyulur ve bu gereksinim araştırma giderlerinin artmasına neden olur.
- Dağlık bölgelerde ayrıntılı bir yeraltısuyu gözlemi yapılamamaktadır.
- Herkes tarafından kabul edilebilecek bir YSS sınıflaması yoktur.
- Yeraltısuyu durumuna yönelik değerlendirmeler mevsimsel koşullardan etkilenmektedir.

1.14.2.13. Tetikleyici Faktörlerin Sınırlamaları

- Depremler sismik ivmeyle heyelanları tetikleyen önemli faktörlerden birisidir. Zeminlerde yanal yayılma, heyelan ve sıvılaşma gibi duraysızlıklara neden olabilmektedir. Fakat parametre haritalarında kullanılmamaktadır. Bunun nedeni faya yakınlık parametresini tercih edilmesidir.
- Buradaki en büyük sıkıntı heyelanın meydana geliş zamanının bilinmemesidir. Bir heyelanın yağıştan meydana geldiğini belirlenmek için meydana gelme tarihi ve yağış verilerinin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Yağış faktörünün değerlendirmeye alınmamasında en büyük neden yağış aktivitesi, yamaç eğim yönü ve göreceli yükseklik ya da yer altı koşulları ile beraber değerlendirilmesidir.
- İnsan faktörü, Dünya genelinde bu tarz çalışmalarda tercih edilmeyen parametre girdileridir. Daha çok diğer parametrelerin içlerinde yer almakta ve etki faktörünü arttırmamak için tekrar ayrı başlık altında ifade edilememektedir.

1.15. Ölçekler

Ölçek, harita üzerindeki uzunluğun, yeryüzünde kendisine karşılık gelen uzunluğa oranıdır. Topografik haritalar coğrafi gerçekliğin işaretleştirilmiş-özetlenmiş gösterimidir. Daha küçük ölçekli harita, yeryüzünün daha fazla basitleştirilmiş ve özetlenmiş durumudur. Ülkemizde Harita Genel Komutanlığı (HGK) tarafından 1/25. 000, 1/50.000, 1/100.000 ve 1/250.000 ölçekli topografik haritalar üretilmektedir. Harita kullanımının söz konusu olduğu sayısız alanda çok değişik ölçekte ve içerikte haritaya gereksinim duyulduğu açıktır. Coğrafi varlıklar sayısal ortamda farklı geometri tiplerinde bulunmaktadır. Coğrafi varlıkların sahip olacağı geometri tipinin belirlenmesindeki en büyük etken veritabanının çözünürlüğü ya da haritanın ölçeğidir. Diğer önemli bir etken ise veritabanı ve harita ile ilgili veri toplama standartları ve kriterleridir. Ülkemizde 1/50.000 ve 1/100.000 ölçekli haritalar, 1/25.000 ölçekli sayısal verilerden kartografik genelleştirme ile üretilmektedir. Ulusal Haritacılık Kuruluşları (UHK) klasik yöntemlerle yaptıkları işlemleri bilgisayar ortamına aktarmışlar ve ülkelerinin temel ölçekli veritabanlarını kurmuşlardır. Bu veritabanlarını yüksek çözünürlüklü, yüksek doğruluklu ve güncel tutmaktadırlar. Ülkemizde, orta ölçek aralığındaki (1/25.000-1/250.000)

topografik haritaların üretim sorumluluğu Harita Genel Komutanlığı (HGK)'dadır. Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü tarafından genelde 1/500, 1/1.000, 1/2.000, 1/5.000 ölçeklerinde, Orman Genel Müdürlüğü tarafından da 1/5.000, 1/10.000 ölçekli haritalar yapılmaktadır. (Solak, 2010; Aslan, 2011; Bildirici, 2000; Avcı, 2009). Bunun yanı sıra, Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından 2006 yılında, hangi ölçeklerde ne tarz kullanım olabileceğine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Kaynak haritadan hedef haritaya ölçek küçültürken, birikimli etkiye sahip problemlerle karşılaşılır. Harita üzerindeki mevcut fiziksel alan küçültülür ve birçok nesne, halen görülebilir olmaları için büyültülür. Problemler, harita nesneleri arasında mevcut alan için bir rekabete yol açar. Bu durum, işaretlerin basitleştirilmesi, nesnelerin yalnızca alt kümelerinin gösterilmesi ve bazı nesnelerin ötelenmesi ile çözülebilir (Başaraner, 2005). Tehlike alanlarının belirlenmesi için seçilecek olan metot basitçe çalışma ölçeğine bağlı olarak değişmektedir. Alan kullanımı planlamasının ele alındığı, bölgesel ölçekli çalışmalarda tehlike değerlendirmeleri heyelana duyarlı alanların belirlenmesi şeklindedir (Erener ve Lacasse, 2007). Heyelan değerlendirme, araştırma ve haritalama çalışmalarında kullanılacak ölçek, çalışmanın amacı, çalışma alanının büyüklüğü ve veri teminine bağlıdır. Arazi kullanımı planlama çalışmalarında bölgesel ölçek kullanılırken, büyük mühendislik yapılarının planlanması gibi daha özel durumlarda detaylı ölçek kullanılmaktadır (Yüksel, 2007).

Rapolla vd. (2012), arazi kullanım planlaması içi hazırlanan heyelan duyarlılık haritalarını 3 kategoride toplamıştır. 1.seviye, bölgesel ölçekte (1/250.000–1/25.000) uygulanabilmektedir. 2.seviye lokal ölçekte (1/25.000–1/5.000) uygulanabilmektedir ve son olarak 3. seviye detaylı imar planlamalarında (1/5.000–1/1.000) uygulanabilmektedir. Deprem kaynaklı heyelan duyarlılığında birbiriyle ilişkili litoloji, tektonizma, morfoloji, hidrojeoloji ve sismik yönler gibi parametreler bölgesel ölçek gibi görünmesine rağmen bölgesel ölçekte gösterilmez ve 2.seviye ile ifade edilir (Fell vd., 2008).

Ülkemizde temel coğrafi veri tabanı, topografik harita yönergesine dayalı olup coğrafi ve kartografik veri tabanlarının karışımı şeklindedir. Gelişmiş ülkelerdeki gibi çok ölçekli ve çok amaçlı bir üretim planı henüz yoktur. Yine, veri toplama işlemi harita üretimine yönelik yapılmaktadır ve herhangi bir coğrafi veri tabanı yönetmeliği ya da yönergesi yoktur. Ölçek, haritaların tasarımı, üretimi ve kullanımını etkileyen ana faktördür. Tablo 6'da farklı ölçeklerdeki haritaların genel özellikleri görülmektedir (Başaraner, 2009).

Coğrafi bilgi sistemi (CBS) ve bilgisayar yazılımlarındaki gelişmelere paralel olarak özellikle bölgesel ölçekte, heyelan duyarlılık, tehlike ve risk değerlendirme çalışmalarında büyük bir oranda artış meydana gelmiştir. Heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasında genel olarak piksel, yamaç birimi veya tek durum birimleri kullanılmaktadır. Dolayısıyla ölçek faktörü, çıktı verinin ve analiz sürecinin doğruluk ve duyarlılığını belirleyen bir faktör olmak durumundadır. Çalışmanın amacı, çalışılan alanın büyüklüğü ve veri temini de göz önüne alınarak önceden tanımlanabileceği için, ölçek projenin başlangıcında belirlenmesi gereken ilk parametre olarak karşımıza çıkmaktadır. Uygun haritalama biriminin seçimi çalışma alanındaki heyelanların alansal büyüklüğü, çalışma alanının büyüklüğü, çözünürlük, ölçek ve kullanılan parametre haritalarının türüne bağlı olarak değişmektedir.

Ölçek kavramını genelleştirmeyi etkileyen en önemli faktör olması nedeniyle daha kapsamlı olarak incelemek yararlı olacaktır. Ölçek, harita üzerinde objelerin nasıl gösterileceğini doğrudan etkiler. Haritalar, harita üreten ya da kullanan bilim dallarında (kartografya, jeodezi, jeoloji vb.) ölçeklere göre sınıflandırılır. Bazı uzmanlarca önerilen sayısal sınıflamalarda Türkiye topoğrafik harita takımlarının ölçekleri ve üretim şekilleri göz önüne alınmıştır. Türkiye de 1/25.000 ve daha büyük ölçekli harita takımları temel harita olarak üretilmektedir. Genelleştirilmiş 1/25.000 ölçeğinden itibaren başlaması nedeniyle büyük ölçekli haritalar için sınır değer olarak 1/25.000 ölçeği seçilmiştir.

Tablo 6. Büyük, orta ve küçük ölçekli haritaların genel özellikleri (Başaraner, 2005).

Ölçek	1/1.000	1/25.000	1/1.000.000
Açıklama	1/5.000	1/50.000	1/2.500.000
	1/10.000	1/100.000	
	BÜYÜK ÖLÇEK	ORTA ÖLÇEK	KÜÇÜK ÖLÇEK
Genel Özellikler	Küçük nesneler gösterilir Geometrik şekiller gösterilir	Küçük nesneler yok olur Geometrik şekiller genelleştirilir Harita ayrıntısı ve harita kapsamının büyüklüğü arasında iyi uzlaşma sağlanır	Nesneler işaretleştirilir, örn. alanlar noktasal ya da çizgisel işaretler ile gösterilir Makro nesneler gösterilir (örn, iklim bölgeleri)

Heyelan değerlendirmelerinde ise, ulusal, bölgesel, orta ve büyük ölçekler kullanılmaktadır (Tablo 7). Ayrıca, çalışmalarda duyarlılık değerlendirmesinde kullanılan

parametrelerin çoğunluğunun sayısal yükseklik modelinden türetilmesi sebebiyle haritalama ünitesi olarak piksel birimleri tercih edilmektedir.

Çıktı duyarlılığı ve doğruluğu, seçilmiş olan ölçekle doğru orantılıdır. Doğruluk ve duyarlılık ölçeğe bağlı olmasına karşın, projenin doğrallığı ile ilişkili bağımsız bir parametredir (Bank, 1998; Bildirici, 2000; Yüksel, 2007; Dağ, 2007; Akgün, 2007; Çil, 2009; Aksoy, 2011). Heyelan değerlendirmeleri ile ilgili çalışmalarda, bazı araştırmacılar tarafından (Anbalagan ve Singh, 1996; Lee vd., 2001a,b; Dağ, 2007) farklı ölçek aralıkları kullanılmıştır. Ancak bunların diğer çalışmalarda kullanılmamasından dolayı, literatürde fazla kabul görmediği düşünülmektedir. 1/25.000 ölçekli haritada işaretler arasında boşluk bulunmasına rağmen 1/50.000'de hiçbir boşluğun kalmadığı, 1/100.000 ölçekte ise işaretlerin çakıştığı izlenmektedir.

Ölçek küçüldükçe kâğıt veya ekranda iki bina arasındaki mesafe de küçülmekte ve işaretler üst üste gelmektedir. Bu problem nokta ve çizgi geometrisine sahip bütün objelerde ortaya çıkmaktadır. Ölçek küçüldükçe nokta ve çizgi geometriye sahip objelerin işaret büyüklükleri yeryüzüne oranla büyümekte ve işaretler arasındaki mesafe azalmakta veya çakışmaktadır. 1/25.000'den 1/100.000 ölçeğine geçerken yerleşim yerinin karakterini bozmadan, yerleşim yeri içindeki ana yol şebekesini birinci planda tutarak, bina toplulukları genelleştirilir veya büyük yerleşim yerlerinde tarama olarak (alansal yerleşim yeri için kullanılan işaret) belirtmek gerekir (Aslan, 2011).

Tablo 7. Heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasında kullanılan ölçek türü (IAEG, 1976; Van Westen, 1993; Bank, 1998; Bildirici, 2000; Dağ, 2007; Aksoy, 2011).

Ölçekler	Robinson vd., 1995	Hake ve Grünreich, 1994	Özgen 1984	Bildirici, 2000	IAEG, 1976
Ulusal					<1/1.000.000
Büyük	>1/50.000	>1/10.000	1/1.000- 1/100.000	>1/25.000	1/5.000- 1/15.000
Orta	1/50.00- 1/500.000	1/10.000- 1/300.000	1/100.000- 1/500.000	1/25.000- 1/250.000	1/25.000- 1/50.000
Küçük	<1/500.000	<1/300.000	<1/500.000	<1/250.000	1/100.000- 1/500.000

Objenin büyüklüğü harita ölçeğine bağlı olarak harita üzerinde ifade edilemeyecek kadar küçük ise nokta olarak toplanmakta ve kırmızı kare ile harita üzerinde işaretletilmektedir. Fakat boyutları 20 metreden fazla ise 1/25.000 ölçekli sayısal veride alan geometrisi ile toplanmakta ve gösterilmektedir. 1/25.000 ölçekli sayısal verilerden

1/50.000 ve 1/100.000 ölçekli haritalar üretmek için gerekli olan kartografik genelleştirme işlem adımlarından bina objelerinin tipikleştirilmesi ve ötelenmesi işlemleri için yeni yöntemler geliştirmek ve otomasyonunu sağlamaktır. Burada karar verilmesi gereken önemli bir konu da, coğrafi verilerin türetilmesinde basamak (ladder) ya da yıldız (star) yaklaşımlarından hangisinin seçileceği ve uygulanacağıdır (HGK 1999, Aslan, 2011).

1.15.1. Heyelan Duyarlılık Değerlendirmelerinde Kullanılan Ölçekler

Heyelanların değerlendirilmesine ilişkin çalışmalar, 1950’li yılların sonlarına doğru başlamış olup bu çalışmalar, yerel duraysızlıkların belirlenmesine yönelik olarak gerçekleştirilmiştir. 1980’li yılların başından itibaren bilgisayar teknolojisi, coğrafi bilgi sistemi (CBS) ve bilgisayar yazılımlarındaki gelişmelere paralel olarak özellikle bölgesel ölçekte, heyelan duyarlılık, tehlike ve risk değerlendirme çalışmalarında büyük bir oranda artış meydana gelmiştir. Ancak söz konusu haritaların üretilmesinde kullanılacak parametre ve yöntemlere ilişkin, araştırmacılar arasında bir fikir birliği sağlanamamıştır. Heyelan değerlendirme, araştırma ve haritalama çalışmalarında kullanılacak ölçek; çalışmanın amacı, çalışma alanının büyüklüğü ve veri teminine bağlıdır. Arazi kullanımı planlama çalışmalarında bölgesel ölçek kullanılırken, büyük mühendislik yapılarının planlanması gibi daha özel durumlarda detaylı ölçek kullanılmaktadır (Yüksel, 2007). Çalışma alanı ölçeğinin seçimi, heyelan duyarlılık değerlendirmelerinde kullanılacak yöntemin seçimini de etkilemektedir (Tablo 8).

Tablo 8. Heyelan duyarlılık değerlendirme yöntemlerinde kullanılan ölçekler (Soeters ve Van Westen, 1996).

Heyelan Duyarlılık Değerlendirmelerinde Kullanılan Yöntemler	Ölçek
Jeomorfolojik analizler	Bölgesel ölçek, Orta ölçek, Büyük ölçek
İndeks haritaların çakıştırılması	Bölgesel ölçek, Orta ölçek
İki değişkenli istatistiksel analizler	Orta ölçek
Çok değişkenli istatistiksel analizler	Orta ölçek
Deterministik analizler	Büyük ölçek, Detay ölçek

Genellikle, küçük ölçekli bölgesel planlamaya yönelik değerlendirmelerde, nitel yöntemler ve orta ölçekli çalışmalarda, istatistiksel analizler kullanılmaktadır. Büyük

ölçeklerde daha detay çalışmalar için kullanılan deterministik yaklaşımlar, küçük ölçekli çalışmalar için uygun yöntemler değildir. Ölçek seçiminde, maliyet, kazanç oranının dikkate alınması gerekmektedir. Heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanması aşamasında kullanılması gereken ölçekler seçilirken, çalışılan alanın büyüklükleri de göz önüne alınmaktadır. Heyelan değerlendirmelerinde bölgesel, orta ve büyük ölçekler kullanılmaktadır (Yüksel, 2007; Akgün, 2007; Dağ, 2007; Aksoy, 2011).

Bölgesel Ölçekte Yapılan Çalışmalar (<1/100.000): Bölgesel planlama amacıyla yapılan çalışmalarda, potansiyel heyelanların belirlenmesine yönelik olarak kullanılmaktadır. Büyük mühendislik projelerinin yapılacağı alanlarda, muhtemel duraysızlıkların belirlenmesine yönelik olarak gerçekleştirilmektedir. Bu haritalar bölgesel planlamalar amaçlı olarak şirketler için tasarlanmıştır. İncelenen alanlar çok geniş olup, 1000 km² ya da daha büyüktür. Bölgesel ölçekli çalışmalarda haritaların detayı azdır. Bu haritalar, şehir, kırsal alan ve altyapı projeleri için tehlike oluşturan büyük kütle hareketi problemlerinin olabileceği bölgeleri belirler. Bölgesel ölçekteki duyarlılık analizleri için 1/100.000'den küçük ölçek kullanılır (Dağ, 2007; Yüksel, 2007).

Orta Ölçekte Yapılan Çalışmalar (1/25.000-1/50.000): Genellikle, yerel mühendislik yapılarının ve yerleşim alanlarının planlanmasına yönelik çalışmalarda kullanılmaktadır. Özellikle yerleşim bölgelerinin planlamasına yönelik çalışmalarla, baraj, karayolu, demiryolu vb. mühendislik projeleri çalışmalarını içermektedir. Çalışma yapılacak alanın büyüklüğü birkaç 100 km²'lik alanı kapsamaktadır. Orta ölçekteki duyarlılık haritaları (1/25.000), belediye ve şirketler tarafından yapılır. Bu ölçekte bölgesel ölçeğe oranla daha fazla ayrıntı gerekir. Bu haritalar kentleşme için uygun alanların seçimi ya da altyapı inşaatı için uygun koridorların seçiminde faydalı olabilir. Bu ölçekte yapılan çalışmalarda kaymaya neden olan değişik faktörleri haritalamak mümkündür. Orta ölçekli çalışmalarda, parametre haritalarının birçoğu hava fotoğraflarının yorumlanması ile elde edilebilmektedir. Arazi modelleri ve kütle hareketlerindeki değişiklikleri değerlendirmek için, farklı zamanlara ait hava fotoğraflarının kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır. Orta ölçekli çalışmalarda, heyelanlar ve heyelana neden olan faktörler istatistiksel olarak analiz edilmektedir. Geçmişte heyelan oluşumuna neden olan koşullar değerlendirilir ve gelecekte heyelana duyarlı alanların tahmininde bu kritik değerlendirmelerden yararlanılır (Dağ, 2007; Yüksel, 2007).

Büyük Ölçekte Yapılan Çalışmalar (1/5.000-1/10.000): Esas olarak detaylı altyapı planlamaları, kooperatif yapıları ve endüstri projelerinin tasarım aşamalarında yer seçimi

için ya da bir Őehirde riskin değerlendirmesine yönelik çalışmalar için hazırlanır. Çalışma alanı birkaç 10 km²'yi kapsamaktadır. Bu ölçekte yapılan çalışmalarda, çalışılacak alan küçük olduğundan daha fazla detaylı çalışma yapılmaktadır. Güvenlik sayısı ve yeraltı su seviyesi ölçümleri değerlendirilerek, deterministik yöntemin uygulaması için önemli bilgi sağlamalıdır (Dağ, 2007; Yüksel, 2007).

Detaylı lekte Yapılan alışmalar (>1/5.000): Genellikle, belediye ve şirketler için şahıs arazilerinde, potansiyel heyelanların belirlenmesine yönelik çalışmalarda kullanılmaktadır. Çalışma alanı, en fazla birkaç hektarlık alanı kapsamaktadır (Yüksel, 2007).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Envanter Çalışmaları

Doktora çalışması kapsamında inceleme alanı ile ilgili önceden hazırlanmış çalışmalar değerlendirilerek, ilgili kurumlardan gerekli veriler temin edilmiştir. Çalışma alanında yapılan haritalar ve raporlar 2009 yılında Maden Teknik Arama Genel Müdürlüğü (MTA)'dan satın alınmıştır. 2009-2010 yılları arasında Sinop ili ve çevresinde meydana gelen heyelanlarla ilgili veriler Sinop Afet İşleri Genel Müdürlüğü'nden (AFAD) elde edilmiştir. Bu dosyalar arasında 1980-2010 yılları arasında sadece Sinop ili ve çevresi ile Gerze ilçesi ve çevresini içeren veriler incelenmiştir. Alınan heyelan verileri koordinatları belirlenerek, 2010 yılında Maden Teknik Arama Genel Müdürlüğünden (MTA) temin edilen ve 2007 yılına ait olan 1/25.000 ölçekli Sinop ili heyelan envanter haritasına işlenmiştir. Sinop Belediyesinden 2010 yılında İller Bankasına hazırlatılan İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt raporu temin edilerek, Sinop ili ve çevresine ait sondaj ve jeofizik veriler değerlendirilerek Sinop iline ait jeoteknik veri tabanı oluşturulmuştur. Çellek (2007), "Gerze (Sinop) Yöresindeki Aktif Heyelan Alanlarının Mühendislik Jeolojisi Açısından İncelenmesi" adlı yüksek lisans tezinde yapılmış olan ayrıntılı laboratuvar sonuçları da oluşturulan veri tabanına eklenmiştir. 2007-2008 yılları arasında Sinop Bayındırlık ve İskân Müdürlüğünden çalışma alanı ve çevresine ait veri transferi gerçekleştirilmiştir. Samsun ve Sinop Devlet Su İşleri Müdürlüğü (DSİ) farklı yıllarda akarsu verisi ve drenaj haritaları alınmıştır. Harita Komutanlığından, çalışma alanına ait farklı yılların hava fotoğrafları temin edilmiştir. 2009.112.05.6 no'lu BAP Projesi, kapsamında çalışma alanına ait uydu görüntüleri elde edilmiştir.

2.2. Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları

Çalışmada kullanılmak üzere laboratuvar ve arazi deneylerinden elde edilen veriler değerlendirilmiş ve bu verilerden yola çıkılarak farklı jeoteknik parametreler analizlerde kullanılmıştır. Arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucu elde edilen jeolojik birimlerin özellikleri deneyler ile belirlenmektedir.

Yerel zemin koşullarının belirlenmesinde zemin profilinin sağlıklı bir şekilde incelenmesi önemlidir. Bu amaçla sondajlar yapılmaktadır. Sondaj sırasında bazı arazi deneyleri uygulanabilmekte ancak bu deneyler zeminin tüm parametrelerinin belirlenmesinde yeterli olmamaktadır. Zemin parametrelerinin belirlenmesi amacıyla, araziden getirilen zemin örnekleri üzerinde bir dizi laboratuvar deneyleri yapılması gerekmektedir (İnalkaç, 2011). Bu nedenle mühendislik jeolojisi çalışmaları iki kademedeyi gerçekleştirmiştir. Arazi deneyleri ve zeminlerin yayılımlarının belirlenmesi çalışmanın ilk aşamasını oluştururken, laboratuvar deneyleri (zeminlerin indeks ve dayanım özelliklerinin ölçümü) ikinci aşamayı oluşturmaktadır. Çalışma alanından alınan örselenmiş ve örselenmemiş numuneler üzerinde zeminin jeoteknik özelliklerini belirlemek için, kesme kutusu, kıvam limitleri, yıkamalı elek ve hidrometre analizi yapılmıştır. Ancak, her zemin türü için örselenmemiş numune temini mümkün olmadığından, kayma direnci parametrelerini ve zeminlerin taşıma gücünü belirlemede arazi deneylerinden ve jeofizik yöntemlerden yararlanılmıştır.

Sinop merkez ilçesi zeminleri ve Gerze ilçesi zeminleri için laboratuvar deneyleri yapılarak zemin malzemelerinin indeks özellikleri, tane boyu dağılımları, kıvam limitleri ve kayma dayanımı parametreleri belirlenmiştir. Her iki çalışma alanı için yeraltı suyu derinliği belirlenmiştir. Zeminlerin, özgül ağırlıkları tane boyu dağılımları belirlenerek zemin sınıflamaları yapılmıştır. Gerze ilçesi zeminleri için kıvam indisleri, Sinop merkez ilçe zeminleri için ise Jeofizik ölçümler yapılmıştır.

Çalışma alanından farklı yıllarda zemin örnekleri alınarak bunlar için çeşitli jeoteknik deneyler yapılmıştır. Alınan kayaç ve zemin örnekleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bunun yanı sıra Sinop Belediyesi ve Gerze Belediyesinden alınan sondaj verileri kullanılmıştır.

2.2.1. Laboratuvar Çalışmaları

Çalışmanın ilk aşamasında, inceleme sahasından alınan numuneler (örselenmiş ve örselenmemiş numuneler) laboratuvara getirilerek belirli deneylere tabi tutulmuştur. Alınan örselenmiş ve örselenmemiş örnekler üzerinde deneyler yapılarak zeminin jeoteknik özellikleri tespit edilmiştir (Tablo 9). Zemin sınıflamasında iri ve ince daneli zeminlerin özellikleri belirlenmektedir. Zeminler, farklı mühendislik özelliklerine sahip birçok malzemenin birleşiminden oluşmaktadırlar. Bu sebeple, yüklemeler altında

zeminlerin davranışlarını analiz edebilmek ve mühendislik tasarımlar için gerekli parametreleri belirleyebilmek için, zeminleri öncelikle basit özelliklerine göre sınıflandırmak, daha sonra ise zeminlerin mühendislik özelliklerini saptamaya çalışmak yararlı olmaktadır.

Tablo 9. Numuneler üzerinde yapılan rutin deneyler

Deney	Standart
Yıkamalı Elek Analizi	ASTM D421-85 ve ASTM D422-63
Hidrometre	ASTM D421-85 ve ASTM D422-63
USCS sınıflama	ASTM D2487-11 ve ASTM D2488-09a
Plastik Limit	ASTM D4318-10
Likit Limit	ASTM D 4318-10
Su İçeriği	ASTM D2216-10
Doğal ve Kuru BHA	ASTM D4254-00
Kesme Kutusu	ASTM D-3080-11

Zeminler, indeks (fiziksel) ve mekanik özelliklerine göre değişik yöntemlerle sınıflandırılmaktadır. USCS zemin sınıflandırma sisteminin temel dayanağının, iri daneli zeminlerde dane boyuna göre, ince daneli zeminlerde ise mühendislik davranışının plastisite özelliğine göre şekillenir ve bu sistemde bir zemini tanımlayabilmek için sadece elek analizi ile kıvam (Atterberg) limitleri deneylerine ihtiyaç duyulur. Burada dikkat edilmesi gereken husus, yalnızca zemin sınıfının tek başına bilinmesi, zeminin tüm özelliklerini belirlemede yeterli olmadığıdır. Bir zeminin içerdiği tanelerin biçimi, boyutu ve bunların yüzde olarak dağılımı, özellikle iri taneli ortamlarda fiziksel ve mekanik özellikleri etkiler. Buna bağlı olarak zeminlerin sınıflandırılması öncelikle tane dağılımları özellikleri göz önüne alınarak yapılır. Elek ve hidrometre çözümlemelerinden elde edilen veriler birleştirilerek, örneklerin tane boyutu dağılımı eğrileri çizilir. Tane dağılım eğrilerine ait verilerden hareketle zemin tanımlanır. Elek analizi 200 no'lu elek (0.074 mm) üzerinde kalan numuneler için uygulanırken, hidrometre analizi ise 200 no'lu elek altında kalan numuneler için uygulanmaktadır.

İndeks özelliklerden sınıflandırma deneyleri (tane boyu analizi); elek analizi ve hidrometre analizi deneyleri ile belirlenmektedir. Atterberg (Kıvam) limitleri; likit limit (LL), rötre limit deneyi (RL), plastik limit deneyi (PL) ile belirlenmektedir. Bu deneyler ile de, plastisite indisi (PI), kıvamlılık indisi (I_c), likitlik indisi (LI), aktivite sayısı (Ac) bulunabilmektedir.

Mekanik özellikler (zeminin gerilme-şekil değiştirme karakteristiklerini belirleyen deneyler); üç eksenli basınç dayanımı, kesme kutusu deneyi, kesme direnci (τ) gibi deneylerle belirlenmektedir. Deneylerin sonucunda; kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı(kayma direnci açısı) (ϕ) değerlerine ulaşılmaktadır.

2.2.2. Arazi Çalışmaları

Alanda bölgesel ölçekli petrol olanaklarının incelenmesi ve belirli küçük lokasyonları kapsayan heyelan çalışmaları mevcuttur. Literatürden elde edilen bu çalışmalar değişik ölçeklerde jeoloji haritaları hazırlamaya olanak sağlamıştır. İnceleme alanına ait yapılmış az sayıda çalışma mevcuttur. Haritaların hazırlanmasında, Maden Teknik Arama (MTA) Genel Müdürlüğü'nden alınan heyelan envanter haritası ve jeoloji haritasından yararlanılmıştır. Arazide formasyon sınırları kontrol edilerek haritalar güncellenmiştir. 2011 Temmuz ayında araziye ait verileri güncellemek amacı ile 2012 Mayıs ayında arazi çalışması yapılmıştır. Son olarak Mart 2013 Sahil Yolu projesinin son hali incelemeye alınmıştır.

Arazi çalışmasının ilk aşamasını genel jeoloji haritasının hazırlanması oluşturmaktadır. Bunun için, Korkmaz vd. (1981), Gedik ve Korkmaz (1984), Gedik vd. (1981), Uğuz ve Sevin (2008) yapmış oldukları jeolojik araştırmalardan ve 1/100.000 ölçekli haritalardan yararlanılmıştır. Ayrıca Aktimur vd. (1993) yılında MTA için hazırladıkları 1/5.000 ölçekli haritalardan faydalanılmıştır. Son olarak MTA'nın 2007 yılında hazırladığı 1/25.000 ölçekli jeoloji haritaları kullanılmıştır. Çalışma sahalarının yerleşim alanı içinde olması, Sahil Yolu Projesi kapsamında yol yapım çalışmalarının devam ediyor olması ve bitki örtüsü nedenlerinden dolayı birimlerin ayrı ayrı haritalanması işlemini güçleştirmiştir. Bina inşaatları ve yol yarmaları gibi mostranın izlenebildiği yüzeylerden arazi çalışmaları süresince faydalanılmıştır.

Arazi çalışmaları sırasında heyelan envanter haritası için heyelanların yerleri tespit edilerek haritaya işlenmiştir. Haritaya 2004, 2005 ve 2006 yılında alınan örnek yerleri ve heyelan alanları eklenmiştir. Heyelan tipleri özellikle, zemin ve moloz malzemesi içerisinde kayma ve akma şeklindedir. Ulaşılamayan alanlar için ise farklı yıllara ait hava fotoğrafı ve uydu görüntüleri gibi uzaktan algılama teknikleri kullanılmıştır. Çalışma alanında gerçekleştirilen işlemlerle 829 adet farklı türde heyelan tespit edilmiştir. Kıyı kesiminde meydana gelen her bir heyelan alanının fotoğrafı yine arazi çalışmaları

esnasında alınarak, yaklaşık olarak büyüklükleri tespit edilmiştir. Ayrıca bu heyelanlar ölçek dikkate alınmaksızın sadece koordinat değerleri dikkate alınarak haritaya işlenmiştir. Arazi çalışmaları sırasında farklı amaçlar için örnekleme yapılmıştır. Özellikle zeminin indeks özelliklerini ve kil türünü belirlemek amacıyla zemin örnekleri alınmıştır. Bu amaçla Gerze ilçesi zeminlerinden (Şekil 6) örnek alınmıştır. Ayrıca Sinop Belediyesi (2010), tarafından yaptırılan sondaj verileri (Şekil 7) çalışmada kullanılmıştır.

2.2.2.1. Sondaj Çalışmaları

Bir diğer zemin inceleme çeşidi olan arazi deneyleri (sondalar), zemin parametrelerini yerinde belirlemede kullanılan yöntemlerdir. Özellikle çok hassas kil ve silt zeminler ile kohezyonsuz zeminlerde örselenmemiş numune alımının çok zor, hatta imkansız olduğu durumlarda arazi deneyleri kullanılmaktadır.

Arazi deneyleri, nispeten ekonomik olmalarından ve arazide fazla sayıda uygulanmaya elverişli olmasından dolayı, zemin özelliklerinin daha ayrıntılı ve geniş alanda belirlenebilmesine imkân tanımaktadır. Bunun yanında, deney sonuçlarının anında hazır olması, zemin parametrelerinin kısa sürede elde edilebilmesini sağlamaktadır. Arazi deneylerinde sondalar zemine itilerek (statik sondalama) ya da çakılarak (dinamik sondalama) tatbik edilir ve zeminin bu işlemlere gösterdiği reaksiyonlar ölçülerek kayıt altına alınır ve zeminin sıkılık-gevşeklik, sertlik-yumuşaklık, kayma direnci parametreleri, taşıma gücü, oturma durumu vb. hakkında bilgiler edinilir. Sinop merkez ilçe zeminleri için Sinop Belediyesi (2010) tarafından 85 adet sondaj yapılmıştır. 15 ile 30 metre arasında değişen derinliklerden alınan örneklerden taşıma gücü ve zeminin kayma parametreleri belirlenmiştir. Ayrıca çalışma alanı için yeraltı su durumu incelenmiştir.

En yaygın olarak kullanılan arazi deneylerinden birisi standart penetrasyon deneyi (SPT)'dir. Standart penetrasyon deneyi (SPT), kil zeminlerin kıvamlılığı, izin verilebilir taşıma gücü hesaplamaları ve sıvılaşma analizinde uygulanmaktadır. Standart Penetrasyon Deneyi (SPT), Özellikle kohezyonsuz zeminlerde standart ve klasik örnekleyicilerle örselenmemiş örnek almak hemen hemen olanaksız olduğu için, bu tür zeminlerin mühendislik özellikleri laboratuvar deneyleriyle belirlenememekte, dolayısıyla bu tür zeminlerde arazi deneyleri çoğu kez tercih edilmektedir. SPT deneyinin asıl amacının kumlar ve çakıllar için göreceli sıkılığın elde edilmesi olmasına karşı; silt, kil ve ayrıışmış kayaların mukavemetinin tahmin edilmesinde de kullanılmaktadır.



Şekil 6. Gerze ilçesinde yapılan arazi çalışmaları sırasında farklı alanlarda açılan araştırma çukurlarında gerçekleştirilen örnek alımı işlemi



Şekil 7. Sinop merkez ilçesinde yapılan sondaj çalışmaları ve zeminlerden alınan karot örneklerine ait görüntüler (Sinop Belediyesi, 2010).

Kil zeminlerde güvenilir değildir. Özellikle içinde iri taneli malzeme (çakıl ve taş) bulunmayan kum ve silt gibi kohezyonsuz zeminler için son derece uygundur. Bir arazi deneyi olan Standart Penetrasyon Deneyi (SPT), zeminin mühendislik özelliklerinin yerinde saptanabilmesine olanak sağladığı için önem kazanmıştır. 1920'lerin sonunda geliştirilen Standart Penetrasyon Deneyi, günümüzde en yaygın olarak kullanılan dinamik sonda deneyidir. SPT deneyinde kullanılan örnek alıcı sayesinde, zeminin çakmaya karşı direncinin belirlenmesinin yanında, zeminden temsili numune almak da mümkün olmaktadır. Bu deney, sondaj tijlerine takılmış, ortasından ikiye ayrılabilen (yarık) ve içinde pirinçten yapılmış bir iç tüpün bulunduğu bir örnekleyicinin, 63,5 kg ağırlığında bir şahmerdanın 760 mm yükseklikten tijlerin üzerine düşürülerek zemine sokulması ilkesine dayanır. Kullanılan şahmerdan türleri ülkeden ülkeye değişmekte olup, en yaygın olarak Donut ve Safety adı verilen iki tip şahmerdan kullanılmaktadır. Türkiye'de de Donut tipi şahmerdan kullanılmaktadır. Basit ve ucuz bir teknik olması sebebiyle yaygın olarak kullanılan deney; özellikle sondaj çalışmalarından yeterli kalitede örnek almanın mümkün olmadığı koşullarda zemin parametrelerinin yaklaşık elde edilmesinde yararlı olmaktadır. Zemin araştırmalarında sondaj kuyusu içinde yapılan zemin mühendislik özellikleri ile ilgili veri elde edilirken, ayrıca taşıma gücü kapasitesi, sıvılaşma vd. mühendislik analizlerinde de girdi parametreleri olarak kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra, deneyde örnekleme tüpüyle alınan örselenmiş örnekler üzerinde laboratuarda yapılan indeks deneylerin sonuçları zemin tanımlaması ve sınıflamasında kullanılmaktadır. Standart Penetrasyon deneyinden elde edilen verilerin toprak zeminlerin diğer bazı özellikleriyle karşılaştırılması sonucunda kumların içsel sürtünme açısı, killerin drenajsız makaslama dayanımı ve kumların elastisite modülü gibi parametreler de dolaylı yoldan tahmin edilebilmektedir (Ulusay, 2001; Aytekin, 2004; Hışmanoğlu, 2006; Durmuş, 2006; Karaca, 2007; Silahlı, 2007; Gökçe vd., 2008; Tekdere, 2008; Şahinalp, 2009; Boyraz, 2010; Koç, 2011; Tonyalı, 2011; İnalkaç, 2011).

Tüp, kuyu tabanına kadar indirilip zemine 15 cm çakılır. Tüpün ilk 15 cm'lik çakılmasından elde edilen darbe sayıları (N) dikkate alınmaz. Burada amaç, kuyu tabanındaki örselenmiş zemin kısmının geçilmesidir. İlk 15 cm'lik ilerlemeden sonra tüp, zemine 30 cm daha girecek şekilde tekrar çakılır ve 30 cm'lik çakma için toplam darbe sayısı kaydedilir. Kaydedilen darbe sayısı (N) deneyin sonucu olarak dikkate alınır. Eğer tüp, 30 cm'lik bir penetrasyona ulaşmadan önce elde edilen darbe sayısı 50 ise, daha fazla darbe uygulanmaz. Tüp yukarı çekilir ve tüpteki örselenmiş örnek kavanoza veya torbaya

konarak zemin tanımlaması ve indeks deneyler için zemin mekaniği laboratuvarlarına gönderilir. Deney, sondaj boyunca 1,75 m ile 1,5 m arasında değişen aralıklarla uygulanır. Türkiye’deki uygulamaya göre deney, her 1,5 m’de bir yapılır. Zemin çakıllı ise, tübün ucundaki pabuç çıkarılarak kenarları 60^0 eğimli konik uç takılır (Ulusay, 2001; Genç, 2008).

Deney sonuçlarına (darbe sayısı N) ilişkin düzeltmeler yapılmaktadır. Deneyin yapılışında SPT (N) değerleri herhangi bir zemini kestiğinde 45 cm’den büyük olan aralıklarda elde edilebilmektedir. Deney sırasında standartın tutturulmasında bazı aksaklıklar olabileceğinden yâda deneyi yapan teknik elemanların yeterli hassasiyeti göstermemelerinden bazı hatalı sonuçlarla karşılaşılabilir. Deney, yeraltı suyu seviyesinin altında yapıldığında, suyun tüpe girerek kumlu zemini gevşetmemesi için dikkatli olunmalıdır. Buna engel olunmaması amacıyla sondaj kuyusuna su ilave edilerek su seviyesi dengelenir. Deneyin yeraltı su tablası altında yer alan ince kum veya siltli kumlarda yapıldığı durumlarda, eğer $N > 15$ ise, N değeri için su düzeltmesi yapılır (Ulusay, 2001; Aytekin, 2004).

Temellerin taşıma gücü hesaplamaları ile ilgili ilk çalışmalardan olan ve günümüzde yaygın olarak kabul edilen formüller, Terzaghi (1943) tarafından geliştirilmiştir. Terzaghi teorisini geliştirirken, zeminin taşıma gücü limit değerine ulaştığı andaki davranışını kabul etmiştir. Terzaghi çalışmalarında, temel derinliği boyunca zeminin kayma dayanımını ihmal ederek, kayma yüzeyi üzerindeki zemini sürşarj etkisi olarak almıştır. Bu yöntem yüzeysel temeller için kabul edilebilir bulunmaktadır. Terzaghi, taşıma kapasitesi hesaplarında çeşitli kabuller yapmıştır. Bunlar, aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Tonyalı, 2011).

1. Temel derinliği D olmak üzere, temel genişliği B’den daha küçük olmalıdır (Yüzeysel temel şartı $D \leq B$).
2. Temel tabanı, temel ve zemin arasında kayma oluşmayacak şekilde pürüzlü olmalıdır.
3. Zemin, homojen yarı sonsuz uniform bir kütledir.
4. Taşıma gücü limit değerlerine ulaşıldığında, zeminde genel kesme kırılması oluşur.
5. Zeminde konsolidasyon oturması oluşmaz.
6. Temel zemine göre çok rijittir.
7. Temele etkiyen yükler, basınç şeklinde olup, eksantrisite mevcut değildir.

Terzaghi, ilk hesaplamalarını sürekli temeller için gerçekleştirmiştir. Devam eden süreçte, deneysel olarak elde ettiği sonuçları kullanarak, kare ve dikdörtgen temeller için de geometrik katsayılar geliştirmiştir.

Gerze ilçesi için 30 örnek noktasından alınan sondaj verisi ile Sinop ilçesi için 83 sondaj verisi hesaplanarak taşıma gücü bulunmuştur. Bu çalışma kapsamında Terzaghi (1943) eşitlikleri ve SPT-N sayılarından yararlanılarak temel derinliği ve genişliği 2 m olması koşulunda taşıma gücü hesaplanmıştır.

Çalışma sahasına ait zeminlerin taşıma gücü potansiyellerini hesaplayabilmek amacıyla, inceleme alanında SPT deneyleri yapılmıştır. Bununla beraber, SPT deneyinin genel uygulamadaki amacından farklı olarak, deney sonuçlarıyla mevcut heyelan kayma dairesinin ortaya konulabilirliği araştırılmıştır. Yapılara zemin teşkil eden sahanın heyelan bölgesi olduğu daha önceki çalışmalardan ve bu çalışma sonuçlarından ortaya konulmuştur. Dolayısıyla, düşük olan taşıma gücü değerlerinin doğal birime ait değerler olmadığı, uzun süreli hareketlere maruz kalmış ve fazla örselenmiş zemine ait parametreler olduğu düşünülmektedir. Bununla beraber, mevcut koşulların devamı ve/veya daha da kötüleşmesi halinde (yeni yapıların yapılması, YAS koşulları, vs.), arazi deneyleri sonucunda hesaplanan taşıma gücü ve oturma miktarları değerlerinin daha da kötüleşeceği, bir gerçektir. Bu çalışmada yapılan araştırmalar ve bu araştırmaların temel hedefleri, inceleme sahasında bulunan binalardaki deformasyonların taşıma gücü oturma miktarı probleminde mi, yoksa heyelandan mı kaynaklandığını bulmak, deformasyonların kaynağı heyelan ise, bu heyelanın kayma mekanizmasını, kayma yüzeyinin derinliğini ve kayma yönünü inklinometre ölçümleriyle mümkün olan en doğru biçimde bulmak, başka amaçlar için geliştirilmiş çeşitli jeoteknik yöntemlerle de heyelan analizi yapmak ve sonuçlarını referans kabul edilen inklinometre ölçümleriyle karşılaştırarak, heyelan etütlerinde daha önce denenmemiş pratik yöntemlerin heyelan analizlerinde kullanılabilirliğini araştırmaktır.

2.2.2.2. Jeofizik Yöntemler

Mühendislik jeolojisi harita yapımlarında hem yüzeyde, hem de sondajlarda yaygın olarak kullanılan başlıca jeofizik yöntemler, rezistivite ve sismik yöntemlerdir. Bu yöntemlerin kullanımı iki tür bilgi sağlar. Kaya ve toprak zeminlerin önemli fiziksel özelliklerinin tayini ve bunların çalışılan sahanın sınırları içinde derinlikle değişiminin

belirlenmesidir. Bu özellikler, kayaçların bozunma derecesi veya süreksizlik yoğunluğu gibi kütsel özellikleriyle de karşılaştırılabilir. Farklı fiziksel özellikteki kaya ve toprak zeminler arasındaki sınırlar ve bunların su tablası derinliğinin ve fayların tayinin de kullanılmaktadır (Ulusay, 2001).

Rezistivite yöntemi, yerin elektiriksel direncinin ölçülmesi esasına dayanan bir yöntemdir. Yerin elektiriksel direnci kaya veya toprak zeminlerin porozitesine, kırıklılığına, suya doygunluk derecesine ve gözenek suyunun tuzluluğuna bağlıdır. Bu yöntemle özellikle su tablasının ve temel kayacının derinliği ve ayrıca litolojideki değişimler tayin edilebilir (Ulusay, 2001).

Kaya ve toprak zemin kütlelerinin yoğunluğu ve deformasyon modülü, bu malzemelerden geçen sismik dalgaların hızı esas alınarak tayin edilebilir. Sismik hızlar, yüzeyden standart kırınım teknikleriyle tayin edilebileceği gibi, sondaj deliklerinde patlama yapılarak da belirlenebilir. Bu yöntem, çok kırıklı veya bozunmaya uğramış kayaçların belirlenmesi ve özellikle alüvyon örtü altında temel kayacının derinliğinin tayini amacıyla tercih edilir (Ulusay, 2001).

Vp sismik dalga hızı, yeraltının yapısal konumlarını, şev duraylılığı, yarma yüzeyi ve yarma kazılarının sökülebilirlik durumunu tespit etmek amacıyla belirlenir. P dalgası, gevşek zeminlerde düşük hızla ilerlerken kaya zeminlerde yüksek hızla ilerler.

Kesme dalgası (S) hızı, şekil bozulmasına veya burulmaya karşı direncini gösterir. Sismik S dalgası (kayma dalgası) hızları, zeminin mekanik özelliklerini tanımak amacıyla belirlenir. S dalga hızları 2000 m/sn'den küçük olan kayaçlar buldozer ile sökülebilirken büyük olan kayaçlarda ise patlatıcıların kullanılması gereklidir (Dursun vd., 2012).

Elde edilen Vp ve Vs değerlerinden yararlanılarak; yoğunluk (d) (gr/cm^3), kayma modülü (μ) (kg/cm^2), elastisite modülü (E_d) (kg/cm^2), bulk (sıkışmazlık) modülü (K_d) (kg/cm^2), poisson oranı (a), zemin taşıma gücü (q_u) (kg/cm^2) ve zemin emniyet gerilmesi (q_s) (kg/cm^2) tespit edilebilmektedir (Dursun vd., 2012).

Sismik Hız Oranı (V_p/V_s), zeminin sıkılığını gösterir. Bu oran zeminin sıvılaşılabile potansiyeli ile ilgili olarak bilgi vermektedir (Tablo 10). Gevşek suya doygun siltli kum, kum ortamları için bu oranın 3 ten büyük çıkması zeminin depremin büyüklüğü, süresi ve etki alanına bağlı olarak sıvılaşılabile potansiyelinin olduğunu ifade etmektedir (Ercan, 2001).

Poisson oranı (s), formasyonun enine birim değişiminin boyuna birim değişimine oranıdır. Kayacın gözenekliliğini, çimentolaşma derecesini ve gözeneklerin su veya kil ile

dolu olup olmadığını yansıtan bir parametredir. Çoğu elastik katılar için ortalama değeri 0,25 civarındadır ve farklı ortamlar için aldığı değerler 0-0.5 arasında değişmektedir. Poisson oranı, gözeneksiz ortamlarda 0- 0,25 arasında, orta derecede gözenekli ortamlarda 0,25- 0,35 arasında ve gözenekli ortamlarda 0,35-0,50 arasında değişmektedir. Kayacın kırıklı olup olmadığı, ayrıca kayacın gözeneklerinde su taşıyıp taşımadığı poisson oranı incelenerek belirlenebilir artar ve 0.5 değerine yaklaşır (Ercan, 2001).

Tablo 10. Poisson oranına göre zemin sıkılık sınıflaması (Ercan, 2001).

Poisson Oranı	Zemin Sıkılık Sınıfı	Vp/Vs
0,5	Cıvık- sıvı	∞
0,4-0,49	Çok gevşek	∞ -2,49
0,3-0,39	Gevşek	2,49-1,87
0,2-0,29	Sıkı katı	1,87-1,71
0,1-0,19	Katı	1,71-1,5
0-0,09	Sağlam kaya	1,5-1,41

Elastisite modülü (E_d), bir doğrultudaki gerilmelerin zemindeki deformasyonlara oranı olarak tanımlanır. Zemine uygulanan düşey basınç yönünde yerin yamulmasını gösteren bir parametre olup kayacın dayanıklılığını yani zeminin sağlamlığını gösterir. E_d , Elastisite modülünü (kg/cm^2) göstermektedir.

Elastisite modülü değerlerine göre zemin ya da kayaçların dayanım durumları Tablo 11’de verilen sınıflamaya göre belirlenmiştir.

Tablo 11. Elastisite modülü değerlerine göre zemin dayanım sınıfları (Ercan, 2001).

Elastisite Modülü (kg/cm^2)	Dayanım Sınıfları
<1000	Çok zayıf
1000-5000	Zayıf
5000-10000	Orta
10000-30000	Sağlam
>30000	Çok Sağlam

2.3. Bilgisayar Destekli Büro Çalışmaları

Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak, inceleme alan için heyelan duyarlılık analizi yapılmış ve QuickBird uydu görüntüleri kullanılarak alan için arazi sınıflaması yapılmıştır.

Alan için uygun parametreler seçilerek katman haritaları oluşturulmuştur. Çalışmada konumsal verilerin toplanmasına yönelik işlemler raster ve vektör formatı olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Çalışmalarda 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritalar kullanılmıştır. Bu haritalar ArcInfo10.0 programıyla sayısallaştırılmıştır. Sayısal yükseklik modeli yardımıyla alanın eğim, eğim yönü, yükseklik parametrelerine ait haritalar üretilmiştir.

Heyelan duyarlılık analizinde kullanılacak parametrenin haritaları üretildikten sonra, her bir parametrenin heyelan oluşumundaki etkisini belirlemek için AHP yöntemi uygulanmıştır.

1/100.000 ölçekli heyelan duyarlılık haritasının kullanılabilirliğinin araştırılması için belirlenen iki alandan Gerze ilçe merkez ve Sinop merkez ilçe için 1/5.000 ölçeğinde haritalar Surfer 10 ve Free Hand programları kullanılarak güncellenmiştir. Haritaların hazırlanmasında, arazi çalışmaları, Sinop ve Gerze belediyelerinden alınan veriler, MTA raporları ve farklı yıllarda yapılan arazi çalışmalarından alınan örnekler kullanılarak hazırlanmıştır. Ayrıca indeks özelliklerine ait haritalar Surfer10 programıyla çizilmiştir. Son olarak Sinop Merkez ilçeye ait jeofizik ve sismik verilere ait haritalar elde edilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Bölgesel Jeoloji

Çalışma alanı ve çevresi 1983 ve 1993 yılları arasında Maden Tetkik Arama (MTA) tarafından ayrıntılı şekilde incelenmiş, Sinop havzasının Liyas-Kuvaterner zaman aralığında çökelen ve km'lerce kalınlığa ulaşan tortul bir istif ile karakterize olduğu belirlenmiştir. Sinop ilinin bulunduğu havza tektonik açıdan oldukça hareketlidir. Havzanın temelinden itibaren üst üste gelen formasyonlar birbirleri ile uyumsuzdur. Bölgenin uzun dönemler boyunca jeosenkinal özelliği taşıdığı bilinmektedir.

Sinop ilinin stratigrafisi incelendiğinde; tabanda Permo-Triyas yaşlı Boyabat metamorfikleri bulunmaktadır. Sinop ilinde metamorfik kayalar Boyabat-Durağan'ın güney ve batı kesimleri ve Saraydüzünde geniş alanlarda yüzeyleme göstermektedir. Bu birimler, şist fasiyeslerinin yüksek basınç ve sıcaklıkta zaman içerisinde değişime uğraması sonucu oluşmuşlardır.

Bunun üzerinde Jura yaşlı Akgöl ve Bücnük Formasyonları bulunmaktadır. Akgöl Formasyonu, kumtaşı, siltası ve şeyl aralanmasından oluşmaktadır. Bücnük Formasyonu ise çakıltaşından oluşur. Devamında Alt Kretece yaşlı İnaltı Formasyonu bulunur. Bu formasyon kireçtaşından oluşur. Üzerindeki Çağlayan Formasyonu ise marn, şeyl, kumtaşı ve kireçtaşından oluşmaktadır. Bunların üzerinde sırasıyla Üst kretece yaşlı Kapanboğazı Formasyonu (kireçtaşı), Yemişliçay Formasyonu (marn, şeyl, kumtaşı, tuf tufit), Hamsaros formasyonu (aglomera, lav, tuf) ve Gürsökü Formasyonu (marn, şeyl, kumtaşı, kireçtaşı) bulunmaktadır. Daha üstte Paleosen yaşlı kireçtaşı, şeyl, marn ve çamurtaşından oluşan Akveren Formasyonu bulunur. Eosen yaşlı Atbaşı Formasyonu (kireçtaşı, kumtaşı, marn), Ayancık Formasyonu (çamurtaşı), Kusuri Formasyonu (kumtaşı, marn), Sakızdağı Formasyonu (kumtaşı, çamurtaşı, çakıltası) sırasıyla gelmektedir. Daha sonra kumtaşı, kireçtaşı ve marnndan oluşan Miyosen yaşlı Sinop Formasyonu gelir. Birimin üst kısımların yer alan Pliyo Kuvaterner yaşlı Sarıkum Formasyonu ise gevşek kumtaşı, çakıl ve kumdan oluşur. Sarıkum Formasyonu üzerine sırasıyla Akyörük Bazaltları, gevşek kumtaşından oluşan Bedire-Kayası Formasyonu ve alüvyonlar gelmektedir.

İnceleme alanı Şengör ve Yılmaz'ın (1981) "Rodop-Pontid Parçası" olarak tanımladıkları, doğu-batı uzanımlı kuşağın içinde yer alır ve kuzeyden Karadeniz ile

sınırlanır. Blumenthall (1940)'in, kuzeyde “Kretase flišlerinden oluşan Pontid silisleri” olarak tanımladığı çökel yığılmasını çalışma alanının stratigrafisine denk gelir (Şekil 8).

3.2. Sinop-Gerze ve Çevresinin Genel Jeolojisi

Uğuz ve Sevin'in (2008), MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığınca hazırlatılan “Türkiye Küçük Ölçekli Jeoloji Haritaları Projeleri” kapsamında, 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları-Sinop Paftası Projesi” çalışmalarından yararlanılarak, çalışma alanının genel jeolojik özellikleri ortaya konulmaya çalışılmıştır.

İnceleme alanında Üst Kretase-Kuvaterner zaman aralığında oluşmuş formasyonların yer aldığı görülür. İnceleme alanının tabanında Hamsaros Formasyonu bulunmaktadır (Şekil 9).

Çalışma alanında 2008 yılında MTA tarafından yapılan çalışmalardan yararlanılarak jeoloji haritası hazırlanmıştır (Şekil 10).

İnceleme alanında yüzeylenen litostratigrafi birimleri yaşlıdan gence doğru şöyledir;

1. Hamsaros Formasyonu (Üst Kretase)
2. Akveren Formasyonu (Üst Kretase)
3. Atbaşı Formasyonu (Erken Eosen)
4. Kusuri Formasyonu (Orta Eosen)
5. Sinop Formasyonu (Miyosen)
6. Sarıkum Formasyonu (Pliosen)
7. Kale Formasyonu (Geç Pleyistosen)
8. Bedire Kayası Formasyonu
9. Plaj Çökeli (Erken Pleyistosen)
10. Taraça ve Alüvyon (Kuvaterner)

3.2.1. Hamsaros Formasyonu

Başlıca tabakalı ve dayk şekilli bazalt, tuf ve aglomeralardan oluşan birim adını Sinop ilinin 9 km batısında yer alan Hamsaros Koyu'ndan alır (Badgley, 1959; Gayle, 1959).

SİSTEM	KUVATERNER		SÜRİ	KAT	FORMASYON	ÜYE	SİMGE	KALINLIK (M)	KAYA TÜRÜ	AÇIKLAMA
TERSİYER	Pliy.	MYOSEN			Sarı kum		Qal			Alüvyon
							Qb	30		Gevşek, tutturulmamış kumtaşı
							Tay			Siyah renkli olivinli bazalt
							TpQs	90		Gevşek kum, kumtaşı, miltası, çakıltı
	EOSEN			SINOP		Tms	380		Kumtaşı, detritik kireçtaşı, marn ara katmanlı kireçtaşı	
						Ts			Kumtaşı, çamurtaşı ve polijenik çakıltı	
						Tek Tek	1100		Kumtaşı, kalın katmanlı, orta kaba taneli kanal dolgulu üste doğru ince marn tabakalı	
	Paleosen	DANIYEN		AYANCIK		Tea	550		Kırmızı, bordo, bej renkli kçt, kumtaşı, marn, şeyl ardalanması	
						Kpa	900		Beyaz renkl kireçtaşı, şeyl, marn çamurtaşı, killi kçt ardalanması	
						Kyg	900		Marn, şeyl ardalanması, kumtaşı, kireçtaşı	
KRETASE	ÜST KRETASE	MEASTRİHTİYEN		AKVEREN		Ky	750		Volkano tortul seri Marn-şeyl, kumtaşı, tüf, tüfit ardalanması (türbiditik)	
						Kk	50		Kırmızı, şarabi kırmızı, çörtlü mikritik kireçtaşı	
						Kc	1500		Kumtaşı, kumlu kireçtaşı ara katmanlı gri-siyah renkli marn şeyl ardalanması	
						Jkl	185		Gri-bej renkli kalın tabakalı kireçtaşı	
	ALT KRETASE	ÇAĞLAYAN				Jb	500		Kırmızı renkli çakıltı	
						Ja	375		Kumtaşı, miltası, şeyl ardalanması	
						Tob	5000		Metamorfikler	
JURA	MALM	İNALTI								
PERMAO TRIYAS	LIVAS		BOYABA metamorfikler							

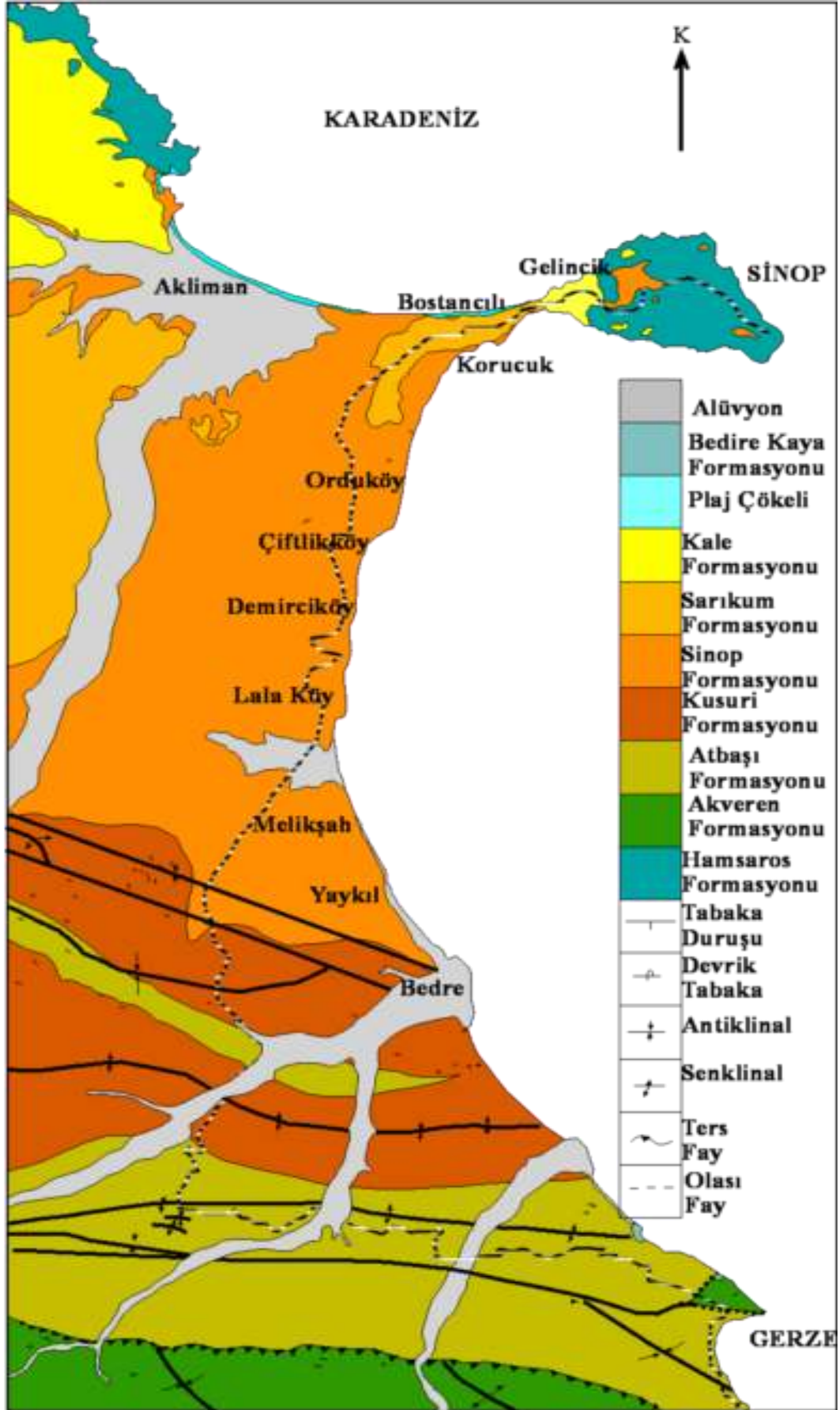
ÖLÇEKSİZ

Şekil 8. Çalışma alanı ve yakın çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti (Aktimur vd., 1993 ve Uğuz ve Sevin, 2008 değiştirilerek alınmıştır).

SİSTEM	SERİ	KAT	FORMASYON	ÜYE	SİMGE	KALINLIK (m)	KAYATÜRÜ	AÇIKLAMA
KRETASE	KUVATERNER				Qal			Alüvyon
			BEDRE KAYA		Qb	30		Gevşek tutturulmamış kumtaşı
			PLAJ ÇÖCELİ		Qpç	30		Kıyı çökelleri (kum, kumul)
			KALE		Qpk	40		Kumtaşı
	TERSİYER	PLİJÖSEN	SARI KUM		TpQs	90		Gevşek kum, kumtaşı, miltası, çakıltısı
		MİYÖSEN	SINOP		Tms	360		Kumtaşı, detritik kireçtaşı, marn ara katmanlı kireçtaşı
		EOSEN	KUSURI		Tek	500		Kumtaşı, kalın katmanlı, orta kaba taneli kanal dolgulu üste doğru ince marn tabakalı
		ORTA EYOSEN	ATBAŞI		Tea	550		Kırmızı, bordo, bej renkli kireçtaşı, kumtaşı, marn, şeyl ardalanmalı
		ALT EYOSEN	AKVEREN		Kpa	750		Beyaz renkli kireçtaşı, şeyl, marn çamurtaşı, killi kireçtaşı ardalanması
		MEASTRİHTYEN	HAMSAROS		Krüh	1500		Volkano tortul seri Marn-şeyl, kumtaşı, tüf, tüfit ardalanması (türbiditik)

Şekil 9. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti (Aktimur vd., 1993 ve Uğuz ve Sevin, 2008 değiştirilerek alınmıştır).

Daha sonraki çalışmalarda Gedik (1961), Ketin ve Gümüş (1963), Gedik vd. (1981), Gedik vd. (1984), Barka vd. (1985) ve Baş (1986) de birim için aynı adı kullanmışlardır. İnceleme alanının en kuzeyinde İnceburun yarımadasında, Hamsaros'da, Sinop yarımadası ile Kurtkuyusu mahallesinden Tavşan adasına kadar sahilde dar bir alanda yüzeyler. Başlıca bazaltik lav akıntıları, bazaltik dayklar ve yine bazaltik aglomera ile yer yer tüflerden oluşmaktadır. İnceburun'da bazaltik dayk ve lavlar, Sinop yarımadasında ise aglomera ve tüfler egemendir. Kırıklar boyunca dayk ve kuvars dolguları gözlenmektedir. Yastık yapılı ve soğuma çatlaklı bazalt ve bazaltik andezitten oluşan lavlar içinde badem boyuna ulaşan gaz boşlukları gelişmiştir (Gedik vd.,1984; Aktimur vd., 1993; Asan,2010). Hamsaros volkanitlerinin piroklastitleri yoğun olarak bozuşma izleri taşımaktadır. Bozuşmadan dolayı piroklastitler kırmızı-kahve ve sarımsı renk kazanmışlardır (Şekil 11). Birimin İnceburun yarımadasında yüzeyleyen bazaltik lavlarında tipik olarak sutunsal soğuma çatlakları gözlenmektedir. Ancak Sinop yarımadasında yüzeyleyen bazaltlarda bu yapı gözlenmez.



Şekil 10. Çalışma alanının genel jeoloji haritası (Uğuz ve Sevin, 2008 değiştirilerek alınmıştır).

Buradaki bazaltik kayaçların en tipik özellikleri cm boyutunda klinopiroksen megakristalleri içermeleridir. Hamsaros volkanitlerinin önemli bir bileşeni olan dayklar hem Sinop yarımadası hem de İnceburun yarımadasında yaygınca gözlenmektedir. Birkaç metre kalınlığa sahip olan bu dayklar çoğunlukla piroklastik kayaçları kesmektedir (Asan, 2010). Dayklar yer yer oldukça bozuşma göstermektedirler.



Şekil 11. Hamsaros Formasyonunda bulunan andezit ve aglomeralardan görünüm (Sinop yarımadası)

Bazaltlar, esas olarak plajiyoklas ve ojit mikrolitleriyle volkanik camdan oluşan bir hamur maddesi, bunun içinde yer alan bol ojit ve plajiyoklas, yer yer de diyopsit, hipersten, biyotit ve olivin fenokristallerinden meydana gelmektedir. Plajiyoklaslar başlıca polisentetik ikizlenme ve zonlu yapı göstermekte olup, genellikle andezin ve labrador türüdür. Hamur, lavın cinsine göre porfirik-hyaloporfirik-vitrofirik ya da pilotaksitik dokudadır. Yer yer de opak mineraller gözlenmiştir. Bazaltın cinsine göre, büyüklükleri yer yer 1,5 cm ye varan irilikte olivin fenokrisotatalleri vardır. Volkaniklerde serpantinleşme ve karbonatlaşma ile biyotitlerde kısmen opaklaşma izlenir. Yer yer de gaz

boşluklarında ikincil badem iriliği ve biçiminde silis dolguları bulunmaktadır (Gedik vd., 1984).

Birimin rengi genel olarak siyah, yeşilimsi siyahtır. Masif volkaniklere ve tüflere göre daha yaygın olan aglomeralar orta-kalın-çok kalın ve düzensiz tabakalanmalıdır. Çimentolanma iyi, taneler sıkı tutturulmuştur. Tane boyu kum-çakıldan iri bloka değişen aglomeralar çoğun masif görünümlü ve yeşil, yeşilimsi siyah, kahverengindedir. Seyrek olarak gözlenen kumtaşı, silttaşı, kiltası tabakaları çoğun volkanik gereçli çakıltaşı-kumlu çakıltaşı ile başlar. Çakıltaşını oluşturan taneler yarı yuvarlak-yuvarlaktır. Aglomera, lav breşi, tüf ve kumtaşı, silttaşı, kiltası tabakaları yer yer bazaltik dayklarla kesilmiştir. Yaklaşık 1500 m kalınlık verilen birimin tabanı gözlenemez (Badgley, 1959; Barka vd., 1983a).

Volkanik kayaçlar yer yer kolay aşınıp ufalanabilmektedirler. Yüzey hareketlerine bakıldığında kuru dere yataklarının çok olmasına da neden olarak gösterilmiştir (AB Eğitim ve Gençlik Programları Merkezi Başkanlığı, 2011).

Hamsaros volkanitlerinin taban ilişkisi çalışma alanı içerisinde gözlenememektedir. Birimin üzerine Akveren Formasyonu, Atbaşı Formasyonu, Kusuri Formasyonu, Sinop Formasyonu ve Sarıkum Formasyonları uyumsuz olarak gelmektedir. Bu birimde Sungurlu (1975), radyometrik yaş belirlemesi yaparak 100 milyon yıllık bir değer elde etmiştir (Gedik vd., 1981; Gedik vd., 1984; Baş, 1986; Asan, 2010).

3.2.2. Akveren Formasyonu

Birim adını Ayancık ilçesinin yaklaşık 18 km kadar güneydoğusunda yer alan Akviran (Akveren) Köy'ünden alır (Badgley, 1959). Badgley (1959) ardından onları izleyen birçok araştırmacı birim için aynı adı kullanmıştır. Akveren Formasyonu, Erikli, Gökırmak, Gerze burnunda, Gerze'nin doğusundan itibaren kıyı boyunca görülür. Birimin doğu sınırı deniz, diğer birimle sınırını ise faylar oluşturmaktadır.

Akveren Formasyonu başlıca, beyaz renkli marn, killi kireçtaşı, kireçtaşı ve bunların arasında yer alan karbonatlı kumtaşı-silttaşı, kiltası ve karbonatlı şeyllerden oluşan kalsitürbidit bir istiftir (Şekil 12). Katman tabanlarında tortul yapılar, katman içlerinde ise Bouma (1962) türbidit istifleri yaygın olarak gözlenir. Birimin üst düzeylerinde yer alan kireçtaşı tabakaları genellikle çörtlüdür. Bu çörtlü tabakalar Kretase-Paleosen geçişini belirledikleri gibi, bu özellikleriyle aynı zamanda kılavuz düzey görünümündedir. Akveren

Formasyonun da tabaka kalınlıkları ince-orta olup tabakalanma genel olarak yataya yakındır. Kilitaşı ve şeyl tabakaları ince, kireçtaşı-killi kireçtaşı tabakaları göreceli olarak daha kalındır. Akveren Formasyonu açık şelf-yamaç ortamında çökeltmiştir (Gedik ve Korkmaz, 1984; Aktimur vd., 1993; Uğuz ve Sevin, 2008).

Birim, Üst Kretase-Paleosen yaşıdır. Ketin ve Gümüş (1963) birimden Maastrichtiyen'i belirleyen fosiller elde etmişler, formasyonun tedricen Paleosen'e geçtiğini söylemişlerdir. Gedik ve Korkmaz (1984) birimin; alt düzeylerinden Maastrichtiyen yaşını veren *Siderolites heraclea* Ani, *Hellonocyclina beotica* Reichel, *Siderolites calcitrapoides* Lamarck, *Globotruncana stuarti* (De Lapparent), *Globotruncana contusa* (Cushman), *Globotruncana conica* White, *Globotruncana tricarinata* (Quereau), *Rugoglobigerina sp.*, *Lepidorbitoides sp.* ve üst düzeylerinden de *Miscellanea miscella* (d'Archiac ve Haime), *Globorotalia pseudomenardi* Bolli gibi Paleosen yaşını veren fosiller elde etmişlerdir. Yoldaş ve diğerleri (1985) de birime, buldukları fosillere dayanarak Maastrichtiyen-Paleosen yaşını vermişlerdir (Uğuz ve Sevin, 2008).

Schmidt (1911) Boyabat-Sinop arasındaki dağ sıralarının fliş türü çökellerden oluştuğunu, bu fliş formasyonun aynı yaşta olan Galçiya Karpatları ve Romanya Formasyonuna çok benzediğini söylemiştir. Schmidth'in sözünü ettiği fliş formasyonu Akveren Formasyon'unuda içine alan çok geniş bir aralığı anlatmaktadır. Birim, Blumenthall (1940) tarafından "Gerze tipi kalker flişi", Akartuna (1953) tarafından "Alpalı tabakaları", Geiss (1954) tarafından "Açık renkli marn-kalker", Gayle (1959) tarafından Akveren tabakaları adı ile incelenmiştir. Akveren Formasyonu ayrıca Tokay (1949)'ın Karadeniz Ereğlisi-Alaplı dolayında ayırdığı "Alaplı marnokalkerleri" ve Akyol ve diğerleri (1974)'nin Cide-Kurucaşile dolayında ayırdıkları "Hisarköy Formasyonu" ile de deneştirilebilir. Kocaeli Yarımadası'nda yüzeyleyen benzer karakterli ve aynı yaş aralığındaki birimler, Baykal (1943) tarafından "Aralarında kalker bulunan marnlar" ve "Beyaz kalkerler" Altınlı (1968) tarafından "Şemsettin kireçtası" adıyla, Abdüsselâmoğlu (1977) tarafından "Limestones and marls" içinde, Baykal ve Önalın (1979) tarafından da "Yunusludere Formasyonu" ve "Ahmetli kireçtası" adı altında incelenmiştir. Şemsettin Kireçtasının ölçülü kesiti olmasına karşın, Orta ve Batı Karadeniz Bölgesi'nde Sinop'tan Sakarya ili'ne kadar olan alanda yaygın olarak "Akveren Formasyonu" adı kullanılmaktadır (Aydın, 2005).



Şekil 12. Gerze burnunun kuzey kıyısında mostra veren Akveren Formasyonuna ait kireçtaşı, kumtaşı ve marnlar

Bartın ili kuzeydoğusunda, Kirlik, Karainler, Doğaşı, Yeşil Kambur civarında; Ereğli de; Kuzeybatı Anadolu'da; Karadeniz bölgesinde, Avdal, Agva (İstanbul), Yeşilçay da bulunmaktadır (Kaya, 1987; Dizer, 1971; Matsumaru vd., 1996; Kaya-Özer ve Toker, 2009).

Kalınlığı 750 m olarak ölçülen formasyon, üzerine gelen Atbaşı Formasyonu ile tedricî geçişli ve uyumludur.

3.2.3. Atbaşı Formasyonu

Başlıca kireçtaşı ara tabakaları içeren, mor renkli marn ve şeyllerden oluşan birim adını Sinop-Ayancık yolu üzerinde yer alan Atbaşı Mevkii'nden alır (Ketin ve Gümüş, 1962). Güneyde Ahmetyeri-Gerze arasında, yaklaşık doğu batı uzanımlı olan ve öncekine göre daha geniş alanlar kaplayan ve Melikoğlu-Sarıyer-Uzunmusa-Sarıcaoğlu-Hızarcayı-Devret-Behramoğlu-Yakadibi köyleri arasında kalan alanlarda yayılım sunan iki önemli yüzeylemesi vardır. Ayrıca, Gerze, Çangal Köyü, Ayancık, Atbaşı Köyü dolayları ile Erikli fayı boyunca yüzeylemektedir.

Birim bej renkli, ince orta tabakalı, killi-kumlu kireçtaşı, bordo renkli, ince tabakalı marn ardalanmasıyla başlar; kalın-çok kalın tabakalı, kırmızımsı kahve renkli marnlarla devam eder (Şekil 13). Üst düzeyleri boz renkli, ince tabakalı kumtaşı ile orta, orta-kalın tabakalı boz renkli marn ardalanması biçimindedir (Gedik vd., 1983; Gedik ve Korkmaz, 1984; Aktimur vd., 1993). Karbonatlı çamurtaşlarından oluşan Atbaşı Formasyonu kesintisiz bir çökel istif oluşturur (Tüysüz vd., 2004; Kaya-Özer ve Toker, 2009). Atbaşı Formasyonu düşük akış rejimli türbiditik akıntılarla kontrol edilen açık şelf yamaç ortamında çökelmiştir (Gedik vd., 1983; Gedik ve Korkmaz, 1984; Aktimur vd., 1993).

Ketin ve Gümüş (1962) birimin marnlı tabaklarından küçük *Nummulites* ssp.ler ile birlikte *Globigerina* sp., *Discocyclina* sp., *Globorotalia* sp., *Archaeolithothamnium* sp., *Lithothamnium* sp. gibi Paleosen-Erken Eosen'i temsil eden foraminifer ve algler elde ettiklerini belirtmişlerdir. Gedik ve Korkmaz (1984) birimin yaşını, Sinop dolayında yaptıkları çalışmalarda buldukları; *Globorotalia formosa gracilis* Bolli, *Globorotalia* gr. *Formosa* Bolli, *Globorotalia aragonensis* Nuttall, *Globorotalia cf. rex* Martin, *Globigerina triloculinoides* Plummer gibi planktonlar ve *Discoaster lodoensis* Bramlette ve Riedel, *Discoaster diastypus* Bramlette ve Sullivan, *Discoaster multiratiatus* Bramlette ve Riedel, *Discoaster tani* Bramlette ve Riedel, *Coccolithus eopelagicus* (Bramlette ve Riedel),

Chiasmolithus grandis (Bramlette ve Riedel), *Fasciculithus tympaniformis* Hay ve Mohler, *Heliolithus kleinpelli* .Sullivan, *Heliolithus Riedeli* Bramlette ve Sullivan gibi nannoplanktonlara göre Erken Eosen (Daniyen) olarak belirlemişlerdir.



Şekil 13. Gerze burnunun güney kıyısında mostra veren Atbaşı Formasyonuna ait kumtaşı ve marn aralanması

Söz konusu karbonatlı istif Blumental, 1940; Ketin, 1962; Göktunah, 1955; Aydın vd., 1986; Gedik ve Korkmaz, 1984 tarafından incelenmiştir. Önceki çalışmalarda 'Paleosen-Eosen Kalkerleri' olarak geçen birim. Görmüş 1980'nin 'Sarıkaya Formasyonu', Gedik ve Korkmaz, 1984'ün 'Atbaşı formasyonu1 ile Aydın vd.'nin (1986)' Boyabat formasyonu' ile deneştirilebilir Atbaşı Formasyonu, Blumenthall (1940)'ın “Tangalın

alacalı flişi” ve “Kımıahal tabakaları”, Akartuna (1953)’nin “Daniyen-Paleosen tabakaları”, Geiss (1954)’in “Açık renkli kumlu marn”, Akyol vd. (1974)’nin “Akgüney Formasyonu” ve “Cide Formasyonun kırmızı marn üyesi”, Yergök vd. (1989)’nin “YAHPalat Formasyonu” ile denestirilir. Kocaeli Yarımadası’nda yüzeyleyen aynı yaş aralığı ve benzer kaya türündeki birimler kuzey alanlarda (Şile ve doğusunda) Baykal (1943) tarafından Eosen dönemine ait “Mavi marnlar” ve “Gri renkli kumtaşları” adlarıyla; güney alanlarda ise (Gebze-İzmit arası kuzeyi) Altınlı (1968) tarafından “Korucu Formasyonu”, Abdüsselâmoglu (1977) tarafından da “Limestones and marls” içinde incelenmiştir. Devrekani, Şeydiler, Ağlı ve Küre ilçeleri arasında yer almaktadır, Pontidlerdeki önemli paleoyükselim alanlarından biri olan, Yaralıgöz Dağı- Haramidağ yükseliminin güneyinde oluşmuş ve dar bir alanda gelişmiş, Derékani Havzasında gerçekleştirilmiştir. Birim, Akveren Formasyonu için belirtilen alanlarda yaygın olarak izlenir (Ketin ve Gümüş 1962; Gedik vd., 1983; Gedik ve Korkmaz, 1984; Aktimur vd., 1993; Tunoğlu, 1994; Kaya-Özer, 2009).

Tabanda Akveren Formasyonu ve tavanda Kusuri Formasyonları ile dereceli geçişli ve uyumlu olan formasyonun kalınlıkları, Gerze’nin 14 km kadar batısında yer alan Tangal köyündeki kesitinden 550 m olarak ölçülmüştür. Birimin tip kesiti Sinop yöresinde Atbası-Akveren köyleri arasındaki yol güzergâhıdır (Ketin ve Gümüş 1962; Gedik vd., 1983; Gedik ve Korkmaz, 1984; Aktimur vd., 1993; Kaya-Özer, 2009).

3.2.4. Kusuri Formasyonu

Boz renkli marn, kumtaşı, krem renkli kireçtaşı ardalanmasından oluşan birim adını Ayancık’ın 20 km kadar doğusunda yer alan Kusuri Köyü’nden alır (Badgley, 1959). Birimin çalışma alanının kuzey bölümünde, Gerze-Ahmetyeri çizgisinin kuzeyinde; Alayazıcı, Yaykıl, Çırnık, Kasımağa, Kantaroğlu, Kozcuagağaz, Mollaköy, Soltoköy, Dizdaroğlu, Taşman, Yenimahalle, Melekşah, Lalaköy, Nabedin, Demirci Köyleri arasında kalan alanda doğu-batı uzanımlı, genişçe yayılımlı bir yüzeylemesi vardır (Deveciler vd., 1989, Aktimur vd., 1993).

Gerze, Erfelek ve Ayancık dolaylarında yüzeyleyen birim, ince-orta tabakalı marn, kiltası ardalanmasından oluşmuştur (Şekil 14). İstifin alt seviyelerinde ince tabakalı kiltası-marn ardalanması izlenirken üste doğru giderek artan kumtaşı ara katkıları içerir ve kumtaşı-şeyl ardalanmasına dönüşür. Kusuri Formasyonundaki ince tane boyu ve fosil

yayılmı çökelmenin düşük enerjili bir denizde ve olasılıkla şelf ortamında ve dalga tabanı altında olduğunu işaret eder (Gedik ve Korkmaz, 1984, Uğuz ve Sevin, 2008).

Ketin ve Gümüş (1963) Kusuri formasyonun alt düzeylerine yakın bir fosilli kireçtaşı tabakasının Lütesiye *Nummulites* sp.'leri içerdiğini söylemişlerdir. Gedik ve Korkmaz (1984) birimden Lütesiye yaşı veren *Nummulites millecaput* Boubee (Fa), *Discocyclina nummulitica* (Gümbel), *Asterigerina rotula* (Kaufmann), *Assilina* sp. gibi foraminiferler, *Echinolampas leymeriei* Cott. gibi ekinit ve *Ostrea (Gigantostrea) gigantica* Salander, *Liostrea (Pyenodonta) archiaci* Bellardi gibi pelespodlardan oluşan bir fosil topluluğu elde etmişlerdir. Deveciler vd. (1989) de birimden *Nummulites millecaput* Boubee, *Nummulites* spp., *Operculina* sp., *Assilina* sp., *Assilina exponens* (Sowerby), *Discocyclina* cf. *Nummulitica* (Gümbel), *Discocyclina* sp., *Gyroidinella manga* (Le Calvez), *Cuvillerina* sp., *Sphaerogypsina* sp. gibi Lütesiye'i belirleyen fosiller derlemişlerdir. Birimin yaşı Akartuna (1953)'ya göre İpresiyen-Lütesiye, Tokay (1954)'a göre Lütesiye, Yergök vd. (1987)'ne göre Alt-Eosen'dir. Aydın vd. (1986) Kusuri Formasyonun Paleosen-Eosen yaşında olduğunu ileri sürmüşlerdir (Gedik ve Korkmaz, 1984; Bayrak ve Pelin, 1995; Uğuz ve Sevin, 2008; Asan, 2010).



Şekil 14. Gerze kuzey sahil kesiminde, çöp atık alanında mostra veren Kusuri Formasyonuna ait kumtaşları

Birimin alt düzeylerinde yaygınca gözlenen konglomera ve şeyl ara katkılı kumtaşları “Ayancık Üyesi” olarak ayrılmıştır. Blumenthall (1940) birime “Ayancık kumtaşı” adını vermiştir. Arni (1941) “Örtü Silsilesi” olarak tanımladığı istifin en üst düzeylerine de “Volkanik katkılı alacalı şistli kil” adını vermiştir. Akartuna (1953) birimi “Alacalı fliš”, Tokay (1954) ise “Lütesiye fliši” adı ile incelemiştir. Badgley (1959) altta yer alan kumtaşlarına “Ayancık Formasyonu”, üstteki marn-şeyl düzeylerine de “Kusuri formasyonu” adını vermiştir. Daha sonra Ketin ve Gümüş (1962) birimi iki formasyona ayırarak Badgley (1959)’in kullandığı adla incelemişlerdir. Akyol vd. (1974) birime “Cide formasyonu” içindeki “Hocaköy Şeyl Üyesi” adını vermişlerdir. Gedik ve Korkmaz (1984) birime “Yenikonak Formasyonu” adını verdiklerini ve bu adın ilk kez Gedik vd. (1981) tarafından kullanıldığını söylemişlerdir. Gedik ve Korkmaz (1984) Yenikonak Formasyonun alt düzeylerinde yeralan kumtaşlarını “Ayancık Üyesi”, üstteki marn-şeyl düzeylerini de “Kusuri üyesi” adı ile incelemişlerdir. Sütçü vd. (1982) birime “Kusuri formasyonu” adını vermişler, alt düzeylerde gözlenen kumtaşlarını da “Ayancık üyesi” olarak ayırmışlardır. Kusuri Formasyonunun egemen litolojisi marn-şeyl olarak gözlemlendiğinden ve alt düzeylerindeki kumtaşı tabakalarının yanal olarak marn ve şeyllerle geçişli olması yüzünden bu çalışma da Sütçü vd. (1982)’nin Kusuri Formasyonu ve Ayancık Üyesi adlaması benimsenmiştir.

Altta Atbaşı formasyonu ve yer yer Akveren formasyonu ile dereceli geçişli, üstte ise fazla izlenememesine rağmen Eosen-Oligosen birimleri tarafından uyumsuz olarak örtülür. Birim, alt düzeylerinde yer alan Sinop Formasyonu ile yanal ve dikey geçişler sunar (Ketin ve Gümüş, 1963; Akyol vd., 1974; Gedik ve Korkmaz, 1984; Kaya-Özer, 2009). Yumuşak topoğrafyası ile belirgin olan birimde 550 m kalınlık ölçülmüştür (Gedik ve Korkmaz, 1984).

3.2.5. Sinop Formasyonu

Başlıca kumtaşı, siltası, kiltası ve az miktarda karbonattan oluşan birim adını Sinop ilinden alır (Gedik ve Korkmaz, 1984). Birimin çalışma alanı içinde gözlemlendiği başlıca lokasyonlar; batıdan doğuya doğru Kurtkuyusu mahallesi, Acancık mahallesi, Dikenli mahallesi, Aklıman, Çiftetopçu mevki, Bostancılı köyü, Korucuk köyü, Hıdırlık Tepe ve Altın Tepe’dir Birimin Karasu Çayı ile Karadeniz arasında, Orduköyü-Karagöl arasında, güneyde Softaköy-Tosmanlı-Altınöğlü köyleri, Sinop güneybatısı ile Sarıkum güneyinde,

kuzeyde Dışlıman-Bostancık köyü ile sınırlanan yüzeylemesi dışında Sinop'un yakın doğusunda yer alan Aldırak Tepe dolayında Karasu Çayı'nın batısında kalan bölgede; Aklıman, Karafuz, Karacakese ve Yeniköy-Bektaşğa köyleri dolaylarında, Soğucak, Pirinçlik mevkiileri arasında, Çobanköy, Kılınçlı arasında, Demirciköy ve çevresinde yüzeylemektedir (Aktimur vd., 1993; Asan, 2010).

Altta sarımsı, gevşek tutturulmuş, kireç çimentolu, bol fosilli kumtaşı ile başlar (Şekil 15). Üste doğru kırıntılı kireçtaşı ve kumtaşı ile devam eden birim, en üstte marn ara tabakalı bol fosilli kireçtaşı şeklinde gözlemlenir. Sinop Yarımadası'nın büyük bölümü Sinop formasyonu ile örtülüdür. Sinop'un yakın doğusunda yer alan Hıdırlık Tepe'de birim orta-kalın katmanlı, kirli beyaz-beyaz renkli kumtaşı, çamurlu kumtaşı, kumlu çamurtaşı, çamurtaşı ve kireçtaşlarından oluşur. Kumtaşlarında taneler iyi yuvarlaklaşmış, boylanma iyi olup, düşük açılı çapraz tabakalanma gözlenir. Sinop Formasyon'un en üst düzeyleri beyaz-sarı renkli, kumtaşı-çakıltaşı ara katmanlı, akarsu oluşuğu kumlardan oluşur. Birim sığ denizel deltayık, tatlı su ve fluviyal ortam özelliklerini gösterir (Gedik ve Korkmaz, 1984; Asan, 2010).

Kıyı önü, kıyı gerisi, lagün, gel-git arası ve delta ortamlarının birçok farklı fasiyesini barındıran birimin değişik seviyelerinde farklı litolojik ve sedimanter özellikler gözlenir. Aklıman (Sinop) dolayında birim altta sarımsı, bej renkli, masif görünümlü, karbonat çimentolu, gevşek tutturulmuş, bol *Chlamys*, *Ostrea*, *Ekinite* ve başka *Pelesipod*, *Gastropod* kavkılı kumtaşı, üstte kalın katmanlı, bol *Pelesipod* ve *Gastropod* kavkılı kumtaşı, kırıntılı kireçtaşlarından oluşur. Kumtaşları orta-ince kum boyutunda, paralel laminallanmalı, seyrek olarak ripıl ve ripil laminallanmalı kumlardan oluşur. Sinop formasyonun bu yüzeylemesinden *Chlamys domgeri Mikhailovsky*, *Crassostrea gryphoides schlotheim*, *Schizaster sp.* gibi Tarkaniyen yaşını veren fosiller derlenmiştir (Sütçü vd., 1982). Aklıman yüzeylemesinde birim Geç Kretase yaşlı volkanitler üzerinde diskordanslı olup kalınlığı 20 m kadardır. Sinop Yarımadasının batı bölümünde yer alan Kurtkuyusu Mahallesi dolayında bej renkli, bol fosilli kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn aralanmasıyla başalyan biri, kül renkli, yeşilimsi kül renkli, laminallı, fosilsiz kıltaşı tabakalarıyla sürer. Birimin daha üst düzeyleri orta-kalın tabakalı, kül renkli, yer yer laminalı ve çapraz tabakalanmalı, kötü tutturulmuş, bol *gastropod*, *pelesipod* kavkıları içeren, çakıltaşı, çakıllı kumtaşı, mercek ve ara tabakalar halinde kumtaşı, kıltaşı, siltaşı ve oolitik kireçtaşlarından oluşur. Birimin bu lokasyonda gözlenebilen en üst düzeylerinde, kötü tutturulmuş, ince çakıltaşı ara tabakaları içeren, siyahımsı kül renkli, bol makro fosilli, tutturulmamış kumlar görülmektedir. Bu

düzey içinde 20-30 cm boyunda pelesipod, gastropod ve algli kireçtaşı blokları da gözlenir. Kurtkuyusu Mahallesi yüzeylemesinde birimden Çokrakiyen yaşı alınmıştır (Sütçü vd., 1982; Barka vd., 1985).



Şekil 15. Sinop-Gerze kesiminde, mostra veren Sinop Formasyonuna ait kumtaşı, kireçtaşı ve marn ardalanması

Aklıman güneyinde yer alan Soğucalı dolayında, Karaganiyen yaşını veren kirli beyaz renkli, kalın tabakalı, laminallı kumtaşı düzeyleri sarı renkli, yer yer karbonat çimentolu, kötü tutturulmuş kumtaşları ile sürer; daha üstte yaprak fosilli, beyaz renkli, kovuklu ve bol kavkı parçalı kumtaşı, silttaşı, marn aradlanması yer alır. Karasu Vadisi'nin doğusunda Kışla Burnu, Bostancılı Köyü, Gelincik Mahallesi, Korucuk Köyü arasında kalan alanda Sinop Formasyonun Sarmasiyen yaşlı düzeyleri yüzeyler. Sarmasiyen düzeyleri altta gri renkli, kötü tutturulmuş, yer yer kumtaşı-çakıltası ara tabakaları içeren, bol gastropod, pelesipod ve başka organik kalıntılar bulunduran silttaşı-kiltasından oluşur. Üstte kirli beyaz, sarı renkli düzeylere ait kireçtaşı-kumtaşı blok ve parçaları gözlenir. Bu düzey Ponsiye yaşındadır (Sütçü vd., 1982).

İçerdiği fosillere göre yaşı Miyosendir (Gedik vd., 1981). Miyosen yaşlı olan birim, Pliyo-Kuvaterner yaşlı Sarıkum Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülür (Aktimur vd., 1993).

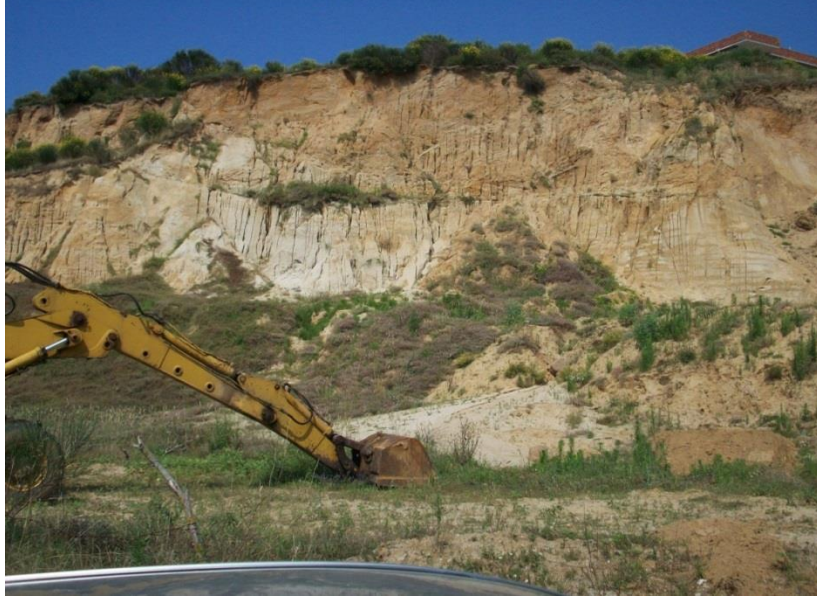
Sütçü vd., (1982) birimi "Saraycık Formasyonu" adı ile incelemişlerdir. Barka vd., (1985) de "Sinop formasyonu" adını kullanmışlardır. Sinop Formasyonu Sümengen vd., (1987)'nin "Çanakkale Formasyonu" ile denetirilebilir. Sütçü vd. (1982) ve Barka vd., (1985) çalışmalarında Miyosen'in Tarkaniyen, Çokrakiyen, Karaganiyen, Sarmasiyen ve Ponsiye katlarının varlığını belirlemişlerdir.

Birim Hamsaros volkanitleri ile Yenikonak formasyonunun Kusuri Formasyonu üzerine açıl uyumsuzlukla gelir. Pliyo-Kuvaterner yaşlı Sarıkum formasyonu tarafından diskordanslı ilişkiyle üzerlenir. Sinop yarımadası güneyinde Kusuri üyesi üzerine uyumsuz olarak Sinop Formasyonu gelir. Birimde 360 m kalınlık ölçülmüştür (Gedik vd., 1984; Uğuz ve Sevin, 2008; Asan, 2010).

3.2.6. Sarıkum Formasyonu

Birimin adını aldığı Sarıkum, Sinop ilinin yaklaşık 18 km batısında yer alır. Kil ve çamur mercekleri de içeren, gevşek dokulu, kahverengimsi sarı renkli kumtaşlarından oluşan formasyon için Sarıkum adını ilk olarak Badgley (1959) kullanmıştır (Şekil 16). Birim inceleme alanında oldukça geniş bir alanda yayılım göstermektedir. Başlıca lokasyonlar batıdan doğuya doğru Saraycık Mahallesi, Yılgındağ, Siyamköy dağı, Aklıman, Soğucak mahallesi, Pirinçlik mevkii, Orduköyü-Karagöl, Çoban köy, Kılınçlı, Dibekli köy, Karacakese mahallesi Sarıkum, İnceburun, Gelincik köyleri, Sinop'un yakın

güneybatısında Bostancılı, Korucuk, Akçaağaç köyleri arasında ve Karasu Çayı vadisinin batısında kalan alanlarda olarak verilebilir (Aktimur vd., 1993; Asan, 2010).



Şekil 16. Sinop giriş ve sahilde kale kuzeyinde, mostra veren Sarıkum Formasyonuna ait kumtaşı

Altta beyaz, sarı renkli, çapraz tabakalı, tutturulmamış gevşek kum ile başlayan birim; gevşek tutturulmuş ince taneli kumtaşı, miltaşı, çakıltası ve kireçtaşı ile devam eder ve üst seviyelerde sarı, kahverenkli kuvarslı kuma dönüşür. Kuzeyde daha çok sarı-kahve renkli olan birimde güneye doğru kırmızı renk hakimdir. Çoğunlukla ince katmanlı olan kumtaşı ara tabakaları Sinop batı-güneybatısında karbonat çimentolu ve mercekssel geometrilidir. Sarıkum Formasyon'unun içinde kaba taneli, küçük-orta boy kanal dolguları gözlenmiştir. Üst Kretase yaşlı volkanitlerinin üzerine geldiği yerlerde, alt düzeyinde volkanik kaya parçaları ve mangan boyaması gözlenir (Gedik vd., 1984; Aktimur vd., 1993).

Sarıkum Formasyon'unda herhangi bir fosile rastlanmamıştır; birimin yaşı tatlı su fosil bulguları ve stratigrafik konumu dikkate alınarak verilmiştir. Sarmasiyen-Ponsiyen yaşında olan Sinop Formasyonu üzerinde diskordanslı olduğundan ve Geç Pleyistosen yaşlı Kale Formasyonu tarafından da diskordanslı ilişkiyle üzerlendiğinden stratigrafik konumuna göre birime Geç Pliyosen-Erken Pleyistosen yaşı verilmiştir. Sarıkum Formasyonu rüzgar işlevlerinin de etkili olduğu bir akarsu (taşkın ovası-menderesli ırmak) çökelidir (Gedik ve Korkmaz, 1984; Uğuz ve Sevin, 2008; Asan, 2010).

90 m kalınlıktaki birim, Akyörük bazaltı tarafından uyumsuzlukla örtülür. İnceleme alanının kuzey kısımlarında, Hamsaros volkanitleri, Ayancık Formasyonu, Kusuri Formasyonu ile Sinop formasyonu üzerine aşıl uyumsuzlukla gelir. Güncel alüvyonlar tarafından örtülür.

3.2.7. Kale Formasyonu

Başlıca çapraz katmanlanmalı kumtaşı ile gevşek dokulu ya da kötü tutturulmuş kum, silt ve çamurdan oluşan birim, adını Sinop Kalesi'nden alır. Birim, ilk kez Erinç ve İnandık (1955) ve İnandık (1957) tarafından Sinop ve Gerze dolayında tanımlanmıştır (Şekil 17).

Kale Formasyonunda taneler karbonatlı bir çimento ile sıkı tutturulmuştur. Tabanda yer alan matriks destekli çakıltası üstünde beyaz, sarımsı, beyaz renkli, çapraz tabakalanmalı, kumtaşı; düşük açılı çapraz katmanlanmalı, kavkılı kumtaşı ve yüksek açılı çapraz katmanlanmalı kumtaşından oluşan birim, sarımsı kırmızımsı renkli, az tutturulmuş, yatay, düşük açılı, çapraz katmanlanmalı kum ile masif görünümlü, az tutturulmuş çamur, kumlu çamur, siltli kumdan oluşma düzeylerle sürer.



Şekil 17. Sinop ili merkezinde Kale Formasyonuna ait kumtaşları

En üst düzeyler yine sarımsı beyaz, kirli beyaz renkli, orta tabakalı, çapraz katmanlanmalı kumtaşı ile sarımsı kahve renkli, az tutturulmuş kum, kumlu silt, çamur, kumlu çamur ardalanmasından oluşur (Gedik ve Korkmaz, 1984).

Kale kumtaşları içinden *Acanthocardia Tuberculata* (Linne), *Cardium Tuberculatum* Linne, *Venys Gallina* Linne gibi Karangat (Geç Pleyistosen) yaşını veren fosiller derlenmiştir (Sütçü vd., 1982). Birim kıyı yüzü, kıyı önü, kumsal, kıyı gerisi ortamlarının çökellerinden oluşur (Uğuz ve Sevin, 2008).

Bölgede (Krkl) olarak simgelenen Kale Formasyonuna ilk isim Tokay (1949) tarafından verilmiştir. Kale Formasyonunun tip kesiti Ereğli-Zonguldak karayolu boyunca, Yörüklüsoğan köyü yakınlarında, Aydınlar köyü kuzeyinde Kasanlar tepe dolayında net olarak izlenmektedir. Altınlı (1955) tarafından “Kale Denizel Helvesiyen” olarak tanımlanan bu birim, Hakyemez ve Örçen (1982) tarafından Kale Formasyonu olarak adlandırılmıştır (Hakyemez, 1989). İnandık (1956)’ın “Kuvaterner depoları” adını verdiği birime Özsayar (1977) “Kuvaterner yaşlı oluşuklar” adını vermiştir. Gedik vd., (1981) birimi “Bedirekayası formasyonu”, Sütçü vd., (1982) “Kale Kumtaşları” (Karangat) adı ile incelemişlerdir. Barka vd., (1983b) Sarıkum Formasyonu içinde olduğunu düşündükleri değişik kıyı fasiyesleri içeren, Karangat (Geç Pleyistosen) yaşlı tabakaları “Kale Kumtaşı Üyesi” adı ile içine alır. Birimin çalışma alanı içinde, tek ve küçük bir yüzeylemesi Sinop’un oturduğu alanı da içine alır.

Kale Formasyon’unun kalınlığı yaklaşık 40 m kadardır. Kale Formasyonu altta Sarıkum formasyonu ve tüm daha yaşlı birimler üzerinde açısız uyumsuz bir ilişkiyle yer alır üstten de alüvyon ve kıyı kumları tarafından diskordanslı olarak üzerlenir.

3.2.8. Bedire Kaya Formasyonu

Formasyon, Gedik vd. (1981) tarafından Bedire Kayası Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Gerze’nin 3 km. batısında Bedire Kayası, Sinop, Sinop Yarımadası, Boztepe yarımadası, Orduköyü-Karagöl, Gerze ve çevresinde yüzeyler.

Birim, altta iri çakıltaşı, fosilli kireçtaşı ve çapraz tabakalı kumtaşı ile başlar ve üstte doğru sarı renkli kil ve kuma geçer (Şekil 18). Bedire Kayası Formasyonu, regresif ve transgresif bir istifile karakterize edilen kıyı gerisi çökellerinden oluşmaktadır (Barka, 1983a). Sinop, Orduköyü-Karagöl arasında yüzeyleyen birimde tabakalanmaya dik ve paralel eklem sistemleri gelişmiştir.



Şekil 18. Gerze yakınlarında mostra veren Bedire Kayası Formasyonu ait çakıltaşı, kumtaşı ardalanması

Formasyonun yaşı, Gedik vd. (1981) tarafından paleontolojik verilerle Pleistosen olarak belirlenmiştir.

30 m kalınlıktaki formasyon Karadeniz kıyısında çok dar bir alanda yüzeyleme vermektedir. Bedire Kayası Formasyonu, Gerze yöresinde Akveren Formasyonu üzerine açısal uyumsuzlukla gelmektedir. Bedire Kayası Formasyonu, Yalçınlar, (1958) tarafından Samsun ve Ünye'deki denizel Kuvaterner olarak tanımlanan birimle, İnandık (1957) tarafından tanımlanan Kuvaterner depolarıyla, Özsayar (1977) tarafından tanımlanan Kuvaterner oluşuklarıyla ve Barka vd. (1983a) tarafından tanımlanan Karagan Kale kumlarıyla deneştirilebilir özelliktedir

3.2.9. Plaj Çökelleri

Plaj çökellerinin Sinop batısında, Aklıman'a doğru, kıyı boyunca uzanan bir yüzeylemesi vardır. Birim dalga hareketleri ile oluşmuş gri, beyaz ve siyah renklerde, tutturulmamış oldukça iyi boylanmış blok, çakıl, kum, silt ve kil boyu malzemeden oluşur (Uğuz ve Sevin, 2008) (Şekil 19).

3.2.10. Alüvyon

Çalışma alanındaki güncel akarsulların oluşturduğu, alüvyonlar menderesli ırmak, örgülü akarsu, taşkın ovası gibi fasiyeslerin yaygınca gözlendiği akarsu çökellerinden oluşur.



Şekil 19. Sinop sahilinde mostra veren plaj çökelleri

Çalışma alanında, Sinop, Orduköy- Karagöl, Aklıman, Soğucak ve Pirinçli mevkiileri arasında, Çobaköy, Kılınçlı arasında, Demirciköy ve çevresi ile Gerze ve çevresinde, Karasu, Kabalı Çayı, Sarımsak Çayı vadileri boyunca yaygınca gözlenir (Şekil 20).



Şekil 20. Sinop-Gerze sahilinde alüvyonlara ait görünüm

Çalışma alanındaki tüm vadi tabanlarında ince malzemeli blok, çakıl, kum, silt ve kil karışımı şeklinde, akarsu terasları ile alüvyon yelpazelerinde ise tutturulmamış kum ve çakıl şeklinde izlenir. Birimde, yer altı suyunun yüzeye yakın olmasından dolayı yer yer bataklıklar izlenir. (Aktimur vd., 1993).

Yeni alüvyonlar; Kabalı ve Karasu çayları ile yan derelerin taşıdığı siltli, killi bloklu kum ve iri çakıl karakterinde malzemelerdir. Kendinden daha yaşlı tüm birimlerin üzerine uyumsuz olarak gelmektedir (Asan 2010).

3.3. Yapısal Jeoloji

Çalışma alanında yapısal unsur olarak tabakalar, kıvrımlar faylar ve uyumsuzluklar bulunmaktadır. İnceleme alanında Akveren, Atbaşı, Kusuri ve Sinop Formasyonları tabakalı yapı sunarlar.

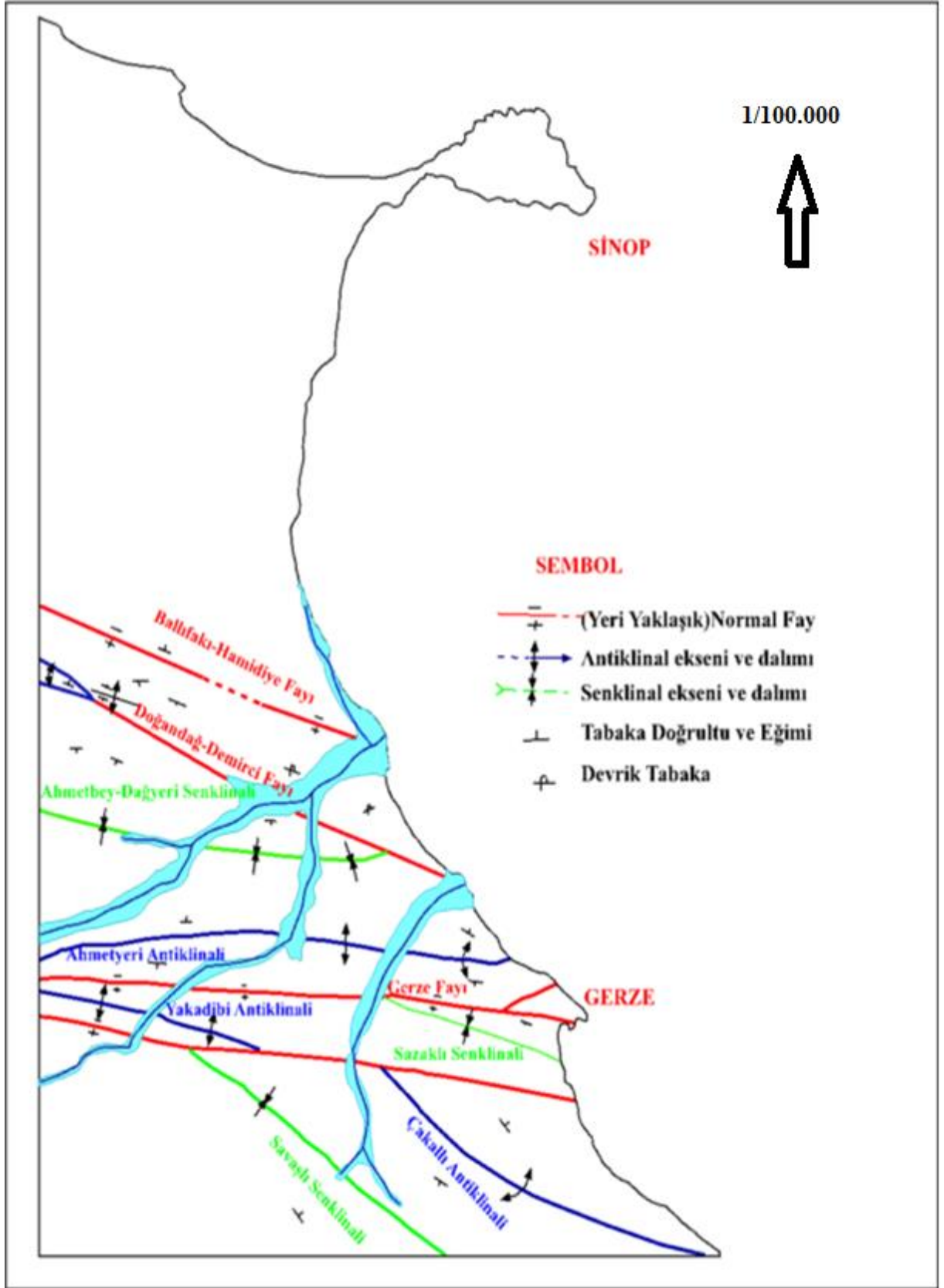
Ballıfakı fayı, Akveren, Atbaşı ve Kusuri formasyonları içinde gelişmiş ve bu formasyonları deforme etmiş ters bir faydır (Şekil 21). Sinop yarımadasının doğu kıyısı ile Çukurbağ Kahramaneresi arasından geçen kuzeybatı-güneydoğu doğrultulu bu faylar, diğer faylardan özellikleri ve yönleri bakımından ayırdırlar (Barka vd., 1985; Aktimur vd., 1993).

Ayancık fayı; Erikli fayına paralel, Akveren ve Atbaşı formasyonları arasında yer alan ters bir faydır (Şekil 21). Doğu-Batı uzanımlıdır ve Helalaldı ve Kusuri arasında Kusuri formasyonunu etkilediği izlenmektedir (Aktimur vd., 1993).

Erikli fayı; Ayancık güneyinde, doğu-batı Gerze güneyinde, güneydoğu-kuzeybatı yönünde uzanan 200 km uzunluğunda ters bir faydır (Şekil 21). Bu fay zone genelinde Akveren ve Atbaşı formasyonlarının dokanakları arasında izlenir. Akveren formasyonun çökelişinden hemen sonra oluşmuştur (Barka vd., 1983a; Aktimur vd., 1993).

Ekinveren fayı; Sakızköy ile Durağan kuzeyi arasında uzanan kuzeybatı-güneydoğu doğrultulu ters faydır. Bu fay boyunca, Eosen yaşlı Kusuri formasyonun Ayancık üyesi, KD-GB yönünde bindirmiştir. Ekinveren fayı yer yer Kuvaterner yaşlı birimleri etkilediğinden dolayı, diri olması mümkündür (Deveciler vd., 1989; Aktimur vd., 1993).

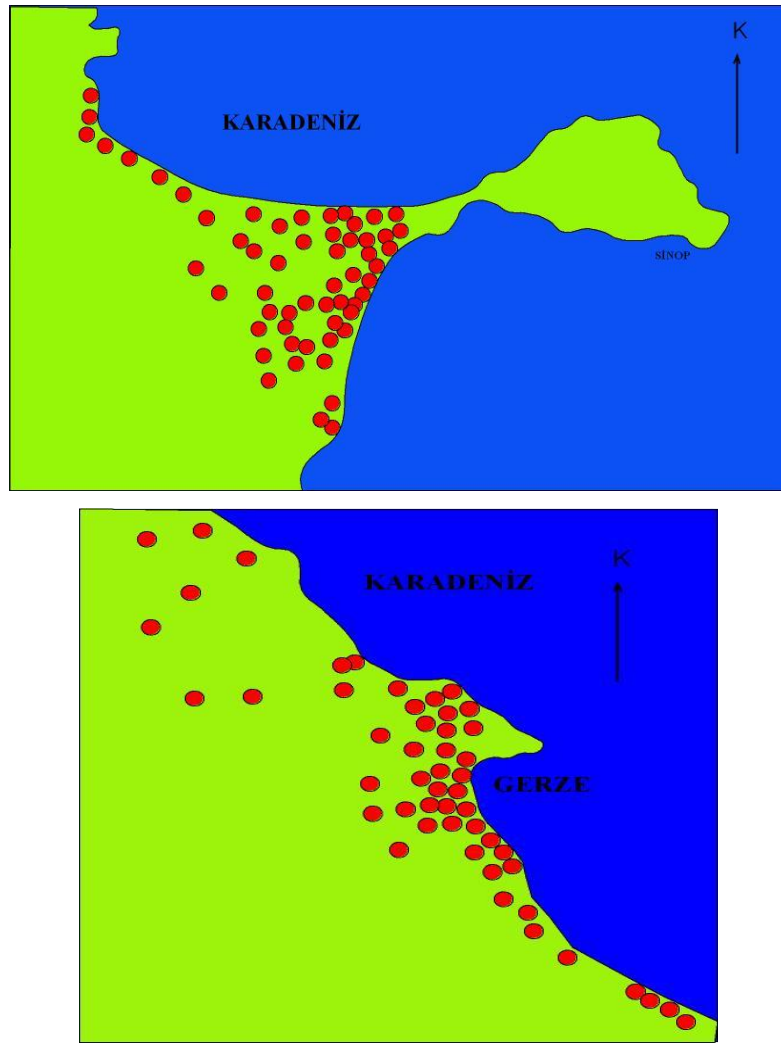
Çalışma alanında kıvrımlar oldukça iyi gelişmiştir ve genelde doğu-batı doğrultulu antiklinal ve senklinallerden oluşmuşlardır. Uzunlukları, 16-42 km, genişlikleri 4-5 km arasında değişir, Gürsöku ve Kışla antiklinallerinin dışında kalan antiklinallerin tümü simetrik ve doğru dalımlıdır (Gedik vd., 1984).



Şekil 21. Çalışma alanına ait tektonizma haritası (Uğuz ve Sevin, 2008).

3.4. Sinop-Gerze Yöresindeki Zeminlerin Jeoteknik Özellikleri

Sinop merkez ve Gerze ilçeleri çevresinde yer alan zeminlerin jeoteknik özellikleri, belirtilen alanlarda alınan örselenmemiş ve örselenmiş örnek üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri ile araştırılmıştır. Şekil 22’de görüldüğü gibi örneklerin 85’i Sinop Merkez ilçesine, 79’u Gerze yöresine aittir. Örnekler iş makinaları ile açılan çukurklarda ve sondaj kuyularından elde edilmiştir.



Şekil 22. Sinop merkez ve Gerze ilçeleri çevresinde örselenmemiş örnek alım noktaları

Arazi gözlemleri ve alınan örnekler üzerinde yapılan deney sonuçlarından yararlanılarak Sinop merkez ve Gerze yöresi zeminleri için, kayma direnci parametreleri, taşıma gücü, yeraltı su tablası, standart penetrasyon verileri ile dağılım haritaları yapılmıştır.

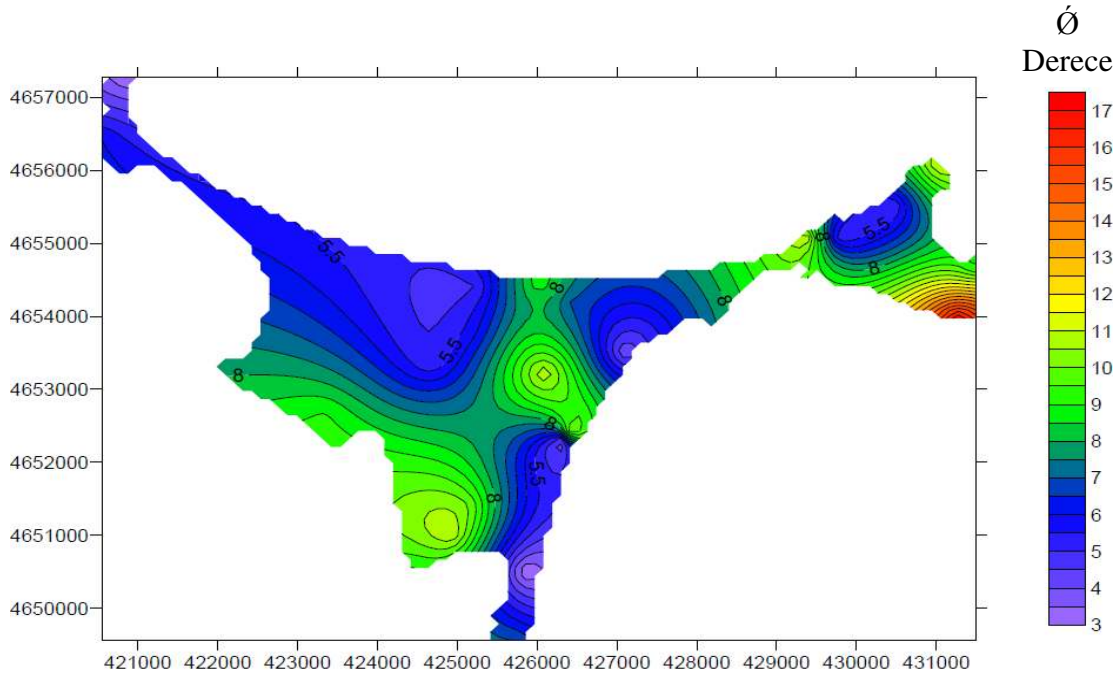
Ayrıca Gerze ilçesi zeminlerinin indeks özellikleri ve Sinop merkez ilçe zeminleri için jeofizik veriler ile dağılım haritaları oluşturulmuştur.

3.4.1. Sinop Merkez İlçesi Zeminlerinin Jeoteknik Özellikleri

3.4.1.1. Sinop Merkez İlçesi Kayma Direnci Parametreleri

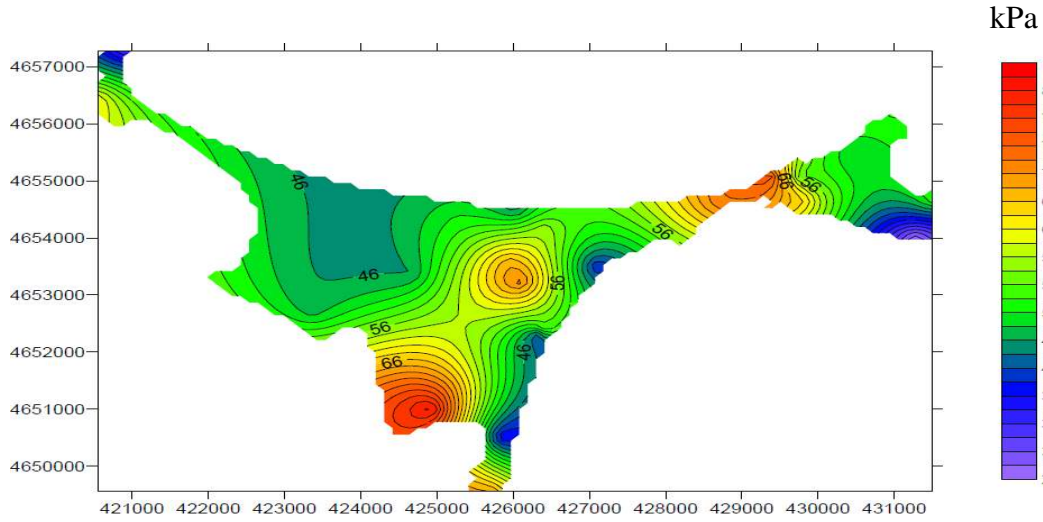
Zemin kayma direncini oluşturan bileşenler; zemin danelerinin oluşturduğu yapının kaymaya karşı gösterdiği direnç, danelerin temas yüzeyindeki oluşan sürtünme kuvvetleri ve daneler arasındaki kohezyon olarak sıralanabilmektedir (Aytekin, 2004). Dane şekli, zemin türü ve sıklığı bu parametrelere bağlı olarak değişmektedir.

65 örnek üzerinde yapılan konsolidasyonsuz-drenajsız deneyler ile zeminlerin kayma direnci parametreleri bulunmuştur. Elde edilen veriler ile Surfer 10.0 programıyla dağılım haritaları oluşturulmuştur (Şekil 23 ve 24).



Şekil 23. Sinop merkez ilçesi zeminlerine ait içsel sürtünme açısı dağılım haritası

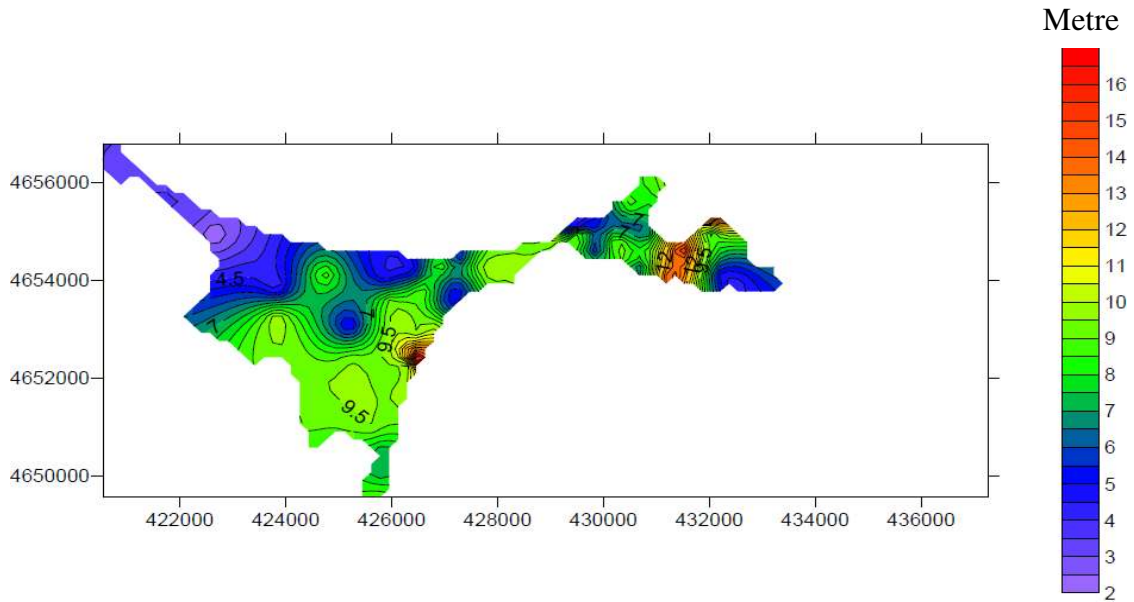
Sinop'ta özellikle kıyı kesimlerde içsel sürtünme açısı 20^0 'den az, orta kesimlerde daha yüksektir. Kohezyon ise orta kesimlerde fazlayken, kıyı kesimlerde daha azdır.



Şekil 24. Sinop merkez ilçesi zeminlerine ait kohezyon (kPa) dağılım haritası

3.4.1.2. Sinop Merkez İlçesi Yeraltı Suyu Durumu

İmara esas jeolojik-jeoteknik amaçlı yapılan 85 sondaj ile yeraltı su tablasının (YSS) ölçülerek, statik seviye belirlenmiştir. Elde edilen veriler ile Surfer 10.0 programıyla dağılım haritaları oluşturulmuştur (Şekil 25).

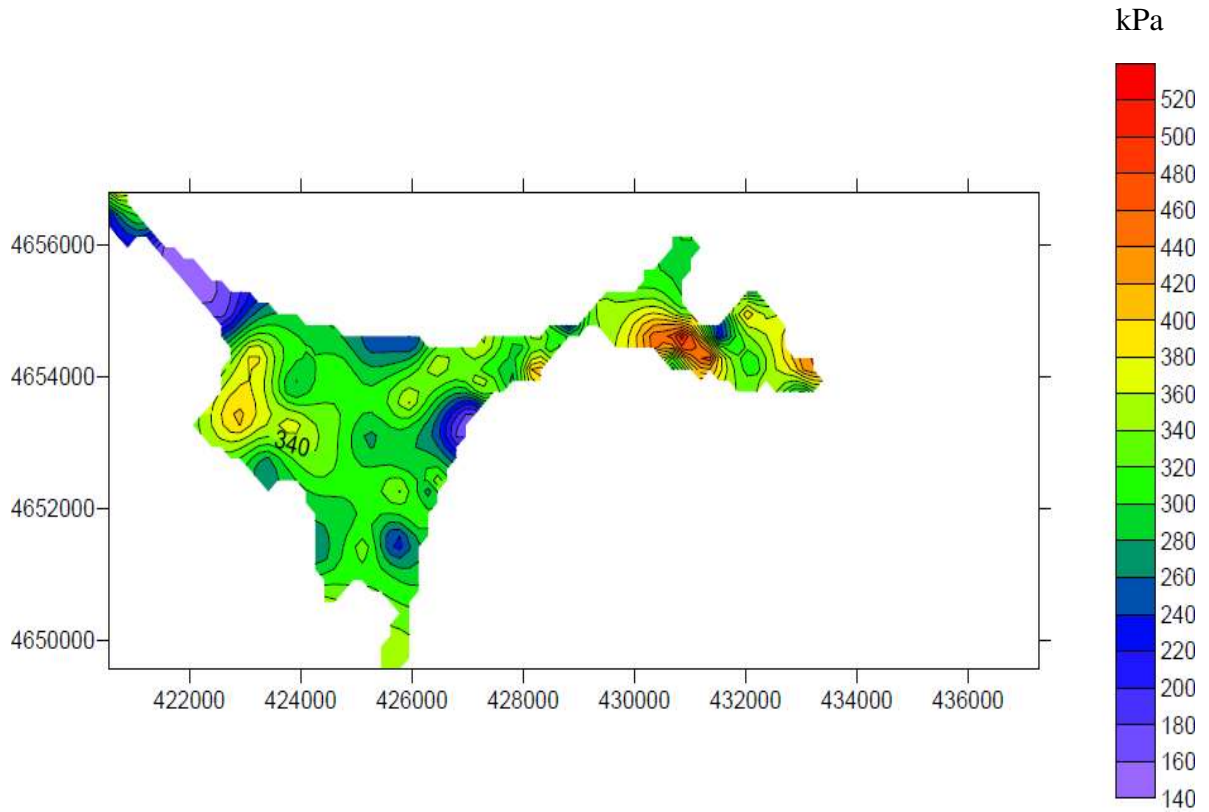


Şekil 25. Sinop merkez ilçesi zeminlerine ait yeraltı su tablası haritası

Bu haritalardan, çalışma alanının kuzeyinde statik seviye daha düşük iken (5-6 m), güneyde 9 ile 10 m'ye kadar ulaştığı anlaşılmaktadır.

3.4.1.3. Sinop Merkez İlçesi Taşıma Gücü

Günümüzde bilgisayarların yaygınlaşması nedeniyle taşıma gücü faktörlerinin çizelgeler yerine formüllerden elde edilmesi tercih edilir olmuştur. Bu çalışma da ise Terzaghi taşıma gücü eşitliklerinden yararlanılmış, temel derinliği ve genişliği 2 m alınarak sınır taşıma gücü değeri hesaplanmıştır. Elde edilen veriler ile Surfer 10.0 programıyla dağılım haritaları oluşturulmuştur (Şekil 26).

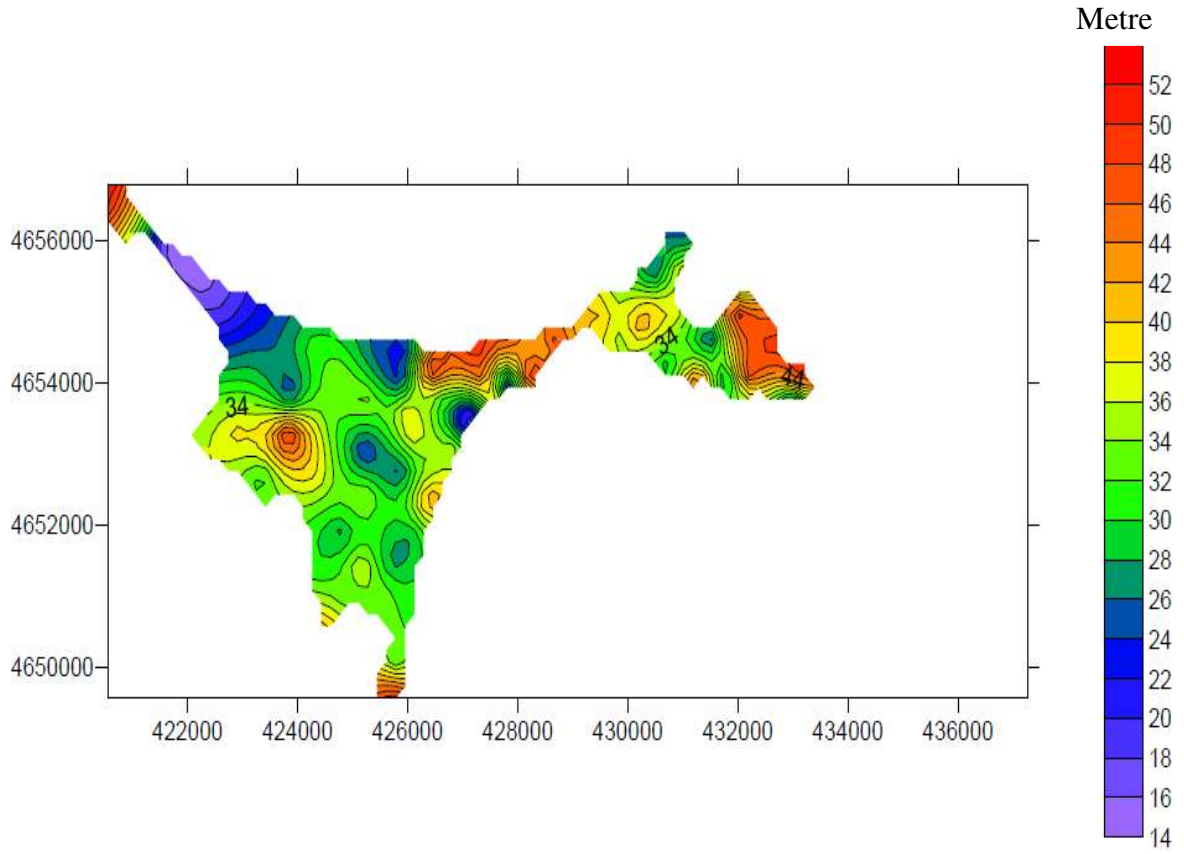


Şekil 26. Sinop merkez ilçe taşıma gücü dağılım haritası

Çalışma alanının orta kesimlerinde taşıma gücü yüksek değerlerdeyken, kuzey ve güney kıyı kesimlerinde daha düşük değerler vermektedir.

3.4.1.4. Standart Penetrasyon (SPT) Deneyi Vuruş Sayısı

Çalışma alanında farklı derinlikler için 85 adet SPT yapılmıştır. Bu derinliklerden 7,5 m için elde edilen düzeltilmiş vuruş sayıları, Surfer 10.0 programı kullanılarak SPT değerlerinin dağılım haritası hazırlanmıştır (Şekil 27).

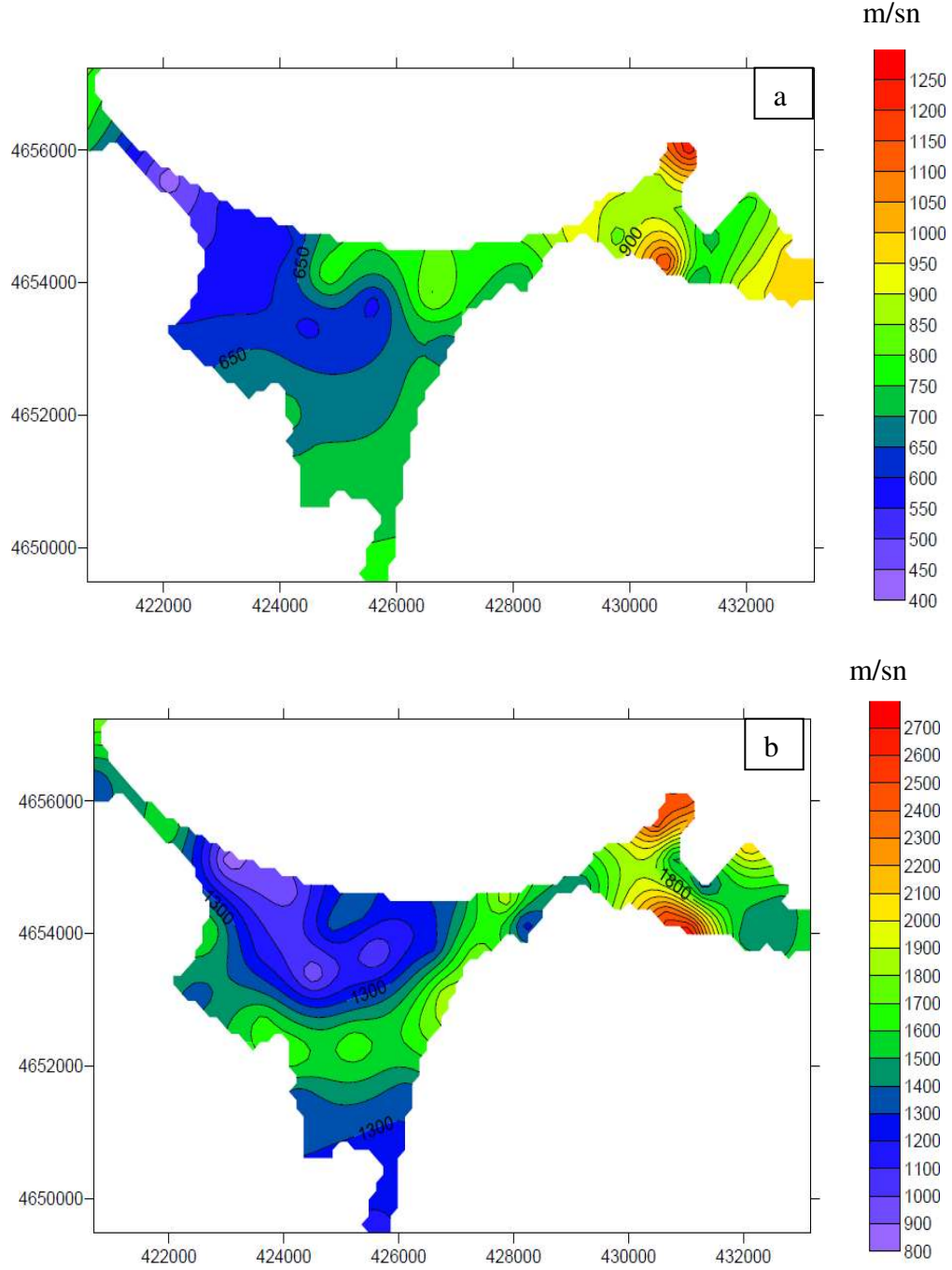


Şekil 27. Sinop merkez ilçesi zeminlerine ait 7.5 m için düzeltilmiş SPT vuruş sayıları dağılım haritası

Çalışma alanının orta kesimlerinde SPT vuruş sayıları yüksek değerlerdeyken, kuzey ve güney kıyı kesimlerinde daha düşük değerler vermektedir.

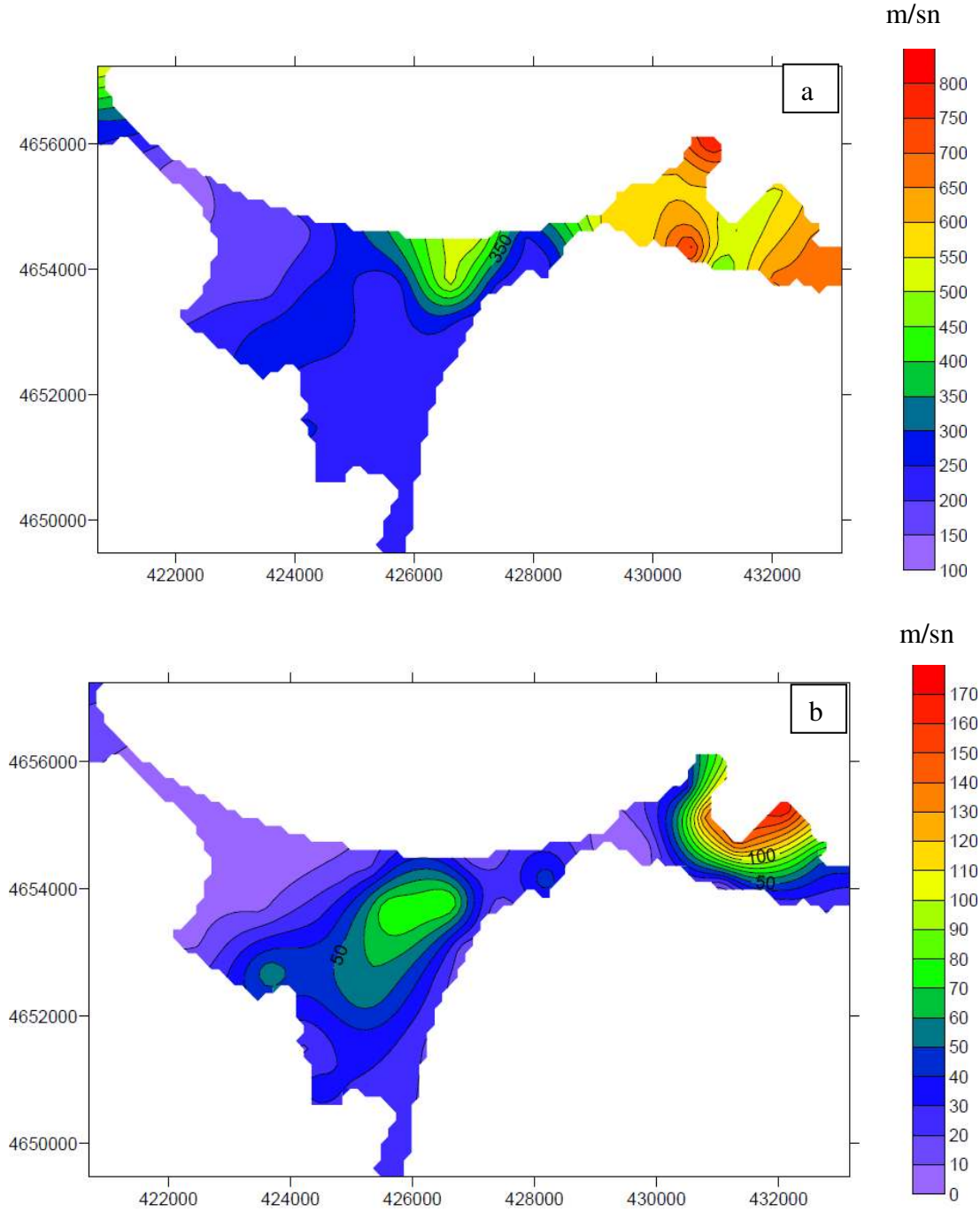
3.4.1.5. Elastisite Modülü ve Poisson Oranı

Sinop Merkez ilçesi zeminlerine ait dinamik elastisite modülü, poisson oranı, sismik ve öz direnç verileri (V_p , V_s) kullanılarak elde edilmiş ve bu veriler surfer 10.0 programıyla P dalga hızı, S dalga hızı ve V_p/V_s dağılım haritaları oluşturulmuştur (Şekil 28).



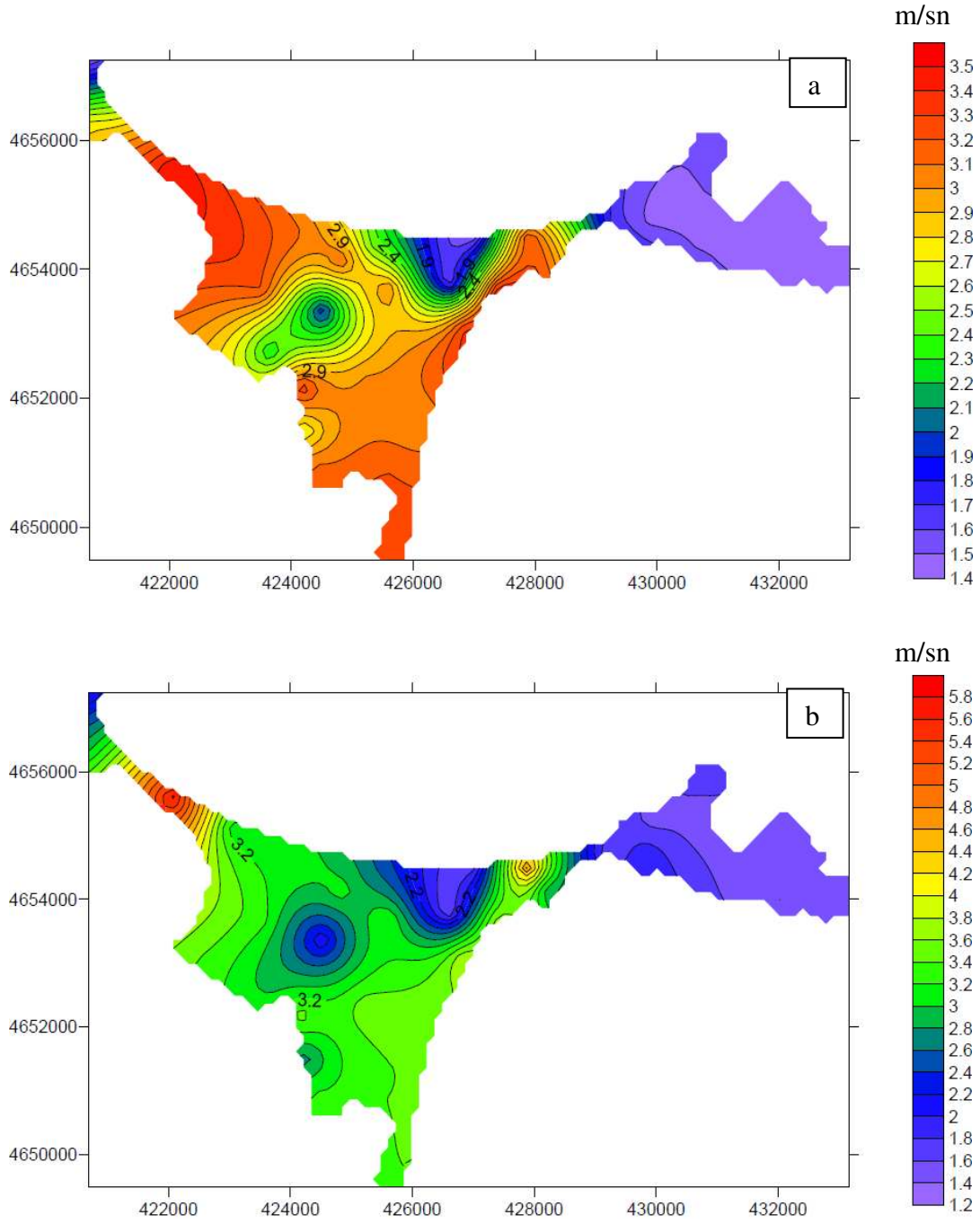
Şekil 28. Yeraltı P dalga hızı yapısı, a) 0-4 m için P hızı, b) 4-8 m tabaka için P hızı

Kesme dalgası (S) hızı, şekil bozulmasına veya burulmaya karşı direncini gösterir (Şekil 29).



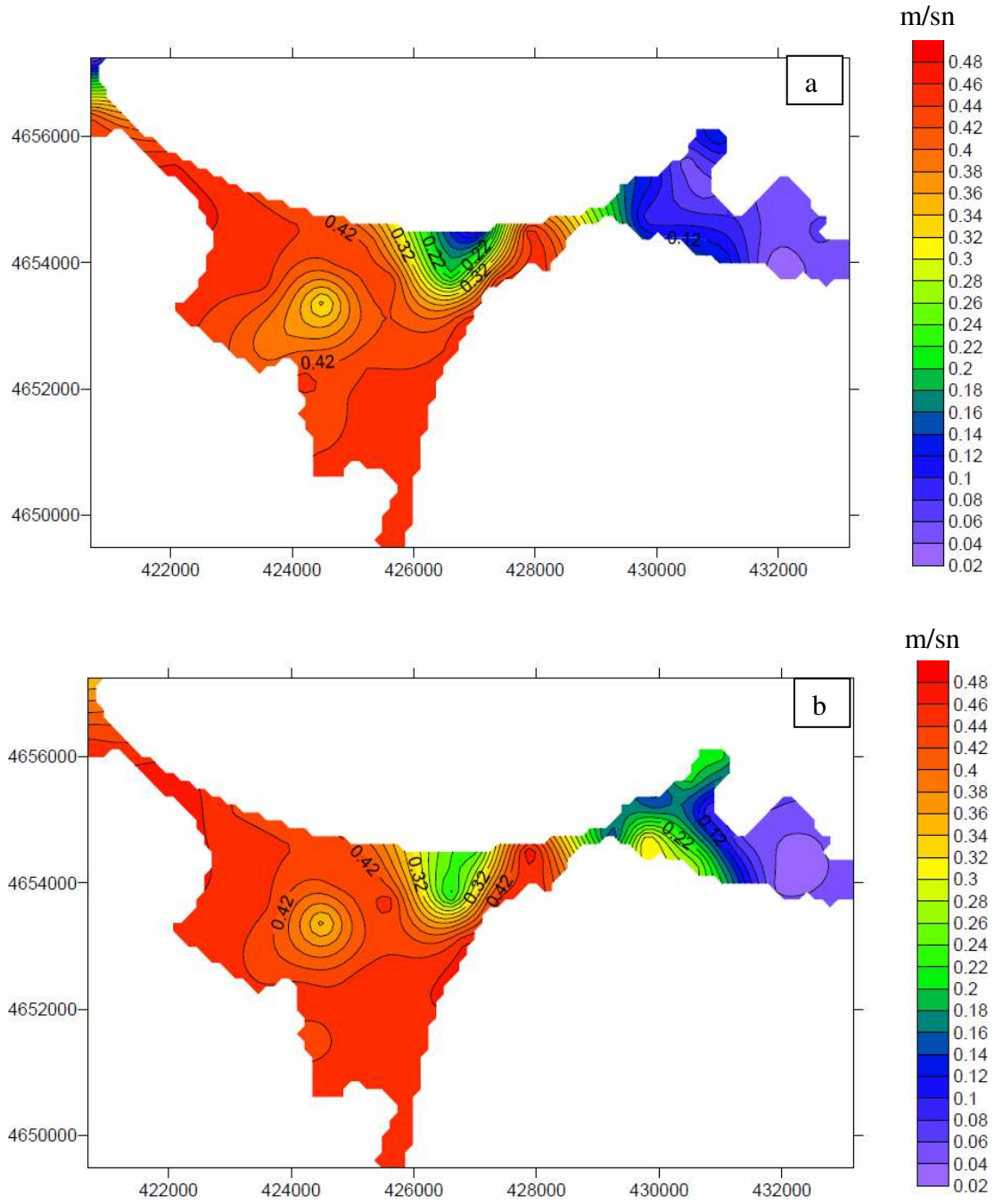
Şekil 29. Yeraltı S dalga hızı yapısı, a) 0-4 m tabaka için S hızı, b) 4-8 m tabaka için S hızı

V_p/V_s oranı bir çok araştırmaya göre sıvılaştırılabilir nitelikte olabilen zeminlerin özelliğini yansıttığı kabul edilir. V_p/V_s hızı genelde kıyı kesimlerde sıvılaştırma potansiyelinin olduğu, iç kesimlerde ise daha düşük olduğu görülmektedir (Şekil 30).



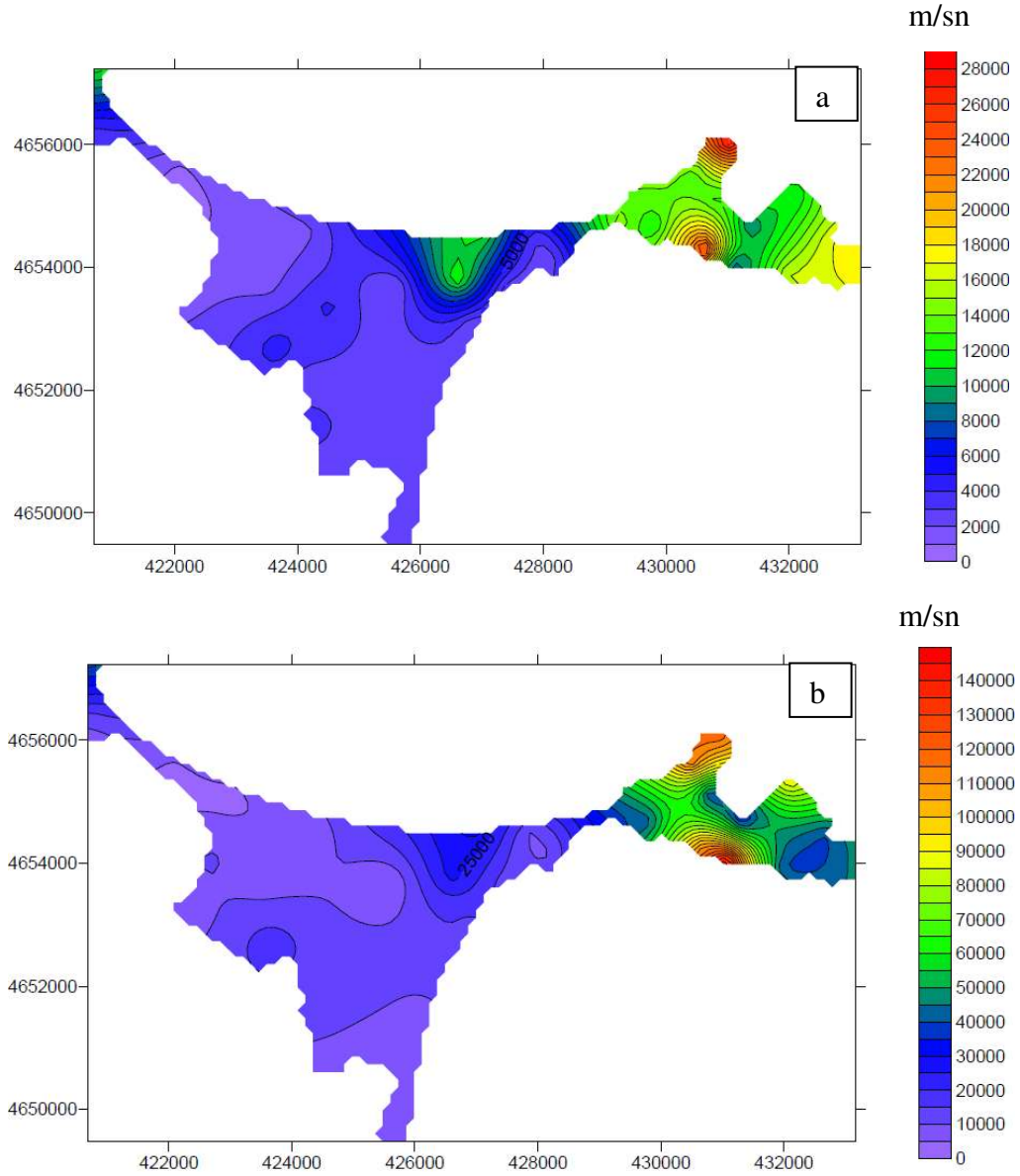
Şekil 30. Yeraltı tabakalarının V_p/V_s oranı, a) 0-4 m tabaka için, b) 4-8 m tabaka için

Sisimik kırılmalardan yararlanılarak poisson oranı hesaplanmış ve elde edilen veriler ile Surfer 10.0 programıyla dağılım haritaları oluşturulmuştur. Poission oranı incelendiğinde boşluk oranının kıyı kesimlerde yüksek, orta kesimler de ise düşük olduğu belirlenmiştir (Şekil 31).



Şekil 31. Yeraltı tabakalarının poisson oranı, a) 0-4 m tabaka için, b) 4-8 m tabaka için

Sismik kırılmalardan yararlanılarak elastisite modülü hesaplanmış ve elde edilen veriler ile Surfer 10.0 programıyla dağılım haritaları oluşturulmuştur. Elastisite modülünün ada kesiminde yüksek, merkezde ise normal dağılım gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 32).

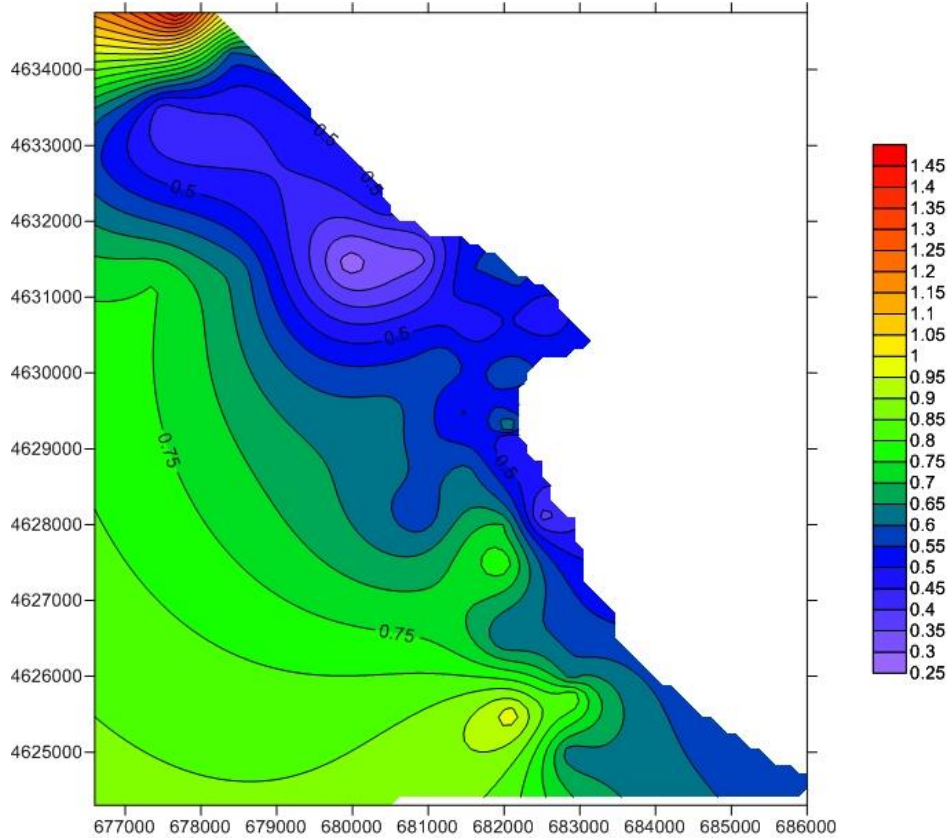


Şekil 32. Elastisite modülü (E_d), a) 0-4 m tabaka için, b) 4-8 m tabaka için

3.4.2. Gerze İlçesi Zeminlerinin Jeoteknik Özellikleri

3.4.2.1. Aktivite

Killerin su içeriğine bağlı olarak hacimlerindeki değişimi gösteren aktivite Gerze İlçesi için alınan 42 örnek için yapılan laboratuvar deneyleri ile belirlenerek Surfer 10.0 programında dağılımları belirlenmiştir (Şekil 33).

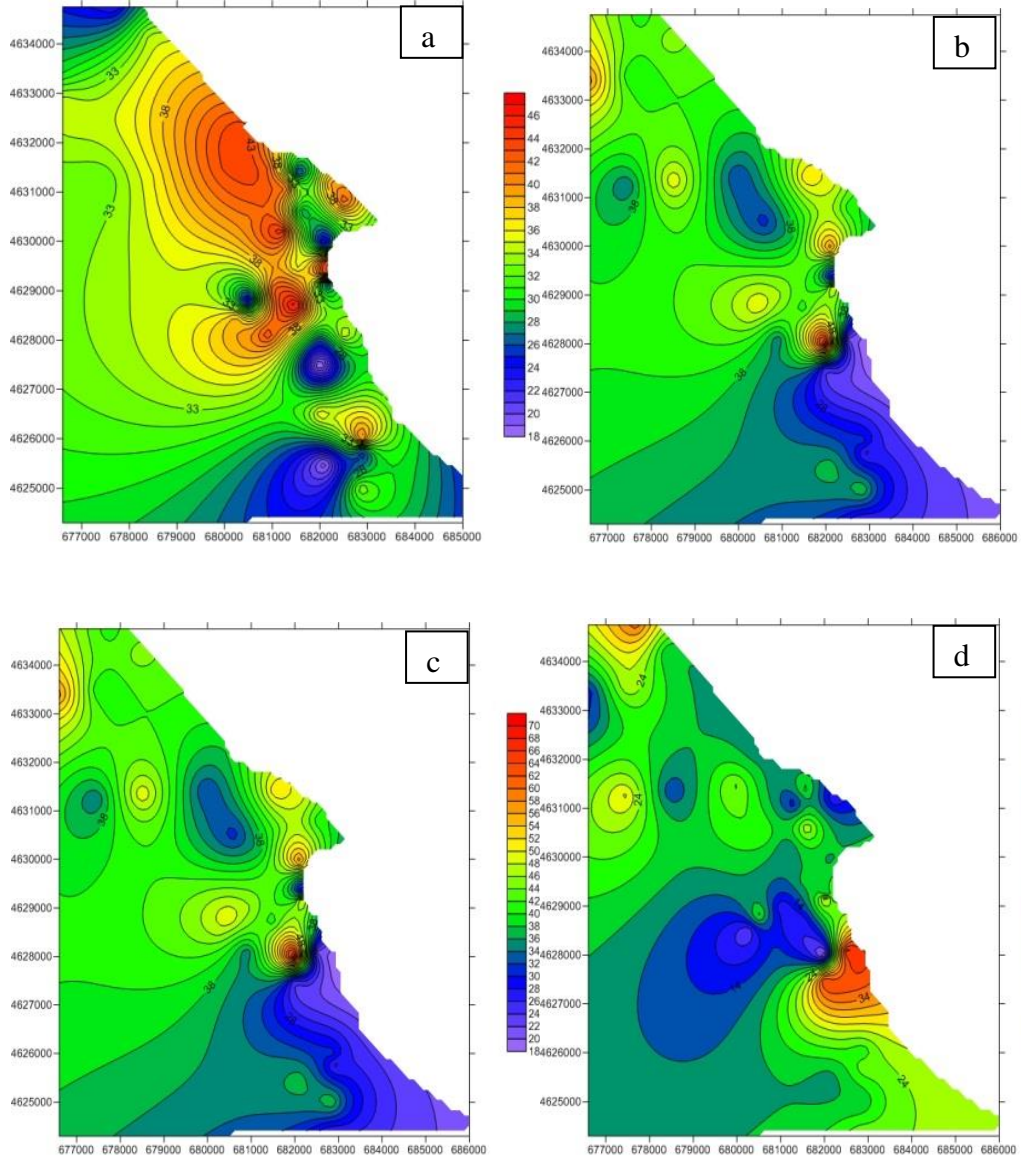


Şekil 33. Gerze ilçesi zeminlerine ait aktivite dağılımları

Çalışma alanı için aktivite yorumlamasında killerin aktivite sınıflaması tablosu dikkate alınmıştır. Gerze ilçesinde sahil kesiminin tamamına yakın bölümünde killerin aktif olmadığı, alanın büyük kısmında ise normal killerin olduğu ve aktif killerin olmadığı görülmektedir. İl genelinde aktivite katsayısı güneye doğru artmakla beraber, 1 değerini geçmemektedir. En düşük anomali sahil kesimlerindedir. Bu değer kuzeybatı da ise 1'i geçmektedir (Şekil 34).

Her ne kadar güney kesimlerine doğru aktivite artsada ya da kuzeybatı kesiminde aktivite katsayısı 1'den yüksek olsa da bu bölgelerde dane dağılımı incelendiğinde kil yüzdesinin genel olarak %30'dan çoğu zamanda %20'den az olduğu dikkat çekmektedir. Bu da bu bölge için yerleşime uygunluk ve heyelan hassasiyeti çalışmalarında aktivitenin çok önemli bir etken olmadığını göstermektedir. Bununla birlikte aktivite katsayısı önemini kaybederken kil miktarının heyelan oluşumuna ya da yerleşime uygunluk özelliğinin belirlenmesindeki önemi ileriki bölümler de tartışılacaktır.

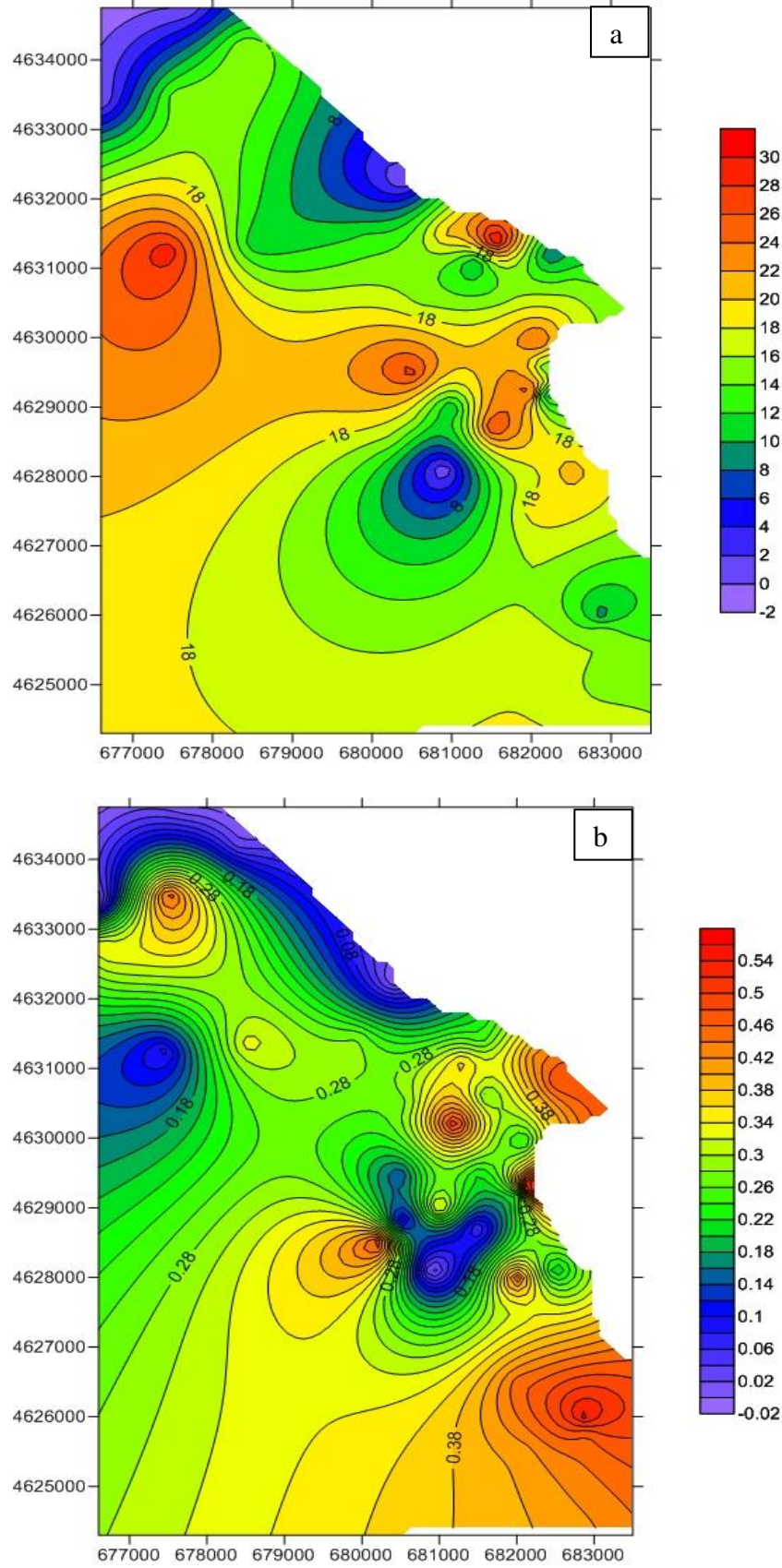
Gerze ilçesi için ise % kil, % silt, % kil ve % silt dağılımları ile %'de kum dağılımları belirlenmiştir.



Şekil 34. a) % kil dağılımı, b) % silt dağılımı, c) % kil+silt dağılımı, d) % kum dağılımı

3.4.2.2. Gerze İlçesi Kayma Direnci Parametreleri

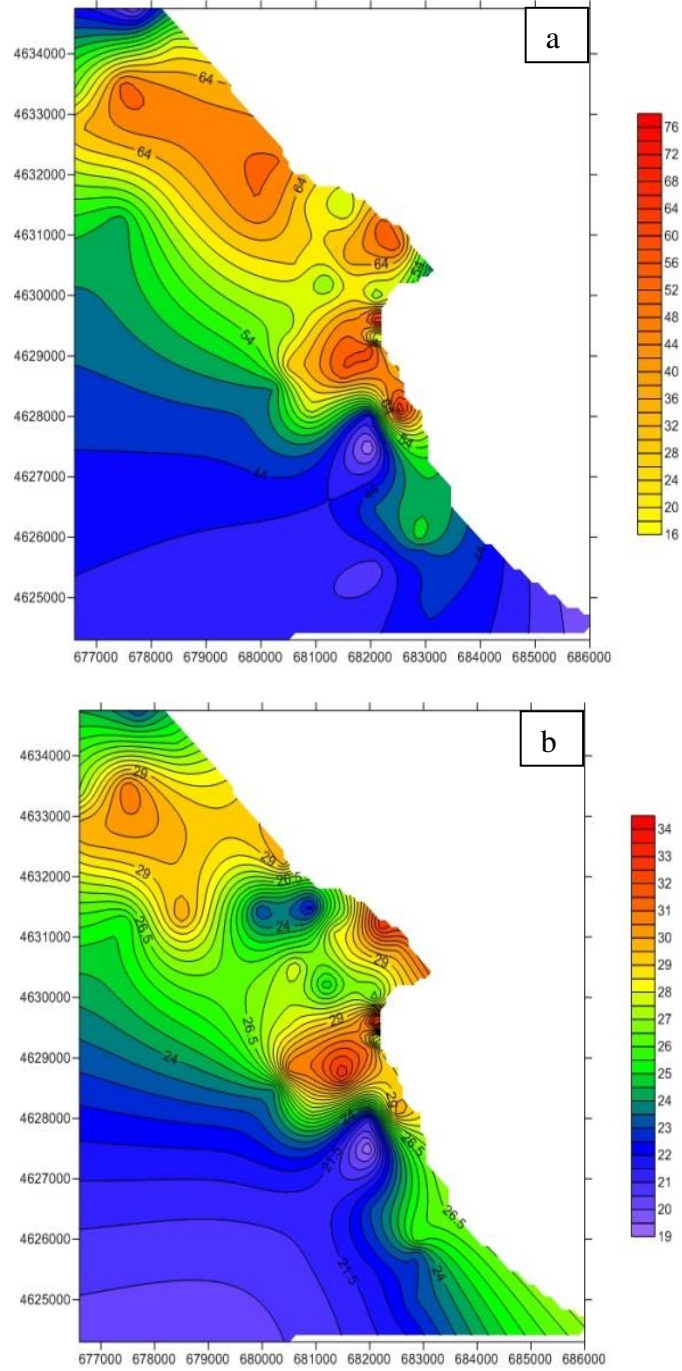
Kayma direnci parametreleri Gerze İlçesi için alınan 42 örnek ile yapılan konsolidasyonlu-drenajlı laboratuvar deneyleri ile belirlenerek Surfer 10.0 programında dağılımları belirlenmiştir (Şekil 35). Genel olarak içsel sürtünme açısı değeri, sahil kesimlerde 20° 'nin altındayken, güney kesimlerde 30° 'ye kadar ulaşmaktadır. Bununla birlikte kohezyonun değeri arazinin kuzeyinde düşük iken güney kesimlerinde 60 kPa kadar değişmektedir.



Şekil 35. Gerze ilçesi zeminlerine ait a) içsel sürtünme açısı ve b) kohezyon dağılım haritası

3.4.2.3. Plastik Özellikleri

Zeminin plastik özellikleri Gerze İlçesi zeminleri için alınan 42 örnek ile yapılan laboratuvar deneyleri ile belirlenerek Surfer 10.0 programında dağılım haritaları oluşturulmuştur (Şekil 36).

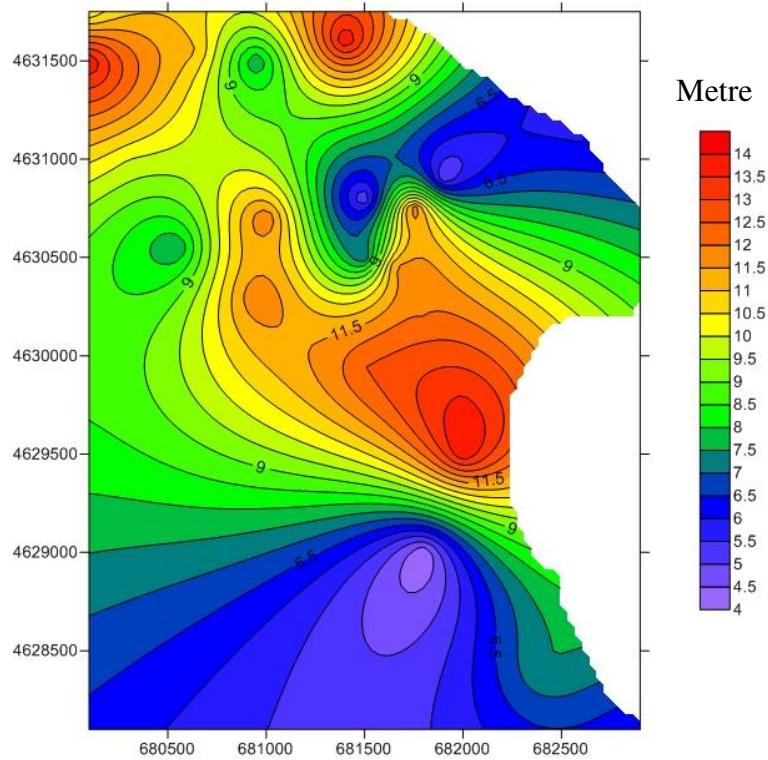


Şekil 36. Gerze ilçesi a) LL, b) PL dağılım haritası

Çalışma alanında plastik ve likit limit değerleri kuzeyde yüksek, güneyde ise düşük değerlere sahiptir.

3.4.2.4. Gerze İlçesi Yeraltı Suyu Durumu

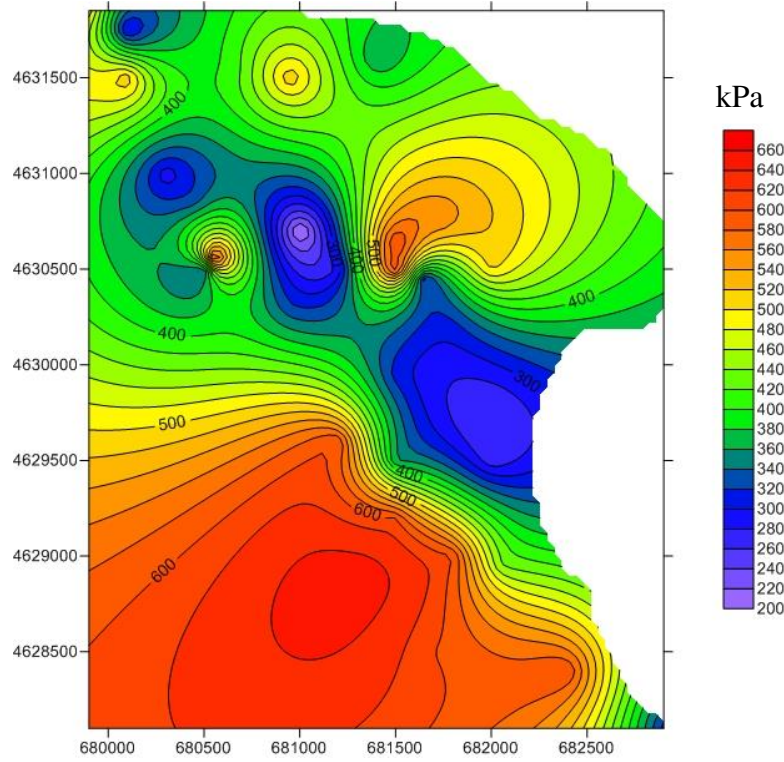
İmara esas jeolojik-jeoteknik amaçlı yapılan 37 sondaj ile yeraltı su tablasının (YSS) ölçülerek, statik seviye belirlenmiştir. Elde edilen veriler ile Surfer 10.0 programıyla dağılım haritaları oluşturulmuştur (Şekil 37). Kuzeyde çok küçük bir bölge hariç genelde statik seviyenin arazinin ortasına ve kuzey kesiminde 9'dan büyük, güneyde ise 5-6 m arasında değiştiği dikkat çekmektedir.



Şekil 37. Gerze ilçesi yeraltı su tablası haritası

3.5.2.5. Gerze İlçesi Taşıma Gücü

Bu çalışma da Terzaghi taşıma gücü eşitliklerinden yararlanılmış, temel derinliği ve genişliği 2 m alınarak sınır taşıma gücü değeri hesaplanmıştır. Elde edilen veriler ile Surfer 10.0 programıyla dağılım haritaları oluşturulmuştur (Şekil 38).



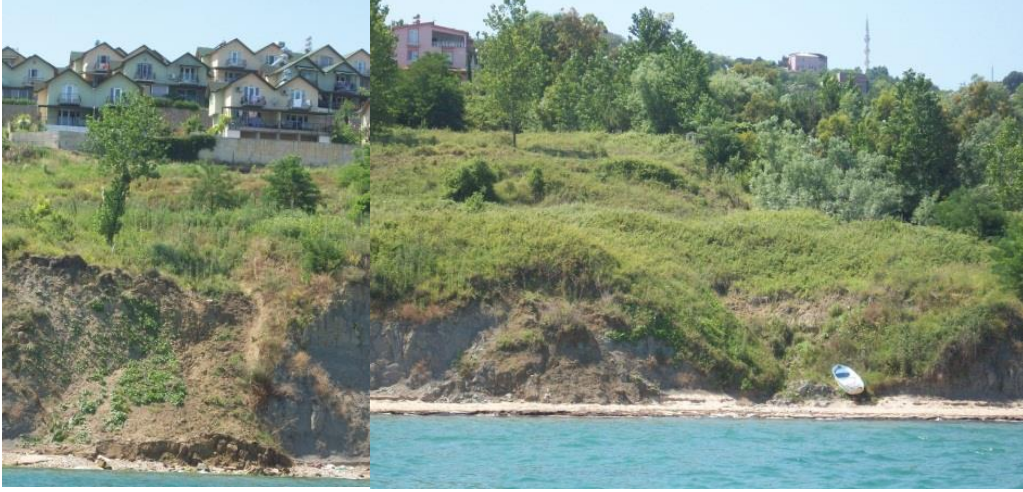
Şekil 38. Gerze ilçesi taşıma gücü dağılım haritası

Çalışma alanında taşıma gücü değerlerine bakıldığında arazinin kuzeyinde 200-400 KPa, arazinin güneyinde ise 400-700 kPa olduğu belirlenmiştir

3.5. Sinop-Gerze Yöresindeki Heyelanlar ve Genel Özellikleri

Karadeniz Bölgesi'nde jeomorfolojiyi etkileyen en önemli olaylardan biri heyelanlardır. Çalışma alanları farklı dönemlerde çok sayıda heyelana maruz kalmıştır. Yapılan arazi çalışmaları sonucunda heyelanların daha çok akma ve kayma türünde geliştiği belirlenmiştir. Dairesel kayma türündeki heyelanlar çoklu kayma yüzeyine sahiptir. Alanda reaktiviteye sıklıkla rastlanılmıştır. Alanının bozuk morfolojisi eski heyelan alanlarına işaret etmektedir. Dairesel kayma türü heyelanların oluşumunda, akarsu aşındırması, aşırı yağış, yeraltı su seviyesinin değişimi ve yüzey suları gibi hidrolojik faktörler etkili olmuştur. Şev, üstteki zemin suya doymun hale gelerek aşağı doğru hareket etmektedir (Şekil 39). Sinop ve çevresinde, kaya türü özellikleri ve yamaç eğimlerine bağlı olarak erozyon ve heyelan gibi yoğun kütle hareketleri izlenmektedir. Bitki örtüsünden

yoksun yamaçlarda sağnak yağışlar nedeni ile yüzeysel erozyon ve selcik erozyonu oluşmuştur.



Şekil 39. Sinop ili sahil kesiminde akma türü hareket ve morfolojide meydana gelen değişimler

Dik kıyılarda, özellikle Sinop yarımadasında ve derin ayrılmış vadilerin üst kesimlerinde ki tabaka başlarında (kornişlerde) kaya düşmeleri olmaktadır (Şekil 40).



Şekil 40. Sinop-Gerze sahil kesiminde görülen erozyon ve kütle hareketleri

Kaya türünün cinsi ve özelliği, yamaç eğimi, yağış miktarı ve özellikle orman kesimi, temel kazısı, yol yapımı gibi doğal dengenin bozulmasına yol açan işlemlere bağlı olarak yörede çok sayıda heyelan oluşmuştur ve olmaktadır. Dalga etkinliğinin fazla olduğu dik kıyılarda da heyelanlar gözlenmektedir (Aktimur vd., 1993). Bunlara ek olarak,

özellikle yerleşmelerde zarara neden olan heyelanların meydana gelmesinde insan faaliyetlerinin de etkisi vardır. Afet İşleri Genel Müdürlüğünün verilerine göre, 1960–2004 yılları arasında Sinop'ta 290 yerleşmede heyelan meydana gelmiştir. Çalışma alanındaki yerleşmelerin pek çoğu eski heyelan kütleleri üzerindedir. Toprak kaymaları veya heyelanlardan zarar gören ve afete maruz bölge kararı alınarak iskâna yasaklanan pek çok yerleşmede yaşanmaya devam edilmektedir. Örneğin, Sinop merkez Gelincik mahallesinin büyük bir kesimi heyelan sahası olmasına rağmen burada yeni yapılan pek çok bina vardır. Buna rağmen, heyelandan hasar gören evler onarılarak veya yenileri yapılarak bu mahallede yaşanmaya devam edilmiştir. Bu yerleşmelerde, heyelanlardan yıkılan ahşap evlerin yerine betonarme binalar yapılmaktadır. OYSS betonarme konutlar, ahşap konutlara göre heyelanlardan daha fazla zarar görmektedir. Ahşap meskenler toprak kaymaları esnasında esneme özelliği gösterdiğinden çoğu zaman tamamen yıkılmamaktadır (Demirci, 2001b; Özdemir, 2005). Sinop'ta meydana gelen heyelanlarda can kaybının olmamasında, meskenlerin ahşaptan yapılmasının etkisi vardır.

Türkiye'de heyelanların en fazla görüldüğü Karadeniz Bölgesi yoğun orman örtüsüyle kaplıdır. Büyük boyutta toprak kaymalarının olduğu bazı yerlerde, yamaç üzerindeki toprak örtüsüyle birlikte ağaçlar da sürüklenir (Şekil 41).



Şekil 41. Çalışma alanında kütle hareketleri sonucu bitki örtüsünde meydana gelen hasar, ağaç sürüklenmeleri

Nitekim çalışma alanında heyelanlardan zarar gören yerleşmelerin pek çoğunun çevresindeki orman örtüsünün büyük ölçüde tahrip edildiğini görülmektedir (Demirci, 2001a ve b; Özdemir, 2005). Yol yapımı nedeniyle yamaç dengesinin bozulması sonucunda da heyelanlar meydana gelebilmektedir. Başta Sinop-Ayancık- Türkeli sahil

yolu ve Sinop-Samsun karayolu olmak üzere, çalışma alanında bulunan yollar heyelanlar nedeniyle sık sık ulaşımına kapanmaktadır. Sinop- Samsun karayolunun, Ordu, Demirci, Çiftlik köyleri, Hızır Çayı, Çalboğaz, Çam Gölü (Mal Gölü), Cangara ve İncirpınarı'nı geçtiği yerler heyelan sahasıdır. Kıyı kesiminde meydana gelen heyelanlarda denizden malzeme alımının da etkisi vardır. Özellikle kum ocaklarının bulunduğu kesimlerde heyelanlar daha sıklıkla meydana gelmektedir. Sinop şehrinin Gelincik mahallesinde meydana gelen heyelanlarda yamaç dengesinin bozulmasında, buradaki kum ocaklarında, denizden aşırı bir şekilde kum alınmasının etkisi büyüktür. Sinop şehri ve çevresinin kum ihtiyacı, özellikle altmışlı yılların ikinci yarısından sonra deniz kumundan karşılanmaya başlanmıştır (Demirci, 2001b; Özdemir, 2005). Deniz yolu kullanılarak sandal, mavna ve kum motorları ile Gelincik mahallesi sahillerinden başlayarak, kumsalı takiben güneye doğru (Gerze yönünde) kum ve çakıl alımı devam etmiştir. Sahildeki kum ve çakılın bitmesiyle, son yıllarda kum alımı bu kez deniz içine kayarak, daldırma kepçeleri olan kum kosterleriyle kıyıdan derinlere doğru kum alınmaya başlanmıştır. Bu durum, Sinop Valiliği'nin önleme tedbirlerine rağmen, halen kaçak olarak devam etmektedir. Bu durum kıyılardaki falez oluşumunun hızlanmasına neden olmaktadır. Bölgede etkili olan kuzey sektörlü rüzgârların meydana getirdiği yüksek enerjili dalgalar, önceleri sığ denizde kırılarak geniş kumsalda sönmülenirken, kıyıdaki kumsalın ortadan kalkması ile bu kez doğrudan aşınımına karşı dayanıksız genç yaştaki sedimanter birimlerden oluşan yamaçlara çarparak kırılmaya, başlamıştır. Böylece kısa süre içerisinde kıyı boyunca falezler meydana gelmeye başlamış, kıyı çizgisinde gerileme hız kazanmıştır. Kıyıdaki bu aşındırma faaliyetleri aynı zamanda heyelanların da meydana gelmesine neden olmuştur. Kıyıya eğimli yamaçların alt kısımlarındaki oyulmalar, yanal desteğin kaldırılmasına neden olmakta ve bu durum da kütle hareketleri için zemin hazırlamaktadır (Şekil 42).



Şekil 42. Sinop-Gerze sahil kesiminde deniz aşındırması sonucu meydana gelen kütle hareketleri

Araştırma alanında tarla tarımı yapılan az eğimli yamaçlardaki sürüm tekniğinin eğim yönünde olması toprak erozyonu ve yavaş gelişen kütle hareketlerine neden olmaktadır. Eğim yönündeki sürümler, arazi üzerinde yağışlarla gelen sular için kanallar hazırlamaktadır. Toprağın havalanmasına neden olan sürüm, aynı zamanda toprağın erozyona ve toprak akımlarına karşı direncini azaltmaktadır (Demirci, 2001a; Özdemir, 2005).

Dağların ve platoların denizle birleştiği kesimlerde görülen dik kıyıların yükseklikleri Sinop'tan batıya ve güneye doğru artmaktadır. Deniz (dalga) erozyonuna fazla uğramış olan kıyılarda falezler oluşmuştur. Genellikle falezlerin önlerinde izlenen kıyı aşınım sahalıkları güncel deniz düzeyinin 30-60 cm altındadır. Yine Sinop yarımadası kuzey kıyılarında Pleyistosen'e ilişkin eski kıyı aşınım sahanlıkları ise deniz düzeyinden 20-30 m yüksektedir. Ayrıca Sinop dış liman ile Gerze kuzeyindeki Pleyistosen yaşlı kıyı kordonu ve plaj çökellerinden oluşan denizel sekiler de sahanın geçmişi bakımından önemli morfolojik birimlerdir. Dik kıyıları ve eski falezler önündeki çakıllı plajlara karşın Akliman'da oldukça geniş (~100 m) kumlu plajlar oluşmuştur (Şekil 43).



Şekil 43. Sinop-Gerze sahil kesiminde deniz kıyısında meydana gelen kütle hareketleri

Dalga etkinliğinin fazla olduğu dik kıyılarda da heyelanlar gözlenmektedir (Erinç ve İnandık, 1955; Karabıyıkoglu, 1984; Aktimur, 1993). Kıyıların hakim morfolojik ünitesi olan falezler, kıyı boyunca kısa mesafelerde değişen yapı ve litolojik şartlara bağlı olarak belirgin şekil değişimleri göstermektedir (Şekil 44). Dalga aşınmasının ürünü olan falezler bazı yerlerde ölü falez özelliğindedir. Bu durumun meydana gelmesinde akarsuların taşıdıkları malzemeleri falezlerin önüne bir set oluşturarak dalga aşınmasını ortadan kaldırması etkili olmuştur. Sarımsak Çayının kıyıya getirdiği taneli malzemeler ve özellikle kumlar, kuzeybatıdan esen hakim rüzgarların kontrolünde dalgalar tarafından kıyı boyunca güneydoğuya doğru taşınarak falezlerin önüne yaklaşık 2,5 km'lik bir kumsal boyunca yığılmıştır. Böylece denizin falezlerle ilişkisi kopmuş ve bugün söz konusu falezler, ölü falez konumuna gelmiştir (Uzun, 1995).



Şekil 44. Gerze İlçesi, Değirmenler mevkiinde heyelan nedeniyle boşaltılan Deniz Feneri Restoran'da meydana gelen hasar ve deniz kıyısından görünümü

Sinop ve çevresinde, kaya türü özellikleri ve yamaç eğimlerine bağlı olarak erozyon ve heyelan gibi yoğun kütle hareketleri izlenmektedir. Dik kıyılarda, özellikle Sinop yarımadasında ve derin yarılmış vadilerin üst kesimlerindeki tabaka başlarında (kornişlerde) kaya düşmeleri olmaktadır. İnceleme alanında heyelanlar, kütle hareketlerinin en önemlisidir (Şekil 45).

Bununla birlikte araştırma alanının kıyılarını büyük kesiminde falez oluşumu aktif bir şekilde devam etmektedir. Bu oluşumda litolojinin etkisi büyüktür. Kıyı kesiminde yaygın olarak görülen, değişik dönemlerde oluşmuş fliş formasyonu, dalgalarla kolaylıkla aşınmaktadır. Bunun sonucunda yükseklikleri yaklaşık olarak 10 ile 250 m arasında değişen güncel falezler oluşmuştur (Özdemir, 2002). Falezlerin çok hızlı bir şekilde gerilemesinde, yapıyı teşkil eden kayaların aşınmaya karşı dayanıklı olmayışları yanında, flişlerin heyelan teşekkülüne uygun bir ortam doğurmuş olmasının da rolü vardır. Özellikle Eosen flişlerini oluşturan tabakalar içerisinde kil ve marnların geniş yer tutması, bölgenin yağışlı oluşu, bitki örtüsünün varlığına rağmen hemen bütün kıyı bölgesinde heyelanların

etkili olmasına neden olmuştur. Heyelanlarla kıyıya doğru sürüklenen malzemenin dalgalar tarafından taşınması kolay olduğundan falez gerilemesi hız kazanmaktadır (Akkan, 1975).



Şekil 45. Gerze ilçesi sahil yolu yapım çalışmaları sırasında meydana gelen hasara ait görüntüler

3.6. Heyelan Duyarlılık Analizi

3.6.1. Heyelan Duyarlılık Haritalarında Literatür Araştırmalarıyla Parametre Seçimi

Çalışmanın bu bölümünde heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasında parametre seçimindeki belirsizlikler, literatür araştırmalarıyla incelenerek çözüm bulunmaya çalışılmıştır. Heyelan duyarlılık çalışmasının temelini ayrıntılı literatür araştırmaları

olşturmaktadır. Parametre, yöntem ve çalışma alanı seçiminden sonra şartlara en uygun harita yapımı tercih edilmektedir. Her çalışma alanı aynı veri sistemine sahip olmadığından üretilecek haritanın niteliğinde de kısıtlamaya gidilmektedir. Bu nedenle harita üretiminden önce ayrıntılı detay çalışma temel aşamayı oluşturmaktadır. Çalışmanın bu bölümünde heyelan duyarlılık, tehlike ve risk haritalarının literatürdeki yeri incelenmiştir. Bu çalışmaların en önemli kısıtlaması, parametrelerin ve kullanılan yöntemlerin kullanıcı tarafından seçilmesidir. Bu nedenle çalışmanın arka planında yoğun bir literatür araştırmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Türkiye de konu ile ilgili ilk yaklaşım Gökçeoğlu ve Ercanoğlu (2001) tarafından yapılmıştır. “Heyelan Duyarlılık Haritalarının Hazırlanmasında Kullanılan Parametrelere İlişkin Belirsizlikleri” adlı çalışmalarında incelemişlerdir. Çalışmada Dünya literatüründe 1990-2000 yılları arasında yer alan 21 çalışmayı (zemin) inceleyerek genellemeye gitmişlerdir. Bu araştırmayı 2003 yılında hazırladığı tezinde genişleten Ercanoğlu, 1986-2003 yılları arasında yer alan 70 çalışmayı değerlendirmiştir. Akgün (2007), 1990-2006 yılları arası 40 çalışma ve Dağ (2007), 1990-2007 yılları arasında yapılan 97 çalışmayı doktora çalışmalarında değerlendirmiştir. Nefeslioğlu (2008) hazırlamış olduğu doktora tezinde 1990-2008 yılında yapılan 94 çalışmayı değerlendirmiştir.

Hasekioğulları (2010), heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasında parametrelerin etki değerini araştırdığı yüksek lisans tezi için 2000-2009 yılları arasındaki 114 çalışmayı incelemiştir. Bu çalışmalarda incelenen çoğu makale araştırmalarda tercih edilmektedir. Doktora çalışması kapsamında bu araştırmacıların yaptıkları değerlendirmeler incelenerek birleştirilmiş ve güncellenmiştir. Değerlendirmeler sonucunda 293 çalışma seçilmiştir. Bu çalışmalardan ise genel değerlendirmelere yapılmıştır. Seçilen çalışmaların yıllara göre dağılımı ise Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12. Çalışmada kullanılan yayınların yıllara göre sayılarının dağılımı

1985-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2012
5	20	27	178

Araştırmacıların son 10 yılda yapılan çalışmalara daha çok önem verdiği görülmektedir. Ulaşılabilen yayınların yıllara göre sayıları ise Tablo 13’de verilmiştir.

Tablo 13. Ulaşılabilen yayınların yıllara göre sayılarının dağılımı

1985-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2013
2	16	50	141	458	<358

Tablo 13’de son yıllarda heyelan duyarlılık, tehlike ve risk haritalarının daha fazla tercih edildiği görülmektedir. Bunun en önemli nedeni bu haritaların uygulanmasında kullanılan bilgisayar programlarının daha yaygın olarak kullanılmaya başlanmış olması ve daha detaylı veriye ulaşım kolaylığının olmasıdır. 28 yıllık süreci içerisinde hangi verilerin eksik olduğu ve bu sorunların nasıl aşılabileceği değerlendirilmiştir. Detaylı çalışmanın ilk aşaması ön araştırma ve makale seçiminden sonra ne tür alanlarda hangi parametrelerin tercih edildiğidir. Araştırmaların büyük bölümü hazırlayıcı faktörleri kullanmakla beraber çok az da olsa depremselliğin ön planda olduğu yerleşmelerde sismik faktörü kullanılmaktadır. Yağış faktörü ise veri yetersizliğinden tercih edilememektedir.

Tez çalışması kapsamında sadece Sinop merkezde 1 adet veri istasyonu olmasından dolayı bu faktör tercih edilememiştir. Yağış verisinin kullanılabilmesi için en az 10 yıllık veri kaydının ve sık gözlem istasyonuna sahip olması gerekmektedir.

Literatürde araştırmacılar, hazırlayıcı faktörlerden Jeolojiyi 24 farklı şekilde incelemişlerdir (Tablo 14, Şekil 46). 293 çalışmadan 231’in de litoloji parametresi tercih edilmiştir. Bu da parametrenin kullanımının araştırmacılar arasında kabul gördüğünü göstermektedir. Litolojiden sonra en çok tercih edilen parametre ise zeminin ayrışması, bozulması ve özelliklerinin kullanılmasını içeren parametrelerdir. Bu veriler ile çalışmalarda en çok alanı oluşturan malzeme ve özelliğinin kullanıldığı belirlenmiştir.

Tablo 14. Hazırlayıcı faktörlerden, jeolojinin literatürde kullanım şekilleri ve sayıları

J1	Litoloji	231
	Toprak Kaya Dokanağı	5
J2	Zemin Yapısı/Tipi/Dokusu/Sınıfı	17
	Bozunma Derecesi/Durumu	11
	Erozyon Durumu	3
	Malzeme Özelliği	19
	Toprak Kalınlığı	10
	Bozunma Zonu Derinliği/Ayrışma Derinliği	5
	Kaya Tipi	2

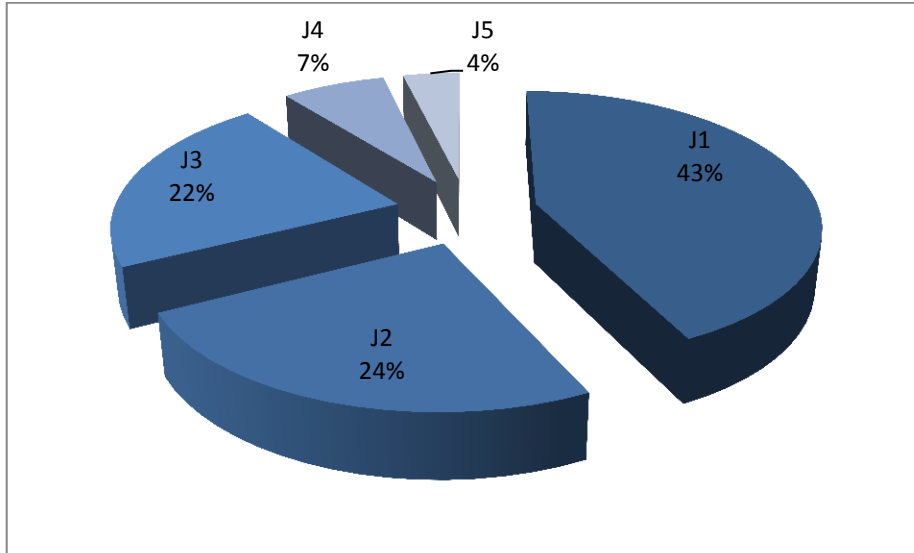
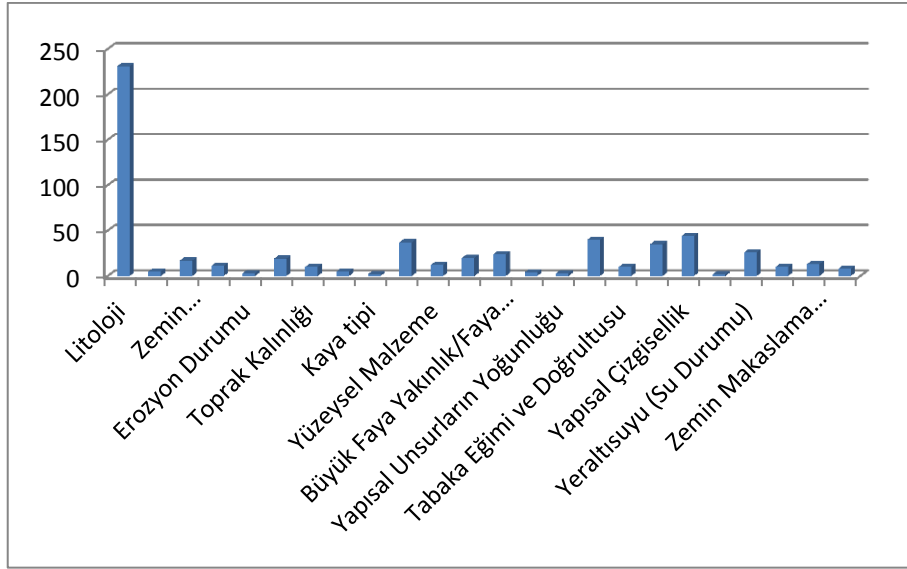
Tablo 14'ün devamı

J2	Zemin Kalınlığı	37
	Yüzeysel Malzeme	12
	Zemin Türü/Derinliği/Toprak	20
J3	Büyük Faya Yakınlık/Faya Yakınlık/Çizgisellik	24
	Süreksizlik Yoğunluğu	4
	Yapısal Unsurların Yoğunluğu	3
	Yapısal Unsurlara/Süreksizliklere Uzaklık	40
	Tabaka Eğimi Ve Doğrultusu	10
	Yapısal Elemanların Yamaçla İlişkisi	35
	Yapısal Çizgisellik	44
J4	Su Durumu	2
	Yeraltısuyu	26
	Hidrojen Özellikleri	10
J5	Jeomekanik Özellikleri	13
	Statik Güvenlik Katsayısı	8

Çalışmalarda farklı başlıklar altında fakat benzer amaçla kullanılan parametreler tekrar değerlendirmeye alınarak, Tablo 15 oluşturulmuştur.

Tablo 15. Jeoloji faktörlerinin ana başlıklarla dağılımları

J1	Litoloji	236
J2	Zemin Özelliği/Ayrışma	136
J3	Yapısal Çizgisellik	120
J4	Yeraltısuyu (Su Durumu)	38
J5	Jeoteknik Özellik	21



Şekil 46. Jeoloji parametrelerin çalışmalarda kullanım sayıları ve yüzde dağılımları

Yapılan değerlendirmeye göre %43 ile litoloji en çok tercih edilen parametre olurken bunun %24 ile zemin özelliği/ayrışma ve %22 ile yapısal özellikler takip etmektedir. Jeoteknik parametreler ve yeraltısuyu durumu ise kesin sonuçlar vermesine rağmen zaman ve maliyet açısından tercih edilmemektedir.

Hazırlayıcı Faktörlerden topoğrafik faktörler 27 farklı başlıkla incelenmiş olup dağılımları Tablo 16'da ki gibidir. Topoğrafik faktörler arasında en çok tercih edilen ise yamaç eğimi parametresidir. Bu parametrede 293 çalışmanın 283 tanesinde kullanılmıştır. Yine araştırmacılar arasında görüşbirliği olan parametrelerdendir.

Tablo 16. Hazırlayıcı faktörlerden, topoğrafik faktörlerin literatürde kullanım şekilleri ve sayıları

T1	Yükseklik	76
	Rölyef	21
	Göreceli Yükseklik	11
	Topoğrafik Yükseklik	48
	Sırtlara Uzaklık	12
	En Yakın Tepeye Uzaklık	1
	Topoğrafik Engbelilik	8
T2	Yamaç Eğimi	281
T3	Yamaç Yönelimi/Bakı/Yamaç Eğim Yönü	175
T4	Yamaç Eğriselliği	92
	Yamaç Plan Eğriliği	15
	Yamaç Profil Eğriliği	12
	Yamaç Diferansiyel Eğriliği	1
	Yamaç Şekli	19
T5	Jeomorfolojik Birimler/Özellikler	30
T6	Topoğrafik Nemlilik Endeksi (TWI)	46
T7	Akarsu Aşındırma Gücü Endeksi (SPI)	34
T8	Sediman Taşıma Kapasite Endeksi (LSI)	15
T9	Havza Özellikleri	7
	Drenaja-Göllere uzaklık/Yakınlık	58
	Drenaj Yoğunluğu	17
	Akarsu Ağı/Drenaj Ağı	71
T10	Yamaç Durum İndeksi	1
	Yüzey Pürüzlülük İndeksi	1
	Yamaç Uzunluğu (LS)	5
	Güneşe Maruz Kalma	3
	Yüzey Süreçleri	2

Jeolojik faktörlerde yapıldığı gibi topoğrafik faktörlerde temel başlıklar altında toplanarak Tablo 17 oluşturulmuştur. Örneğin yükseklik, topoğrafik yükseklik, göreceli yükseklik yükseklik başlığı altında toplanırken, yamaç diferansiyel eğriliği, yamaç profil eğriliği, yamaç plan eğriliği ve yamaç şekli tek başlık altında toplanmıştır. Az tercih edilen parametreler ise bir başlık altında değerlendirilmiştir.

Tablo 17. Topoğrafik faktörlerinin ana başlıklarla dağılımları

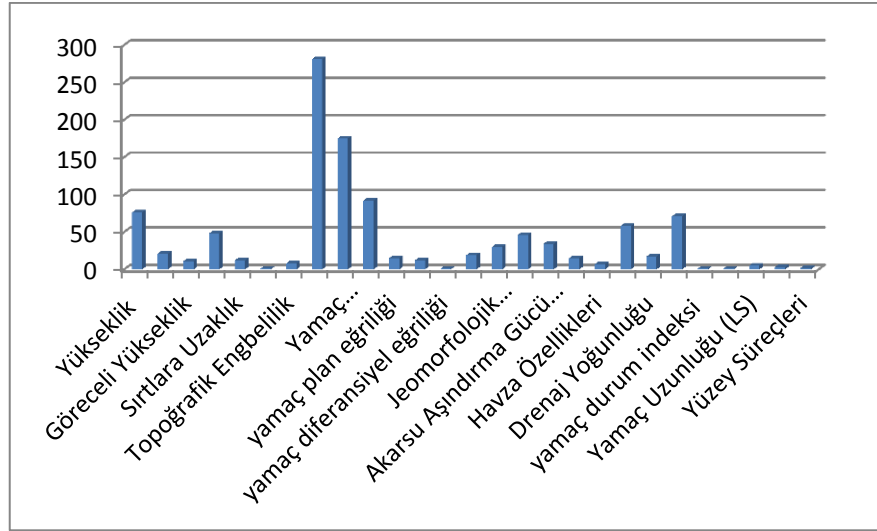
T1	Yükseklik	169
T2	Yamaç Eğimi	281
T3	Yamaç Yönelimi/Bakı	175
T4	Yamaç Eğriselliği	147
T5	Jeomorfolojik Birimler/Özellikler	30
T6	Topoğrafik Nemlilik Endeksi (TWI)	46
T7	Akarsu Aşındırma Gücü Endeksi (SPI)	34
T8	Sediman Taşıma Kapasite Endeksi (LSI)	15
T9	Akarsu Ağı/Drenaj Ağı	153
T10	Diğer	12

Topoğrafik faktörler için yapılan yeni değerlendirmede en çok kullanılan parametrenin yine yamaç eğimi olduğu, bunu yamaç yönelimi ve akarsu faktörlerinin izlediği görülmektedir (Şekil 47). En çok kullanılan parametrelerin yüzde dağılımı ise yamaç eğimi %27, yamaç yönelimi %17, yükseklik %16, yamaç eğriselliği ve akarsuya yakınlık %14 şeklindedir.

Hazırlayıcı faktörlerden sonuncusu çevresel etkiler de 8 başlıkta incelendiği görülmektedir (Tablo 18).

Tablo 18. Hazırlayıcı faktörlerden, çevresel faktörlerin literatürde kullanım şekilleri ve sayıları

Ç1	Arazi Kullanımı	130
	Bitki Örtüsü/Bitkilere İlişkin Özellikler/Arazi Örtüsü/NDVI	109
Ç2	Yollar	16
	Yol Yoğunluğu	3
	Yola Uzaklık/Yakınlık	29
Ç3	Enerji Hatlarına Uzaklık	13
	Yerleşime Uzaklık/Yoğunluk	3
	Tren Yoluna Uzaklık	1



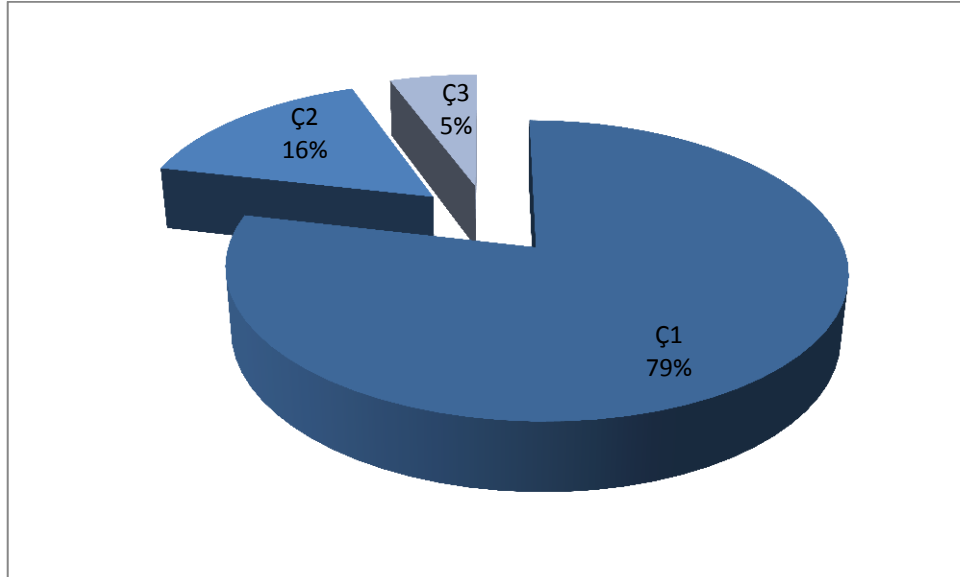
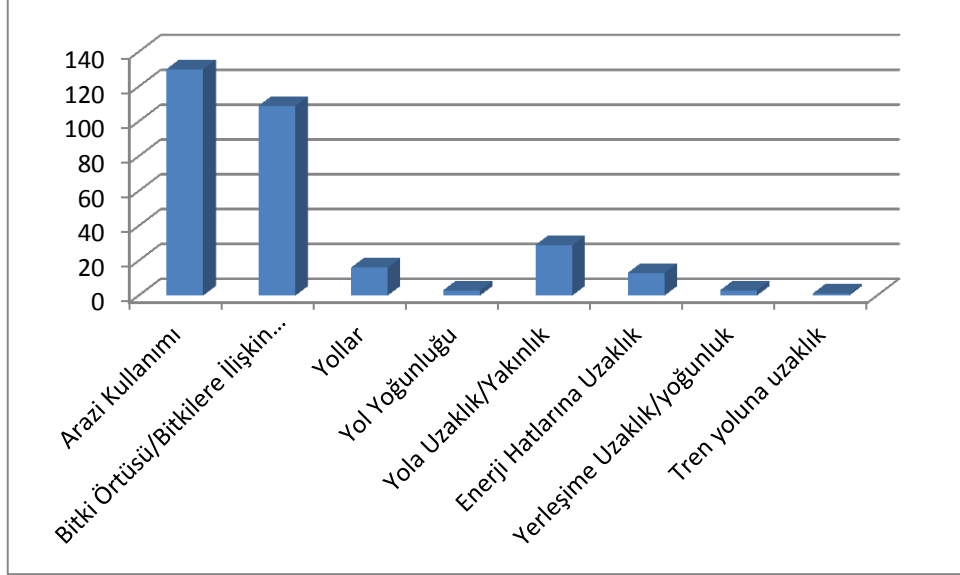
Şekil 47. Topoğrafik faktörlerinin ana başlıklarda dağılımları ve yüzde dağılımları

Bunlar içinde en çok kullanılan ise arazi kullanımı parametresidir. Çevresel faktörlerde benzer parametreler birlikte değerlendirilerek Tablo 19 oluşturulmuştur.

Tablo 19. Çevresel faktörlerinin ana başlıklarla dağılımları

Ç1	Arazi Kullanımı/Bitki Örtüsü	239
Ç2	Yollar	48
Ç3	Diğer	17

Çevresel faktörlerde, arazi kullanımı ve bitki örtüsü parametreleri çakışma olma ihtimali nedeniyle aynı anda kullanılmamaktadır (Şekil 48).



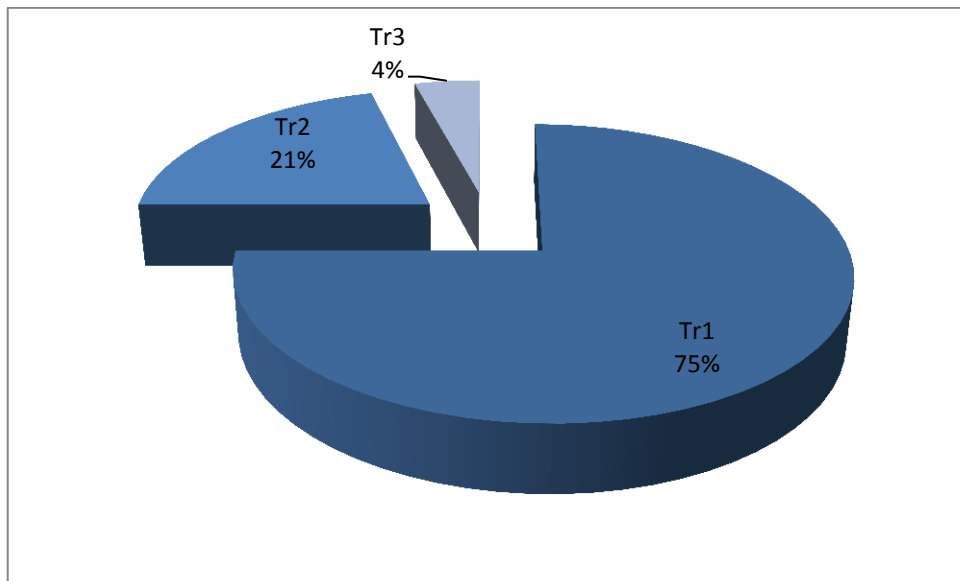
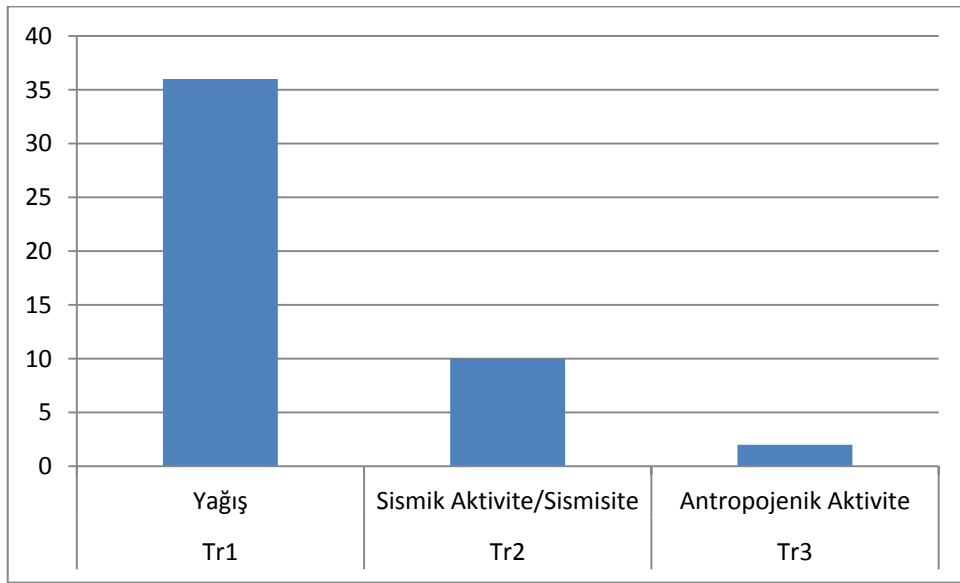
Şekil 48. Çevresel faktörlerin çalışmalara göre dağılımları ve yüzde dağılımları

Tetikleyiciler ise kendi arasında üç sınıfa ayrılmaktadır. Literatürde kullanımı tercih edilmeyen ya da veri sıkıntısı yaşanan faktörlerdir (Tablo 20).

Tablo 20. Tetikleyici faktörlerin çalışmalarda kullanım dağılımları

Tr1	Yağış	36
Tr2	Sismik Aktivite/Sismisite	10
Tr3	Antropojenik Aktivite	2

Tetikleyici faktörlerin dağılımları incelendiğinde ise en çok yağış faktörünün kullanıldığı görülmektedir (Şekil 49). İnsan aktiviteleri ise daha az kullanılmaktadır.

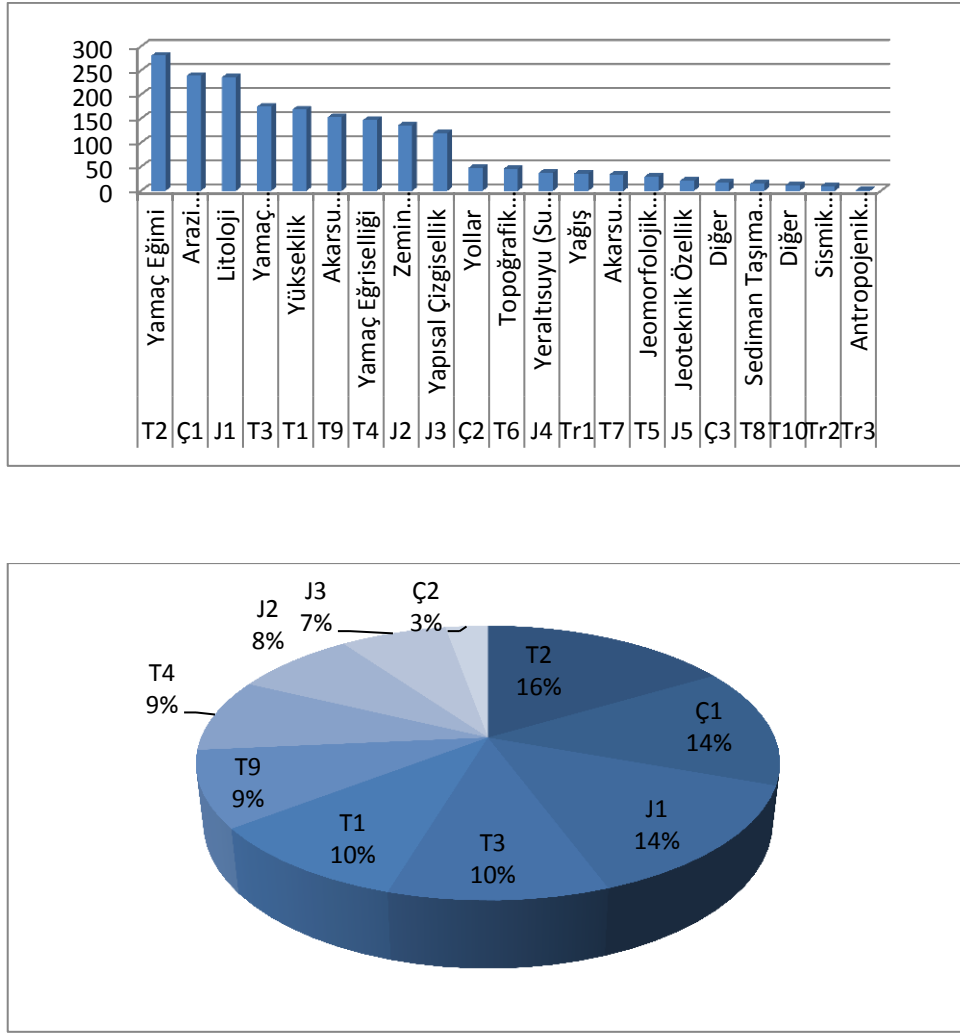


Şekil 49. Tetikleyici Faktörlerin çalışmalara göre yüzde dağılımları

Çalışmalardan elde edilen verilerden, hazırlayıcı faktörlerden Jeolojik, Topoğrafik ve Çevresel faktörler ile Tetikleyici faktörlerden yağış, sismik ve insan etkisinden oluşan, 6 temel başlıkta genel değerlendirme yapıldığında, yamaç eğimi, arazi kullanımı/bitki örtüsü ve litoloji parametrelerinin en çok kullanılan ilk üç parametre olduğu belirlenmiştir (Tablo 21). Belirlenen 21 parametreden ilk 9 sırada yer alan parametreler diğerlerine oranla daha çok tercih edilmiştir (Şekil 50). Yapılan literatür değerlendirmesiyle ilk 10 da belirlenen parametre değerlendirilerek 9 tanesi çalışmada kullanılmıştır. Zemin özelliği ve ayrışmaya yönelik parametre alanda sadece tortul birimlerin değerlendirilmesinden ötürü tercih edilmemiştir. Arazi sınıflaması uydu görüntülerinden kontrollü sınıflama yapılarak üretilmiştir. Çalışma alanı sahil yolu projesinin son kısmını oluşturduğu ve son üç yıldır yapımı devam ettiği için tercih edilmiştir. Sayısal yükseklik modeli kullanılarak, alanın, eğim, bakı ve yükseklik parametre haritaları elde edilmiştir. Son olarak jeoloji haritası kullanılarak, litoloji, akarsu ve tektonizma parametre haritaları üretilmiştir.

Tablo 21. Literatürde en çok kullanılan parametreler

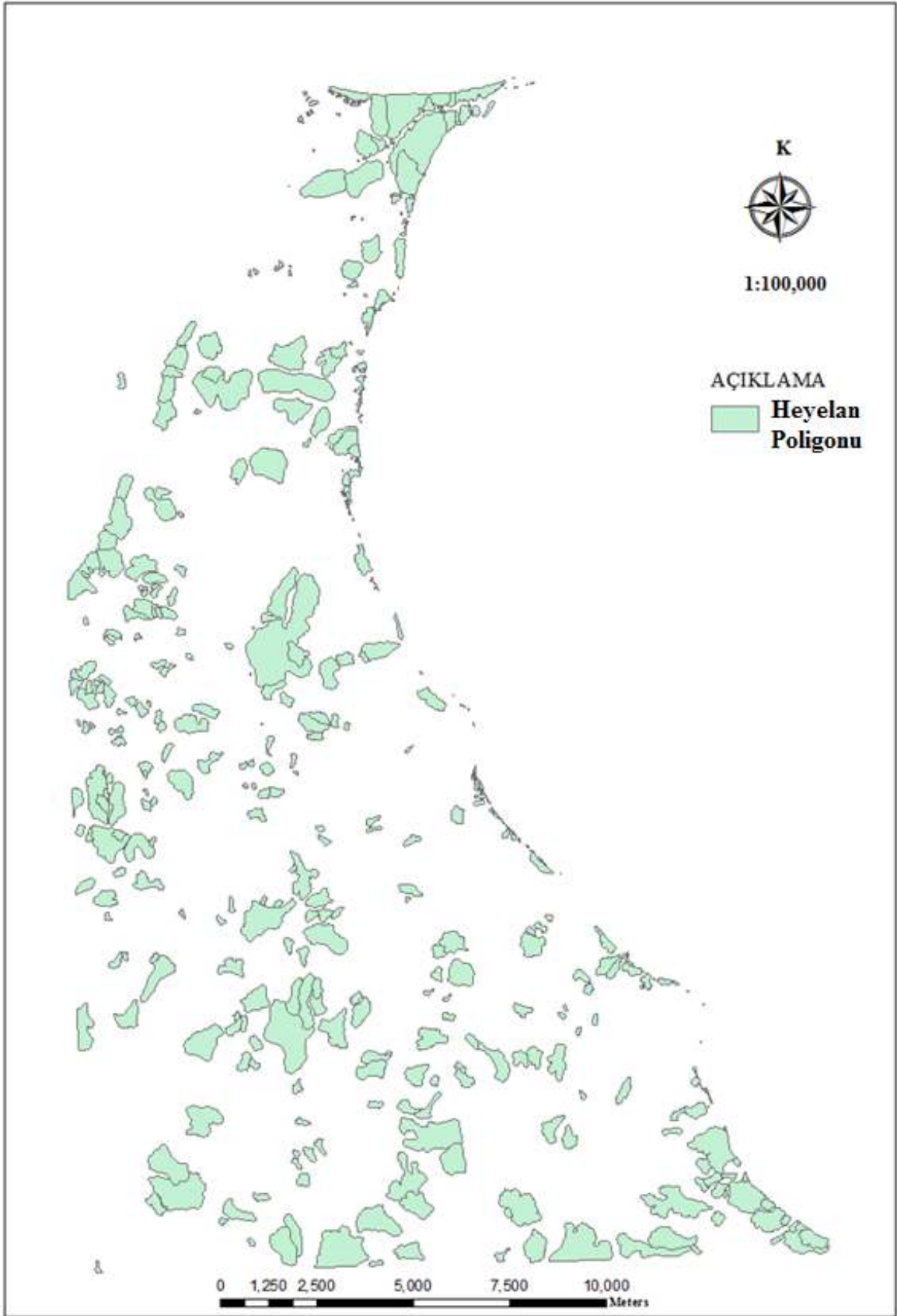
T2	Yamaç Eğimi	281
Ç1	Arazi Kullanımı/Bitki Örtüsü	239
J1	Litoloji	236
T3	Bakı/Yamaç Eğim Yönü	175
T1	Yükseklik	169
T9	Akarsu Ağı/Drenaj Ağı	153
T4	Yamaç Eğriselliği	147
J2	Zemin Özelliği/Ayrışma	136
J3	Yapısal Çizgisellik	120
Ç2	Yollar	48
T6	Topoğrafik Nemlilik Endeksi (TWI)	46
J4	Yeraltısuyu (Su Durumu)	38
Tr1	Yağış	36
T7	Akarsu Aşındırma Gücü Endeksi (SPI)	34
T5	Jeomorfolojik Birimler/Özellikler	30
J5	Jeoteknik Özellik	21
Ç3	Diğer	17
T8	Sediman Taşıma Kapasite Endeksi (LSI)	15
T10	Diğer	12
Tr2	Sismik Aktivite/Sismisite	10
Tr3	Antropojenik Aktivite	2



Şekil 50. En çok kullanılan 10 parametrenin dağılımı

3.6.2. Heyelan Envanteri

Sinop ili ve çevresinde özellikle 2010 yılından günümüze kadar değişik boyutlarda heyelanlar meydana gelmektedir. Bunun en önemli nedeni ise sahil yolu yapımı sırasında uygulanan yöntemler ve aşırı yük gösterilebilir. Heyelanların ise daha çok sahil kesiminde meydana geldiği belirlenmiştir. Çalışma kapsamında üretilen heyelan envanter haritası, MTA'nın 2007 yılında hazırlamış olduğu heyelan envanter haritası ile birleştirilmiştir. Farklı yıllara ait hava fotoğrafı ve uydu görüntüleri de incelenerek, envanter haritası tamamlanmıştır (Şekil 51). Çalışma alanında 830 adet heyelan tespit edilerek, ArcInfo 10.0 programıyla sayısallaştırılmış ve heyelanların pixel değerleri elde edilmiştir.



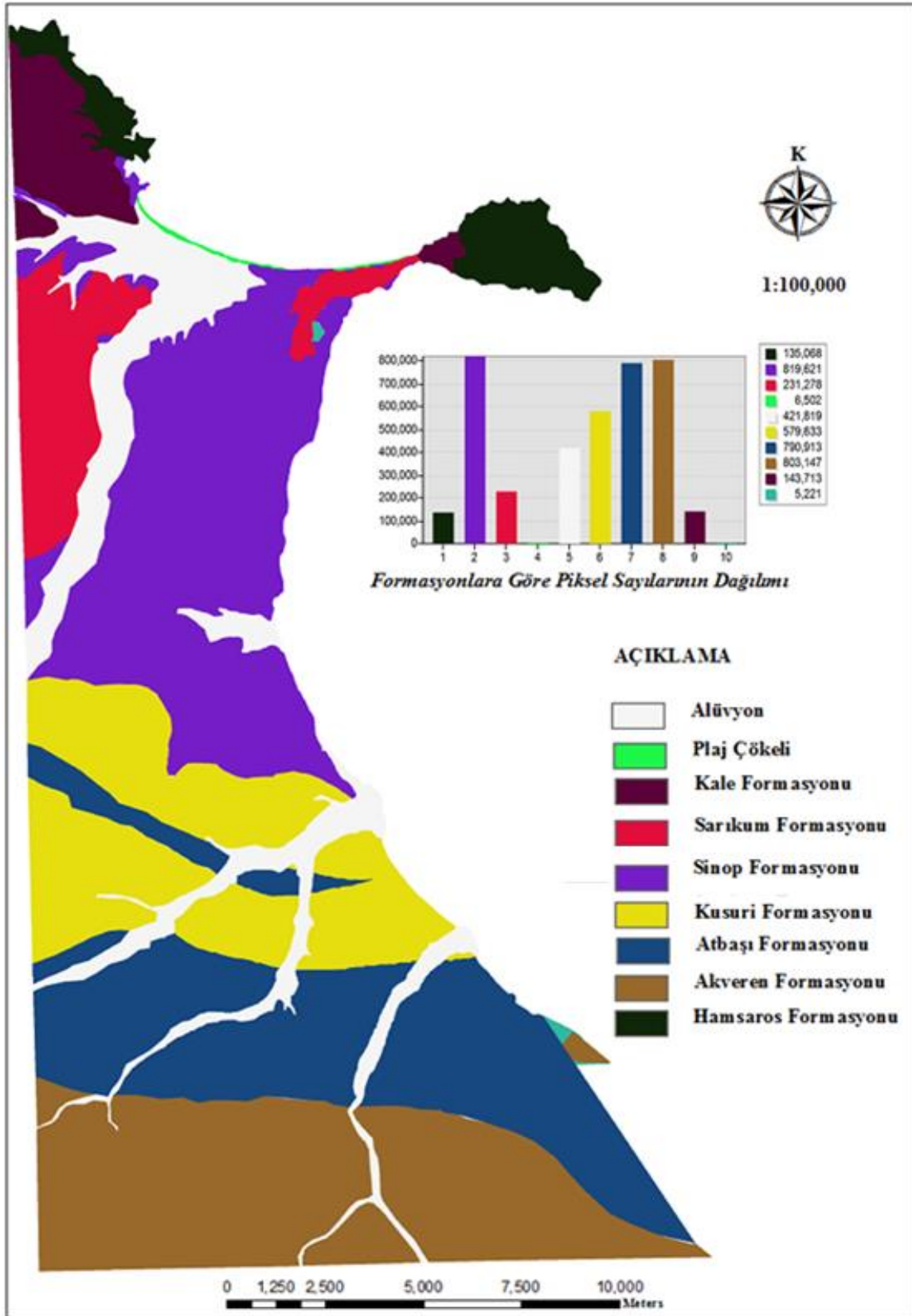
Şekil 51. Sinop ve çevresinin heyelan envanter haritası

3.6.3. Jeoloji

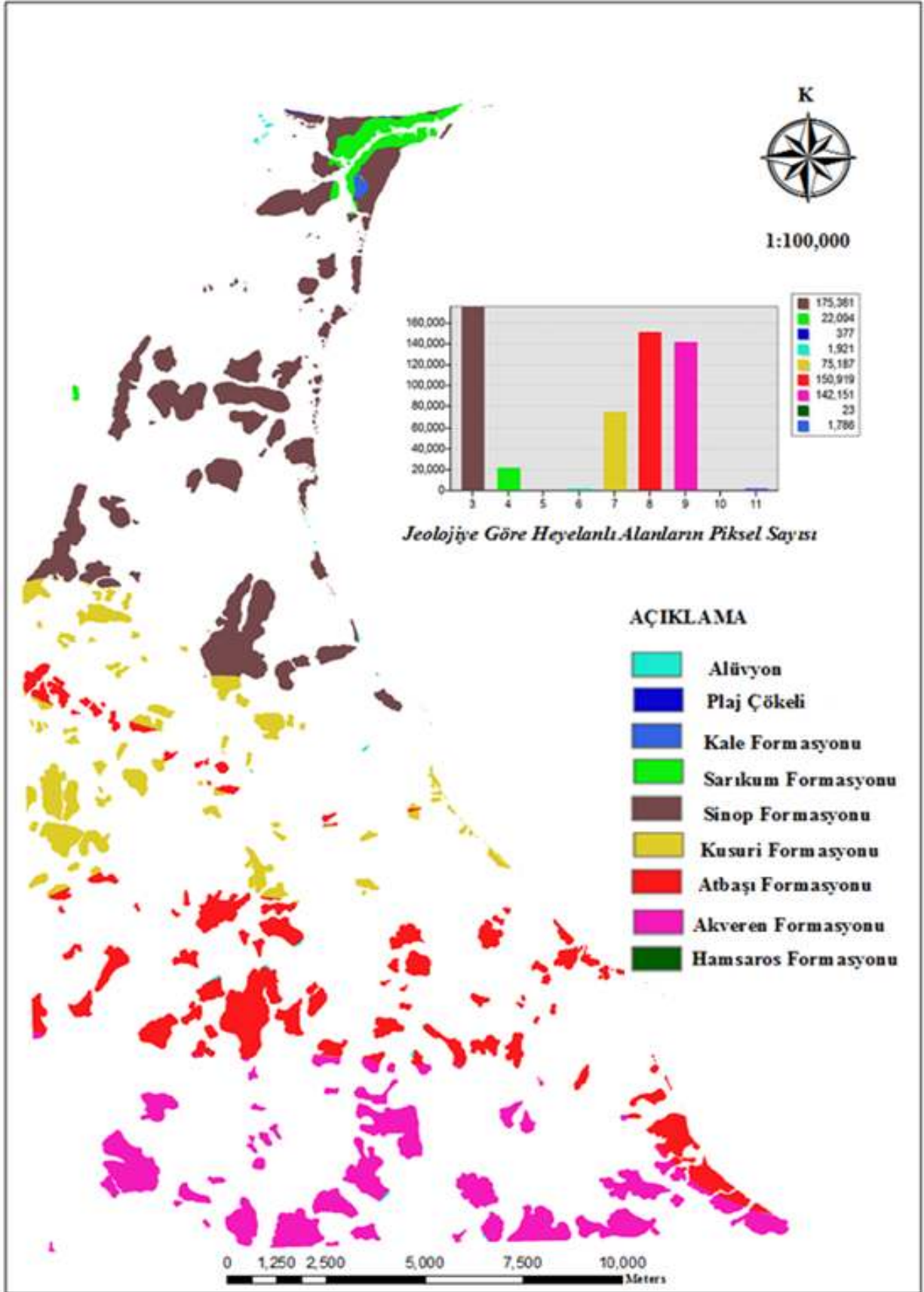
Litolojik özellikler değerlendirilirken, ya doğrudan saha gözlemleri dikkate alınarak kişiye özgü, nitel değerlendirmeler yapılmakta ya da yamacı oluşturan malzemenin jeoteknik özellikleri belirlenerek nicel değerlendirmeler yapılmaktadır. Nicel değerlendirmelerin farklı bir türü de istatistiksel olarak çalışma alanındaki heyelanların hangi litolojik birimler içerisinde dağılım gösterdiğini belirlemektir (Dağ, 2007). Jeoloji ile heyelanlar arasındaki ilişkiyi incelemek için jeoloji haritası hazırlanarak her bir formasyonun alansal dağılımı (Şekil 52) ve jeoloji haritası ile heyelan envanter haritası karşılaştırılarak da heyelanların formasyonlarda ki dağılımlar belirlenmiştir (Şekil 53). Tablo 22’de heyelan yoğunluklarının yüzdesi hesaplanırken önce parametre sınıfı içerisindeki heyelanlı pikseller aynı parametre sınıfındaki piksel sayısına bölünmüştür. Bu şekilde her bir sınıf için B/A değeri elde edilmiştir. Bu değerler toplanarak, toplam B/A değeri bulunmuştur. Son olarak her bir sınıf için hesaplanan B/A değeri, toplam B/A değerine bölünerek 100 ile çarpılmış ve heyelan yoğunluğu (%) değeri elde edilmiştir (Ayalew ve Yamagishi, 2005; Dağ, 2007). Benzer işlemler duyarlılık haritasının üretilmesinde kullanılacak olan tüm parametreler için gerçekleştirilmiştir. Histogramlar incelendiğinde çalışma alanı içerisinde en çok alana Sinop, Atbaşı ve Akveren Formasyonları sahiptir.

Tablo 22. Formasyon sınırları ve heyelanlar arasındaki ilişkiler

Formasyon	Piksel Sayısı (A)	Alan (km ²)	% A	Heyelanlı Piksel (B)	Heyelanlı Alan (km ²)	% B	B/A	Heyelan Yoğunluğu (%)
Sinop	819842	66	21.960	174297	14.006	30.829	1.404	24.571
Sarıkm	231278	19	6.195	22094	1.775	3.908	0.631	11.041
Plaj Ç.	6502	1	0.174	377	0.030	0.067	0.383	6.701
Alüvyon	421819	34	11.299	1921	0.154	0.340	0.030	0.526
Kusuri	579633	47	15.526	75187	6.042	13.299	0.857	14.992
Atbaşı	790913	64	21.185	149919	12.047	26.517	1.252	21.907
Akveren	808147	65	21.647	141551	11.017	25.037	1.157	20.243
Hamsaros	135068	11	3.618	0	0.000	0.000	0.000	0.000
Kale	143713	12	3.849	23	0.002	0.004	0.001	0.018
Toplam	3733330	300	100.000	565369	45.431	100.00	5.714	100.000



Şekil 52. Sinop ve çevresinin jeoloji haritası (Uğuz ve Sevin, 2008).



Şekil 53. Sinop ve çevresinin Jeoloji ve heyelan envanter haritası

Çalışma alanın % 21.960'si Sinop Formasyonu, % 21.647 Akveren Formasyonu ve 21.185'i Atbaşı Formasyonundan oluşmaktadır. Bunları %15.526 ile Kusuri Formasyonu takip etmektedir.

Sinop Formasyonu %30 ile en fazla heyelanlı alana sahip sınıf özelliğindedir. Heyelan yoğunlukları dikkate alındığında toplam alan içindeki dağılımları diğer birimlere oranla daha fazladır.

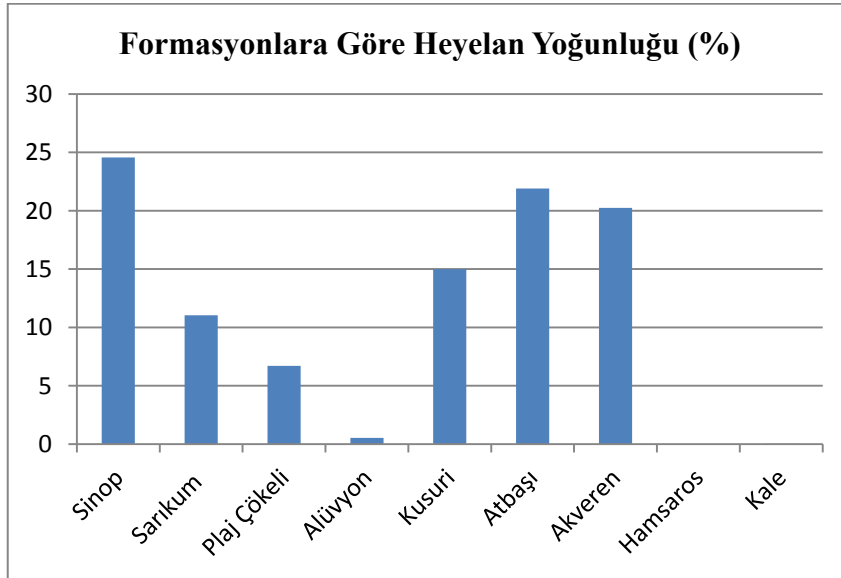
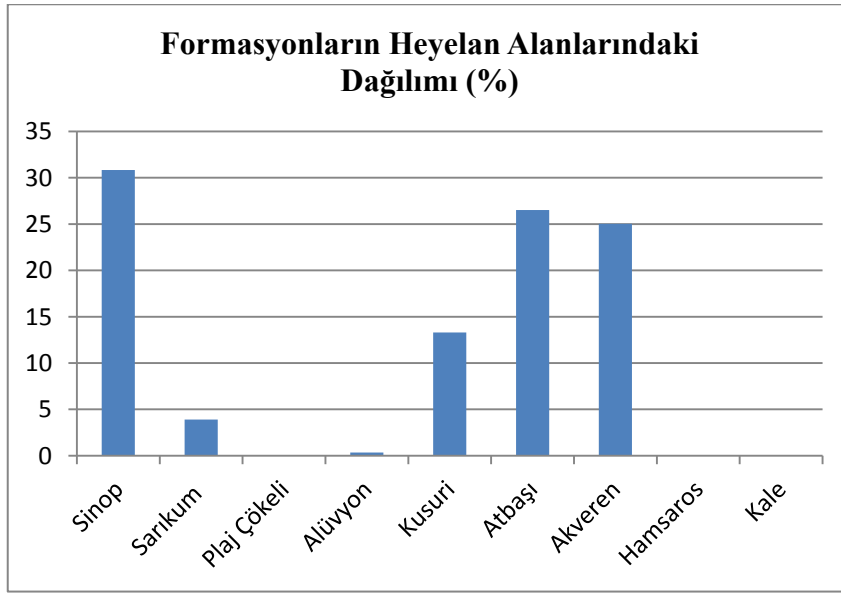
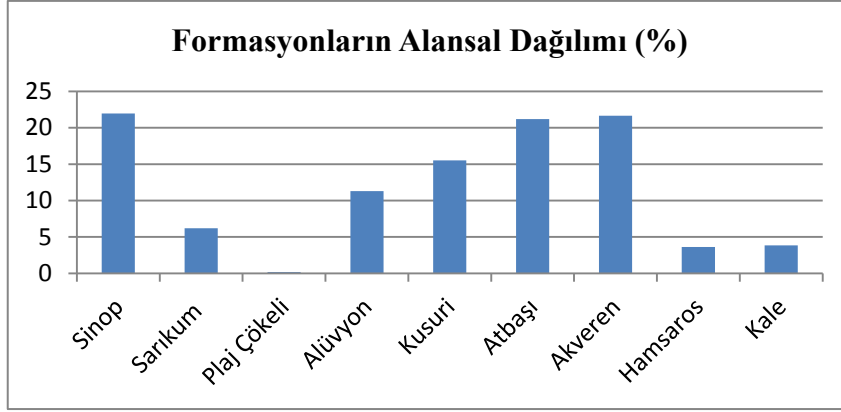
Mevcut alansal dağılım içerisindeki heyelanlı alanları da fazla olduğu için Sinop Formasyonu en yüksek heyelan yoğunluğu (%)’de değerine sahiptir. Bu sınıfın heyelan yoğunluğu fazladır. Bu yüksek değer aynı zamanda birimin heyelana olan hassasiyetinin de bir göstergesidir. Bu durum parametre sınıflarının ağırlık değerlerinin belirlenmesinde de açıkça görülmüştür.

Tablo 22’den elde edilen veriler ile histogramlar hazırlanarak, formasyonların alansal dağılımları, heyelan alanlarındaki dağılımları ve heyelan yoğunlukları arasındaki ilişki incelenmiştir (Şekil 54). Histogramlardan çalışma alanında en fazla alanı sırayla, Sinop, Akveren ve Atbaşı Formasyonlarının oluşturduğu yine heyelanların da aynı dağılıma sahip olduğu görülmektedir. Son olarak heyelan yoğunluk değerlerine bakıldığında diğer sonuçlarla uyumlu olduğu belirlenmiştir.

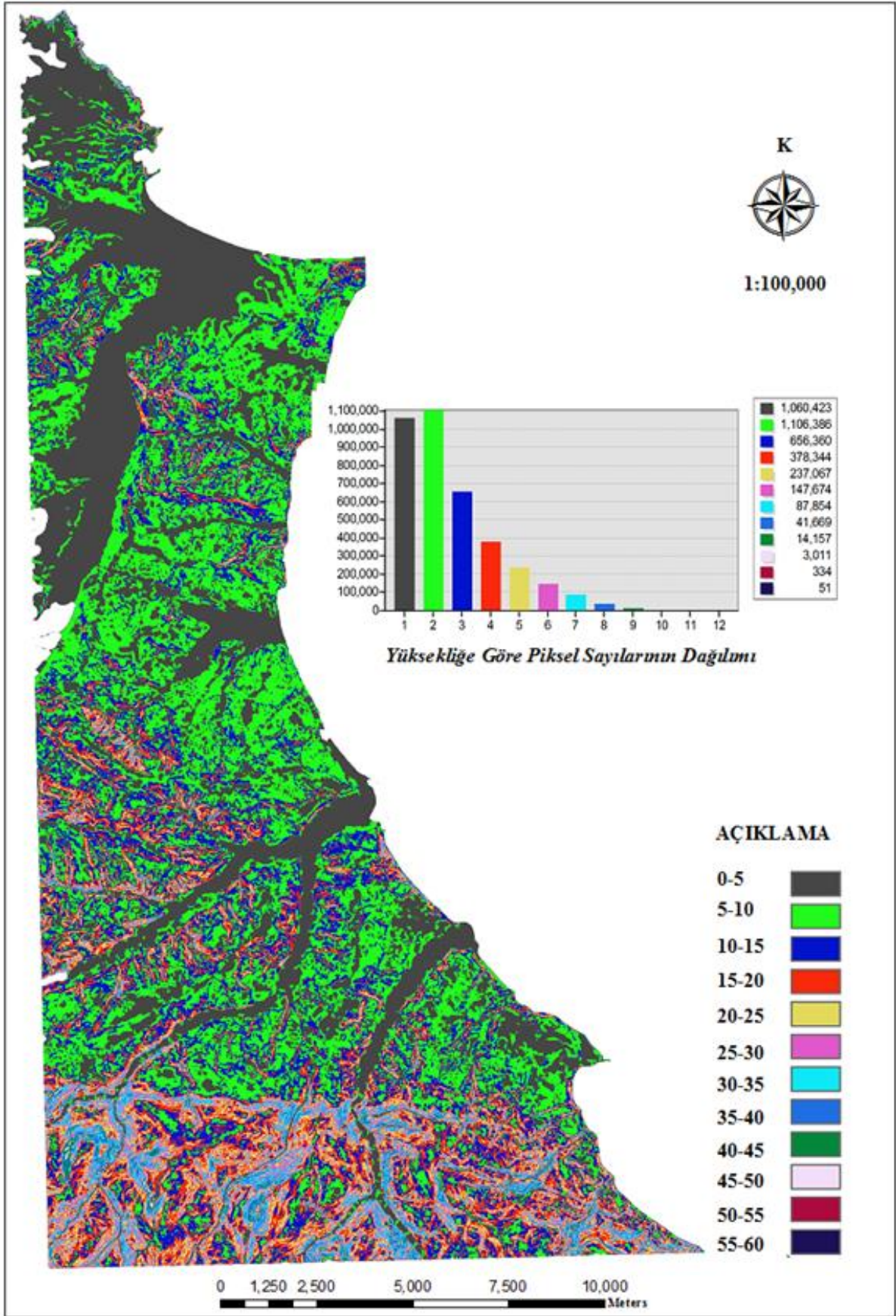
3.6.4. Yamaç Eğimi

Yamaç eğimi ile heyelanlar arasındaki ilişkiyi incelemek için çalışma alanına ait sayısal yükseklik modelinden eğim haritası üretilmiştir (Şekil 55).

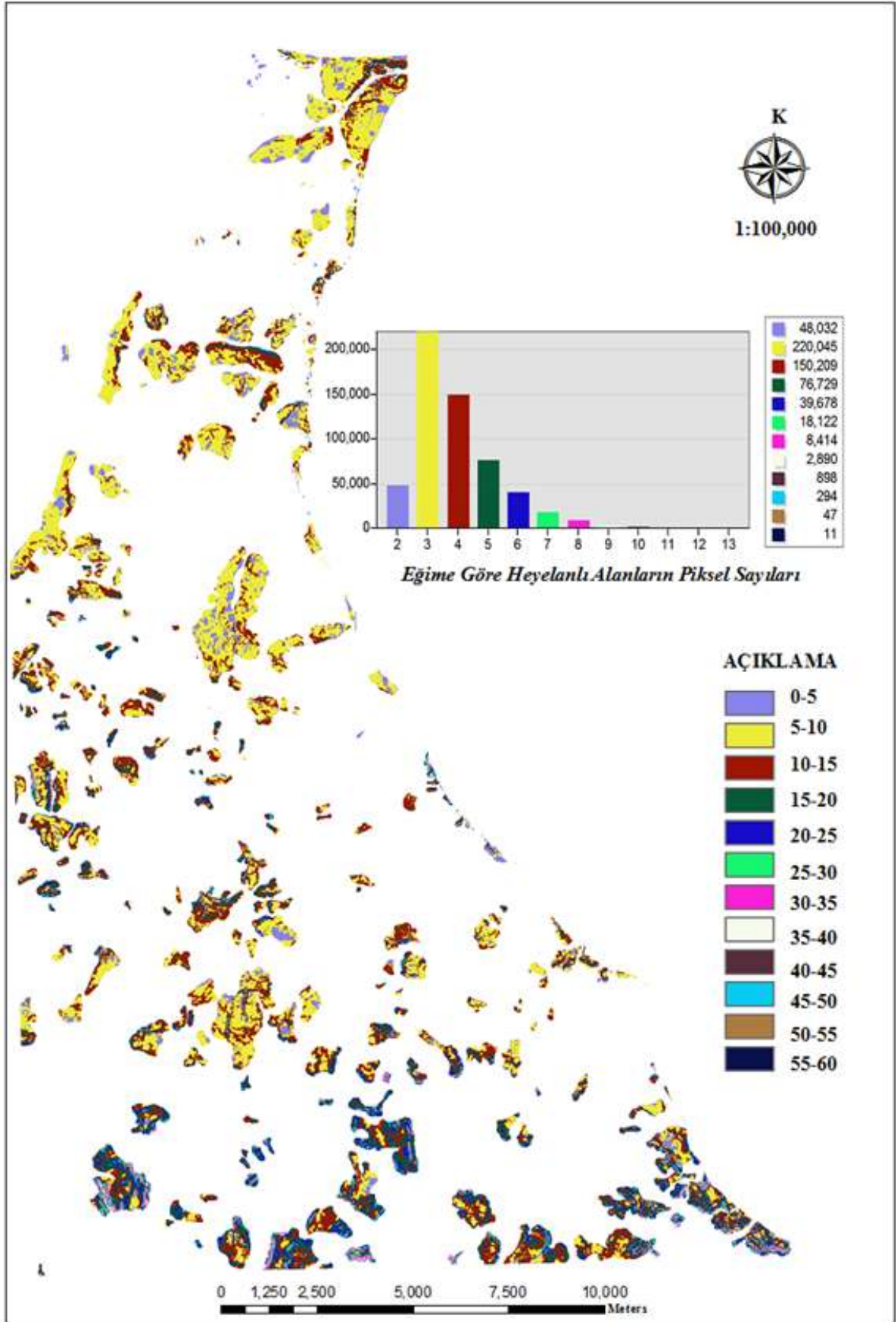
Eğim haritası 5⁰ eğim aralığı seçilerek 12 sınıfa ayrılmıştır. Çalışma alanında tespit edilen heyelanlar eğim haritası ile karşılaştırılarak eğim değerleri ile heyelanlar arasındaki ilişki belirlenmiştir (Şekil 56). Çalışma alanındaki eğim sınıfları ve heyelanların toplam alan içindeki dağılımları (%) ve heyelan yoğunlukları (%) hesaplanmıştır (Tablo 23).



Şekil 54. Çalışma alanında formasyonlara ait yüzde dağılım grafikleri



Şekil 55. Sinop ve çevresinin yamaç eğimi haritası

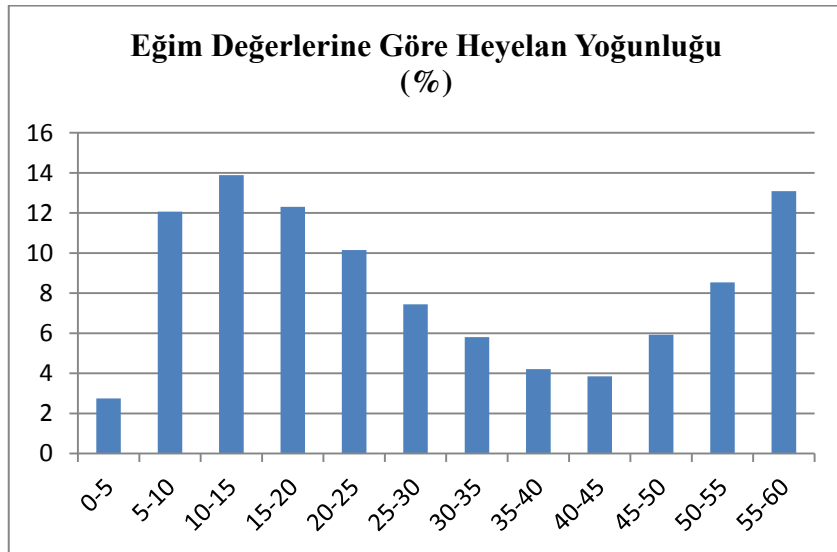
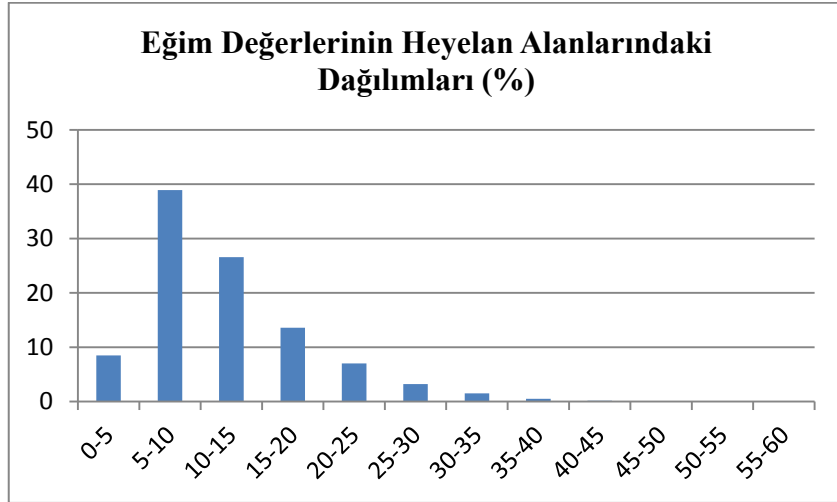
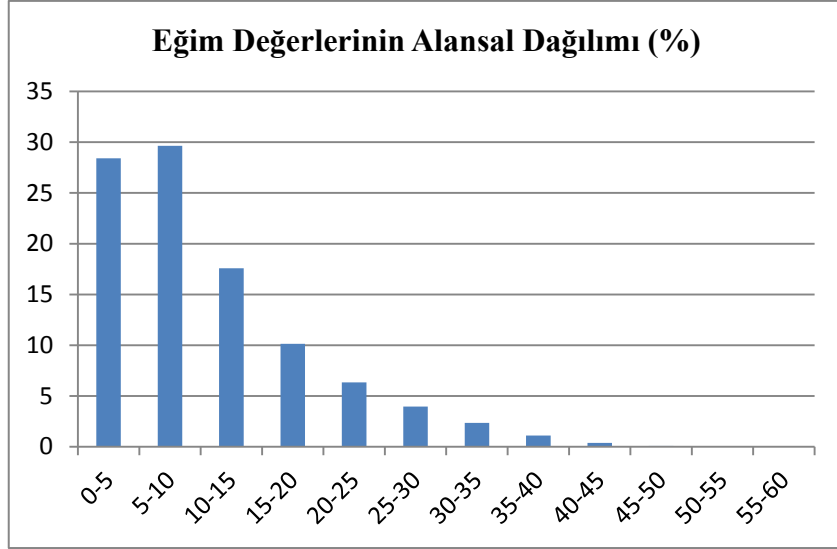


Şekil 56. Sinop ve çevresinin yamaç eğimi ve heyelan envanter haritası

Tablo 23. Eğim sınıfları ve heyelanlar arasındaki ilişkiler

Eğim Sınıfları (derece)	Piksel Sayısı (A)	Alan (km ²)	% A	Heyelanlı Piksel (B)	% B	Heyelan Alan (km ²)	B/A	Heyelan Yoğunluğu (%)
0-5	1060423	85.213	28.40	48032	8.50	3.860	0.299100	2.747
5-10	1106386	88.906	29.64	220045	38.92	17.682	1.313316	12.064
10-15	656360	52.743	17.58	150209	26.57	12.070	1.511187	13.882
15-20	378344	30.403	10.13	76729	13.47	6.166	1.339174	12.302
20-25	237067	19.050	6.35	39678	7.02	3.188	1.105206	10.152
25-30	147674	11.867	3.96	18122	3.21	1.456	0.810339	7.443
30-35	87854	7.060	2.35	8414	1.49	0.676	0.632420	5.809
35-40	41669	3.348	1.12	2890	0.51	0.232	0.457983	4.207
40-45	14157	1.138	0.38	898	0.16	0.072	0.418861	3.847
45-50	3011	0.242	0.08	294	0.05	0.024	0.644764	5.922
50-55	334	0.027	0.01	47	0.01	0.004	0.929214	8.536
55-60	51	0.004	0.00	11	0.00	0.001	1.424252	13.083
Toplam	3733330	300	100	565369	100	45.431	10.885815	100

Hesaplanan değerlerle hazırlanan eğim değerlerinin alansal dağılımı, heyelan alanlarındaki dağılımları ve heyelan yoğunlukları histogramları incelendiğinde, çalışma alanında eğim değerlerinin 0⁰ ile 20⁰ arasında yoğunlaştığı belirlenmiştir (Şekil 57). Bu durum çalışma sahasının çoğunlukla çok düşük derecede eğim değerlerine sahip yamaçlardan oluştuğunu göstermektedir. Bu aralığa denk gelen eğim değerlerinin toplam alan içerisindeki oranı yaklaşık olarak alanın %75'ini kapsamaktadır. Buna göre heyelanlı alanlar dikkate alındığında mevcut heyelanların yaklaşık %60'ı 0-20⁰ arasında değişen eğim değerlerine sahiptir. Bu alanlar çalışma alanının % 90'nını oluşturduğu için, eğim ve yoğunluk değerleri birbirleriyle uyumlu çıkmıştır. Bu durum çalışma alanında bu eğim aralığının heyelan oluşumunda önemli olduğunu belirtmektedir. Son olarak heyelan yoğunluk değerlerine bakıldığında diğer sonuçlarla uyumlu olduğu belirlenmiştir.



Şekil 57. Çalışma alanında eğitim değerlerine ait yüzde dağılım grafikleri

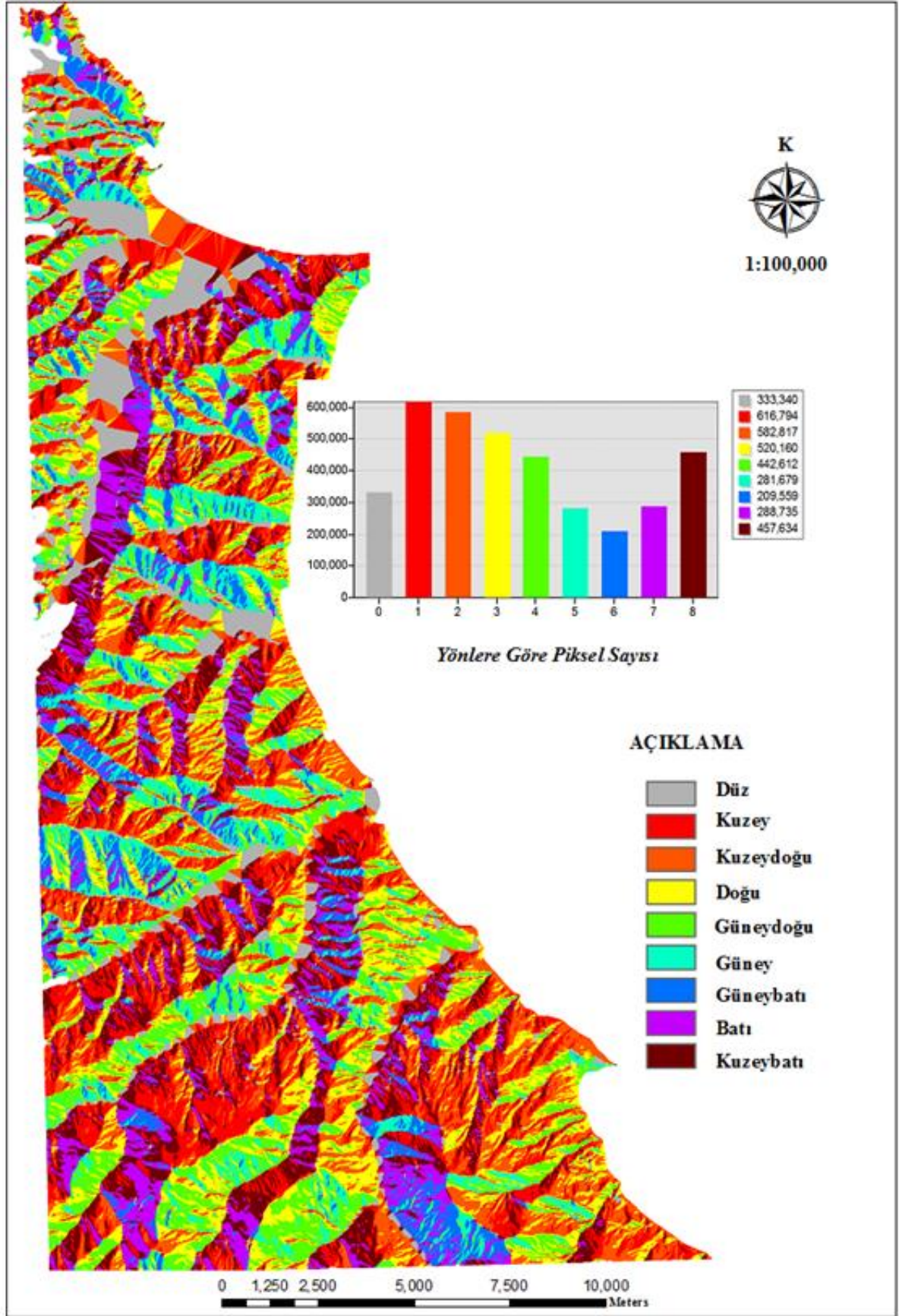
3.6.5. Yamaç Eğim Yönü (Bakı)

Yamaç eğiminde olduğu gibi çalışma alanına ait bakı haritası da sayısal yükseklik modelinden üretilmiştir (Şekil 58). Bakı haritası farklı eğim yönlerine göre sınıflandırılmıştır. Çalışma alanında tespit edilen heyelanlar bakı haritası ile karşılaştırılarak farklı bakı yönleri ile heyelanlar arasındaki ilişki belirlenmiştir (Şekil 59). Üretilen bakı haritasında yamaç eğim yönleri dikkate alınarak 9 farklı eğim yönü (bakı) sınıfı ayrılmıştır. Çalışma alanındaki bakı sınıflarının ve heyelanların toplam alan içerisindeki dağılımları (%) ve heyelan yoğunlukları (%) hesaplanmıştır (Tablo 24).

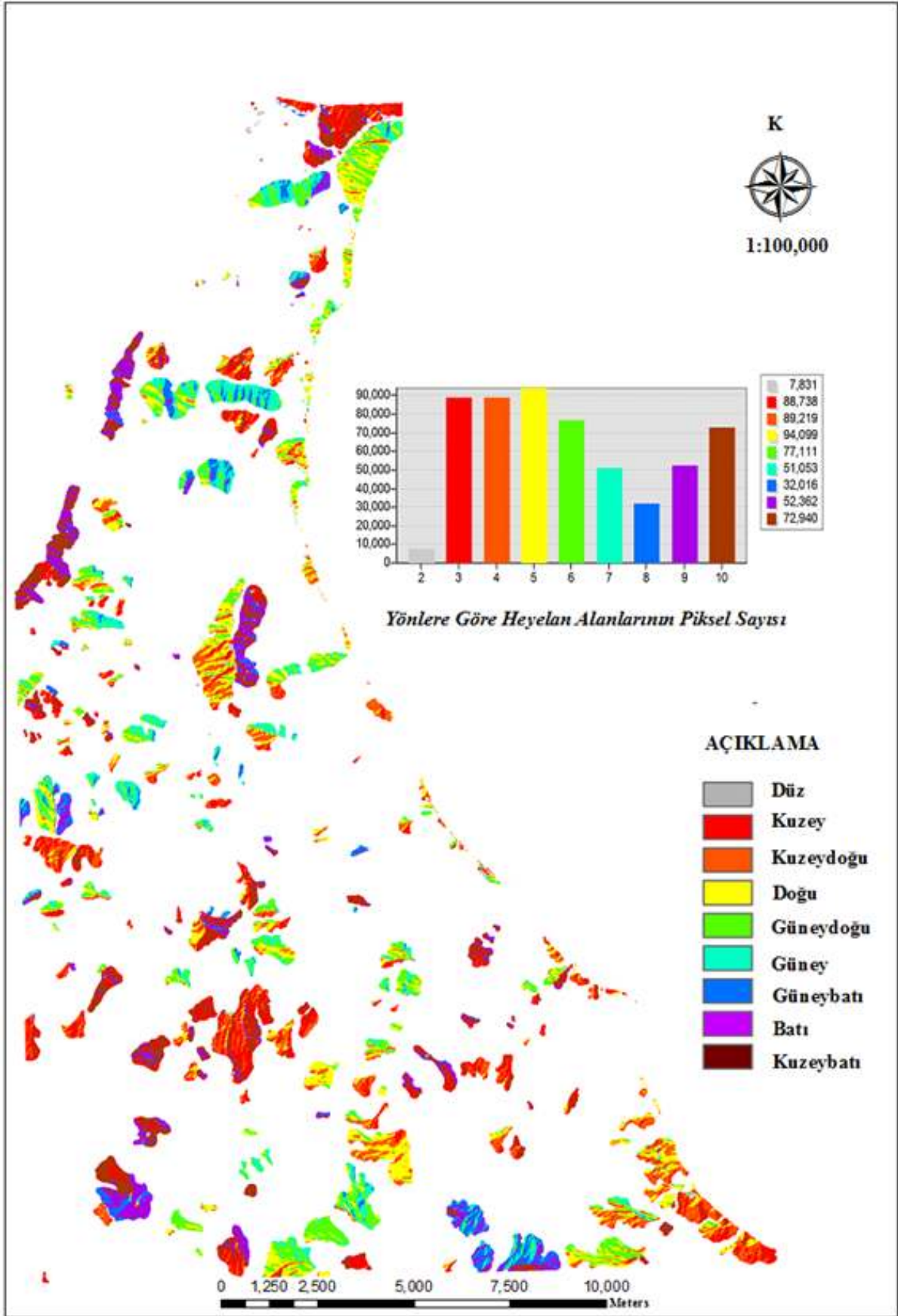
Tablo 24. Yamaç eğim yönü (bakı) sınıfları ve heyelanlar arasındaki ilişkiler

Bakı Sınıfları	Piksel Sayısı (A)	Alan (km ²)	% A	Heyelanlı Piksel (B)	Heyelan Alan (km ²)	% B	B/A	Heyelan Yoğunluğu (%)
Düz	358340	28.795	9.598	7831	0.629	1.385	0.144	1.608
Kuzey	621794	49.966	16.655	88738	7.131	15.696	0.942	10.501
Kuzeydoğu	582817	46.834	15.611	89219	7.169	15.781	1.011	11.264
Doğu	482016	38.733	12.911	94099	7.562	16.644	1.289	14.364
Güneydoğu	442612	35.567	11.856	77111	6.196	13.639	1.150	12.819
Güney	281679	22.635	7.545	51053	4.102	9.030	1.197	13.336
Güneybatı	209559	16.840	5.613	32016	2.573	5.663	1.009	11.241
Batı	288735	23.202	7.734	52362	4.208	9.262	1.198	13.344
Kuzeybatı	465778	37.429	12.476	72940	5.861	12.901	1.034	11.523
Toplam	3733330	300	100	565369	45.431	100	8.974	100

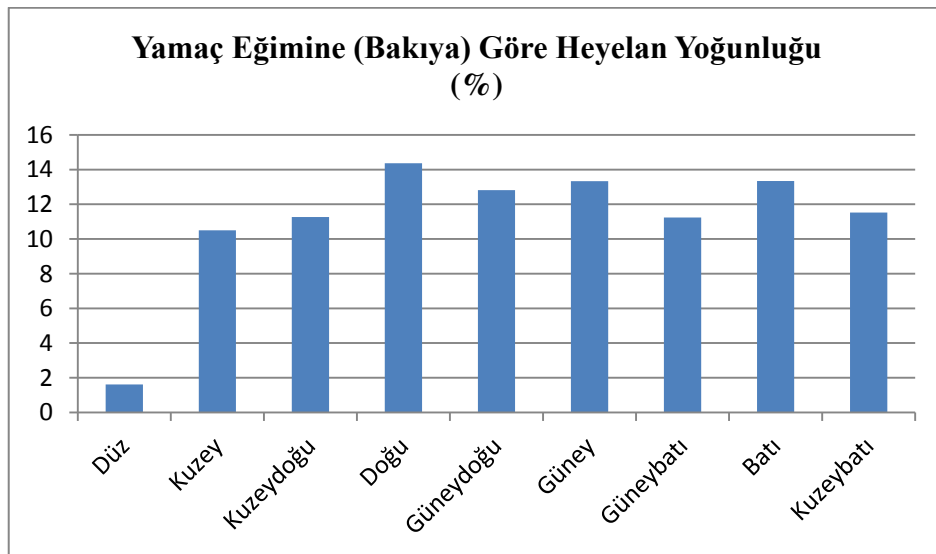
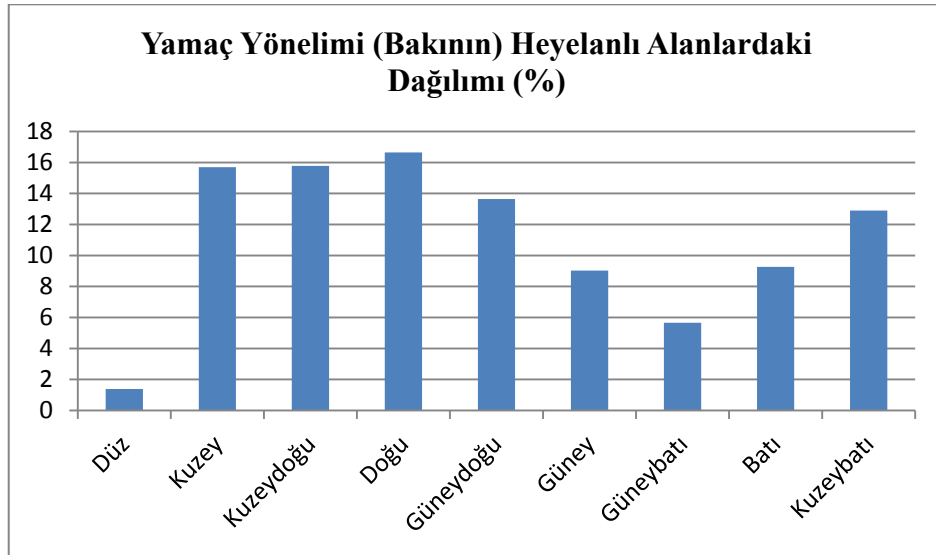
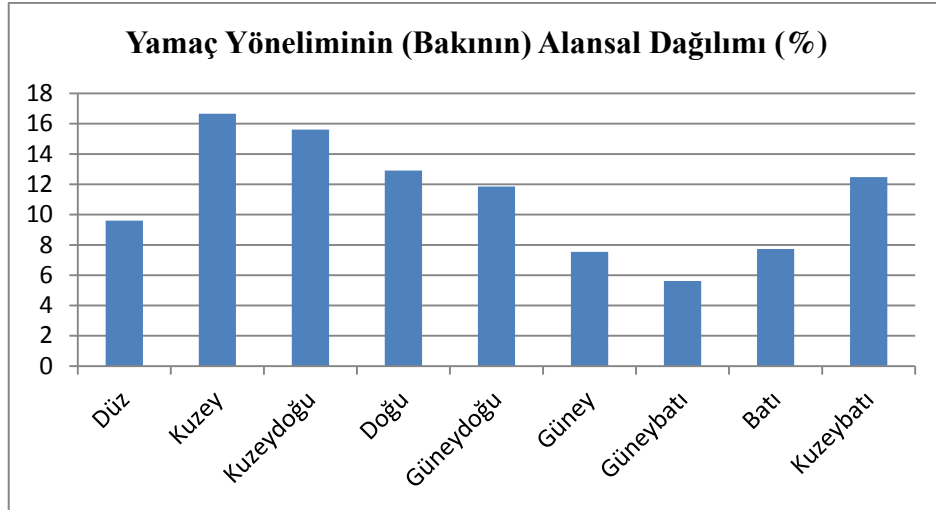
Hesaplanan bu değerler dikkate alınarak histogramlar hazırlanmıştır (Şekil 60). Histogramlar incelendiğinde, çalışma alanının kuzeye (%16.655) ve kuzeydoğuya (%15.611) bakan yamaçların diğer yönlerle oranla daha fazla olduğu görülmektedir. Benzer şekilde heyelanlı alanların oranı da doğuya bakan yamaçlarda (%16.644), kuzeydoğuya bakan yamaçlarda (%15.781) ve kuzeye bakan yamaçlarda (%15.696) diğerlerine oranla fazladır. Çalışma alanı içerisindeki heyelanlı alanların yaklaşık % 48.12'si bu üç yönde gelişen yamaçlarda meydana gelmiştir. Heyelan yoğunluklarına (%) göre bakı yönleri değerlendirildiğinde ise hemen hemen her yöne eşit dağılmıştır. Buradan bakının heyelan oluşumu üzerinde etkisiz olduğu görülmektedir.



Şekil 58. Sinop ve çevresinin yamaç yönelimi haritası



Şekil 59. Sinop ve çevresinin Bakı haritası ve heyelan envanter haritası



Şekil 60. Çalışma alanında eğim yönlerine ait yüzde dağılım grafikleri

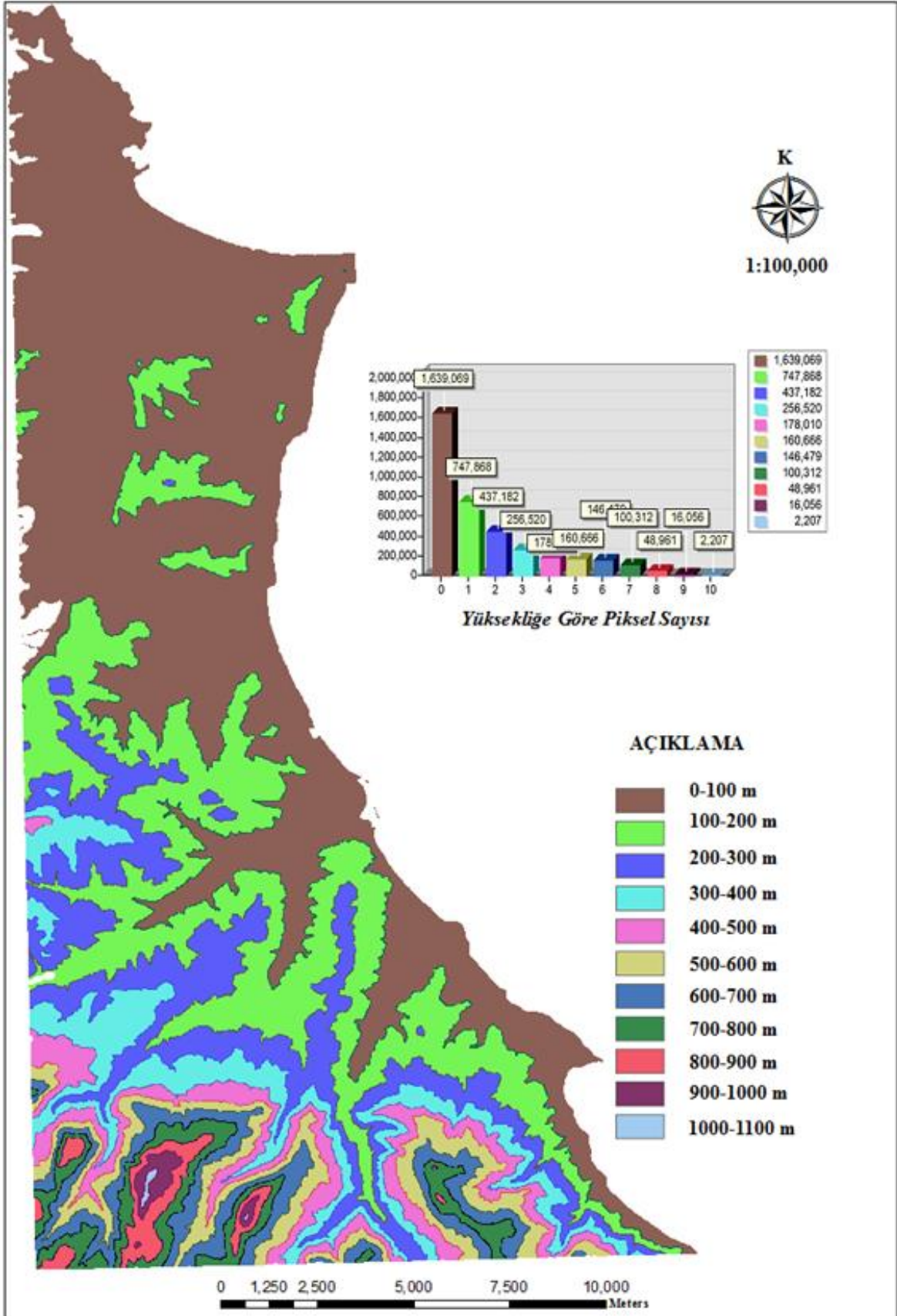
3.6.6. Topoğrafik Yükseklik

Diğer topoğrafik parametrelerde olduğu gibi yükseklik parametresine ilişkin harita da sayısal yükseklik modelinden üretilmiştir (Şekil 61). Çalışma alanında tespit edilen heyelanlar yükseklik haritası ile karşılaştırılarak heyelanlarla arasındaki ilişki belirlenmiştir (Şekil 62). Üretilen yükseklik haritasında çalışma alanı yükseklik değerleri farklı olan 11 sınıfa ayrılmıştır. Yükseklik sınıflarının ve heyelanların kapladığı alanlar ile heyelan yoğunlukları (%) hesaplanmıştır (Tablo 25).

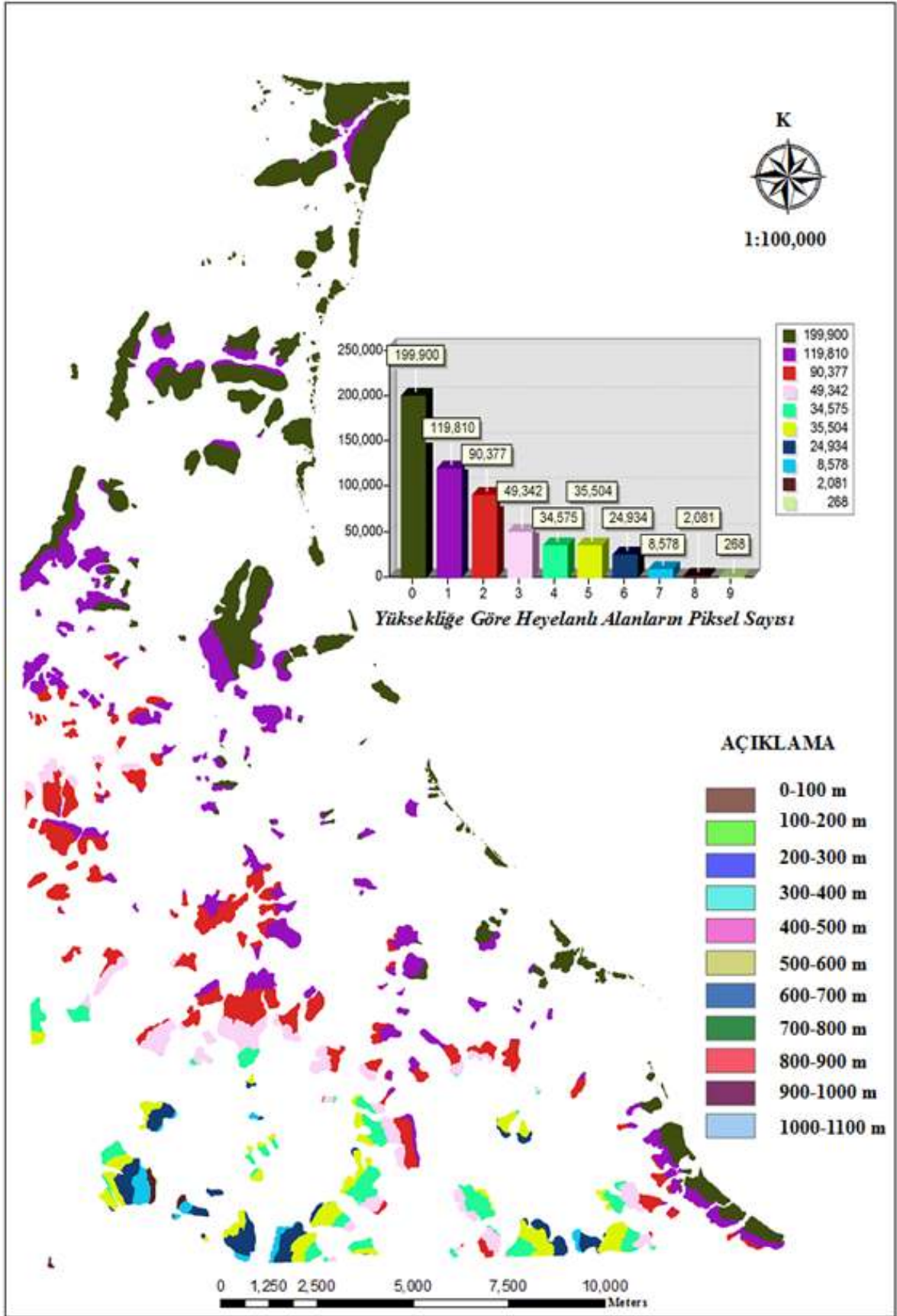
Tablo 25. Yükseklik sınıfları ve heyelanlar arasındaki ilişkiler

Yükseklik Sınıfları (m)	Piksel Sayısı (A)	Alan (km²)	% A	Heyelanlı Piksel (B)	Heyelan Alan (km²)	% B	B/A	Heyelan Yoğunluğu (%)
0-100	1639069	131.711	43.904	199900	16.063	35.36	0.805	8.641
100-200	747868	60.097	20.032	119810	9.628	21.19	1.058	11.351
200-300	437182	35.131	11.710	90377	7.262	15.99	1.365	14.647
300-400	256520	20.613	6.871	49342	3.965	8.73	1.270	13.629
400-500	178010	14.304	4.768	34575	2.778	6.12	1.283	13.762
500-600	160666	12.911	4.304	35504	2.853	6.28	1.459	15.657
600-700	146479	11.771	3.924	24934	2.004	4.41	1.124	12.061
700-800	100312	8.061	2.687	8578	0.689	1.52	0.565	6.059
800-900	48961	3.934	1.311	2081	0.167	0.37	0.281	3.011
900-1000	16056	1.290	0.430	268	0.022	0.05	0.110	1.183
1000-1100	2207	0.177	0.059	0	0.000	0.00	0.000	0.000
Toplam	3733330	300	100	565369	45.431	100	9.320	100

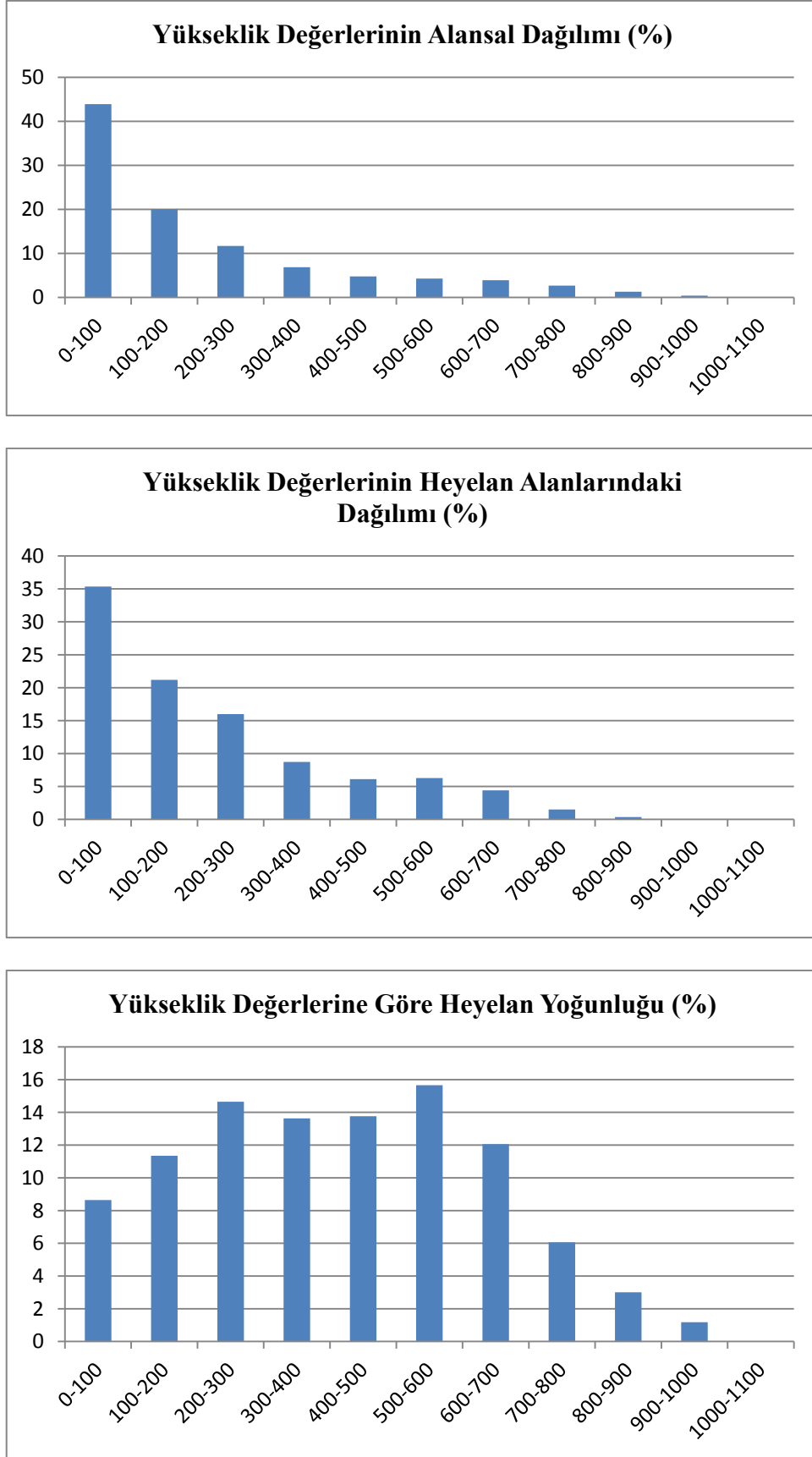
Tablo 25’de ki değerlerden yararlanarak histogram hazırlanmıştır. Histogramlar incelendiğinde, çalışma alanın yaklaşık %65’lik kesiminin yüksekliği 0-200 m arasında değişmektedir. Çalışma alanında 300 m’nin üzerindeki yükseklikler ise toplam alanın yaklaşık % 25’ini oluşturmaktadır. Heyelanlı alanların sınıflar arasındaki % dağılımları incelendiği zaman, mevcut heyelanların yaklaşık % 35’inin 0-100 m, % 22’sinin 100-200 m yükseklikleri arasında olduğu belirlenmiştir (Şekil 63). Yüksekliğe göre heyelan yoğunluğu (%) değerlendirildiğinde ise 0-700 m yükseklikleri arasında heyelan yoğunluğunun çok yüksek olduğu (% 95) görülmektedir.



Şekil 61. Sinop ve çevresinin topoğrafik yükseklik haritası

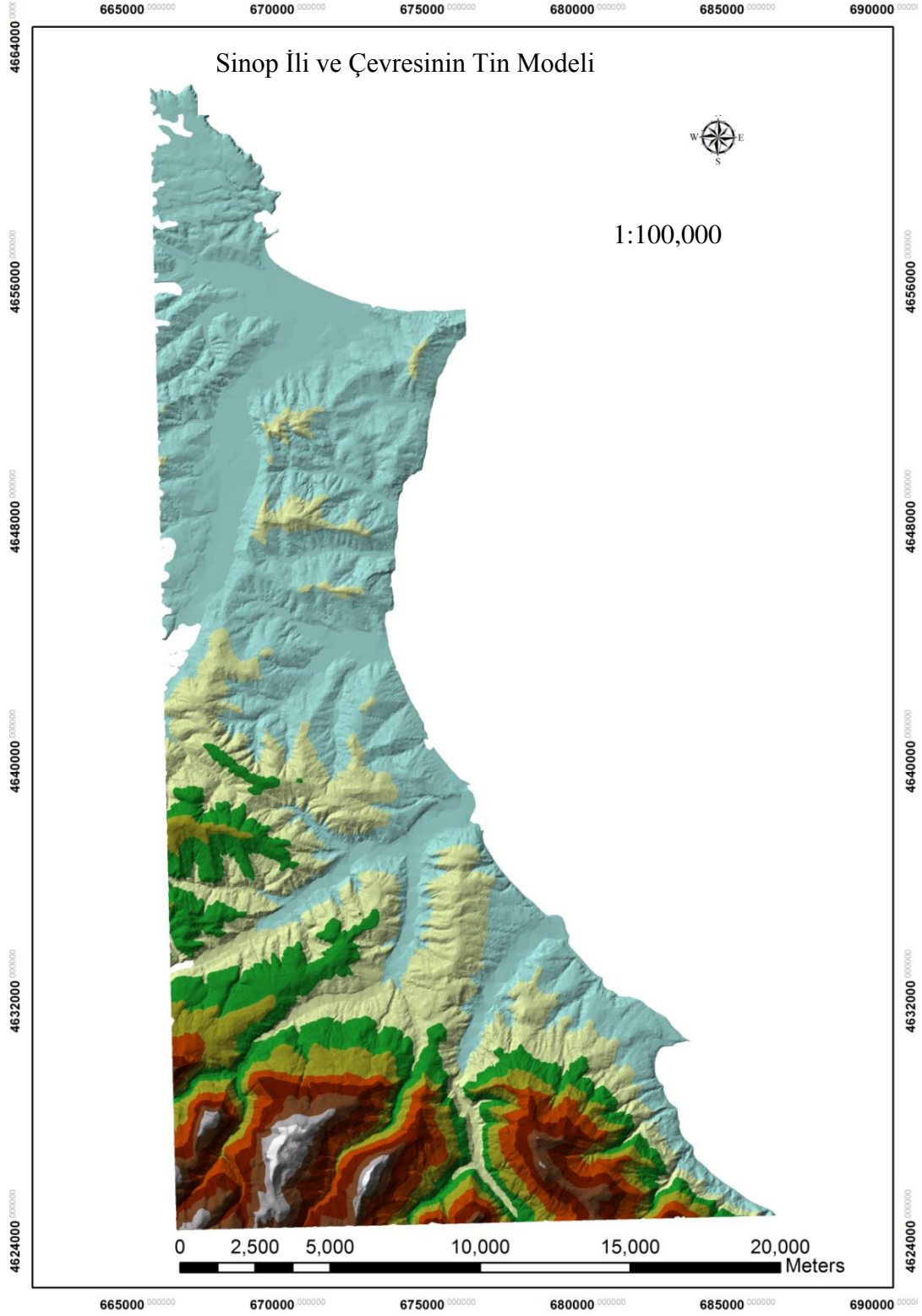


Şekil 62. Sinop ve çevresinin topoğrafik yükseklik haritası ve heyelan envanter haritası



Şekil 63. Çalışma alanında yüksekliklere ait yüzde dağılım grafikleri

Bu eğrilere yükseklik değerleri girilerek TIN veri yapısında çalışma alanının üç boyutlu sayısal yükseklik modeli elde edilmiştir (Şekil 64).



Şekil 64. Sinop ve çevresinin sayısal yükseklik modeli (TİN)

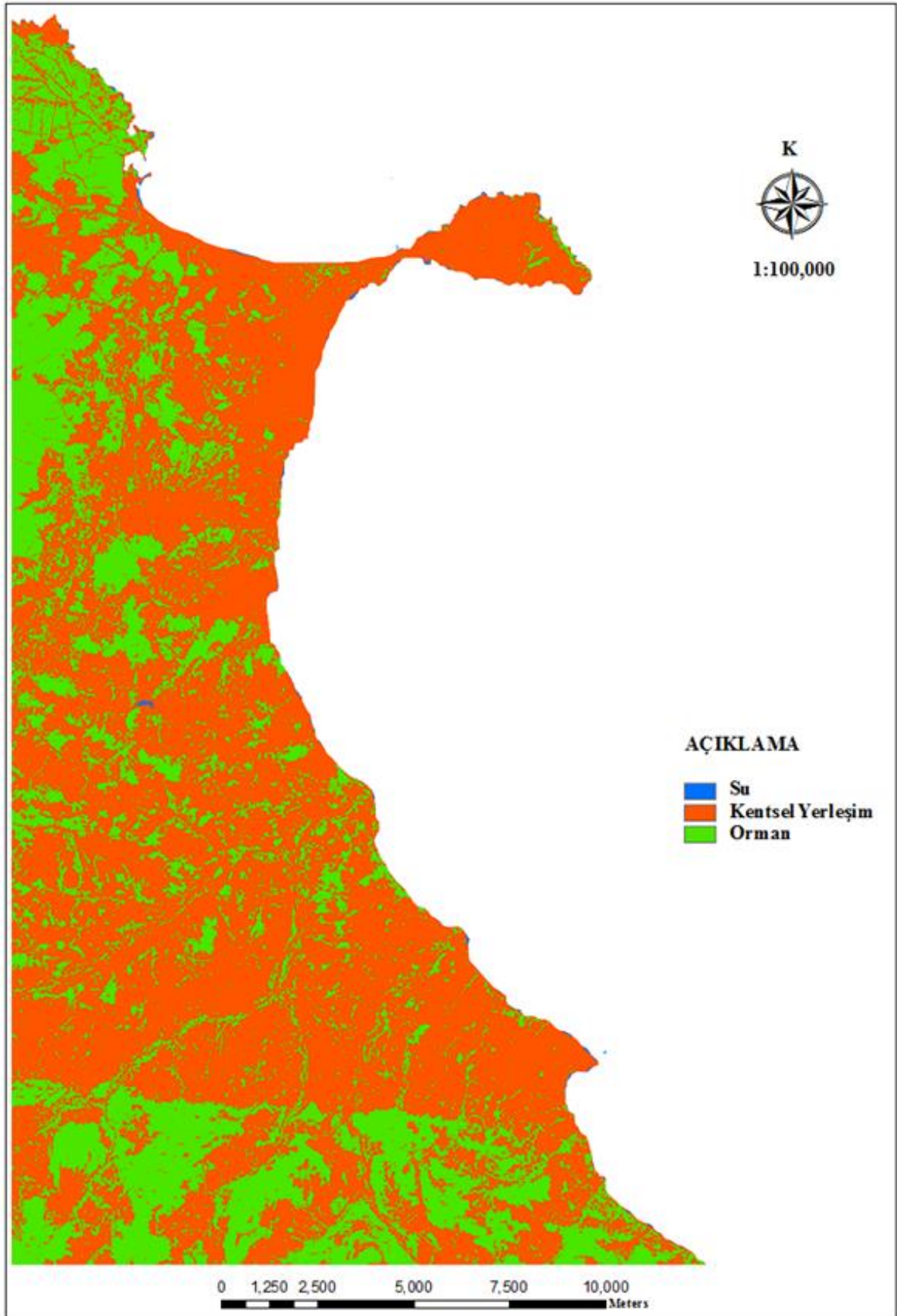
3.6.7. Arazi Sınıflandırması

İnceleme alanı için arazi örtüsü haritası hazırlanmasında QuickBird uydu görüntüleri kullanılmıştır (Şekil 65). Bu görüntü üzerinde kontrollü sınıflama işlemi yapılarak alana ait arazi sınıflama haritası hazırlanmıştır. Arazi sınıflamaları kapsamında su, kentsel yapı ve orman olmak üzere grup oluşturulmuştur. Arazi örtüsü haritası heyelan alanları ile karşılaştırılarak aralarındaki ilişki belirlenmiştir (Şekil 66). Çalışma alanındaki arazi sınıflamalarının ve heyelanların toplam alan içerisindeki dağılımları (%) ve heyelan yoğunlukları (%) hesaplanmıştır (Tablo 26).

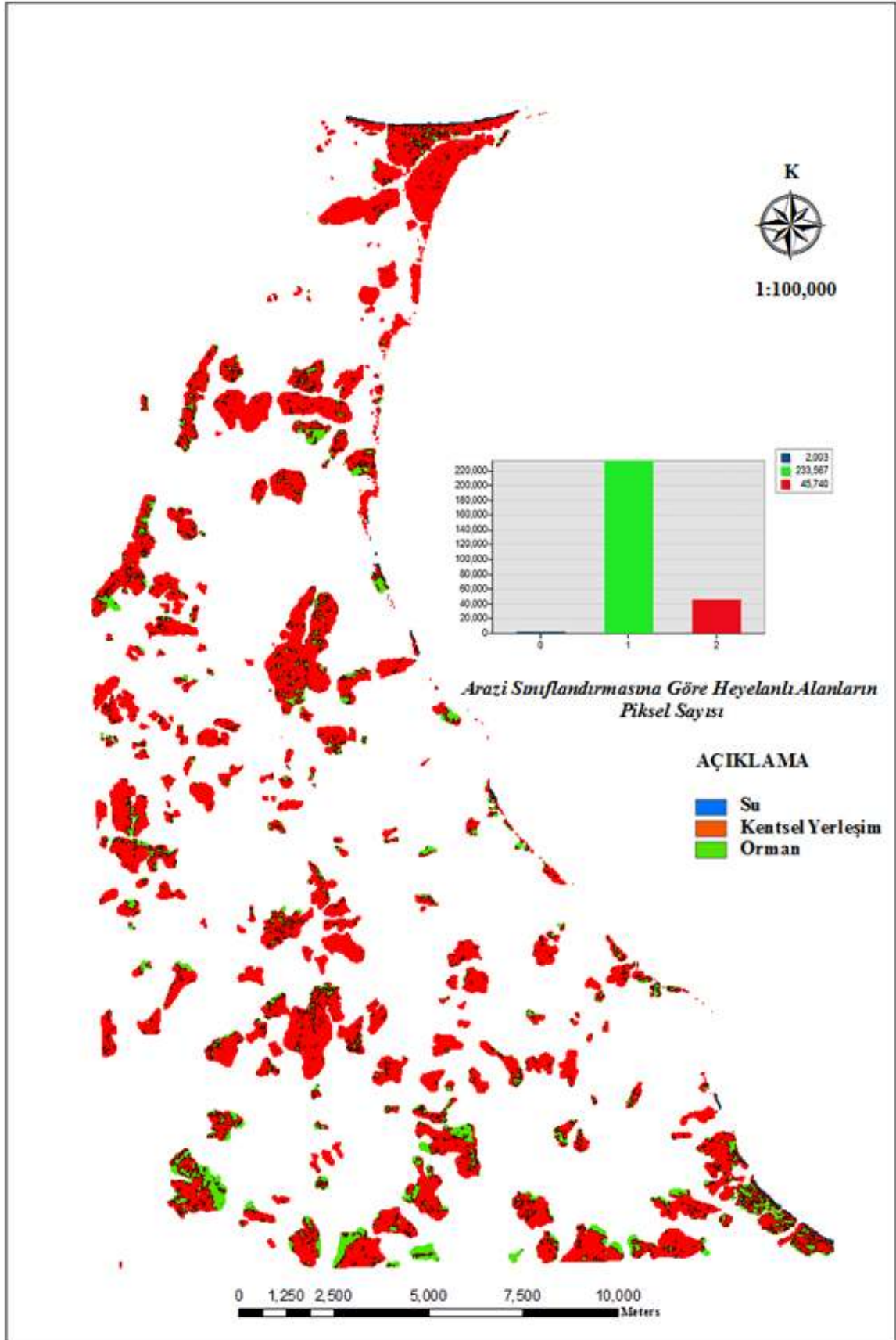
Tablo 26. Arazi sınıflaması ve heyelanlar arasındaki ilişkiler

Sınıflama	Piksel Sayısı (A)	Alan (km ²)	% A	Heyelanlı Piksel (B)	Heyelan Alan (km ²)	% B	B/A	Heyelan Yoğunluğu (%)
Su	37120	2.983	0.994	0	0.000	0.000	0.000	0.000
Yerleşim	2249080	180.730	60.243	553567	44.483	98.000	1.628	97.000
Orman	1447130	116.287	38.762	10802	0.868	2.000	0.049	3.000
Toplam	3733330	300.000	100.000	565369	45.431	100.000	1.678	100.000

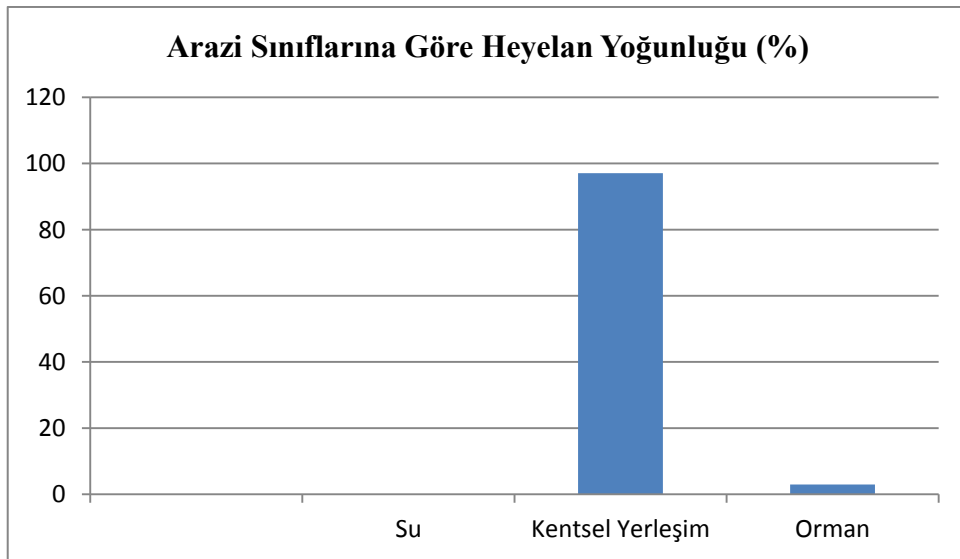
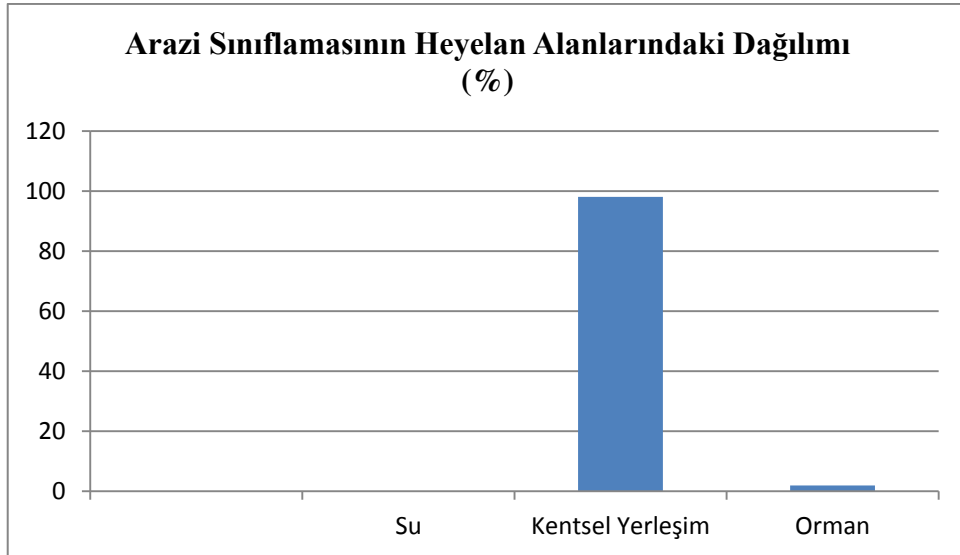
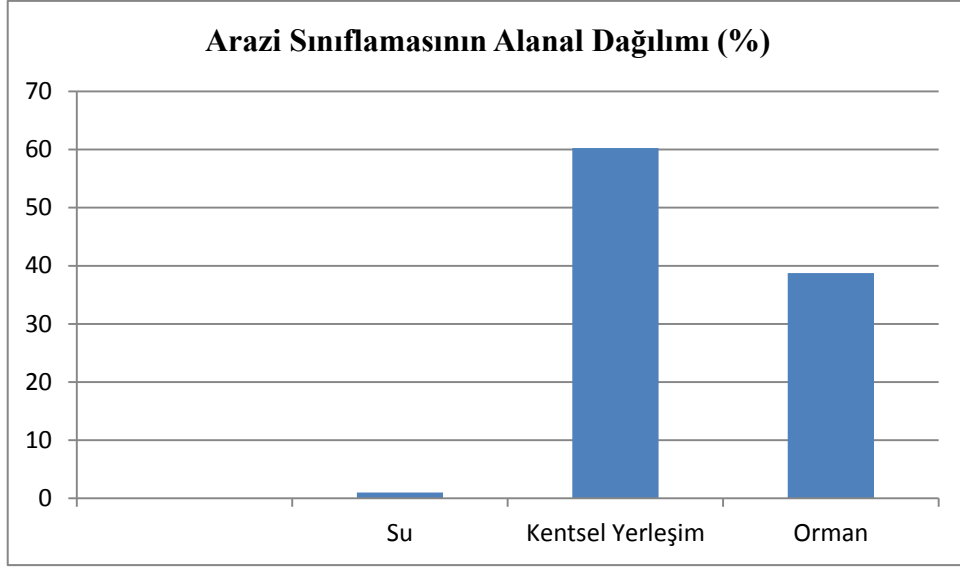
Hesaplanan değerlerle hazırlanan eğim değerlerinin alansal dağılımı, heyelan alanlarındaki dağılımları ve heyelan yoğunlukları histogramları incelendiğinde, çalışma alanında arazi sınıflamasının kentsel yapı ve ormandan oluştuğu görülmektedir (Şekil 67). Alanın yaklaşık % 60'ı kentsel yerleşim, yaklaşık % 39'u ormanlık alan ve % 1'i sudan meydana gelmiştir. Heyelanlı alanların yaklaşık %98'i kentsel yerleşim alanlarında ve % 2'si ormanlık alanlardan meydana gelmiştir. Heyelan yoğunlukları dikkate alındığında ise heyelanların % 97'si yerleşim alanlarında % 3'ü ise ormanlık alanların çevresinde meydana gelmiştir.



Şekil 65. Sinop ve çevresinin arazi sınıflama haritası



Şekil 66. Sinop ve çevresinin arazi sınıflaması ve heyelan envanter haritası



Şekil 67. Çalışma alanında arazi sınıflamasına ait yüzde dağılım grafikleri

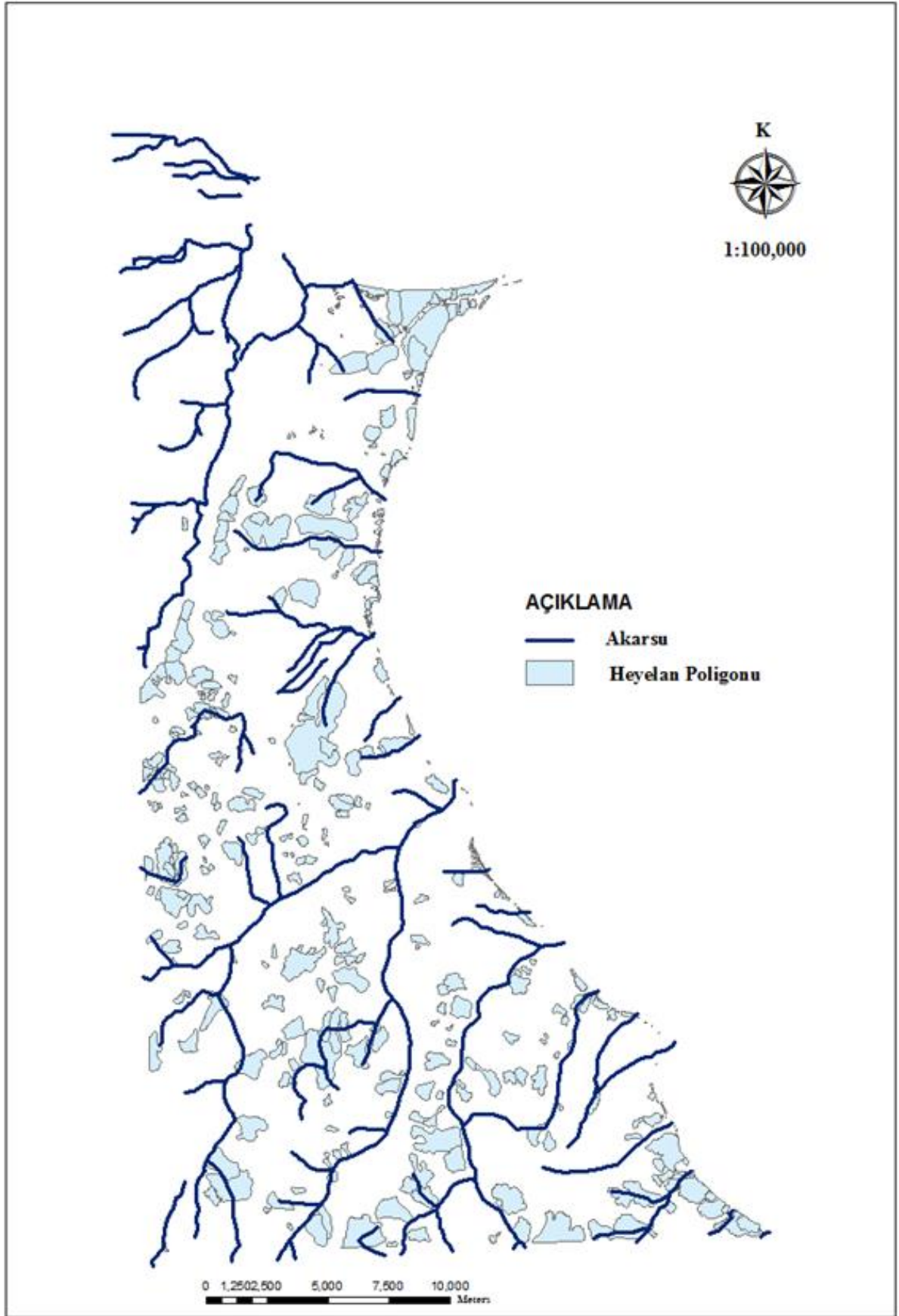
3.6.8. Akarsuya Yakınlık

Çalışma alanı ile ilgili olarak, akarsuya yakınlığın meydana gelen heyelanlar üzerindeki etkisini belirlemek için, 50'şer metre aralıklar ile 6 farklı tampon bölge oluşturulmuş ve akarsuya yakınlık haritası üretilmiştir (Şekil 68). Akarsuya yakınlık haritası heyelan alanları ile karşılaştırılarak aralarındaki ilişki belirlenmiştir (Şekil 69 ve 70). Yapılan analiz ile oluşturulan 6 farklı tampon bölgede, akarsuya yakınlık değerleri ve heyelanların kapladığı alanlar ile % heyelan yoğunlukları hesaplanmıştır (Tablo 27).

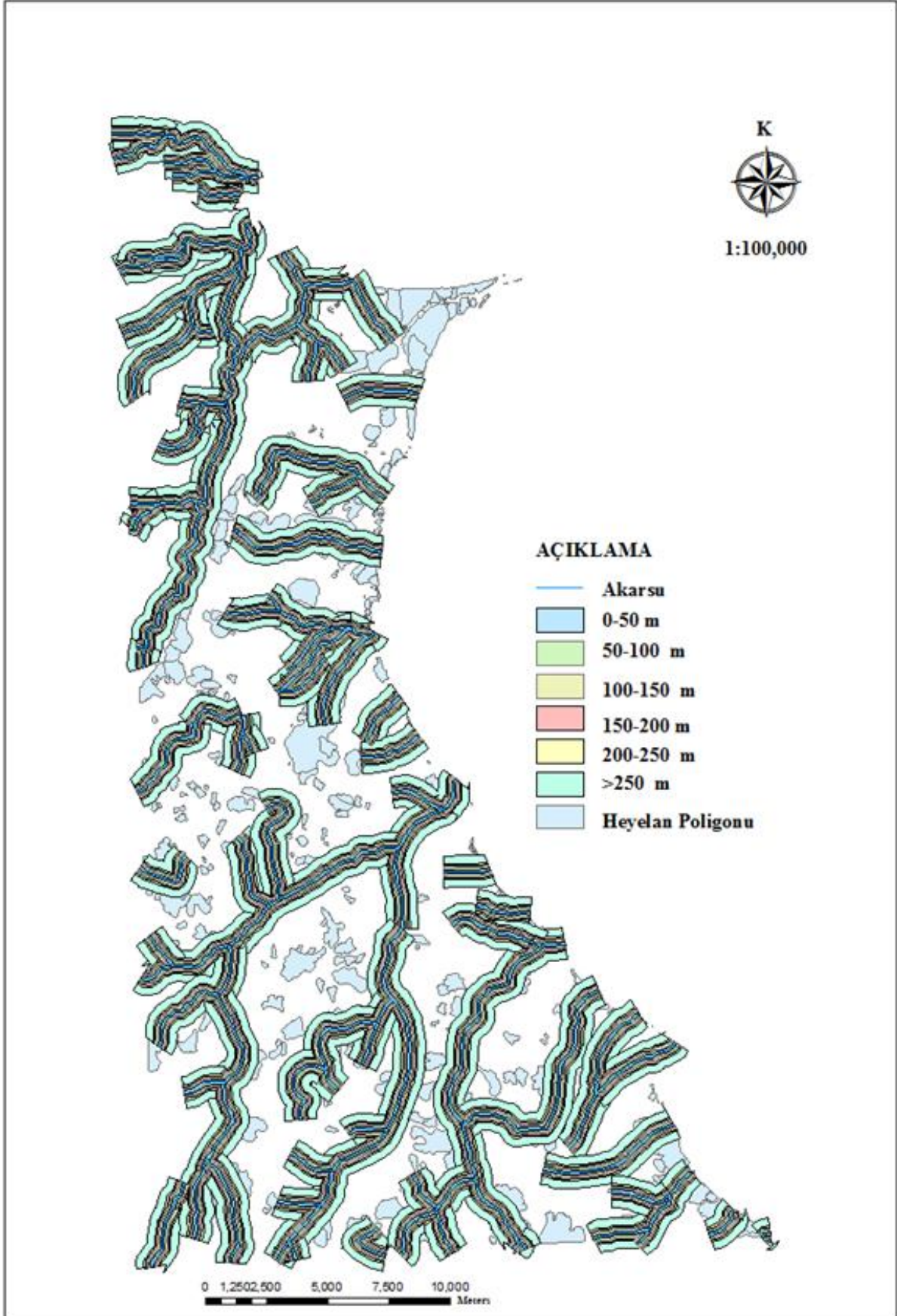
Tablo 27. Akarsuya yakınlık sınıfları ve heyelanlar arasındaki ilişkiler

Akarsuya Yakınlık Sınıfları (m)	Piksel Sayısı (A)	Alan (km ²)	% A	Heyelanlı Piksel (B)	Heyelan Alan (km ²)	% B	B/A	Heyelan Yoğunluğu (%)
0-50	61780	4.964	1.654823	2579	0.207	0.456	0.276	5.097
50-100	281910	22.654	7.551167	54078	4.346	9.565	1.267	23.422
100-150	542340	43.481	14.52698	78155	6.280	13.824	0.952	17.595
150-200	706550	56.776	18.92546	77499	6.228	13.708	0.724	13.393
200-250	694730	55.827	18.60886	116973	9.400	20.690	1.112	20.558
>250	1446020	116.198	38.73271	236085	18.971	41.758	1.078	19.935
Toplam	3733330	300	100	565369	45.431	100	5.408	100

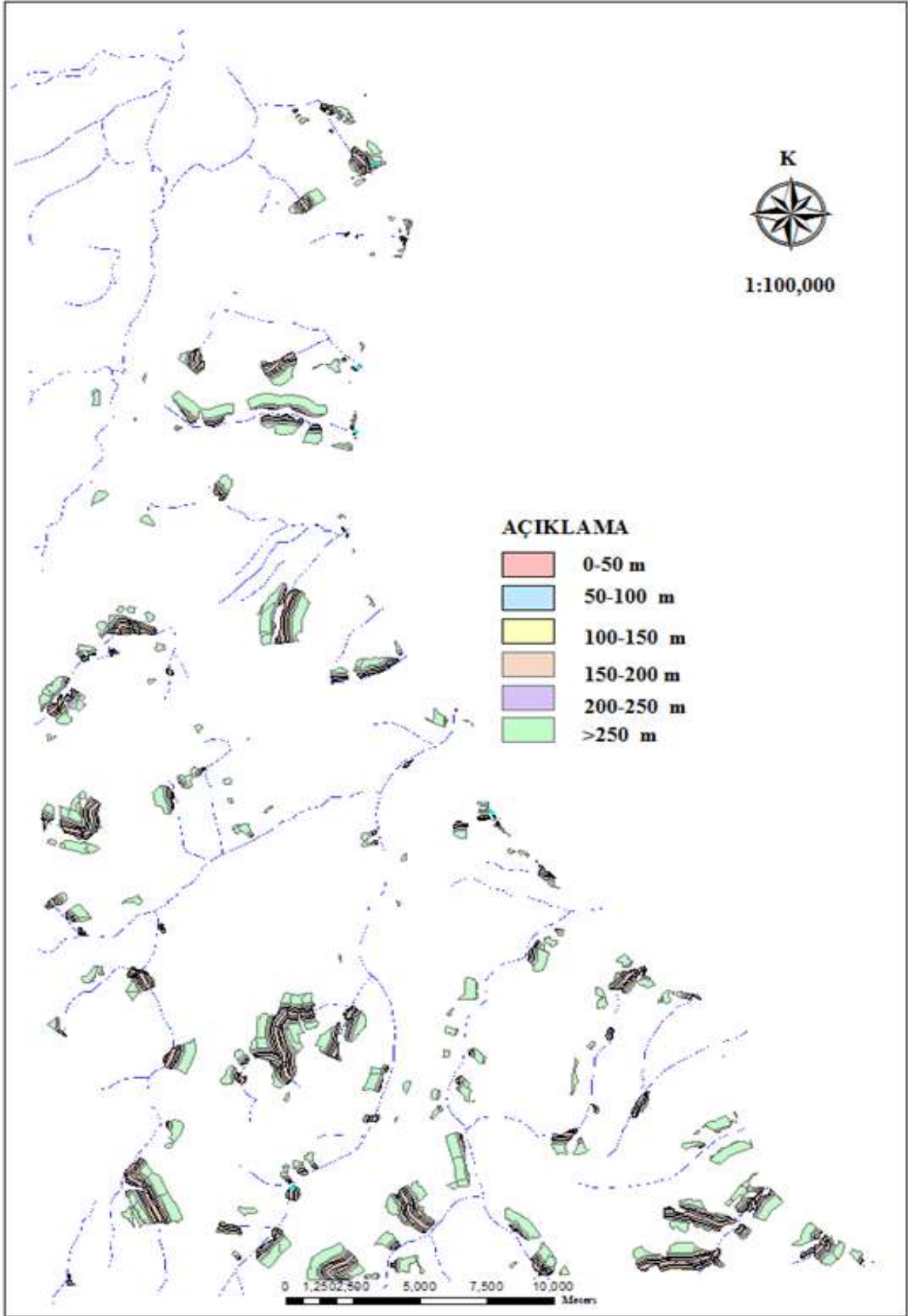
Tablo 27'de hesaplanan değerler dikkate alınarak histogramlar hazırlanmıştır. Histogramlar incelendiğinde çalışma alanında oluşturulan tampon bölgelerin >250 m olan tampon bölgeler daha çok alan kaplamaktadır (Şekil 71). Heyelanlı alanlar ise 250 m'den büyük değerlerde önemli bir orandadır. Heyelan yoğunlukları (%) değeri dikkate alındığında akarsuya yakın olan sınıflarda, bu değerler özellikle 50-100 m mesafede % 23,5 değerleri ile yüksek heyelan yoğunluğu görülmektedir. Buradan hareketle akarsulardan uzaklaştıkça suyun yamaç üzerinde meydana getirebileceği duraysızlık problemlerinin de nispeten azalabileceği söylenebilir.



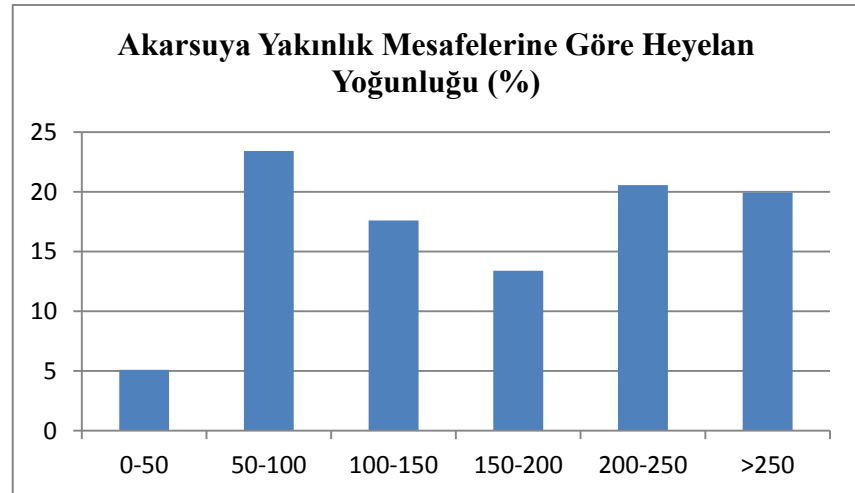
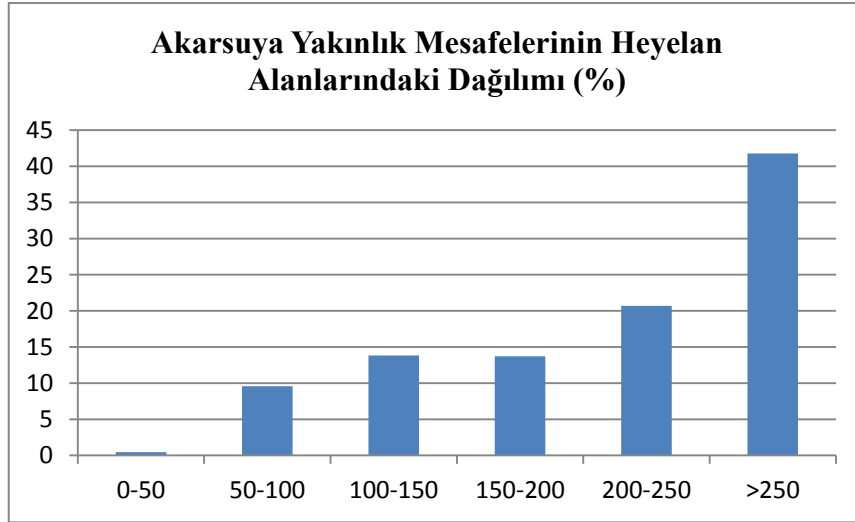
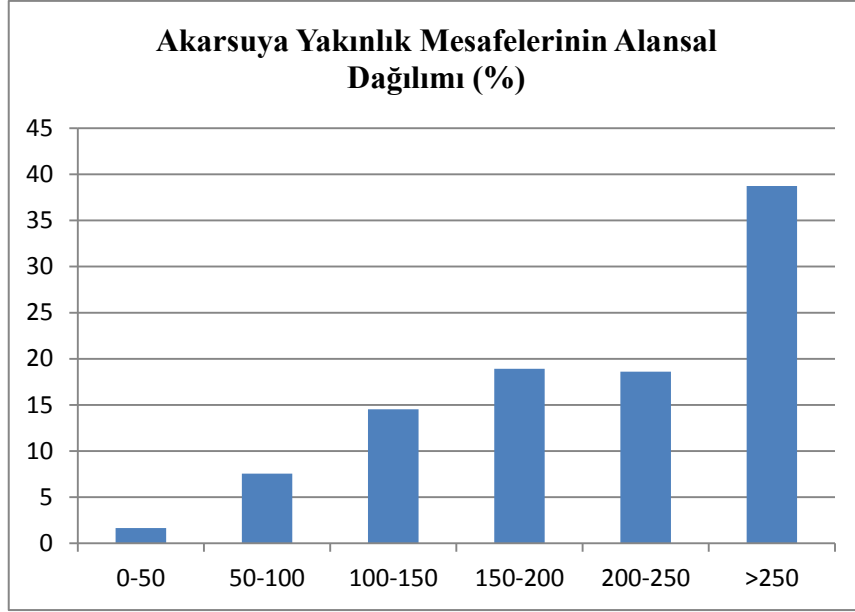
Şekil 68. Sinop ve çevresinin akarsuya yakınlık haritası ve heyelan envanter haritası



Şekil 69. Sinop ve çevresinin akarsu tampon bölgeleri haritası



Şekil 70. Sinop ve çevresinin akarsu tampon bölgeleri ve heyelan envanter haritası



Şekil 71. Çalışma alanında akarsuya yakınlığa ait yüzde dağılım grafikleri

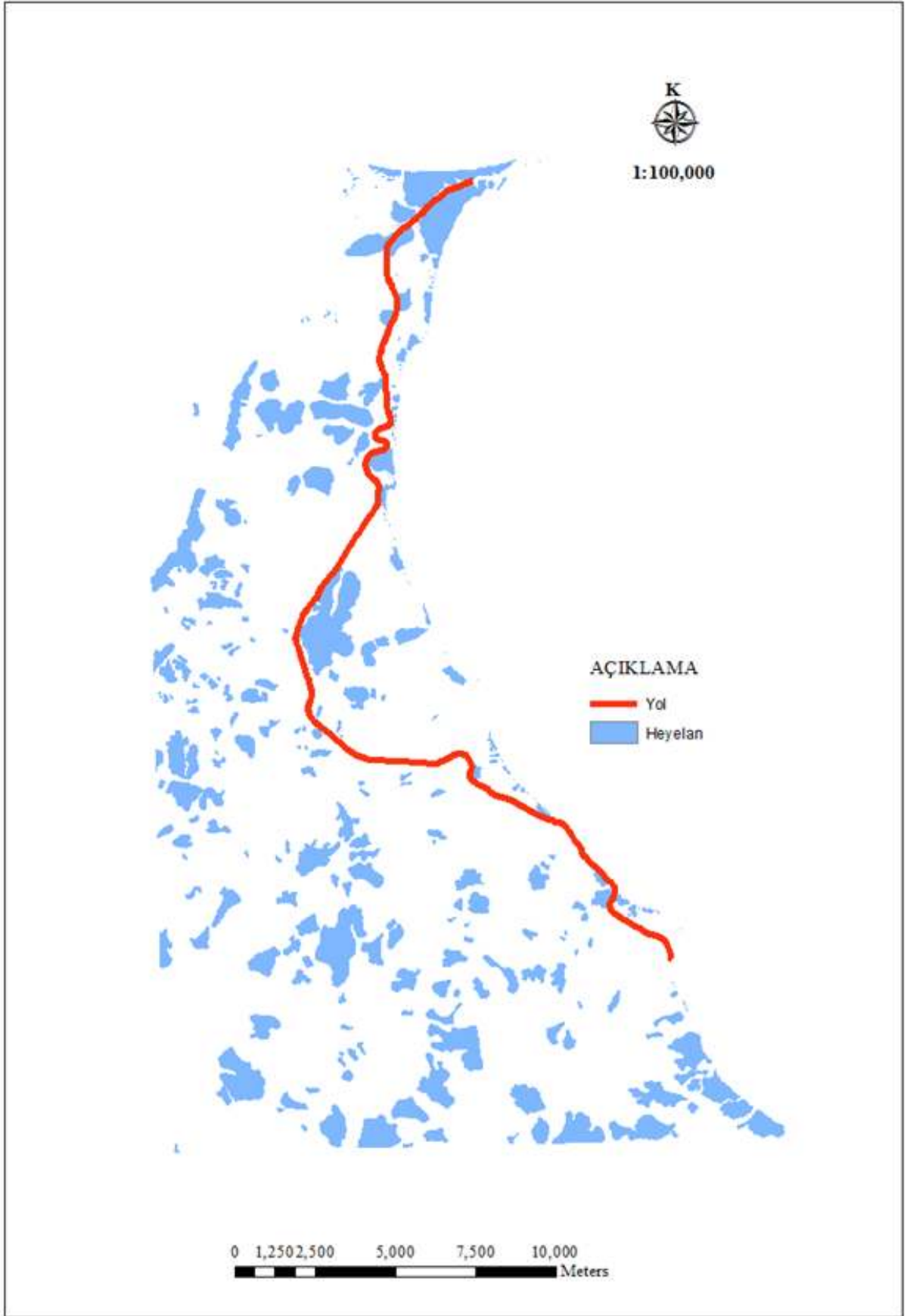
3.6.9. Ana Yola Uzaklık

Çalışma alanıyla ilgili olarak, yola yakınlığın meydana gelen heyelanlar üzerindeki etkisini belirlemek için, 50m aralıklı 6 farklı tampon bölge oluşturulmuş ve yola yakınlık haritası üretilmiştir (Şekil 72). Ana yola uzaklık haritası heyelan alanları ile karşılaştırılarak aralarındaki ilişki belirlenmiştir (Şekil 73 ve 74). Yapılan analizle oluşturulan 6 farklı tampon bölgede, çalışma alanında yola yakınlık değerleri ve heyelanların kapladığı alanlar ile yüzde (%) heyelan yoğunlukları hesaplanmıştır (Tablo 28).

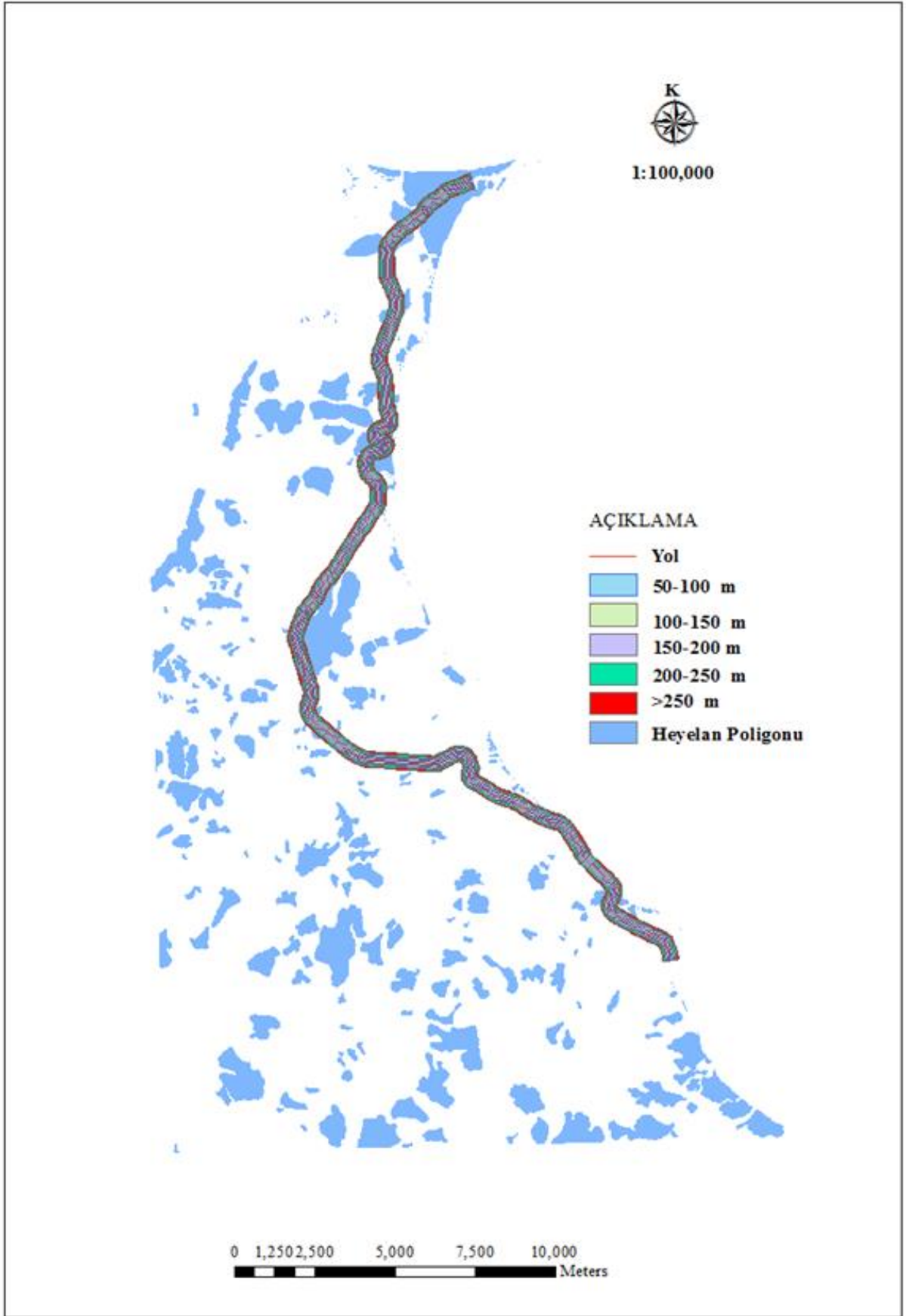
Tablo 28. Anayola uzaklık sınıfları ve heyelanalar arasındaki ilişkiler

Ana Yola Yakınlık Sınıfları (m)	Piksel Sayısı (A)	Alan (km ²)	% A	Heyelanlı Piksel (B)	Heyelan Alan (km ²)	% B	B/A	Heyelan Yoğunluğu (%)
0-50	155540	12.499	4.166	73634	5.917	13.024	3.126	35.705
50-100	311030	24.994	8.331	55175	4.434	9.759	1.171	13.379
100-150	566340	45.510	15.170	38391	3.085	6.790	0.448	5.113
150-200	404180	32.479	10.826	146206	11.749	25.860	2.389	27.282
200-250	773740	62.176	20.725	125997	10.125	22.286	1.075	12.282
>250	1522500	122.344	40.781	125966	10.122	22.280	0.546	6.240
Toplam	3733330	300	100	565369	45.431	100	8.755	100

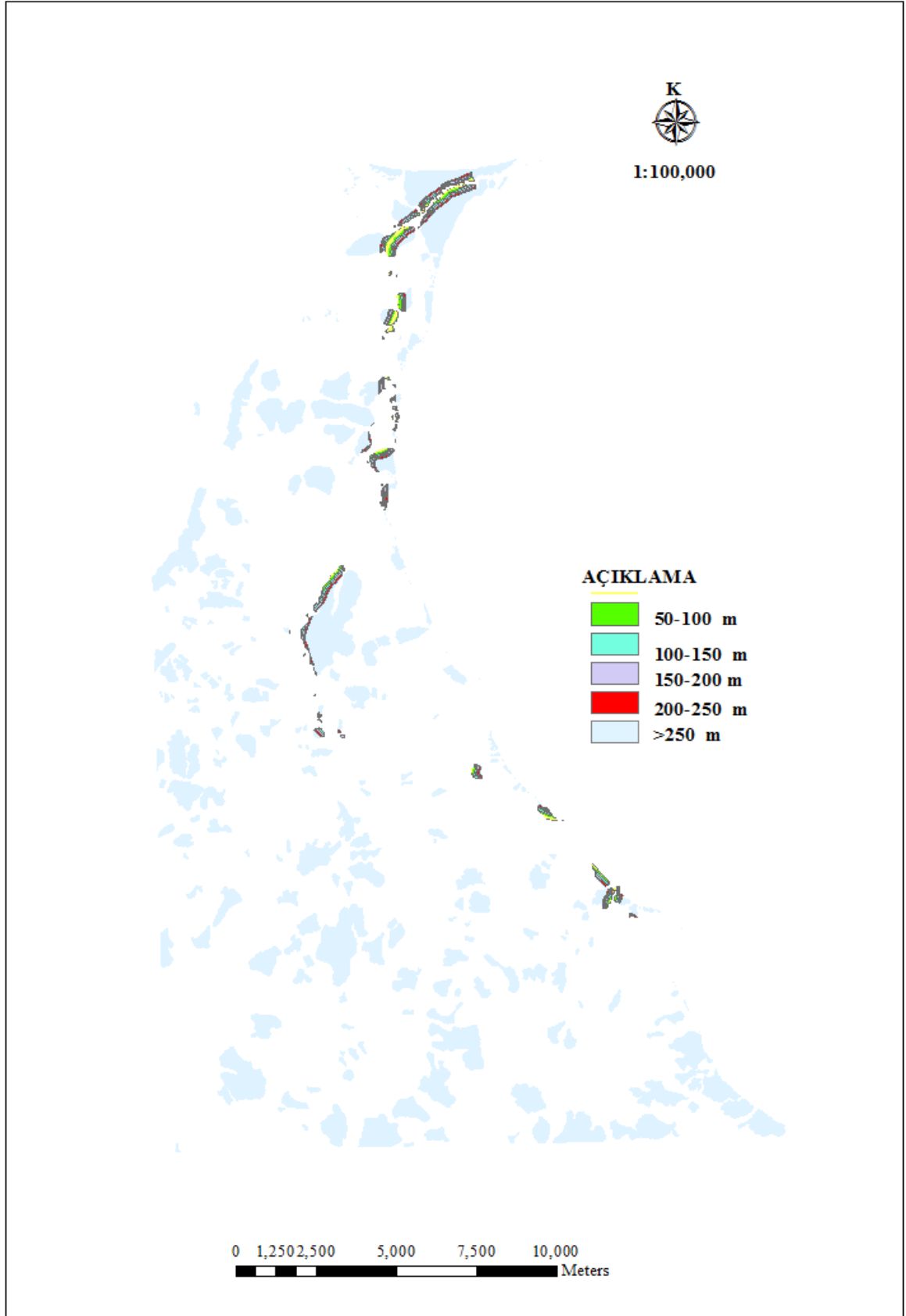
Tablo 28'deki veriler ile histogramlar hazırlanmıştır. Histogramlar incelendiğinde çalışma alanında oluşturulan tampon bölgelerin >250 m olan tampon bölgeler daha çok alan kaplamaktadır (Şekil 75). Çalışma alanına oluşturulan tampon bölgelerin toplam alanları benzer dağılımlar göstermektedir. Toplam heyelanlı alanların yüzde değerleri dikkate alındığında yoldan uzaklaştıkça, özellikle 150 m'den sonra artış söz konusudur. Yola yakın olan alanlarda (0-100 m) heyelan yoğunluğu daha yüksek iken, yoldan uzaklaştıkça heyelan yoğunluğunda da farklılıklar söz konusudur. Bu da yol parametresinin heyelan oluşumu üzerinde etkili olduğuna işaret etmektedir.



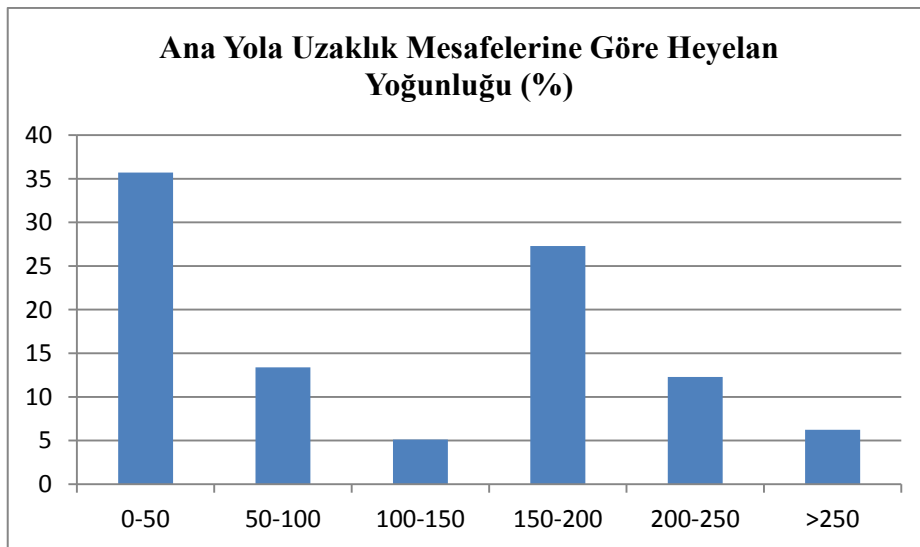
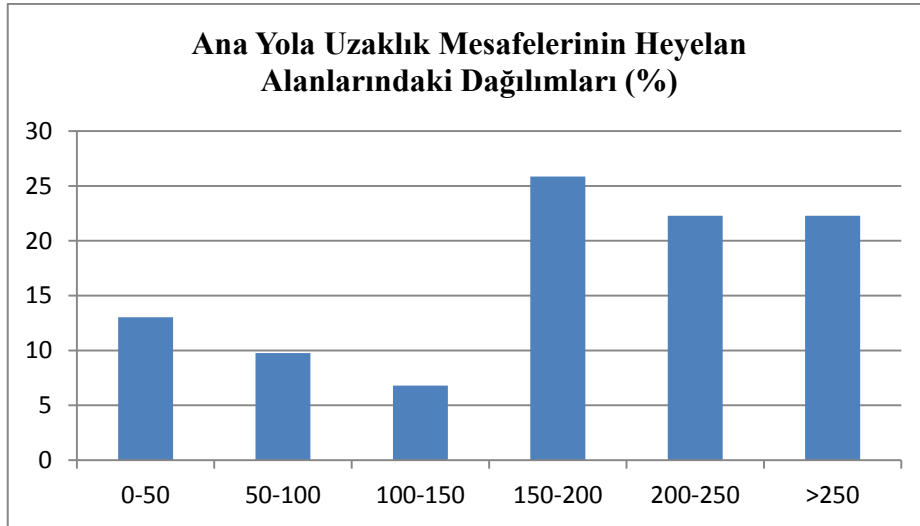
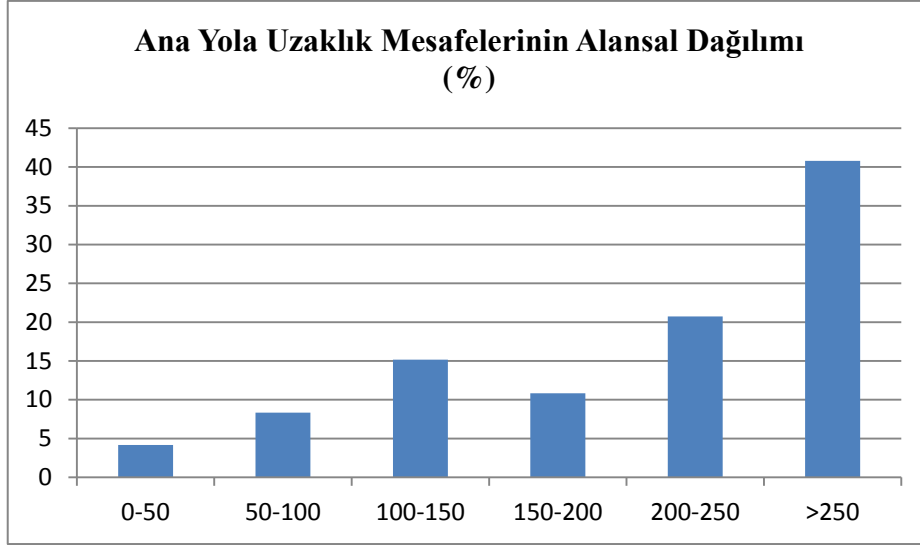
Şekil 72. Sinop ve çevresinin ana yola uzaklık haritası



Şekil 73. Sinop ve çevresinin ana yola uzaklık tampon bölge haritası



Şekil 74. Sinop ve çevresinin ana yola uzaklık tampon bölgeleri ve heyelan envanter haritası



Şekil 75. Çalışma alanında ana yola yakınlığa ait yüzde dağılım grafikleri

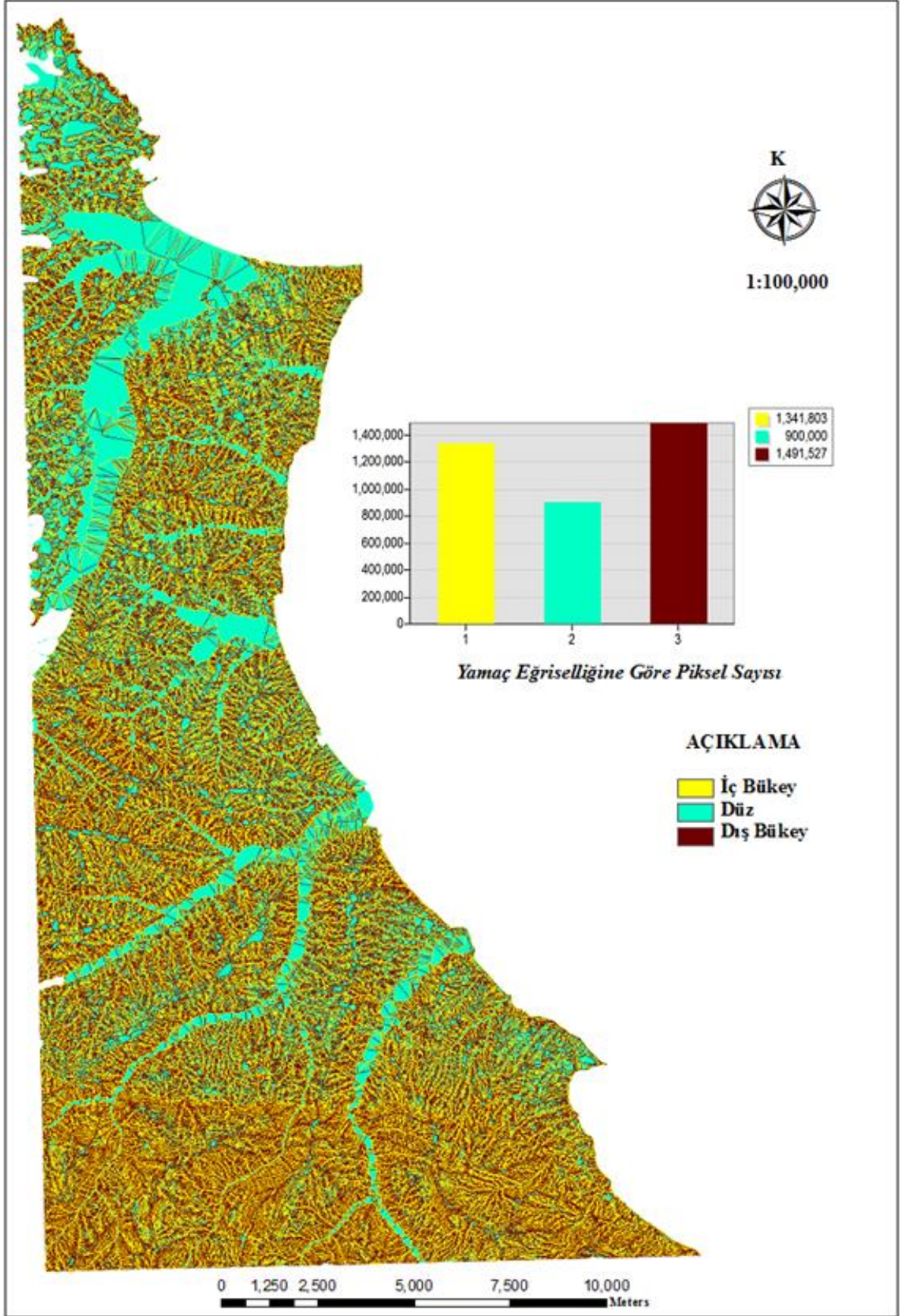
3.6.10. Yamaç Eğriselliği

Diğer topoğrafik parametrelerde olduğu gibi yamaç eğriselliği parametresine ilişkin harita da sayısal yükseklik modelinden üretilmiştir (Şekil 76). Yamaç eğriselliği haritası heyelan alanları ile karşılaştırılarak aralarındaki ilişki belirlenmiştir (Şekil 77). Üretilen yamaç eğriselliği haritasında çalışma alanı iç bükey, dış bükey ve düz olmak üzere 3 sınıfa ayrılmıştır. Yamaç eğrisellik sınıflarının ve heyelanların kapladığı alanlar ile heyelan yoğunlukları (%) hesaplanmıştır (Tablo 29).

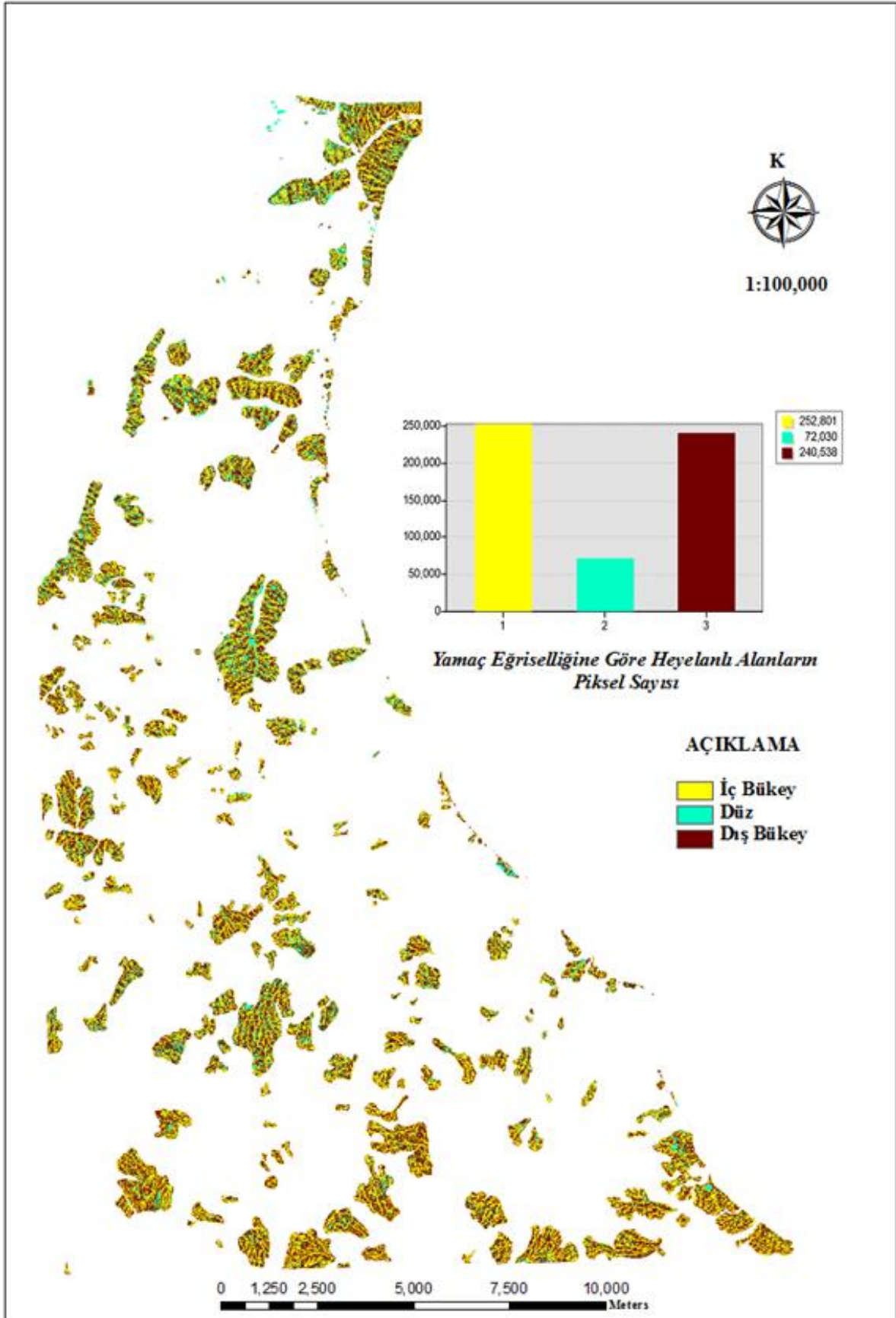
Tablo 29. Yamaç eğriselliği sınıfları ve heyelanlar arasındaki ilişkiler

Yamaç Eğriselliği	Piksel Sayısı (A)	Alan (km²)	% A	Heyelan Piksel (B)	Heyelan Alan (km²)	% B	B/A	Heyelan Yoğunluğu (%)
İç Bükey	1341803	107.824	35.941	252801	20.314	44.714	1.244	43.845
Düz	900000	72.321	24.107	72030	5.788	12.740	0.528	18.625
Dış Bükey	1491527	119.855	39.952	240538	19.329	42.545	1.065	37.530
Toplam	3733330	300	100	565369	45.431	100	2.838	100

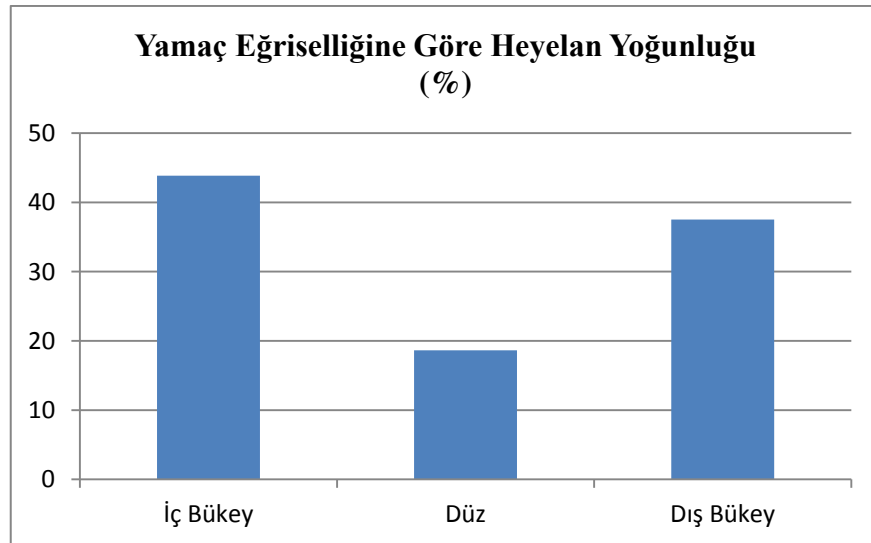
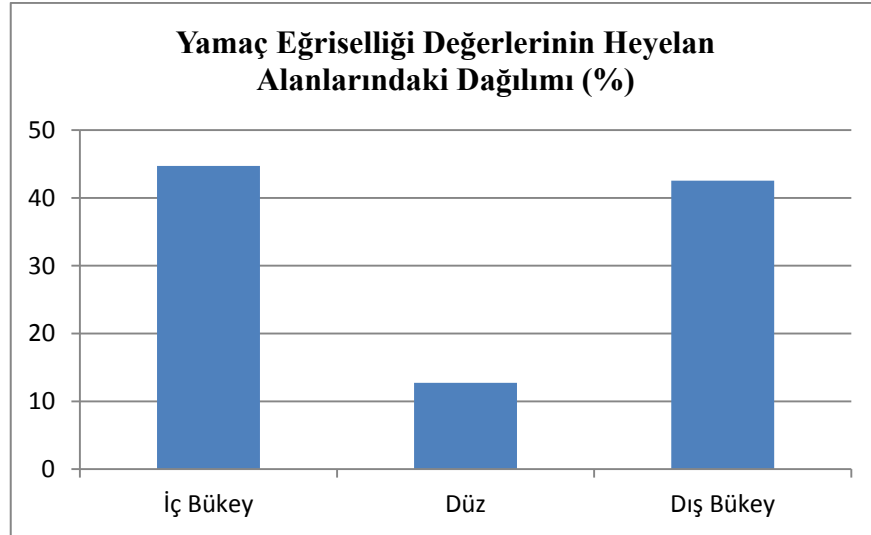
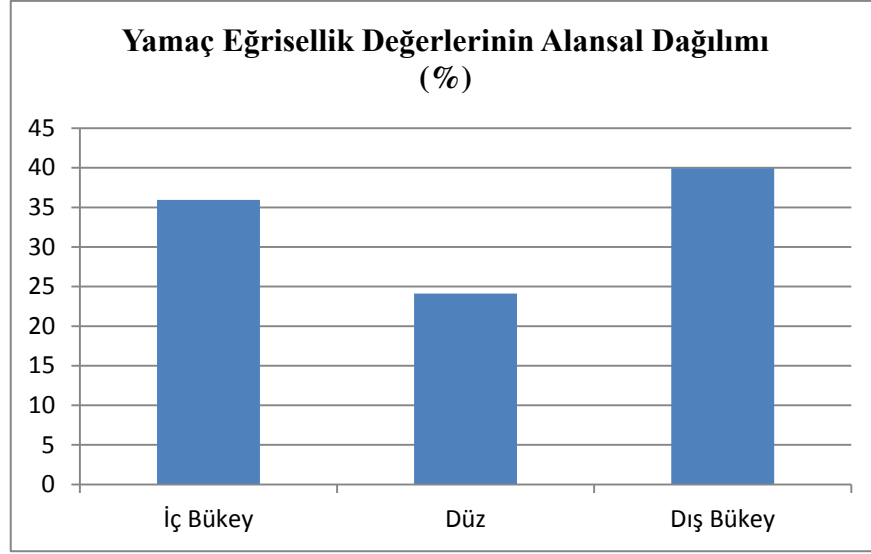
Tablo 29'daki değerlerden yararlanarak histogram hazırlanmıştır. Histogramlar incelendiğinde, çalışma alanının %39.95'lik kesiminin dış bükey, %35.94'lük kesiminin iç bükey ve % 24.11'lik kısmının düz olduğu belirlenmiştir. Heyelanlı alanların sınıflar arasındaki % dağılımları incelendiği zaman, mevcut heyelanların yaklaşık %44.71'inin iç bükey, %42.55'inin dış bükey ve %12.74' ünün düz alanlarda oluştuğu belirlenmiştir (Şekil 78). Yamaç eğriselliğine göre heyelan yoğunluğu (%) değerlendirildiğinde ise iç bükey alanlarda %43.8, dış bükey yamaçlarda %37.5 ve düz alanlarda % 18.6 olduğu görülmektedir.



Şekil 76. Sinop ve çevresinin yamaç eğrisellik haritası



Şekil 77. Sinop ve çevresinin yamaç eğrisellik haritası ve heyelan envanter haritası



Şekil 78. Çalışma alanında yamaç eğriselliğine ait yüzde dağılım grafikleri

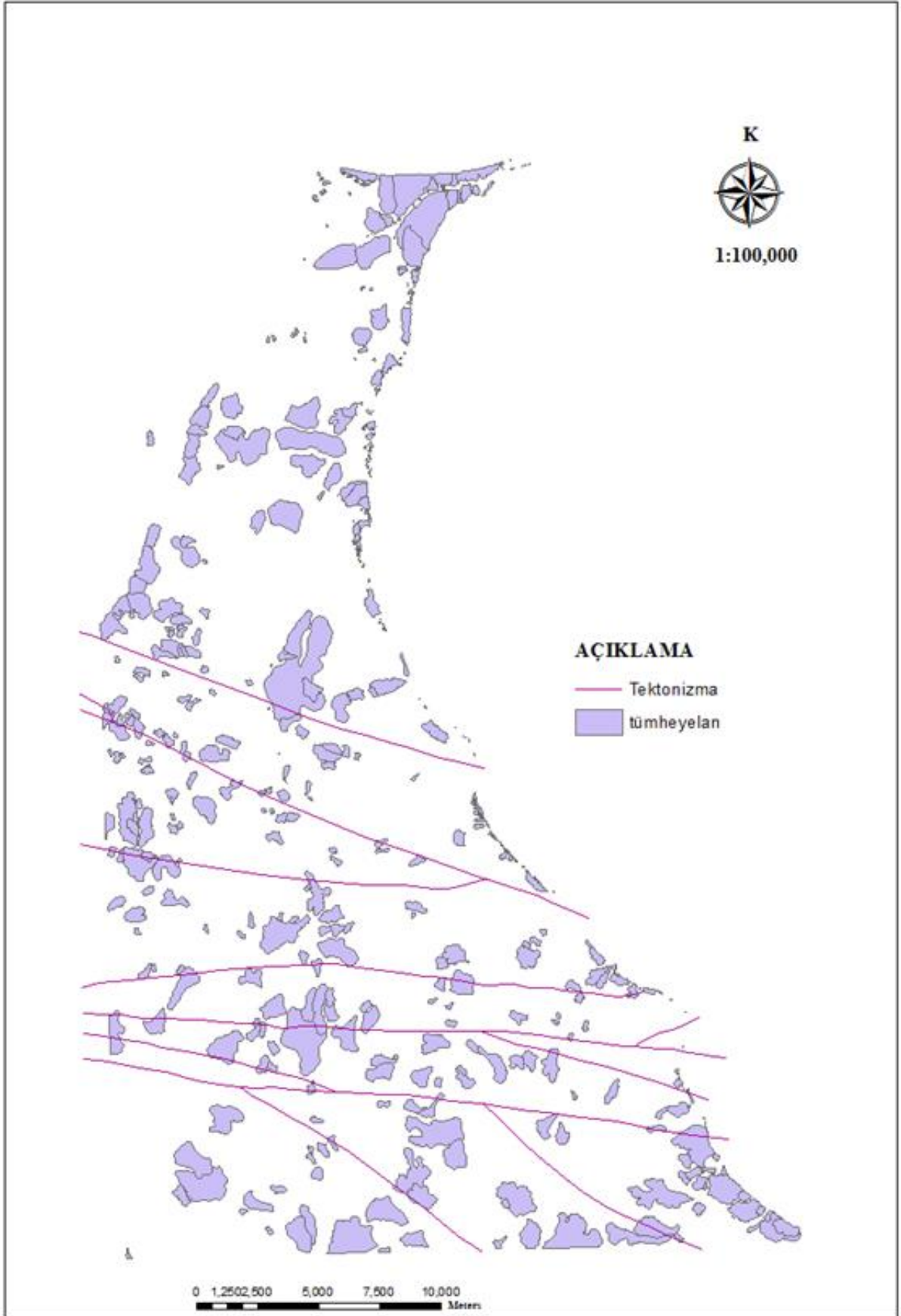
3.6.11. Yapısal Unsurlara Yakınlık

Çalışma alanı ile ilgili olarak, yapısal unsurlara yakınlığın meydana gelen heyelanlar üzerindeki etkisini belirlemek için, 50 metre aralıklar ile 6 farklı tampon bölge oluşturulmuş ve yapısal unsurlara yakınlık haritası üretilmiştir (Şekil 79). Yapısal unsurlara yakınlık haritası heyelan alanları ile karşılaştırılarak aralarındaki ilişki belirlenmiştir (Şekil 80 ve 81). Yapılan analiz ile oluşturulan 6 farklı tampon bölgede, yapısal unsurlara yakınlık değerleri ve heyelanların kapladığı alanlar ile yüzde (%) heyelan yoğunlukları hesaplanmıştır (Tablo 30).

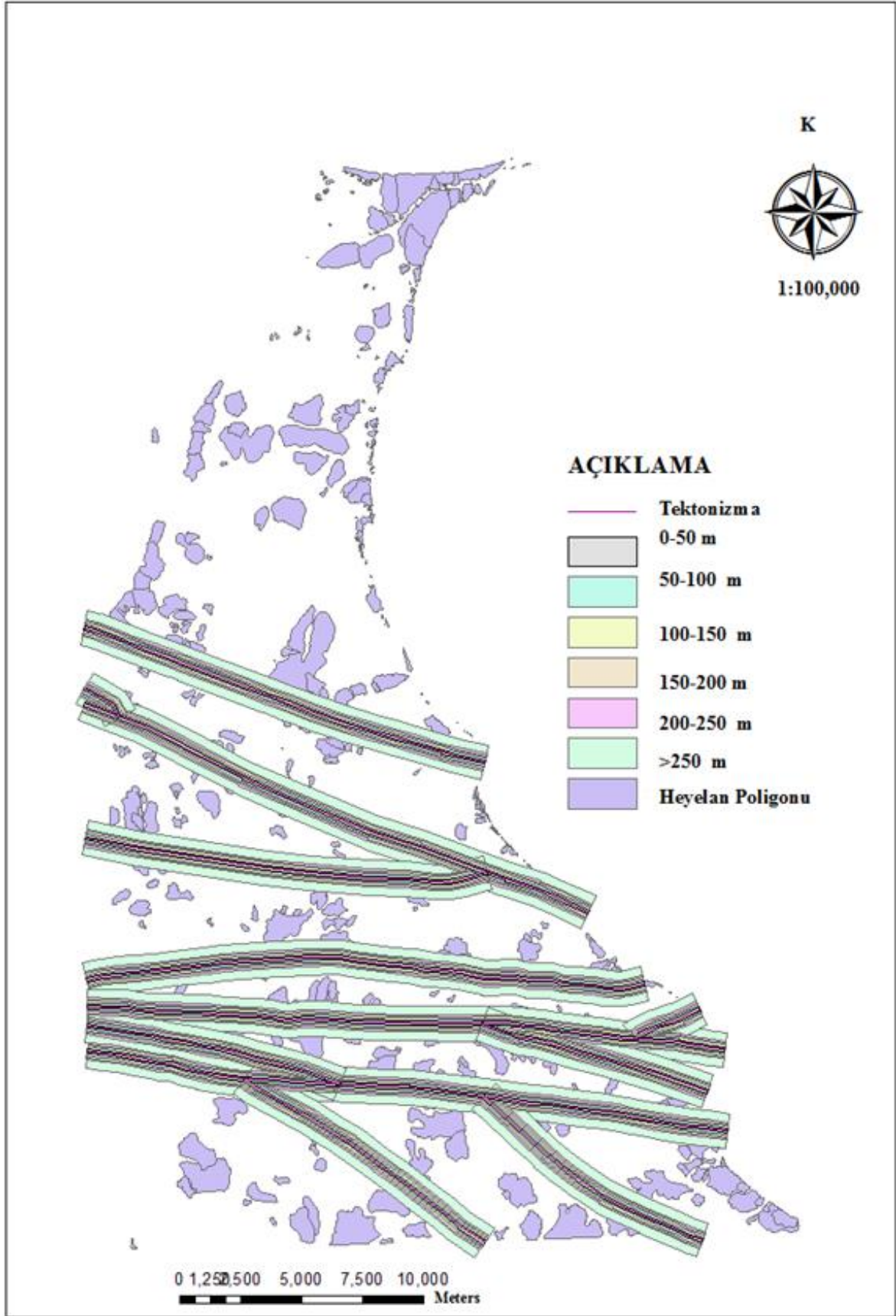
Tablo 30. Yapısal unsurlara yakınlık sınıfları ve heyelanlar arasındaki ilişkiler

Yapısal Unsurlara Uzaklık (m)	Piksel Sayısı (A)	Alan (km ²)	% A	Heyelanlı Piksel (B)	Heyelan Alan (km ²)	% B	B/A	Heyelan Yoğunluğu (%)
0-50m	102700	8.253	2.751	55645	4.471	9.842	3.478	43.611
50-100m	509180	40.916	13.639	59904	4.814	10.596	0.777	9.469
100-150m	426060	34.237	11.412	88452	7.108	15.645	1.371	16.710
150-200m	965100	77.553	25.851	32131	2.582	5.683	0.220	2.680
200-250m	676770	54.383	18.128	55866	4.489	9.881	0.545	6.644
>250m	1053520	84.658	28.219	273371	21.967	48.353	1.713	20.886
Toplam	3733330	300	100	565369	45.431	100	8.204	100

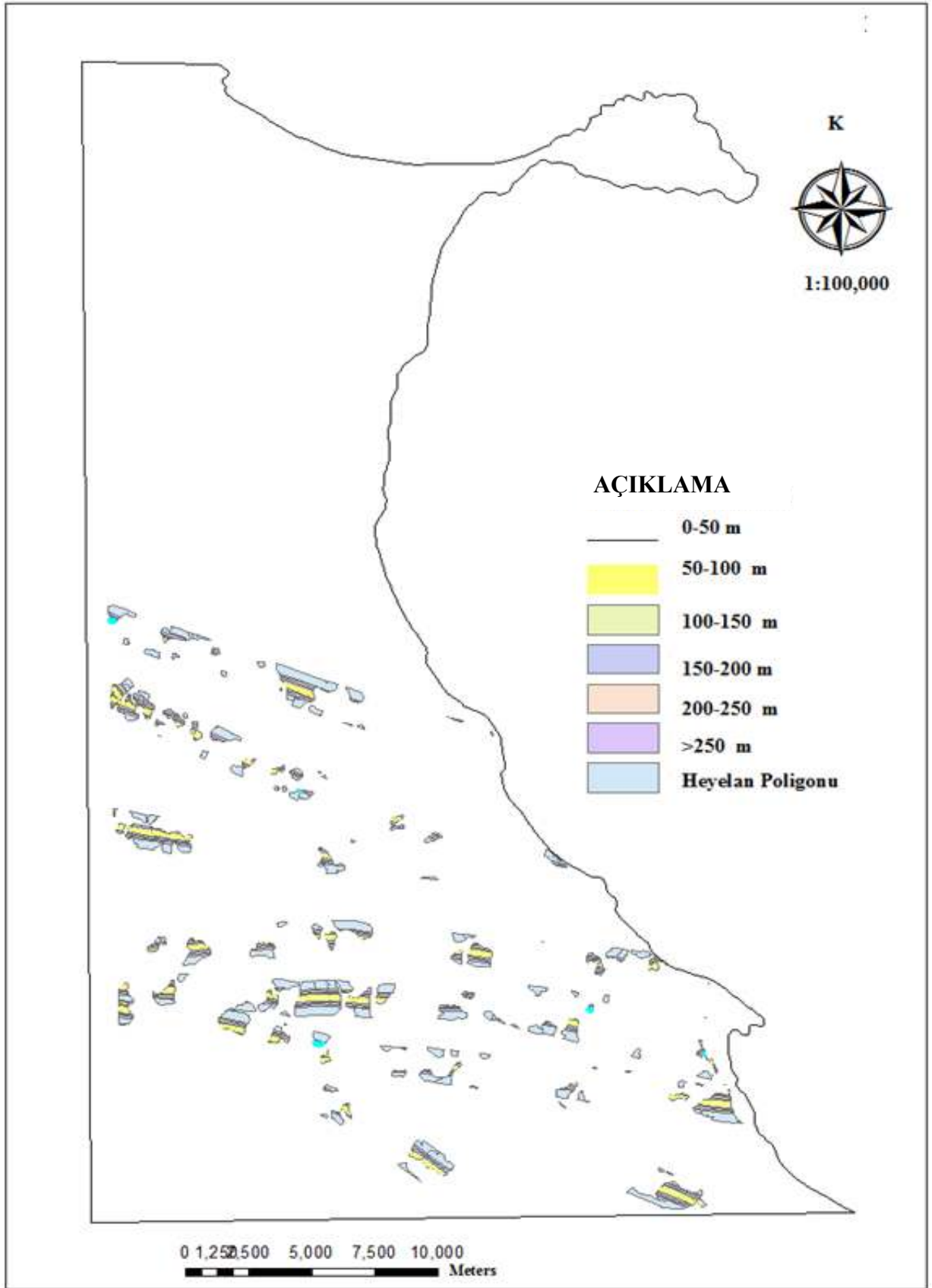
Tablo 30’da hesaplanan değerler dikkate alınarak histogramlar hazırlanmıştır (Şekil 82). Histogramlar incelendiğinde çalışma alanında oluşturulan tampon bölgelerin toplam alanları farklı dağılımlar göstermektedir. Heyelanlı alanlar ise 250 m’den büyük değerlerde önemli bir orandadır. Histogramlar incelendiğinde çalışma alanında oluşturulan tampon bölgelerin >250 m olan tampon bölgeler daha çok alan kaplamaktadır. Heyelan yoğunlukları (%) değeri dikkate alındığında yapısal unsurlara yakınlık olan sınıflarda, bu değerler özellikle 0-50 m mesafede % 43.611 değeri ile yüksek heyelan yoğunluğu görülmektedir. Buradan hareketle yapısal unsurlardan uzaklaştıkça meydana getirebileceği duraysızlık problemleri de nispeten azalabileceği söylenebilir.



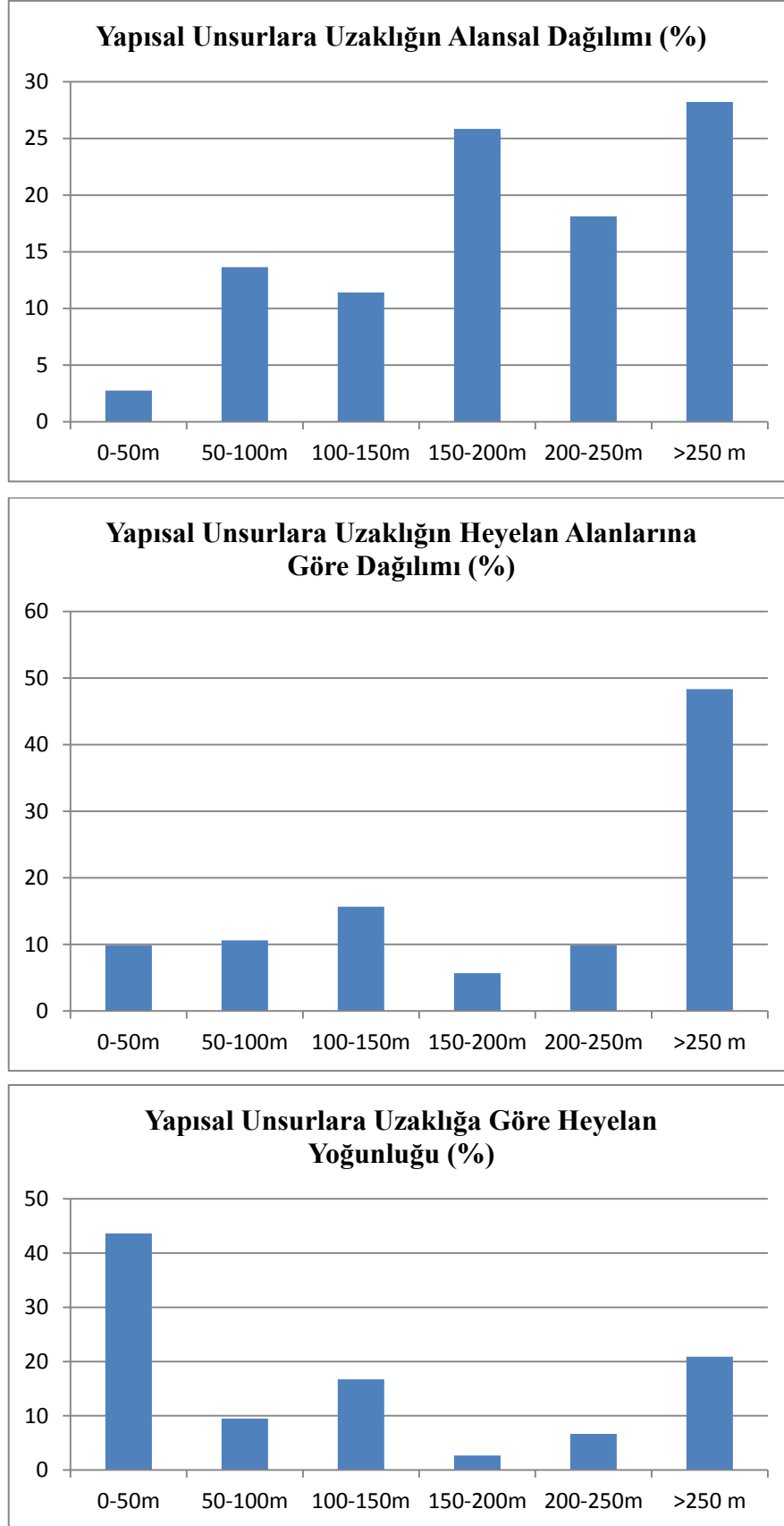
Şekil 79. Sinop ve çevresinin yapısal unsurlara uzaklık haritası



Şekil 80. Sinop ve çevresinin yapısal unsurlara uzaklık tampon bölge haritası



Şekil 81. Sinop ve çevresinin yapısal unsurlara uzaklık tampon bölgeleri ve heyelan envanter haritası



Şekil 82. Çalışma alanında yapısal unsurlara uzaklığa ait yüzde dağılım grafikleri

3.7. Heyelan Duyarlılık Haritalarının Üretilmesi

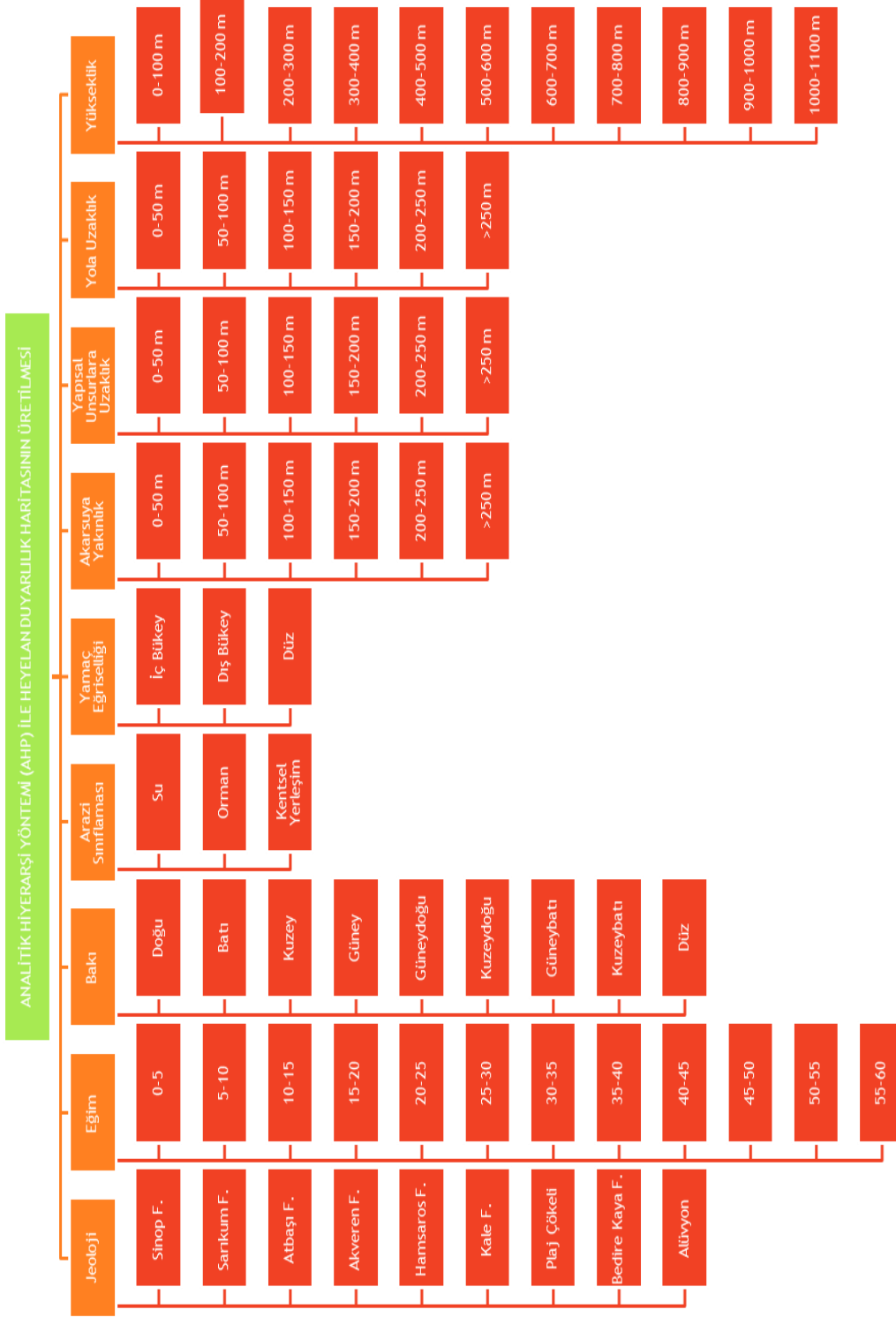
Çalışmada, heyelan yoğunluğunu dikkate alınarak, her bir parametrenin envanter haritası ile ayrı ayrı değerlendirilmesi sonucunda ağırlık değerleri oluşturulmuş ve AHP analiz yöntemiyle heyelan duyarlılık haritası üretilmiştir.

3.7.1. Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP) Kullanılarak Heyelan Duyarlılık Haritalarının Oluşturulması

Çalışmada dikkate alınan AHP yöntemi, heyelan oluşumunda etkin olduğu düşünülen parametrelerin birbirlerine göre etkinlik derecelerinin belirlenmesi ve duyarlılık haritası oluşturulurken dikkate alınması gereken parametrelerin seçilmesi amacıyla uygulanmıştır. İlk olarak kriter ve karar alternatiflerine göre problemin grafiksel akış şeması oluşturulmuştur (Şekil 83). Şekilde problemin hiyerarşisi gösterilmektedir. Hiyerarşinin ilk aşaması heyelan duyarlılık haritası üretmektir. İkinci aşamadaki akarsuya yakınlık, yamaç eğriselliği, anayola yakınlık, yapısal unsurlara yakınlık, arazi sınıflaması, yükseklik, yamaç eğim yönü, yamaç eğimi ve jeolojiden oluşan 9 adet kriter genel amaca ulaşmaya katkı sağlayacaktır. Son olarak, sınıflandırılmış alt kriterler her bir kritere göre değerlendirilecektir.

AHP de ilk aşama olarak, kriterlerin ve karar alternatiflerine yönelik olarak önceliklerin belirlenmesi gerekir. Bunun içinde ikili karşılaştırmalar oluşturulur. Heyelan duyarlılık haritası üretimi için belirlenecek öncelikler şu şekildedir;

- Dokuz kriter için önceliklerin belirlenmesi,
- Akarsuya yakınlık parametresinin öncelikleri,
- Yamaç eğriselliği parametresinin öncelikleri,
- Ana yola yakınlık parametresinin öncelikleri,
- Yapısal unsurlara yakınlık parametresinin öncelikleri,
- Arazi sınıflaması parametresinin öncelikleri,
- Yükseklik parametresinin öncelikleri,
- Yamaç eğim yönü parametresinin öncelikleri,
- Yamaç eğimi parametresinin öncelikleri ve
- Jeoloji parametresinin öncelikleri



Şekil 83. Analitik hiyerarşi (AHP) yöntemiyle heyelan duyarlılık haritasının oluşturulması akış şeması

3.7.2. İkili Karşılaştırmalar Matrisi

Parametrelerin birbirine göre olan karşılaştırmalarında, parametrelerin ağırlıklarının belirlenmesinde oluşturulan heyelan envanter haritası ile diğer veri katmanlarının karşılaştırılması esas alınmıştır. Dolayısıyla belirlenen ağırlık değerleri gerçek arazi verileriyle uyumludur. Her bir parametrenin alt kriterlerine ait dağılım yüzdeleri Bölüm 3,6’da tablolar şeklinde verilmiştir. Tablolarda verilen heyelan yüzde değerleri, parametrelerin alt kriterlerinin heyelan duyarlılığına olan etkilerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Yapılan ikili karşılaştırmalar sonucu her bir parametrenin ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulmuştur. Bunlardan alt kriterlerin ağırlıkları hesaplanmıştır. Bu işlem AHP de sentezleme olarak adlandırılır ve matematiksel olarak özdeğer ve özvektör hesaplamalarını içerir.

Jeoloji katmanı için ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturularak hesaplamalar yapılmıştır. Jeoloji için alt kriterlerin ağırlıkları ve tutarlılık oranı bulunmuştur (Tablo 31).

Tablo 31. Jeoloji birimlerinin heyelan duyarlılığına olan etki değeri

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Öz Vektör	Ağırlıklar (%)
A	1	2	2	3	4	4	5	6	7	3	28
B	1/2	1	2	2	3	3	4	5	5	2	20
C	1/2	1/2	1	2	3	4	4	4	5	2	17
D	1/3	1/2	1/2	1	2	2	3	3	4	1	11
E	1/4	1/3	1/3	1/2	1	2	2	2	3	1	8
F	1/4	1/3	1/4	1/2	1/2	1	2	2	2	1	6
G	1/5	1/4	1/4	1/3	1/2	1/2	1	2	2	1	5
H	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1/2	1/2	1	2	0	4
I	1/7	1/5	1/5	1/4	1/3	1/2	1/2	1/2	1	0	3

A: Sinop Formasyonu, B: Atbaşı Formasyonu, C: Akveren Formasyonu, D: Kusuri Formasyonu, E: Sarıkum Formasyonu, F: Plaj çökeli, G: Alüvyon, H: Kale Formasyonu, I: Hamsaros Formasyonu

Tablo 31’de jeoloji katmanında, Sinop Formasyon’un heyelan duyarlılığına etkisinin en fazla olduğu görülmektedir. Bunun nedenin ise formasyonun kumtaşı ve marn ara katmanlı kireçtaşıdan oluşmasıdır. Buna ek olarak Miyosen yaşlı birim alanın % 4’lük kısmını oluşturmaktadır.

Eğim katmanının alt kriterlerinin heyelan duyarlılığındaki etki değerlerini belirlemek için üretilen eğim haritası 12 gruba ayrılmış ve her bir eğim grubunun karşılaştırılması sonucu ikili karşılaştırmalar sonucu ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturularak buradan eğim gruplarının ağırlık değerleri ve tutarlılık oranı hesaplanmıştır (Tablo 32).

Tablo 32. Eğim değerlerinin heyelan duyarlılığına olan etki ağırlıkları

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M	Öz Vektör	Ağırlıklar (%)
A	1	1/4	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/2	1/2	1/3	1/3	1/5	3	17
B	5	1	1/2	1/2	2	3	3	3	4	3	2	1/2	2	15
C	5	2	1	2	2	3	3	4	5	3	3	2	2	14
D	5	2	1/2	1	2	3	3	4	3	5	3	1/2	2	12
E	4	1/2	1/2	1/2	1	2	3	3	3	3	2	1/2	2	10
F	3	1/3	1/3	1/3	1/2	1	3	3	3	2	1/2	1/3	1	9
G	3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1	2	3	1/2	1/3	1/3	1	6
H	2	1/3	1/4	1/4	1/3	1/3	1/3	1	2	1/2	1/3	1/4	1	5
I	2	1/5	1/5	1/5	1/4	1/3	1/2	1/2	1	1/3	1/4	1/5	1	4
K	3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/2	2	2	3	1	1/3	1/3	1	3
L	4	1/2	1/3	1/3	1/2	2	3	3	3	3	1	1/3	0	3
M	5	2	1/2	2	2	3	3	4	5	3	3	1	0	2

A: 10-15°, B: 55-60°, C: 15-20°, D: 5-10°, E: 20-25°, F: 50-55°, G: 25-30°, H: 45-50°, I: 30-35°, K: 35-40°, L: 40-45°, M: 0-5°

Tablo 32’de heyelan duyarlılığına etkisi bakımından, 10-15° eğim aralık ağırlık değerlerinin diğer gruplara göre daha baskın olduğu görülmektedir.

Su, kentsel yerleşim ve orman olmak üzere 3 sınıfa ayrılan arazi sınıflaması katmanının heyelanla ilişkisi değerlendirilerek ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulmuştur. Her bir alt kriterin ağırlık değerleri ve veri katmanlarının tutarlılık oranları bulunmuştur (Tablo 33).

Tablo 33. Arazi sınıflaması değerlerinin heyelan duyarlılığına olan etki değeri

	A	B	C	Öz Vektör	Ağırlıklar (%)
A	1	3	7	3	67
B	1/3	1	3	1	24
C	1/7	1/3	1	0	9

A: Kentsel Yerleşim, B: Su, C: Orman

Tablo 33 incelendiğinde Kentsel Yerleşimin heyelan üzerinde etki değerinin diğer gruplara göre daha hâkim olduğu görülmektedir.

Bakı veri katmanını da heyelanlarla ilişkisi değerlendirilmek üzere bakı değeri, düz, güney, güneydoğu, kuzey, kuzeydoğu, batı, güneybatı, kuzeybatı ve doğu olmak üzere 9 sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıfların heyelanla ilişkisini değerlendirmek üzere ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulmuş ve her bir alt kriterin ağırlık değerleri ve bakı katmanının tutarlılık oranı bulunmuştur (Tablo 34).

Tablo 34. Bakı değerlerinin heyelan duyarlılığına olan etki değeri

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Öz Vektör	Ağırlıklar (%)
A	1	2	2	2	3	3	3	4	5	3	23
B	1/2	1	2	2	3	3	3	4	5	2	19
C	1/2	1/2	1	2	3	3	3	4	5	2	17
D	1/2	1/2	1/2	1	2	3	3	3	4	1	13
E	1/3	1/3	1/3	1/2	1	2	3	3	4	1	9
F	1/3	1/3	1/3	1/3	1/2	1	2	3	3	1	7
G	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/2	1	2	3	1	5
H	1/4	1/4	1/4	1/3	1/3	1/3	1/2	1	3	0	4
I	1/5	1/5	1/5	1/4	1/4	1/3	1/3	1/3	1	0	3

A: Doğu, B: Batı, C: Güney, D: Güneydoğu, E: Kuzeybatı, F: Kuzeydoğu, G: Güneybatı, H Kuzey, I: Düz,

Karadeniz Bölgesinde yükseltiler kıyıya paralel olarak uzandığı için Karadeniz üzerinden gelen yağışlardan kuzeye bakan yamaçlar aşırı derecede etkilenmektedir. Çalışma alanında yapılan incelmelerde, kuzeydoğuya bakan yamaçlarda heyelanların daha fazla meydana geldiği tespit edilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda doğuya bakan yamaçların ağırlık değerlerinin diğer yönlerle göre daha büyük bulunmuştur.

Sinop ili ve çevresinde, akarsulara olan yakınlık değerine göre 6 sınıf tanımlanmıştır. Bu sınıfların heyelanlarla olan ilişkisi değerlendirilerek ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulmuştur. Elde edilen ikili karşılaştırmalar matrisinde gerekli hesaplamalar yapılarak alt kriterlerin ağırlık değerleri bulunmuş ve akarsuya yakınlık katmanının tutarlılık oranı hesaplanmıştır (Tablo 35).

Tablo 35. Akarsuya yakınlık değerlerinin heyelan duyarlılığına olan etki değeri

	A	B	C	D	E	F	Öz Vektör	Ağırlıklar (%)
A	1	1/4	1/5	1/4	1/5	1/2	2	33
B	4	1	1/2	2	1/2	3	2	26
C	5	2	1	3	1/2	4	1	18
D	4	1/2	1/3	1	1/3	3	1	12
E	5	2	2	3	1	4	0	6
F	2	1/3	1/4	1/3	1/4	1	0	4

A:0-50m, B: 50-100m, C: 100-150m, D: 150-200m, E:200-250m, F:>250

Tablo 35’de, akarsuya 200-250 m yakınlık aralığının diğer gruplara göre heyelan duyarlılığında daha etkili (32.922) olduğu görülmektedir.

İnceleme alanında meydana gelen heyelanların yollarla olan ilişkisini değerlendirmek için ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulmuştur. Yapılan hesaplamalarla her bir yola yakınlık değerinin ağırlık değerleri ve yola yakınlık katmanının tutarlılık oranı bulunmuştur (Tablo 36).

Tablo 36. Ana yola uzaklık değerlerinin heyelan duyarlılığına olan etki değeri

	A	B	C	D	E	F	Öz Vektör	Ağırlıklar (%)
A	1	2	2	1/3	3	4	3	37
B	1/2	1	1/2	1/3	2	2	2	22
C	1/2	2	1	1/3	2	3	1	15
D	3	3	3	1	3	5	1	11
E	1/3	1/2	1/2	1/3	1	2	1	8
F	1/4	1/2	1/3	1/5	1/2	1	0	6

A:0-50m, B: 50-100m, C: 100-150m, D: 150-200m, E:200-250m, F:>250 m

Tablo 36 incelendiğinde, ana yola uzaklık mesafelerine karşılık gelen ağırlık değerlerinin gruplar arasında dağılım gösterdiği ve 150-200 m grubun baskın olduğu görülmüştür.

Düz, içbükey ve dışbükey olmak üzere 3 sınıfa ayrılan yamaç eğriselliği katmanının heyelanla ilişkisi değerlendirilerek ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulmuştur. Her bir alt kriterin ağırlık değerleri ve veri katmanlarının tutarlılık oranları bulunmuştur (Tablo 37).

Tablo 37. Yamaç eğriselliği değerlerinin heyelan duyarlılığına olan etki değeri

	A	B	C	Öz Vektör	Ağırlıklar (5)
A	1	2	4	2	56
B	1/2	1	3	1	32
C	1/4	1/3	1	0	12

A İç Bükey, B: Dış bükey, C: Düz,

Tablo 37 incelendiğinde, iç bükey alanların heyelan üzerinde etki değerinin diğer gruplara göre daha hakim (55.842) olduğu görülmektedir.

Yükseklik katmanın alt kriterlerinin heyelan duyarlılığındaki etki değerlerini belirlemek için üretilen eğim haritası 11 gruba ayrılmış ve her bir eğim grubunun karşılaştırılması sonucu ikili karşılaştırmalar sonucu ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturularak buradan yükseklik gruplarının ağırlık değerleri ve tutarlılık oranı hesaplanmıştır (Tablo 38).

Tablo 38. Yükseklik değerlerinin heyelan duyarlılığına olan etki değeri

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	Öz Vektör	Ağırlıklar (%)
A	1	1/2	1/4	1/3	1/4	1/4	1/3	2	3	3	3	3	21
B	2	1	1/3	1/3	1/3	1/3	1/2	3	3	4	5	3	18
C	4	3	1	2	2	1/2	3	5	5	5	7	2	16
D	3	3	1/2	1	2	1/2	2	4	5	5	6	2	13
E	4	3	1/2	2/3	1	1/2	3	5	5	5	7	1	9
F	4	3	2	2	2	1	3	5	5	5	7	1	7
G	3	2	3	1/2	3	1/3	1	3	4	5	5	1	5
H	1/2	1/3	1/5	1/4	1/5	1/5	1/3	1	2	3	3	1	4
I	1/3	1/3	1/5	1/5	1/5	1/5	1/4	1/2	1	2	3	0	3
K	1/3	1/4	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/2	1	2	0	2
L	1/3	1/5	1/7	1/6	1/7	1/7	1/5	1/3	1/3	1/2	1	0	2

A:0-100m, B: 100-200m, C: 200-300m, D: 300-400m, E:400-500m, F:500-600m, G:600-700m, H:700-800m, I:800-900m,K:900-1000, L:1000-1100m

Tablo 38’de heyelan duyarlılığına etkisi bakımından, 500-600 m aralığındaki yükseklik ağırlık değerlerinin, diğer gruplara göre daha baskın olduğu görülmektedir.

Sinop ili ve çevresinde, yapısal unsurlara olan yakınlık değerine göre 6 sınıf tanımlanmıştır. Bu sınıfların heyelanlarla olan ilişkisi değerlendirilerek ikili

karşılaştırmalar matrisi oluşturulmuştur. Elde edilen ikili karşılaştırmalar matrisinde gerekli hesaplamalar yapılarak alt kriterlerin ağırlık değerleri bulunmuş ve yapısal unsurlara yakınlık katmanının tutarlılık oranı hesaplanmıştır (Tablo 39).

Tablo 39. Yapısal unsurlara yakınlık değerlerinin heyelan duyarlılığına olan etki değeri

	A	B	C	D	E	F	Öz Vektör	Ağırlıklar (%)
A	1	2	4	4	5	6	3	39
B	1/4	1	1/3	3	2	3	2	27
C	1/2	3	1	4	3	5	1	13
D	1/5	1/3	1/4	1	1/2	2	1	10
E	1/4	1/2	1/3	2	1	3	1	6
F	1/6	1/3	1/5	1/2	1/3	1	0	4

A:0-50m, B: 50-100m, C: 100-150m, D: 150-200m, E:200-250m, F:>250 m

Tablo 39’da, yapısal unsurlara uzaklık 0-50 m yakınlık aralığının diğer gruplara göre heyelan duyarlılığında daha etkili (39.374) olduğu görülmektedir.

Katmanların kendi içerisinde etki değerleri yukarıda ifade edilen hesaplamalarla bulunmuştur. Heyelan duyarlılık haritasının üretimi için katmanların birbiriyle olan ilişkilerinin belirlenmesi gerekmektedir. Hangi katmanın ne kadar etki değerinin olduğunu belirlemek için katmanlar arasında AHP de ikili karşılaştırmalar metodu kullanılarak katmanların ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulmuştur (Tablo 40). Oluşturulan bu matris ile katmanların her birinin heyelan duyarlılık haritası üretimindeki ağırlık değerleri bulunmuştur. Ayrıca yapılan işlemlerin anlamlılığının ortaya konulması için veri katmanlarına ait tutarlılık oranı bulunmuştur.

Bu çalışmada, heyelan duyarlılık haritalarının üretilmesine yönelik olarak arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları sonucu elde edilen verilerle konumsal veri tabanı oluşturulmuştur. Raster veri modeline dönüştürülen veri katmanlarının, AHP ile yapılan hesaplamalar sonucunda hem veri katmanı bazında hem de alt kriterler bazında ağırlıkları belirlenerek analizleri yapılmıştır. Bu ağırlık değerlerinden büyük olanı, heyelan duyarlılığına olan etkinin daha fazla olduğunu işaret etmektedir (Tablo 41). Bu analizlerin temeli, her katmandan aynı bir pikselin alacağı özellik ile bunun matematiksel değeri ve heyelan duyarlılık haritasının üretimindeki etkisini belirlemeye dayanmaktadır.

Tablo 40. Veri katmanlarının heyelan duyarlılığına olan etki değeri

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Öz Vektör	Ağırlıklar (%)
A	1,00	2,00	3,00	3,00	4,00	4,00	5,00	5,00	6,00	3	31
B	0,50	1,00	2,00	2,00	3,00	3,00	4,00	4,00	4,00	2	21
C	0,33	0,50	1,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	1	14
D	0,33	0,50	0,25	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	1	10
E	0,25	0,33	0,25	0,25	1,00	2,00	2,00	2,00	3,00	1	8
F	0,25	0,33	0,25	0,25	0,25	1,00	2,00	2,00	2,00	1	6
G	0,20	0,25	0,33	0,25	0,25	0,25	1,00	2,00	2,00	0	4
H	0,20	0,25	0,33	0,25	0,25	0,25	0,25	1,00	2,00	0	4
I	0,17	0,25	0,33	0,33	0,33	0,25	0,25	0,25	1,00	0	3

A: Bakı, B: Jeoloji, C: Ana yola uzaklık D: Arazi sınıflaması, E: Yamaç Eğriselliği, F: Eğim, G: Yükseklik, H: Akarsuya yakınlık, I: Yapısal unsurlara yakınlık

Her bir katmanın alt kriterlerine karşılık gelen ağırlık değerleri (piksel faktör puanı) ait oldukları piksellere atanmış ve katmanların belirlenen ağırlık değerleri (piksel ağırlığı) piksel faktör puanıyla çarpılarak sonuç haritası üretilmiştir. Analiz sonucunda Sinop ve çevresi için heyelan duyarlılık haritası üretilmiştir (Şekil 85). Üretilen heyelan duyarlılık haritasında, piksel değerleri eşit şekilde bölünerek çok düşük duyarlı, düşük duyarlı, orta duyarlı, yüksek duyarlı ve çok yüksek duyarlı olmak üzere 5 duyarlılık zone tanımlanmıştır. Yapılan analizler sonucunda, duyarlılık zonlarının çalışma alanındaki alan ve yüzde dağılımları belirlenmiştir (Tablo 42). Tablo 42 incelendiğinde, yörenin %53'e yakın bir bölümünün heyelan duyarlılığı orta derece olan alanlar, %11 çok düşük, %11 düşük, %25 ise yüksek dereceli duyarlı alanlardan oluşmaktadır. Şekil 84 değerlendirildiğinde, orta derecede heyelana duyarlı alanların hakim olduğu görülmektedir.

Üretilen heyelan duyarlılık haritasının güvenilirliğini test etmek için heyelan envanter haritası ve heyelan duyarlılık haritasının karşılaştırılması yapılmıştır. Bu karşılaştırmada, oluşmuş heyelanların gösterildiği heyelan envanter haritasındaki alanlar, heyelan duyarlılık haritası ile karşılaştırılmıştır.

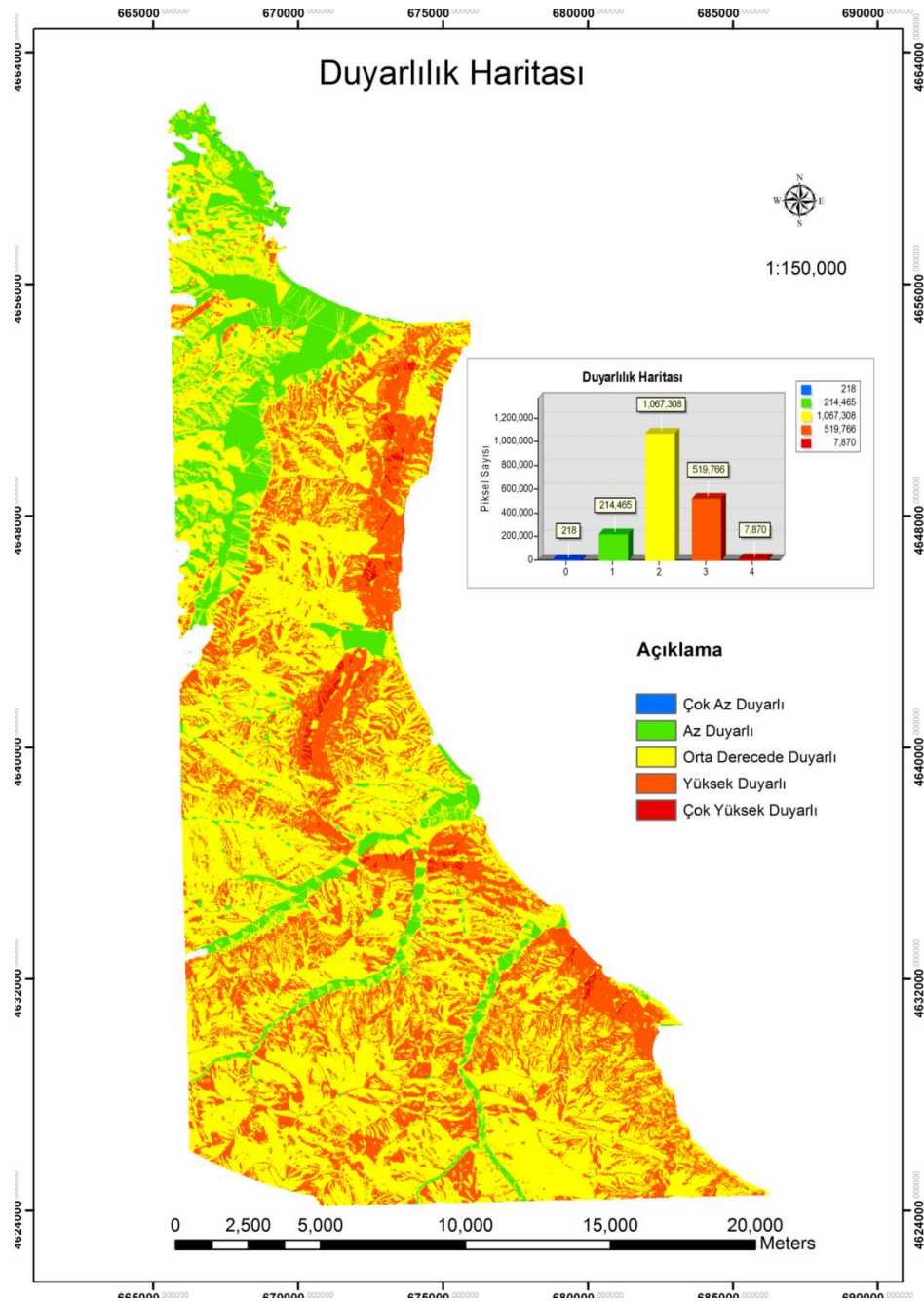
Daha sonra, mevcut heyelan alanlarının duyarlılık zonlarına göre dağılımları belirlenmiştir. Yapılan analizlerle mevcut heyelan alanlarının, üretilen heyelan duyarlılık haritasındaki yüksek ve çok yüksek duyarlı alanlarla olan ilişkisi araştırılmıştır. Sonuçta üretilen heyelan duyarlılık haritasında alanın %53'nün orta derecede duyarlı olduğu, %25'nin ise yüksek duyarlı olduğu belirlenmiştir. Pilot bölge olarak seçilen Gerze ve Sinop heyelan duyarlılık haritasında orta-yüksek derecede duyarlı çıkmıştır.

Tablo 41. Veri katmanları ve alt kriterlerin ağırlık değerleri

Katman	Alt Katman	Alt Katman Puanı	Katman Yüzde Önem Derecesi
BAKİ			0,06
	DÜZ	1	
	Kuzey	3	
	Kuzeydoğu	3	
	Doğu	4	
	Güneydoğu	2	
	Güney	2	
	Güneybatı	2	
	Batı	3	
	Kuzeybatı	5	
JEOLJİ			0,21
	Sinop Formasyonu	5	
	Sarıkm Formasyonu	2	
	Plaj Çökeli	1	
	Alüvyon	1	
	Kusuri Formasyonu	4	
	Atbaşı Formasyonu	5	
	Akveren Formasyonu	5	
	Kale Formasyonu	3	
	Hamsaros Formasyonu	1	
ARAZİ SINIFI			0,12
	Kentsel Yerleşim	3	
	Orman	2	
YAMAÇ EĞRİSELLİĞİ			0,10
	İçbükey	2	
	Düz	1	
	Dışbükey	3	
EĞİM (Derece)			0,16
	0-5	2	
	05-010	2	
	010-015	5	
	15-20	3	
	20-25	4	
	25-30	1	
	30-35	1	
	35-40	1	
	40-45	1	
	45-50	1	
	50-55	1	
	55-60	1	
YÜKSEKLİK			0,10
(m)	0-100	5	
	100-200	4	
	200-300	3	
	300-400	2	
	400-500	1	
	500-600	1	
	600-700	1	
	700-800	1	
	800-900	1	
	900-1000	1	
YOL (m)			0,20
	0-250	5	
	250-500	4	
	500-1000	2	
	1000-	1	
AKARSU (m)			0,10
	Çakışan	5	
TEKTONİZMA (m)			0,10
	Çakışan	5	

Tablo 42. Heyelan duyarlılık zonlarının alan ve yüzde dağılımları

Duyarlılık Zonları	Piksel Sayısı	Yüzde Dağılım (%)
Çok düşük derece duyarlı alanlar	218	10,75
Düşük derece duyarlı alanlar	214	10,58
Orta derece duyarlı alanlar	1067	52,64
Yüksek derece duyarlı alanlar	520	25,64
Çok yüksek derece duyarlı alanlar	8	0,34



Şekil 84. Sinop ve çevresinin heyelan duyarlılık haritası

4. İRDELEME

4.1. Envanter Haritalarının Hazırlanmasında Yapılan Eksiklikler

Literatürde envanter haritasının oluşturulmasına dair çelişkiler mevcuttur. Son yıllarda yapılan çalışmalarda kurumlardan sağlanan envanter haritalarına yer verilmekteyken, daha önce yapılan çalışmalarda bu daha disiplinli olarak gerçekleştirilmekteydi. Envanter hazırlanmasında hazır haritalar ise hava fotoğrafları ile oluşturulmakta olup bunlar güncellenememektedir. MTA tarafından gerçekleştirilen heyelan envanter projesi birkaç bölgeyle kısıtlı kalmıştır.

Bu çalışmada tüm bu belirsizlikler dikkate alınarak, heyelan envanter haritası MTA'dan sağlanan envanter haritası, Harita Genel Komutanlığından sağlanan hava fotoğrafları, Quickbird uydu görüntüleri ve arazi çalışmaları ile bölgeyi tam anlamıyla kapsayarak gerçekleştirilmiştir.

4.1.1. Örnek Çalışmalarda Belirlenen Eksiklikler

Yöntem, parametre seçimi, envanter haritası hazırlanması gibi aşamaların farklılıkları ve sonuçlarda oluşan hataları gözlemek için 2012 yılında çalışma alanında üretilen heyelan duyarlılık çalışması incelenmiş ve şu sonuçlar çıkarılmıştır;

- Çalışmada MTA tarafından 2007 yılında hazırlanan envanter haritasının kullanılmıştır.
- Alanda 351 adet heyela belirlenmiştir.
- Alanda, arazi çalışması yapılmamıştır. Çalışmalarının yayınından kısa bir süre sonra düşük duyarlı olarak gösterilen alanda heyelanlar meydana gelmiştir.
- Alanda devam etmekte olan yol çalışması ve yol çalışmasında meydana gelen heyelanlar değerlendirmeye alınmamıştır.
- Alanda heyelan görülmeyen volkanik birimlerde hesaplama dahil edilmiştir.
- Çalışmalarında en güncel olan, TWI, SPI ve NDVI gibi parametrelerle literatürde en sık kullanılan ve en kolay elde edilen sayısal yükseklik modelinin birinci türevleri eğim bakı ve yükseklik kullanmışlardır.

- Çalışmada parametre sınıfları bilgisayar tarafından otomatik olarak atanmıştır.

4.1.2. Çalışmalarda Belirlenen Eksikliklerin Giderilmesi İçin Yapılan İşlemler

- Alanda 2003-2007 yılları arasında yapılan yüksek lisans tezi baz alınmıştır. Özellikle, 2010-2012 yılları arasında Sinop AFAD Müdürlüğünden ve daha öncesinde Bayındırlık ve İskan Müsdürlüğünden alına arşiv bilgileri derlenerek çok eski tarihli veriler güncellenerek koordinatlı olarak heyelan yerleri işaretlenmiştir. Özellikle Gerze-Sinop arasında kalan sahil kesimi ulaşım güçlüğü nedeniyle kıyıda kayıkla gerçekleştirilmiştir. Önünde plaj olmayan ve çoğunun topuğu deniz altında yer alan heyelanlara ait 1500 den fazla farklı açılarda fotoğraflamada yapılarak kütle hareket tipleri yaklaşık olarak belirlenmiştir. Alan 2003-2013 yılları arasında sürekli olarak incelemeye tabi tutturmuştur. Bu zaman diliminde sorunlu görülen yerlerden sıklıkla örnekleme yapılmış ve güncelleme yani haritaya alanda olan değişimler yakalandıkça işlenmiştir. Hava Komutanlığından hava fotoğrafları, Google Earth ve 2004-2011 yıllarına ait Quickbird uydu görüntüleride çeşitli programlar ile işleme tabi tutularak alanın en güncel envanteri elde edilmeye çalışılmıştır. Gerek arşiv bilgileri ile gerekse arazi çalışmalarıyla alanın güncel kimlik bilgileri çıkarılmıştır.
- Doktora çalışması sırasında 829 adet heyelan farklı yöntemlerle belirlenmiştir.
- Sahil Yolu Projesi, alanda son 3 yılda çok sayıda heyelanın meydana gelmesine neden olmaktadır.
- Parametre seçiminde en önemli nokta alanın homojen tortul ve malzemenini sıkı tutturulmamış olmasından kaynaklanmaktadır. Arazi çalışmalarının önemi burada birkez daha anlaşılmaktadır. Bir diğer noktaysa literatürde alanın mümkün olduğunca homojen yapılmasıdır. Çalışma alanı Tortul bir havzadır. İnceleme alanında Ada mahallesinde heyelan gözlenmemiştir. Bahsedilen alan volkanik kökenlidir. Doktora çalışmasında literatürde vurgulanan bu nokta dikkate alınmış ve alan homejen olacak şekilde sınırları belirlenmiştir.
- Parametre olarak alanın güncel durumu ve 293 çalışmadan elde edilen ve en çok kullanılan 9 parametre seçilmiştir. Burda parametrenin alana göre seçiminin alanın ise çok ayrıntılı arazi gözlemleri ile yapılmasının önemi vurgulanmıştır.

- Parametre seçiminden sonra yaşanan bir diğer problem parametreler için sınıf aralıklarının belirlenmesidir. Doktora çalışmasında 293 çalışma arasında seçilen parameterler ait bilgiler derlenerek hangi araştırmacının, hangi alanda hangi parametre için hangi sınıflama değerleri seçtiği ile ilgili bir veri seti oluşturulmuştur. Bu veri derlenerek ve deneyerek sınıflama yapılmıştır.

5. SONUÇLAR

Batı Karadeniz Bölgesi Sinop ili sınırları içerisinde seçilen alanda heyelan duyarlılık çalışması yapılmıştır. Çalışma alanındaki heyelanların meydana gelmesinde etkin olduğu düşünülen ve literatürde yaygın olarak kullanılan; yamaç eğimi, eğim yönü, yamaç eğriselliği, topoğrafik yükseklik, arazi kullanımı, akarsuya yakınlık, yollara uzaklık, yapısal unsurlara uzaklık ve jeoloji parametrelerinin, heyelanlar üzerindeki etkinliği incelenmiştir.

Çalışma alanının heyelan duyarlılık haritaları, heyelan envanteri haritası temel alınarak, Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP) yardımıyla oluşturulmuştur. Ağırlık değerlerine göre en etkin olan parametrelerin jeoloji ve anayola uzaklık olduğu bunları önem sırasına göre; eğim, arazi sınıfı, yamaç eğriselliği, yükseklik, akarsuya yakınlık, yapısal unsurlara uzaklık ve bakı parametrelerinin takip ettiği saptanmıştır. Çalışma alanının, heyelan duyarlılık haritalarının üretilmesinde kullanılan yöntem bilim, AHP' de parametrik ilişkilerin ortaya konulmasını, puanlamanın daha nesnel yapılabilmesini sağlamak ve etkin olan parametre(ler)in seçimine olanak sağlamaktadır.

Bu araştırmada arazi, laboratuvar ve büro çalışmalarıyla belirlenen veriler, Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Sinop ve Gerze yöreleri heyelan duyarlılığı açısından incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- 1) Sinop ve Gerze yöresinin 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmış ve bu yöre için litostratigrafi birimleri olarak yaşıdan gence doğru; Hamsaros Formasyonu (Üst Kretase), Akveren Formasyonu (Üst Kretase), Atbaşı Formasyonu (Erken Eosen), Kusuri Formasyonu (Orta Eosen), Sinop Formasyonu (Miyosen), Sarıkum Formasyonu (Pliosen), Kale Formasyonu (Geç Pleyistosen), Bedire Kayası Formasyonu (Erken Pleyistosen), Plaj Çökeli (Erken Pleyistosen), Taraça ve Alüvyon (Kuvaterner) ayırtlanmıştır.
- 2) Sinop merkez ilçede jeoteknik çalışmalar yapılarak, zeminlerinin kayma direnci parametreleri, yeraltı suyu durumu, taşıma gücü, standart penetrasyon (SPT) deneyi vuruş sayısı, elastisite modülü, poisson oranı, sismik ve öz direnç verileri (V_p , V_s) belirlenmiştir.

- ✓ İçsel sürtünme açısının 3^0 ile 17^0 arasında değişen değerler gösterdiği özellikle kıyı kesimlerde içsel sürtünme açısının 20^0 'den az, orta kesimlerde daha yüksek olduğu belirlenmiştir.
 - ✓ Kohezyon 26 ile 82 Kpa arasında değişen değerlere sahip olduğu, bu değerlerin orta kesimlerde fazlayken, kıyı kesimlerde daha az olduğu belirlenmiştir.
 - ✓ İmara esas jeolojik-jeoteknik amaçlı yapılan 85 sondaj ile yeraltı su tablasının (YSS) ölçülerek, statik seviye belirlenmiştir. Alanda statik seviyenin 2 m ile 16 m arasında değişen değerlere ulaştığı belirlenmiştir. Bu haritalardan, çalışma alanın kuzeyinde statik seviye daha düşük iken (5-6 m), güneyde 9 m ile 10 m'ye kadar ulaştığı anlaşılmaktadır.
 - ✓ Temel derinliği ve genişliği 2 m alınarak sınır taşıma gücü değeri hesaplanmıştır. Alanda taşıma gücü değerleri 140 ile 520 kPa arasında değişmektedir. Çalışma alanın orta kesimlerinde taşıma gücü yüksek değerlerdeyken, kuzey ve güney kıyı kesimlerinde daha düşük değerler vermektedir.
 - ✓ 7,5 m için elde edilen düzeltilmiş SPT deneyi vuruş sayıları 14 ile 52 arasında değişmektedir. Çalışma alanın orta kesimlerinde SPT vuruş sayıları yüksek değerlerdeyken, kuzey ve güney kıyı kesimlerinde daha düşük değerler vermektedir.
 - ✓ Yeraltı P dalga hızı yapısı 0-4 m için, 400 ile 1250 m/s arasında, 4-8 m tabaka için P hızı 800 ve 2700 m/s arasında olduğu belirlenmiştir.
 - ✓ Yeraltı S dalga hızı yapısı 0-4 m için, 100 ile 800 m/s arasında, 4-8 m tabaka için S hızı 0 ile 700 m/s arasında değerlere sahiptir.
 - ✓ Yeraltı tabakalarının V_p/V_s oranı, 0-4 m tabaka için 1.4 ile 3.5 arasında, 4-8 m tabaka için 1.2 ile 5.8 arasında değişen değerler almaktadır.
 - ✓ Yeraltı tabakalarının poisson oranı. 0-4 m tabakalar ve 4-8 m tabaka için 0.02 ile 0.48 arasında değişen değerler almaktadır.
 - ✓ Elastisite modülü (E_d), 0-4m tabaka için 0-28000, 4-8 m tabaka için 0-140000 arasında değişen değerler almıştır.
- 3) Gerze Merkez ilçesi zeminlerinin aktivite değerleri, dane dağılımı, kayma direnci parametreleri, plastik özellikleri ve taşıma gücü belirlenmiştir.

- ✓ Aktivite değerlerinin, 0.25 ile 1.45 arasında değişen değerler aldığı belirlenmiştir. Gerze ilçesinde sahil kesiminin tamamına yakın bölümünde killerin aktif olmadığı, alanın büyük kısmında ise normal killerin olduğu ve aktif killerin olmadığı görülmektedir. İl genelinde aktivite katsayısı güneye doğru artmakla beraber, 1 değerini geçmemektedir. En düşük anomali sahil kesimlerindedir. Bu değer kuzeybatı da ise 1'i geçmektedir
 - ✓ Alanda kil içeriği %18 ile % 46 arasında, silt içeriği %18 ile % 70 ve kum içeriği % 4 ile % 42 arasında değişen değerler almaktadır.
 - ✓ İçsel sürtünme açısının 0^0 ile 30^0 arasında değişen değerler göstermektedir. Genel olarak içsel sürtünme açısı değeri, sahil kesimlerde 20^0 'nin altındayken, güney kesimlerde 30^0 'ye kadar ulaşmaktadır.
 - ✓ Kohezyon 2 ile 54 Kpa arasında değişen değerlere sahip olduğu, kohezyonun değerinin arazinin kuzeyinde düşük iken güney kesimlerinde 54 Kpa kadar değiştiği belirlenmiştir.
 - ✓ Alanda likit limit değerleri, 16 ile 76 arasında değişen değerler almaktadır. Alanın genelinde likit limit değerleri yüksektir.
 - ✓ Alanda plastik limit değerleri 19 ile 34 arasında değişmektedir.
 - ✓ Alanda 37 sondaj ile yeraltı su tablasının (YSS) ölçülerek, statik seviye belirlenmiştir. Alanda statik seviyenin 4 m ile 14 m arasında değişen değerlere ulaştığı belirlenmiştir. Kuzeyde çok küçük bir bölge hariç genelde statik seviyenin arazinin ortasında ve kuzey kesiminde 9 m'den büyük, güneyde ise 5-6 m arasında değiştiği dikkat çekmektedir.
 - ✓ Temel derinliği ve genişliği 2 m alınarak sınır taşıma gücü değeri hesaplanmıştır. Alanda taşıma gücü değerleri 200 ile 660 kPa arasında değişmektedir. Çalışma alanında taşıma gücü değerlerine bakıldığında arazinin kuzeyinde 200-400 kPa, arazinin güneyinde ise 400-700 kPa olduğu belirlenmiştir.
- 4) Sinop ilinde jeoteknik parametrelere bakıldığında özellikle ilin kıyıdan uzak yüksek kesimlerinde yerleşime daha uygun olduğu, denize yakın kıyı kesimlerde ise taşıma gücünün düşük, 7 büyüklüğünde deprem için sıvılaşma riskinin orta-yüksek olduğu görülmektedir. Bununla birlikte heyelan duyarlılık haritasında yüksek potansiyelli olan yerlerin kıyıdan uzak iç bölge olduğu görülmektedir.

- 5) Gerze ilçesinde heyelan poligonlarının çoğu heyelana duyarlı alanda gözlenmemesine rağmen Sinop merkezinde heyelana duyarlı alanlar heyelan poligonlarıyla çakışmaktadır. Bununla beraber jeoteknik özelliklerden yola çıkılarak bulunan büyük ölçekli haritaların küçük ölçekli duyarlılık haritalarıyla tam olarak örtüşmediği görülmüştür.
- 6) İnceleme alanında, Akveren, Atbaşı ve Kusuri Formasyonları genel olarak taşıma gücü yüksek olduğu için iyi temel olmaları ile dikkati çekerler. Ancak killi yapıları nedeni ile kütle hareketlerine yatkındırlar ve şişme, kabarma gibi olumsuzluklar içerirler. Bu formasyonlar dışında kalan birimler üzerinde gelişmiş doğal bir duraysızlık ya da kütle hareketi bulunmamaktadır. Bu birimler taşıma gücü yüksek, temel olma açısından sorunsuz birimlerdir.
- 7) Bir araştırmanın sürekliliği için o alanda uzun yıllar çalışma yapılarak alanın tanınması gerekmektedir. İlgili kamu kuruluşlarında çalışan mühendisler ile belirli dönemde saha çalışmasıyla heyelan envanterinde güncelleme yapılmalıdır.
- 8) Çalışmalarda yapılan hatalardan biride farklı yıllara ait envanter kullanılması ve sonuç haritasının ait olduğu yıllla ilgili sorunların ortaya çıkmasıdır.
- 9) Bu çalışmada alanın homojen olması, arazi çalışması, parametre seçimi ve sınıf aralık değerlerinin seçiminin önemi vurgulanmıştır.
- 10) Seçilen yöntem ve doğruluk analizi, bu işlem adımlarında son noktayı temsil etmektedir. Tamamen araştırmacı görüşüne dayandırılan bu tarz çalışma için kabul edilen en uygun yöntem olan AHP kullanılmıştır. Çoğu araştırmacının birden fazla yöntem kullanıp bunlarında kendi içerisinde sorguladığı bu işlem adımlarında farklı bir çalışma yapılarak parametre ve envanter hazırlığında mümkün olan en hassas çalışma gerçekleştirilmiştir. İstatistiğin öncesinde tam olarak hazırlanmayan bir çalışma için birden fazla çalışma veya güncel model kullanımı önemsiz kalmaktadır.
- 11) Çalışmalarda dikkat edilmesi gereken bir başka konu da ölçek seçimidir. Duyarlılık haritalarının yanı sıra, haritanın doğruluğunu kontrol amaçlı daha büyük ölçekli mühendislik haritaları hazırlanmalıdır. Büyük ölçek detay çalışmada avantaj sağlayacağından duyarlılık haritalarının da sorgulanmasında kolaylık sunacağı düşünülmektedir. Bu noktada jeoteknik veri kullanımının önemi de belirlemektedir.

- 12) Çalışma alanında, 2009 yılından beri yapımı süren sahil yolu yapımı sırasında heyelanlar meydana gelmiştir. Çalışma alanında 829 adet heyelan arazi çalışmalarıyla belirlenmiş ve heyelan envanteri oluşturulmuştur. 300 km²'lik çalışma alanın yaklaşık 45 km²'si heyelan alanı olarak tespit edilmiştir. Yapılan arazi çalışmaları ve gözlemleri neticesinde, çalışma alanında gerçekleşen heyelanların dairesel kayma ve toprak akması şeklinde geliştiği belirlenmiştir.
- 13) Sinop ve Gerze yöresi için heyelan duyarlılık haritasının üretiminde jeoloji, yamaç eğimi, yamaç eğim yönü, topoğrafik yükseklik, arazi sınıflandırması, akarsuya yakınlık, ana yola uzaklık, yamaç eğriselliği, yapısal unsurlara yakınlık parametrelerinin etkili olduğu sonucuna varılmıştır.
- 14) Heyelan duyarlılık haritalarının üretimi için elde edilen veri katmanlarının analizi yapılarak, bu veri katmanlarına ait alt veri gruplarının alan olarak dağılımları tespit edilmiştir. Bu analizler sonucunda;
- ✓ Çalışma alanın; % 21,96'sını Sinop Formasyonu, %21.64'ünü Akveren Formasyonu, % 21.18'ni Atbaşı Formasyonu, % 15.52'sini Kusuri Formasyonu, % 11.29'unu Alüvyon, % 6.19'unu Sarıkum Formasyonu, % 3.84'ünü Kale Formasyonu, % 3.61'ini Hamsaros Formasyonu ve % 0.17'sini Plaj Çökelinden oluşmaktadır.
 - ✓ Çalışma alanın, %28.40'nı 0-5⁰ eğimli alanlar, %29.64'ünü 5-10⁰ eğimli alanlar, %17.58'ni 10-15⁰ eğimli alanlar, %10.13'nü 15-20⁰ eğimli alanlar, %19,05'ini 20-25⁰ eğimli alanlar, %6.35'ni 25-30⁰ eğimli alanlar, % 3.21'ni 25-30⁰ eğimli alanlar, %2.35'ni 30-35⁰ eğimli alanlar, %1.12'sini 35-40⁰ eğimli alanlar, %0.38'ni 40-45⁰ eğimli alanlar, %0.08'ni 45-50⁰ eğimli alanlar, % 0.01'ni 50-55⁰ eğimli alanlar, %0,001'ni 55-60⁰ eğimli alanlardan oluşmaktadır.
 - ✓ Çalışma sahasının, %9.598'ini düz alanlar, % 16.65'ini kuzeye bakan alanlar, %15.61'ini kuzeydoğuya bakan alanlar, %12.91'ini doğuya bakan alanlar, %11.85'ini güneydoğuya bakan alanlar, % 7.54'ünü güneye bakan alanlar, %5.61'ini güneybatıya bakan alanlar, %7.73'ünü batıya bakan alanlar ve %12.47'sini kuzeybatıya bakan alanlar oluşturmaktadır.
 - ✓ Çalışma sahasının, %43.904'ü 0-100 m, % 20.032'si 100-200 m, %11.710'nu 200-300 m, % 6.871'i 300-400 m, % 4.768'i 400-500 m, % 4.304'ü 500-600 m, % 3.924'ü 600-700 m, % 2.687'si 700-800 m, % 1.311'i 800-900 m, %

0.430'u 900-1000 m, %0.059'u 1000-1100 m yükseklik değerleri arasında yer almaktadır.

- ✓ Çalışma sahasının, % 0.994'ünü su alanı, % 60.243'ünü yerleşim alanı, %38.762'sini orman alanı oluşturmaktadır.
- ✓ Akarsuya yakınlık sınıflarına göre çalışma alanın % 1.65'ini 0-50 m, % 7.55'ini 50-100 m, % 14.52'sini 100-150 m, % 18.92'sini 150-200 m, % 18.60'ını 200-250 m, % 38.73'ünü >250 m tampon bölge oluşturmaktadır.
- ✓ Ana yola uzaklık sınıflarına göre çalışma alanın % 4.166'sını 0-50 m, % 8.331'ini 50-100 m, % 15.170'ini 100-150 m tampon bölge, % 10.826'sını 150-200 m, % 20.725'ini 200-250 m, % 40.781'ini >250 m tampon bölge oluşturmaktadır.
- ✓ Çalışma alanı, %35.941'i iç bükey yamaçlardan, %24.107'si düzlük alanlardan ve %39.952'si dış bükey yamaçlardan oluşmaktadır.
- ✓ Yapısal unsurlara uzaklık sınıflarına göre çalışma alanı % 2.751'ini 0-50 m, % 13.639'unu 50-100 m, % 11.412'sini 100-150 m, % 25.851'ini 150-200 m, % 18.128'ini 200-250 m, % 28.219'unu >250 m tampon bölge oluşturmaktadır.

15) Parametre sınıfları içerisindeki mevcut heyelanların alansal dağılımları aşağıdaki gibidir;

- ✓ Mevcut heyelanların; % 30.82'si Sinop Formasyon'unda, %25.03'ü Akveren Formasyon'unda, % 26.51'i Atbaşı Formasyon'unda, % 13.29'u Kusuri Formasyon'unda, % 0.34'ü Alüvyonda, % 3.90'nı Sarıkum Formasyon'unda, % 0.004'ü Kale Formasyon'unda, % 0.06'sı Plaj Çökeline meydana gelirken Hamsaros Formasyon'unda rastlanılmamıştır.
- ✓ Heyelanların, % 8.50'si 0-5⁰, % 38.92'si 5-10⁰, % 26.57'si 10-15⁰, % 13.57'si 15-20⁰, %7.02'si 20-25⁰, %6.35'i 25-30⁰, %3.96'si 25-30⁰, % 1.49'u 30-35⁰, % 0.51'i 35-40⁰, % 0.16'si 40-45⁰, % 0.05'i 45-50⁰, % 0.01'i 50-55⁰ eğim değerine sahip yamaçlarda meydana gelmiştir. 55-60⁰ eğimli alanlar da ise heyelana rastlanılmamıştır.
- ✓ Mevcut heyelanların, % 1.38'i düz alanlarda, % 15.69'u kuzeye, % 15.78'i kuzeydoğuya, % 16.64 doğuya, % 13.63'ü güneydoğuya, % 9.03'ü güneye, % 5.663'ü güneybatıya, % 9.26'sı batıya, % 12.90'nı kuzeybatıya bakan yamaçlarda oluşmuşlardır.

- ✓ Mevcut heyelanların, % 35.36'sı 0-100 m, % 21.19'u 100-200 m, % 15.99'u 200-300 m, % 8.73'ü 300-400 m, % 6.12'si 400-500 m, % 6.28'i 500-600 m, % 4.41'i 600-700 m, % 1.52'si 700-800 m, % 0.37'si 800-900 m, % 0.05'i 900-1000 m yükseklik değerleri arasında meydana gelmiştir. 1000-1100 m arasındaki yüksekliklerde heyelan olmadığı belirlenmiştir.
 - ✓ Mevcut heyelanların, yaklaşık % 98'i yerleşim alanlarında ve yaklaşık % 2'i ormanlık alanlarda meydana gelmiştir.
 - ✓ Akarsuya yakınlık sınıflarına göre, heyelanların % 0.456'sı 0-50 m, % 9.565'i 50-100 m, % 13.824'ü 100-150 m, % 13.708'i 150-200 m, % 20.690'nı 200-250 m ve % 41.758'i 250 m'den fazla uzaklıkta meydana gelmiştir.
 - ✓ Ana yola uzaklık sınıflarına göre, heyelanların % 13.024'ü 0-50 m, % 9.759'u 50-100 m, % 6.790'nı 100-150 m, % 25.860'ı 150-200 m, % 22.286'sı 200-250 m ve % 22.280'ni 250 m'den fazla uzaklıklarda meydana gelmiştir.
 - ✓ Heyelanların , % 44.714'ü iç bükey yamaçlar, % 12.740'ı düzlükler ve % 42.545'i dış bükey yamaçlarda meydana gelmiştir.
 - ✓ Yapısal unsurlara uzaklık sınıflarına göre, heyelanların % 9.842'si 0-50 m, % 10.596'sı 50-100 m, % 15.645'i 100-150 m, % 5.683'ü 150-200 m, % 9.881'i 200-250 m, % 48.353'ü 250 m'den fazla uzaklıkta meydana gelmiştir.
- 16) İnceleme alanına ait heyelan yoğunluğu % değerleri hesaplanmış ve heyelan oluşumunda etkili olabilecek parametre sınıfları bu yoğunluk değerlerine göre belirlenmiştir. Heyelan yoğunluk dağılımları aşağıdaki gibidir.
- ✓ Çalışma alanda heyelan yoğunluğunun formasyonlara göre dağılımı; % 24.57'si Sinop Formasyonu, %20.24'ü Akveren Formasyonu, % 21.90'nı Atbaşı Formasyonu % 14.99'u Kusuri Formasyonu, % 0.52'si Alüvyon, % 11.04'ü Sarıkum Formasyonu, % 0.018'i Kale Formasyonu, % 6.70'i Plaj çökeli şeklindedir. Hamsaros Formasyonunda heyelanlı alan bulunmadığından % değeri hesaplamaya katılmamıştır.
 - ✓ Çalışma alanda heyelan yoğunluğunun eğim değerlerine göre dağılımı, % 2.74'ü, 0-5⁰ arasında, % 12.06'sı, 5-10⁰ arasında, % 13.88'i, 10-15⁰ arasında, % 12.30'u, 15-20⁰ arasında, % 10.15'i, 20-25⁰ arasında, % 7.44'ü, 25-30⁰ arasında % 5.80'ni, 25-30⁰ arasında, % 4.20'si, 30-35⁰ arasında, % 3.84'ü,

35-40⁰ arasında, % 5.92'isi, 40-45⁰ arasında, % 8.53'ü, 45-50⁰ arasında, % 13.08'i, 55-60⁰ arasındadır.

- ✓ Çalışma alanda heyelan yoğunluğunun yamaç yönelim sınıflarına göre dağılımı, % 1.60'ı düzlük alan, % 10.50'si kuzeye bakan, % 11.26'sı kuzeydoğuya bakan, % 14.364'ü doğuya bakan, % 12.81'i güneydoğuya bakan, % 13.33'ü güneye bakan, % 11.24'ü güneybatıya bakan, % 13.34'ü batıya bakan, % 11.52'si kuzeybatıya bakan yamaçlar şeklindedir.
- ✓ Çalışma alanda heyelan yoğunluğunun yükseklik sınıfına göre dağılımı, % 8.641'i, 0-100 m; % 11.351'i, 100-200 m; % 14.647'i, 200-300 m; % 13.629'u, 300-400 m; % 13.762'si, 400-500 m; % 15.657'si, 500-600 m; % 12.061'i, 600-700 m; 7'si % 6.05, 900-800 m; % 3.011'i, 800-900 m; % 1.183'ü, 900-1000 m şeklindedir.
- ✓ Çalışma alanında heyelan yoğunluğunun arazi sınıfına göre dağılımı, % 30.081'i su, % 65.003'ü yerleşim alanı, % 1.382'si orman alanı şeklindedir.
- ✓ Çalışma alanda heyelan yoğunluğunun akarsuya yakınlık sınıfına göre dağılımı % 5.097'si, 0-50 m; % 23.422'si, 50-100 m; % 17.595'i, 100-150 m; % 13.393'ü, 150-200 m; % 20.558'i, 200-250 m ve % 19.935'i >250 m'de şeklindedir.
- ✓ Çalışma alanda heyelan yoğunluğunun ana yola uzaklık sınıfına göre dağılımı % 35.705'i, 0-50 m; % 13.379'u, 50-100 m; % 5.113'ü, 100-150 m; % 27.282'si, 150-200 m; % 12.282'si, 200-250 m ve % 6.240'ı >250 m'de şeklindedir.
- ✓ Çalışma alanda heyelan yoğunluğunun yamaç eğriselliğine göre dağılımı, % 43.845'i iç bükey yamaçlar, % 18.625'i düzlükler ve % 37.530'u dış bükey yamaçlar şeklindedir.
- ✓ Çalışma alanda heyelan yoğunluğunun yapısal unsurlara uzaklık sınıfına göre dağılımı % 43.611'i, 0-50 m; % 9.469'u, 50-100 m; % 16.710'u, 100-150 m; % 2.680'ni, 150-200 m; % 6.644'ü, 200-250 m ve % 20.8862'si >250 m şeklindedir.

- 17) Hesaplanan yoğunluk değerlerine göre; Sinop Formasyonu, Atbaşı Formasyonu ve Akveren Formasyonu, 5-10⁰, 10-15⁰, 15-20⁰, 55-60⁰ dereceler arasındaki eğim sınıfları, güney, batı, doğu ve güneydoğuya bakan yamaçlar, 500-600 m ve 200-300 m arasındaki yükseklik sınıfları, yerleşim alanı, 50-100 m arası akarsuya

yakınlık sınıfları, 0-50 m arası ana yola uzaklık sınıfları, iç bükey yamaçları ve 0-50 m yapısal unsurlara uzaklık sınıflarının heyelan oluşumunda etkili olduğu belirlenmiştir

- 18) Heyelan duyarlılık haritasının analitik hiyerarşi analiz yöntemi ile hazırlanmasında, heyelan yoğunlukları değerinden yararlanarak parametre puanları verilmiştir. Parametre sınıflarının ağırlık değerleri heyelan alanları ve sınıf aralıklarına karşılık gelen toplam alanlardan yararlanarak belirlenmiştir. Buna göre; bakı parametresinin 0.31, jeoloji 0.21, arazi sınıfı 0.1, yamaç eğriselliği 0.01, eğim 0.06, yükseklik 0.04, ana yola uzaklık 0.14, akarsuya yakınlık 0.04 ve yapısal unsurlara uzaklık parametrelerinin 0.02 ağırlık değerine sahip olduğu hesaplanmıştır. Heyelan duyarlılık haritası, parametrelerin ağırlık değerleri kullanılarak, raster veri modelinde yapılan analizlerle üretilmiştir. Daha sonra oluşturulan harita çok düşük derece duyarlı alanlar (% 10,75), düşük derece duyarlı alanlar (% 10,58), orta derece duyarlı alanlar (% 52,64), yüksek derece duyarlı alanlar (% 25,64), çok yüksek derece duyarlı alanlar (% 0,34) olmak üzere 5 farklı duyarlılık sınıfına ayrılarak, sonuç duyarlılık haritası üretilmiştir.

6. KAYNAKLAR

- AB Eğitim ve Gençlik Programları Merkezi Başkanlığı, 2011. Coastlearn Blacksea, Eğitim ve Kültür Hayat Boyu Öğrenme Programı, İhtiyaç Analiz Raporu.
- Abdolmasov, B. ve Obradovic, I., 1997. Evaluation of Geological Parameters for Landslide Hazard Mapping, Proceedings of the International Symposium on Engineering Geology and The Environment, Athens, Greece, Balkema, 471–476.
- Abdüsselamoğlu, S., 1977. Gediz ve Yakın Çevresinin Jeolojisi ve Yapısal Özelliği, Yerbilimleri, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, 3, 1-2, 1-6.
- Acar, M., 2009. Heyelanların İzlenmesinde Esnek Hesaplama Yöntemleri, Doktora Tezi İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Açıkgöz, A., 2007. Ortaöretim 9. Sınıf Öğrencilerinin Heyelan, Toprak Kayması ve Erozyon Kavramlarını Anlama Düzeyleri ve Kavram Yanılgıları, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Akartuna, M., 1953. Çatalca-Karacaköy Bölgesinin Jeolojisi, İÜ Fen Fakültesi Monografileri, 13, 88.
- Akçalı E., 2011. Heyelan-Yağış İlişkisinin Modellemesi ve Analizi; Trabzon İli Örneği, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Akgün, A., 2007. Ayvalık ve Yakın Çevresinin Erozyon ve Heyelan Duyarlılığının Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı İncelenmesi, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Akgün, A. ve Bulut, F., 2007. GIS-Based Landslide Susceptibility for Arsin-Yomra (Trabzon, North Turkey) Region, Environmental Geology, 51,1377-1387.
- Akgün, A., Dağ, S. ve Bulut, F., 2008. Landslide Susceptibility Mapping for a Landslide-Prone Area (Findikli, NE of Turkey) by Likelihood-Frequency Ratio and Weighted Linear Combination Models, Environmental Geology, 54, 1127–1143.
- Akgün A. ve Türk, N., 2010. İki ve Çok Değişkenli İstatistik ve Sezgisel Tabanlı Heyelan Duyarlılık Modellerinin Karşılaştırılması: Ayvalık (Balıkesir, Kuzeybatı Türkiye) Örneği, Araştırma Makalesi (Research Article), Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 34-2.
- Akgün A., Sezer, E. A , Nefeslioğlu, H.A., Gökçeoğlu, C. ve Pradhan, B., 2012. An Easy-to Use Matlab Program (Mamland) for the Assessment of Landslide Susceptibility Using a Mamdani Fuzzy Algorithm, Elsevier, Computers and Geosciences, 38 , 23–34.

- Akıncı, H., Doğan, S., Kılıçoğlu, C. ve Keçeci, S., B., 2010. Samsun İl Merkezinin Heyelan Duyarlılık Haritasının Üretilmesi, Electronic Journal of Map Technologies, 2, 3, 13-27.
- Akkan, E., 1975. Sinop Yarımadası'nın Jeomorfolojisi, A. Ü., Dil ve Tarih-Coğrafya Fak, Yayınları, 261.
- Aksoy, B. ve Ercanoğlu, M., 2012. Landslide Identification and Classification by object-Based Image Analysis and Fuzzy Logic: an Example From the Azdavay Region (Kastamonu,Turkey), Computers and Geosciences, 38, 87-98.
- Aksoy, G., 2011. Arhavi (Artvin) ve Çevresinin Heyelan Duyarlılık Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Aktimur H. T., Ateş Ş., Yurdakul M. E., Tekirli M. E. ve Keçer M., 1992. Niksar-Erbaa ve Destek Dolayının Jeolojisi, MTA Dergisi, 114, 25-36.
- Aktimur H.T.,Yurdakul, M.E, Sönmez, M., Karabıyıklıoğlu, N., Kozan, T., Tekin, Z. ve Canpolat, M., 1993. Sinop İlinin Arazi Kullanım Potansiyeli, MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Akyol, Z., Arpat, E., Erdoğan, B., Göğer, E., Güner, Y., Şaroğlu, F., Şentürk, İ., Tütüncü, K. ve Uysal, Ş., 1974. 1/50.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Serisi, Zonguldak E29-a, E29-b, E29-c, E29-d, Kastamonu E30-a, E30-d. MTA Yayınları, Ankara.
- Alegria, R. M., Galan, C. O. ve Castro, J. T., 2000. Determination of Landslide Prone Areas in the Pisuerga Watershed Using Multicriteria Analysis, 2nd. International Conference for GIS Earth Applications Bildiriler Kitabı, Menemen, 1-7.
- Aleotti, P. ve Chowdhury, R., 1999. Landslide Hazard Assessment: Summary Review and New Perspectives, Bull. Eng. Geol. Env., 58, 21-44.
- Alkevli T., 2009. Aster Uydu Verilerinin Heyelan Envanter Haritalamalarına Yönelik Kullanımının Araştırılması: Yenice-Gökçebe (Batı Karadeniz Bölgesi), Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Alkevli, T. ve Ercanoğlu, M., 2011. Assessment of Aster Satellite Images in Landslide Inventory Mapping: Yenice-Gökçebe (Western Black Sea Region, Turkey), Bull. Eng. Geol. Environ., 70:607-617.
- Alparslan, E., Yüce, H., Erkan, B., İnan, S., Ergintav, S. ve Saatçılar, R., 2006. Büyükçekmece ve Küçükçekmece Gölleri Arasındaki Bölgede Heyelan Duyarlılığının Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Çok Kıstaslı Analizi. 4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilisim Günleri, 13-16, Fatih Üniversitesi, İstanbul-Türkiye.
- Altan Z., 2010. Şebinkarahisar (Giresun) ve Çevresinin Erozyon Riskinin Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Altınlı, İ. E., 1955. Denizli Güneyinin Jeolojik İncelemesi: İst. Üniv. Fen Fak. Mecm., B, XX, 1 - 2, 1 - 47.
- Altınlı, İ. E., 1968. İzmit-Hereke-Kurucadağ Alanının Jeoloji İncelemesi, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Tatbiki Jeoloji Kürsüsü, İstanbul.
- Anbalagan, R. ve Singh, B., 1996. Landslide Hazar and Risk Assesment Mapping of Mountainous Terrains-A Case Study From Kumaun Himalaya, İndia, Eng. Geol., 43, 237-246.
- Anbalagan, R., 1992a. Terrain Evaluation and Hazard Zonation for Environmental Regeneration and Land-Use Planning İn Mountainous Terrain, India, Proceedings of 6th International Symposium on the Landslides, Balkema, 861-868.
- Anbalagan, R., 1992b. Landslide Hazard Evaluation and Zonation Mapping in Mountainous Terrain, Engineering Geology, 32, 269-277.
- Aniya, M., 1985. Landslide-Susceptibility Mapping in the Amahata River Basin, Japan Masamu, American Geographers, 75, 1, 102-114.
- Arni, P., 1941. Amasra Taşkömür Mıntakasında Bir Bogheadkennel Kömürü Zuhuru, MTA, Etüt Raporu, 25, 481-500.
- Asan Ç., A., 2010. Hamsaros (Sinop) Volkanitlerinin Kökeni, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Aslan, S., 2011. Orta Ölçek Aralığında Binaların Kartografik Genelleştirmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- ASTM D421-85, 2007. Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants, Philadelphia, USA.
- ASTM D42-63, 2007. Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils, ASTM, Philadelphia, USA.
- ASTM D4318-10, 2007. Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils, ASTM, Philadelphia, USA.
- ASTM D2216-10, 2007. Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass, ASTM, Philadelphia, USA.
- ASTM D2487-11, 2007. Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System), Philadelphia, USA.
- ASTM D2488-09a Standard Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedure), Philadelphia, USA.

- ASTM D3080/D3080M-11, 2007. Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions, Philadelphia, USA.
- ASTM D4254-00, 2006. Standard Test Methods for Minimum Index Density and Unit Weight of Soils and Calculation of Relative Density, Philadelphia, USA.
- Atkinson, P. M. ve Massari, R., 1998. Generalised Linear Modelling of Susceptibility to Landsliding in the Central Appenines, Italy, Computers and Geosciences, 24, 4, 373-385.
- Atkinson, P. M., Jiskoot, H., Massari, R. ve Murray, T., 1998. Generalised Linear Modelling in Geomorphology, Earth Surf. Process Landforms, 23, 1185–1195.
- Avcı, M., 2009. 1:25 000-1:100 000 Ölçek Aralığında Yol Objelerinin Seçme-Eleme İşlemlerinin Otomasyonu, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Avtar, R., Singh, C. K., Singh, G., Verma, R. L., Mukherjee, S. ve Sawada, H., 2011. Landslide Susceptibility Zonation Study Using Remote Sensing and GIS Technology in the Ken-Betwa River Link Area, India, Bull. Eng. Geol. Environ., 70, 595–606 .
- Ayalew L., Yamagishi H. ve Ugawa N., 2004. Landslide Susceptibility Mapping Using GIS Based Weighted Linear Combination, The Case in Tsugawa Area of Agano River, Niigata Prefecture, Japan, Springer-Verlag, Landslides, 1, 73–81.
- Ayalew L. ve Yamagishi H., 2005. The Application of GIS-Based Logistic Regression for Landslide Susceptibility Mapping in the Kakuda-Yahiko Mountains, Central Japan, Geomorphology, 65, 15-31.
- Ayalew, L., Yamagishi, H., Marui, H. ve Kanno, T., 2005. Landslides in Sado Island of Japan Part II. GIS-Based Susceptibility Mapping With Comparisons of Results from Two Methods And Verifications, Engineering Geology, 81, 432–445.
- Ayanew, T. ve Barbieri, G., 2005. Inventory of Landslides and Susceptibility Mapping in the Dessie Area, Northern Ethiopia, Engineering Geology, 77, 1-15.
- Aydın, A., 2005. İzmit Kuzeybatısı Geç Kretase-Paleojen Oluşuklarının Nannoplanktonların Biyostratigrafisi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Aytekin, M., 2004. Deneysel Zemin Mekaniği, Mühendislik ve Mimarlık Yayınları, Genişletilmiş 2. Baskı, Ankara.
- Badgley, P. C., 1959. Petroleum Possibilities of The Sinop Basini. Petrol İşleri Genel Müd. Arşivi, Ankara.

- Baeza, C. ve Corominas, J., 2001. Assessment of Shallow Landslide Susceptibility by Means of Multivariate Statistical Techniques, Earth Surface Processes and Landforms, 26, 1251–1263.
- Bai S., Lu G., Wang J., Zhou P. ve Ding L, 2011. GIS-Based Rare Events Logistic Regression for Landslide-Susceptibility Mapping of Lianyungang, China, Environ Earth Sci., 62, 139–149.
- Bai, S.-B., Wang, J., Lü, G.-N., Zhou, P.-G., Hou, S.-S. ve Xu S.-N., 2009. GIS-Based and Data-Driven Bivariate Landslide-Susceptibility Mapping in the Three Gorges Area, China, Pedosphere, 19, 1, 14–20.
- Baltacı, H., 2010. Doğu Karadeniz Bölgesi (Rize, Trabzon, Giresun) Heyelan-Yağış İlişkisinin İncelenmesi ve Minimum Eşik Değerlerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bank, E., 1998. Büyük Ölçekli Haritalardan Otomatik Genelleştirme ile Küçük Ölçekli Harita Üretimi, Doktora Tezi, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Barendo, J. I., Benavides, A., Hervás, J. ve Van Westen, C. J., 2000. Comparing Heuristic Landslide Hazard Assessment Techniques Using GIS in the Trijana Basin, Gran Canaria Island, Spain, JAG, 2, 1, 9-23.
- Barka, A., Sütçü, Y. F., Tekin, F., Gedik, İ., Karabıyıkoglu, M., Saraç, G., Önal, Ö., Arel, E. ve Özdemir M., 1983a. Sinop Yarımadası'nın Jeolojisi ve Tektonik Evrimi, Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni.
- Barka, A., Sütçü, Y. F., Tekin, F., Arel, E., Gedik, İ., Özdemir M., Önal, Ö. ve Karabıyıkoglu, M., 1983b. Sinop II. Nükleer Santral Yeri 1/10.000 Ölçekli Ön Jeoloji Raporu.
- Barka, A., Sütçü, Y.F., Gedik, I., Tekin, T.F., Arel, E., Ozdemir, M., Erkal, T., 1985. 1/1000 Scale Detailed Geological Study of the Inceburun NPP Site Area and Tectonic Evolution of the Sinop Region, General Directorate of Mineral Research and Exploration of Turkey, Unpublished Report, 101 pp.
- Barnard, P. L., Owen, L. A., Sharma, M. C. ve Finkel, R. C., 2001. Natural and Human-Induced Landsliding in the Garhwal Himalaya of Northern India, Geomorphology, 40, 21-35.
- Baş, H., 1986. Sinop Volkanitlerinin Petrolojisi ve Jeokimyası, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 29, 1, 143-156.
- Başaraner , A., M., 2005. Nesne Yönelimli Coğrafi Bilgi Sistemi Ortamında Orta Ölçekli Topografik Haritalar İçin Bina ve Yerleşim Alanlarının Otomatik Genelleştirilmesi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, FBE, İstanbul.

- Baum, R. L., Coe, J. A., Godt, J. W., Harp, E. L., Reid, M. E., Savage, W. Z., Schulz, W. H., Brein, D. L., Chleborad, A. F., McKenna, J. P. ve Michael J. A., 2005. Regional Landslide-Hazard Assessment for Seattle, Washington, USA, Landslides, 2, 266-279.
- Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, 2004. Deprem Şurası Kurumsal Yapılanma Komisyonu Raporu, Ankara.
- Baykal, M. F., 1943. Şile Bölgesinin Jeolojisi. İst. Üniv. Fen Fak. Monografileri, İstanbul, 3, 81.
- Baykal, M. F. ve Önal, M. 1979. Şile Sedimenter Karışığı (Şile Olistostromu) (Altın Sempozyumu), Türkiye Jeoloji Kurumu-İst. Üniv. Yerbilimleri Fak. Jeoloji Bölümü, İstanbul, Bildiriler Kitabı, 15-25.
- Bayrak A. ve Pelin S., 1995. Zonguldak Karbonifer Havzasında Gelik Bölgesi'nin Belirgin Yapısal Özellikleri ve Kömür Rezervinin Hesaplanması, Türkiye, 14 Madencilik Kongresi, 14th Mining Congress of Turkey, 150-7.
- Baysal, M., 2008. Çangal Ormanı (Sinop-Ayancık) Vasküler Bitkiler Florası, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bildirici, Ö., İ., 2000. 1/1.000-1/25.000 Ölçek Aralığında Bina ve Yol Objelerinin Sayısal Ortamda Kartografik Genelleştirilmesi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, FBE, İstanbul.
- Binaghi, E., Luzi, L., Pergalani, F. ve Rampini, A., 1998. Slope İnstability Zonation: a Comparision Between Certainty Factor and Fuzzy Dempster-Shafer Approaches, Nat. Haz., 17, 77-97.
- Blond, P., Satalino, G., Alberga, V., Wasowski, J., Parise, M., Chiaradia, M. T., Viggiano, R. ve Pappaleopore, M., 1999. Soft Computing Techniques for Data Classification in a Landslide-Prone Area of Italy, Int. E. El. Eng., 1600-1602.
- Blumenthal, M. M., 1940. Gökırmak Vadisi ile Karadeniz Arasındaki Pontik Silsilelerinin Jeolojisi Hakkında Rapor (Boyabat- Sinop). Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Rapor No. 1067, Ankara (yayımlanmamış).
- Bouma, A. H., 1962. Sedimentology of Some Flysh Deposits, Elsevier Publ. Corp., Amsterdam.
- Boyras, G., 2010. Kent Planlama Çalışmalarında Jeofizik ve Geoteknik Faktörlerin Birlikte Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Budetta, P., Santo, A. ve Vivenzio, F., 2007. Landslide Hazard Mapping Along The Coastline of the Cilento Region (Italy) by Means of a GIS-Based Parameter Rating Approach, Geomorphology.

- Bui D. T., Lofman O., Revhaug I. ve Dick O., 2011. Landslide Susceptibility Analysis in the Hoa Binh Province of Vietnam Using Statistical Index and Logistic Regression, Nat. Hazards, 59, 1413–1444.
- Bui, D. T., Pradhan, B., Lofman, O., Revhaug, I. ve Dick, O. B., 2012a. Landslide Susceptibility Mapping at Hoa Binh Province (Vietnam) Using an Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System and GIS, Computers and Geosciences 45, 199–211.
- Bui, D. T., Pradhan, B., Lofman, O., Revhaug, I. ve Dick, O. B., 2012b. Spatial Prediction of Landslide Hazards in Hoa Binh Province (Vietnam): a Comparative Assessment of the Efficacy of Evidential Belief Functions and Fuzzy Logic Models, Catena 96, 28–40.
- Bulut, F., Boynukalin, S., Tarhan, F. ve Ataoğlu, E., 2000. Reliability of Landslide Isopleth Maps, Engineering Geology and Environment, 58, 2 95-98.
- Carrara, A., 1983. Multivariate Methods for Landslide Hazard Evaluation, Math. Geol., 15 (3), 403- 426.
- Carrara, A., Cardinali, M., Detti, R., Guzzetti, F., Pasqui, V. ve Reichenbach, P., 1991. GIS Techniques and Statistical Models in Evaluating Landslide Hazard, Earth Surface Processes and Landforms, 16, 5, 427–445.
- Carrara, A., Cardinali, M., Guzzetti, F. ve Reichenbach, P., 1995. GIS Based Techniques for Mapping Landslide Hazard.
- Carrara, A., Crosta, G. ve Frattini P., 2008. Comparing Models of Debris–Flow Susceptibility in the Alpine Environment, Geomorphology, 94, 3–4, 353–378.
- Caniani, D., Pascale, S., Sdao, F. ve Sole, A., 2008. Neural Networks and Landslide Susceptibility: a Case Study of the Urban Area of Potenza, Natural Hazards, 45, 55–72.
- Casagli N., Catanı F., Puglisi C., Delmonaco G., Ermini L. ve Margottini C., 2004. An Inventory-Based Approach to Landslide Susceptibility Assessment and Its Application to the Virginio River Basin, Italy, Environmental and Engineering Geoscience, 3, 203–216.
- Castellanos Abella, E. A. ve Van Westen, C. J., 2007. Generation of a Landslide Risk Index Map for Cuba Using Spatial Multi-Criteria Evaluation, Landslide, 4, 4, 311–325.
- Castellanos Abella, E. A. ve Van Westen, C. J., 2008. Qualitative Landslide Susceptibility Assessment by Multicriteria Analysis: A Case Study From San Antonio Del Sur, Guantánamo, Cuba, Geomorphology, 94, 3–4, 453–466.

- Ceryan, N. ve Ceryan, S., 2008. An Application of the Interaction Matrices Method for Slope Failure Susceptibility Zoning: Doğankent Settlement Area (Giresun, NE Turkey), Engineering Geology and the Environment, 67, 375–385.
- Chang, S.C., 1992. The Simprecise Mapping and Evaluation System for Engineering Geological and Landslide Hazard Zonation, Proceedings of 6th International Symposium on the Landslides, 905–910.
- Chau, K.T. ve Chan, J.E., 2005. Regional Bias of Landslide Data in Generating Susceptibility Maps Using Logistic Regression Case of Hong Kong Island, Landslides, 2, 280–290.
- Che, V.B., Kervyn, M., Suh, C.E., Fontijn, K., Ernst, G.G.J., Del Marmol, M.-A., Trefois, P. ve Jacobs, P., 2012. Landslide Susceptibility Assessment in Limbe (Sw Cameroon): A Field Calibrated Seed Cell and Information Value Method, Catena 92, 83–98.
- Chigira, M., Duan, F., Yagi, H. ve Furuya, T., 2004. Using an Airborne Laser Scanner for the Identification of Shallow Landslides and Susceptibility Assessment in an Area of Ignimbrite Overlain by Permeable Pyroclastics, Landslides, 1, 203–209.
- Choubey, V.D. ve Litoria, P.K., 1990. Landslide Hazard Zonation in the Garhwal Himalaya, a Terrain Evaluation Approach. Proceedings of 6th International Association of Engineering Geology Congress, Amsterdam, Netherlands, 65–72.
- Choubey, V.D., ve Chaudhari, S., Litoria, P.K., 1992. Landslide Hazard Zonation in Uttarkashi and Tehri Districts, U. P. Himalaya, India, Proceedings of 6th International Symposium on the Landslides, Christchurch, England, 917.
- Chowdhury, R.N. ve Flentje, P.N., 1997. Relevance of Mapping for Slope Stability in Greater Wollongong Area, New South Wales, Australia. Proceedings of International Symposium on Engineering Geology and the Environment, Athens, Greece, 569–574.
- Chuan, T., Jing, Z. ve Jingtao, L., 2009. Emergency Assessment of Seismic Landslide Susceptibility: A Case Study of the 2008 Wenchuan Earthquake Affected Area, Earthq Eng and Eng Vib, 8, 207–217.
- Chung, C.J. ve Fabbri, A.G., 2002. Modelling the Conditional Probability of the Occurrences of Future Landslides in a Study Area Characterized by Spatial Data, Symposium on Geospatial Theory, Processing and Application, Ottawa, Canada.
- Chung, C.J., 2006. Using Likelihood Ratio Functions for Modeling the Conditional Probability of Occurrence of Future Landslides for Risk Assessment, Computers and Geosciences, 32, 1052–1068.
- Chung, C.J., Fabbri, A. ve Van Westen, C.J., 1995. Multivariate Regression Analysis for Landslide Hazard Zonation, Natural Hazards, Kluwer, 107–133.

- Clerici, A., Perego, S., Tellini, C. ve Vescovi, P., 2002. A Procedure for Landslide Susceptibility Zonation by the Conditional Analysis Method, Geomorphology, 48, 349–364.
- Clerici, A., Perego, S., Tellini, C. ve Vescovi, P., 2006. A GIS–Based Automated Procedure for Landslide Susceptibility Mapping by the Conditional Analysis Method: The Baganza Valley Case Study (Italian Northern Apennines), Environ. Geol., 50, 941–961.
- Coe J.A., Godt J.W., Baum R.L., R.C., Bucknam ve Michael J.A., 2004. Landslide Susceptibility from Topography in Guatemala, Taylor and Francis Group, London, 1, 69–78.
- Coelho–Netto, N.L., Avelar, A.S., Fernandes, M.C. ve Lacerda, W.A., 2006. Landslide Susceptibility in a Mountainous Geoecosystem, Geomorphology, 87, 3, 120–131.
- Conforti, M., Robustelli, G., Muto, F. ve Critelli, S., 2012. Application and Validation of Bivariate GIS–Based Landslide Susceptibility Assessment for the Vittravo River Catchment (Calabria, South Italy), Nat Hazards, 61, 127–141.
- Conoscenti, C., Di Maggio, C. ve Rotigliano, E., 2008. GIS–Analysis to Assess Landslide Susceptibility in a Fluvial Basin of NW Sicily (Italy), Geomorphology, 94, 3–4, 325–339.
- Constantin M., Bednarik M., Jurchescu M. C. ve Vlaicu M., 2011. Landslide Susceptibility Assessment Using the Bivariate Statistical Analysis and the Index of Entropy in the Sibiciu Basin (Romania), Environ Earth Sci, 63, 397–406.
- Corominas, J., Copons, R., Vilaplana, J. M., Altimir, J. ve Amigo, J., 2003. Integrated Landslide Susceptibility Analysis and Hazard Assessment in the Principality of Andorra, Natural Hazards, 30, 421–435.
- Costanzo, D., Cappadonia, C., Conoscenti, C. ve Rotigliano, E., 2012. Exporting a Google Earth[™] Aided Earth–Flow Susceptibility Model: A Test in Central Sicily, Nat. Hazards, 61, 103–114 s.
- Crozier, M.J. 1986. Landslides: Causes, Consequences and Environment, Croom Helm Pub., London.
- Cruden, D.M., 1991. A Simple Definition of a Landslide, Engineering Geology, 43, 27–29.
- Cruden, D.M. ve Varnes, D.J., 1996. Landslide Types and Processes, Washington D.C., 36–75.
- Çağlar, M., 2010. Dünya’da ve Türkiye’de Meteorolojik Erken Uyarı Sistemleri, T. C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Devlet Meteoroloji İşlemleri Genel Müdürü, Afyon.

- Çan, T., Nefeslioglu, H.A., Gökçeoğlu, C., Sönmez, H. ve Duman, T.Y., 2005a. Susceptibility Assessments of Shallow Earthflows Triggered by Heavy Rainfall at Three Catchments by Logistic Regression Analyses, *Geomorphology*, 72, 250-271.
- Çan, T., Duman, T.Y., Nefeslioglu, H.A., Durmaz, S., Gökçeoğlu, C. ve Sönmez, H., 2005b. Earthflows in a Small Catchment from Eastern Black Sea Region (Turkey): Conditional (Environmental) Factors and Susceptibility Assessments, *International Symposium on Latest Natural Disaster-New Challenges for Engineering Geology, Geotechnics and Civil Protection*, Sofia, Bulgaria.
- Çan, T., Duman, T. Y., Çil, E. ve Mazman, T., 2008. Heyelan Olası Tehlike Çalışmalarında Tarihsel ve Olay Heyelan Envanter Haritalamaları ve Bunların İstatistiksel Değerlendirilmesi: Mersin Merkez ve Erdemli İlçeleri Örneği, *Mersin Sempozyumu, Bildiriler Kitabı*, Mersin, 2796-2803.
- Çan, T., ve Duman, T.Y., 2008. General Evaluation of Historical Landslide Inventory of Turkey, *Proceedings in Symposium of Paleoenvironmental Reconstruction and Material Circulation by Water System, Hakozaiki Campus Kyushu Univ.*, Abstracts Book, Fukuoka Japan, 6-8.
- Çellek, S., 2007. Gerze (Sinop) Yöresindeki Aktif Heyelan Alanlarının Mühendislik Jeolojisi Açısından İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Çevik, E. ve Topal, T., 2003. GIS-Based Landslide Susceptibility Mapping for a Problematic Segment of the Natural Gas Pipeline, Hendek (Turkey), *Environmental Geology*, 44, 949-962.
- Çırık, A., 2009. Ans Kampüs Alanı Zemin Bilgi Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
- Çil E., 2009. Erdemli (Mersin) Yöresinin Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Heyelan Olası Tehlike Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Çörekçioğlu, Ş., 2004. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Yazı Havzasının (Orta-Çankırı) Heyelan Duyarlılık Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Dağ S., 2007. Çayeli (Rize) ve Çevresinin İstatistiksel Yöntemlerle Heyelan Duyarlılık Analizi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Dai, F.C., Lee, C.F., Li, J. ve Xu, Z.W., 2001a. Assessment of Landslide Susceptibility on the Natural Terrain of Lantau Island, Hong Kong, *Environmental Geology*, 40, 3, 381-391.

- Dai, F.C., Lee, C.F. ve Zhang, X. H, 2001b. GIS-Based Geo-Environmental Evaluation for Urban Land-Use Planing: A Case Study, Engineering Geology, 61, 257-271.
- Dai, F.C ve Lee, C.F., 2001. Terrain-Based Mapping of Landslide Susceptibility Using a Geographical Information System: A Case Study, Can. Geotech. J., 38, 911-923.
- Dai, F.C. ve Lee, C.F., 2002a. Landslides on Natural Terrain Physical Characteristics and Susceptibility Mapping in Hong Kong, Mountain Research and Development, 22, 1, 40-47.
- Dai, F. C. ve Lee, C. F., 2002b. Landslide Characteristics and Slope İnstability Modeling Using GIS, Lantau Island, Hong Kong, Geomorphology, 42, 213-228.
- Dai, F.C., Lee, C.F. ve Ngai, Y.Y., 2002. Landslide Risk Assessment and Management: An Overview, Engineering Geology, 64, 65-87.
- Dai, F.C. ve Lee, C.F., 2003. A Spatiotemporal Probabilistic Modelling of Storm İnduced Shallow Landsliding Using Aerial Photographs and Logistic Regression, Earth Surf. Process., Landforms, 28, 527-545.
- Daş, H., Ö., 2008. Heyelan Duyarlılık Haritalarının Hazırlanmasında Yer İvmesinin Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Davis, T. J. ve Keller, C. P., 1997. Modelling Uncertainty in Natural Resource Analysis Using Fuzzy Sets and Monte Carlo Simulation, Slope Stability Prediction, Int. J. Geog. Inf. Sci., 11, 5, 409-434.
- Delikanlı M., 2010. Coğrafi Bilgi Sistemi ile Yaka (Gelendost, Isparta) Bölgesinin Heyelan Duyarlılık İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Demir, G., 2011. Kuzey Anadolu Fayı Üzerinde Niksar-Suşehri Arasındaki Alanın CBS Tabanlı Heyelan Duyarlılık Analizi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Demirci, A., 2001a. Types and Distribution of Landslide in the Eastern Parts of Büyükçekmecelake, Using GIS, Yüksek Lisans Tezi, Fatih Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Demirci, A., 2001b. Büyükçekmece Gölü Doğusu Heyelan Alanları ve Risk Zonalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Tespiti, Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, Fatih Üniversitesi.
- Demoulin, A. ve Chung, F., 2007. Mapping Landslide Susceptibility from Small Datasets: A Case Study in the Pays De Herve (E, Belgium), Geomorphology, 89, 391-404.

- Deveciler E., Akat, U., Akçören, F., Altun, İ., Keskin, H., Sev, N., M., Acar, Ş., Armağan, F., Erdoğan, K. ve Şentürk, M., 1989. Çatalzeytin (Kastamonu) Dolayının Jeolojisi: MTA Derleme, No: 8617.
- Dizer, A. 1971. La Limite Kretace-Tertiariere Dansle Bassin Nw Dela Turguie, Rev. Micropaleontologique, 14; 43-47.
- Donati, L. ve Turrini, M. C., 2002. An Objective Method to Rank the Importance of the Factors Predisponnding to Landslides with the GIS Methodology: Aplication to an Area of the Apennines (Valnerina; Perugia, Italy), Eng. Geol., 63, 277-289.
- Duman, T.Y., Can, T., Gökçeoğlu, C. ve Nefeslioglu, H. A., 2005. Landslide Susceptibility Mapping Of Çekmece Area (Istanbul, Turkey) by Conditional Probability, Hydrology and Earth System Sciences Discussions, 2, 155–208.
- Duman, T. ., Çan, T., Gökçeoğlu, C., Nefeslioglu, H. A. ve Sönmez, H., 2006. Application of Logistic Regression for Landslide Susceptibility Zoning of Çekmece Area, Istanbul, Turkey, Environmental Geology, 51, 241-256.
- Duman T.Y., Nefeslioglu H. A., Çan T., Olgun, Ş., Durmaz, S., Hamzaçebi, S. ve Çörekçioglu, Ş., 2007. Türkiye Heyelan Envanteri Haritası, 1/500.000 Ölçekli Trabzon Paftası, MTA Özel Yayın Serisi-9, Ankara.
- Durmaz, S., 2003. Yalova-Orhangazi Arasındaki Bölgenin Heyelan Envanteri, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Durmuş, E., 2006. Konak (İzmir) İlçesi Zeminlerinin Geoteknik Özellikleri ve Davranış Analizleri, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.
- Durmuş, M., S., 2011. Türkiye Zemin Etüt Raporları; Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dursun, E., Ünver, S. ve Acar, H. H., 2012. Orman Yolu Güzergahlarının Sismik Zemin Etüdü Metodu ile Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 16-1, 22-28.
- Dymond, J. R., Ausseil, A.-G., Shepherd, J. D. ve Buettner, L., 2006. Validation of a Region-Wide Model of Landslide Susceptibility in the Manawatu–Wanganui Region of New Zealand, Eastman, Idrisi Andes Guide To GIS And Image Processing, Geomorphology, Clarck University Press, Worcester, Massachusset, USA, 74, 70-79, 328 .
- Dymond, J.R., Jessen, M.R. ve Lovell, L.R., 1999. Computer Simulation of Shallow Landsliding in New Zealand Hill County., 1, 2, 122-131.
- Ercan, A. 2001. Yer Araştırma Yöntemleri; Bilgiler Kurallar, TMMOB Jeofizik Müh. Odası Yayını, 339.

- Ercanoğlu M., 2003. Bulanık Mantık ve İstatistiksel Yöntemlerle Heyelan Duyarlılık Haritalarının Üretilmesi: Batı Karadeniz Bölgesi (Kumluca Güneyi-Yenice Kuzeyi), Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ercanoğlu, M., Gökçeoğlu C. ve Van Asch Th. W. J., 2004. Landslide Susceptibility Zoning North of Yenice (NW, Turkey) by Multivariate Statistical Techniques, Natural Hazards, 32, 1–23.
- Ercanoğlu, M., Kaşmer, Ö. ve Temiz, N., 2008a. Adaptation and Comparison of Expert Opinion to Analytical Hierarchy Process for Landslide Susceptibility Mapping, Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 67, 4, 565-578.
- Ercanoğlu, M., Hasekioğulları, G.D. ve Günal, B., 2008b. Heyelan Duyarlılığı Çalışmalarında Türkiye'nin Uluslararası Bilimsel Literatürdeki Yeri, Mühendislik Jeolojisi Bülteni, Eroskay Özel Sayısı, 26-27, 35-51.
- Ercanoğlu, M. ve Gökçeoğlu, C., 2002. Assessment of Landslide Susceptibility for a Landslide-Prone Area (North Of Yenice, NW Turkey) by Fuzzy Approach, Environmental Geology, 41, 720-730.
- Ercanoğlu, M. ve Gökçeoğlu C., 2004. Use of Fuzzy Relations to Produce Landslide Susceptibility Map of a Landslide Prone Area (West Black Sea Region, Turkey). Engineering Geology, 75, 229–250.
- Ercanoğlu, M. ve Temiz, F. A. , 2011. Application of Logistic Regression and Fuzzy Operators to Landslide Susceptibility Assessment in Azdavay (Kastamonu, Turkey), Environ Earth Sci, 64, 949–964.
- Ercanoğlu, M., 2005. Landslide Susceptibility Assessment of SE Bartın (West Black Sea Region, Turkey) by Artificial Neural Networks, Natural Hazards and Earth System Sciences, 5, 979-992.
- Erdeve, E., 2006. 100. Yıl Heyelanı (Adana) Jeolojik-Jeoteknik İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Erener, A., 2009. An Approach for Landslide Risk Assesment by Using Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS), Doktora Tezi, ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Erener A. ve Düzgün H.S., 2012. Landslide Susceptibility Assessment: What Are the Effects of Mapping Unit and Mapping Method? Environ Earth Sci, 66, 859–877.
- Erener, A. ve Kaynia, M.A., 2007. İsveç'te CBS Kullanılarak Heyelan Duyarlılık Haritalaması Uygulaması, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, KTÜ, Trabzon.

- Erener, A. ve Lacasse, S., 2007. Heyelan Duyarlılık Haritalamasında CBS Kullanımı, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, KTÜ, Trabzon.
- Erinç S. ve İnandık, H., 1955. Pleistosen Kuzey Kıyısında Görülen Kaplar, Türkiye Jeoloji Rev. Jeol. Enst. İst. Üniv., 2, İstanbul.
- Ermini L., Catani F. ve Casagli N., 2005. Artificial Neural Networks Applied to Landslide Susceptibility Assessment, Geomorphology, 66, 327–343.
- Falaschi, F., Giacomelli, F., Federici, P. R., Puccinelli, A., D' Amato Avanzi, G., Pochini, A. ve Ribolini, A., 2009. Logistic Regression Versus Artificial Neural Networks: Landslide Susceptibility Evaluation in a Sample Area of the Serchio River Valley, Italy, Natural Hazards, 50, 551-569.
- Fall, M., Azzam, R. ve Noubactep, C., 2006. A Multi-Method Approach to Study the Stability of Natural Slopes and Landslide Susceptibility Mapping, Engineering Geology, 82, 241-263.
- Federicia, P.R., Puccinellia, A., Cantarellia, E., Giacomo, N.C., Avanzia,D' A., Falaschia, F., Giannecchinia, R., Pochinia, A., Ribolinia, A., Bottaib, M., Salvatib, N. ve Testia, C., 2007. Multidisciplinary Investigations in Evaluating Landslide Susceptibility-an Example in the Serchio River Valley (Italy), Quaternary International, 171-172, 52-63.
- Fell, R., Corominas, J., Bonnard, C., Cascini L., Leroi, E., ve Savage, W.Z., 2008. Guidelines for Landslide Susceptibility, Hazard and Risk Zoning for Land Use Planning, Engineering Geology, 102, 85-98.
- Fernandez, C.I., Del Castillo, T.F., El Hamdouni, R. Ve Montero, J.C., 1999. Verification of Landslide Susceptibility Mapping: A Case Study, Earth Surface Process and Landforms, 24, 537–544.
- Fernández, T., Irigaray, C., El Hamdouni, R. ve Chacón, J., 2003. Methodology for Landslide Susceptibility Mapping by Means of a GIS. Application to the Contraviesa Area (Granada, Spain), Natural Hazards, 30, 297-308.
- Focardi, P., Garzonio, C.A., Sedda, E. ve Vannocci, P., 1991. Relationship Between Morphometric Parameters and Litological and Geotechnical Characteristic of Unstable Slopes in the Upper Valdarno Basin, Tuscany, Italy, 943-946.
- Foumelis, M., Lekkas, E. ve Parcharidis, I., 2004. Landslide Susceptibility Mapping by GIS-Based Qualitative Weighting Procedure in Corinth Area, Bulletin of the Geological Society of Greece, 36.
- Garcia-Rodrigueza, M.J., Malpicab, J.A., Benitoa, B. ve Diaz M., 2008. Susceptibility Assessment of Earthquake-Triggered Landslides in El Salvador Using Logistic Regression, Geomorphology, 95, 3–4, 172–191.

- Gayle, R.B., 1959. Sinop Yöresi ile İlgili Çalışma, Petrol İşleri Genel Müdürlüğü, Arşiv No.17, Ankara (yayımlanmamış).
- Gedik, A., 1961. 1/100.000 Ölçekli Sinop Bölgesi Jeoloji Haritası: Petrol İşleri Genel Müdürlüğü Arşivi.
- Gedik, A. ve Korkmaz, S., 1984. Sinop Havzasının Jeolojisi ve Petrol Olanakları, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, MTA Derleme No. 7575, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 19, 53-79.
- Gedik A., Ercan T. ve Korkmaz S., 1984. Orta Karadeniz (Samsun-Sinop) Havzasının Jeolojisi ve Volkanik Kayaçların Petrolojisi, MTA Dergisi, 99/100, 34-50.
- Gedik, A., Özbudak, N., İztan, H., Korkmaz, S. ve Ağrıdağ, D. S., 1981. Sinop Havzasının Jeolojisi ve Petrol Olanakları ile İlgili Ön Sonuçlar, TJK 35. Bil. Tek. Kurultayı, Ankara.
- Geiss, H.P., 1954. Karadeniz Taşkömürü Prospeksiyon Bölgesi Dahilinde İnebolu, Küre, Abana Sahasında Yapılan Jeolojik Löve Neticeleri, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Rap., No: 2973.
- Genç, D., 2008. Zemin Mekaniği ve Temeller, TMMOB, Jeoloji Mühendisliği Odası, Yayın No:100, 848.
- Ghimire M., 2011. Landslide Occurrence and Its Relation with Terrain Factors in the Siwalik Hills, Nepal: Case Study of Susceptibility Assessmenti Three Basins, Nat Hazards, 56:299–320.
- Ghosh, S., Van Westen, C.J., Carranza, E.J.M., Ghoshal, T.B., Sarkar, N.K. ve Surendranath, M., 2009. A Quantitative Approach for Improving the BIS (Indian) Method of Medium-Scale Landslide Susceptibility Journal Geological Society of India, 74, 625-638.
- Go'Meza, H. ve Kavazoğlu T., 2004. Assessment of Shallow Landslide Susceptibility Using Artificial Neural Networks in Jabonosa River Basin, Venezuela, Engineering Geology, 78,11–27.
- Godt, J.W., Baum, R.L., Savage, W.Z., Salciarini, D., Schulz, W.H. ve Harp, E. L., 2008. Transient Deterministic Shallow Landslide Modeling: Requirements for Susceptibility and Hazard Assessments in A GIS Framework, Engineering Geology, 102, 214–226.
- Goetz J.N., Guthrie R.H. ve Brenning A., 2011. Integrating Physical and Empirical Landslide Susceptibility Models Using Generalized Additive Models, Geomorphology, 129, 376–386.
- Gorsevski, P.V., Gessler, P. ve Foltz, R.B., 2000. Spatial Prediction of Landslide Hazard Using Logistic Regression and GIS. 4 th Int. Conf. on Integ. GIS Env. Mod., Canada, 2-8.

- Gorsevski, P.V. , Gessler, P.E. , William, J.B. , Eliot, J. ve Foltz, R.B., 2006. Spatially and Temporally Distributed Modeling of Landslide Susceptibility, Geomorphology, 80, 178-198.
- Gorsevski, P.V. ve Jankowski, P., 2008. Discerning Landslide Susceptibility Using Rough Sets, Computers, Environment and Urban Systems, 32, 53-65.
- Gökçe O., Demir, A. ve Özden, Ş., 2006. Türkiye’de Heyelanlı Yerleşim Birimlerinin Dağılımı ve CBS Ortamında Sorgulanması (Afet Envanteri 1950-2005), Afet İşleri Genel Müdürlüğü Ankara, 19.
- Gökçe O., Özden, Ş. ve Demir, A., 2008. Türkiye’de Afetlerin Mekansal ve İstatistiksel Dağılımı Afet Bilgileri Envanteri, Afet İşleri Genel Müdürlüğü Ankara, 118.
- Gökçeoğlu, C., 1993. Mengen (Bolu, NE) Yöresi Heyelanlarının Araştırılması ve Potansiyel Risk Alanlarının Uzaktan Algılama Tekniği Kullanılarak Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Gökçeoğlu, C., Sönmez, H., Nefeslioğlu, H.A., Duman, T.Y. ve Çan, T., 2005. The 17 March 2005 Kuzulu Landslide (Sivas, Turkey) and Landslide-Susceptibility Map of Its Near Vicinity, Engineering Geology, 81, 65–83.
- Gökçeoğlu, C. ve Aksoy, H., 1996. Landslide Susceptibility Mapping of the Slopes in the Residual Soils of the Mengen Region (Turkey) by Deterministic Stability Analyses and Image Processing Techniques, Eng. Geol., 44, 147–161.
- Gökçeoğlu, C. ve Ercanoğlu, M., 2001. Heyelan Duyarlılık Haritalarının Hazırlanmasında Kullanılan Parametrelere İlişkin Belirsizlikler, Hacettepe Yerbilimleri Dergisi, 23, 189-206.
- Gökkurt, O., 2007. Sinop Kıyılarında Potansiyel Deşarj Noktalarının Suyun Kalitesine ve Canlılara Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Göktunah, K., 1955. Devrekani, Daday, Küre İlçeleri Arasında Kalan Ağlıpazarı-Scydiler Bölgesi Hakkında Jeolojik Rapor: MTA Enst. Rap. No: 2533 (yayınlanmamış).
- Görmüş, S., 1980. Yığılca (Bolu, NW) Yöresinin Jeolojik İncelemesi: Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara (yayınlanmamış).
- Görüm T., 2006. Coğrafi Bilgi Sistemi ve İstatistiksel Yöntemler Kullanılarak Heyelan Duyarlılık Analizi: Melen Boğazı ve Yakın Çevresi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Görüm, T., Gönençgil, B., Gökçeoğlu, C. ve Nefeslioğlu, H.A., 2008. Implementation of Reconstructed Geomorphologic Units in Landslide Susceptibility Mapping: The Melen Gorge (NW, Turkey), Natural Hazards.

- Gritzner, M.L., Marcus, W.A., Aspinall, R. ve Custer, S.G., 2001. Assessing Landslide Potential Using GIS, Soil Wetness Modeling and Topographic Attributes, Payette River, Idaho, Geomorphology, 37, 149-165.
- Guillande, R., Gelugne, P., Bardintzeff, J.M., Brousse, R., Chorowicz, J., Deffontaines, B. ve Parrot, J.F., 1993. Cartographie Automatique De Zones A Aleas De Mouvement De Terrain Sur L'île De Tahiti A Partir De Donnees Digitales, Bulletin Societe Geologique De France, 164, 4, 577-583.
- Guinau, M., Pallas, R. ve Vilaplana, J. M., 2005. A Feasible Methodology for Landslide Susceptibility Assessment in Developing Countries: A Case-Study of NW Nicaragua After Hurricane Mitch., Engineering Geology, 80, 316-327.
- Gulla, G., Antronico, L., Iaquina, P. ve Terranova O., 2008. Susceptibility and Triggering Scenarios at a Regional Scale for Shallow Landslides, Geomorphology, 39-58.
- Gupta, R. P. ve Joshi, B. C., 1990. Landslide Hazard Zoning Using the GIS Approach: A Case Study from the Ramganga Catchment, Himalayas, Engineering Geology, 28, 119-131.
- Guzzetti, F., Carrara, A., Cardinali, M. ve Reichenbach, P., 1999. Landslide Hazard Evaluation: A Review of Current Techniques and Their Application in a Multi-Scale Study, Central Italy, Geomorphology, 31, 181-216.
- Guzzetti, F., Ardizzone, F., Cardinali, M., Galli, M., Reichenbach, P. ve Rossi, M., 2008. Distribution of Landslides in the Upper Tiber River Basin, Central Italy, Geomorphology, 96, 1-2, 105-122.
- Guzzetti, F., Cardinali, M., Reichenbach, P. ve Carrara, A., 2000. Comparing Landslides Maps: A Case Study in the Upper Tiber Basin, Central Italy, Env. Manag., 25, 3, 247-263.
- Guzzetti, F., Galli, M., Reichenbach, P., Ardizzone, F. ve Cardinali M., 2006. Landslide Hazard Assessment in the Collazzone Area, Umbria, Central Italy, Natural Hazards and Earth System Sciences, 6, 115-131.
- Guzzetti, F., Reichenbach, P., Cardinali, M., Galli, M. ve Ardizzone, F., 2005. Probabilistic Landslide Hazard Assessment at the Basin Scale, Geomorphology, 72, 1-4, 272-299.
- Hecimenli, E., 1998. Analitik Hiyerarsi Sureci ve Bilişim Teknolojisi Kararlarında Uygulanması, Doktora Tezi, Dokuz Eylul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Hakyemez, H.Y., 1989. Kale-Kurbalık (GB, Denizli) Bölgesindeki Senozoyik Yaşlı Çökel Kayaların Jeolojisi ve Stratigrafisi, MTA Dergisi, 109, 9-21.

- Hakyemez, H.Y.ve Örçen, S., 1982. Muğla-Denizli Arasındaki GB Anadolu Senozoyik Yaşlı Çökel Kayaların Sedimentolojik ve Biyostratigrafik İncelemesi: MTA Rap., 7311 (yayımlanmamış), Ankara.
- Hamzaçebi, G., Nurlu, M., Koç N., Temiz, A. ve Özmen, B., 2004a. İl Afet Bilgi Sistemi Çalışması (Kastamonu İli), 3. Coğrafi Bilgi Sistemleri, Bilişim Günleri, Bildiri Kitapçığı.
- Hamzaçebi, G., Koç N., Velioğlu, Ö. ve Erdem-Altın, N., 2004b. Ulusal Afet Arşiv Sistemi, 3. Coğrafi Bilgi Sistemleri, Bilişim Günleri, Bildiri Kitapçığı.
- Hansen, A., 1984. Landslide Hazard Analysis, J.Wiley and Sons, New York, 523-602.
- Hartlen J. ve Viberg L., 1988. Evaluation of Landslide Hazard, 5th., Int. Congr., on Landslides, Lausanne, 2, 1037-1057.
- Hasekioğulları, G.D., 2010. Heyelan Duyarlılık Haritalarının Üretilmesinde Parametre Etkilerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Havenith, H.-B., Strom, A., Caceres, F. ve Pirard, E., 2006. Analysis of Landslide Susceptibility in the Suusamy Region, Tien Shan: Statistical and Geotechnical Approach, Landslides, 3, 39-50.
- He, Y. ve Beighley B.E., 2007. GIS-Based Regional Landslide Susceptibility Mapping: A Case Study in Southern California, Earth Surf. Process. Landforms, 380-393.
- HGK, 1999. 1/50.000 Ölçekli Haritaların Tahviline Ait Teknik Talimat, Harita Genel Komutanlığı, Ankara.
- Hışmanoğlu, E., 2006. Şanlıurfa Germuş (Dağeteği) Yöresi Killerinin Özellikleri ve Şişme Potansiyelinin İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Higgins, J.D. ve Rockaway, J.D., 1986. A Graphic System for Seismic Response Mapping, Bull. Assoc. Eng. Geol., 23, 1, 77-91.
- Hutchinson, J.N., 1992. Keynote Paper: Landslide Hazard Assessment, Proc. 6th Int. Symp., On Landslides, Christchurch, 3, 1805-1841.
- Ildır, B., 1995. Türkiye’ de Heyelanların Dağılımı ve Afetler Yasası ile İlgili Uygulamalar, İkinci Ulusal Heyelan Sempozyumu Bildirileri, Adapazarı, 1-9.
- Intarawichian N. ve Dasananda S., 2011. Frequency Ratio Model Based Landslide Susceptibility Mapping in Lower Mae Chaem Watershed, Northern Thailand Environmental Earth Sciences, 64, 8, 2271-2285.

- Irigaray, C., Fernandez, T., El Hamdouni, R. ve Chacon, J., 2007. Evaluation and Validation of Landslide-Susceptibility Maps Obtained by a GIS Matrix Method: Examples from the Betic Cordillera (Southern Spain), Natural Hazards, 41, 61-79.
- Işık, N.S., 1999. Causes, Analysis and Stabilisation of A Coastal Slide, South of Sinop, Turkey, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Işık, N.S., Doyuran V. ve Ulusay, R., 2004. Assessment of a Coastal Landslide Subjected to Building Loads at Sinop, Black Sea Region, Turkey, and Stabilization Measures, Engineering Geology 75, 69-88.
- İnalkaç, G.M., 2011. Zemin Parametrelerinin Deneysel ve Teorik Olarak İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- İnandık, H., 1957. Sinop-Terme Arasındaki Kıyıların Morfolojik Etüdü: Türk Cof., Der., 17, 51:71.
- Jade, S. ve Sarkar, S., 1993. Statistical Models for Slope İnstability Classification, Engineering Geology, 36, 91-98.
- Jager, S. ve Wieczorek, G. F., 1994. Landslide Susceptibility in the Tully Valley Area, Finger Lakes Region. U. S. Geological Survey, Open-File Report (Online Version), 94-615.
- Jibson, R.W., Harp, E. L. ve Michael, J.A., 1998. A Method for Producing Digital Probabilistic Seismic Landslide Hazard Maps: An Example from the Los Angeles, California, USGS Open File Report, 98-113.
- Juang, C.H., Lee, D.H. ve Sheu, C., 1992. Mapping Slope Failure Potential Using Fuzzy Sets. J. Geotech. Eng. Div., ASCE, 118, 475-493.
- Kanungo, D.P., Sarkar S. ve Sharma, S., 2011. Combining Neural Network With Fuzzy, Certainty Factor and Likelihood Ratio Concepts for Spatial Prediction of Landslides Nat Hazards, 59, 1491-1512.
- Kanungo, D.P., Arora, M.K., Sarkar, S. ve Gupta, R.P., 2006. A Comparative Study of Conventional, ANN Black Box, Fuzzy and Combined Neural and Fuzzy Weighting Procedures for Landslide Susceptibility Zonation in Darjeeling Himalayas, Engineering Geology, 85, 347-366.
- Karabıyıkoglu, M., 1984. Sinop Yarımadası Genç Pleyistosen Çökellerinin Çökme Ortamları; Regresif ve Transgresif Kıyı Çizgisi ve Kumullu İstifi; Jeom. Der., 2.
- Karaca, Ö., 2007. Fethiye Yerleşim Alanı Zeminlerinin Mühendislik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Jeoteknik Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanılarak Hazırlanması, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

- Karakaya, F., 2003. Yalova-Orhangazi Arasındaki Bölgenin Heyelan Duyarlılık Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Kavas, E. 2009. Analitik Hiyerarşik Süreç Yöntemlerle İzmir İlinin Heyelan Duyarlılığının Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı İncelenmesi, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, İzmir.
- Kavzoğlu, T., Şahin E.K., Çölkesen, İ., 2012. Heyelan Duyarlılığının İncelenmesinde Regresyon Ağaçlarının Kullanımı: Trabzon Örneği. Harita Dergisi, 147.
- Kaya, O., 1987, Kuzeybatı Anadolu'da Triyas ve Jura kayalarının yeniden değerlendirilmesi: Orta Triyas Öncesi-Erken Kretase tektonik Evrimi Üzerine Sınırlamalar ve Öneri: Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri özleri, 1-2.
- Kaya-Özer, C., 2009. Bartın-Kurucaşile Yöresi Geç Kretase Birimleri Planktonik Foraminifer ve Nannoplankton Biyostratigrafisi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kaya-Özer, C. ve Toker, V., 2009. Akveren Formasyonu'nun Kampaniyen-Maastrichtiyen Planktonik Foraminifer Biyostratigrafisi (Bartın, Batı Karadeniz), Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Dergisi Journal of the Earth Sciences Application and Research Centre of Hacettepe University Yerbilimleri, 30, 3, 213–233.
- Kayastha, P., Dhital, M.R. ve De, Smedt, F., 2012. Landslide Susceptibility Mapping Using The Weight of Evidence Method in the Tinau Watershed, Nepal, Nat Hazards, 63, 479–498.
- Ketin, İ., 1962. 1/500.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Sinop Paftası İzahnamesi, MTA, Yayını, Ankara.
- Ketin, İ., ve Gümüş, Ö., 1962. Sinop, Ayancık ve Güneyinde, III. Bölgeye Dahil Sahaların Jeolojisi Hakkında Rapor, I, II. Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, Arama Grubu, Rap., no: 213-218 (yayınlanmamış).
- Ketin, İ. ve Gümüş, Ö., 1963. Sinop-Ayancık Arasında III. Bölgeye Dahil Sahaların Jeolojisi, TPAO 288, Ankara, (yayınlanmamış).
- Kirschbaum, D.B., Adler, R., Hong, Y., Kumar, S., Peters-Lidard, C. ve Lerner-Lam, A., 2012. Advances in Landslide Nowcasting: Evaluation of a Global and Regional Modeling Approach, Environ Earth Sci, 66, 1683–1696.
- Koç, P., 2011. Karasu (Sakarya)Yerleşim Alanı Zeminlerinin Mühendislik Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

- Koçak, Ö., 1993. Eskiçağ Tarihinde Sinope, Başlangıçtan M.S: 395 Yılına Kadar, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Kojima, H. ve Obayashi, S., 2002. An Inverse Analysis of Unobserved Trigger Factors of the Slope Failures Based on Structural Equation Modeling, Symposium on Geospatial Theory, Proceeding and Application, Ottawa.
- Komac, M., 2006. A Landslide Susceptibility Model Using the Analytical Hierarchy Process Method and Multivariate Statistics in Perialpine Slovenia, Geological Survey of Slovenia, 74, 17-28.
- Korkmaz S., Gedik A. ve Pelin S., 1981. Türkiye'deki Bazı Tortul Havzalara, Petrol Potansiyeli Açısından Bir Bakış Jeoloji Mühendisliği, 39, 5-14.
- Kumbasar, V., ve Kip, F., 1999. Zemin mekaniği Problemleri, Çağlayan Kitabevi, İstanbul.
- Kumtepe, P., Nurlu, Y., Cengiz, T., Sütçü, E., 2009. Bolu Çevresinin Heyelan Duyarlılık Analizi, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, İzmir.
- Kutluca, A., K., 2001. Potential Natural Hazard Areas in İzmir Built-Up Zone Case Study: Altındağ Landslide Areas, Yüksek Lisans Tezi, FBE, İzmir.
- Lan, H.X., Zhou, C. H., Wang, L.J., Zhang, H.Y. ve Li, R.H., 2004. Landslide Hazard Spatial Analysis and Prediction Using GIS in the Xiaojiang Watershed, Yunnan, China, Engineering Geology, 76, 109-128. 185.
- Lee S., 2004. Application of Likelihood Ratio and Logistic Regression Models to Landslide Susceptibility Mapping Using GIS Environmental Management, Research Paper, Springer Science-Business, 34, 2, 223–232.
- Lee, S., 2005. Application of Logistic Regression Model and Its Validation for Landslide Susceptibility Mapping Using GIS and Remote Sensing Data, International Journal of Remote Sensing, 26, 7–10, 1477–1491.
- Lee S. ve Choi J., 2004. Landslide Susceptibility Mapping Using GIS and the Weight-of-Evidence Model, Research Article, International Journal of Geographical Information Science, 18, 8, 789–814.
- Lee, C.F., Ye, H., Yeung, M. R., Shan, X. ve Chen, G., 2001. AIGIS-Based Methodology for Natural Terrain Landslide Susceptibility Mapping in Hong Kong, Episodes, 24, 150-158.
- Lee, M.-J., Choi J.-W., Oh, H.-J., Won, J.-S., Park, I. ve Lee, S., 2012. Ensemble-Based Landslide Susceptibility Maps in Jinbu Area, Korea, Environ Earth Sci, 67, 23–37.
- Lee, S., 2007. Application and Verification of Fuzzy Algebraic Operators to Landslide Susceptibility Mapping, Environmental Geology, 52, 615-623.

- Lee, S., Chang, B., Choi, W. ve Shin, E., 2001. Regional Susceptibility, Possibility and Risk Analyses of Landslide in Ulsan Metropolitan City, Korea, Int. E. El. Eng., 1690-1692.
- Lee, S., Choi, J. ve Min, K. 2004b. Probabilistic Landslide Hazard Mapping Using GIS and Remote Sensing Data at Boun, Korea, Int. J. Remote Sens., 25, 2037-2052.
- Lee, S., Choi, J. ve Min, K., 2002a. Landslide Susceptibility Analysis and Verification Using the Bayesian Probability Model, Environmental Geology, 43, 120–131.
- Lee, S., Chwae, U. ve Min., K., 2002b. Landslide Susceptibility Mapping by Correlation Between Topography and Geological Structure the Janghung Area, Korea, Geomorphology, 46, 149–162.
- Lee, S. ve Dan, N.T., 2005. Probabilistic Landslide Susceptibility Mapping in the Lai Chau Province of Vietnam Focus on the Relationship Between Tectonic Fractures and Landslides, Environ. Geol., 48, 778–787.
- Lee, S. ve Min, K., 2001. Statistical Analysis Of Landslide Susceptibility At Yongin, Korea Environ. Geol., 40, 1095–1113.
- Lee, S., Ryu, I., Min, K., Choi, W. ve Won, J., 2000. Development and Application of Landslide Susceptibility Analysis Techniques Using Geographic Information System (GIS), Geoscience and Remote Sensing Symposium, 1, 319-321.
- Lee, S., Ryu, J. H. ve Kim, I. S., 2007. Landslide Susceptibility Analysis and Its Verification Using Likelihood Ratio, Logistic Regression, and Artificial Neural Network Models: Case Study of Youngin, Korea, Landslides, 327–338.
- Lee, S., Ryu, J.-H., Lee, M.-J. ve Won, J.-S., 2006. The Application of Artificial Neural Networks to Landslide Susceptibility Mapping at Janghung, Korea, Mathematical Geology, 3, 199-220.
- Lee, S., Ryu, J. H., Lee, M. J. ve Won., J. S., 2003b. Use of an Artificial Neural Network for Analysis of the Susceptibility to Landslides at Boun, Korea, Environmental Geology, 44, 820–833.
- Lee, S., Ryu, J. H., Min, K. ve Won, J. S., 2003a. Landslide Susceptibility Analysis Using GIS and Artificial Neural Network, Earth Surface Processes and Landforms, 28, 1361–1376.
- Lee, S., Ryu, J.-H., Won, J.-S. ve Park, H.-J., 2004. Determination and Application of the Weights for Landslide Susceptibility Mapping Using an Artificial Neural Network, Engineering Geology, 71, 289-302.
- Lee, S. ve Sambath, T., 2006. Landslide Susceptibility Mapping in the Damrei Romel Area, Cambodia Using Frequency Ratio and Logistic Regression Models, Environ Geol., 50, 847–855.186.

- Lee, S. ve Talib, J.A., 2005. Probabilistic Landslide Susceptibility and Factor Effect Analysis, Environmental Geology, 47, 982-990.
- Leroi, E., Rouzeau, O., Scanvic, J. Y., Weber, C. C. ve Vargas, G. C., 1992. Remote Sensing and GIS Technology in Landslide Hazard Mapping in the Columbian Andes, Episodes, 15, 1, 32-35.
- Li, C., Ma, T., Sun, L., Li, W. ve Zheng, A., 2012. Application and Verification of a Fractal Approach to Landslide Susceptibility Mapping, Nat Hazards, 61, 169.
- Lucà, F., Conforti, M. ve Robustelli, G., 2011. Comparison of GIS-Based Gullying Susceptibility Mapping Using Bivariate and Multivariate Statistics: Northern Calabria, South Italy, Geomorphology, 134, 297–308.
- Luzi, L. Pergalani, F. ve Terlien, M. T. J., 2000. Slope Vulnerability to Earthquakes at Subregional Scale, Using Probilistic Techniques and Geographic Information Systems, Eng. Geol., 58, 313-336.
- Luzi, L. ve Pergalani, F., 1999. Slope Instability in Static and Dynamic Conditions for Urban Planning: The “Oltre Po Pavese” Case History (Regione Lombardia-Italy). Natural Hazards, 20, 57–82.
- Magliulo, P., Di, Lisio, A. ve Russo, F., 2009. Comparison of GIS-Based Methodologies for the Landslide Susceptibility Assessment, Geoinformatica, 13, 253–265.
- Maharaj, R., 1993. Landslide Processes and Landslide Susceptibility Analysis from an Upland Watershed: A Case Study From St. Andrew, Jamaica, West Indies, Engineering Geology, 34, 53–79.
- Malamud, B.D., Morein, G. ve Turcotte, D.L., 1999. An Example of Self-Organized Critical Behavior, Science, 281, 1840-1842.
- Martinez-Alegria, R., Galcon, C.O. ve Castro, J.T., 2000. Determination of Landslide Prone Areas in the Pisuerga Watershed Using Multi Criteria Analysis. Proc. 2 Nd ICGESA 2000 Int. Conf. On GIS For Earth Sci. Appl., Menemen, İzmir, 1-7.
- Matori, A., N., Basith, A. ve Harahap-Hamonangan, I., S., 2012. Study of Regional Monsoonal Effects on Landslide Hazard Zonation in Cameron Highlands, Malaysia. Arab J Geosci, 5, 1069–1084.
- Matsumaru, K. Meriç, E. Tansel, S Arakawa, Bargu, S. Koral, H. ve Amakawa, H., 1996. Geohistorical Study of Foraminifera Biostratigraphy and Ecological Change of Cretaceous-Tertiary Transitional Formations in the Black Sea Region, Republic of Turkey, Journal of Saitama Universty, Faculty of Education, Mathematic and Natural Sciences, 45, 2, 19-37.

- Mazman, T., 2005. Coğrafi Bilgi Sistemleri Ve İstatistiksel Analiz Teknikleri İle Kumluca Havzası (GD Bartın) Heyelan Duyarlılık Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Mehrotra, G.S., Sarkar, S. ve Dharmaraju, R., 1992. Landslide Hazard Assessment in Rishikesh-Tehri Area, Garhwal Himalaya, India, Proceedings of 6th International Symposium on the Landslides, 1001–1007.
- Mejia-Navarro, M. ve Wohl, E.E., 1994. Geological Hazard and Risk Evaluation Using GIS: Methodology and Model Applied to Medellin, Columbia, Bulletin of Association of Engineering Geologists, 31, 4, 459–481.
- Melchiorre C., Castellanos Abella E.A., Van Westen C.J. ve Matteucci M., 2011. Evaluation of Prediction Capability, Robustness, And sensitivity in non-Linear Landslide Susceptibility Models, Guanta'Namo, Cuba, Computers and Geosciences 37, 410–425.
- Melchiorre, C., Matteucci, M., Azzoni, A. ve Zanchi, A., 2007. Artificial Neural Networks And Cluster Analysis in Landslide Susceptibility Zonation, Geomorphology, 94, 3–4, 379–400.
- Menendez-Duarte, R., Marquinez, J. ve Devoli, G., 2003. Slope Instability in Nicaragua Triggered by Hurricane Mitch: Distribution of Shallow Mass Movements, Environmental Geology, 44, 290-300.
- Menteşe, E., Y., 2009. CBS Ortamında Gerçeğe Yakın Zamanlı Heyelan Tahmini-Rize Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Meusburger, K. ve Alewell, C., 2008. Impacts of Anthropogenic and Environmental Factors on the Occurrence of Shallow Landslides in an Alpine Catchment (Urseren Valley, Switzerland), Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 8, 509–520.
- Miller, P.E., Mills, J.P., Barr, S.L., Birkinshaw, S.J., Hardy, A.J., Parkin G. ve Hall, S.J., 2012. A Remote Sensing Approach for Landslide Hazard Assessment on Engineered Slopes, Geoscience and Remote Sensing, 50, 4.
- Mondal, S. ve Maiti, R., 2012. Landslide Susceptibility Analysis of Shiv-Khola Watershed, Darjiling: A Remote Sensing and GIS Based Analytical Hierarchy Process (AHP), J Indian Soc Remote Sens., 40, 3, 483–496.
- Moore, R., Dibb, T.M. ve Biling, D.W., 1991. The Distribution and Causes of Mass Movement in Aurora Province, Phillippines, Proc. A6 th Int. Landslide Conf., Balkema, Rotterdam, 1023-1029.
- Moreiras, S.M., 2004. Landslide Susceptibility Zonation in the Rio Mendoza Valley, Argentina, Geomorphology.

- Myers, J.H. ve Alpert, M.I., 1968. Determinant Buying Attributes: Meaning and Measurement, *Marketing*, 32, 10, 13-20.
- Nagarajan, R., Anupam Mukherjee, A.R. ve Khire M.V., 1998. Temporal Remote Sensing Data and GIS Application in Landslide Hazard Zonation of Part of Western Ghat, India, *Int. J. Remote Sensing*, 19, 4, 573–585.
- Nagarajan, R., Roy, A., Vinod Kumar, R., Mukherjee, A. ve Khire, M.V., 2000. Landslide Hazard Susceptibility Mapping Based on Terrain and Climatic Factors for Tropical Monsoon Regions, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 58, 275–287.
- Nandi, A. ve Shakoor, A., 2009. A GIS-Based Landslide Susceptibility Evaluation Using Bivariate and Multivariate Statistical Analyses, *Engineering Geology*, 110, 11-20.
- Nefeslioğlu, H. A., Sezer, E., Gökçeoğlu, C., Bozkır, A. S. ve Duman, T. Y., 2010. Assessment of Landslide Susceptibility by Decision Trees in the Metropolitan Area of Istanbul, Turkey. Hindawi Publishing Corporation Mathematical Problems in Engineering.
- Nefeslioğlu, H., A., 2008. Toprak Akmalarına İlişkin Tehlike Haritalarının Üretilmesi (Büyükköy Su Toplama Havzası, Çayeli, Rize), Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Nefeslioğlu, H.A., Duman, T.Y. ve Durmaz, S., 2008a. Landslide Susceptibility Mapping for a Part of Tectonic Kelkit Valley (Eastern Black Sea Region Of Turkey), *Geomorphology*, 94, 3–4, 401–418.
- Nefeslioğlu, H.A., Gökçeoğlu, C. ve Sönmez, H., 2008b. An Assessment on the Use of Logistic Regression and Artificial Neural Networks with Different Sampling Strategies for the Preparation of Landslide Susceptibility Maps, *Engineering Geology*, 97, 3–4, 171–191.
- Nefeslioğlu, H.A., San, B.T., Gökçeoğlu, C. ve Duman, T.Y., 2012. An Assessment on the Use of Terra ASTER L3A Data in Landslide Susceptibility Mapping International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 14, 40–60.
- Neuhäuser, B. ve Terhorst, B., 2007. Landslide Susceptibility Assessment Using “Weights-Of-Evidence Applied to a Study Area at the Jurassic Escarpment (SW-Germany), *Geomorphology*, 86, 12-24.
- Ng, K.Y., 2006. Landslide Locations and Drainage Network Development: A Case Study of Hong Kong, *Geomorphology*, 76, 229–239.
- Oh, H.-J. ve Biswajeet, P., 2011. Application of an Euro-Fuzzy Model to Landslide-Susceptibility Mapping for Shallow Landslides in a Tropical Hilly Area, *Computers and Geosciences*, 37, 1264–1276.

- Oh, H.-J. ve Lee S., 2011. Cross-Application Used to Validate Landslide Susceptibility Maps Using a Probabilistic Model from Korea, Environ Earth Sci, 64, 395–409.
- Ohlmacher, G.C. ve Davis, J.C., 2003. Using Multiple Logistic Regression and GIS Technology to Predict Landslide Hazard in Northeast Kansas, USA, Engineering Geology, 69, 331-343.
- Ohlmacher, G.C., 2007. Plan Curvature and Landslide Probability in Regions Dominated by Earth Flows and Earth Slides, Engineering Geology, 91, 117–134.
- Özdemir H., 2007. Havran Çayı Havzasının (Balıkesir) CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Taşkın ve Heyelan Risk Analizi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Özdemir, A., 2009. Landslide Susceptibility Mapping of Vicinity of Yaka Landslide (Gelendost, Turkey) Using Conditional Probability Approach in GIS, Environmental Geology, 7, 1675–1686.
- Özdemir, N, 2002. Sinop İlinde Doğal Afetlerden Etkilenen Yerleşimler, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Özdemir, N., 2005. Sinop İlinde Etkili Bir Doğal Afet Türü: Heyelan, D.Ü, Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi 5, 67-106.
- Özdemir, S., 2006. Adana-Mersin Otoban Güzergahında Oluşan Heyelanlar ve İslah Önerileri, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Özkul, B ve Karaman E., 2007. Doğal Afetler için Risk Yönetimi, TMMOB Afet Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, İMO Kongre ve Kültür Merkezi, Ankara.
- Özsayar, T.T., 1977. Karadeniz Kıyı Bölgesindeki Neojen Formasyonları ve Bunların Mollusk Faunasının İncelenmesi, KTÜ Yayın No 79, Trabzon.
- Pachauri, A.K., Gupta, P. V. ve Chander, R., 1998. Landslide Zoning in a Part of the Garhwal Himalayas, Environmental Geology, 36, 325-334.
- Pachauri, A. K. ve Pant, M., 1992. Landslide Hazard Mapping Based on Geological Attributes, Engineering Geology, 32, 81–100.
- Parise, M., Jibson ve R. W., 2000. A Seismic Landslide Susceptibility Rating of Geologic Units Based on Analysis of Characteristics of Landslides Triggered by the 17 January, 1994 Northridge, California Earthquake, Engineering Geology, 58, 251–270.
- Parise, M., 2001. Landslide Mapping Techniques and Their Use in the Assessment of the Landslide Hazard. Phys. Chem. Earth, 26, 9, 697-703.
- Park, N.-W., 2011. Application of Dempster-Shafer Theory of Evidence to GIS-Based Landslide Susceptibility Analysis, Environ Earth Sci, 62, 367–376.

- Pavel, M., Fannin, R.J. ve Nelson, J. D., 2008. Replication of a terrain stability mapping using an Artificial Neural Network, Geomorphology, 97, 356–373.
- Pehlivan, M., 2008. Kürtün Baraj Gölünün Sağ Sahilindeki Özkürtün (Gümüşhane) Beldesinin Heyelan Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Peloquin, S. ve Gwyn, Q.H.J., 2000. Using Remote Sensing, GIS and Artificial Intelligence to Evaluate Landslide Susceptibility Levels: Application in the Bolivian Andes, 4 Th Int. Conf. On Integ. GIS Env. Mod., Canada, 26-37.
- Peloquin, S., Hugh. Q., Gwyn, J., Haboudane, D., Mendez, R. ve Rivard, L., 1997. Evaluation of RadarSAT Image for Landslide Susceptibility Mapping: Application in Bolivia, Int. E. El. Eng., 128-130.
- Piacentini, D., Troiani, F., Soldati, M., Notarnicola, C., Savelli, D., Schneiderbauer, S. ve Strada, C., 2012. Statistical Analysis for Assessing Shallow-Landslide Susceptibility in South Tyrol (South-Eastern Alps, Italy), Geomorphology 151–152, 196–206.
- Pistocchi, A., Luzi, L. ve Napolitano, P., 2002. The Use of Predictive Modeling Techniques for Optimal Exploitation of Spatial Databases: A Case Study in Landslide Hazard Mapping with Expert System-Like Methods, Env. Geol., 41, 765-775.
- Pourghasemi, H.R., Mohammady, M. ve Pradhan, B., 2012a. Landslide Susceptibility Mapping Using Index of Entropy and Conditional Probability Models in GIS: Safarood Basin, Iran, Catena 97, 71–84.
- Pourghasemi, H.R., Pradhan, B. ve Gökçeoğlu, C., 2012b. Application of Fuzzy Logic and Analytical Hierarchy Process (AHP) to Landslide Susceptibility Mapping at Haraz Watershed, Iran, Nat Hazards, 63, 965–996.
- Pradhan, B., Lee, S. ve Buchroithner, M.F., 2009. Use of Geospatial Data and Fuzzy Algebraic Operators to Landslide-Hazard Mapping, Appl Geomat, 1, 3-15.
- Pradhan, B., Singh, R. P. ve Buchroithner, M.F., 2005. Estimation of Stress and Its Use in Evaluation of Landslide Prone Regions Using Remote Sensing Data, Advances in Space Research.
- Prasada, R. ve Saibaba, J., 1999. Landslide Hazad Zonation Mapping Using Remote Sensing and Geographic Information System Techniques: A Case Study of Pithoragarh Area, U.P, Int. E. El. Eng., 577-579.
- Raju, P. ve Saibaba, J., 1999. Landslide Hazard Zonation Mapping Using Remote Sensing and Geographic Information System Techniques: A Case Study of Pithoragarh Area, U. P., Int. E. El. Eng., 577-579.

- Rapolla A, Nocera, S. Di, Matano, F., Paoletti, V. ve Tarallo, D., 2012. Susceptibility Regional Zonation of Earthquake-Induced Landslides in Campania, Southern Italy, Nat Hazards, 61, 115–126 s.
- Rautella, P. ve Lakhera, R. C., 2000. Landslide Risk Analysis Between Gurla Rivers in Himachal Himalaya (India), 2, 3-4, 153-160.
- Ray, R.L. ve De Smedt, F., 2009. Slope Stability Analysis on a Regional Scale Using GIS: A Case Study From Dhading, Nepal, Environmental Geology, 57, 1603-1611.
- Reis, S. ve Yomralıoğlu, T., 2005. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile İl Ölçeğinde Afet Yönetim Amaçlı Planlama, TMMOB, Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- Remondo, J., Gonzalez-Diez, A., Teran, J.R.D. ve Cendrero, A., 2003a. Landslide Susceptibility Models Utilising Spatial Data Analysis Techniques. A Case Study From the Lower Deba Valley, Guipúzcoa (Spain). Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands, Natural Hazards, 30, 267–279.
- Remonda, J., González-Díez, A., Diaz De Terán, J. R., Fabbri, A. ve Chung, C.-J. F., 2003b. Validation of Landslide Susceptibility Maps; Examples and Applications from a Case Study in Northern Spain, Natural Hazards, 30, 437–449.
- Remondo, J., Bonachea, J. ve Cendrero, A., 2005. A Statistical Approach to Landslide Risk Modelling at Basin Scale: from Landslide Susceptibility to Quantitative Risk Assessment, Landslides, 2, 321–328.
- Rossi, M., Guzzetti, F., Reichenbach, P., Mondini, A. C. ve Peruccacci, S., 2010. Optimal Landslide Susceptibility Zonation Based on Multiple Forecasts, Geomorphology, 114, 129-142.
- Rotigliano, E., Cappadonia, C., Conoscenti C., Costanzo, D. ve Agnesi, V., 2012. Slope Units-Based Flow Susceptibility Model: Using Validation Tests to Select Controlling Factors Nat. Hazards, 61, 143–153.
- Rowbotham, D. N. ve Dudycha, D., 1998. GIS Modelling of Slope Stability in Phewa Tal Watershed Nepal, Geomorphology, 26, 151-170.
- Rozos, D., Bathrellos, G.D. ve Skillodimou, H.D., 2011. Comparison of the Implementation of Rock Engineering System and Analytic Hierarchy Process Methods, Upon Landslide Susceptibility Mapping, Using GIS: A Case Study From the Eastern Achaia County of Peloponnesus, Greece Environ Earth Sci, 63, 49–63.
- Ruff, M. ve Czurda, K., 2008. Landslide Susceptibility Analysis with a Heuristic Approach at the Eastern Alps (Vorarlberg, Austria), Geomorphology, 94, 3–4, 314–324.
- Saaty, M., 2000. Çok Amaçlı Karar Vermede Bir Yaklaşım: Analitik Hiyerarşi Yöntemi, Gazi Üniversitesi, B.F. Dergisi, 2, 150-174.

- Saaty, T.L., 1977. A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures, Journal of Mathematical Psychology, 15, 3, 234-281.
- Saaty, T.L., 1980. The Analytic Hierarchy Process, New York: McGraw Hill, International, Translated to Russian, Portuguese, and Chinese, Revised, Pittsburgh: RWS Publications.
- Saaty, T.L., 1990. An Exposition of the AHP in Reply to the Paper Remarks on the Analytic Hierarchy Process, Management Science, 36, 3, 259-268.
- Saaty, T.L., 1994. How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process, Interfaces, 24, 6, 19-43.
- Saaty, T.L., 1997. That is not the Analytic Hierarchy Process: What the AHP is and What it is not, Journal of Multi-Criteria Decision Analysis, 6, 6, 324-335.
- Saaty, T.L., 2008. Decision Making with the Analytic Hierarchy Process, J. Services Sciences, 1, 1.
- Saha, A.K., Gupta, R. P., Sarkar, I.S., Arora, M.K. ve Csaplovics, E., 2005. An Approach for GIS-Based Statistical Landslide Susceptibility Zonation-with A Case Study in the Himalayas, Landslides, 2, 61-69.
- Saito, H., Nakayama, D. ve Matsuyama, H., 2009. Comparison of Landslide Susceptibility Based on a Decision-Tree Model and Actual Landslide Occurrence: The Akaishi Mountains, Japan, Geomorphology, 109, 108-121.
- Sakellariou, M.G. ve Ferentinou, M.D., 2001. GIS-Based Estimation of Slope Stability, Nat. Haz. Rew., 12-21.
- Santacana, N., Baeza, B., Corominas, J., Paz, A. ve Marturia, J., 2003. A GIS-Based Multivariate Statistical Analysis for Shallow Landslide Susceptibility Mapping in La Poble De Lillet Area (Eastern Pyrenees, Spain), Natural Hazards, 30, 281-295.
- Saral, A. ve Musaoğlu, N., 2011. Çok Kriterli Karar Verme ve Bilgi Difüzyonu Yöntemleri ile Taşkın Risk Analizi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 1822, Nisan 2011, Ankara.
- Sarı, A., 1994. Boyabat (Sinop) Yöresi (Triyas-Kretase) Birimlerinin Organik Fasiyes İncelemesi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 37, 2, 111-118.
- Sayın Ö., Badem, M., Kurt, F., Acun, A., 2005. Sinop İli 2004 Yılı Çevre Durum Raporu, T. C. Sinop Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü.
- Schernthanner, H., 2005. Fuzzy Logic Approach for Landslide Susceptibility Mapping, "Rio Blanco", Nicaragua, Master Thesis, Institute of Geography, NAWI, Paris Lodron University Salzburg. Salzburg, 89.

- Schicker, R., ve Moon, V., 2012. Comparison of Bivariate and Multivariate Statistical Approaches in Landslide Susceptibility Mapping at a Regional Scale, Geomorphology 161–162, 40–57.
- Schmidt, G., 1911. Ekinveren için Petrol Sızıntısı, (yayınlanmamış), Rapor.
- Shikada, M., Suzuki, Y., Kusaka, T., Goto, S. ve Kawata, Y., 1997. An Application of GIS Information and Remotely Data for Extraction of Landslide, Int. E. El. Enng., 210-212.
- Silahlı, M., 2007. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Avşar Yerleşkesinin Zemin Parametrelerinin Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Singh, L.P., Van Westen, C.J., Ray, P.K.C. ve Pasquali, P., 2005. Accuracy Assessment of Insar Derived Inputmaps for Landslide Susceptibility Analysis A Case Study from the Swiss Alps, Landslides, 2, 221–228.
- Sinop Belediyesi, 2010. İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporu, İller Bankası Genel Müdürlüğü Yeraltı Etütleri Dairesi Başkanlığı, Jeoteknik İhale Şube Müdürlüğü Ankara.
- Sinop ÇED, 2004. İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Sinop İli Çevre Durum Raporu, Sinop.
- Sinop ÇED, 2007. İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Sinop İli Çevre Durum Raporu, Sinop.
- Soeters, R.S. ve Van Westen, C.J., 1996. Slope Instability Recognition, Analysis and Zonation, National Academy Press, 129-177.
- Solak, Y., 2010. 1/5.000 Ölçekli Standart Tomografik Kadastral (STK) Haritaların Kullanılabilirliğinin Araştırılması: Kastamonu-Taşköprü Örneği, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak.
- Sonel N., Albayrak M. ve Sarı, A., 1989a. Bürnük (Boyabat-Sinop) Civarının Jeolojisi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., 4, 1-2, 43-82.
- Sonel, N., Sarı, A., Coşkun, B. ve Tozlu, E., 1989b. Boyabat (Sinop) Havzası Ekinveren Fayının Petrol Aramalarındaki Önemi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 32, 39-49.
- Song, Kyo-Young A, Hyun-Joo, O., B, Jaewon, C.C, Park, I.D, Lee, C.D. ve Lee, S.E, 2012a. Prediction of Landslides Using ASTER Imagery and Data Mining Models Advances in Space Research 49, 978–993.
- Song Y., Gong, J., Gao, S., Wang, D., Cui, T., Li, Y. ve Wei, B., 2012b. Susceptibility Assessment of Earthquake-Induced Landslides Using Bayesian Network: A Case Study in Beichuan, China, Computers and Geosciences, 42, 189–199.
- Sungurlu, O., 1975, Sinop Sahalarının Petrol İmkânları, Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, Arama Grubu, Rap., No: 908 (yayınlanmamış).

- Sümengen, M., Terlemez, Bilgiç, T., Gürbüz, M., Ünay, E., Ozaner, S. ve Tüfekçi, K., 1987. Şarkışla-Gemerek Dolayı Tersiyer Havzasının Stratigrafisi, Sedimentolojisi ve Jeomorfolojisi, MTA Raporu, Derleme No: 8118 (yayımlanmamış).
- Sütçü, Y.F., Tekîn, F., Özdemir, M., Arel, M. ve Gedîk, İ., 1982. Sinop ili Nükleer Enerji Santral Yeri, 1/25,000 Ölçekli Jeoloji Ön Raporu: MTA Enstitüsü Jeoloji Dairesi.
- Süzen, M.L. ve Doyuran, V., 2004a. Data Driven Bivariate Landslide Susceptibility Assessment Using Geographical Information Systems: A Method and Application to Asarsuyu Catchment, Turkey, Engineering Geology, 71, 303–321.
- Süzen, M.L. ve Doyuran, V., 2004b. A Comparison of the GIS Based Landslide Susceptibility Assessment Methods: Multivariate Versus Bivariate, Environmental Geology, 45, 665–679.
- Şahin, E.K., 2012. CBS Tabanlı Çok Kriterli Karar Analizi Yöntemi Kullanılarak Heyelan Duyarlılık Haritasının Üretilmesi: Trabzon İli Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- Şahinalp, M., 2009. Tatvan (Bitlis) Yerleşkesinin Jeolojik-Jeoteknik İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Şen, S.C., 2009. Erdemli (Mersin) İlçesinde Yağışlara Bağlı Olarak Gelişen Heyelanların İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981, Tethyan Evolution of Turkey, A Plate Tectonic Approach, Tectonophysics, 75, 181-241.
- Şengün, H. ve Temiz A., 2007. Afet Yönetimi ve Karabük, TMMOB Afet Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, İMO Kongre ve Kültür Merkezi, Ankara.
- Tangestani, M.H., 2003. Landslide Susceptibility Mapping Using the Fuzzy Gamma Operation in A GIS, Kakan Catchment Area, Iran, Map India.
- Tangestani, M.H., 2009. A Comparative Study of Dempster-Shafer and Fuzzy Models for Landslide Susceptibility Mapping Using A GIS: An Experience from Zagros Mountains, SW Iran, Journal Of Asian Earth Sciences, 35, 66–73.
- Tekdere, M., 2008. Karatay (Konya) İlçesi İmar Planı İçin Jeolojik/Jeoteknik Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Temesgen, B., Mohammed, M. U. ve Korme, T., 2001. Natural Hazard Assessment Using GIS and Remote Sensing Methods, with Particular Reference to the Landslides in the Wondogenet Area, Ethiopia, Phys. Chem. Earth, 26-9, 665-675.
- Temiz, A., 2005. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Heyelan Duyarlılık Haritalarının Hazırlanması: Karabük Örneği, Deprem Sempozyumu, Kocaeli.

- Terlien, M.T.J. ve Van Westen, C.J., Van Asch, T.W.J., 1995. The Use of Deterministic Models in Landslide Hazard Assessment, Natural Hazards, 57–77.
- Terzaghi, K., 1943. Theoretical Soil Mechanis, Copyright, John Wiley and Sons, Inc.
- Thiery, Y., Malet, J.P., Sterlacchini, S., Puissant A. ve Maquaire O., 2007. Landslide Susceptibility Assessment by Bivariate Methods at Large Scales: Application to a Complex Mountainous Environment, Geomorphology 92, 38–59.
- Tokay, M., 1949. Karadeniz Ereğlisi, Alaplı, Kızıltepe, Alacağzı Bölgesi Jeolojisi, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi, 42-43, 1-35.
- Tokay, M., 1954. Zonguldak-Ereğli, Alaplı Bölgesine Ait Dikme Kesit: MTA Enstitüsü Stratigrafi Komisyonu raporu, (Yayınlanmamış).
- Tombuş, F.E., 2005. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Erozyon Risk Belirlemesine Yeni Bir Yaklaşım, Çorum İli Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Tonyalı, İ., 2011. Laboratuar, Arazi ve Jeofizik Deney Sonuçlarını Kullanan Zemin Taşıma Gücü Hesap Yöntemlerinin İncelenmesi ve Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tunoğlu, C., 1994. Devrekani Havzası (Kastamonu Kuzeyi) Üst Paleosen-Orta Eosen Yaşlı Karbonat İstifinde Mikrofasiyes Analizleri, Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 37, 2, 43-51.
- Turoğlu, H., 1998. Sinop Şehri ve Çevresinde Arazi Kullanımı-Jeomorfoloji İlişkisi, Türkiye Coğrafya Dergisi, 33, 519-528.
- Turoğlu H., 1999. Sinop-Gerze Arası Sahil Kesiminin Uygulamalı Jeomorfolojisi, Coğrafya Dergisi, 7.
- Turrini, M.C. ve Visintainer, P., 1998. Proposal of a Method to Define Areas of Landslide Hazard and Appication to an Area of the Dolomites, Italy. Eng. Geol., 50, 255-265.
- Tüysüz, O., Aksay, A. ve Yiğitbaş, E., 2004. Batı Karadeniz Bölgesi Litostratigrafi Birimleri, MTA yayınları, Stratigrafi Komitesi Litostratigrafi Birimleri Serisi-1.
- Uğuz, M.F., ve Sevin M., 2008. Sinop-D34 ve E34 Paftaları Jeoloji Haritası: MTA 1/100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, No:78, Ankara.
- Ulusay, R., 2001. Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler, TMMBO, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları:38, Genişletilmiş 4. Baskı, Ankara.
- Uromeihy, A. ve Mahdaviar, M.R., 2000. Lanslide Hazard Zonation of Khorshrostan Area, Iran, Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 58, 207–213.

- Uzun, A., 1995. Gerze-Alaçam Kıyı Bölgesinin Jeomorfolojisi, Öz, Eğitim Yayınları, Konya.
- Van Den Eechaut, M., Vanwalleghe, T., Poesen, J., Govers, G., Verstraeten, G. ve Vandekerckhove, L., 2006. Prediction of Landslide Susceptibility Using Rare Events Logistic Regression A Case-Study in the Flemish Ardennes (Belgium). Geomorphology, 76, 392-410.
- Van Vesten, C.J., Rengers, N. ve Terlien, M.T.J., 1997. Prediction of the Occurrence of Slope Instability Phenomena Through GIS-Based Hazard Zonation, Geol. Rundsch., 86, 404-414.
- Van Westen, C.J., Seijmonsbergen, A.C., ve Mantorani, F., 1999. Comparing Landslide Hazard Maps. Nat. Haz., 20, 137-158.
- Van Westen C.J., Soeters, R. ve Sijmons, K., 2000. Digital Geomorphological Landslide Hazard Mapping of the Alpago Area, Italy, Int. Appl. Earth Observ. Geoinf., 2, 1, 51–59.
- Van Westen, C.J., Renger, N. ve Soeters, R., 2003. Use of Geomorphological Information in Indirect Landslide Susceptibility Assessment, Natural Hazards, 30, 399–419.
- Van Westen, C.J. ve Bonilla, J.B.A., 1990. Mountain Hazard Analysis Using a PC-Based GIS, Proceedings of the 6th International Congress of Engineering Geology, 265–271.
- Van Westen, C.J., 1994. GIS in Landslide Hazard Zonation: A Review With Examples From The Colombian Andes, Taylor and Francis, London, 135- 165.
- Van Westen, C.J., Renger, N. ve Soeters, R., 2003. Use of Geomorphological Information in Indirect Landslide Susceptibility Assessment, Natural Hazards, 30, 399–419.
- Varnes, D.J., 1978a. Slope Movements: Types and Processes, National Academy Of Sciences, Transportation Research Board Special Report 176, Washington, 11- 33.
- Varnes, D.J., 1978b. Landslide Types and Process. In: Landslide and Engineering Practice, Highway Research Board Spec.Rep. 29, 20-47.
- Varnes, D.J., 1984. Hazard Zonation: A Review of Principal And Practice, Commission of Landslide of IAEG, Unesco, Natural Hazades, 3, 61.
- Vergari F., Della Seta M., Del Monte M., Fredi P. ve Lupia Palmieri E., 2011. Landslide Susceptibility Assessment in the Upper Orcia Valley (Southern Tuscany, Italy), Through Conditional Analysis: A Contribution to the Unbiased Selection of Causal Factors. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 11, 1475–1497.
- Wachal, D.J. ve Hudak, P.F., 2000. Mapping Landslide Susceptibility in Travis County, Texas, USA, Geojournal., 51, 245–253.

- Wan, S., 2009. A Spatial Decision Support System for Extracting the Core Factors and Thresholds for Landslide Susceptibility Map, Engineering Geology, 108, 237-251.
- Wang, W.D., Xie, C.M. ve Du, X.G., 2008. Landslides Susceptibility Mapping Based on Geographical Information System, Guizhou, South-West China, Environmental Geology, 55, 235-245.
- Wang, H.B. ve Sassa, K., 2005. Comparative Evaluation of Landslide Susceptibility in Minamata Area, Japan, Environ. Geol., 47, 956-966.
- Wang, W.D., Xie, C.M. ve Du, X.G., 2009. Landslides Susceptibility Mapping Based on Geographical Information System, Guizhou, South-West China, Environmental Geology, 58, 33-43.
- Wang, W., ve Li, Y., 2012. Hazard Degree Assessment of Landslide Using Set Pair Analysis Method, Nat Hazards, 60, 367-379.
- Wang, W.-D., Guo, J., Fang, L. G. ve Chang, X-S., 2012. A Subjective and Objective Integrated Weighting Method for Landslides Susceptibility Mapping Based on GIS, Environ Earth Sci, 65, 1705-1714.
- Weirich, F. ve Blesius, L., 2006. Comparison of satellite and Air Photo Based Landslide Susceptibility Maps, Geomorphology, 87, 4, 352-364.
- Wu, T.H. ve Abdel-Latif, A., 2000. Prediction and Mapping of Landslide Hazard, Can. Gotech. J., 37, 781-795.
- Wua, S., Shia, L., Wanga, R., Tana, C., Hua, D., Meib, Y. ve Xub, R., 2001. Zonation of the Landslide Hazards in the Forereservoir Region of the Three Gorges Project on the Yangtze River, Elsevier, Engineering Geology, 59, 51-58.
- Xu, C., Dai, F., Xu, X. ve Lee, H. Y., 2012a. GIS-Based Support Vector Machine Modeling of Earthquake-Triggered Landslide Susceptibility in The Jianjiang River Watershed, China, Geomorphology 145-146, 70-80.
- Xu. C., Xu., X., Dai, F. ve Saraf, A. K., 2012b. Comparison of Different Models for Susceptibility Mapping of Earthquake Triggered Landslides Related with the 2008 Wenchuan Earthquake in China, Computers and Geosciences, 46, 317-329.
- Yalçın A., 2005. Ardeşen (Rize) Yöresinin Heyelan Duyarlılığı Açısından İncelenmesi, Doktora, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Yalçın, A., 2007a. Heyelan Duyarlılık Haritalarının Üretilmesinde Analitik Hiyerarşi Yönteminin ve CBS'nin Kullanımı. S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg., 22, 3, 2007 J. Fac.Eng.Arch. Selcuk Univ., 22, 3.

- Yalçın, A., 2007b. GIS-Based Landslide Susceptibility Mapping Using Analytical Hierarchy Process and Bivariate Statistics in Ardeşen (Turkey): Comparisons of Results and Confirmations, Catena, 12.
- Yalçın A. ve Bulut F. 2007. Landslide Susceptibility Mapping Using GIS and Digital Photogrammetric Techniques: A Case Study From A (Ne-Turkey), Nat. Hazards, 201–226, 41, 1.
- Yalçın, A., 2008. GIS-Based Landslide Susceptibility Mapping Using Analytical Hierarchy Process and Bivariate Statistics in Ardesen (Turkey):Comparisons of Results and Confirmations, Catena, 72 ,1–12.
- Yalçın, A., 2011. A Geotechnical Study on the Landslides in the Trabzon Province, NE, Turkey, Applied Clay Science 52, 11–19.
- Yalçın, A., Reis, S., Aydınoglu, A. C. ve Yomralioglu, T., 2011. A GİS-Based Comparative Study of Frequency Ratio, Analytical Hierarchy Process, Bivariate Statistics and Logistics Regression Methods for Landslide Susceptibility Mapping İn Trabzon, Ne Turkey, Catena 85, 274–287.
- Yalçınlar, İ., 1958. Samsun Bölgesinin Neojen ve Kuvaterner Kıyı Depoları: 1st. Üniv, Cof, Enst, Dergisi 6,9.
- Yaralıoğlu, K., 2001. Performans Değerlemede Analitik Hiyerarsi Proses, Dokuz Eylül Üniversitesi, B.F. Dergisi, 16, 129-142.
- Yeni, Ö., 2009. Sinop Arkeoloji Müzesinde Sergilenen Türk-İslam Dönemi Mezar Taşları. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Yerebasmaz, H., 2006. Gerze Kentsel Dönüşüm Örneğinin İncelenmesi Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yergök, A.F., Akman, Ü., İplikçi, E., Karabalık, N.N., Keskin, I., Mengi, H., Umut, M., Armağan, F., Erdoğan, K., Kaymakçı, H. ve Çetinkaya, A., 1989. Batı Karadeniz Bölgesi'nin Jeolojisi (I), Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Rapor No. 8273, Ankara (yayımlanmamış).
- Yeşil, B., 2011. Geoteknik Mühendisliğinde Bilgisayar Destekli Tasarım, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Yeşilnacar, E. ve Topal, T., 2005. Landslide Susceptibility Mapping: A Comparison of Logistic Regression and Neural Networks Methods in A Medium Scale Study, Hendek Region (Turkey), Engineering Geology, 79, 251–266.
- Yeşiloğlu, N., 2006. Eğirdir (Isparta) Yerleşim Merkezi için Heyelan Olası Tehlike Değerlendirmesi ve Haritalaması, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Yılmaz, I., Ekemen, T., Yıldırım, M., Keskin, İ. ve Özdemir, G., 2006. Failure and Flow Development of a Collapse Induced Complex Landslide: The 2005 Kuzulu (Koyulhisar, Turkey) Landslide Hazard, Environmental Geology, 49, 467–476.
- Yılmaz, Ç., 2007. GIS-Based Landslide Susceptibility Mapping İn Devrek (Zonguldak-Turkey), Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yılmaz, F., 2007. Erfelek Barajı Yağış Havzasında (Sinop) Farklı Arazi Kullanım Şekilleri Altındaki Toprakların Bazı Hidro-Fiziksel Özelliklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bolu.
- Yılmaz, G., 2008. Afete Duyarlı Planlama Kapsamında Planlama Jeorisk İlişkisi ve CBS ile Analizi, Bartın Kenti Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yılmaz, I., 2009. A Case Study From Koyulhisar (Sivas-Turkey) for Landslide Susceptibility Mapping by Artificial Neural Networks, Bull. Eng. Geol. Environ., 68, 297–306.
- Yılmaz, I., 2009a. The Effect of the Sampling Strategies on the Landslide Susceptibility Mapping by Conditional Probability and Artificial Neural Networks, Environ Earth Sci, 60, 505–519.
- Yılmaz, I., 2009b. A Case Study from Koyulhisar (Sivas-Turkey) for Landslide Susceptibility Mapping by Artificial Neural Networks, Bull. Eng. Geol. Environ., 68, 297–306.
- Yılmaz, I., 2009c. Landslide Susceptibility Mapping Using Frequency Ratio, Logistic Regression, Artificial Neural Networks and Their Comparison: A Case Study From Kat Landslides(Tokat-Turkey), Computers and Geosciences, 35, 1125-1138.
- Yılmaz, İ. ve Keskin, İ., 2009. GIS Based Statistical and Physical Approaches to Landslide Susceptibility Mapping (Şebinkarahisar, Turkey), Bulletin of Engineering Geology and The Environment, 68, 459–471.
- Yılmaz C., Topal T. ve Süzen M. L., 2012. GIS-Based Landslide Susceptibility Mapping Using Bivariate Statistical Analysis in Devrek (Zonguldak-Turkey) Environ Earth Sci 65, 2161–2178.
- Yılmaz, H., 2010. Kürk Çayı Havzasının Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Erozyon Riskinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Elazığ.
- Yılmaz, I. ve Yıldırım, M., 2006. Structural and Geomorphological Aspects of The Kat Landslides (Tokat-Turkey) and Susceptibility Mapping by Means of GIS. Environmental Geology, 50, 461–472.

- Yiğiter, N.D., 2008. Planlamada Afet Bilgi Sistemi ve Yönetiminin Coğrafi Bilgi Sistemleri Modellenmesi: Adana Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yoldaş, R., Keskin, B., Korkmaz, S., Didik, S., Kalkan, I., Ağrıdağ, D. S. ve Besbelli, B., 1985. Samsun ve Dolay (Kızılırmak-Yeşilirmak Arasındaki Bölgenin) Jeolojisi ve Petrol Olanakları: MTA Rap., 8130 (yayımlanmamış), Ankara.
- Yoshimatsu, H., Abe, S., 2006. A Review of Landslide Hazards in Japan and Assessment of Their Susceptibility Using an Analytical Hierarchic Process (AHP) Method, Landslides, 3, 149-158.
- Yüksel, N., 2007. Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Heyelan Duyarlılık Haritalarının Oluşturulmasında İstatistiksel Yöntemlerin ve Yapay Sinir Ağlarının Kullanılması: Kumluca-Ulus (Bartın) Bölgesi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Zanutta, A., Baldi, P., Bitelli G., Cardinali, M., ve Carrara, A., 2006. Qualitative and Quantitative Photogrammetric Techniques for Multi-Temporal Landslide Analysis, Annals of Geophysics, 49, 4-5.
- Zeng-Wang, X., 2001. GIS and ANN Model for Landslide Susceptibility Mapping, Journal of Geographical Sciences, 11, 374-381.
- Zezere J.L., 2002. Landslide Susceptibility Assessment Considering Landslide Typology, A Case Study in The Area North of Lisbon (Portugal), European Geophysical Society, Natural Hazards and Earth System Sciences, 2, 73-82.
- Zezere, J.L., Garcia, R. A.C., Oliveira, S.C. ve Reis, E., 2007. Probabilistic Landslide Risk Analysis Considering Direct Costs in The Area North of Lisbon (Portugal). Geomorphology, 94, 3-4, 467-495.
- Zezere, J.L., Oliveira, S.C., Garcia, R.A.C. ve Reis, E., 2006. Landslide Risk Analysis in the Area North of Lisbon (Portugal): Evaluation of Direct and Indirect Costs Resulting from a Motorway Disruption by Slope Movements, Landslides, 4, 123-136.
- Zhang, C.J., Cui, P., Ge, Y. ve Xiang, L., 2012. Susceptibility and Risk Assessment of Earthquake-Induced Landslides Based on Landslide Response Units in The Subao River Basin, Environ Earth Sci, 65, 1037-1047.
- Zhou, C.H., Lee, C.F., Li, J. ve Xu, Z.W., 2002. On The Spatial Relationship Between Landslides and Causative Factors on Lantau Island, Hong Kong, Geomorphology, 48, 197-207.
- Zhu, L. ve Huang, J.-F., 2006. GIS-Based Logistic Regression Method for Landslide Susceptibility Mapping In Regional Scale, Journal Of Zhejiang University Science, 7, 2007-2017.

7. EKLER

Ek 1. Jeoloji Parametresinin Çalışmalara Göre Dağılımı

JEOLOJİK HAZIRLAYICI FAKTÖRLER																									
ARAŞTIRMACI	YIL	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12	J13	J14	J15	J16	J17	J18	J19	J20	J21	J22	J23	J24
1	Abdolmasov ve Obradovic	*	*					*		*															
2	Akgün ve Bulut			*																					
3	Akgün	*																	*	*					
4	Akgün vd.	*																							
5	Akgün ve Türk	*						*											*						
6	Akıncı vd.	*																							
7	Alegria vd.	*																						*	
8	Alparslan vd.	*							*																
9	Anbalagan	*			*				*																
10	Anbalagan	*			*				*																
11	Anbalagan ve Singh	*			*				*																
12	Atkinson ve Massari	*		*	*	*	*	*																	
13	Atkinson vd.	*			*	*	*	*																	
14	Avtar vd.	*						*											*		*				
15	Ayalew vd.	*																							
16	Ayalew ve Yamagishi	*		*	*	*																			
17	Ayalew vd.	*																							
18	Ayanew ve Barbieri	*							*	*	*	*	*							*					
19	Baeza ve Corominas	*	*	*	*	*		*																	
20	Bai vd.	*																							
21	Bai vd.																				*		*	*	
22	Barendo vd.	*																							
23	Barnard vd.	*					*	*												*					

Ek 1 'in devamı

258	Yoshimatsu ve Abe	2006	*	*	
259	Yüksel	2007			*
260	Zeng-Wang	2001	*		
261	Zezere vd.	2006	*	*	
262	Zezere vd.	2007	*	*	
263	Zhou vd.	2002	*		
264	Zhu ve Huang	2006		*	*

Simge Parametreler

J1	Litoloji	J12	Malzeme Özelliği
J2	Zemin Türü/Derinliği/Toprak	J13	Su Durumu
J3	YüzeySEL Malzeme	J14	Toprak Kaya Dokanağı
J4	Yapısal Çizgisellik	J15	Toprak Kalınlığı
J5	Yapısal Elemanların/Süreksizliklerin Yamaçla İlişkisi	J16	Yapısal Unsurlara/Süreksizliklere Uzaklık
J6	Tabaka Eğimi ve Doğrultusu	J17	Yapısal Unsurların Yoğunluğu
J7	Zemin Kalınlığı	J18	Süreksizlik Yoğunluğu
J8	Bozunma Derecesi/Durumu	J19	Bozunma Zonu Derinliği/Ayrışma Derinliği
J9	Yeraltı suyu	J20	Zemin Yapısı/Tipi/Dokusu/Sınıfı
J10	Erozyon Durumu	J21	Zemin Makaslama Dayanımı/Jeomekanik Özellikleri
J11	Hidrojen Özellikleri	J22	Statik Güvenlik Katsayısı

Ek 2. Topoğrafik Parametresinin Çalışmalara Göre Dağılımı

TOPOĞRAFİK HAZIRLAYICI FAKTÖRLER																											
ARAŞTIRMACI	YIL	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26
1	Abdolmasov ve Obradovic	1997	*																								
2	Akgün ve Bulut	2007	*	*										*													
3	Akgün	2007	*	*	*			*	*	*		*	*								*						
4	Akgün vd.	2008	*	*	*									*													
5	Akgün ve Türk	2010	*	*	*			*	*	*				*													
6	Akgün vd.	2012	*	*	*	*		*	*	*																	
7	Akıncı vd.	2010	*	*	*									*												*	*
8	Aksoy ve Ercanoglu	2012	*	*	*	*																					
9	Alegria vd.	2000	*	*							*																
10	Alkevli ve Ercanoğlu	2011	*	*	*																						
11	Alparslan vd.	2006										*											*				
12	Anbalagan	1992a	*	*	*																						
13	Anbalagan	1992b	*	*	*										*												
14	Anbalagan ve Singh	1996	*	*	*							*			*												
15	Aniya	1985	*	*	*	*								*					*								
16	Atkinson ve Massari	1998	*	*	*	*	*																				
17	Atkinson vd.	1998	*	*	*	*														*							
18	Avtar vd.	2011	*	*	*	*							*														
19	Ayalew vd.	2004	*	*	*	*																					
20	Ayalew veYamagishi	2005	*	*	*	*																					
21	Ayalew vd.	2005	*	*	*	*																					
22	Ayanew ve Barbieri	2005	*	*	*	*														*							
23	Baeza ve Corominas	2001	*	*	*	*	*																				

Ek 2'nin devamı

157	Lee vd.	2003b	*	*	*	*	*	*	*
158	Lee	2004	*	*	*	*	*	*	*
159	Lee ve Choi	2004a	*	*	*	*	*	*	*
160	Lee vd.	2004b	*	*	*	*	*	*	*
161	Lee vd.	2004	*	*	*	*	*	*	*
162	Lee ve Dan	2005	*	*	*	*	*	*	*
163	Lee	2005	*	*	*	*	*	*	*
164	Lee ve Talib	2005	*	*	*	*	*	*	*
165	Lee ve Sambath	2006	*	*	*	*	*	*	*
166	Lee vd.	2006	*	*	*	*	*	*	*
167	Lee vd.	2007	*	*	*	*	*	*	*
168	Lee	2007	*	*	*	*	*	*	*
169	Lee vd.	2012	*	*	*	*	*	*	*
170	Leroi vd.	1992	*	*	*	*	*	*	*
171	Lucà vd.	2011	*	*	*	*	*	*	*
172	Luzi ve Pergalani	1999	*	*	*	*	*	*	*
173	Luzi vd.	2000	*	*	*	*	*	*	*
174	Magliulo vd.	2009	*	*	*	*	*	*	*
175	Maharaj	1993	*	*	*	*	*	*	*
176	Martinez-Alegria vd.	2000	*	*	*	*	*	*	*
177	Matori vd.	2012	*	*	*	*	*	*	*
178	Mazman	2005	*	*	*	*	*	*	*
179	Mehrotra vd.	1992	*	*	*	*	*	*	*
180	Mejia-Navarro ve Wohl	1994	*	*	*	*	*	*	*
181	Melchiorre vd.	2007	*	*	*	*	*	*	*
182	Melchiorre vd.	2011	*	*	*	*	*	*	*

Ek 2'nin devamı

234	Sakellariou ve Ferentinou	2001	*	*	*	*	*	*
235	Santacana vd.	2003	*	*	*	*	*	*
236	Schernthanner	2005	*	*	*	*	*	*
237	Schicker ve Moon	2012	*	*	*	*	*	*
238	Shikada vd.	1997	*	*	*	*	*	*
239	Singh vd.	2005	*	*	*	*	*	*
241	Süzen ve Doyuran	2004a	*	*	*	*	*	*
242	Süzen ve Doyuran	2004b	*	*	*	*	*	*
243	Şahin	2012	*	*	*	*	*	*
244	Tangestani	2003	*	*	*	*	*	*
245	Tangestani	2009	*	*	*	*	*	*
246	Temesgen vd.	2001	*	*	*	*	*	*
247	Terlien vd.	1995	*	*	*	*	*	*
248	Thiery vd.	2007	*	*	*	*	*	*
250	Turrini ve Visintainer	1998	*	*	*	*	*	*
251	Uromeliy ve Mahdafivar	2000	*	*	*	*	*	*
252	Van Westen ve Bonilla	1990	*	*	*	*	*	*
253	Van Westen vd.	1997	*	*	*	*	*	*
254	Van Westen vd.	1999	*	*	*	*	*	*
255	Van Westen vd.	2000	*	*	*	*	*	*
256	Van Westen vd.	2003	*	*	*	*	*	*
257	Van Den Eechaut vd.	2006	*	*	*	*	*	*
258	Vao vd.	2008	*	*	*	*	*	*
259	Vergari vd.	2011	*	*	*	*	*	*
260	Vita vd.	2006	*	*	*	*	*	*

Ek 2'nin devamı

288	Zeng-Wang	2001	*	*	*	*	*	*
289	Zezere vd.	2006	*	*	*	*	*	*
290	Zezere vd.	2007	*	*	*	*	*	*
291	Zhang vd.	2012	*	*	*	*	*	*
292	Zhou vd.	2002	*	*	*	*	*	*
293	Zhu ve Huang	2006	*	*	*	*	*	*

T1	Yükseklik	T10	Sediman Taşıma Kapasite Endeksi (LSI)	T19	Topoğrafik Yükseklik
T2	Rölyef	T11	Akarsu Ağı/Drenaj Ağı	T20	Yamaç Şekli
T3	Yamaç Eğimi	T12	Drenaj Yoğunluğu	T21	Yamaç Uzunluğu (Ls)
T4	Yamaç Yönelimi/Bakı/Yamaç Eğim Yönü	T13	Drenaja-Göllereuzaklık/Yakınlık	T22	Yüzey Pürüzlülük Endeksi
T5	Yamaç Eğriselliği	T14	En Yakın Tepeye Uzaklık	T23	Yüzey Süreçleri
T6	Topoğrafik Engbelilik	T15	Göreceli Yükseklik	T24	Yamaç Durum Endeksi
T7	Jeomorfolojik Birimler/Özellikler	T16	Güneşe Maruz Kalma	T25	Yamaç Plan Eğriliği
T8	Topoğrafik Nemlilik Endeksi (Tw1)	T17	Havza Özellikleri	T26	Yamaç Profil Eğriliği
T9	Akarsu Aşındırma Gücü Endeksi (Sp1)	T18	Sırtlara Uzaklık		

Ek 3. Çevre Parametresinin Çalışmalara Göre Dağılımı

HAZIRLAYICI ÇEVRESEL FAKTÖRLER								
ARAŞTIRMACI	YIL	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5	Ç6	Ç7
1 Akgün ve Bulut	2007						*	
2 Akgün	2007	*						
3 Akgün vd.	2008	*					*	
4 Akgün ve Türk	2010		*					
5 Akgün vd.	2012		*					
6 Akıncı vd.	2010					*		
7 Aksoy ve Ercanoglu	2012		*					
8 Alparslan vd.	2006		*					
9 Anbalagan	1992a	*						
10 Anbalagan	1992b	*						
11 Anbalagan ve Singh	1996	*				*		
12 Aniya	1985		*					
13 Atkinson ve Massari	1998		*					
14 Atkinson vd.	1998		*					
15 Avtar vd.	2011	*	*					
16 Ayalew ve Yamagishi	2005			*				
17 Ayanew ve Barbieri	2005	*						
18 Baeza ve Corominas	2001	*						
19 Bai vd.	2009	*					*	*
20 Bai vd.	2011					*		*
21 Barendo vd.	2000	*						
22 Barnard vd.	2001		*					
23 Binaghi vd.	1998	*						
24 Blond vd.	1999	*	*					
25 Budetta vd.	2007		*					
26 Bui vd.	2011	*				*		
27 Bui vd.	2012a	*				*		
28 Bui vd.	2012b	*				*		
29 Bulut vd.	2000		*					
30 Caniani vd.	2008	*						
31 Carrara vd.	1991	*						
32 Carrara vd.	1995	*						
33 Carrara vd.	2008	*						
34 Casagli vd.	2004		*					
35 Castellanos vd.	2007	*		*				
36 Che vd.	2012		*			*		
37 Chigira vd.	2004	*						
38 Choubey ve Litoria	1990		*					
39 Choubey vd.	1992		*					
40 Chowdhury ve Flentje	1997	*						

Ek 3'ün devamı

41	Chung vd.	1995	*	*		
42	Chung ve Fabbri	2002	*			
43	Clerici vd.	2002	*			
44	Coelho–Netto vd.	2006	*	*		
45	Conforti vd.	2012	*			
46	Constantin vd.	2011	*			
47	Çan vd.	2005a	*			
48	Çan vd.	2005b	*			
49	Çevik ve Topal	2003	*			
50	Çil	2009	*			
51	Çörekçioğlu	2004	*			
52	Dağ	2007		*		
53	Dai ve Lee	2001	*			
54	Dai vd.	2001a		*		
55	Dai vd.	2001b	*			
56	Dai ve Lee	2002b		*		
57	Dai vd.	2002		*		
58	Dai ve Lee	2003		*		
59	Davis ve Keller	1997	*			
60	Delikanlı	2010	*			
61	Demir	2011			*	
62	Donati ve Turrini	2002	*			
63	Duman vd.	2005			*	*
64	Dymond vd.	1999		*		
65	Dymond vd.	2006	*			
66	Ercanoğlu ve Gökçeoğlu	2002	*			
67	Ercanoğlu	2003		*		
68	Ercanoğlu ve Gökçeoğlu	2004		*	*	
69	Ercanoğlu vd.	2004	*			
70	Ercanoğlu	2005		*		
71	Ercanoğlu vd.	2008		*		
72	Ercanoğlu ve Temiz	2011	*			
73	Erener ve Kaynia	2007				
74	Erener ve Lacasse	2007	*			*
75	Erener ve Düzgün	2012	*	*	*	*
76	Ermini vd.	2005	*			
77	Falaschi vd.	2009	*			
78	Fall vd.	2006		*		
79	Federicia vd.	2007	*			
80	Fernandez vd.	1999		*		
81	Fernandez vd.	2003		*		
82	Focardi vd.	1991		*		

Ek 3'ün devamı

83	Foumelis vd.	2004	*		
84	Garcia-Rodriguez vd.	2008	*		
85	Ghimire	2011	*	*	
86	Ghosh vd.	2009	*	*	
87	Goetz vd.	2011	*		*
88	Gomez ve Kavzoglu	2005	*		
89	Gorsevski vd.	2006		*	
90	Gökçeoğlu	1993		*	
91	Gökçeoğlu ve Aksoy	1996		*	
92	Görüm	2006	*		
93	Guillande vd.	1993		*	
94	Guinau vd.	2005	*		
95	Gulla vd.	2007	*		
96	Gupta ve Joshi	1990	*		
97	Guzzetti vd.	1999	*		
98	Guzzetti vd.	2000	*		
99	Guzzetti vd.	2005	*		
100	Guzzetti vd.	2006	*		
101	Hasekioğulları	2010	*	*	*
102	He ve Beighley	2007			*
103	Intarawichian ve Dasananda	2011	*	*	
104	Irigaray vd.	2007		*	
105	Juang vd.	1992	*	*	
106	Karakaya	2003	*		
107	Kanungo vd.	2006	*		
108	Kanungo vd.	2011		*	
109	Kavas	2009	*		
110	Kayastha vd.	2012	*		
111	Kirschbaum vd.	2012		*	
112	Kojima ve Obayashi	2002		*	
113	Komac	2006	*	*	
114	Kumtepe vd.	2009		*	*
115	Lee vd.	2000	*	*	
116	Lee ve Min	2001	*	*	
117	Lee vd.	2001		*	
118	Lee vd.	2002a	*	*	
119	Lee vd.	2003a	*	*	
120	Lee vd.	2003b		*	
121	Lee	2004	*	*	
122	Lee ve Choi	2004a	*	*	
123	Lee vd.	2004b		*	
124	Lee vd.	2004		*	

Ek 3'ün devamı

125	Lee ve Dan	2005	*			
126	Lee	2005	*	*		
127	Lee ve Talib	2005	*	*		
128	Lee ve Sambath	2006	*			
129	Lee vd.	2006	*			
130	Lee vd.	2007	*	*		
131	Lee	2007	*	*		
132	Lee vd.	2012	*	*		
133	Leroi vd.	1992	*			
134	Lucà vd.	2011	*			
135	Luzi ve Pergalani	1999	*			
136	Magliulo vd.	2009	*			
137	Matori vd.	2012	*	*		*
138	Mazman	2005	*	*		
139	Mehrotra vd.	1992	*			
140	Mejia-Navarro ve Wohl	1994	*			
141	Melchiorre vd.	2007	*			
142	Melchiorre vd.	2011				*
143	Meusburger ve Alewell	2008	*	*		
144	Meusburger ve Alewell	2009	*			* *
145	Miller vd.	2012		*		
146	Mondal ve Maiti	2012	*	*	*	
147	Moore vd.	1991	*			*
148	Nagarajan vd.	1998	*			
149	Nagarajan vd.	2000		*		
150	Nandi ve Shakoor	2009		*		
151	Nefeslioğlu vd.	2008b	*	*	*	
152	Oh ve Pradhan	2011				*
153	Oh ve Lee	2011		*		
154	Özdemir	2007		*	*	
155	Pachauri ve Pant	1992		*	*	
156	Pachauri vd.	1998	*			
157	Peloquin vd.	1997		*		
158	Peloquin ve Gwyn	2000		*		
159	Piacentini vd.	2012	*			*
160	Pistocchi vd.	2002		*		
161	Pourghasemi	2012a	*			*
162	Pourghasemi	2012b	*			*
163	Pradhan vd.	2005	*			
164	Pradhan vd.	2009	*	*		
165	Prasada ve Saibaba	1999		*		
166	Raju ve Saibaba	1999		*		

Ek 3'ün devamı

167	Rautella ve Lakhera	2000	*				
168	Ray ve De Smedt	2009	*				
169	Remonda vd.	2003a		*			
170	Remonda vd.	2003b		*			
171	Remonda vd.	2005		*			
172	Rowbotham ve Dudycha	1998	*				
173	Rozos vd.	2011	*			*	
174	Ruff ve Czurda	2008		*			
175	Saha vd.	2005	*				
176	Santacana vd.	2003		*			
177	Schernthanner	2005		*			
178	Schicker ve Moon	2012		*		*	
179	Shikada vd.	1997		*			
180	Singh vd.	2005	*				
181	Süzen ve Doyuran	2004a	*		*		
182	Süzen ve Doyuran	2004b	*		*		
183	Şahin	2012		*		*	
184	Tangestani	2003		*			*
185	Tangestani	2009	*				
186	Temesgen vd.	2001	*				
187	Terlien vd.	1995	*	*			
188	Thiery vd.	2007	*				
189	Turrini ve Visintainer	1998	*				
190	Van Westen ve Bonilla	1990	*				
191	Van Vesten vd.	1997	*				
192	Van Vesten vd.	1999	*				
193	Van Vesten vd.	2003	*		*		
194	Vao vd.	2008		*			
195	Vergari vd.	2011		*			
196	Wachal ve Hudak	2000		*			
197	Wan	2009	*	*			*
198	Wang ve Sassa	2005	*				
199	Wang vd.	2008		*			
200	Wang vd.	2012		*		*	
201	Weirich ve Blesius	2006	*		*		
202	Xu vd.	2012a				*	
203	Yalçın	2005		*		*	
204	Yalçın ve Bulut	2007b	*				*
205	Yalçın	2008	*				*
206	Yalçın	2011		*	*		
207	Yeşilnacar ve Topal	2005	*		*		
208	Yılmaz ve Yıldırım	2006		*			

Ek 3'ün devamı

209	Yılmaz	2007				*
210	Yılmaz ve Keskin	2009	*			*
211	Yılmaz	2009a	*			
212	Yılmaz	2009b	*			*
213	Yılmaz	2009c	*			
214	Yılmaz	2012	*		*	
215	Yüksel	2007	*		*	
216	Zeng-Wang	2001	*			
217	Zezere vd.	2006	*			
218	Zezere vd.	2007	*	*		
219	Zhou vd.	2002	*	*		*
220	Zhu ve Huang	2006	*			* *

- Ç1** Arazi Kullanımı
Ç2 Bitki Örtüsü/Bitkilere İlişkin Özellikler/Arazi Örtüsü/NDVI
Ç3 Yollar
Ç4 Yol Yoğunluğu
Ç5 Yola Uzaklık/Yakınlık
Ç6 Enerji Hatlarına Uzaklık
Ç7 Yerleşime Uzaklık/Yoğunluk
Ç8 Tren Yoluna Uzaklık

Ek 4. Tetikleyici Faktörlerin Çalışmalara Göre Dağılımı

TETİKLEYİCİ FAKTÖRLER									
ARAŞTIRMACI	YIL	Tr1	Tr2	Tr3	ARAŞTIRMACI	YIL	Tr1	Tr2	Tr3
1 Budetta vd.	2007	*		*	22 Luzi ve Pergalani	1999			*
2 Bui vd.	2011	*			23 Mejia-Navarro ve Wohl	1994	*		
3 Bui vd.	2012b	*			24 Melchiorre vd.	2011	*	*	
4 Castellanos vd.	2007	*	*		25 Meusbürger ve Alewell	2009	*		
5 Che vd.	2012	*			26 Miller vd.	2012	*		
6 Clerici vd.	2002	*			27 Mondal ve Maiti	2012	*		*
7 Dai ve Lee	2002b	*			28 Nagarajan vd.	2000	*		
8 Dai vd.	2002	*			29 Nandi ve Shakoor	2009	*		
9 Erenner ve Lacasse	2007	*			30 Oh ve Lee	2011	*	*	
10 Fernandez vd.	1999	*			31 Özdemir	2007	*		
11 Fernandez vd.	2003	*			32 Parise ve Jibson	2000		*	
12 Fomelis vd.	2004	*			33 Pradhan vd.	2009	*		
13 Garcia-Rodriguez vd.	2008	*			34 Rapolla vd.	2012		*	
14 Guzzetti vd.	2005	*			35 Rozos vd.	2011	*		
15 He ve Beighley	2007	*			36 Schicker ve Moon	2012	*		
16 Intarawichian ve Dasananda	2011	*			37 Terlien vd.	1995	*		
17 Irigaray vd.	2007	*			38 Van Westen ve Bonilla	1990		*	
18 Juang vd.	1992	*			39 Wang vd.	2008	*		
19 Karakaya	2003	*	*		40 Wang vd.	2009	*		
20 Kavas	2009	*			41 Xu vd.	2012a		*	
21 Lan vd.	2004	*			42 Xu vd.	2012b		*	

Tr1	Yagış	Tr2	Sismik Aktivite/Sismisite	Tr3	Antropojenik Aktivite
------------	--------------	------------	----------------------------------	------------	------------------------------

Ek 5. Yöntemlerin Çalışmalara Göre Dağılımı

	ARAŞTIRMACI	YIL	YÖNTEM
1	Abdolmasov ve Obradovic	1997	BM
2	Akgün ve Bulut	2007	LR
3	Akgün	2007	İDİY+ÇDİY+ÇÖKA
5	Akgün ve Türk	2010	İDİY+ÇDİY
7	Akinci vd.	2010	FR
8	Aksoy ve Ercanoglu	2012	BM
9	Alegria vd.	2000	ÇÖKA
11	Alparslan vd.	2006	ÇÖKA
12	Anbalagan	1992a	Çakıştırma
13	Anbalagan	1992b	Çakıştırma
14	Anbalagan ve Singh	1996	İPHK
16	Atkinson ve Massari	1998	İDİY+GML
17	Atkinson vd.	1998	İA
19	Ayalew vd.	2004	İDİY
20	Ayalew ve Yamagishi	2005	ÇDİY
21	Ayalew vd.	2005	ÇDİY ve Çakıştırma
22	Ayanew ve Barbieri	2005	Çakıştırma
23	Baeza ve Corominas	2001	ÇDİY
25	Bai vd.	2011	LR
26	Barendo vd.	2000	JA+İA
27	Barnard vd.	2001	İA+İPHK
28	Baum vd.	2005	De
29	Binaghi vd.	1998	YZY+İA
30	Blond vd.	1999	YZY
31	Budetta vd.	2007	Çakıştırma
32	Bui vd.	2011	LR
33	Bui vd.	2012a	BM
35	Bulut vd.	2000	İsoplet
37	Carrara vd.	1991	ÇDİY
38	Carrara vd.	1995	ÇDİY
39	Carrara vd.	2008	ÇDİY
40	Casagli vd.	2004	Çakıştırma
41	Castellanos vd.	2007	İDİY
42	Castellanos vd.	2008	İDİY
44	Chang	1992	Çakıştırma
45	Chau ve Chan	2005	ÇDİY
48	Choubey ve Litoria	1990	Çakıştırma
49	Choubey vd.	1992	Çakıştırma
50	Chowdhury ve Flentje	1997	Çakıştırma
51	Chuan vd.	2009	AHP
52	Chung vd.	1995	ÇDİY

Ek 5'in devamı

53	Chung ve Fabbri	2002	Çakıştırma
54	Chung	2006	Olasılık
55	Clerici vd.	2002	İDİY
56	Clerici vd.	2006	İDİY
58	Coelho–Netto vd.	2006	Çakıştırma
59	Conforti vd.	2012	İDİY+Wi
60	Conoscenti vd.	2008	İDİY
61	Constantin vd.	2011	İDİY +Eİ
63	Costanzo vd.	2012	ÇDİY +Ucs
65	Çan vd.	2005b	ÇDİY
66	Çevik ve Topal	2003	ÇDİY+Wi+Wf
67	Çil	2009	MR
68	Çörekçioğlu	2004	LR
69	Dağ	2007	İDİY+MR
70	Dai ve Lee	2001	İA+İPHK+LR
71	Dai vd.	2001a	ÇDİY
72	Dai vd.	2001b	İPHK
73	Dai ve Lee	2002a	İPHK+LR
74	Dai ve Lee	2002b	LR
75	Dai vd.	2002	ÇDİY
76	Dai ve Lee	2003	ÇDİY+LR
77	Daş	2008	YSA
78	Davis ve Keller	1997	YZA+İA+JY
79	Delikanlı	2010	LR
80	Demir	2011	FR+LR+BM
83	Donati ve Turrini	2002	İA+İPHK+Çakıştırma
84	Duman vd.	2005	KO
85	Duman vd.	2006	ÇDİY
86	Dymond vd.	1999	JY
88	Ercanoğlu ve Gökçeoğlu	2002	BM
89	Ercanoğlu	2003	Wi+BM
90	Ercanoğlu ve Gökçeoğlu	2004	BM
91	Ercanoğlu vd.	2004	ÇDİY
92	Ercanoğlu	2005	YZY
93	Ercanoğlu vd.	2008	AHP +YSA
94	Ercanoğlu ve Temiz	2011	LR+BM
95	Erener ve Kaynia	2007	FOSM+FR
96	Erener ve Lacasse	2007	FR+LR
97	Erener	2009	CAR+YSA+MRT+LR+YSA
98	Erener ve Düzgün	2012	MRT+LR
99	Ermini vd.	2005	YSA

Ek 5'in devamı

103	Fernandez vd.	1999	MA
105	Focardi vd.	1991	İA+JY
106	Foumelis vd.	2004	Çakıştırma
107	Garcia-Rodrigueza vd.	2008	ÇDİY
108	Ghimire	2011	İDİY
111	Goetz vd.	2011	GAM+LR+GLM
112	Gomez ve Kavzoglu	2005	YSA
113	Gorsevski vd.	2000	İPHK
117	Gökçeoğlu ve Aksoy	1996	Çakıştırma
118	Gökçeoğlu vd.	2005	ÇDİY
119	Görüm vd.	2008	ÇDİY
120	Görüm	2006	ÇDİY+MR+LR
121	Gritzner vd.	2001	İA
122	Guillande vd.	1993	Çakıştırma
123	Guinau vd.	2005	Çakıştırma
124	Gulla vd.	2007	ÇDİY
125	Gupta ve Joshi	1990	İA+İPHK+Çakıştırma
126	Guzzetti vd.	1999	ÇDİY
127	Guzzetti vd.	2000	İA
128	Guzzetti vd.	2005	ÇDİY
129	Guzzetti vd.	2006	ÇDİY
130	Guzzetti vd.	2007	DA
131	Hasekioğulları	2010	AHP
132	Havenith vd.	2006	İA+De
133	He ve Beighley	2007	Çakıştırma
134	Higgins ve Rockaway Intarawichian ve	1986	JY
135	Dasananda	2011	FR
137	Jade ve Sarkar	1993	ÇDİY
138	Jager ve Wiecezorek	1994	İPHK
139	Jibson vd.	1998	JY
140	Juang vd.	1992	BM
141	Karakaya	2003	ÇDİY(LR+MR)+İDİY
142	Kanungo vd.	2006	BM+YSA
143	Kanungo vd.	2011	YSA+LHR+FSM
144	Kavas	2009	ÇÖKA+AHP
145	Kayastha vd.	2012	Wi
147	Kojima ve Obayashi	2002	SEM
148	Komac	2006	AHY +ÇÖKA
149	Kumtepe vd.	2009	iki değişkenli regresyon analizi
150	Lan vd.	2004	Çakıştırma
151	Lee vd.	2000	JY+YZY+İPHK
152	Lee ve Min	2001	ÇDİY

Ek 5'in devamı

153	Lee vd.	2001	Wi
154	Lee vd.	2002a	ÇDİY
155	Lee vd.	2002b	Çakıştırma
156	Lee vd.	2003a	YSA
157	Lee vd.	2003b	YSA
159	Lee ve Choi	2004a	ÇDİY
161	Lee vd.	2004	KO
162	Lee ve Dan	2005	Çakıştırma
163	Lee	2005	ÇDİY
165	Lee ve Sambath	2006	ÇDİY+FR
167	Lee vd.	2007	ÇDİY+YSA
169	Lee vd.	2012	FR+WOE+ wi+LR+YSA
170	Leroi vd.	1992	İPHK
171	Lucà vd.	2011	İDİY+ÇDİY+LR
172	Luzi ve Pergalani	1999	Çakıştırma
173	Luzi vd.	2000	JY
174	Magliulo vd.	2009	Wi+İDİY
175	Maharaj	1993	ÇDİY
176	Martinez+Alegria vd.	2000	YZY
177	Matori vd.	2012	He
178	Mazman	2005	ÇDİY+MR
179	Mehrotra vd.	1992	Çakıştırma
180	Mejia-Navarro ve Wohl	1994	Çakıştırma
181	Melchiorre vd.	2007	YSA
182	Melchiorre vd.	2011	YSA
183	Menendez+Duarte vd.	2003	İstatistik
186	Miller vd.	2012	He+De+İA
187	Mondal ve Maiti	2012	MATLAB+AHP+WLC
188	Moore vd.	1991	İPHK
189	Moreiras	2004	Çakıştırma
190	Nagarajan vd.	1998	Çakıştırma
191	Nagarajan vd.	2000	Çakıştırma
192	Nandi ve Shakoor	2009	İDİY+ÇDİY+LR
193	Nefeslioğlu	2008	ÇDİY+MR+YSA
194	Nefeslioğlu vd.	2008a	ÇDİY
195	Nefeslioğlu vd.	2008b	ÇDİY+LR+YSA
196	Nefeslioğlu vd.	2010	AHP
197	Nefeslioğlu vd.	2012	YSA
200	Oh ve Pradhan	2011	ANFIS+FIS
202	Ohlmacher ve Davis	2003	LR
204	Özdemir	2007	Wi +BİA
206	Pachauri ve Pant	1992	Çakıştırma

Ek 5'in devamı

207	Pachauri vd.	1998	Çakıştırma
208	Parise ve Jibson	2000	Çakıştırma+FR
209	Park	2011	DSTEM+LR
211	Peloquin vd.	1997	İPHK
212	Peloquin ve Gwyn	2000	YZY
213	Piacentini vd.	2012	Wi
214	Pistocchi vd.	2002	YZY+BM
215	Pourghasemi	2012a	BM+AHP
216	Pourghasemi	2012b	Eİ+ KO
217	Pradhan vd.	2005	Çakıştırma
219	Prasada ve Saibaba	1999	AHY+FOI
220	Raju ve Saibaba	1999	YZY
221	Rapolla vd.	2012	He
222	Rautella ve Lakhera	2000	İA+İPHK
224	Remonda vd.	2003a	FF+BM
225	Remonda vd.	2003b	ÇDİY
226	Remonda vd.	2005	DA
229	Rowbotham ve Dudycha	1998	İPHK+İA
230	Rozos vd.	2011	RES+AHP
231	Ruff ve Czurda	2008	ÇDİY
232	Saha vd.	2005	ÇDİY
234	Sakellariou ve Ferentinou	2001	JY+YZY
235	Santacana vd.	2003	ÇDİY
237	Schicker ve Moon	2012	ÇDİY+İDİY+Wi
238	Shikada vd.	1997	İPHK
239	Singh vd.	2005	ÇDİY
240	Song vd.	2012	YSA+ANFIS
241	Süzen ve Doyuran	2004a	ÇDİY+İDİY
242	Süzen ve Doyuran	2004b	ÇDİY
243	Şahin	2012	ÇÖKA+LR+FR
245	Tangestani	2009	DSTEM+BM
246	Temesgen vd.	2001	İA+İPHK+Çakıştırma
247	Terlien vd.	1995	De
248	Thiery vd.	2007	ÇDİY
249	Tombuş	2005	ÇÖKA+AHP
250	Turrini ve Visintainer	1998	İPHK
251	Uromeihy ve Mahdafivar	2000	BM
252	Van Westen ve Bonilla	1990	Çakıştırma
253	Van Vesten vd.	1997	Çoklu Değişken Analizi
254	Van Vesten vd.	1999	JA
255	Van Vesten vd.	2000	Çakıştırma

Ek 5'in devamı

256	Van Vesten vd.	2003	ÇDİY+Wi
257	Van Den Eechaut vd.	2006	ÇDİY
261	Wachal ve Hudak	2000	Çakıştırma
263	Wang ve Sassa	2005	ÇDİY
266	Wang vd.	2012	WLC
267	Weirich ve Blesius	2006	Çakıştırma
268	Wu ve Abdel+Latif	2000	JY
269	Xu vd.	2012a	İDİY+BS+LR+YSA
270	Xu vd.	2012b	SVM (Support vector machine) modelini
271	Yalçın	2005	AHP
272	Yalçın ve Bulut, F	2007b	AHP
274	Yalçın	2011	AHP+İA+wi+wf+LR+FR
275	Yalçın vd.	2011	AHP+ İDİY+Wi+Wf+ LR
276	Yeşilnacar ve Topal	2005	ÇDİY+YSA
280	Yılmaz	2007	İDİY
282	Yılmaz	2009a	YSA
285	Yılmaz	2012	İDİY+Wi +İA
287	Yüksel	2007	İDİY+İA+LR+YSA
289	Zezere vd.	2006	ÇDİY
290	Zezere vd.	2007	ÇDİY
291	Zhang vd.	2012	LR
292	Zhou vd.	2002	İPHK+İA

JA	Jeomorfolojik Analiz
İPHK	İndeks ve Parametre Haritalarının Kullanılması
İA	İstatistiksel Analiz
JY	Jeoteknik Yaklaşım
YZY	Yapay Zeka Yöntemleri
FR	Frekans Oranı
QSII	Quantification Scaling Type II
GLM	Genel Liner Modeli
İDİY	İki Değişkenli İstatistiksel Yaklaşım
ÇDİY	Çok Değişkenli İstatistiksel Yaklaşım
ÇÖKA	Çok Ölçütlü Karar Analizi
LR	Lojistik Regresyon
BM	Bulanık Mantık
UCSs	Çok Değişkenli Analiz Yöntemlerinden Tek Durum Birimlerinden
MR	Mantıksal Regresyon
BIS	Bureau Of Indian Standards (BIS)
WofE	Quantitative Method Adapting Weights Of Evidence (Wofe) Modeling.
CAR	Coğrafi Ağırlıklandırılmış Lojistik Regrasyon
YSA	Yapay Sinir Ağları

Ek 5'in devamı

MRT	Mekansal Regrasyon Teknikleri
FOSM	İlk Derece İkinci Moment Metodları Kullanılarak
LHR	Likelihood Ratio Yaklaşımını,
FSM	Fuzzy Similarity Methods Kullanmışlardır
ANFIS	Adaptive Neuro Fuzzy İnference System
FIS	Fuzzy İnference System
DSTEM	Dempster Shafer Theory of Evidence Model
wi	Ağırlık Faktör Analizi
FF	Favourability Functions, Uygunluk Fonksiyonu Yaklaşımını, Olasılık Teorisi
RES	Kaya Mühendislik Sistemi
AHP	Analitik Hiyerarşi Analizi
Eİ	Entropi İndeksi
GAM	General Additive Model
SEM	Yapısal Eşitlik Modeli
İM	İndeks Metodu
DA	Dağılım Analizi
MA	Matris Analizi
KO	Koşullu/Şartlı Olasılık
He	Herustik Yaklaşım
De	Deterministik Analiz

ÖZGEÇMİŞ

Seda ÇELLEK, 1980 yılında Samsun’da doğdu. İlkokulu Samsun ve Zile’de (Tokat), Ortaokulu Zile’de (Tokat) ve Amasya’da, Lise tahsilini Amasya, Çorum ve Samsun’da tamamladı. 1998 yılında Samsun Atatürk Anadolu Lisesinden mezun oldu.1999 yılında K.T.Ü. Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümüne girdi ve 2003 yılında Jeoloji Mühendisi unvanı ile mezun oldu. Aynı yıl K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsünde Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Ocak 2006’da K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsünde Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Bilim Dalı’nı Araştırma Görevlisi olarak atandı. Şubat 2007’de yüksek lisans öğrenimini tamamladı. Aynı yıl Şubat ayında K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsünde doktora öğrenimine başladı. 2007-2008 yılları arasında Erasmus Programı ile Belçika Gent üniversitesi Coğrafya bölümünde bir yıl doktora eğitimi aldı. Yabancı dili İngilizcedir.