

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**HEYELAN DUYARLILIK HARİTALARININ ÜRETİLMESİNDE KULLANILAN
YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI: ŞEBİNKARAHİSAR İLÇESİ ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tevfik Caner BİBER

**EKİM 2019
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

Trabzon

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Harita Mühendisliği Anabilim Dalında
Tevfik Caner BİBER tarafından hazırlanan**

**HEYALAN DUYARLILIK HARİTALARININ ÜRETİLMESİNDE KULLANILAN
YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI: ŞEBİNKARAHİSAR İLÇESİ ÖRNEĞİ**

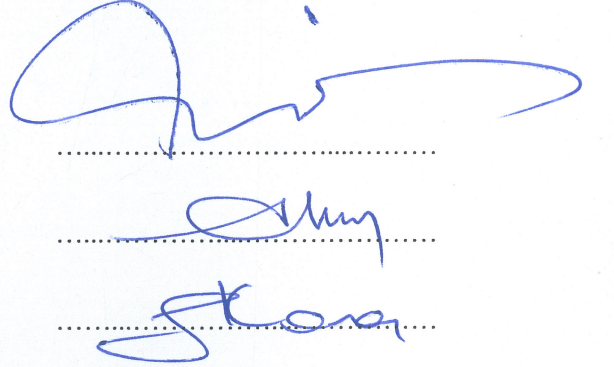
**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 28 / 05 / 2019 gün ve 1806 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Çetin CÖMERT

Üye : Doç. Dr. Halil AKINCI

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Gülten KARA



**Prof. Dr. Asim KADIOĞLU
Enstitü Müdürü**

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmayı yöneten ve denetleyen, tüm imkan ve destekleriyle yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Çetin CÖMERT'e içtenlikle teşekkür ederim.

Yaşamım boyunca desteklerini esirgemeyen değerli annem Mukadder BİBER, değerli babam Murat BİBER, değerli kardeşlerim Taner BİBER ve Cem BİBER'e teşekkürü bir borç bilirim.

Tevfik Caner BİBER

Trabzon 2019

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “HEYELAN DUYARLILIK HARİTALARININ ÜRETİLMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI: ŞEBİNKARAHİSAR İLÇESİ ÖRNEĞİ” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Çetin CÖMERT’in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuarlarda yaptığımı/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. 04/10/2019

Tevfik Caner BİBER

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLOLAR DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER DİZİNİ	XII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Araştırmanın Konusu ve Amacı	1
1.3. Araştırmanın Problemi ve Önemi.....	2
1.4. Araştırma Soruları	2
1.5. Araştırma Alanının Tercih Edilme Nedeni.....	2
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	4
2.1. Heyelan Duyarlılık Analizlerinde Önceki Çalışmalarda Kullanılan Parametreler	4
2.2. Çalışma Alanının Coğrafi Özellikleri.....	13
2.3. Parametrelerin Elde Edilebileceği Kaynaklar.....	18
2.2.1. Sayısal Yükseklik Modeli.....	18
2.2.2. UKVA (Ulusal Konumsal Veri Altyapısı)	18
2.2.3. Diğer Veri Kaynakları	20
2.4. Çalışmada Kullanılan Parametreler	20

2.4.1.	Yükseklik.....	20
2.4.2.	Eğim	23
2.4.3.	Bakı.....	26
2.4.4.	Litoloji	28
2.4.5.	Topoğrafik Nemlilik İndeksi	31
2.4.6.	Arazi Örtüsü (Corine 2006).....	33
2.4.7.	Fay Hatlarına Olan Uzaklık.....	35
2.4.8.	Akarsulara Olan Uzaklık	38
2.4.9.	Yollara Olan Uzaklık.....	41
2.4.10.	Yamaç Eğriselliği	44
2.5.	Çalışma Alanında Kullanılan Heyelan Envanteri.....	46
2.6.	Heyelan Duyarlılık Araştırmalarında Kullanılan Yöntemler	49
2.6.1.	Jeomorfolojik Analiz	50
2.6.2.	Lojistik Regresyon.....	51
2.6.3.	Frekans Oranı	52
2.6.4.	Analitik Hiyerarşi Proses.....	53
3.	BULGULAR VE İRDELEME	57
3.1.	Şebinkarahisar İlçesi ve Yakın Çevresinin Heyelan Duyarlılık Analizinde Kullanılan İstatistiksel Yöntemler	58
3.1.1.	Frekans Oranı (FR).....	58
3.1.2.	Lojistik Regresyon Metodu (LRM).....	66
3.1.3.	Analitik Hiyerarşi Proses Yöntemi (AHP)	71
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER	83
5.	KAYNAKLAR.....	85
6.	EKLER	93

ÖZGEÇMİŞ

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

HEYELAN DUYARLILIK HARİTALARININ ÜRETİLMESİNDE KULLANILAN
YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI: ŞEBİNKARAHİSAR İLÇESİ ÖRNEĞİ

Tevfik Caner BİBER

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Çetin CÖMERT
2019, 92 Sayfa, 27 Ek Sayfalar

Dünya nüfusu giderek artmakta olup artan nüfusun ihtiyaçları doğrultusunda doğal kaynaklar üzerindeki baskı da nüfus artışına paralel şekilde artmaktadır. Bu baskılar sonucu ormansızlaşma, tarım arazilerinin azalması, çevre kirliliği gibi pek çok çevresel ve sosyal problem ortaya çıkmaktadır. İnsan hayatına maddi ve toplumsal anlamda zarar veren olaylardan birini de heyelanlar oluşturmaktadır. Şebinkarahisar ve yakın çevresinde heyelan olması muhtemel alanların belirleneceği bu çalışma, afetin yaşanmasından önce önlem almaya ilişkin geliştirilecek planlama ve uygulamalarda yardımcı olacaktır. Araştırmanın konusunu Şebinkarahisar (Giresun) ve yakın çevresinde yaşanan heyelanlar ve heyelan riski taşıyan alanlar oluşturmaktadır. Bu bağlamda çalışmada farklı Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımları ile çeşitli istatistiksel ölçme araçlarında faydalanılarak çalışma alanında heyelan riski taşıyan alanların belirlenmesi amaçlanmaktadır. Çalışmada litoloji, yükselti, eğim, bakı, eğrisellik, yola yakınlık, faya yakınlık, akarsuya yakınlık, arazi kullanımı ve topoğrafik nemlilik indeksi parametrelerinden faydalanılmıştır. Yöntem olarak ise frekans oranı, lojistik regresyon analizi ve analitik hiyerarşi proses yöntemlerinden faydalanılmış, çalışma alanının heyelan duyarlılık haritaları oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Heyelan, Heyelan duyarlılık haritası, Heyelan envanter haritası, Frekans oranı, Lojistik regresyon modeli, Analitik hiyerarşi proses, Coğrafi bilgi sistemleri, Şebinkarahisar.

Master Thesis

SUMMARY

COMPARISON OF THE METHODS USED TO PRODUCE LANDSLIDE
SUSCEPTIBILITY MAPS: INSTANCE OF ŞEBİNKARAHİSAR DISTRICT

Tevfik Caner BİBER
Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Geomatic Graduate Program
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Çetin CÖMERT
2019, 92 Pages, 27 Appendix pages

The population of the world is increasing and the pressure on natural resources in line with the needs of the increasing population increases in parallel with the population growth. As a result of these pressures, many environmental and social problems such as deforestation, reduction of agricultural lands and environmental pollution arise. Landslides constitute one of the events that harm human life materially and socially. This study, which will determine the possible landslides in Şebinkarahisar and its vicinity, will help in planning and implementation of measures to be taken before the disaster. The subject of the study consists of landslides and landslides at Şebinkarahisar (Giresun) and its immediate vicinity. In this context, different geographic information systems (GIS) software is used in various statistical measurement tools to determine areas of landslide risk in the study area. In this study, geology, elevation, slope, view, curvature, proximity to the road, proximity to the fault, proximity to river, land use and topographic humidity parameters were utilized. As the method, frequency ratio, logistic regression analysis methods and Analytic Hierarchy Process (AHP) were used and landslide susceptibility map of the study area was formed.

Key Words: Landslide, Landslide susceptibility map, Landslide inventory map, Frequency ratio, Logistic regression model, Analytic hierarchy process, Geographic information system, Şebinkarahisar.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Türkiye heyelan yoğunluk haritası (URL-1, 2019).....	3
Şekil 2. Heyelan hazırlayıcı faktörler (Gökçeoğlu ve Ercanoğlu, 2001).....	11
Şekil 3. Heyelan duyarlılık analizinde en fazla kullanılan parametreler.....	12
Şekil 4. Çalışma alanı haritası	13
Şekil 5. Şebinkarahisar istasyonu 1964-2013 yılları arası ortalama sıcaklık (MGM, 2013).	15
Şekil 6. Şebinkarahisar istasyonu 1964-2013 yılları arası ortalama yağış (MGM, 2013).	15
Şekil 7. Şebinkarahisar istasyonu 1964-2013 yılları arası maksimum yağışlar	16
Şekil 8. Şebinkarahisar istasyonu 1964-2013 yılları arası ortalama nem (MGM, 2013). ...	16
Şekil 9. Şebinkarahisar ve yakın çevresi havza sınırları ve drenaj ağı (URL-2, 2019).....	17
Şekil 10. UKVA ve e-Türkiye algılaması (Cömert ve Akıncı, 2005).	19
Şekil 11. Çalışma alanının sayısal yükseklik modeli	21
Şekil 12. Çalışma alanının sınıflandırılmış yükseklik haritası	22
Şekil 13. Çalışma alanının eğim haritası	24
Şekil 14. Çalışma alanının sınıflandırılmış eğim haritası.....	25
Şekil 15. Çalışma alanının bakı haritası	27
Şekil 16. Çalışma alanının jeoloji haritası.....	29
Şekil 17. Heyelan envanterinin litolojik birimler üzerinde gösterimi	30
Şekil 18. Çalışma alanının topografik nemlilik indeksi	32
Şekil 19. Çalışma alanının arazi kullanım haritası (Corine, 2012).....	34
Şekil 20. Çalışma alanının deprensellik haritası (URL-4, 2019).	36
Şekil 21. Çalışma alanının sınıflandırılmış diri fay haritası (URL-5, 2019).....	37
Şekil 22. Çalışma alanının drenaj haritası	39
Şekil 23. Çalışma alanının sınıflandırılmış drenaj ağı haritası.....	40
Şekil 24. Çalışma alanının yol ağı haritası	42
Şekil 25. Çalışma alanının sınıflandırılmış yol ağı haritası.....	43
Şekil 26. Çalışma alanının eğrisellik haritası	45
Şekil 27. Çalışma alanındaki heyelan envanterlerinden bir görünüm.....	47
Şekil 28. Çalışma alanındaki heyelan envanterlerinden bir görünüm.....	47
Şekil 29. Heyelan envanter haritası	48

Şekil 30. Heyelan duyarlılığının belirlenmesinde kullanılan yöntemler (Dağ, 2007).....	50
Şekil 31. Çalışma alanının heyelan duyarlılık haritası	60
Şekil 32. Çalışma alanının heyelan duyarlılık haritası	61
Şekil 33. Doğruluk oranı için 5 sınıfın yüzdelik dağılımı	62
Şekil 34. Çalışma alanının auc= 0.865 değerli heyelan duyarlılık haritası	64
Şekil 35. Duyarlı bölgelerin oranı	65
Şekil 36. Envanter ile keşisen duyarlı bölgelerin oranı	65
Şekil 37. ROC analiz sonucu elde edilen AUC değer grafiği	66
Şekil 38. Çalışma alanının auc= 0.850 değerli heyelan duyarlılık haritası	68
Şekil 39. ROC analiz sonucu elde edilen AUC değer grafiği	69
Şekil 40. Duyarlı bölgelerin oranı	69
Şekil 41. Heyelan duyarlılık haritasının heyelan envanteri ile karşılaştırılması	70
Şekil 42. Envanter ile keşisen duyarlı bölgelerin oranı	71
Şekil 43. Çalışma alanının AHP yöntemi ile üretilen heyelan duyarlılık haritası.....	82

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Literatür taraması sonucu çeşitli araştırmacıların heyelan duyarlılığı çalışmalarında kullandığı parametreler tablosu (Çellek, 2013).....	9
Tablo 2. AHP yönteminde kullanılan ikili karşılaştırma tercih tablosu (Saaty, 1980).....	55
Tablo 3. Çalışmada kullanılan verilerin kaynağı ve türü.....	57
Tablo 4. Frekans oranı ile üretilen heyelan duyarlılık haritasının doğruluğunun sınanması.....	62
Tablo 5. Çalışma alanının AHP yönteminde kullanılan ikili karşılaştırma matrisi.....	72
Tablo 6. İkili karşılaştırma matrisi sonucu çıkan parametre ağırlık değerleri.....	73
Tablo 7. İkili karşılaştırma matrisi sonucu çıkan litoloji alt parametre ağırlık değerleri	74
Tablo 8. İkili karşılaştırma matrisi sonucu çıkan yükseklik alt parametre ağırlık değerleri.....	75
Tablo 9. İkili karşılaştırma matrisi sonucu çıkan eğim alt parametre ağırlık değerleri.....	76
Tablo 10. İkili karşılaştırma matrisi sonucu çıkan arazi kullanımı alt parametre ağırlık değerleri.....	77
Tablo 11. İkili karşılaştırma matrisi sonucu çıkan eğrisellik alt parametre ağırlık değerleri.....	78
Tablo 12. İkili karşılaştırma matrisi sonucu çıkan bakı alt parametre ağırlık değerleri.....	78
Tablo 13. İkili karşılaştırma matrisi sonucu çıkan topoğrafik nemlilik indeks alt parametre ağırlık değerleri.....	79
Tablo 14. İkili karşılaştırma matrisi sonucu çıkan akarsu ve drenaj ağı alt parametre ağırlık değerleri.....	79
Tablo 15. İkili karşılaştırma matrisi sonucu çıkan fay hatları alt parametre ağırlık değerleri.....	80
Tablo 16. İkili karşılaştırma matrisi sonucu çıkan yol ağı alt parametre ağırlık değerleri.....	81

SEMBOLLER DİZİNİ

AHP	: Analytic Hierarchy Process
AHS	: Analitik Hiyerarşi Süreci
AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
ARAS	: Afet Risk Azaltma Sistemi
AYDES	: Afet Yönetim Karar Destek Sistemi
AUC	: ROC eğrisi altındaki alan
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CORİNE	: Coordination of information on the Environment
CR	: Tutarlılık Oranı
DSİ	: Devlet Su İşleri
GIS	: Geographic Information System
GPS	: Global Position System
InSAR	: İnterferometrik SAR
KVA	: Konumsal Veri Alt Yapısı
LIDAR	: Light Detection and Ranging
MTA	: Maden Tetkik ve Arama
ROC	: Reciever Operator Characteristics Curve
SCI	: Science Citation Index
SHP	: Shape
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TWI	: Topographic Wetness Index
UKVA	: Ulusal Konumsal Veri Alt Yapısı

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Heyelan; kayaçların, yer çekimi veya tektonik hareketler, düzensiz yağış rejimi gibi dış faktörlerin tesiri ile görülebilir düzeyde eğime zıt yönde kayması veya ivme kazanması durumu, toprak kayması olarak tanımlanmıştır (Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü, 2014). Bir başka ifade ile heyelanlar, genel olarak eğimi yüksek bir topoğrafide, topoğrafyanın sahip olduğu kayaçların hareketine yön verecek su gibi bir faktör olmaksızın, yerçekimi doğrultusunda kayaçlardaki malzemenin koparak eğim yönünde ivme kazanması olarak ifade edilmektedir. (Crozier, 1986; Akgün ve Türk, 2010). Heyelanların oluşum süreci yerel jeomorfoloji, hidrojeoloji ve jeolojik durumları ile ilgilidir ve bu durumların jeodinamik süreçler, bitki örtüsü, arazi kullanımı, insan aktiviteleri, yağış ve tektonik hareketler gibi faktörlerin etkileyeceğini, etkilenme sonucu heyelanların oluşumunu bir silsileye bağlanarak betimlenmektedir (Soeters ve Westen 1996; Akgün ve Türk, 2010). Heyelanlar, geniş çapta bir tehlike olmasının yanı sıra dünya genelindeki dağlık bölgelerde doğa evrimini etkileyen önemli bir jeomorfik süreçtir (Aleotti, 1999; Guzzetti, 1999; Dai, 2002; Roering, 2005; Chen, 2010). Heyelanların oluşturduğu tehlikeler sadece önemli finansal kayıplara değil, aynı zamanda büyük ekolojik ve çevresel sorunlara sebep olurlar (Hovius, 1997; Chigira, 2006; Claessens, 2007; Chen, 2010). Heyelanlar dünyanın birçok bölgesinde görülen ciddi doğal tahribatlardır. Heyelanlar, her yıl dünyanın birçok bölgesinde 100.000'den fazla ölüm ve yaralanmalara, 1 milyar dolardan fazla maliyetle hasara neden olurlar (Schuster, 1996; Chen, 2010; Akgün, 2012). Birçok ülkede heyelan tehlikesinden kaynaklanan ekonomik kayıplar ve can kayıpları hafife alınmaktadır ve heyelanlar her yıl, deprem, sel ve kasırga da dahil olmak üzere diğer doğal afetlerden daha büyük mal kayıplarına yol açmaktadır (Garcia-Rodriguez, 2008; Akgün, 2012).

1.2. Araştırmanın Konusu ve Amacı

Araştırmanın konusu Şebinkarahisar (Giresun) ve yakın çevresinin frekans oranı, lojistik regresyon ve analitik hiyerarşi proses yöntemleri ile üretilen duyarlılık haritalarını karşılaştırmaktır. Bu bağlamda çalışmada farklı Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımları ile çeşitli istatistiksel yöntemlerden faydalanılarak çalışma alanında heyelana duyarlı

alanların belirlenmesi ve istatistiksel yöntemlerin karşılaştırılması amaçlanmaktadır. Frekans Oranı ve Analitik Hiyerarşi Proses yöntemlerinin seçilme sebebi literatürde yaygın olarak kullanılıyor olması, basit ve anlaşılır bir matematik modeli içermesi, doğru sonuç vermesi ve kolay bir uygulamaya sahip olmasıdır. Lojistik Regresyon ise nesnel olması ve literatürde yaygın olarak kullanılıyor olması sebebiyle duyarlılık analizinde istatistiksel yöntem olarak seçilmiştir.

1.3. Araştırmanın Problemi ve Önemi

Dünya nüfusu giderek artmakta olup artan nüfusun ihtiyaçları doğrultusunda doğal kaynaklar üzerindeki baskı da nüfus artışına paralel şekilde artmaktadır. Bu baskılar sonucu ormansızlaşma, tarım arazilerinin azalması, çevre kirliliği gibi pek çok çevresel ve sosyal problem ortaya çıkmaktadır. İnsan hayatına maddi ve toplumsal anlamda zarar veren olaylardan birini de heyelanlar oluşturmaktadır. Şebinkarahisar ve yakın çevresinde frekans oranı, lojistik regresyon ve analitik hiyerarşi yöntemleri kullanılarak heyelan olması muhtemel alanların belirleneceği bu çalışma, afetin yaşanmasından önce önlem almaya ilişkin geliştirilecek planlama ve uygulamalarda yardımcı olacaktır. Ayrıca bu çalışmada üç farklı yöntemle elde edilen duyarlılık haritalarının doğruluğunun kıyaslanması yapılacaktır.

1.4. Araştırma Soruları

Yukarıda ifade edilen araştırma konusu ve amaçları doğrultusunda bazı araştırma soruları belirlenmiştir. Bunlar şu şekildedir:

1. Farklı yöntemlerle elde edilen duyarlılık haritalarının doğruluk oranları nelerdir?
2. Heyelanların yoğunlaştığı alanlar nerelerdir?
3. Heyelanlara sebep olan faktörler nelerdir?
4. Potansiyel heyelana duyarlı alanlar nerelerdir?

1.5. Araştırma Alanının Tercih Edilme Nedeni

Araştırma alanını Şebinkarahisar ilçesi ve yakın çevresi oluşturmaktadır. Mülga Bayındırlık ve İskan Bakanlığının 2008 yılında hazırlamış olduğu heyelan yoğunluk haritasına göre çalışma alanı yüksek ve çok yüksek risk taşıyan bölgede yer almaktadır

(URL-1, 2019). Çalışma alanının tercih edilmesindeki en önemli faktör heyelan riski yüksek bir alanda yer almasıdır.



Şekil 1. Türkiye heyelan yoğunluk haritası (URL-1, 2019).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Heyelan Duyarlılık Analizlerinde Önceki Çalışmalarda Kullanılan Parametreler

Heyelan analizlerinde kullanılan istatistiksel metotların güvenilir sonuçlar vermesi noktasında uygun parametrelerin seçimi büyük önem taşımaktadır. Bu anlamda çalışmanın bu bölümünde ulusal ve uluslararası literatürde yer alan heyelan duyarlılığı çalışmalarının kısa bir değerlendirmesi tablo 1’de yer almaktadır.

Ercanoğlu vd. (2008) tarafından yapılan çalışmada Bartın ilinde heyelan duyarlılığına sahip alanların belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda Analitik Hiyerarşi Proses Yönteminden faydalanılmıştır. Çalışmada kullanılan değişkenler eğim, bakı, yükselti, topografik şekil ve nemlilik indeksidir. Çalışmanın sonuçlarına göre araştırma alanının % 25, 6’sının çok yüksek duyarlılığa sahip olduğu belirlenmiştir.

Gökçeoğlu ve Ercanoğlu (2001) çalışmalarında heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasında kullanılan parametrelere ilişkin belirsizlikleri araştırmışlardır. Çalışmalarında özellikle araştırmacıların kişisel değerlendirmelerine yer verilmesinin hem kavramsal hem de metodolojik anlamda karışıklığa yol açtığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte eğim, litoloji, arazi kullanım kabiliyeti ve bitki örtüsü gibi değişkenlerin heyelana olan etkisi konusunda bir kabul olduğu; buna karşın yamaç yönelimi, yamaç şekli, yükselti gibi faktörlerin oldukça tartışmalı olduğunu; bu nedenle heyelan analizinde kullanılan parametrelerde belirsizlikler olduğu sonuçlarına ulaşmışlardır.

Dağ ve Bulut (2012) çalışmalarında Karadeniz Bölgesinde yer alan Çayeli yöresinde yaşanan heyelanları ele almışlardır. Çalışmalarında heyelanları etkileyici faktörler olduğu düşünülen litoloji, yamaç eğimi ve yönü, arazi örtüsü, yükselti ve akarsuya yakınlık faktörleri incelenmiştir. Çalışmada elde edilen bulgulara göre litoloji, eğim, yamaç eğimi ve arazi kullanım kabiliyetine ilişkin değişkenlerin heyelanları etkiledikleri tespit edilmiştir.

Özşahin (2014) çalışmasında CBS ve Analitik Hiyerarşi Sürecinden (AHS) faydalanarak Antakya, Hatay şehrindeki kütle hareketlerinin duyarlılığını incelemiştir. Çalışmasında Hatay şehrinde kütle hareketlerinin gerçekleşme olasılığının düşük olduğunu tespit etmiştir. Bu alanların Asi Nehrinin batısında eğimin az olduğu taraçalara karşılık geldiği görülmüştür. Bununla birlikte çalışma alanının deprem bölgesinde yer almasının afet riskini devam ettirdiğini ifade etmektedir.

Özşahin (2015) çalışmasında Ganos Dağı heyelan duyarlılığını incelemiştir. Çalışmasında CBS sistemlerinden faydalanmış olup çalışma alanının heyelan oluşturma potansiyelinin %21 olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca çalışma alanının oluşturan dağın yaklaşık %41'inin düşük ve çok düşük, %38'inin ise yüksek ve çok yüksek heyelan duyarlılığına sahip olduğu belirlenmiştir.

Reis vd. (2008) çalışmalarında Rize'de yağış ve heyelan ilişkisini araştırmıştır. Çalışmalarında Rize ilindeki yağış verileri ile heyelan verilerinden yararlanmış, ildeki 334 heyelan olayının %77'sinin şiddetli yağışlardan kaynaklandığını tespit etmişlerdir.

Demir (2018) çalışmasında Sivas ili Suşehri ilçesindeki heyelan duyarlılığını CBS'den faydalanarak incelemiştir. Çalışmasında veri olarak hem heyelan envanter kayıtlarından hem de arazi çalışmaları ve uydu fotoğraflarından faydalanmıştır. Araştırmada heyelanlar üzerinde etkili olması muhtemelen değişkenler olarak litoloji, yükseklik, yamaç eğimi, yamaç eğim yönü, akarsu ve yola yakınlık ile fay hattına yakınlık dikkate alınmıştır. Çalışma sonucunda heyelan duyarlılığı yüksek beş farklı bölge tespit edilmiştir.

Akıncı vd. (2010) çalışmalarında Samsun ili Merkez ilçede heyelan duyarlılık analizinden faydalanarak ilçenin heyelan riski taşıyan alanlarını belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışmalarında jeoloji, yükseklik, eğim, bakı, eğrilik, plan ve profil eğriliği ile yola ve akarsuya yakınlık değişkenleri incelemeye alınmıştır. Analiz sonucu çalışma alanının heyelan duyarlılık haritası elde edilmiş ve gerçekleşmiş heyelanlar ile karşılaştırıldığında da üretilen haritanın %73 uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Pektezel (2015) çalışmasında Çanakkale, Gelibolu Yarımadasında heyelan duyarlılığı yüksek alanların belirlenmesini amaçlamıştır. Bu amaç doğrultusunda hem AHS hem de CBS'den faydalanarak çalışma alanının %16'sının yüksek ve %13'ünün çok yüksek heyelan tehlikesi taşıdığını tespit etmiştir. Ayrıca bu bölgede heyelanları tetikleyen en önemli unsurların eğim, litoloji, arazi kullanımı ile arazi örtüsü olduğu da çalışmanın diğer sonuçlarındandır.

Akıncı ve Kılıçoğlu (2015) çalışmalarında Samsun ili Atakum ilçesinin heyelan duyarlılık haritasını oluşturmayı amaçlamışlardır. Bu doğrultuda litoloji, yükseklik, eğim, bakı, plan eğriliği, profil eğriliği ve arazi örtüsü değişkenlerinden faydalanmışlardır. Elde edilen bulguları test etmek amacıyla bulgular, heyelan envanteri haritasında yer alan veriler ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak çok yüksek ve yüksek derecede duyarlılığı olan alanların %85 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Avcı (2016) çalışmasında Bingöl'ün güneybatısında yer alan Gökdere Havzası ve

çevresinin heyelan duyarlılık analizini yapmıştır. Çalışmasında frekans oranı metodundan faydalanmış ve litoloji, fay hatlarına olan uzaklık, eğim, bakı, akarsulara uzaklık, bitki örtüsü değişkenlerini değerlendirmeye almıştır. Çalışmada elde edilen bulgulara göre yerleşmelerin tamamının orta ve yüksek riskli alanlarda bulunduğu tespit edilmiştir.

Hepdeniz ve Soyaslan (2018) çalışmalarında CBS ve Frekans Oranı yöntemlerinden faydalanarak Isparta-Burdur dağ yolunun heyelan duyarlılığını belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışmalarında yükseklik, jeoloji, yola yakınlık, eğim, bakı ve yamaç eğimi değişkenlerinden faydalanmışlardır. Sonuç olarak çalışma alanının %11'inin çok düşük, %23'ünün düşük, %25'inin orta, %14'ünün yüksek ve %27'sinin yüksek heyelan riski taşıdığı tespit edilmiştir.

Becer vd. (2017) çalışmalarında Amasya, Gümüşhacıköy ile Çorum, Osmancık çevresinin heyelan duyarlılığını belirlemeyi amaçlamışlardır. Araştırma bulgularına göre çalışma alanının %21'i, heyelanların ise %80'i yüksek ve çok yüksek duyarlı bölgelerde bulunmaktadır.

Ataol ve Yeşilyurt (2014) çalışmalarında Çankırı-Ankara karayolunda yaşanan yoğun heyelanlardan yola çıkarak heyelan riski taşıyan alanların belirlenmesini amaçlamışlardır. Çalışmalarında frekans oranı analiz aracından faydalanarak başta yol yarmaları olmak üzere yüksek heyelan riski taşıyan alanları tespit etmişlerdir. Çalışmanın sonuçlarına göre heyelan riski taşıyan alanların başta karayolları olmak üzere demiryolu ulaşımı içinde tehdit yarattığı belirlenmiştir.

Alparslan vd (2006) çalışmalarında Büyük ve Küçük Çekmece Gölleri arasındaki heyelan risk alanlarını belirlemeyi amaçlamışlardır. Buna yönelik olarak geçirimsizlik durumu, jeoloji, jeomorfoloji, zeminin sıvılaşmaya olan yatkınlığı, yer altı suları, faylar, hidroloji ve eski heyelan alanları gibi çeşitli değişkenler kullanmışlardır. Elde edilen bulgular eski heyelan haritası ile karşılaştırıldığında heyelanların %14'ünün çok yüksek, %27'sinin yüksek alanlarda gerçekleştiği tespit edilmiştir. Güncel heyelanların ise %13'ünün çok yüksek, %23'ünün ise yüksek duyarlılığa sahip alanlarda gerçekleştiği görülmüştür.

Ercanoğlu ve Gökçeoğlu (2002) çalışmalarında Karabük'ün Kuzey Yenice bölgesinde heyelan duyarlılığına sahip alanların belirlenmesini amaçlamışlardır. Çalışmada Bulanık Mantık Yaklaşımından faydalanılmıştır. Kullanılan parametreler eğim açısı, eğim yönü, arazi kullanımı, ayrışma derinliği, su ve yükseltilerdir. Çalışma bulgularına göre bulanık mantık yaklaşımının heyelan duyarlılık analizlerinde kullanılan faktörlerin seçiminde büyük fayda sağladığı ortaya konmuştur.

Eker vd. (2015), çalışmalarında Bartın ili Ulus ilçesi için heyelan duyarlılık haritasını farklı yöntemlerden faydalanarak oluşturmuşlardır. Çalışmalarında kullanılan yöntemler mekânsal regresyon, lineer ayrıştırma analizi, kuadrik ayrıştırma analizi, Logistik Regresyon ve Yapay Sinir Ağlarıdır. Çalışmada kullanılan parametreler ise yükseklik, eğim, bakı, profil eğriliği, bitki örtüsü ve jeolojik özelliklerdir. Araştırma bulgularına göre kullanılan yöntemler içinde en doğru sonucu veren yöntemin Yapay Sinir Ağları olduğu tespit edilmiştir.

Eker ve Aydın (2014) ise yine Batı Karadeniz Bölgesinde yer alan Yığılca Ormanı, orman yolu ağının planlanmasından faydalanmak üzere bölgenin heyelan duyarlılığına sahip alanlarını belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışmalarında arazi kullanımı, litoloji, yükseklik, eğim, bakı, yola olan uzaklık ve plan eğriliği değişkenlerinden faydalanmışlardır.

Chauhan vd. (2010) Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama tabanlı yaptıkları araştırmada Logistic Regresyon yönteminden faydalanarak Garhwal Himalayaları'nın Chamoli Bölgesinde heyelan duyarlılığına sahip alanları belirlemeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda çalışmada eğim, bakı, rölyef, arazi kullanımı ve bitki örtüsü, litoloji ve drenaj yoğunluğu değişkenlerinden faydalanmışlardır. Sonuç olarak araştırma alanının %4,88'inin çok yüksek duyarlılığa, %37,4'ünün çok düşük duyarlılığa sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Dahal vd. (2008) çalışmalarında Japonya'daki iki küçük havza için heyelan duyarlılığının belirlenmesini amaçladıkları çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemlerinden faydalanmışlardır. Çalışmalarında eğim, akış toplanma, toprak tipi, toprak derinliği, rölyef ve arazi kullanımı değişkenlerini değerlendirmeye almışlardır. Çalışma sonucunda %80,7 ve %77,6 doğruluk oranına sahip heyelan duyarlılık haritaları elde etmişlerdir.

Pantha vd. (2008) çalışmalarında Nepal'de bulunan önemli bir karayolunda meydana gelen sorunlarla mücadele edebilmek amacıyla heyelan duyarlılığına sahip alanların belirlenmesini amaçlamışlardır. Bu doğrultuda CBS'den faydalanarak duyarlılığın yüksek olduğu alanları belirlemişlerdir. Çalışmalarında eğim, bakı, arazi kullanımı, drenaj yoğunluğu, derelere uzaklık, yola uzaklık ve litoloji değişkenlerinden faydalanmışlardır. Sonuç olarak çok düşük duyarlılığa sahip alanlarda heyelan yoğunluğunun %1,3, çok yüksek duyarlılığa sahip alanlarda ise %35,7 olduğunu tespit etmişlerdir.

Vahidnia vd. (2010) çalışmalarında İran'ın Elbruz Dağları'ndaki bir bölgede heyelan duyarlılığına sahip alanları tespit etmeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda bulanık mantık ve yapay sinir ağlarından faydalanarak neuro-fuzzy yöntemini kullanmışlardır. Geliştirdikleri modelde kullanılan parametreler litoloji, arazi kullanımı, akarsuya uzaklık, fay hatlarına

uzaklık, eğim, akı ve eğriseliktir. Sonuç olarak çalışma alanının %46,6'sının çok yüksek duyarlılık sınıfında yer aldığını tespit etmişlerdir.



Tablo 1. Literatür taraması sonucu çeşitli araştırmacıların heyelan duyarlılığı çalışmalarında kullandığı parametreler tablosu (Çellek, 2013).

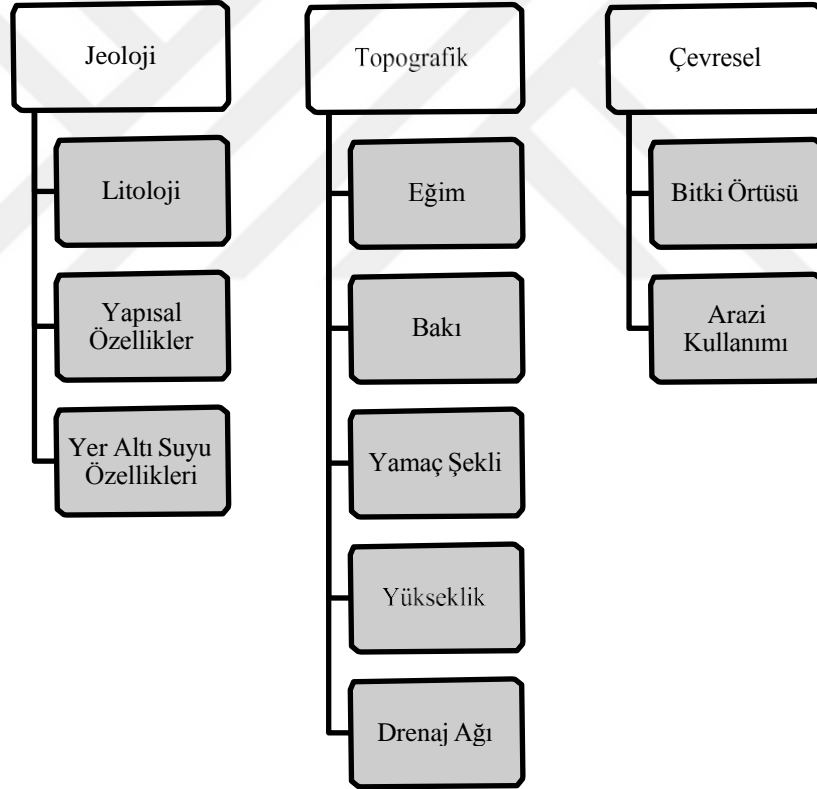
	Litoloji	Eğim	Yamaç Eğimi	Arazi Kul. Kabiliyeti	Yağış	Yam. Eğim Yönü	Akarsuya Yakınlık	Yola Yakınlık	Fay Hatla. Yakınlık	Yükseklik	Bakı	Eğrilik	Arazi Kul.	Bitki Örtüsü	Geçirimsizlik	Yer Altı Suları	Jeomorfoloji	Hidroloji	Toprak Özellikleri	Topoğrafik Nemlilik Indexi	Yamaç Yönelimi	Yamaç Şekli	
Dağ ve Bulut, 2012	√		√			√	√			√				√									
Reis vd., 2008					√																		
Akinci vd., 2010	√	√					√	√		√	√	√											
Pektezel, 2015	√	√											√	√									
Akinci ve Kılıçoğlu, 2015	√	√								√	√	√		√									
Avcı, 2016	√	√					√		√		√			√									
Hepdeniz ve Soyaslan, 2018	√	√	√					√		√	√												
Alparslan vd., 2006	√								√						√	√	√	√					

Tablo 1'in devamı

	Litoloji	Eğim	Yamaç Eğimi	Arazi Kul. Kabiliyeti	Yağış	Yam. Eğim Yönü	Akarsuya Yakınlık	Yola Yakınlık	Fay Hatla. Yakınlık	Yükseklik	Bakı	Eğrilik	Arazi Kul.	Bitki Örtüsü	Geçirimsiz Durumu	Yer Altı Suları	Jeomorfoloji	Hidroloji	Toprak Özellikleri	Topografik Nemlilik İndeksi	Yamaç Yönelimi	Yamaç Şekli	
Chauhan vd., 2010	✓	✓					✓				✓		✓	✓									
Dahal vd., 2008		✓											✓					✓	✓				
Ercanoğlu vd. 2008		✓								✓	✓						✓			✓			
Pantha vd., 2008																							
Vahidnia vd. 2010																							
Gökçeoğlu ve Ercanoğlu 2001	✓	✓		✓						✓				✓							✓	✓	
Eker vd. 2015	✓	✓								✓	✓	✓		✓									
Eker ve Aydın 2014	✓	✓						✓		✓	✓	✓	✓										
Demir, 2018	✓		✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓													

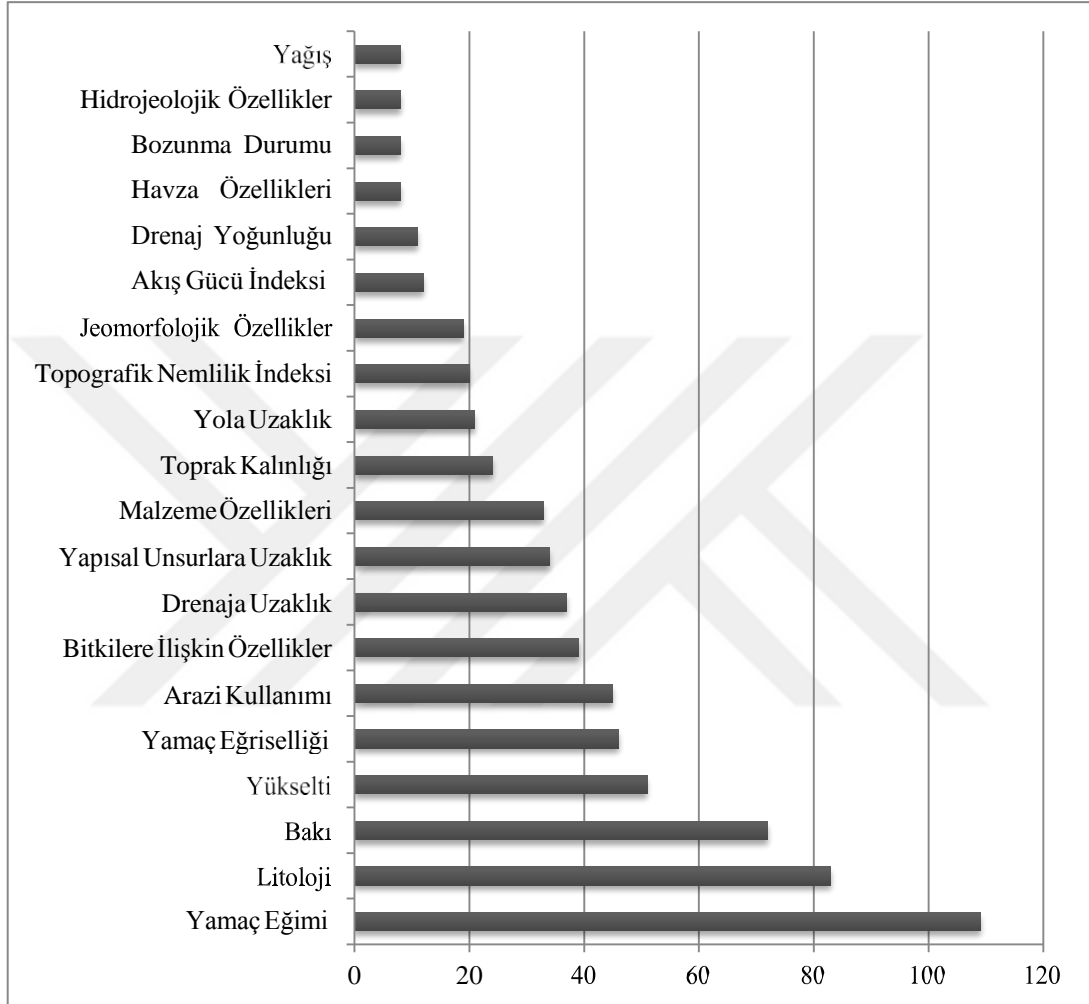
İlgili literatür değerlendirildiğinde heyelan duyarlılık analizinde kullanılan parametrelerin çeşitlilik gösterdiği görülmektedir. Ercanoğlu vd. (2005)'de heyelan duyarlılık çalışmalarında kullanılan parametrelerin çalışmanın amacı, verinin erişilebilirliği gibi pek çok faktörden etkilendiğini ifade etmektedir.

Bu anlamda heyelan duyarlılığına ilişkin kullanılan parametreler Gökçeoğlu ve Ercanoğlu (2001) tarafından hazırlayıcı parametreler ve tetikleyici parametreler altında iki ana başlıkta toplanmıştır. Hazırlayıcı faktörler içinde jeoloji, topografya ve çevresel parametreler yer almaktadır. Jeolojik parametreleri litoloji, yapısal özellikler ve yer altı suyu özellikleri oluşturmaktadır. Topografik faktörler içinde eğim, bakı, yamaç şekli, drenaj ağı ve yükseklik parametreleri yer alır. Çevresel faktörler ise bitki örtüsü ve arazi kullanım potansiyelini içermektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Heyelan hazırlayıcı faktörler (Gökçeoğlu ve Ercanoğlu, 2001).

Gökçeoğlu ve Ercanoğlu (2001) tarafından yapılan sınıflamada kullanılan parametreleri değerlendirdiği ikinci grup heyelan, tetikleyici faktörlerdir. Bu anlamda üç farklı parametre bulunduğunu ifade etmektedirler. Bunlar deprem, insan ve yağıştır.



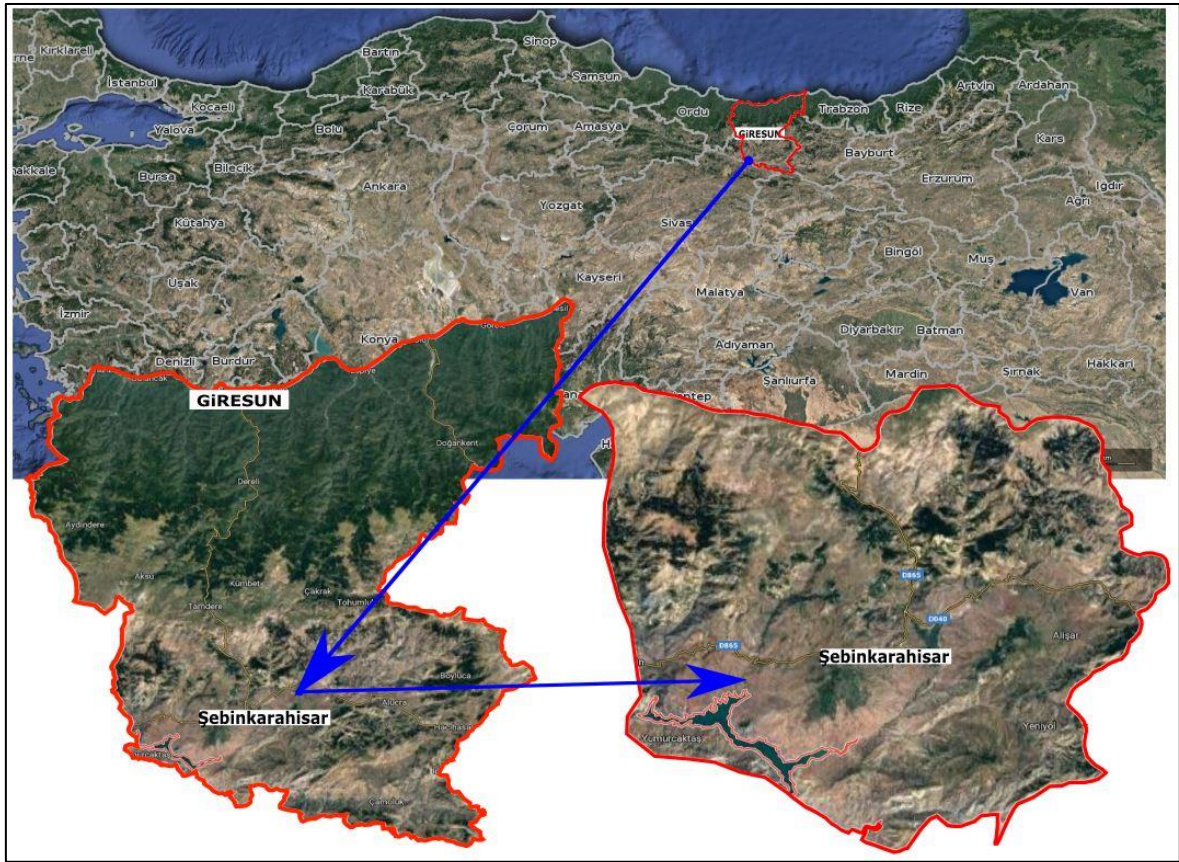
Şekil 3. Heyelan duyarlılık analizinde en fazla kullanılan parametreler (Hasekioğulları, 2010).

Heyelan araştırmalarında kullanılan parametrelere ilişkin bir diğer değinilmesi gereken araştırma Hasekioğulları (2010) tarafından yapılandır. Hasekioğulları çalışmasında 2000 yılından itibaren SCI (Science Citation Index) kapsamında yayınlanmış olan gerçekleşmiş heyelan ve heyelan duyarlılık değerlendirilmesinde kullanılan parametreleri içeren 114 araştırmayı incelemiştir. Bu anlamda araştırma konusuna ilişkin en fazla kullanılan parametreleri tespit etmiştir. Bunlar Şekil'3 de ifade edilmektedir. Buna göre en fazla kullanılan değişkenin yamaç eğimi olduğu görülmektedir. Onu sırasıyla litoloji, bakı,

yükselti, yamaç eğriselliği ve arazi kullanımını değişkenleri izlemektedir.

2.2. Çalışma Alanının Coğrafi Özellikleri

Çalışma alanını oluşturan Şebinkarahisar ilçesi Karadeniz Bölgesinin Doğu Karadeniz Bölümü içinde yer almaktadır. İlçenin kurulduğu bölge Giresun Dağlarının güney etekleri ile Avutmuş Çayının kuzey yamaçlarına karşılık gelmektedir (Yürüdü, 1998). Bölgede Yeşilirmak'ın en büyük kollarından olan Kelkit Çayı akmaktadır (Gürgen, 1997).



Şekil 4. Çalışma alanı haritası

Şebinkarahisar Pontidler tektonik birliğinin doğu kesimi, güney zonunda yer almaktadır (Keskin, 2006) ve çalışma alanının jeolojik yapısının, Kuzey Anadolu Dağları'nın oluşumuna bağlı olarak Kretase'den itibaren şekillenmeye başladığı görülür. Üst Kretase formasyonunun büyük bölümünü fliş fasiyesi oluşturmaktadır. Keskin (2006)'e göre çalışma alanının bulunduğu bölge kıltaşı, kumtaşı ve çakıltaşı ardalanması ile oluşmuştur.

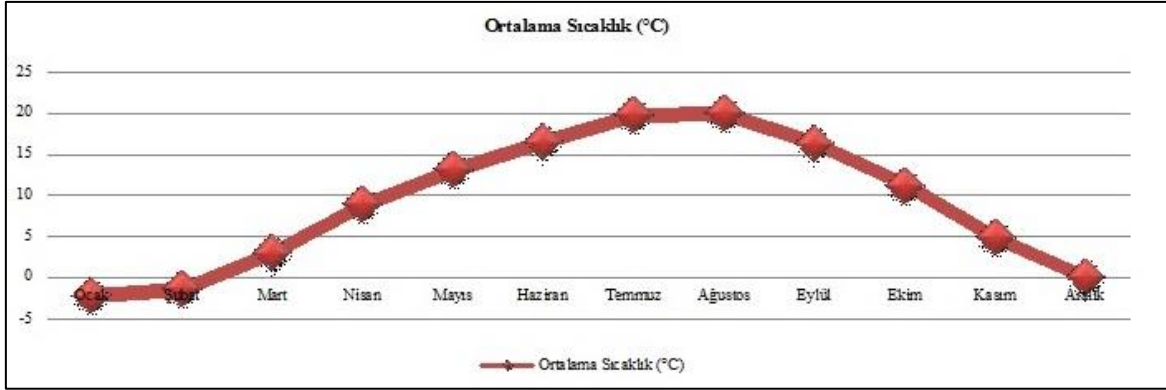
Buna ek olarak yer yer tuf, anglomera ve jips tabakaları da görmek mümkündür. Çalışma alanındaki bir diğer kayaç türünü granit oluşturmaktadır. Granitler Kuzey Anadolu Dağları'nın pek çok yerinde yüzeylenmiş şekilde görülebilir. Bu kayaç türü çalışma alanında da Şebinkarahisar-Giresun karayolu çevresinde görülebilir durumdadır (Gürgen, 1997). Bölgedeki orojenik hareketler Eosen'de devam etmiştir ancak bu dönemde oluşan kayaçlar olan flişlerin daha dar bir alanda yayıldığını söylemek mümkündür (Gürgen, 1997). Miosen dönemine gelindiğinde Anadolu'nun orta ve doğu kesiminde göl ortamına bağlı çökeltmeler yaşandığı görülür. Çalışma alanında da bu yaşlı kil, kum ve jips formasyonları büyük depolar oluşturmaktadır. Alanda etkili drenaj ağına da bağlı olarak bölge Avurmuş Çayı ve kolları tarafından yarılarak aşındırılmış ve alan büyük bir havzaya dönüşmüştür (Gürgen, 1997).

Buna göre çalışma alanının başlıca jeolojik elemanlarına ilişkin Kretase ve Eosen yaşlı volkano-sedimanter araziler, miyosen yaşlı sığ deniz tortulları ile bunları kesen kuaterner yaşlı volkanik unsurlar olduğunu söylemek mümkündür.

Çalışma alanının jeomorfolojik özelliklerine bakıldığında en dikkat çekici özellik dağlar, vadiler ve yaylalar gibi birimlerden olan çeşitliliktir. Kuzeyinde yüksek ve sarp karakteristikleri ile tasvir edilebilecek Canik Dağı dizisine bağlı Karagöl Dağı ve Giresun Dağları görülmektedir. Güneydoğuda Sarıçiçek Dağı, güneyde Kelkit Çayı vadisinin yamaçları ve güneybatıda Eğme Dağı ile kuşatılmıştır (Yılmaz, 2006).

Şebinkarahisar ve çevresinin ortalama yükseltisi 1500-2000 metre arasında değişmekte olup çalışma alanının büyük bölümünün yüksek platolar ile kaplı olduğunu söylemek mümkündür (Yazıcı ve Güner, 2000). İlçenin başlıca tepeleri kuzeyde 1970 m. yükseklikteki Öksürük Kayası, güneyde 1568 m. yüksekliğindeki Kale Tepe, güneybatıda 1778 m. yükseklikteki Dikmen Tepe, kuzeybatıda 2637 m. yükseklikteki Tutak'tır.

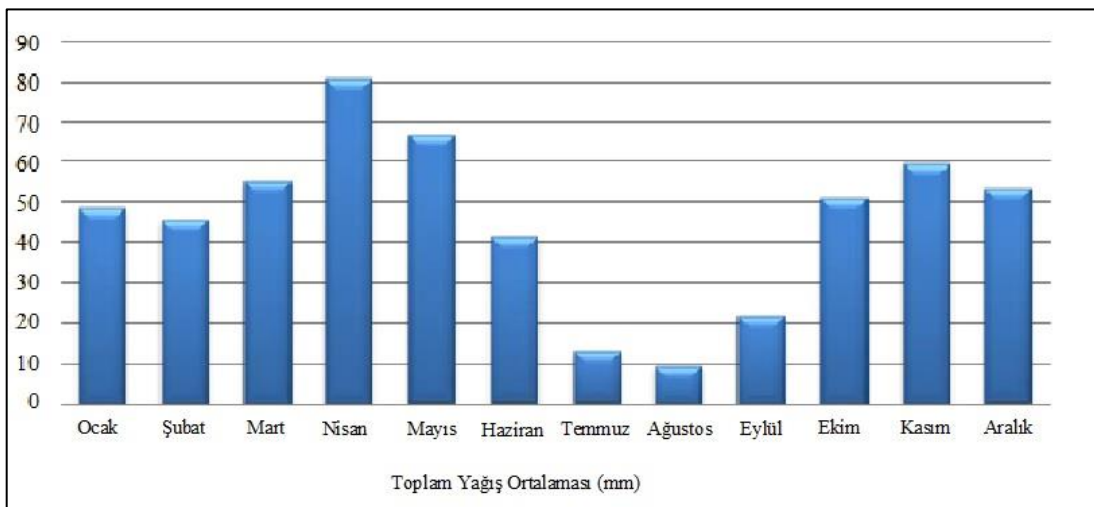
Şebinkarahisarın iklim açısından Karadeniz ve İç Anadolu ikliminin etkisi altında olduğunu söylemek mümkündür. Şebinkarahisar istasyonu 1964-2013 yılları arası iklim verilerine bakıldığında çalışma alanında ortalama sıcaklığın 9,19 °C olduğu görülmektedir. İstasyon hem kuzeydeki Giresun hem de yakınındaki Erzincan istasyonlarına göre daha düşük sıcaklık değerlerine sahiptir. Bu durum çalışma alanında ortalama yükseltinin diğer istasyonlara göre daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Sıcaklığın aylara göre dağılımına bakıldığında ise en yüksek sıcaklık değeri Ağustos ayında (20°C), en düşük sıcaklık değerinin ise Ocak (-2,2°C) olduğu görülmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Şebinkarahisar istasyonu 1964-2013 yılları arası ortalama sıcaklık (MGM, 2013).

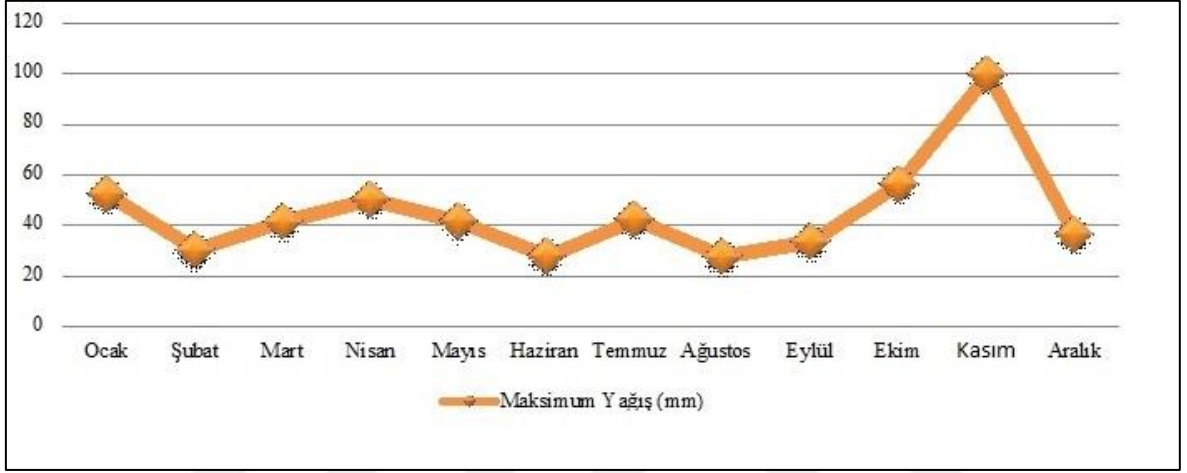
Çalışma alanının içinde bulunduğu Şebinkarahisar istasyonunda 1964-2013 verilerine göre ortalama yağış 45,7 mm'dir. Yıllık toplam yağış miktarı ise 548,3 mm olarak ölçülmüştür. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne göre Giresun ilinin yıllık toplam yağış miktarınının 1288 mm olduğu görülmektedir. Bu anlamda çalışma alanının yer aldığı bölgenin bağlı olduğu ile göre oldukça düşük miktarda yağış aldığı görülmektedir.

Şebinkarahisar istasyonu çevresinde en yağışlı mevsimin ilkbahar olduğunu söylemek mümkündür. Bu aylarda alınan toplam yağış 203 mm olup yıllık toplam yağışların %37'sine karşılık geldiği görülmektedir. En fazla yağış alınan ay ise 80,9 mm ile Nisan ayıdır (Şekil 6). Yağışın en düşük olduğu mevsim ise yazdır. Yaz mevsiminde bölgenin aldığı toplam yağış yalnızca 64 mm'dir. Bu yağış miktarı yıllık toplam yağışların %12'sine karşılık gelmektedir.

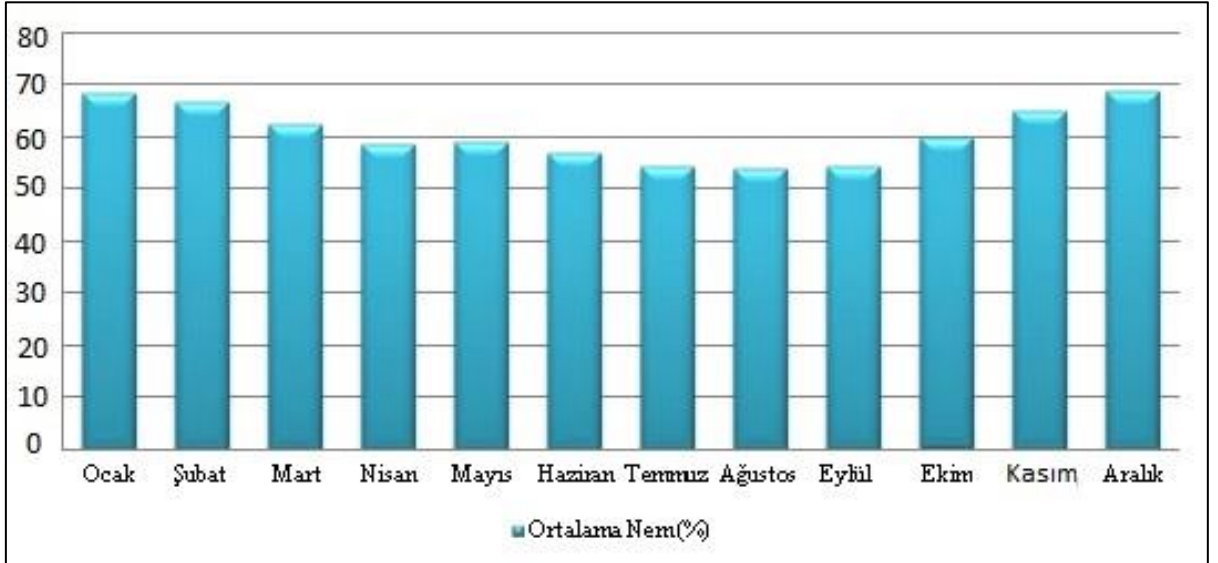


Şekil 6. Şebinkarahisar istasyonu 1964-2013 yılları arası ortalama yağış (MGM, 2013).

Maksimum yağışlar heyelan araştırmalarında dikkate alınan önemli değişkenlerdendir. Bu anlamda toplam ve ortalama yağış değerlerine ek olarak maksimum yağışların yoğunlaştığı ayların bilinmesi heyelanların tetikleyici faktörleri konusunda yol gösterici olabilir. Çalışma alanında maksimum yağışların yoğunlaştığı dönemlere ilişkin en dikkat çekici periyod Kasım ayıdır. Kasım ayında 100 mm değerindeki yağış bölge açısından en yüksek değerdir (Şekil 7).



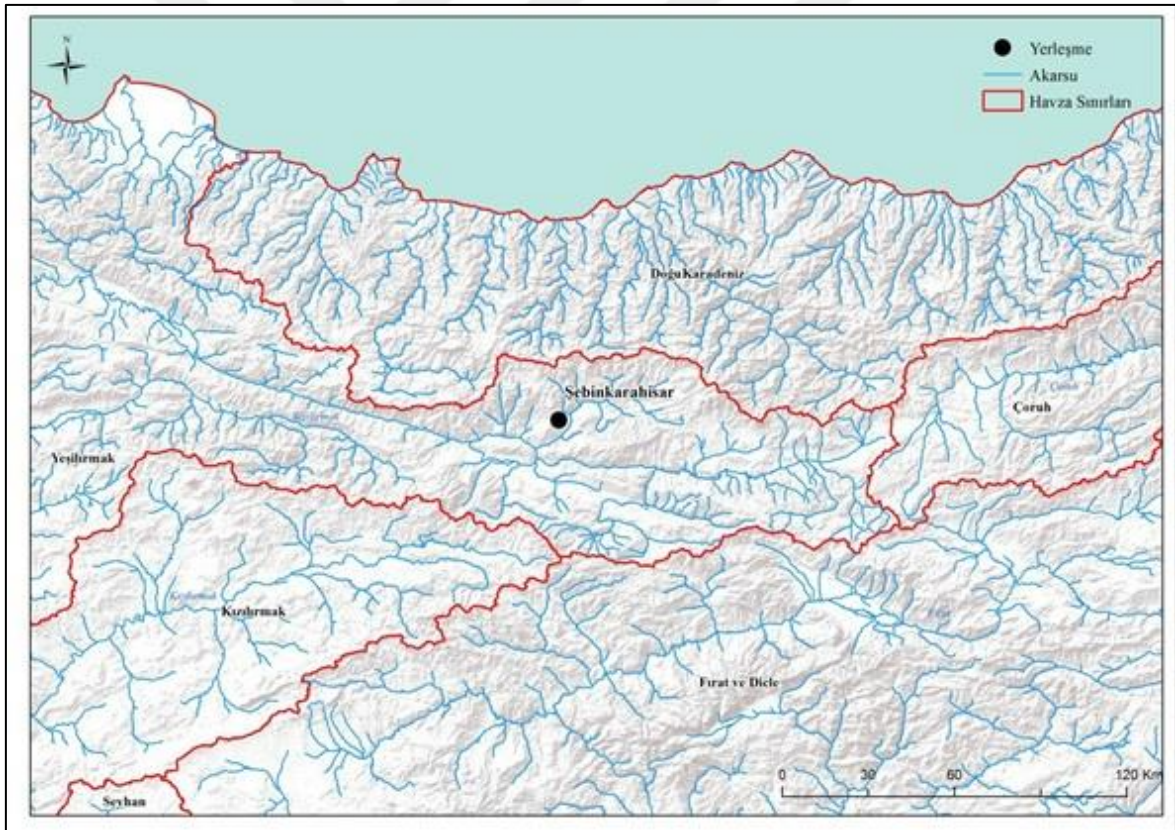
Şekil 7. Şebinkarahisar istasyonu 1964-2013 yılları arası maksimum yağışlar (MGM, 2013).



Şekil 8. Şebinkarahisar istasyonu 1964-2013 yılları arası ortalama nem (MGM, 2013).

İstasyona ait ortalama nemlilik değerleri de yağış değerleri ile benzerlik gsterir. Uzun dñemli ortalama değerler dikkate alındığında istasyonun bulunduğu bñlgede ortalama nemlilik %61'dir. Nemlilięin en fazla olduğu mevsim kiř aylarıdır (şekil 8).

Çalışma alanında Yeşilirmak'ın en önemli kollarından olan Kelkit Çayı, Kuzey Anadolu Fay Zonuna yerleşmiş şekilde akmaktadır. Kelkit Çayı ve ona bağlı kollar araştırma alanında gñçlü bir drenaj ağı oluşturmaktadır (Gürgen, 1997). Kelkit Çayı, Asarcık yaylasından çıkan Tamzara Irmağı, Sarıçiçek yaylasından gelen Darabul deresi ile Karagöl Dağları'ndan çıkan Çat suyu ve Alucra deresinin birleşmesi ile meydana gelmektedir (Yılmaz, 2006). Çalışma alanını oluşturun şebinkarahisar, Yeşilirmak havzasında yer almaktadır. Bununla birlikte Doğu Karadeniz, Çoruh, Fırat ve Dicle ile Kızılırmak Havzalarının da yakınsadığı yerde bulunmaktadır (şekil 9).



şekil 9. şebinkarahisar ve yakın çevresi havza sınırları ve drenaj ağı (URL-2, 2019)

2.3. Parametrelerin Elde Edilebileceği Kaynaklar

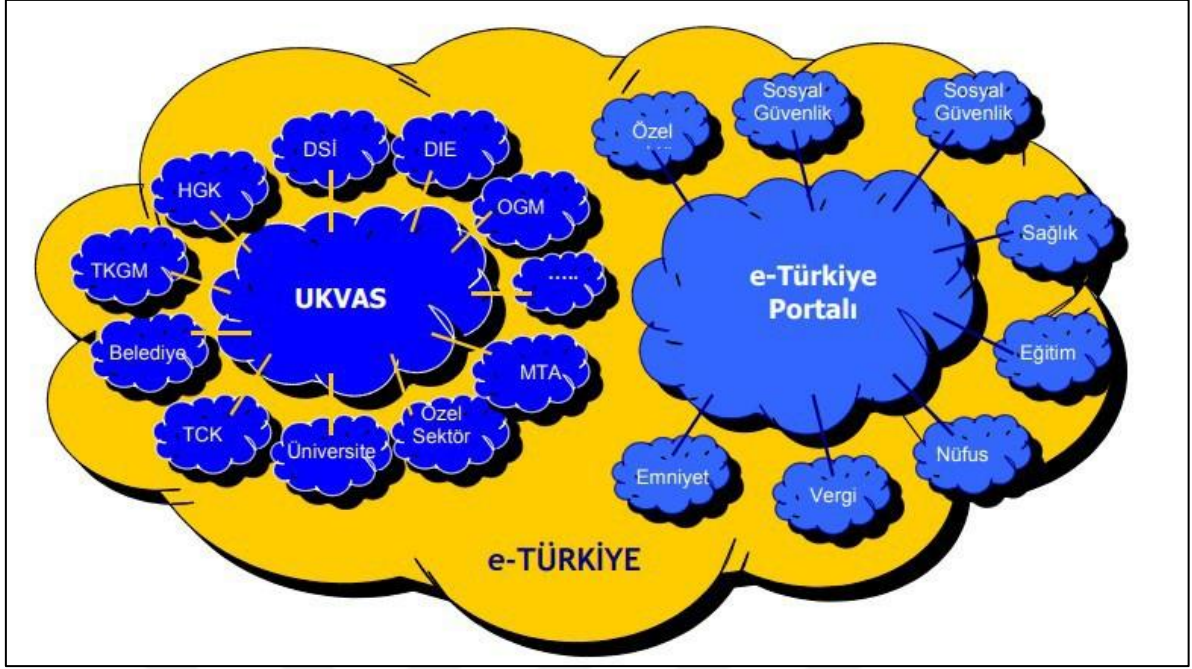
2.2.1. Sayısal Yükseklik Modeli

Heyelan duyarlılık analizlerinde en önemli faktörlerden olan topografik özelliklerin belirlenebilmesi için öncelikle Sayısal Yükseklik Modelinin oluşturulması gerekmektedir. Bu model orman, bitki örtüsü, bina, yerleşim yerleri gibi detayları içermemektedir. Yalnızca izohipsler üzerinden geliştirilmiş yükseklik modeli olarak kabul edilmektedir. Sayısal Yükseklik Modellerinin oluşturulmasında da çeşitli araçlar kullanılmaktadır. Bunlar mevcut topografya haritalarının sayısallaştırılması, elektronik mesafe ölçümü, diferansiyel global position system (GPS) ölçümler, sayısal fotogrametri, interferometrik SAR (InSAR) ve light detection and ranging (LIDAR) verilerinin kullanımınıdır. Heyelan duyarlılık analizlerinde kullanılan eğim, bakı, eğrisellik, akarsuya olan uzaklık ve topoğrafik nemlilik indeksi Sayısal Yükseklik Modelinden doğrudan veya dolaylı olarak üretilir.

2.2.2. UKVA (Ulusal Konumsal Veri Altyapısı)

Günümüzde konumsal verilere duyulan ihtiyaç giderek artmaktadır. Bu ihtiyacın giderilmesine yönelik farklı kurum ve taraflar arasındaki işbirlikleri giderek daha fazla gündeme gelir olmuştur. Bunun nedeni ifade edilen verilerin kurumlar ya da taraflar tarafından tek başlarına erişilebilir şekilde olmamasıdır. Bu eksikliğin giderilmesi noktasında ise araştırmacılar tarafından önerilen çözüm önerisi Konumsal Veri Altyapılarıdır (KVA) (Cömert ve Akıncı, 2005).

Türkiye’de Ulusal Konumsal Veri Altyapısı (UKVA) hakkındaki ilk önerinin Cömert ve Banger (1995) tarafından getirildiği görülmektedir. Yine aynı araştırmacılar tarafından farklı yıllarda UKVA’nın tanıtımı, önemi ve ülkemizde kullanımının yaygınlaştırılmasını öneren çok sayıda çalışma yayınlanmıştır (Cömert ve Banger, 1996; Cömert, 1996; Cömert, 1998). Bu altyapıyı ulusal düzeyde gerek kamu kurumları gerekse özel sektör, yerel yönetimler ve konumsal veri alanında çalışan kesimlerin “birlikte işlerliği” sağlayacak bir sistem olarak tanımlanabilir. En önemli avantajlarından bazıları vatandaşlar dahi tüm ilgililere, ihtiyaç duydukları tüm veri ve servislere anında erişim ve kullanım imkanı sağlamasıdır (Bostancı, 2010) (Şekil 10).



Şekil 10. UKVA ve e-Türkiye algılaması (Cömert ve Akıncı, 2005).

Ülkemizde Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) ve başkanlığa bağlı il müdürlüklerin bağlı bulunduğu kanun kapsamında yaptığı afetsellik ve risk azaltma çalışmalarını vatandaşlar dahi tüm ilgililere, servis edilerek anında erişim sağlanması yönünde bir çalışmanın yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. AFAD, il müdürlüklerinin kanun kapsamında yaptığı ilin tehlike ve risklerini belirleme noktasındaki çalışmalarını, UKVA ve e-Türkiye kapsamında veri paylaşımı ile “birlikte işlerlik” yönünden sistemin bir parçası olmalıdır. Son zamanlarda AFAD’ın diğer kurumlarla yaptığı protokoller neticesinde veri paylaşımı yaptığı görülmektedir. Bu veri paylaşımı neticesinde AFAD çalışanları Afet Yönetim Karar Destek Sistemi (AYDES) afetin ihtiyaç duyduğu her türlü veriye ulaşabilmektedir. AYDES sisteminin geliştirilmesi ile vatandaşlar dahil tüm paydaşların hizmetine yönelik bir çalışmanın yapılması gerekmektedir.

Aynı zamanda Afet Risk Azaltma kapsamında AFAD Başkanlığı ve başkanlığa bağlı il müdürlükleri heyelan, kaya düşmesi, çığ afetleri ile ilgili duyarlılık, tehlike ve risk belirleme çalışması yapmaktadır. Bu çalışma için Afet Risk Azaltma Sistemi (ARAS) kurularak duyarlılık çalışmaları yapılmaktadır. AFAD Başkanlığınca ARAS’da elde edilen verilerin diğer kurumlarla da paylaşımı yapılmaktadır (URL-3, 2019).

2.2.3. Diğer Veri Kaynakları

Heyelan araştırmalarında kullanılan parametrelerin türü ve sayısı araştırma konusu ve amaçları itibariyle farklılaşmaktadır. Çeşitliliğin fazla olması verinin temin edilmesinde de farklılaşma yaratmaktadır. Bu anlamda toplam nüfus ve nüfus yoğunluğu gibi verilerin temininde Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), bitki örtüsü verilerinin temininde Tarım ve Orman Bakanlığı ve ona bağlı alt kuruluşlar, arazi kullanımı verilerinin temininde yerel yönetimlere bağlı Şehir ve İmar birimlerinden ilgili verilerin temin edilmesi mümkündür. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğünden (MTA) heyelan envanter haritası, jeoloji haritaları, diri fay haritaları vb. farklı çalışmalarda altlık olarak kullanılmak amacıyla ulaşılması mümkündür. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünden (DSİ) taşkın alanları ve akarsu-drenaj ağları haritasını, İl Özel İdaresi ve Büyükşehir Belediyelerinden köy-mahalle yol ağları haritaları da temin edilebilir.

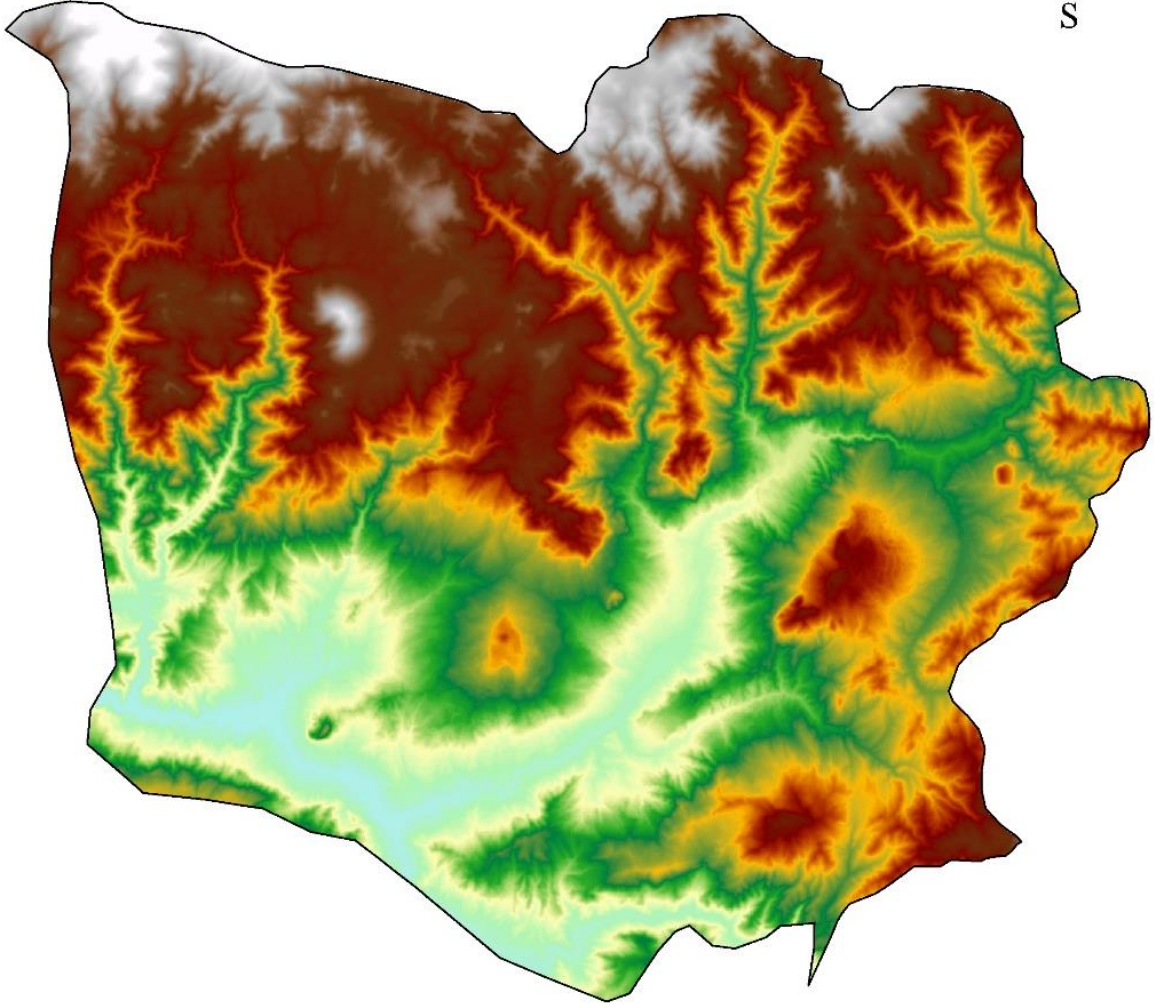
2.4. Çalışmada Kullanılan Parametreler

2.4.1. Yükseklik

Yükselti heyelan araştırmalarında en yaygın kullanılan parametrelerdendir. Kısaca bir noktanın deniz seviyesinden itibaren olan yüksekliği olarak ifade edilebilir. Her ne kadar yükselti ve heyelan arasındaki ilişki oldukça tartışmalı olsa da pek çok araştırmada kullanılan bir değişken olduğunu söylemek mümkündür. Bunun nedeni yükseltinin doğrudan sıcaklığı ve yağışı etkilediği ve buna bağlı olarak kimyasal ayrışma, toprak tipi, bitki örtüsü, erozyon gibi diğer heyelan parametrelerini etkilemesidir (Çellek, 2013).

Yükseklik farklı alanlarda heyelan duyarlılığına etki eden bir faktördür. Bu nedenle yükseklik faktörünün şev duraylılık ve şev kırılmalarına yol açabilecek etkileri olduğu söylenebilir. Çalışma alanının sayısal yükseklik modeli 743,219 m-2958,700 m yükseklik aralığında 12 eşit sınıf aralıklı olarak oluşturulmuştur (Şekil 11).

ŞEBİNKARAHİSAR YÜKSEKLİK HARİTASI



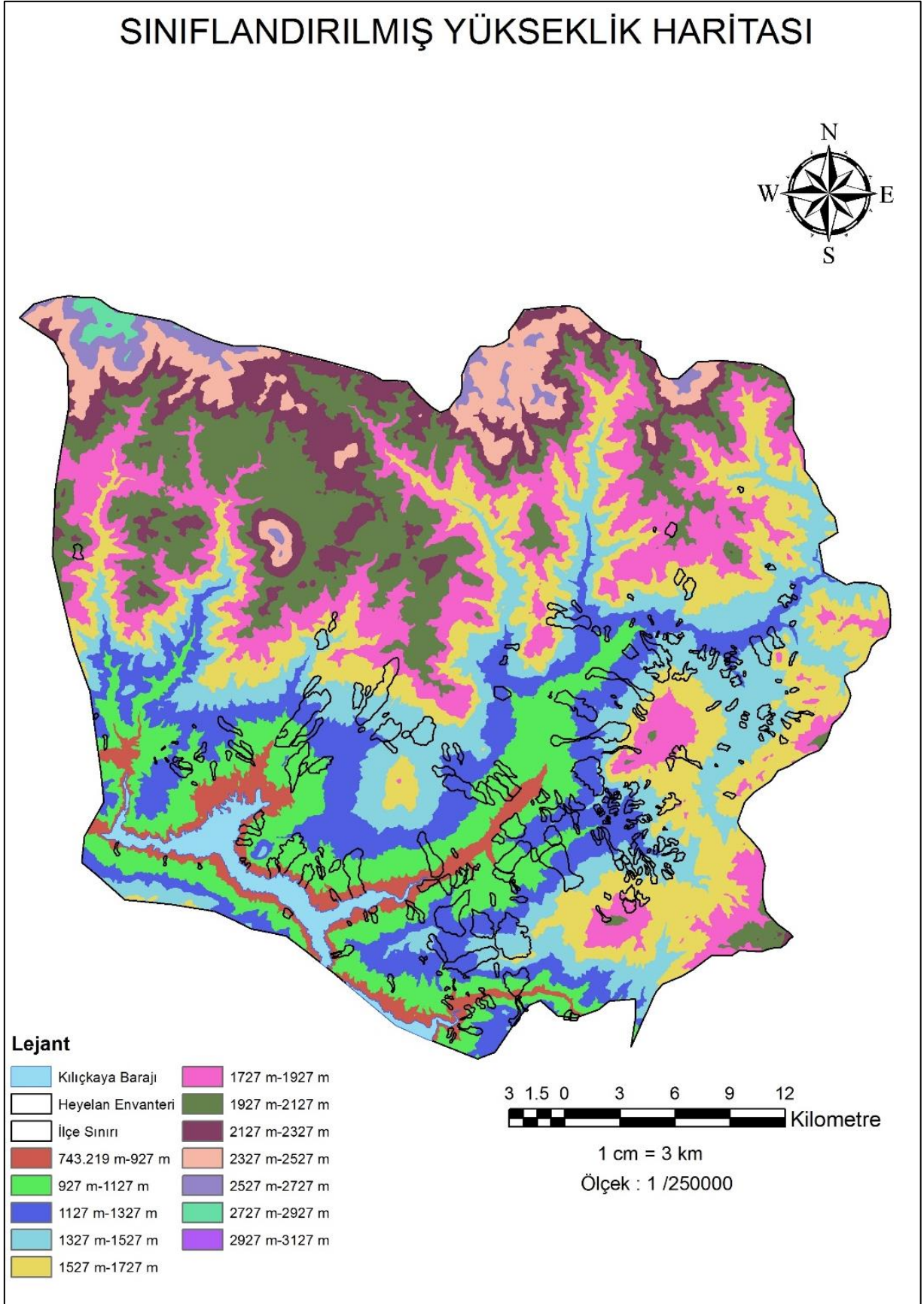
Lejant

Sayısal Yükseklik Modeli



ÖLÇEK : 1/250000

Şekil 11. Çalışma alanının sayısal yükseklik modeli



Şekil 12. Çalışma alanının sınıflandırılmış yükseklik haritası

Heyelan envanterinin yükseklik dağılımına bakıldığında; en fazla tespit edilen heyelan yükseklikleri 1127-1327 m ile 1327-1527 m'ler arasında kalan yükseklikler olduğu tespit edilmiştir (Şekil 12). Çeşitli heyelan duyarlılık analiz çalışmalarında yükseklik faktörünün kullanılma sebebi yüksek rakımlı bölgelerde kar yağışlarına ve sürekli oluşan donma-çözülme olaylarına bağlı heyelan olaylarının artış göstermesi olarak değerlendirilmiştir.

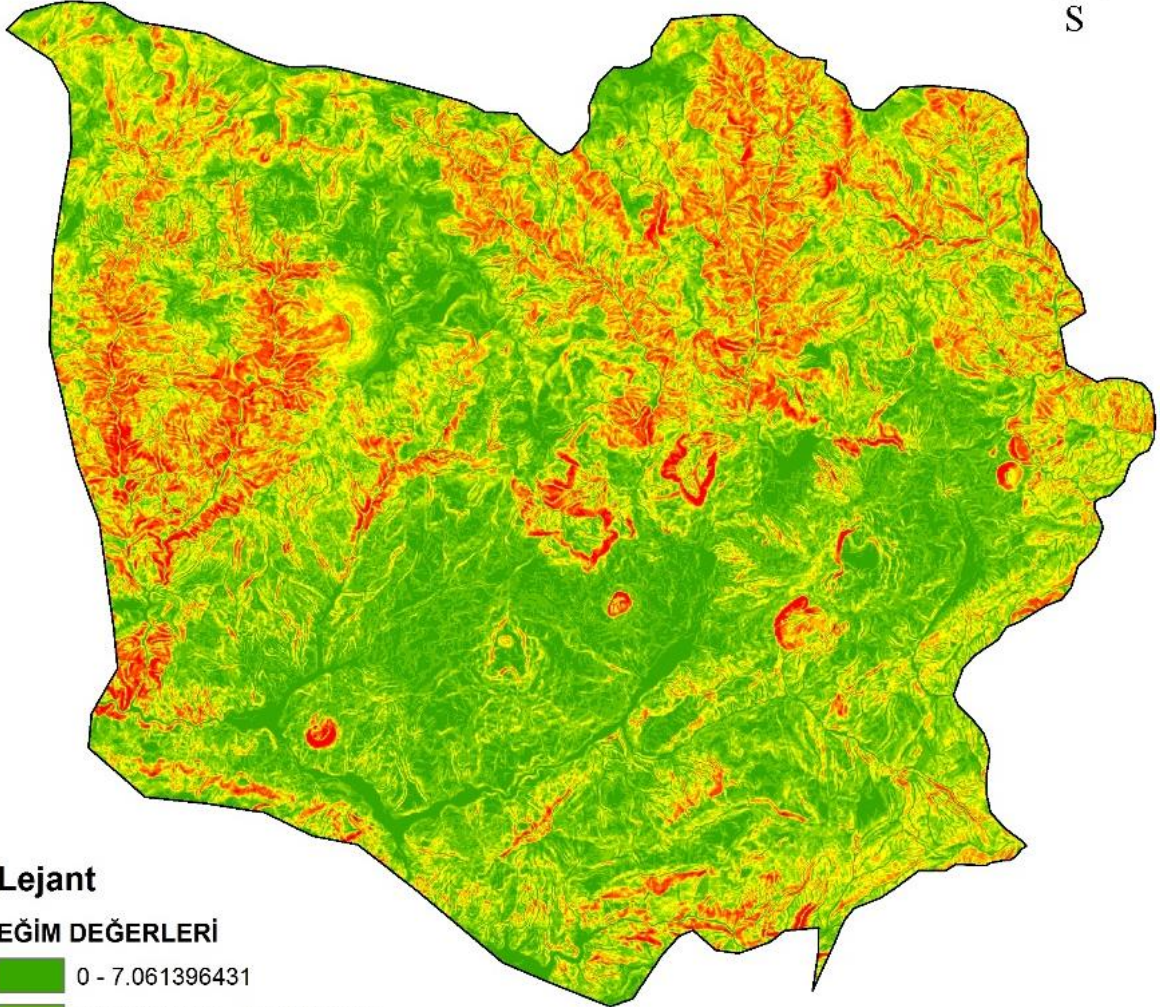
2.4.2. Eğim

Eğim, yükseltiyeye benzer şekilde toprak yapısı ile birlikte erozyon potansiyeli, suyun akış hızı ve toprak derinliği gibi heyelan üzerindeki etkili faktörleri doğrudan ya da dolaylı olarak şekillendirmesi nedeniyle heyelan araştırmalarında yaygın kullanılan parametrelerden birini oluşturmaktadır. Heyelan duyarlılık çalışmalarında heyelan sıklığının hangi eğim derecelerinde daha fazla olduğunun belirlenmesine yönelik olarak eğim sınıfları oluşturulur. Bu anlamda eğimin düşük olduğu alanların heyelana karşı daha duyarsız olduğu varsayılmaktadır. Buna karşın eğimin artmasının da heyelana karşı olan duyarlılığı arttırdığı düşünülmektedir.

Eğim, hareket mesafesini kontrol eden önemli parametrelerden biri olarak kabul edilmektedir. Çünkü kütle hareketlerinin oluşumunu ve harekete geçen malzemenin hızı eğim tarafından denetlenmektedir. Bu anlamda çeşitli araştırmacılar tarafından yamaç eğiminin yüzey ve yeraltı suyu akışının hızına, toprak su içeriğine, toprak yapısına, erozyon potansiyeline ve jeomorfolojik süreçlere belirgin şekilde etki ettiğini tespit etmişlerdir (Çellek, 2013).










Heyelan aktivitelerinin meydana gelmesinde önemli rol oynayan faktörlerden biri de eğim açılarıdır. Eğim haritası olarak Sayısal Yükseklik Modelinden (DEM haritası) ArcGIS 10.2 programında 3D Analyst Tools sekmesinde Raster Surface seçeneği altında slope sekmesi ile üretilen raster harita kullanılmış olup; ilçe sınırları içerisinde 0° ile 60° arasında değişen eğim açıları görülmüştür (Şekil 13). Duyarlı alanların analizinin yapılabilmesi amacıyla yamaç eğimi 10 sınıf sayısında sınıflandırılmıştır. Heyelan envanterinin yamaç eğimi değerlerine bakıldığında; heyelanların 0-6, 6-12, 12-18 derece eğim aralığında yoğunlaştığı görülmüştür (Şekil 14).

ŞEBİNKARAHİSAR EĞİM HARİTASI



Lejant

EĞİM DEĞERLERİ

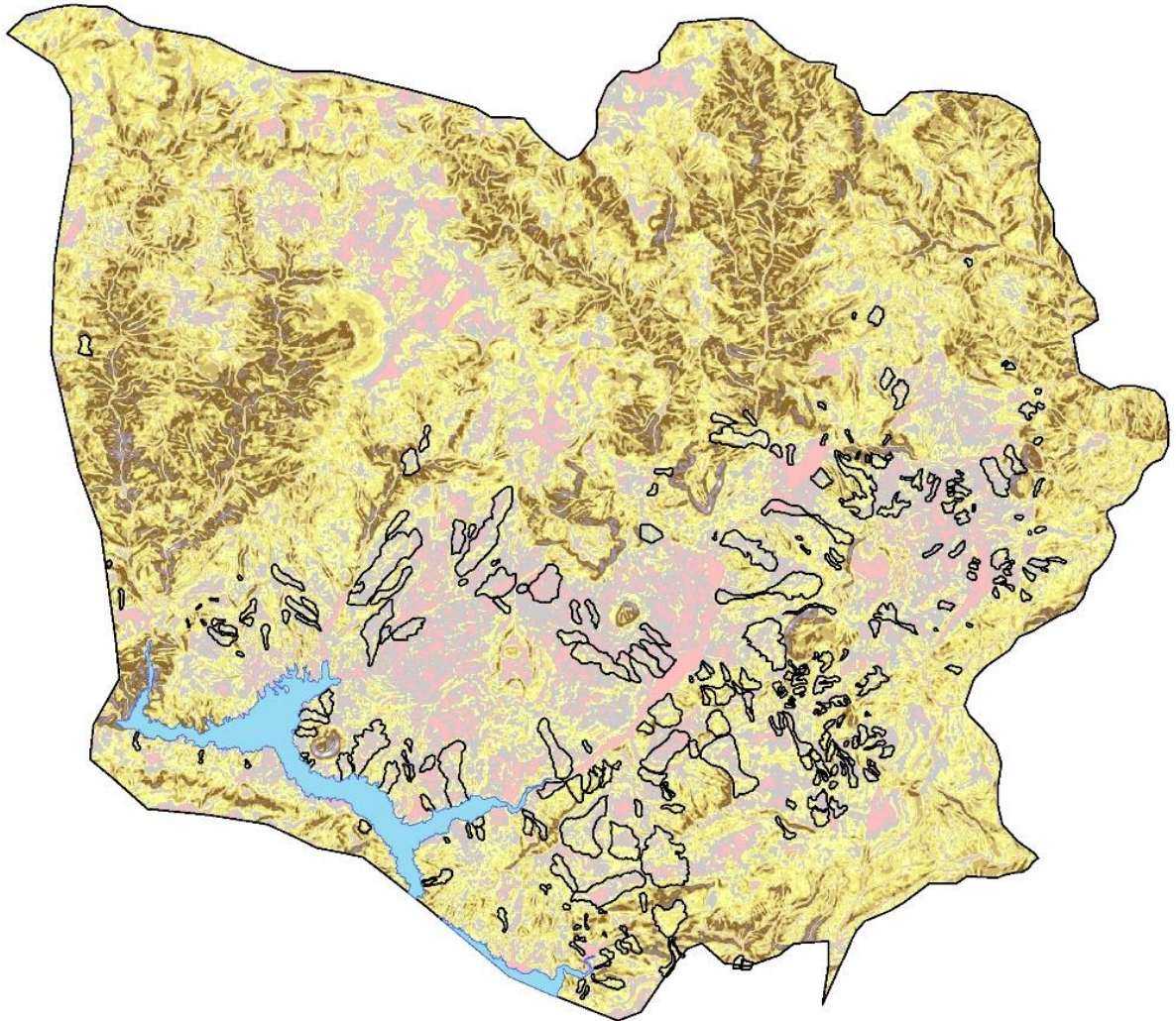
	0 - 7.061396431
	7.061396432 - 12.00437393
	12.00437394 - 16.47659167
	16.47659168 - 20.71342953
	20.71342954 - 24.71488751
	24.71488752 - 28.71634548
	28.71634549 - 32.95318334
	32.95318335 - 38.60230049
	38.6023005 - 60.02186966

3 1.5 0 3 6 9 12
 Kilometre

ÖLÇEK : 1/250000

Şekil 13. Çalışma alanının eğim haritası

SINIFLANDIRILMIŞ EĞİM HARİTASI



Lejant

 Kılıçkaya Barajı	 18-24
 Heyelan Envanteri	 24-30
 İlçe Sınırı	 30-36
Eğim Açıları	
 0-6	 42-48
 6-12	 48-54
 12-18	 54-61

3 1.5 0 3 6 9 12
Kilometre

1 cm = 3 km
Ölçek : 1 / 250000

Şekil 14. Çalışma alanının sınıflandırılmış eğim haritası

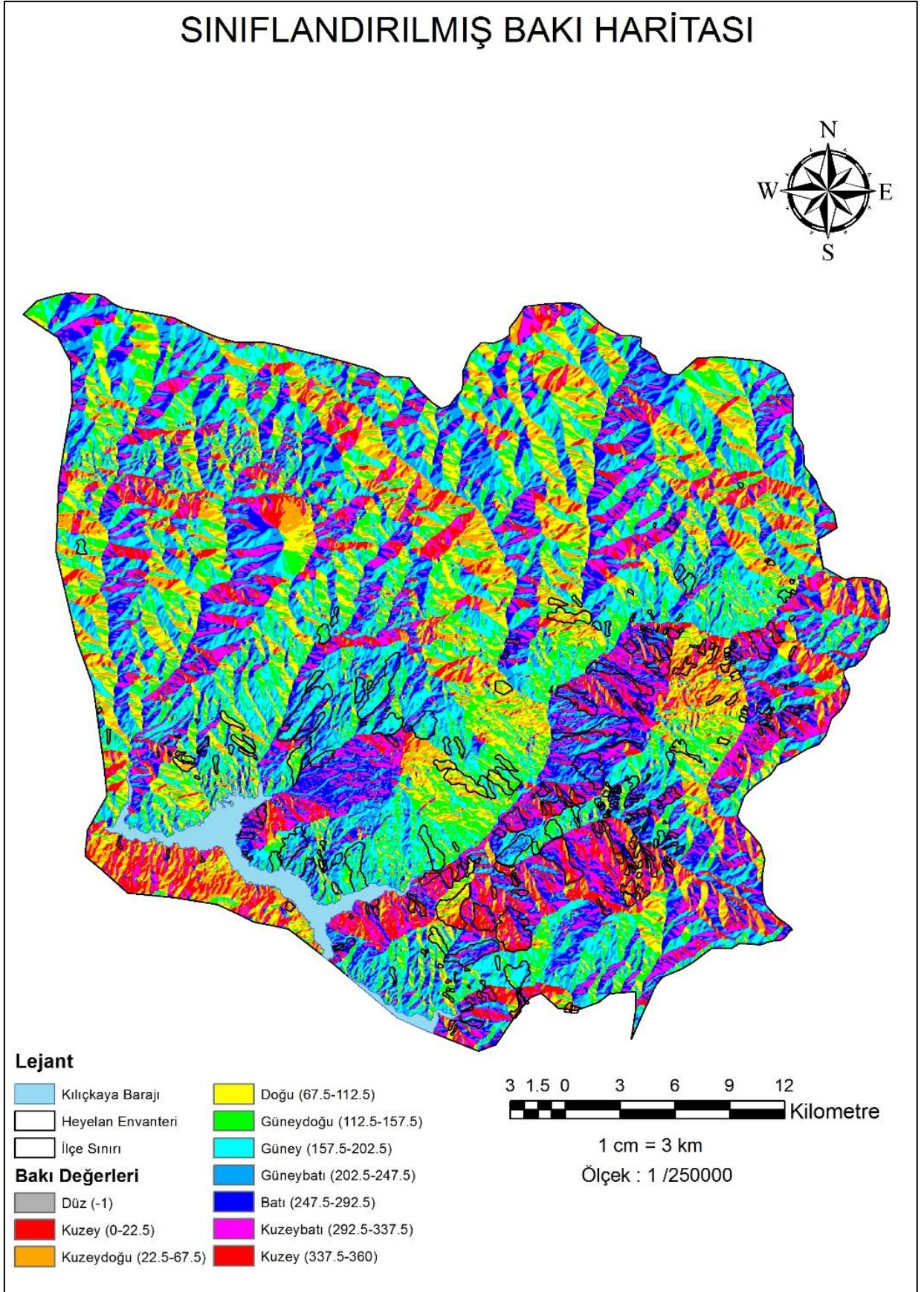
2.4.3. Bakı

Bakı, heyelan duyarlılık araştırmalarında yaygın kullanılan bir diğer parametredir. Bakı kavramı saat yönünde 0°dan 360°a kadar olan derecelendirilmiş azimut değer olarak kabul edilmektedir. Yükseltiye benzer şekilde bakının heyelanlar üzerindeki etkisi konusunda da evrensel bir kabulden söz etmek mümkün değildir (Çellek, 2013). Bazı araştırmacılara göre bakının heyelanlar üzerinde herhangi bir etkisi yokken kimi araştırmacılara göre ise bakı heyelanları ve duyarlılığı etkileyen önemli faktörlerdendir. İlişkinin varlığını savunan araştırmacıların iddialarına yönelik sundukları argümanlar ise karın daha uzun süre kalması, bölgenin yağış yönü, nem tutma ve bitki örtüsü gibi faktörlerde yaşanan değişimlerle açıklanmaktadır (Gomez ve Kavzoğlu, 2005; Garcia-Rodriguez ve Malpica, 2010). Benzer şekilde yoğun yağış alan yamaçlar, topografik eğim ile zeminin türü, geçirimsizliği, gözenekliliği, bitki örtüsü gibi birçok faktör tarafından kontrol edilen süzülme kapasitesine bağlı olarak hakim bakıya sahip yamaçlarda malzeme daha çabuk doygunluğa ulaşmaktadır. Buna bağlı olarak heyelan riski artmaktadır (Gökçeoğlu ve Ercanoğlu, 2001).

Bakı yönü, topraktaki nem tutma oranı ve arazi örtüsü gelişimi gibi etkilere neden olduğu için toprak dayanımı ve heyelan duyarlılığı üzerinde etki oluşturur. Topoğrafik durumun yağış miktarı, rüzgâr etkisi, güneş ışığına maruz kalma durumu, nemlilik, arazi örtüsü gelişimi gibi birçok faktörde etkileri göz önünde bulundurulmalıdır.

Bakı haritası olarak Sayısal Yükseklik Modelinden (DEM haritası) ArcGIS 10.2 programında 3D Analyst Tools sekmesinde Raster Surface seçeneği altında aspect sekmesi ile üretilen raster harita kullanılmıştır. Heyelanlı piksel sayılarının bakı cinsinden dağılımına bakıldığında ildeki heyelanların bakısı en fazla kuzey-kuzeybatı-güneye doğrudur.

Şebinkarahisar ilçesine ait bakı haritası Sayısal Yükseklik Modelinden üretilmiştir. Şebinkarahisar ilçesi Bakı Haritası lejantı 10 sınıf iken, değerlendirmede ve yorumlamada düz alanlar (flat-0 değer) dâhil 9 sınıf dikkate alınmalıdır (Şekil 15).



Şekil 15. Çalışma alanının baki haritası

2.4.4. Litoloji

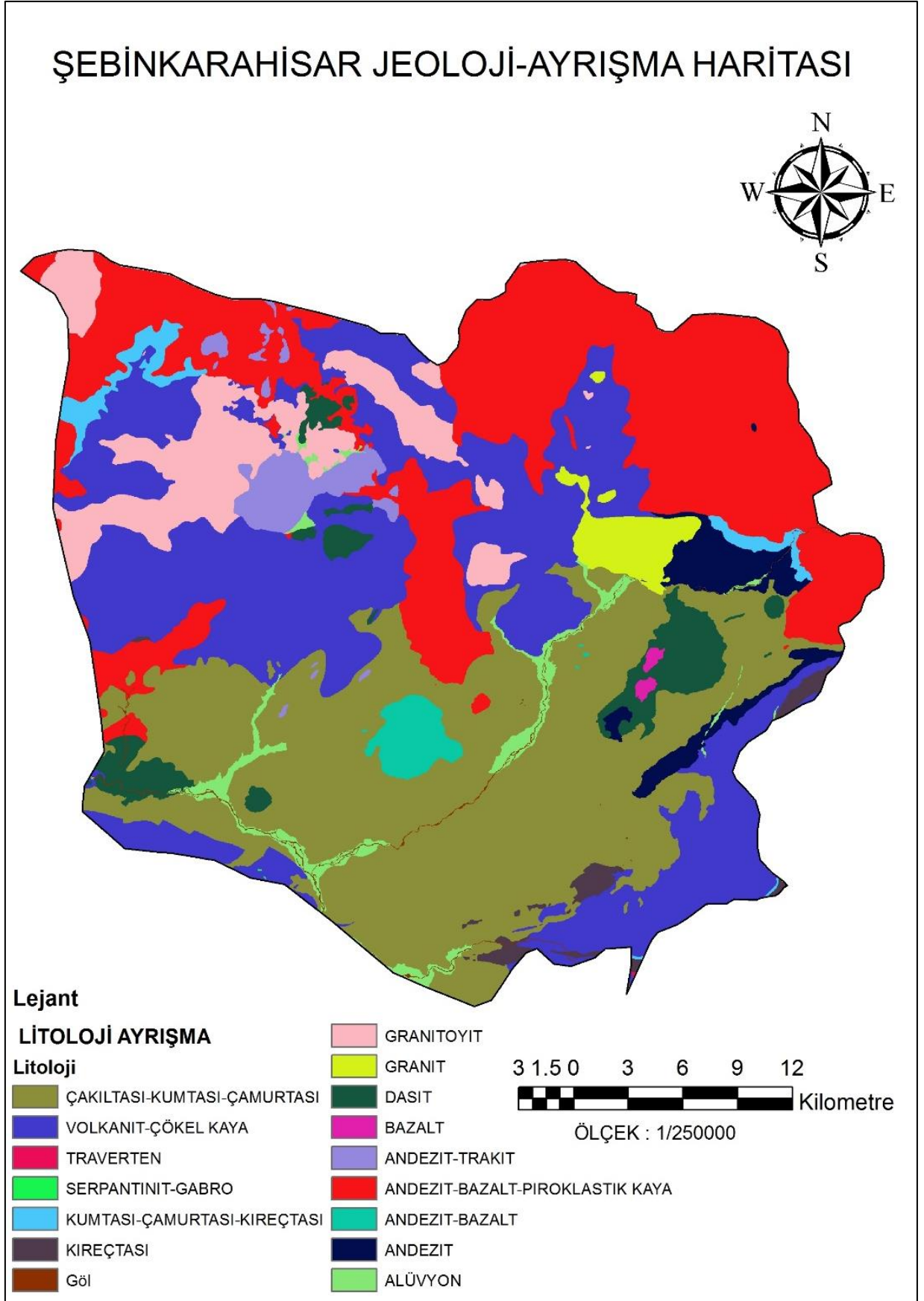
Heyelan duyarlılık araştırmalarında en yaygın kullanılan değişkenlerden biri litoloji, materyalin ayrışma karakteristikleri ve jeomorfolojik sũreçleri doğrudan etkilediğinden heyelan araştırmalarında önemli role sahiptir.

Jeolojik yapı veya litolojinin heyelan oluşumuna etkileri oldukça çeşitlidir. Bunları şu şekilde özetlemek mümkündür:

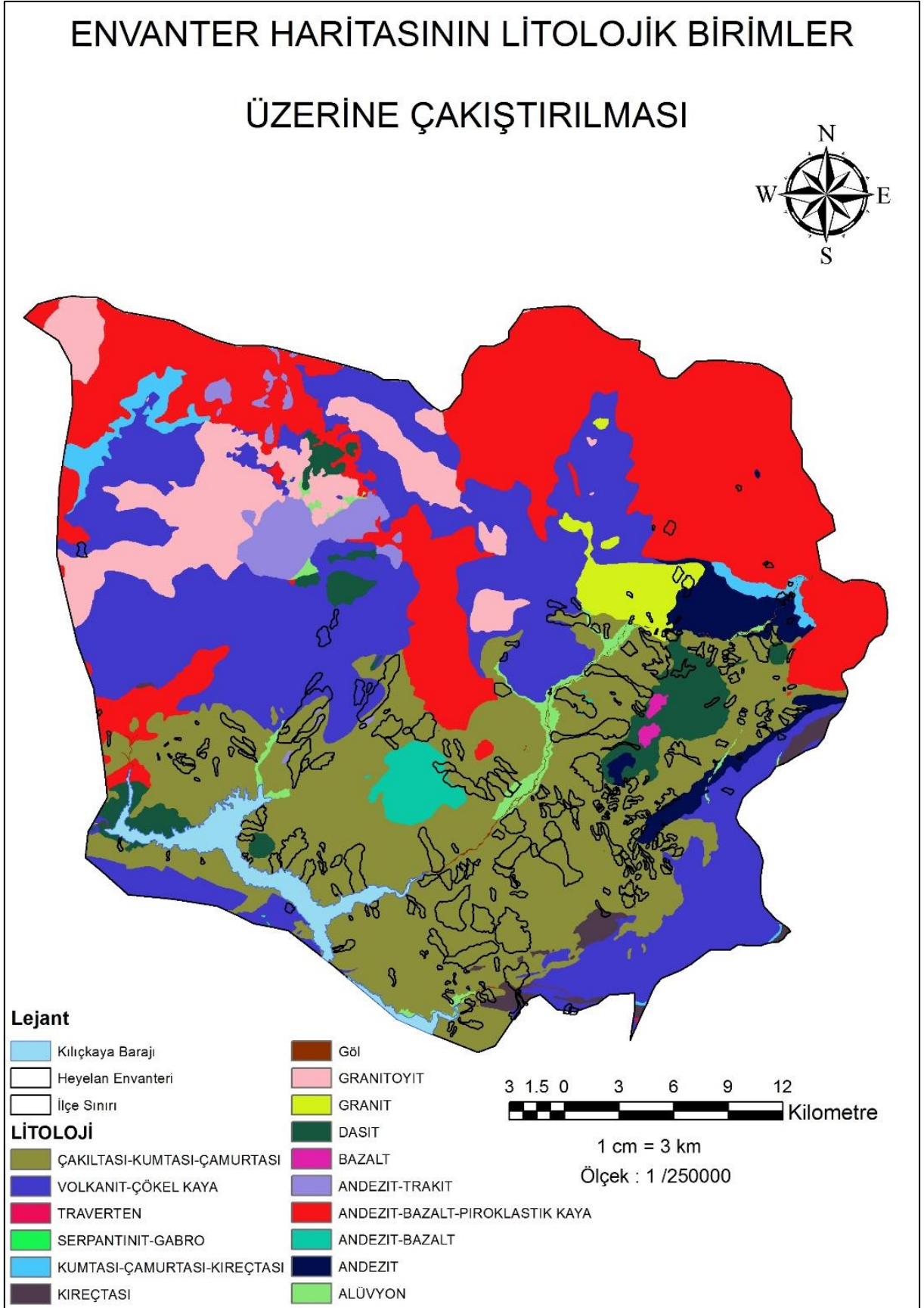
- Jeolojik yapı ve yamacı oluşturan malzemenin özellikleri duraysızlığı doğrudan denetlemektedir.
- Farklı litolojik birimlerde su iletim özellikleri ve birimlerin kayma gerilimlerinin farklı olması duyarlılığı farklılaştırır.
- Aynı bölgede yer alan litolojik birim farklı bozunma derecelerine sahip olabileceğinden heyelana karşı olan duyarlılığı farklılaşabilir.
- Litoloji, kohezyonu doğrudan kontrol etmektedir.
- Zemini oluşturan malzemenin tane boyu büyüdükçe, taneler arası boşluk artmaktadır. Bu durum yağışın fazla olduğu zamanlarda zeminin daha fazla su içermesine ve kayma olasılığının artmasına neden olmaktadır (Çellek, 2013).

Litolojik özellikler yamaç duraylılığını etkileyen önemli jeolojik parametrelerden biri olup, malzemelerin dayanım, geçirimsizlik ve sertlik gibi birçok özelliği ile doğrudan ilişkilidir. şebinkarahisar İlçesine ait, MTA'dan temin edilen, 1/25000 ölçekli shape uzantılı vektör tipindeki sayısal haritanın incelenmesi sonucu, 16 çeşit litoloji birimine sahip olduğu şekildeki haritada görülmektedir (şekil 16).

Litolojik birimler, göl, andezit, kireçtaşı, çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı, volkanit-çökelkaya, granitoyit, alüvyon, andezit-bazalt-piroklastik kaya, kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı, traverten, andezit-bazalt, dasit, granit, andezit-trakit, bazalt ve serpantinit-gabro'dur. Yapılan çalışmalara göre inceleme alanında yayılım gösteren litolojik birimlerin büyük bir çoğunluğunu çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı biriminin oluşturduğu görülmüştür. Heyelan envanterinde bulunan heyelan kapalı alanların çoğunluğu çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı litolojik biriminde olduğu görülmüştür (şekil 17).



Şekil 16. Çalışma alanının jeoloji haritası



Şekil 17. Heyelan envanterinin litolojik birimler üzerinde gösterimi

2.4.5. Topoğrafik Nemlilik İndeksi

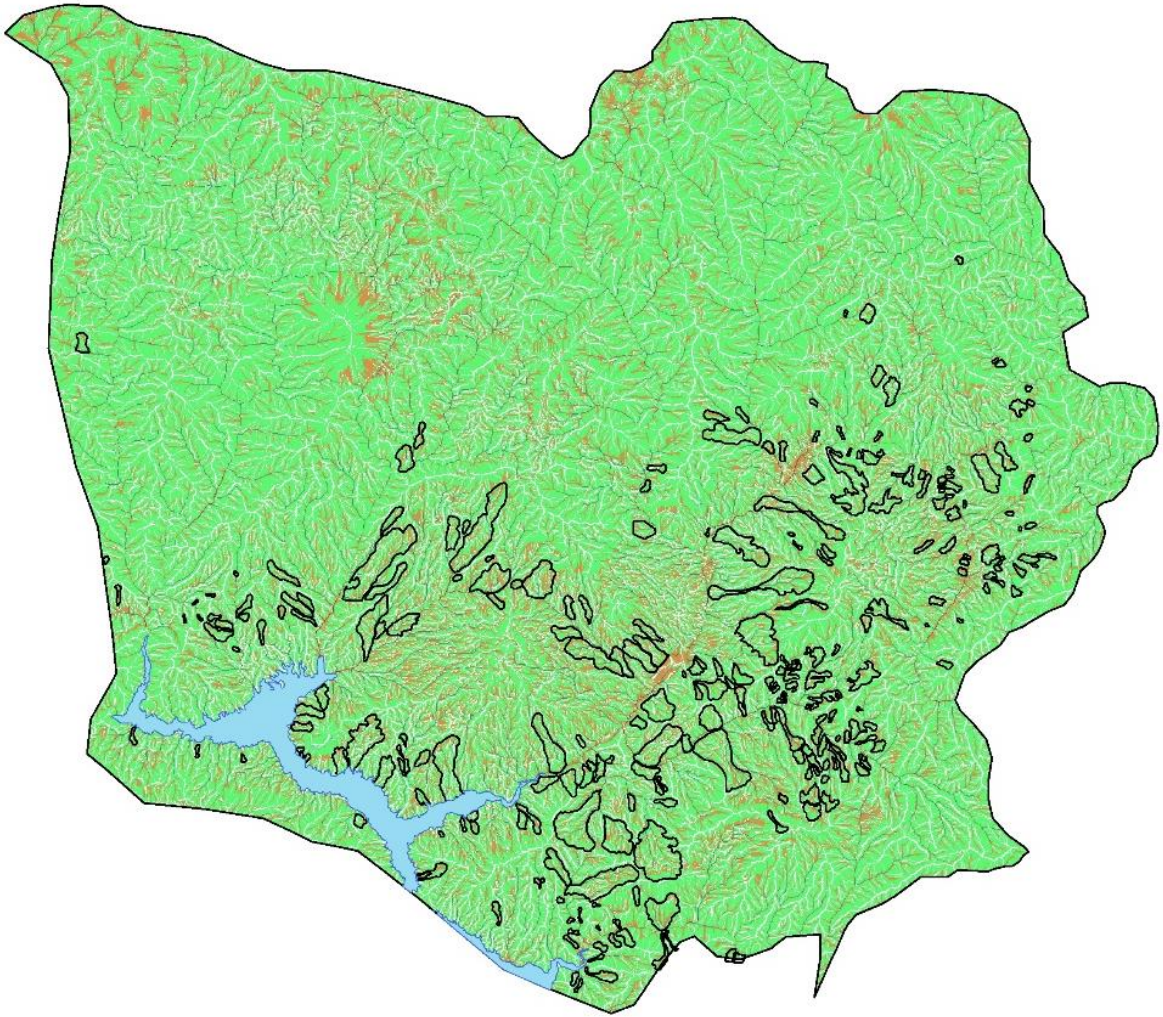
Topoğrafik Nemlilik İndeksi heyelan duyarlılık analizlerinde yaygın kullanılan parametrelerdendir. İndeks kısaca akarsu havzasındaki bir noktada gerçekleşen su akışının toplamı olarak tanımlanmaktadır. Gomez ve Kavzoğlu'na (2005) göre nemlilik indeksi topraktaki su içeriğinin dolaylı bir ölçümü olarak tanımlanmış olup, toprak neminin özellikle sığ heyelanlar üzerinde oldukça etkili olduğunu ifade etmişlerdir.

Topoğrafik nemlilik indeksi, suya doymuş alanların konumlarının ve büyüklüklerinin tarif edilmesi amacıyla geniş bir biçimde kullanılmaktadır. Moore et al. (1991), homojen ve izotrop bir ortam ve tek tip zemin koşulu varsayımlarını dikkate alarak, topographic wetness index'in (TWI) hesaplanmasına yönelik aşağıdaki eşitliği önermişlerdir.

$$TWI = \ln\left(\frac{A_s}{\tan \beta}\right) \quad \begin{array}{l} \text{Özgül Havza Alanı; } A_s \\ \text{Yamaç Eğimi; } \beta \end{array} \quad (3.1)$$

Çalışma alanı için ArcGIS 10.2 programında Geoprocessing sekmesi altında Model Builder'de formülize edilerek Şebinkarahisar ilçesine ait Topoğrafik Nemlilik İndeksi oluşturulmuştur (Şekil 18). Topoğrafik nemlilik indeksinin oluşturulmasında eğim ve özgül havza alanı üretilmiştir. Özgül havza alanı için flow direction (akış yönü) oluşturulmuştur ve üretilen flow direction kullanılarak flow accumulation (akış birikimi) oluşturulmuştur. Flow accumulation tarafından oluşturulan ürün özgül havza alanıdır. Özgül havza alanının eğimin tanjantına bölünmesi, çıkan ürünün \ln 'nin alınması sonucu çalışma alanının topoğrafik nemlilik indeksi üretilmiştir.

SINIFLANDIRILMIŞ TOPOĞRAFİK NEMLİLİK İNDEKS HARİTASI



Lejant

	Kılıçkaya Barajı		0-4
	Heyelan Envanteri		4-8
	İlçe Sınırı		8-12
	İndex Değer Sınıfları		12-16
	-0,472858-0		



1 cm = 3 km

Ölçek : 1 / 250000

Şekil 18. Çalışma alanının topografik nemlilik indeksi

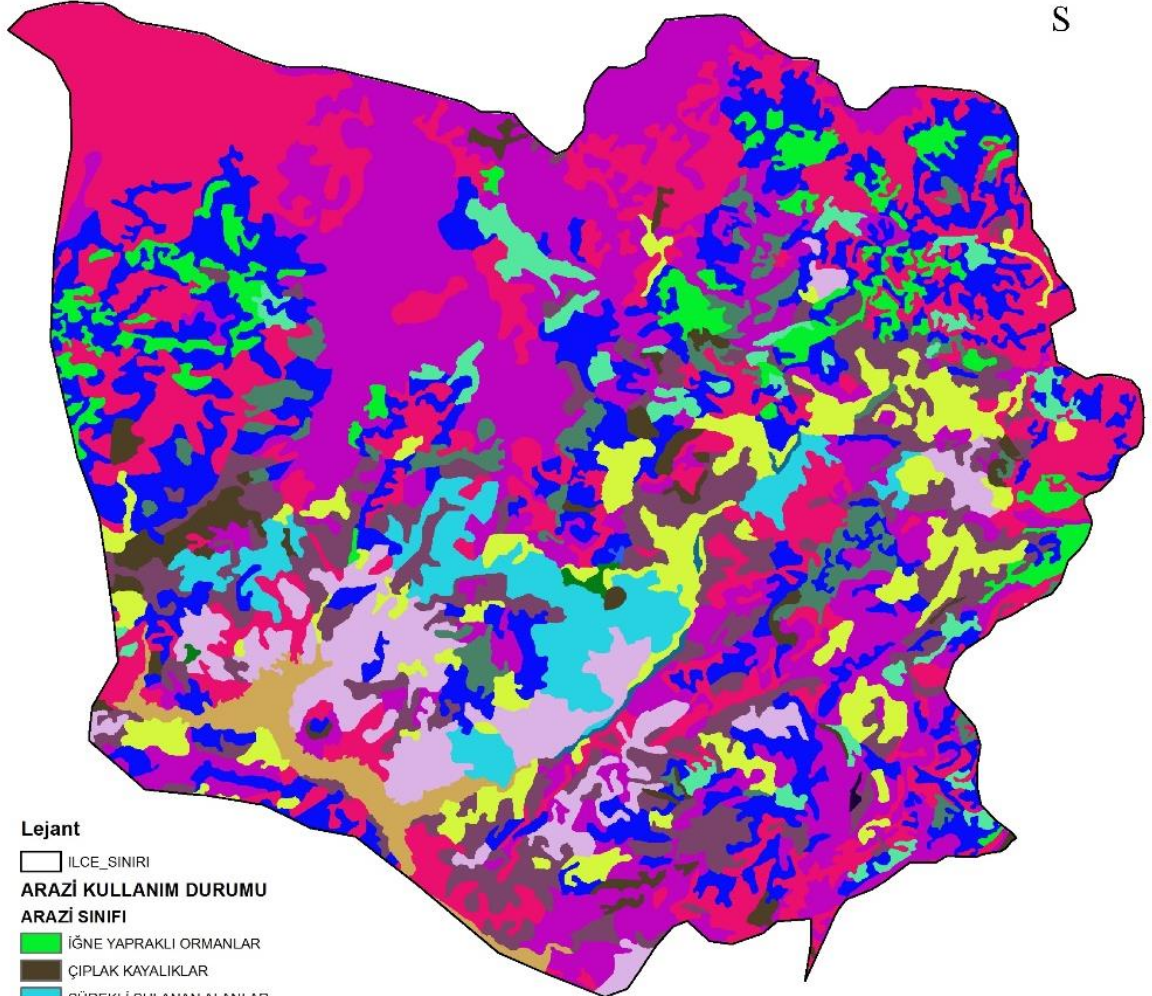
2.4.6. Arazi Örtüsü (Corine 2006)

CORİNE (Coordination of information on the Environment) arazi üzerinde bulunan sınıfları standartlaştırılmış bir şekilde kullanmaktadır. En önemli amacı, Avrupa Çevre Ajansının belirlediği ölçütler ve sınıflandırma sistemi doğrultusunda, üyesi bulunan ülkelerde, arazi çevresinde belirlenen değişimleri, doğal kaynakların ölçülü şekilde yönetilmesi ve standart bir bilgi ortamının oluşturulmasıdır. Bu parametrede esas nokta heyelan kapalı alanlarının arazi kullanımıyla ilişkisini belirlemektir. Bu kapsamda ele alındığında, hangi arazi örtüsü sınıflarında heyelanların etkin olmasına yönelik bilgi elde edilebileceği gibi, gelecekte yapılması planlanan bölgesel çevre planları, arazi kullanımı gibi konularda da yararlanılabilecek bir veri kaynağıdır (URL-4).

Bitki örtüsü ile erozyon kontrolü arasındaki ilişki bilinen ve kabul edilen bir gerçektir. Birçok çalışmada da sığ heyelanlar bitki örtüsünün azalması ile açıklandığını söylemek mümkündür.

AFAD Başkanlığından temin edilen sayısallaştırılmış vektör formatlı 1/25000 ölçekli corine 2006-arazi örtüsü (Şekil 19) kullanılarak ArcGIS 10.2 programında raster formatlı arazi kullanım haritası üretilmiştir.

ŞEBİNKARAHİSAR ARAZİ KULLANIM HARİTASI



Lejant

ILCE_SINIRI

ARAZİ KULLANIM DURUMU

ARAZİ SINIFI

- İĞNE YAPRAKLI ORMANLAR
- ÇIPLAK KAYALIKLAR
- SÜREKLİ SULANAN ALANLAR
- SULANMAYAN EKİLEBİLİR ALANLAR
- SU YOLLARI
- SU KÜTLELERİ
- SEYREK BİTKİ ALANLARI
- SAHİL KUMLUKLAR KUMSALLAR
- MERALAR
- KESİKLI ŞEHİR YAPISI
- KARIŞIK TARIM ALANLARI
- KARIŞIK ORMANLAR
- GENİŞ YAPRAKLI ORMANLAR
- ENDÜSTRİYEL VEYA TİCARİ BİRİMLER
- DOĞAL ÇAYIRLIK
- DOĞAL BİTKİ ÖRTÜSÜ İLE BULUNAN TARIM ALANLARI
- BİTKİ DEĞİŞİM ALANLARI

3 1.5 0 3 6 9 12

Kilometre

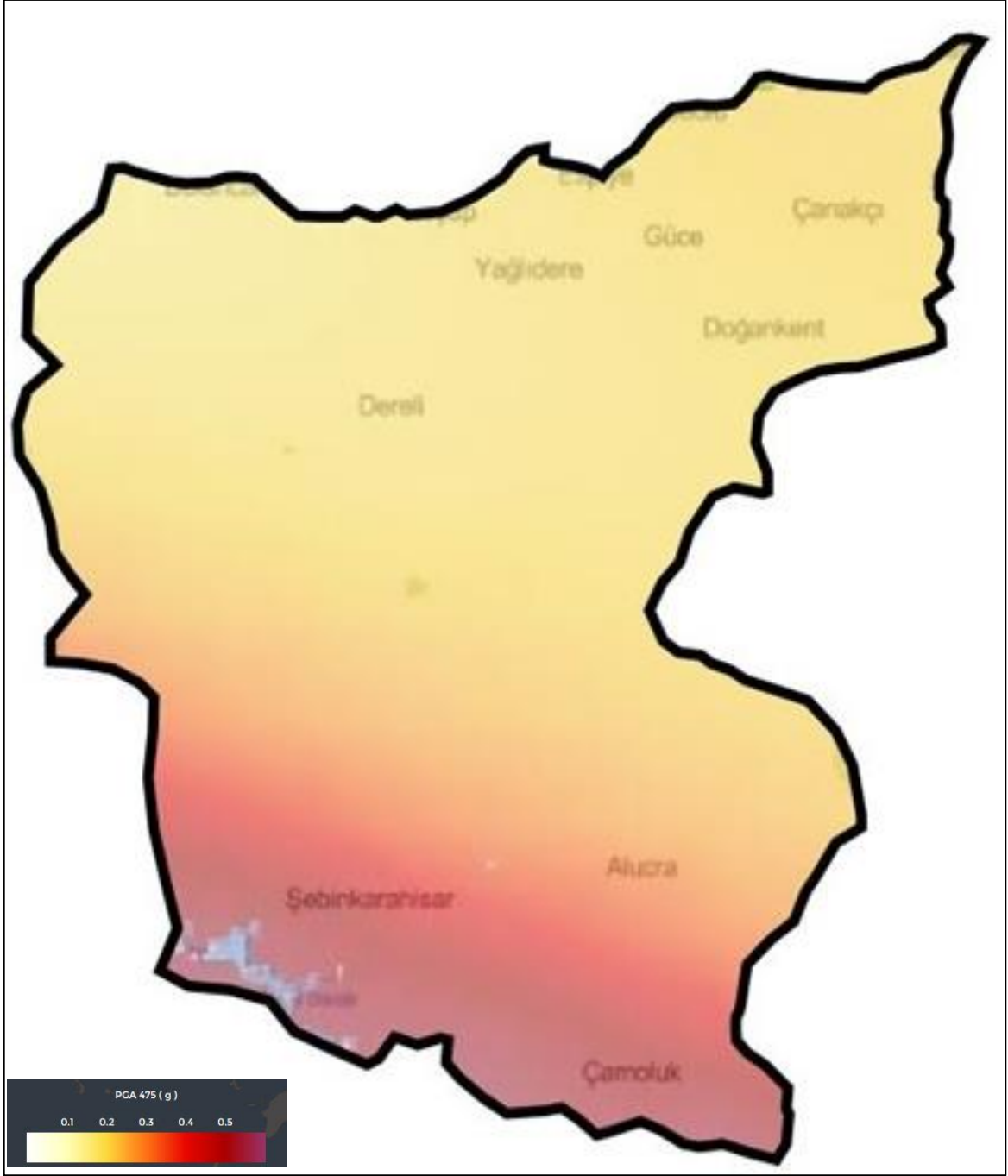
ÖLÇEK : 1/250000

Şekil 19. Çalışma alanının arazi kullanım haritası (Corine, 2012).

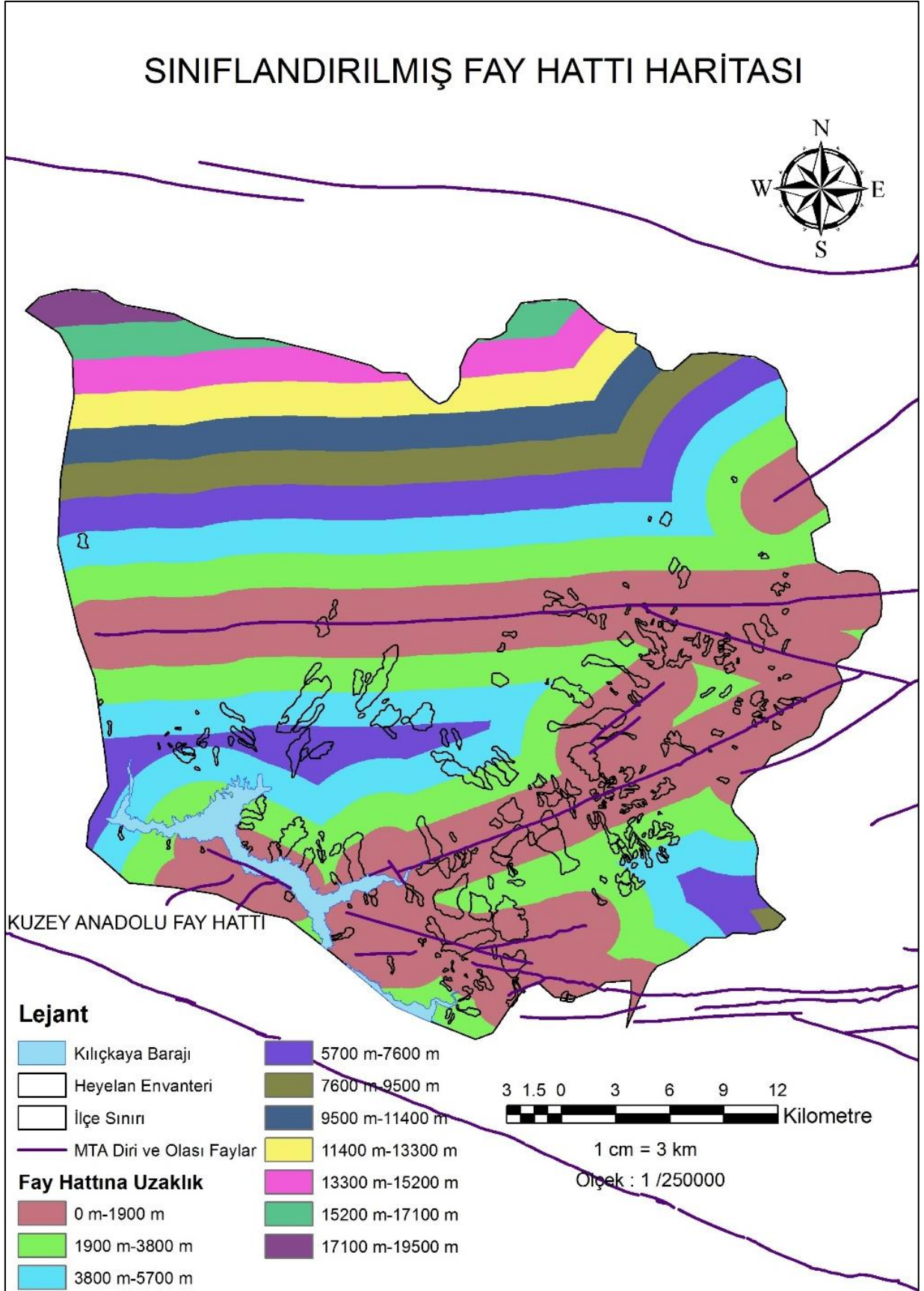
2.4.7. Fay Hatlarına Olan Uzaklık

Faylar gibi yapısal unsurlara yakınlık, heyelan araştırmalarında etkili olduğu kabul edilen parametrelerdendir. Buna göre faylara olan yakınlık ile heyelan sıklığı arasında negatif bir ilişki olduğu kabul edilmektedir. Bu parametrenin etkisinin araştırıldığı çalışmalarda yapısal unsurlara yakın olan alanlarda heyelan oluşumunun daha fazla olduğu, bu durumun malzemelerin zayıf ve bozunmaya açık olmasından kaynaklandığı ifade edilmektedir. Bunun nedenleri ise çeşitlilik göstermektedir. Bunlardan ilki faya yakın olmanın parçalanmaya neden olmasıdır. Bu durumda yamaçlar duraysızlığa daha duyarlı hale gelmektedir. İkinci olarak tabakaların yamaç eğimine paralel bulunmalarının da heyelan oluşumunu kolaylaştırdığı ifade edilmektedir. Bunlara ek olarak heyelanların oluşmasında tabakalar arasında, süreksizlik düzlemleri boyunca killi birimlerin varlığı da heyelanları etkilemektedir (Çellek, 2013).

Faya yakınlık parametresini ele alırsak, tektonik unsurlara yakın olmak, yamaç duraylılığı üzerinde etkin bir parametre olarak dikkate alınabilir. Buradaki temel gerekçe depremselliği yüksek olan bir bölgede yamaçların deprem etkisiyle duraylılıklarını yitirme potansiyelinin yüksek olabileceğidir. Bu tip unsurlara yakın olmak, kayaçların parçalanarak zayıf bir hale gelmesine sebep olmaktadır. İlçe sınırları dikkate alındığı zaman Kuzey Anadolu Fay Sistemine yakınlığı bakımından şebinkarahisar ilçesi 1. derece deprem bölgesinde Türkiye Deprem Tehlike Haritasında 1. Derecede $0.4g < PGA \leq 0.5g$ Yer İvmesi etkisi altında kalmaktadır (URL-5, 2019). 1/25000 ölçekli Diri Fay Haritasından faylar elde edilmiştir (URL-6, 2019). ArcGIS 10.2 programında Spatial Analyst Tools sekmesinde Euclidean Distance seçeneği ile üretilen raster harita kullanılmış olup; 10 sınıfa ayrılmıştır.



Şekil 20. Çalışma alanının depremsellik haritası (URL-4, 2019).



Şekil 21. Çalışma alanının sınıflandırılmış diri fay haritası (URL-5, 2019)

2.4.8. Akarsulara Olan Uzaklık

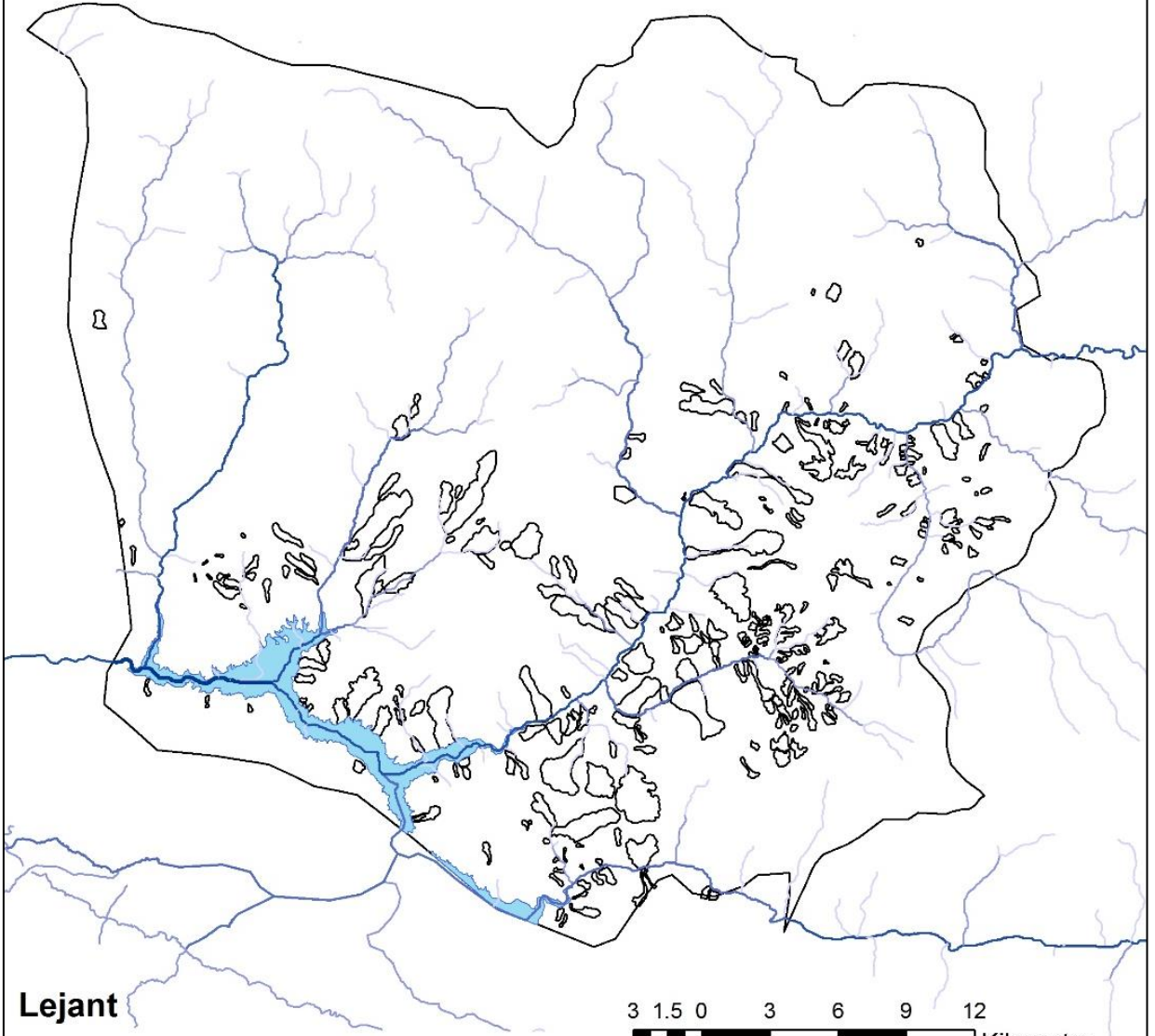
Heyelan araştırmalarında en fazla kullanılan parametrelerden birisi de akarsuya yakınlık oluşturmaktadır. Bu parametre içindeki en yaygın kullanılan alt parametreler ise drenaja olan uzaklık ve drenaj yoğunluğudur. Akarsulara olan uzaklık heyelanları çeşitli Őekillerde etkilemektedir. Örneğin yamaç topuğunu erozyona uğratarak yamaçların duraylılığının bozulmasına neden olmaktadır.

Bazı araştırmalarda da faylarca tetiklenen heyelanların da akarsu yatakları boyunca gerekleşitiği tespit edilmiştir.

Akarsulara olan uzaklık, doğunluk ve aşınma açısından da ele alınmaktadır. Çünkü süzülmenin en fazla gerekleşitiği alan akarsulara yakın olan yamalardır. Bu alanlarda zemininin sahip olduğu önemli miktardaki kil içeriği nedeniyle çevresindeki bölge daha doğun hale gelmektedir (Çellek, 2013). Bu durumda akarsular geçtikleri alanda zemini aşındırarak duraylılığın bozulmasına neden olmaktadır.

ArcGIS 10.2 programında, Spatial Analyst Tools sekmesinde, Hydrology seçeneği ile SYM kullanılarak ilçeye ait irili ufaklı akarsu ve drenaj aę hattı oluşturulmuştur. Şebinkarahisar ilçesine ait akarsu-drenaj ağı haritası Şekilde gösterilmiştir (Şekil 22). ArcGIS 10.2 programında, Spatial Analyst Tools sekmesinde, Euclidean Distance seçeneği ile üretilen raster harita kullanılmış olup; akarsu ve drenaj ağı haritası 10 sınıfa ayrılmıştır (Şekil 23).

ŞEBİNKARAHİSAR AKARSU-DRENAJ AĞI HARİTASI



Lejant

	Kılıçkaya Barajı		7
	Heyelan Envanteri		8
	İlçe Sınırı		9
	Akarsu Boyutları		10
	6		

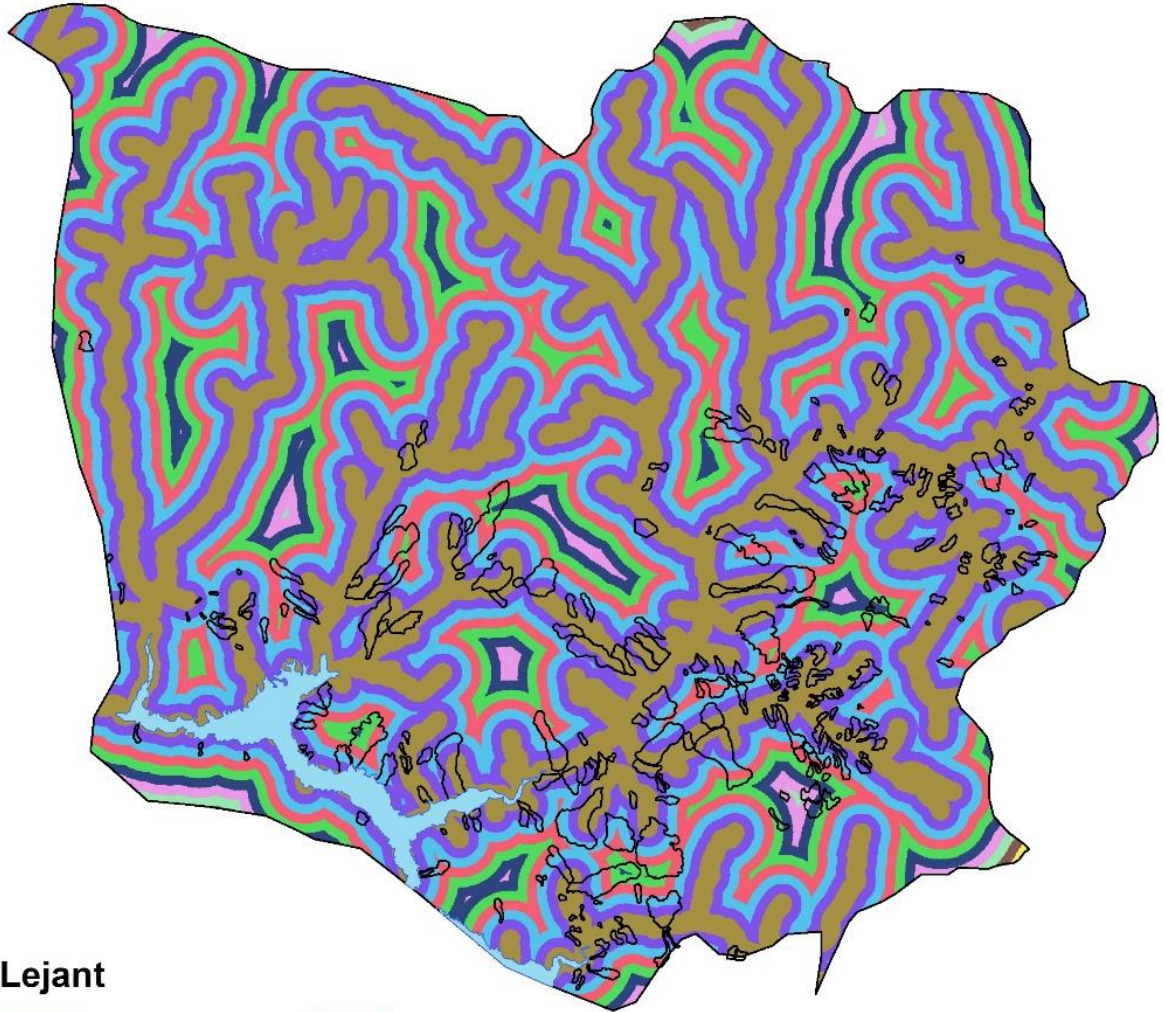
3 1.5 0 3 6 9 12 Kilometre

1 cm = 3 km

Ölçek : 1 / 250000

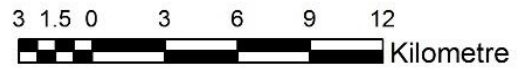
Şekil 22. Çalışma alanının drenaj haritası

SINIFLANDIRILMIŞ AKARSU-DRENAJ AĞI HARİTASI



Lejant

	Kılıçkaya Barajı		1200 m-1600 m
	Heyelan Envanteri		1600 m-2000 m
	İlçe Sınırı		2000 m-2400 m
Drenaj Ağına Uzaklık			2400 m-2800 m
	0 m-400 m		2800 m-3200 m
	400 m-800 m		3200 m-3600 m
	800 m-1200 m		3600 m-4000 m



1 cm = 3 km
Ölçek : 1 / 250000

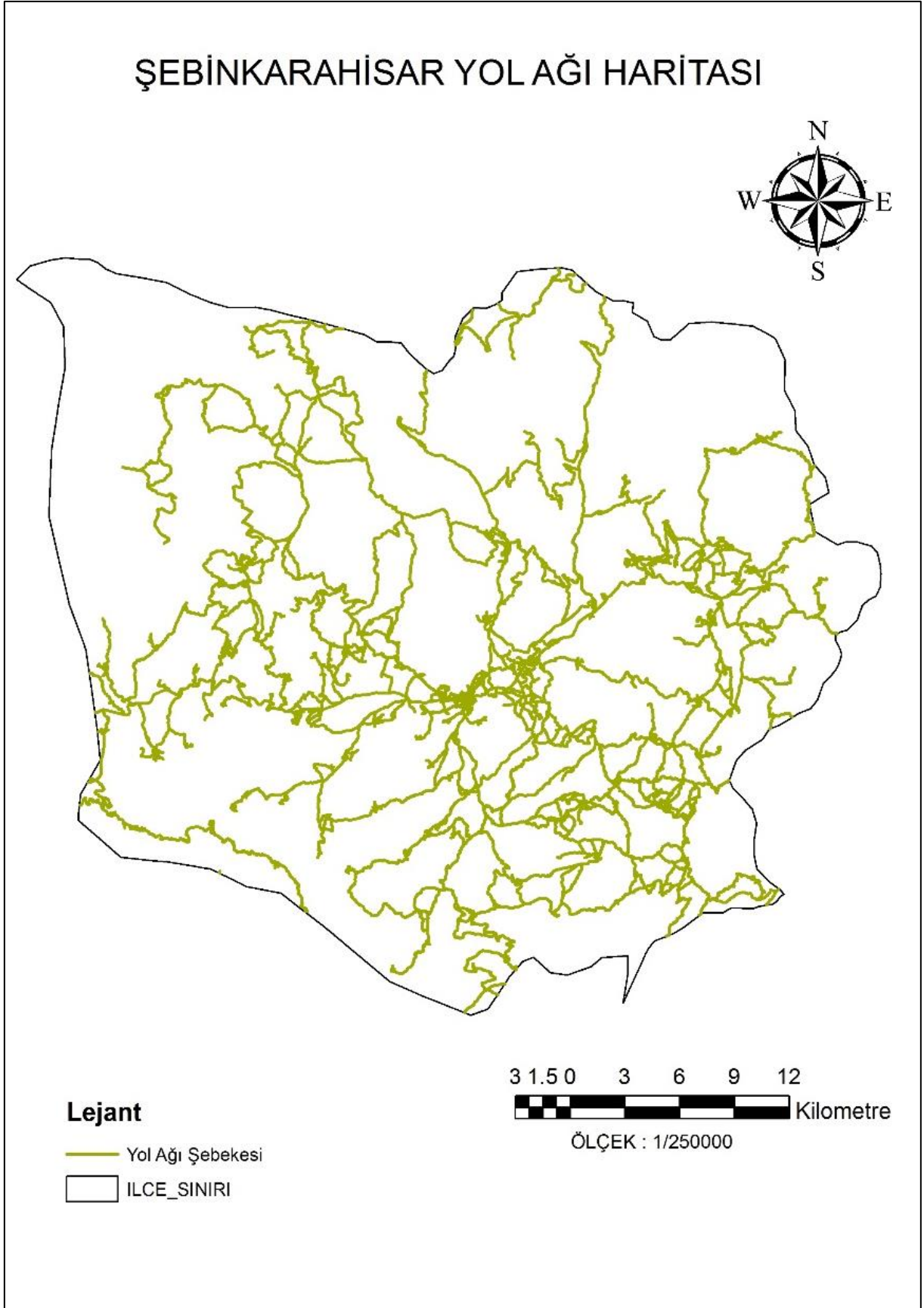
Şekil 23. Çalışma alanının sınıflandırılmış drenaj ağı haritası

2.4.9. Yollara Olan Uzaklık

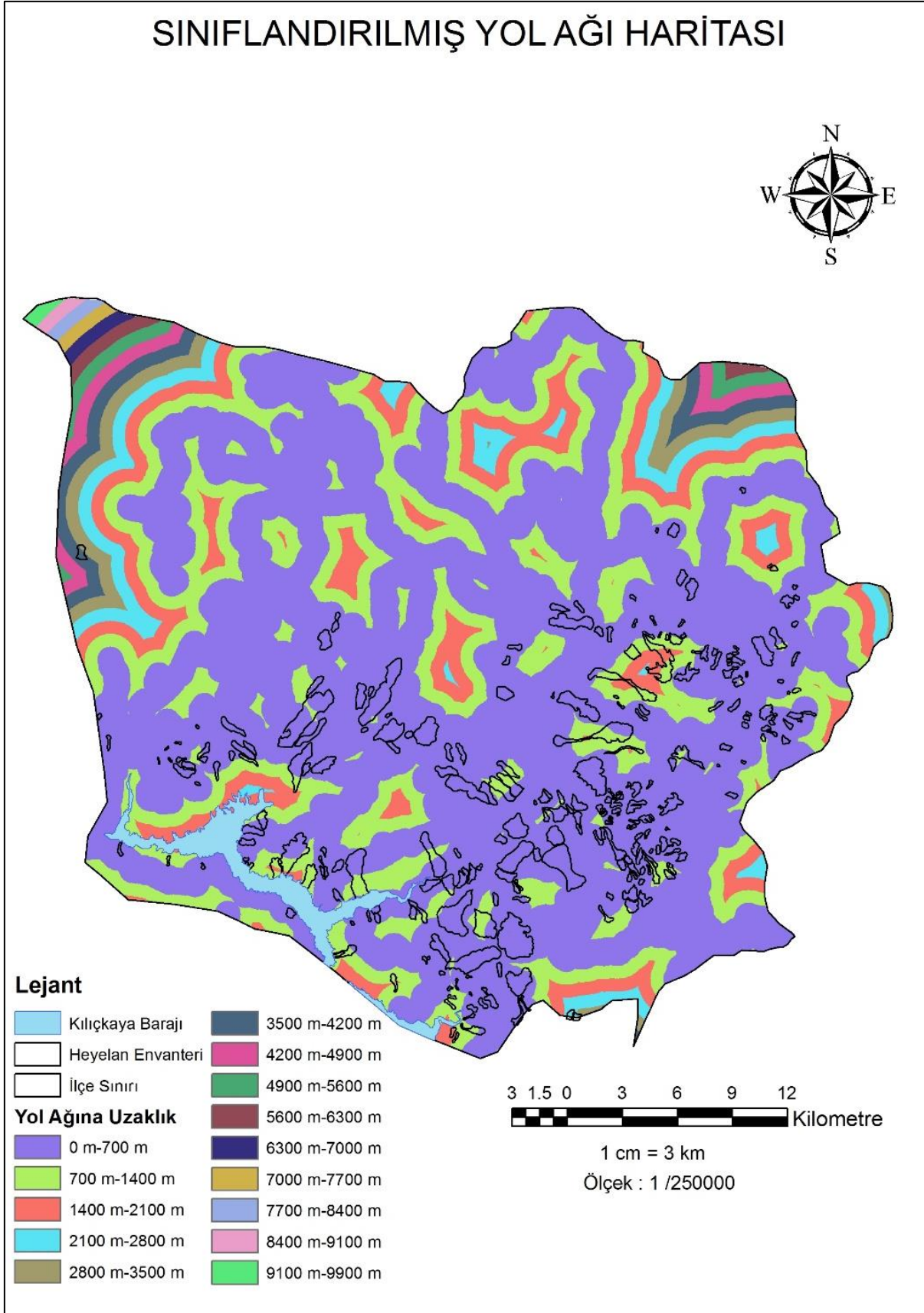
Ulaşım sistemleri ve onunla ilgili inşa faaliyetleri yamaçlardaki durağanlığı etkileyen önemli faktörlerdendir. Bu parametre altında araştırmacılar yollara yakınlık ve yol yoğunluğu şeklinde iki alt parametreden faydalanmaktadır.

Yol yapımı için yapılan kazılarda yamaçların doğal dengesi bozulmaktadır. Bu durum bu parametreyi heyelan araştırmalarında dikkate alınan parametrelerden biri haline getirmektedir. Özellikle eğimin fazla olduğu alanlarda yapılan yollar mevcut yük dengesinin bozulmasına neden olmaktadır. Buna ek olarak yol üzerinden ağır taşıtların geçmesi de yamaç duraylılığını olumsuz etkilemektedir (Çellek, 2013). Bu anlamda yolların heyelan yoğunluğunu arttırdığı kabul edilmektedir.

Yamaçlarda açılan yollar hem topoğrafyada, hem de yamaç topuğunda yük azalmasına neden olmaktadır. Topoğrafyanın değişmesi ve yük azalması yamaç gerisinde gerilme artışlarına sebep olmakta ve bu da gerilme çatlaklarının gelişmesine neden olmaktadır. Yol açılmadan önce dengede olan yamaçta, daha sonra dışarıdan gelebilecek su girişi gibi negatif etkilerle duraysızlıklar meydana gelmektedir. Bu nedenlerle yola yakınlık parametresi de dikkate alınmıştır. AFAD Başkanlığından temin edilen sayısallaştırılmış yol ağı (Şekil 23) kullanılarak raster formatlı yola yakınlık haritası üretilmiştir. ArcGIS 10.2 programında, Spatial Analyst Tools sekmesinde, Euclidean Distance seçeneği ile üretilen raster harita kullanılmış olup; 14 sınıfa ayrılmıştır (Şekil 25).



Şekil 24. Çalışma alanının yol ağı haritası

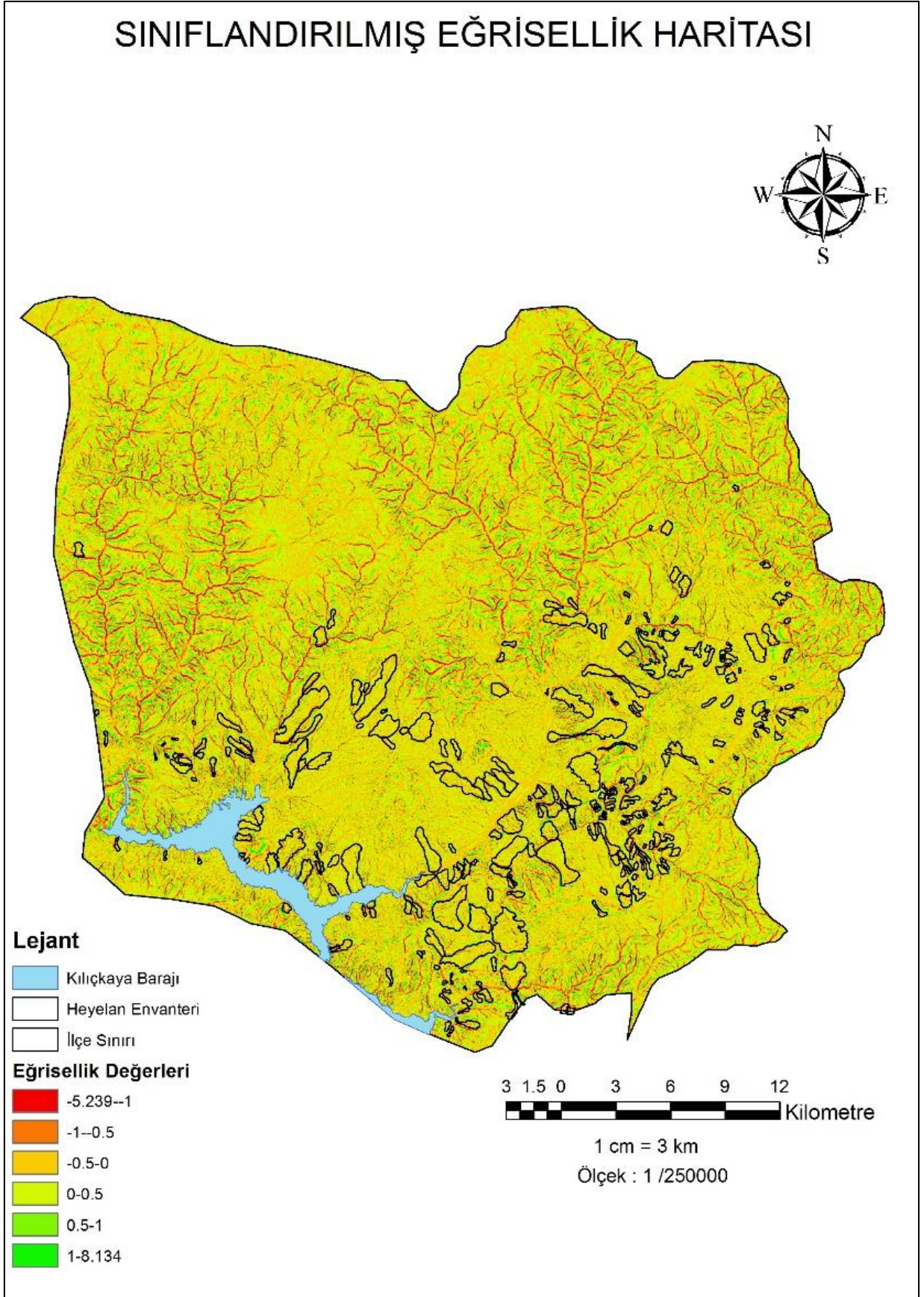


Şekil 25. Çalışma alanının sınıflandırılmış yol ağı haritası

2.4.10. Yamaç Eğriselliği

Yamaç eğriselliği, yamaçların morfolojik yönden biçimsel nitelikleri hakkında bilgi sunmaktadır (Harrison vd., 2008). Raster verisi olarak sayısal yükseklik modelinin oluşturulmasından sonra yüzey analizi işlemi sonucu yamaç eğriselliği elde edilir. Yamaç eğriselliği iç bükey ve dış bükey olarak iki şekilde görülür. İç bükey yamaç eğriseliğinde heyelan türü olarak dairesel kayma şeklindeki heyelanların meydana gelme olasılığı yüksektir. Dış bükey yamaç eğriseliğinde ise heyelan türü olarak akma türündeki heyelanların olma olasılığı yüksektir. Yerçekimi, aşırı yağmur, eğim ve diğer etkenlerle dış bükey yamaçlarda yığılan malzemeyi tutacak bir engel olmadığı için, engelsiz bir yüzeyde, biriken malzemenin yerçekimi, aşırı yağmur, eğim ve diğer etkenlerle ivme kazanacağı düşünülür. Araştırmacılar tarafından analizlerde eğrisellik kavramı doğrudan eğrisellik olarak kullanılabildiği gibi plan ve profil eğriselliği şeklinde dolaylı olarak kullanım da söz konusudur. Doğrudan eğrisellik türünde bir kullanımda analiz sonucu oluşan negatif değerler iç bükey (konkav), pozitif değerler dış bükey (konveks) bir ifadeyi temsil eder. Analiz sonucu eğrisellik değeri sıfır olan yerler ise düz yamaçları ifade eder. Yamaç yönelime dik olarak tanımlanan eğrisellikler plan eğriselliğini temsil ederken, yamaç yönelimine paralel olarak benimsenen eğrisellikler profil eğriselliğini ifade eder (Harrison vd., 2008).

Yamaç eğriselliği (içbükey, dışbükey, düz gibi yamaç şekli) analizlerde dikkate alınan bir başka parametredir. Eğrisellik haritası olarak, SYM'den (DEM haritası) ArcGIS 10.2 programında, 3D Analyst Tools sekmesinde, Raster Surface seçeneği altında, curvature sekmesi ile üretilen raster harita kullanılmış olup; 6 sınıfa ayrılmıştır (Şekil 26). Eğrisellik parametresinde bu şekilde sınıflandırma yapılması özellikle frekans oranı yöntemiyle oluşturulan heyelan duyarlılık haritasını olumlu yönde etkilemiştir. Yamaç eğriselliği (içbükey, dışbükey, düz gibi yamaç şekli) analizlerde dikkate alınan bir başka parametredir. Örneğin dışbükey yamaçlarda akma türü heyelanların gelişmesi daha olasıdır (Harrison vd., 2008). Buradaki temel gerekçe önünde serbest bir yüzey bulunması ve hareketin daha kolay gerçekleşebilme potansiyelidir.



Şekil 26. Çalışma alanının eğrisellik haritası

2.5. Çalışma Alanında Kullanılan Heyelan Envanteri

Heyelan envanter haritaları arazide mevcut ve potansiyel durumda olan heyelanların alanlarının gösterildiği haritalardır. Şebinkarahisar ve çevresine ait heyelanlar, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğüne (MTA) shape uzantılı vektör tipinde hazırlanmıştır. Bu verilerin temini ile heyelanlar arazideki durumları incelenmiştir. Çalışma alanındaki heyelanlardan bir görünüm şekil 27 ve şekil 28’de gösterilmektedir. İnceleme sonucu Şebinkarahisar İlçesine ait güncel heyelan envanter haritası şekilde gösterilmiştir (Şekil 29). Güncel heyelan envanter haritasında 267 adet kapalı heyelan poligonu oluşturulmuştur. Frekans Oranı yöntemiyle yapılan heyelan duyarlılık haritasında 267 adet heyelan poligonunun %80’i (214 adet heyelan poligonu) analizde kullanılmıştır. %20’si (53 adet heyelan poligonu) analiz sonrası heyelan duyarlılık haritasının doğruluğunun kontrolü için ayrılmıştır. Ayrıca frekans oranı yöntemiyle yapılan heyelan duyarlılık haritasının doğruluğunun kontrolü için Reciever Operator Characteristics Curve (ROC) analizi yapılmıştır. ROC analizi ile test edilen, frekans oranı ile oluşturulan heyelan duyarlılık haritasında 267 adet heyelan envanterinin tamamı analizde kullanılmıştır. Lojistik Regresyon ile oluşturulan heyelan duyarlılık haritalarında 267 adet heyelanın tamamı analizde kullanılmıştır. Analytic Hierarchy Process (AHP) ile oluşturulan heyelan duyarlılık haritasında heyelan envanteri kullanılmamıştır.

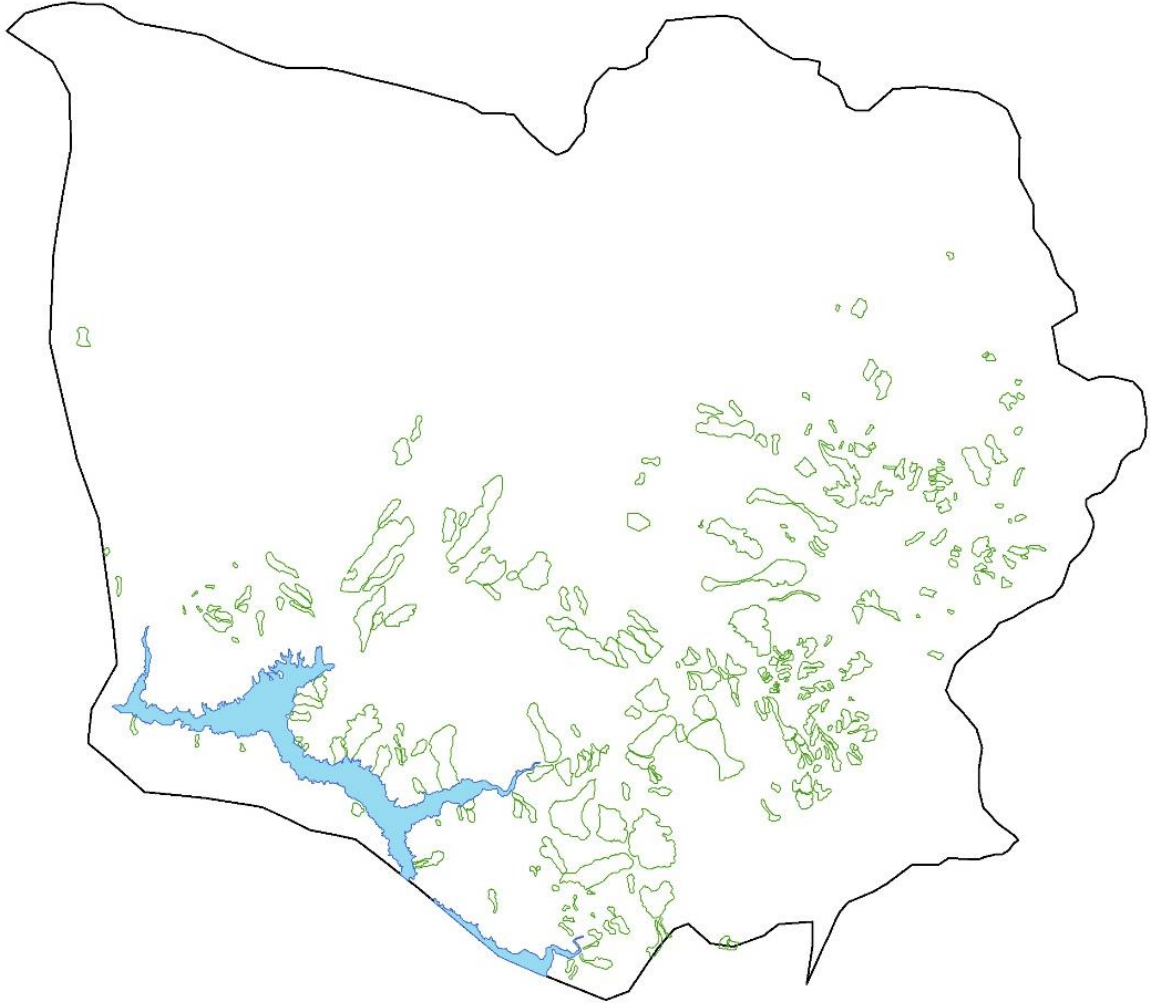


Şekil 27. Çalışma alanındaki heyelan envanterlerinden bir görünüm




Şekil 28. Çalışma alanındaki heyelan envanterlerinden bir görünüm

ŞEBİNKARAHİSAR HEYELAN ENVANTER HARİTASI



Lejant

-  Kılıçkaya Barajı
-  Heyelan Envanteri
-  İlçe Sınırı

3 1.5 0 3 6 9 12
 Kilometre

1 cm = 3 km

Ölçek : 1 /250000

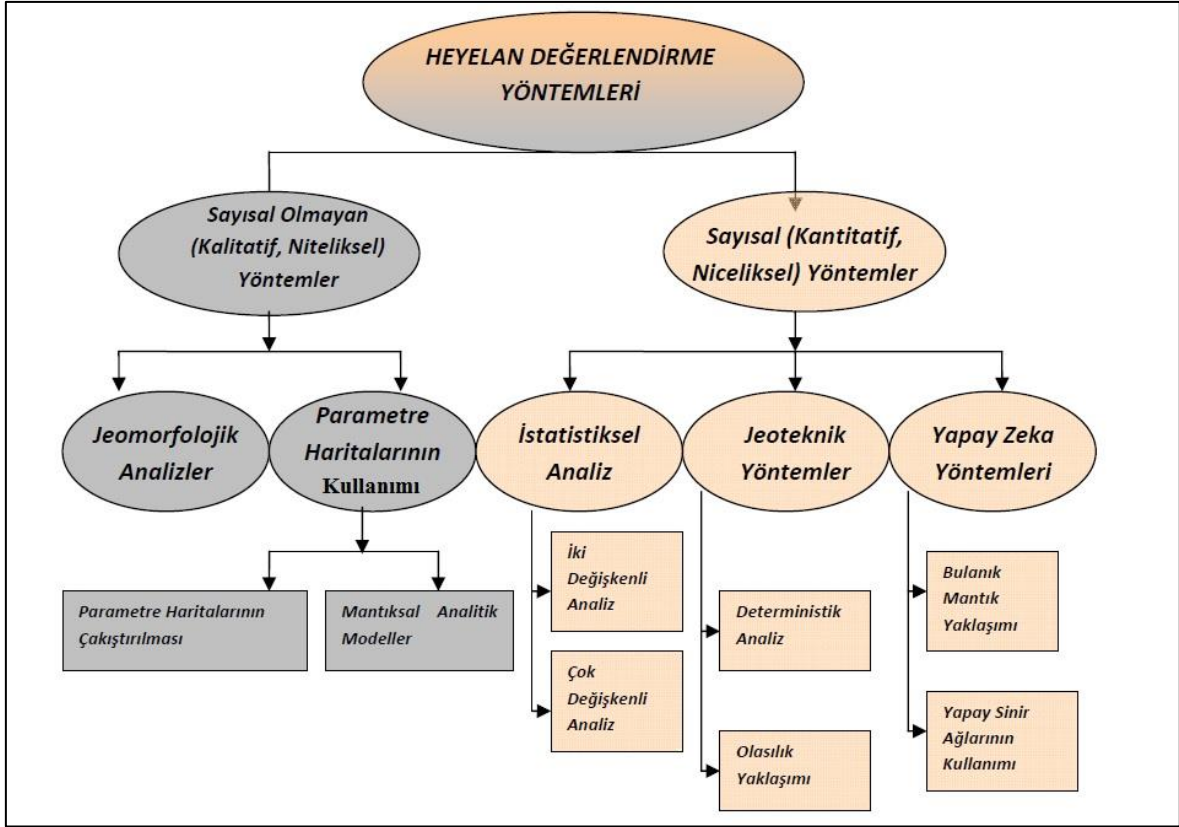
Şekil 29. Heyelan envanter haritası

2.6. Heyelan Duyarlılık Araştırmalarında Kullanılan Yöntemler

Heyelan duyarlılık analizi, uygun fiziki faktörlere bağlı olarak bir bölgedeki benzer özelliklere sahip alanlarda heyelanın meydana gelebileceği olasılığı üzerine yapılan çalışmalardır (Valvo, 2002). Bu çalışmaların yapılmasında faydalanılan çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Özdemir (2007) tarafından bu yöntemler çeşitli başlıklar altında sınıflandırılmıştır. Bunlar şu şekildedir.

1. Dağılım Analizi: En yaygın kullanılan yöntemlerden biridir. Heyelanların doğrudan haritalanmasını içermektedir. Haritalamada kullanılan heyelanlar ise geçmişte meydana gelenlerden oluşmaktadır.
2. Nitel Analiz: Heyelan duyarlılığı çalışmalarında en yaygın kullanılan yöntemdir. Sayısal verilerin kimi zaman yetersizliği kimi zamansa analiz konusunda yeterli donanımın olmaması durumunda kullanılmaktadır. Saha çalışması tecrübelerine dayandırılarak haritaların oluşturulmasını içerir.
3. Nicel Analiz: Heyelan ve heyelana neden olan değişkenlerin ilişkiselliğine yönelik kullanılan yöntemlerdir. Diğer iki analiz yöntemine göre daha objektif değerlendirme yapabilmeyi mümkün kılar.
4. Deterministik Analiz: Bu yöntem ağırlıklı olarak yamaç stabilitesi çalışmalarını içerir. Detaylı jeoteknik ve hidrolojik verilerden faydalanılmaktadır. Yöntem genellikle küçük alanlarda uygulanmakta olup veri temininde yaşanması muhtemel sorunlar nedeniyle büyük alanlara uygulanması oldukça zordur.
5. Sıklık Analizi: Dolaylı bir metot olarak kabul edilir. Deprem ve yağış gibi verilerden faydalanılarak heyelan günlerinin korelasyon analizleri yapılır ve sıklık için eşik değer elde edilir.

Dağ (2007) tarafından ise heyelan duyarlılığının belirlenmesinde kullanılan yöntemler şu şekilde sınıflandırılmıştır:



Şekil 30. Heyelan duyarlılığının belirlenmesinde kullanılan yöntemler (Dağ, 2007).

2.6.1. Jeomorfolojik Analiz

Jeomorfolojik analiz, geçmişte yaşanmış heyelanların jeomorfolojik karakteristikleri dikkate alınarak duraysız alanlar belirlenmesine dayanır. Yöntemin ana verileri kütle hareketleri ile jeomorfolojik katmanlardır (Dağ, 2007). Bu yöntemde araştırmacı bilgi ve deneyiminden faydalanarak hava fotoğraflarını yorumlar ve arazide doğrudan yapılan değerlendirmeler ile heyelan riskine sahip alanları tespit ederek haritalar (Ercanoğlu vd., 2005). Bu yöntemin en büyük dezavantajı araştırmacının bilgi ve deneyimine dayalı olması nedeniyle elde edilen bulgular öznel olmasıdır.

2.6.2. Lojistik Regresyon

Heyelan duyarlılık analizinde en fazla kullanılan çok değişkenli analiz yöntemlerindedir (Yılmaz, 2010). Yöntemin temel amacı, bağımlı bir değişken ile bağımsız birden fazla değişken arasında çok değişkenli bir regresyon ilişkisi kurmayı sağlamaktır (Lee, 2005). Bu anlamda heyelan araştırmalarında bağımlı değişkeni heyelan, bağımsız değişkenleri ise heyelanı etkilediği varsayılan faktörler oluşturmaktadır.

Lojistik Regresyon, heyelan duyarlılık analizlerinde kullanılan çok değişkenli istatistiksel yaklaşımlardan biridir. Mantıksal regresyon, bağımlı değişkenin iki tane olduğu durumlarda, bağımlı değişken ile bağımsız değişkenlerin ilişkiselliğinin belirlenmesinde kullanılan bir regresyon yöntemidir.

İstatistiksel analizlerde kullanılan regresyon analizlerinde, verilerin sürekli olması ve normal dağılım göstermesi beklenir. Buna karşın mantıksal regresyon analizinde bunların gerçekleştirilmesine gerek bulunmamaktadır. Bununla birlikte bağımsız değişkenler arasında çoklu bağlantı problemi olmadığı varsayılmaktadır. Regresyon analizinde kullanılan bağımsız değişkenler sürekli ya da kategorik verilerden oluşabilmektedir. Yöntemin en önemli avantajı bağımsız değişkenlerin sağlıklı bir şekilde tanımlanmasına imkan vermesidir (Elmacı, 2016).

Lojistik Regresyon, bağımlı bir değişken ile birkaç bağımsız değişken arasındaki çok değişkenli regresyonu kapsar (Atkinson ve Massari 1998; Akgün, 2011). Lojistik regresyon, tahmini değişkenlerin değerlerine dayalı bir sonucun veya bir özelliğin varlığını ya da yokluğunu öngörmeye fayda sağlar (Lee 2005; Akgün, 2011). Heyelan duyarlılık haritası oluşturma konusunda lojistik regresyonun amacı, bir heyelanın varlığı ya da yokluğu, bağımlı değişken ile eğim açısı, litoloji ve drenaj ağına uzaklık gibi bağımsız parametreler grubu arasındaki ilişkiyi belirlemek için en uygun modeli bulmaktır (Ayalew ve Yamagishi 2005; Akgün, 2011). Lojistik regresyonda belirlenen katsayılar her bir bağımsız değişkenin oranını tahmin etmede kullanılabilir. Maksimum olabilirlik regresyonu modelini yansıtan lojistik model en basit haliyle şu şekilde ifade edilebilir.

$$P = \frac{1}{1 + e^{-z}} \quad (3.2)$$

Burada P bir durumun tahmini olabilirliğidir. Çünkü Z $-\infty$ dan $+\infty$ a kadar değişebilir, olabilirlik S-şekilli bir eğri olarak 0 ve 1 arasında değişkenlik gösterir. Z parametresi ise

şöyle tanımlanır:

$$Z=B_0 + B_1 \cdot X_1 + B_2 \cdot X_2 + \dots + B_n \cdot X_n \quad (3.3)$$

Burada B_0 kesme noktası ve n bağımsız değişkenlerin sayısını temsil eder. B_i ($i=0,1,2,\dots,n$) değerleri eğim katsayılarıdır ve X_i ($i=0,1,2,\dots,n$) ise bağımsız değişkenlerdir. Birinci ve ikinci denklemlere dayanarak lojistik regresyon genişletilmiş biçimde şu şekilde yazılabilir:

$$\text{Logit}(P) = 1/1 + e^{-B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + \dots + B_n X_n} \quad (3.4)$$

Her heyelanın konumu ile heyelana sebep olan n parametre arasındaki mekansal ilişki, lojistik regresyon modeli denklem 3.4 ve 3.5 kullanılarak hesaplanmıştır.

2.6.3. Frekans Oranı

Frekans oranı, heyelan duyarlılığının belirlenmesinde kullanılan en yaygın yöntemlerdendir. Geçmişte çeşitli faktörler nedeniyle meydana gelmiş olan heyelanların, gelecekte aynı belirleyiciler nedeniyle gerçekleşebileceği varsayımına dayanmaktadır (Chung ve Fabbri, 1999). Başka bir ifade ile gelecekteki heyelanlar, geçmişte meydana gelen heyelanlar ile ilişkili aynı faktörler nedeniyle gerçekleşecektir yaklaşımına dayanır (Lee vd., 2004). Demir vd., (2015) tarafından da frekans oranı, bir olayın meydana gelme olasılığının, meydana gelmeme olasılığına oranı olarak ifade etmiştir.

Frekans oranı, geçmişte yaşanmış olan heyelanların konumları ile incelenen heyelanı etkileyen değişkenlerin korelasyonu incelenerek kullanılmaktadır. Bu bağlamda heyelanı etkilediği düşünülen faktör kategorilere ayrılarak bu faktörlerin frekans oranı değeri hesaplanmaktadır. Bunların hesaplanmasında genellikle CBS'den faydalanılmaktadır.

Hesaplanan frekans oranı değeri 1'den büyükse, heyelan ve ona neden olan değişken arasındaki ilişkinin yüksek olduğu yorumunda bulunmak mümkündür. Elde edilen değer 1'den küçükse heyelan ile ilişkisi değerlendirilen faktör arasındaki ilişki düşüktür (Demir, 2011).

Heyelan duyarlılık haritasında, olmuş ve olası heyelanlardan farklı heyelanları tahmin edebilmek için şu düşünce kabul görmektedir; "ileriki zamanlarda meydana gelebilecek

heyelanlar, önceden oluşan heyelanlarla bağlantılı, heyelanı tetikleyici aynı parametreler nedeniyle oluşacaktır (Lee et al., 2004; Yılmaz, 2009; Jadda et al., 2009; Akıncı vd., 2011). Bu nedenle, önceden olmuş heyelan mevkileri ile heyelanı etkileyen her bir parametre arasındaki ilişkiyi (korelasyonu) göstermek için “Frekans Oranı Yöntemi” kullanılmaktadır (Lee and Min, 2001; Lee et al., 2004; Erener and Düzgün, 2010; Akıncı vd., 2011). Frekans oranı yöntemi, anlaması kolay ve uygulaması çok pratik olan bir olasılık modeline sahiptir ve bu yönü sebebiyle de literatürde tercih edilen en fazla yöntemlerden biridir. Frekans oranı, bir durumun meydana gelme ihtimalinin gelmeme ihtimaline oranı şeklinde tanımlanmaktadır (Bonham-Carter, 1994; Lee et al., 2004; Lee and Evangelista, 2005; Yılmaz, 2009; Akıncı vd., 2011). Çalışma alanında heyelana tesir eden her bir parametrenin frekans oranını belirleyebilmek için her bir parametre sınıflara ayrılmış ve her bir parametrenin her bir alt sınıfındaki heyelanlı alana ait piksel sayıları belirlenmiştir. Hesap için aşağıdaki frekans oranı formülü kullanılmıştır.

$$FR = A / B \quad (3.5)$$

Burada A, heyelanı tetikleyen bir parametrenin her bir alt sınıfı içinde heyelan var olma durumunun yüzdesi, B ise heyelanı etkileyen bir parametrenin her bir alt sınıfının yüzdesidir. Hesap tablosunda A, HP/THP ve B ise AP/TP olarak belirlenmiştir. Bu eşitlikteki THP çalışma alanındaki heyelanlı piksel sayısının toplamını, TP ise çalışma alanındaki piksel sayısının toplamını temsil etmektedir (Erener and Lacasse, 2007; Akıncı vd., 2011). Bulunan değerlerden frekans oranı yüksek korelasyonu gösteren değerler 1’den büyük olanlar, düşük korelasyon ise 1’den düşük olanları göstermektedir. Duyarlılık haritalarının frekans oranı yöntemi ile üretilmesinde, heyelanı etkileyen her bir parametrenin alt sınıfları için bulunan frekans değerleri dikkate alınmaktadır (Erener and Düzgün, 2007; Erener and Lacasse, 2007; Reis et al., 2009; Akıncı vd., 2011).

2.6.4. Analitik Hiyerarşi Proses

Hiyerarşi kısaca her biri çeşitli sayıda eleman ya da faktör bulunduran sıralı düzeylerde oluşan sisteme denilmektedir. Analitik Hiyerarşi Proses Yöntemi (AHP) ise 1960’lı yıllarda ortaya atılmış 1970’lerde model olarak geliştirilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır. Çok kriterli karar verme problemlerinin hesaplanmasında kullanılabilir bir model olarak Saaty

tarafından 1977 yılında geliştirilmiştir (Kavas, 2009). Günümüzde en yaygın kullanılan yöntemlerden biri durumundadır. Bunun nedeni AHP'nin karar seçeneklerinin değerlendirilmesi ve seçilmesi süreçlerinde nitel ve nicel kriterlerin bir arada kullanılmasına imkan vermesidir (Yalçın, 2008). Bu yöntem çok sayıda alternatif arasından seçim yaparken, çok sayıda karar vericinin bulunduğu, çok amaçlı seçimlerde kullanılır.

AHP'nin ilk aşaması hiyerarşi tasarımının yapılmasıdır. Bu aşama problem alanı ile ilgili bilgi ve deneyim gerektirmektedir. Hiyerarşi tasarımında sırasıyla düzey ve öğeler belirlenir, kavramlar tanımlanır ve sorular formüle edilir. Böylelikle en üstte genel amacı temsil eden öğenin yer aldığı hiyerarşi oluşturulur. İkinci aşama hiyerarşinin değerlendirilmesidir. Bu aşamada hiyerarşide yer alan iki öğe arasındaki ilişkilerin karşılaştırılması yapılır. Bu değerlendirmede bir kare matris şeklinde olan ikili karşılaştırmalar matrisinden faydalanılır. Her bir karşılaştırmada iki öğe arasında üst düzeydeki öğeye bağlı olarak hangisinin önemli olduğuna karar verilir ki bu önem derecesini ifade etmektedir. Önem derecesinin ifadesinde ise sayılardan faydalanılır (Çellek, 2013).

Bu analiz üç ana adımdan ibarettir: parametre ağırlıklarının belirlenmesi, hesaplanan ağırlıkların atanması ve bu parametrelerin toplanması. Parametreye özgü ağırlık açısından her bir parametrenin tüm duyarlılığa yaptığı göreceli katkıyı ifade etmek için Analitik Hiyerarşi Proses Yöntemi (AHP) kullanılabilir (Saaty, 1980; Akgün, 2011). AHP metodunda, tutarlılık oranı (CR) olarak bilinen tutarsızlık indeksi, matris değerlendirmelerinin rastlantısal olarak gerçekleştirilme olasılığını gösterir (Saaty 1980; Akgün, 2011).

$$CR = CI / RI \quad (3.6)$$

Burada RI ortaya çıkan tutarlılık indeksi ortalamasıdır ve Saaty (1980) tarafından verilen matris sırasına dayanır, CI ise tutarlılık indeksidir. CI şöyle de ifade edilebilir;

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad (3.7)$$

Burada λ_{\max} matrisin en büyük veya esas özdeğeridir ve kolaylıkla matristen hesaplanabilir, n ise matris sırasındır. 0.1 ya da daha az bir CR makul bir duyarlılık düzeyidir (Malczewski, 1999; Akgün, 2011). 0.1'in üzerindeki CR, özel faktör derecelendirmelerinin tutarsız işleyişi sebebiyle matris değerlendirmesinin yeniden gözden geçirilmesini gerektirir.

AHP yöntemi birden çok kritere bağlı bir problemin çözümünde, uygulayıcıya kriterlere ait etki ağırlıklarının hesaplanmasında imkan sağlamaktadır. AHP yönteminde her analiz için hiyerarşik bir yöntemin oluşturulabilmesinde kriterler, alt kriterler ve puanlarından meydana gelmesi gerekir. Heyelanlar için hiyerarşik bir yapı oluşturulduktan sonra heyelanlara etkileyen parametrelerin etki seviyelerine göre puan verilmeli ve ağırlıkları belirlenmelidir. Saaty (1980) tarafından ahp değerlerinin belirlenmesinde bir tercih tablosu belirlenmiştir (Tablo-2).

Tablo 2. AHP yönteminde kullanılan ikili karşılaştırma tercih tablosu (Saaty, 1980).

ÖNEM DERECESİ	AÇIKLAMA
1	Parametreler eşit öneme sahip
3	1. parametre 2. parametreye göre biraz daha önemli
5	1. parametre 2. parametreye göre fazla önemli
7	1. parametre 2. parametreye göre çok fazla önemli
9	1. parametre 2. parametreye göre en kuvvetli öneme sahip
2, 4, 6, 8	Ara değerler

Analitik Hiyerarşi Proses Yöntemi kullanarak heyelan duyarlılık haritası üretmek için belli bir kural temelli kritere dayanan parametre ağırlıkları belirlenmiştir. Bu adım, puanları tabloda verilmiş olan ikili karşılaştırma matrisi oluşturularak gerçekleştirilmiştir.

Yapılan çalışmalarda, hem parametrelerin alt ölçütlerinin etki değerlerinin (ağırlıkları) belirlenmesinde hem de parametrelerin birbirlerine göre olan karşılaştırmalarında diğer veri katmanlarının karşılaştırılması ile heyelan envanter haritası esas alınır. Sonuç olarak hesaplanan ağırlık değerleri gerçek arazi bilgisi ile uyumlu olur (Çellek, 2013). Her bir parametrenin alt sınıflarının ağırlıkları belirlenir. Ayrıca parametrelerin birbirleri ile olan kıyaslamaları sonucu ağırlıkları belirlenir.

Yapılan bu işlem Çok Kriterli Değerlendirmedir (Multi Criteria Evaluation-MCE). Bu işlem AHP'de sentezleme olarak da bilinir (Çellek, 2013; Yalçın, 2008).

Eastman vd., (1995) ve Dai vd., (2001) tarafından lineer ağırlık kombinasyonu (Weighted Lineer Combination-WLC) olarak tanımlanan parametrelerin ağırlıkları ile alt sınıf ağırlıklarının çarpımının toplamı işlemidir (Yalçın, 2008).

$$A = \sum W_i * K_i \quad (3.8)$$

A: Uygunluk (suitability), W_i , parametre ağırlığı, K_i , alt sınıf ağırlığı'dır.



3. BULGULAR VE İRDELEME

Şebinkarahisar İlçesine ait vektörel haritaları (münhaniler) CBS programı ArcGIS’da yan yana eklenmiş, bu paftaların pafta kenar çizgileri silinmiş, shape (shp) formatındaki bu veriden 25*25 piksel boyutunda Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) (DEM haritası) üretilerek söz konusu vektör veri raster formata dönüştürülmüştür. Heyelan duyarlılık haritasının ilçe bazında tek parça halinde üretilmesi planlandığından üretilen DEM haritası, yani raster formatındaki SYM vektör veri olan Şebinkarahisar ilçe sınırı kadar kesilerek analize hazır hale getirilmiştir. Şebinkarahisar’da 6 derecelik dilimde 37. Zon’da bulunmaktadır.

Tablo 3. Çalışmada kullanılan verilerin kaynağı ve türü

Analizde Kullanılan Veriler	Ölçek	Veri Kaynağı	Veri Tipi	Üretilen Veri
Münhaniler (19 Pafta)	1/25.000	Harita Genel Müdürlüğü	Vektörel Veri	Sayısal Yükseklik Modeli
Sayısal Yükseklik Modeli	1/25.000	-	Raster Veri	Eğim, Bakı, Eğrisellik, Akarsuya Yakınlık, Topoğrafik Nemlilik İndeksi
Heyelan Envanter	1/25.000	MTA	Vektör Veri	-
Litoloji	1/25.000	MTA	Vektör Veri	Raster Veri
Yol Ağı	1/25.000	AFAD	Vektör Veri	Raster Veri
Arazi Örtüsü (Corine 2006)	1/25.000	AFAD	Vektör Veri	Raster Veri
Faya Yakınlık (Diri Fay Haritası)	1/25.000	MTA	Vektör Veri	Raster Veri
Topoğrafya Haritaları	1/25.000	Harita Genel Komutanlığı	Raster Veri	Akarsuya Yakınlık

3.1. Şebinkarahisar İlçesi ve Yakın Çevresinin Heyelan Duyarlılık Analizinde Kullanılan İstatistiksel Yöntemler

Analizler, raster (hücresel) dosyalar üzerinde yapılacağından, eldeki tüm vektörel veriler raster formatına dönüştürülmüştür. Bu işlemler yapılırken, dosya özelliklerinin (sıra, sütun, koordinat, datum gibi) aynı olmasına özen gösterilmiştir. Bu işlemlerin hepsi Coğrafi Bilgi Sistemi platformunda yapılmıştır. Dikkate alınan parametreler içinde yamaç eğimi, bakı, eğrisellik, drenaj ağı ve topografik yükseklik doğrudan SYM ile ilişkili olup, topografik harita bilgileri doğrultusunda elde edilen SYM' den üretilmiştir. Yola yakınlık, akarsu-drenaj ağına uzaklık, fay hattına uzaklık ve litoloji parametreleri de vektör verinin raster veriye dönüştürülmesiyle elde edilmiştir. Topoğrafik nemlilik indexi sayısal yükseklik modelinin formülüzasyonu sonucu elde edilmiştir. Sonuç olarak 10 adet raster dosyası elde edilmiştir. Parametrelerin, hem heyelanlı noktalarda, hem de çalışma alanındaki değişim aralıkları gözetilerek, parametre alt grupları oluşturulmuştur.

Heyelan envanter haritası ile dikkate alınan parametrelere ilişkin raster görüntü dosyalarındaki görüntü özelliklerinin aynı olması gerekmektedir. Diğer bir deyişle, görüntülerdeki kolon, sıra, X ve Y yönündeki koordinatlar (X_{min} , X_{max} , Y_{min} , Y_{max}), datum ve piksel boyutları aynı olmalıdır. Bu durum heyelan duyarlılık hesaplamalarının her bir piksel için CBS ortamında veri hazırlama sürecinde tamamlanmış olması gerekmektedir. Oluşturulan heyelan envanter haritalarında heyelanlı piksellere 1 değeri, heyelan olmayan piksellere ise 0 değeri atanmıştır Çalışma alanına ait koordinat bilgileri UTM Projeksiyon ED50 37/6 datum sistemindedir.

3.1.1. Frekans Oranı (FR)

Analiz için literatürde sıkça kullanılan bir yöntem olan Frekans Oranı Metodu (Frequency Ratio, FR) kullanılmıştır (Akgün, 2007; Akgün vd., 2008; Akıncı vd., 2010; Akıncı vd., 2011; Dağ ve Bulut, 2012; Ersan vd., 2013; Akıncı ve Kılıçoğlu, 2015). Analizde kullanılan raster ve vektör haritaların tamamı ED50 datumunda olup; zone numarası 37'dir. Dolayısıyla üretilen heyelan duyarlılık haritası da bu formattadır. Piksel boyutu 25*25 olarak tanımlanmıştır.

10 adet parametre ile analiz işlemleri tamamlanmıştır. Frekans oranı ile üretilen ilk haritada envantere alınan 267 adet heyelan kütesinin % 80'i (214 adet heyelan kütesi) analizde kullanılmıştır. 267 adet heyelan kütesinin % 20'si (53 adet heyelan kütesi) analiz

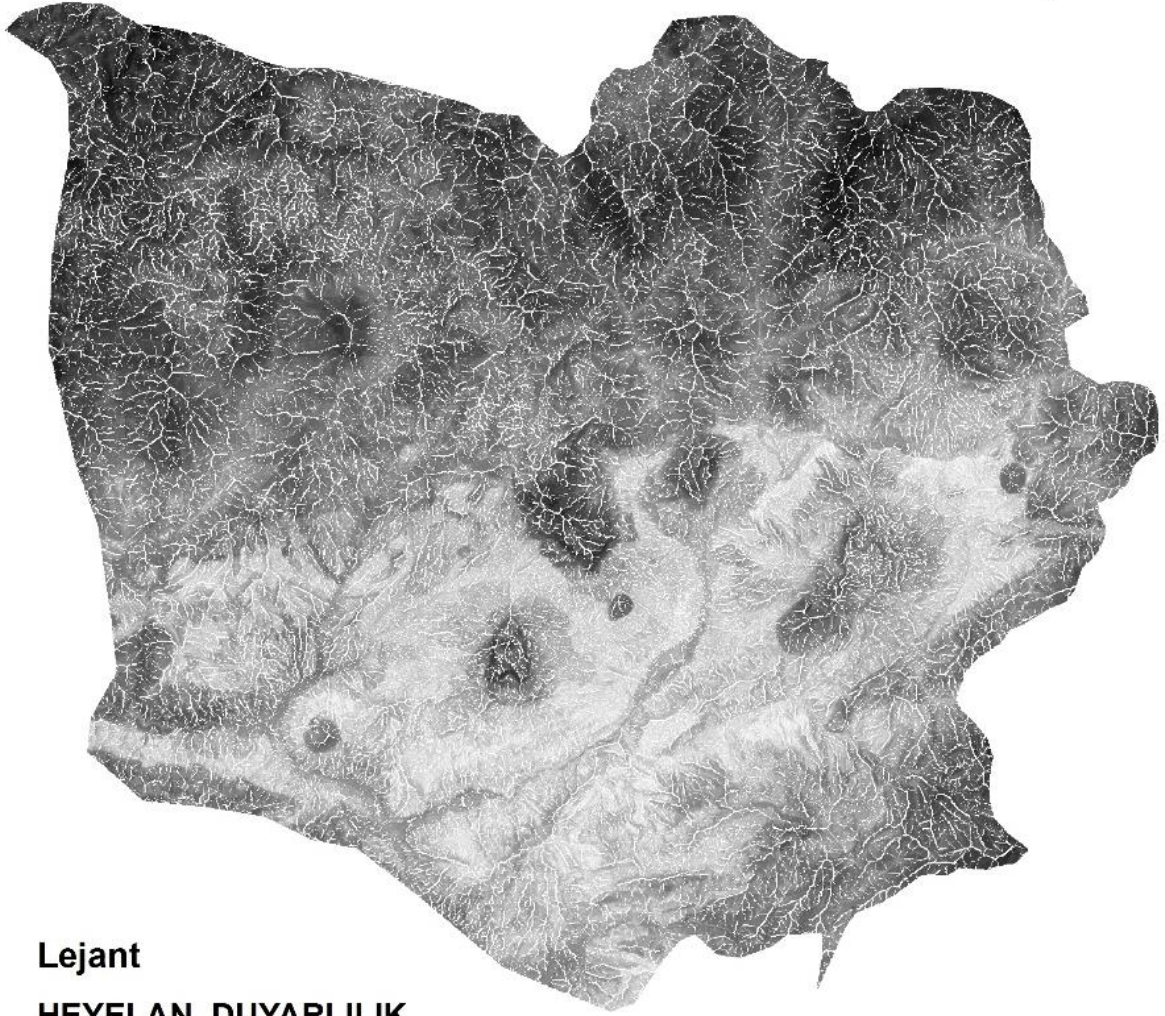
sonrası kontrol edilmek üzere ayrılmıştır. Çalışma alanında model için ayrılan heyelan lokasyonları ile rastera dönüştürülmüş olan parametre haritaları çarpılarak, bu lokasyonlara karşılık gelen alanların piksel sayıları hesaplanmıştır. Tüm parametre alt grupları için Frekans Oranı Değeri (FR) bahse konu formülle hesaplanarak normalleştirilmiştir.

Çalışma alanının toplam piksel sayısı ilçe sınırının tamamı olarak alınmış olup; heyelanlı piksel sayıları ise, analize alınan 214 adet (%80) vektör formatlı poligon şeklindeki heyelanların raster formatlı parametre haritalarından ArcGIS Programında mask yapılması ile hesaplanmıştır. Frekans tablosunda mask yapılan değerler yazılmış, frekans oranı formülüne göre her bir parametre için parametre alt sınıfların frekans değeri bulunmuştur. ArcGIS’da tüm parametreler yeniden sınıflandırma yapılmış, yeni sınıf aralıklarına frekans formülü ile bulunan değerler yazılmış ve yeni değerlere göre tekrar bir sınıflandırma yapılmıştır.

Bu şekilde frekans değerleri parametre haritalarına atanmış ve 10 adet harita ArcGIS Spatial Analyst Tool sekmesi altındaki Raster Calculator’da toplanarak heyelan duyarlılık haritası üretilmiş ve 5 eşit sınıfa ayrılmıştır. Üretilen heyelan duyarlılık haritasının 5 eşit sınıfa ayrılmadan önceki puanlamasına bakıldığında maksimum frekans puanı 992, minimum frekans puanı da 195 olarak hesaplandığı şekildeki haritada görülmektedir (Şekil 31). 5 derece için puan aralığı da 992-195 sonucunun 5'e bölünmesiyle 159,4 olarak belirlenmiştir. 159,4'lük puan aralığı duyarlılık sınıflandırmasında kullanılan 5 zonun sınır değerlerini ortaya çıkarmıştır (Şekil 32).

Heyelan duyarlılık haritası çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olmak üzere 5 sınıfa ayrılmıştır. Kırmızı renk ile gösterilen pikseller çok yüksek duyarlı, turuncu renkli pikseller yüksek duyarlı, sarı renkli pikseller orta duyarlı, açık yeşil renkli pikseller düşük ve koyu yeşil renkli pikseller çok düşük heyelan duyarlılığına sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 33).

HEYELAN DUYARLILIK HARİTASININ 5 DERECEYE AYRILMADAN ÖNCEKİ PUANLAMASI



Lejant

HEYELAN_DUYARLILIK

Value

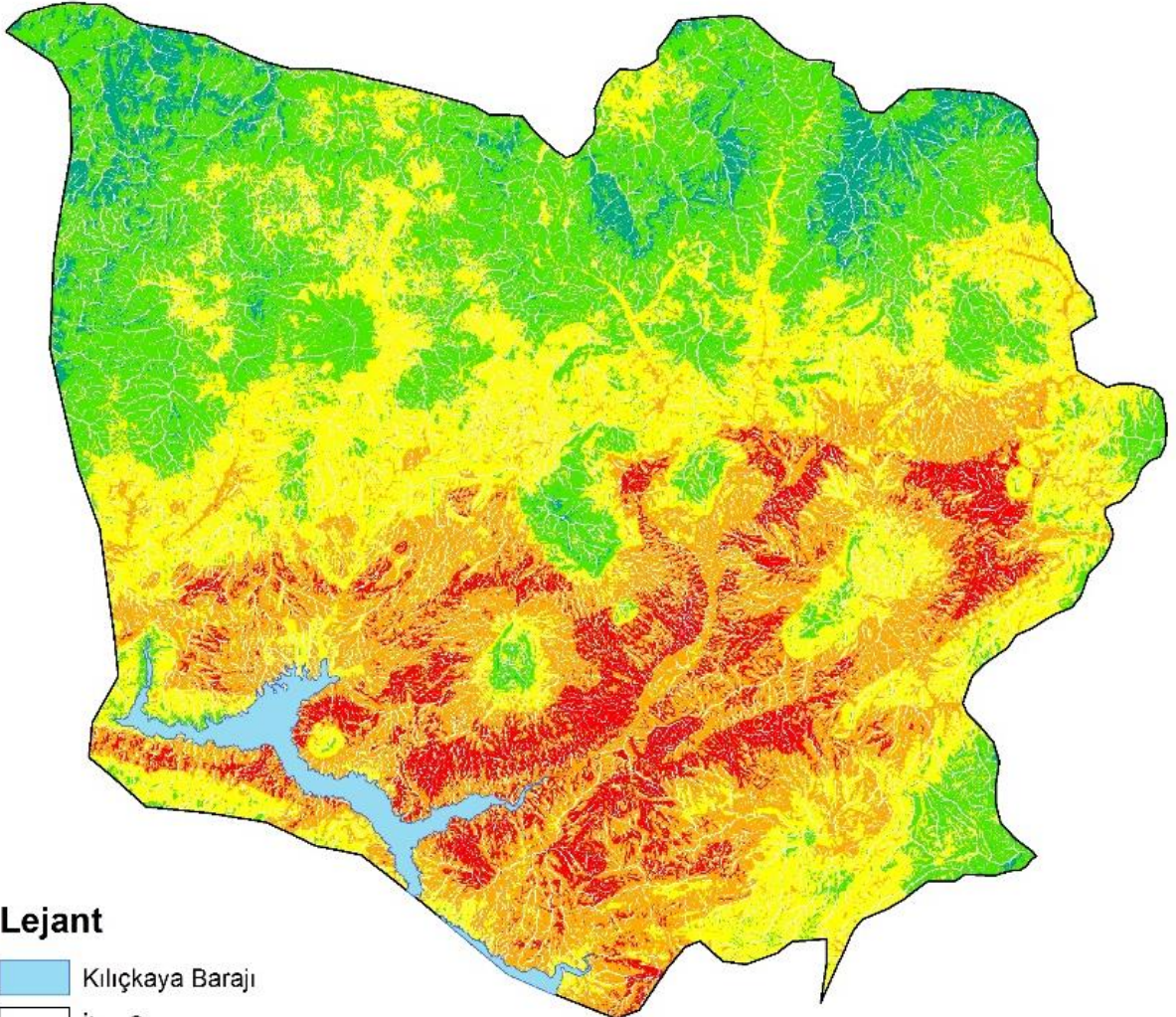
High : 992

Low : 195

0 1.75 3.5 7 10.5 14
Kilometre

Şekil 31. Çalışma alanının heyelan duyarlılık haritası

FREKANS ORANI İLE ÜRETİLEN ŞEBİNKARAHİSAR İLÇESİNİN HEYELAN DUYARLILIK HARİTASI




Lejant

 Kılıçkaya Barajı

 İlçe Sınırı


Sınıflandırılmış Duyarlılık

 Çok Düşük

 Düşük

 Orta

 Yüksek

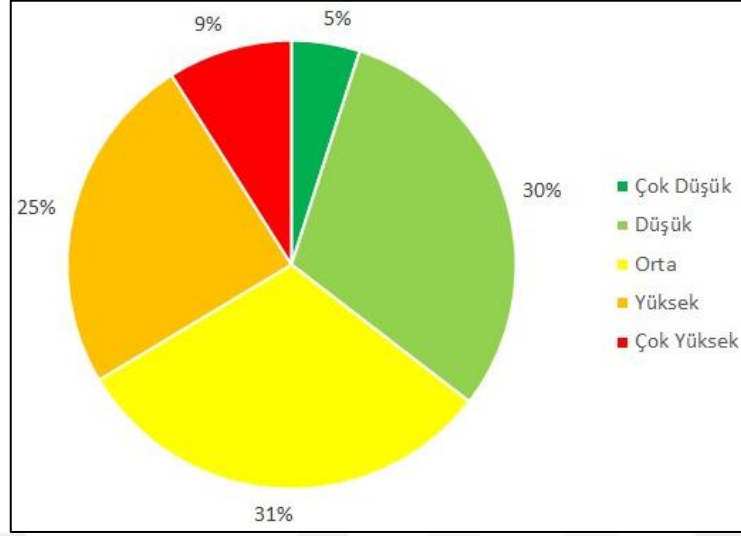
 Çok Yüksek

3 1.5 0 3 6 9 12
 Kilometre

1 cm = 3 km

Ölçek : 1 / 250000

Şekil 32. Çalışma alanının heyelan duyarlılık haritası



Şekil 33. Doğruluk oranı için 5 sınıfın yüzdelik dağılımı

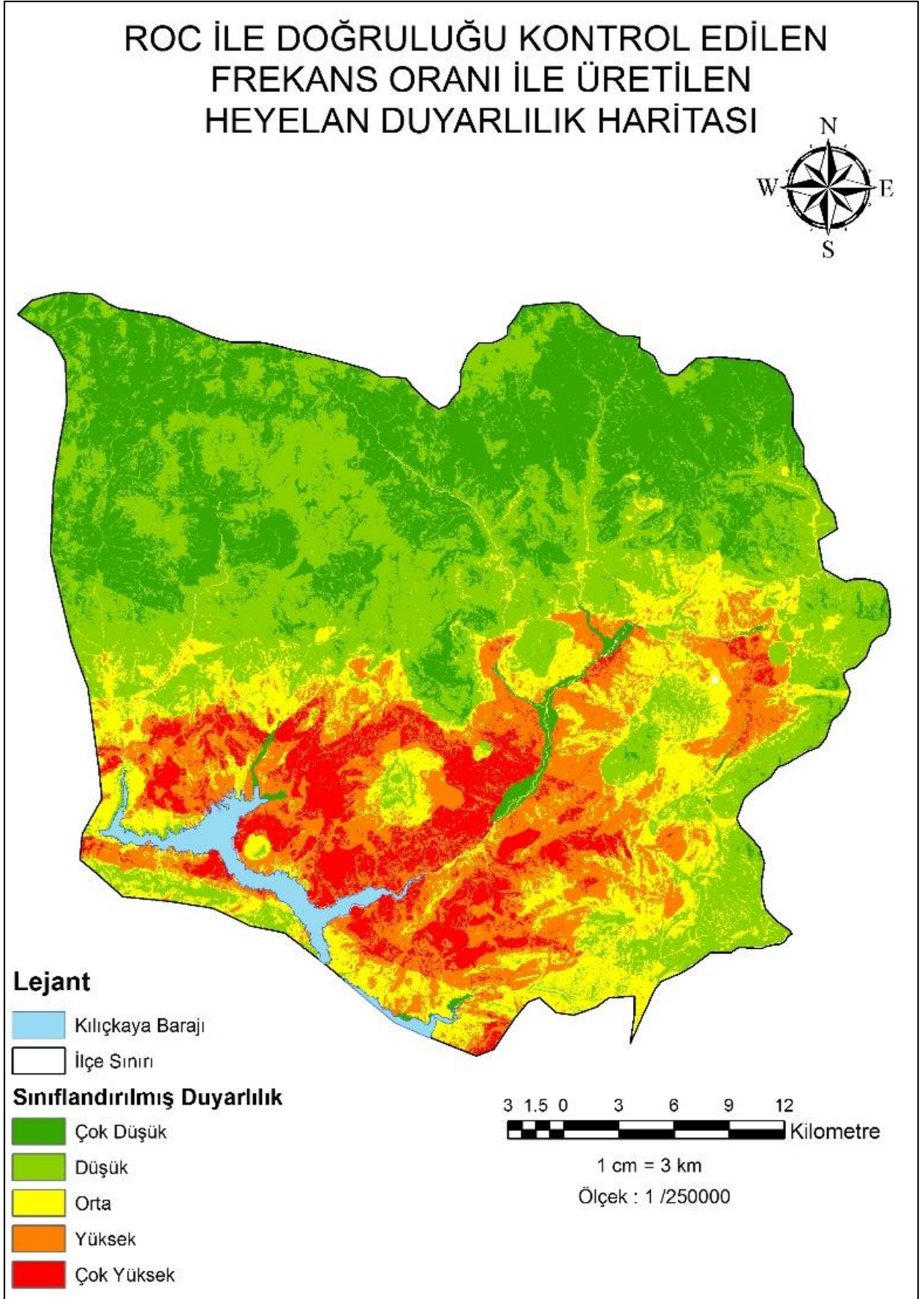
Frekans oranı yöntemiyle oluşturulan heyelan duyarlılık haritasının doğruluğunun sınanması için heyelan analizinde kullanılmayan %20'lik (53 adet heyelan poligonu) heyelan poligonunu mask işlemi yapılmıştır. Burada sınıflandırılmış heyelan duyarlılık haritası üzerinde heyelan poligonlarının aldığı piksel değerleri üzerinden test işlemi yapılmıştır. Test işlemi sonucu; düşük duyarlı, orta duyarlı, yüksek duyarlı, çok yüksek duyarlı sınıfların elde ettiği değerler hesaplanmıştır. Yüksek ve çok yüksek duyarlı sınıfların aldığı değeri, tüm sınıfın aldığı değerler toplamına bölünmesi sonucu %91 değer elde edilmiştir. Frekans Oranı ile elde edilen heyelan duyarlılık haritasının doğruluğu %91'dir. Doğruluk hesabı için piksel değerleri ve doğruluk oranı tabloda gösterilmiştir (Tablo-2).

Tablo 4. Frekans oranı ile üretilen heyelan duyarlılık haritasının doğruluğunun sınanması

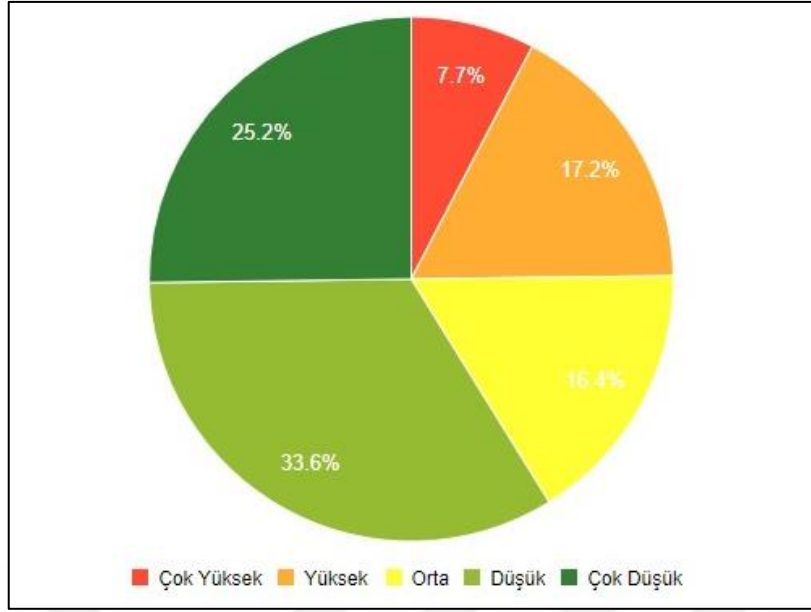
Frekans Oranı ile Üretilen Heyelan Duyarlılık Haritasının %20'lik Envanter İle Sınanması		
1. Derece (Çok Düşük)	0	Kapalı alanlar içinde kalan 4. ve 5. Derece pikseller Doğruluk Oranı = (Yüksek + Çok Yüksek) / TOPLAM Yüksek-Çok Yüksek- D.O=0,91= %91
2. Derece (Düşük)	64	
3. Derece (Orta)	1859	
4. Derece (Yüksek)	13962	
5. Derece (Çok Yüksek)	5750	
TOPLAM	21635	

Frekans oranı ile üretilen ikinci haritada envantere alınan 267 adet heyelan kütlelerinin % 100'ü (267 adet heyelan kütleleri) analizde kullanılmıştır. Bu frekans oranı ile üretilen duyarlılık haritasının doğruluğunun sınanması işlemi Alıcı İşletim Karakteristiği yani Receiver Operator Characteristics Curve (ROC) analizi yapılmıştır. Yaygın bir yöntem olan ROC analizi, hata bulma testinin doğruluğunu belirlemede kullanılır (Egan, 1975; Williams vd., 1999; Akgün, 2011). ROC eğrileri, iki olay sınıfını ayırt etmede ve sınıflandırıcı performansını görselleştirmede kullanılabilen bir hata bulma testi ortaya koyar (Sweets, 1988; Gorsevski vd., 2006; Akgün, 2011). ROC yönteminde, 0.5 ile 1.0 arasında değişiklik gösteren, bu değerler aralığında değerleri içeren ROC eğrisi altındaki alan (AUC) modelin doğruluğunu değerlendirmek için kullanılır (Fawcett, 2006; Akgün, 2011). Eğri, bir gerçek pozitif (yani doğru tahmin edilen olay yanıtına) sahip olma olasılığı ile yanlış pozitif (yani yanlış tahmin edilen olay yanıtına) sahip olma olasılığını kıyaslama çizimidir (Williams vd., 1999; Akgün, 2011). Örneğin daha önce heyelan olmuş bir yerde heyelan olacağı tahminini yapmak gerçek pozitifdir, daha önce heyelan olmamış bir yerde heyelan olacağı tahminini yapmak ise yanlış pozitifdir (Gorsevski vd., 2006; Akgün, 2011). İdeal model 1.0'a yakın bir AUC değeri gösterirken, 0.5'e yakın bir değer modelin doğru olmadığı anlamına gelir (Fawcett, 2006; Nandi ve Shakoor 2009; Akgün, 2011). Çalışma alanına ROC metodunu uygulamak için, heyelan alanları ve heyelan olmayan alanlardan rastgele seçilen pikseller kullanılarak bir veri kümesi hazırlanmıştır.

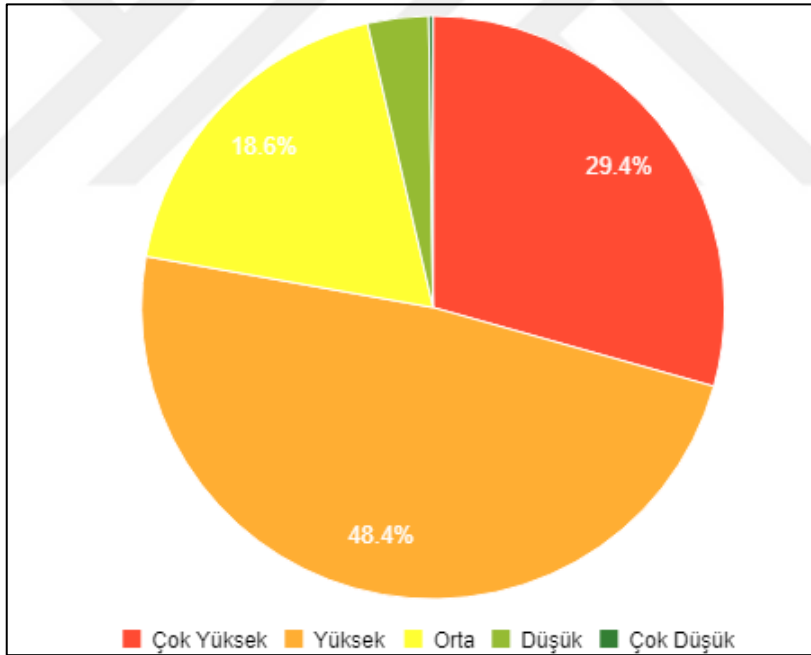
Duyarlılık haritamızın doğruluğunu belirlemek için ArcGIS'da frekans oranı ile bulduğumuz harita binary formatına çevirildi. İdrisi Selva 17.0 programında reclass yapıldı. Çok düşük (1), düşük (2), orta (3), yüksek (4), çok yüksek (5) sınıf aralıklarına 1 değeri atandı. Nodata (-9999) değerine 0 değeri atandı. Reclass olan yeni haritayı Reformat sekmesi altında convert seçeneği ile Real Binary ve Byte Binary formatında iki türlü dosya üretildi. İdrisi Selva 17.0 programında Gıs Analysis, Change/Area sekmesinde ROC seçeneği ile ROC analizi yapıldı. Frekans oranı ile üretilen heyelan duyarlılık haritasının ROC analizi sonucu, ROC eğrisi altındaki alan (AUC) değeri 0,865 bulundu (Şekil-33). ROC değeri 1 değeri aldığı mükemmel tutarlı, 0,5 değeri aldığı rastgele tutarlı olduğu ifade edilmektedir. Lojistik regresyon metodu ile elde edilen heyelan duyarlılık haritası 1'e yakın olduğu için duyarlılık haritamızın doğruluğu yüksektir. 267 adet heyelan envanterinin tamamı kullanılarak frekans oranı ile üretilen çalışma alanının heyelan duyarlılık haritası şekilde gösterilmektedir (Şekil-34). Analiz sonucu Duyarlı bölgelerin oranı ve envanter ile keşisen duyarlı bölgelerin oranı şekilde gösterilmektedir. (Şekil 35, Şekil 36, Şekil 37)



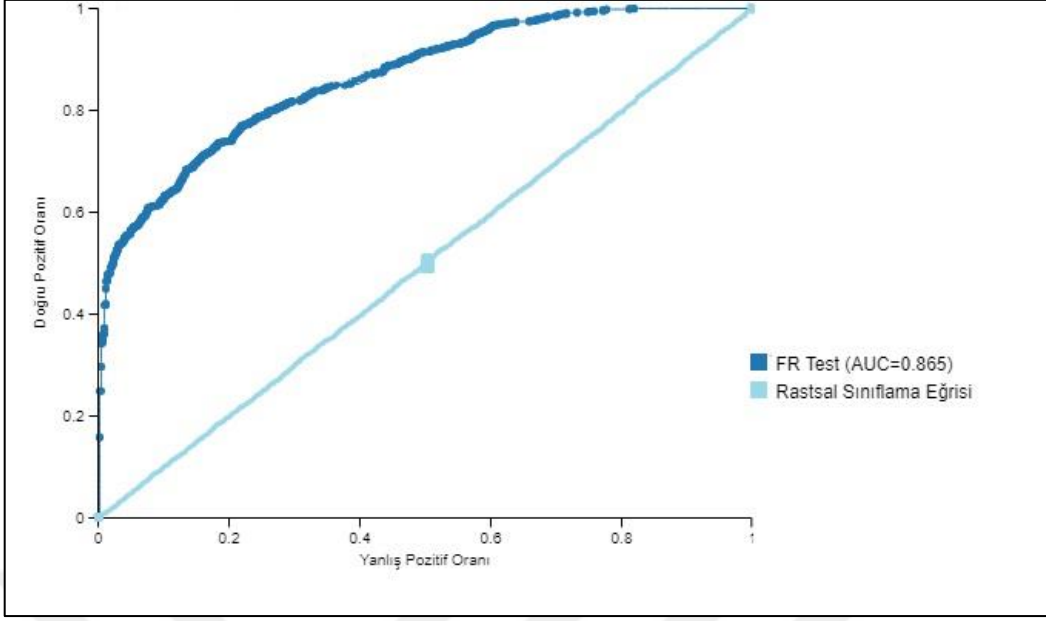
Şekil 34.Çalışma alanının auc= 0.865 değerli heyelan duyarlılık haritası



Şekil 35. Duyarlı bölgelerin oranı



Şekil 36. Envanter ile keşisen duyarlı bölgelerin oranı



Şekil 37. ROC analiz sonucu elde edilen AUC değeri grafiği

3.1.2. Lojistik Regresyon Metodu (LRM)

Lojistik regresyon metodunda bağımlı değişken ve bağımsız değişkenler diye iki tür ifade bulunmaktadır. Bağımlı değişken heyelan envanterini ifade ederken, bağımsız değişkenler heyelan duyarlılık analizinde kullanılan parametreleri ifade etmektedir. Lojistik regresyon yönteminde 10 adet parametre kullanılmıştır. İdrisi Selva Programı ile çalışma alanı içerisindeki heyelan olan alan ve heyelan olmayan alan içinde rastgele toplam %16 örneklem noktası oluşturuldu. Örneklem noktalarının heyelan envanterine rastgelen yerler 1 (heyelan var), heyelan envanterine rast gelmeyen yerler ise 0 (heyelan yok) değerlerini almıştır.

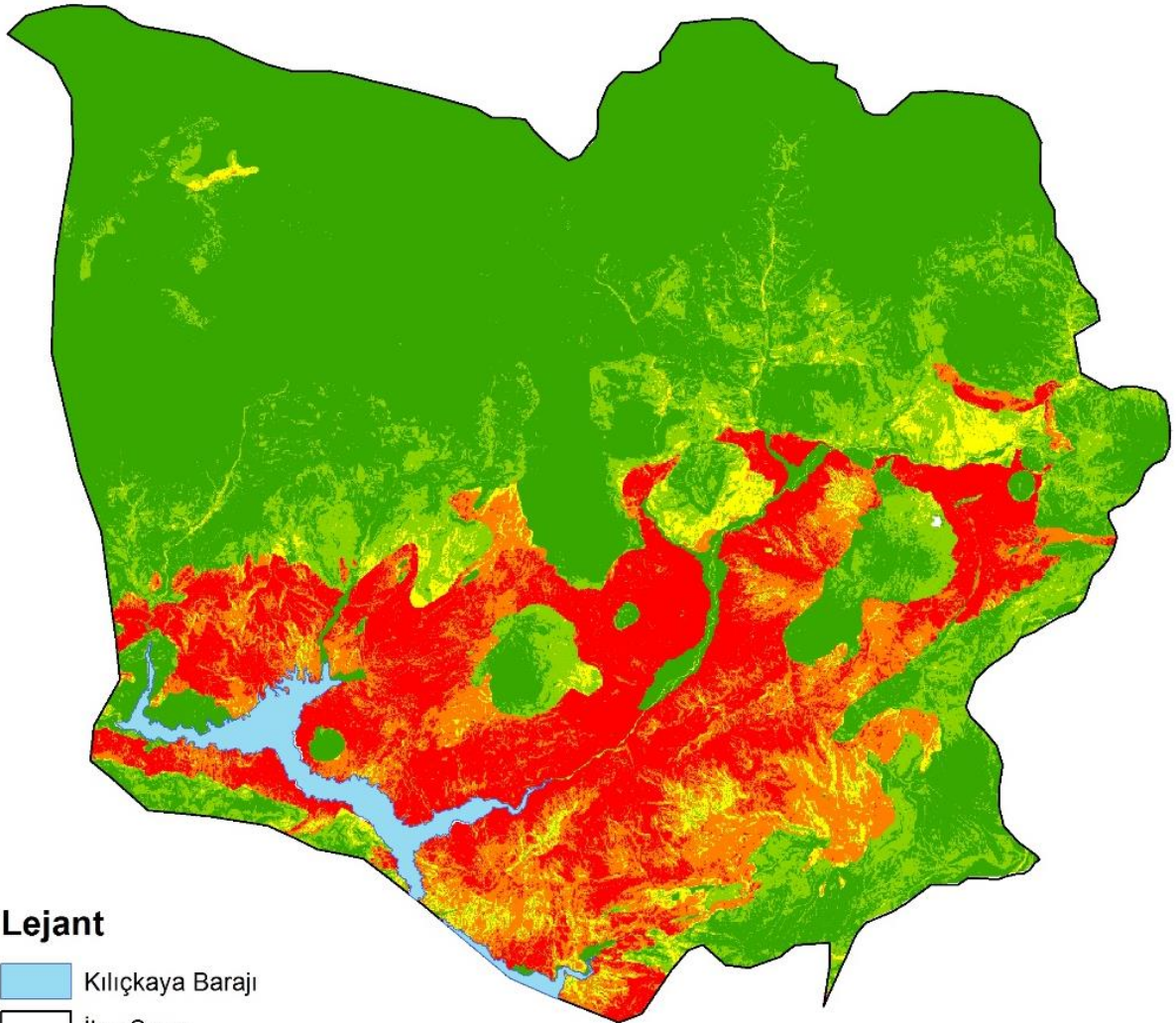
Çalışma alanı için 10 adet parametre haritaları sınıflandırılmıştır, sınıflandırılan tüm haritalar ArcGIS 10.2’de binary formatına dönüştürülmüştür. Dönüştürülen binary formatlı parametre haritaları İdrisi Selva 17.0 yazılımı ile rst uzantılı, binary formatlı raster verilere dönüştürülmüştür. Dönüştürülen parametre haritaları LOGISTICREG modülü kullanılarak istatistiksel sonuçlar hesaplanmıştır. Denklem 3.6 sabit ve parametre katsayılarını gösterir. Son olarak, çalışma alanında heyelan olma ihtimalini tahmin etmede kullanılan olasılıklar denklem 3.6’daki katsayılar kullanılarak elde edilmiştir. Formüldeki tüm katsayılar hesaplanmıştır.

Analiz sonucu:

$$\begin{aligned}
 \text{logit}(\text{rec_env_son} (Y)) = & -2.8638 - 0.3664*(\text{rec_dem25}) \\
 & +0.4036*(\text{rec_curvature}) + 0.1281*(\text{rec_aspect}) \\
 & -0.2247*(\text{rec_slp}) + 2.792\text{E-}04*(\text{litoloji}) \\
 & -0.0082*(\text{rec_yol}) + 0.1780*(\text{rec_akarsu}) \\
 & -0.1108*(\text{rec_fay}) + 5.741\text{E-}04*(\text{arazi_kullanim}) \\
 & + 6.876\text{E-}05*\text{rec_twi_out}
 \end{aligned} \tag{3.6}$$


Katsayıların bulunması sonucu, rec_dem25 (yükseklik), rec_slp (eğim), rec_yol (yol ağına uzaklık) ve rec_fay (fay hattına uzaklık)'ın negatif katsayı değeri aldığı görüldü. Negatif katsayı değer alan parametrelerin sahip olduğu negatif katsayı değeri, bu parametrelerin heyelan duyarlılığı ile ters orantılı bir ilişkiye sahip olduğunu göstermektedir. Yükseklik, eğim, yol ağına uzaklık ve fay hattına uzaklık değerlerinin artması heyelan duyarlılığının azalmasına; yükseklik, eğim, yol ağına uzaklık ve fay hattına uzaklık değerlerinin azalması ise heyelan duyarlılığının artmasına neden olmaktadır. Analiz sonucu ROC, 0,850 değeri elde edilmiştir. ROC değeri 1 değeri aldığı mükemmel tutarlı, 0,5 değeri aldığı rastgele tutarlı olduğu ifade edilmektedir. Lojistik regresyon metodu ile elde edilen heyelan duyarlılık haritası 1'e yakın olduğu için duyarlılık haritamızın doğruluğu yüksektir. Lojistik regresyon yöntemi ile üretilen heyelan duyarlılık haritası, ROC eğrisi altındaki alan (AUC) değeri 0,850 olan ROC eğri grafiği, duyarlı bölgelerin oranı ve envanter ile keşisen duyarlı bölgelerin oranı şekilde gösterilmiştir. (Şekil-38-39-40-41-42)

LOJİSTİK REGRESYON METODU İLE ÜRETİLEN ŞEBİNKARAHİSAR İLÇESİ HEYELAN DUYARLILIK HARİTASI



Lejant

 Kılıçkaya Barajı

 İlçe Sınırı

Sınıflandırılmış Duyarlılık

 Çok Düşük

 Düşük

 Orta

 Yüksek

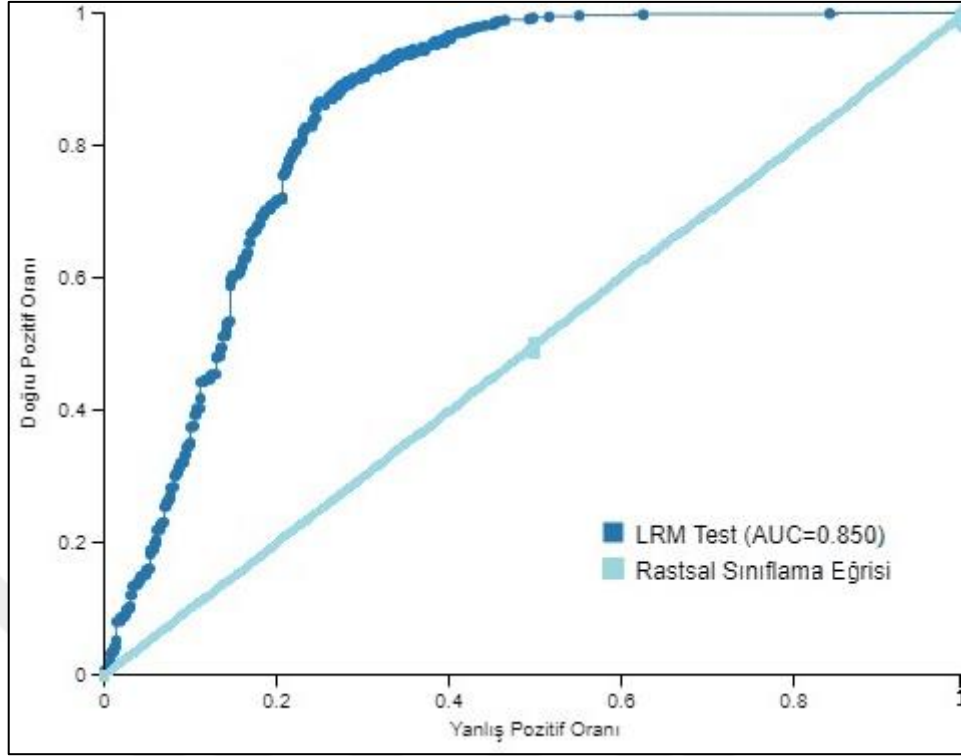
 Çok Yüksek

3 1.5 0 3 6 9 12
Kilometre

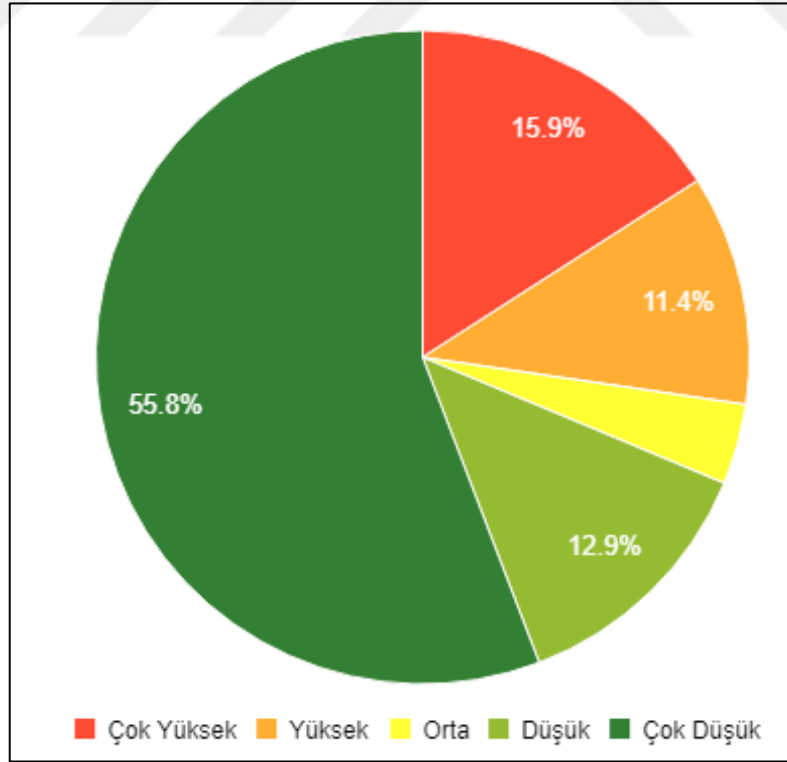
1 cm = 3 km

Ölçek : 1 / 250000

Şekil 38. Çalışma alanının auc= 0.850 değerli heyelan duyarlılık haritası

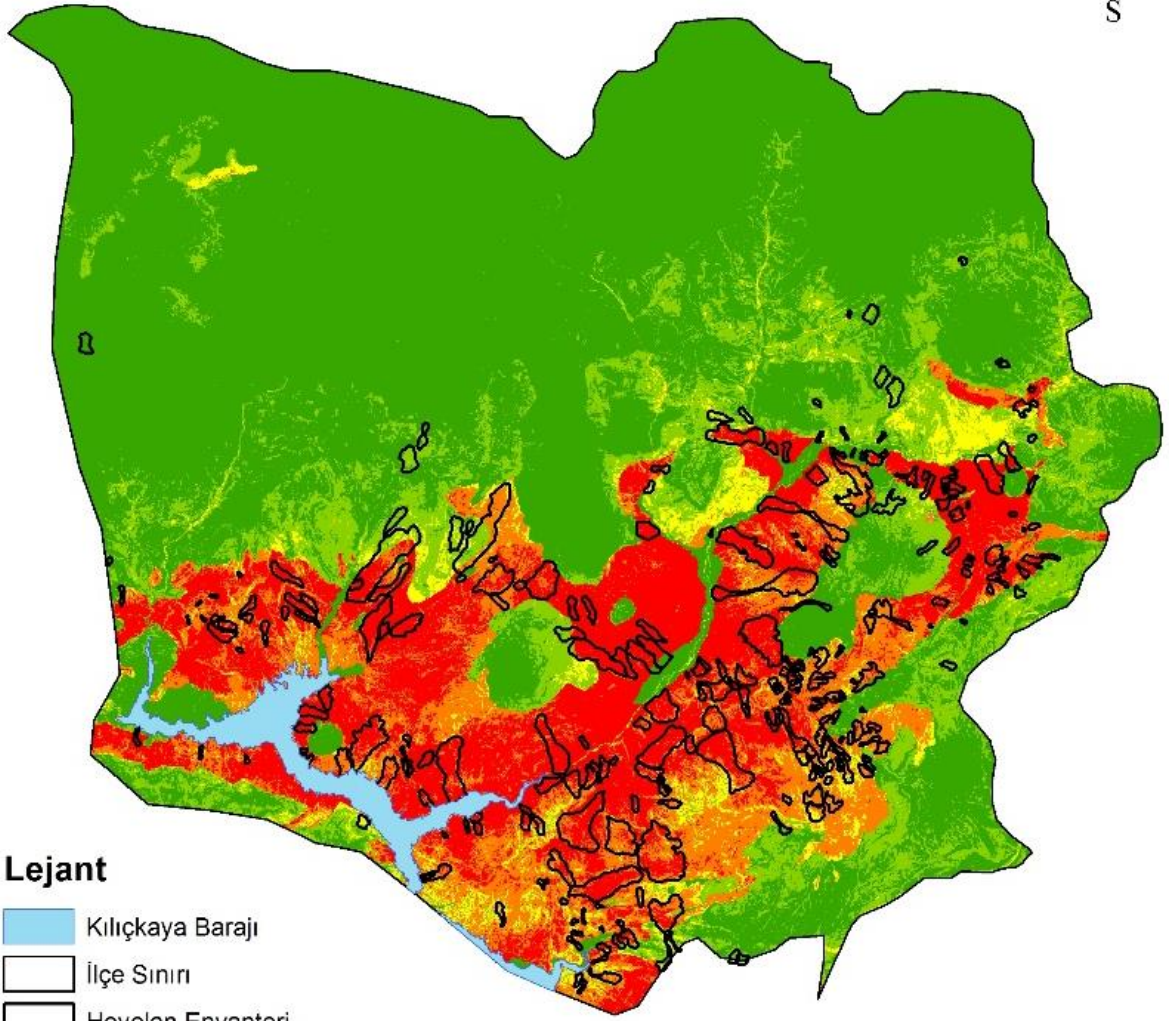


Şekil 39. ROC analiz sonucu elde edilen AUC değer grafiği



Şekil 40. Duyarlı bölgelerin oranı

LOJİSTİK REGRESYON YÖNTEMİ İLE ÜRETİLEN
ŞEBİNKARAHİSAR İLÇESİ HEYELAN
DUYARLILIK HARİTASININ TÜM HEYELAN
ENVANTERİ İLE ÇAKIŞTIRILMASI



Lejant

-  Kılıçkaya Barajı
-  İlçe Sınırı
-  Heyelan Envanteri

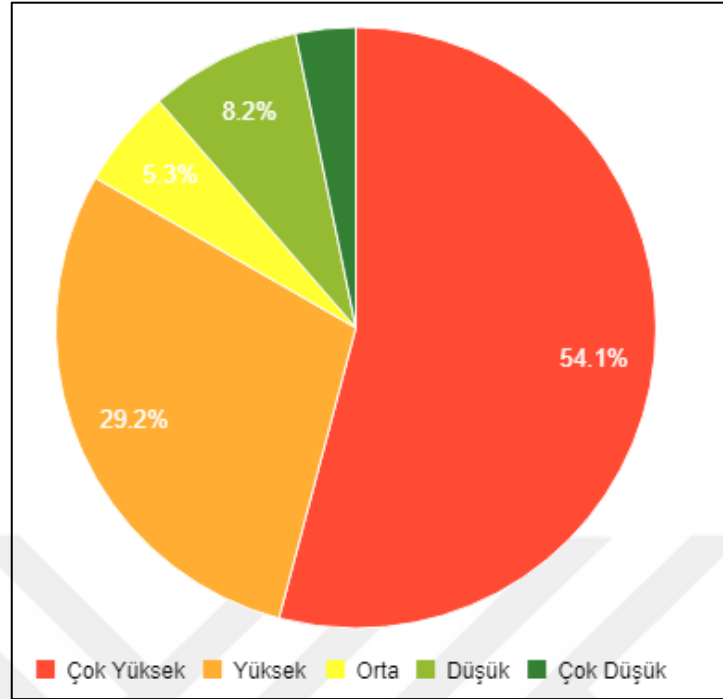
Sınıflandırılmış Duyarlılık

-  Çok Düşük
-  Düşük
-  Orta
-  Yüksek
-  Çok Yüksek

3 1.5 0 3 6 9 12
Kilometre

1 cm = 3 km
Ölçek : 1 / 250000

Şekil 41. Heyelan duyarlılık haritasının heyelan envanteri ile çakıştırılması



Şekil 42. Envanter ile keşisen duyarlı bölgelerin oranı

3.1.3. Analitik Hiyerarşi Proses Yöntemi (AHP)

Analitik Hiyerarşi Proses Yöntemi kullanarak heyelan duyarlılık haritası üretmek için belli bir kural temelli kritere dayanan parametre ağırlıkları belirlenmiştir. Bu adım, puanları tabloda verilmiş olan ikili karşılaştırma matrisi oluşturularak gerçekleştirilmiştir (Tablo 5).

Bu çalışmada kullanılan puanlar detaylı saha gözlemlerinden elde edilen kriterlere dayalı olarak seçilmiştir. Kıyaslama matrisi on parametreden oluşturulmuştur. İkili karşılaştırma matrisinin köşegeni daima 1 değerini alır. Üst ve alt yarımlar simetriktir ve ilgili değerler birbirinin tersidir. Matris oluşturulduktan sonra, parametre katmanları girdi olarak kullanılarak ağırlıklar elde edilir. Bu ağırlıklar, nedensel parametreleri kıyaslamının tüm olası yollarının ortalaması olarak yorumlanabilir (Malczewski 1999).

Bu çalışmada litoloji 0.21 (%21) ağırlıkla en yüksek ağırlığa sahip parametredir. Yol ağı parametresi ise 0.03 (%3) ile en düşük ağırlığa sahip parametredir. Litoloji, eğim, arazi kullanımı, eğrisellik, yükseklik, bakı, topoğrafik nemlilik indexi, akarsu ve drenaj ağları, fay hatları ve yol ağı tabloda ağırlık sıralamalarına göre gösterilmiştir (Tablo 5). Tutarlılık oranı 0.03'tür ki bu da uygun bir tutarlılık oranının kullanıldığını gösterir. Ayrıca 10 parametrenin alt sınıflarının ağırlık değerleri ikili karşılaştırma matrisi kullanılarak hesaplanmıştır. Frekans

Tablo 6. İkili karşılaştırma matrisi sonucu çıkan parametre ağırlık değerleri

PARAMETRELER	AĞIRLIKLAR
Litoloji	0.215428 ~ 0.21 = % 21
Eğim	0.163108 ~ 0.16 = % 18
Arazi Kullanımı	0.135619 ~ 0.13 = % 13
Eğrisellik	0.057712 ~ 0.06 = % 6
Yükseklik	0.065448 ~ 0.06 = % 6
Bakı	0.069811 ~ 0.07 = % 7
Topoğrafik Nemlilik İndeksi	0.087071 ~ 0.09 = % 9
Akarsu ve Drenaj Ağına Uzaklık	0.043335 ~ 0.04 = % 4
Fay Hatlarına Uzaklık	0.135619 ~ 0.13 = % 13
Yol Ağına Uzaklık	0.026849 ~ 0.03 = % 3
TOPLAM AĞIRLIK	% 100

Tutarlılık Oranı = 0.026961~ 0.03

Tutarlılık Oranı < 0.1 olduğundan tutarlılık oranı uygundur.

Matrisin Özdeğeri = 10.359874

Tablo 7. İkili karşılaştırma matrisi sonucu çıkan litoloji alt parametre ağırlık değerleri

PARAMETRELER	AĞIRLIKLAR
Çakıлтаşı-Kumтаşı-Çamurтаşı	0.147246 ~ 0.15 = % 15
Volkanit Çökelkaya	0.068663 ~ 0.07 = % 7
Traverten	0.047692 ~ 0.05 = % 5
Serpantinit-Gabro	0.04266 ~ 0.04 = % 4
Kumтаşı-Çamurтаşı-Kireçтаşı	0.089216 ~ 0.09 = % 9
Kireçтаşı	0.089216 ~ 0.09 = % 9
Göl	0.051877 ~ 0.05 = % 5
Granitoyit	0.028768 ~ 0.03 = % 3
Granit	0.029114 ~ 0.03 = % 3
Dasit	0.073875 ~ 0.07 = % 7
Bazalt	0.027315 ~ 0.03 = % 3
Andezit-Trakit	0.018331 ~ 0.02 = % 2
Andezit Bazalt Proklastik Kaya	0.02336 ~ 0.02 = % 2
Andezit-Bazalt	0.023429 ~ 0.02 = % 2
Andezit	0.026339 ~ 0.03 = % 3
Alüvyon	0.212899 ~ 0.21 = % 21
TOPLAM AĞIRLIK	% 100

Tutarlılık Oranı = 0.076125 ~ 0.08

Tutarlılık Oranı < 0.1 olduğundan tutarlılık oranı uygundur.

Matrisin Özdeğeri = 17.82449

Litoloji parametresinin alt sınıflarının ağırlık değerleri için ağırlıklandırma işlemi ArcGIS 10.2 programında yapılmıştır.

Tablo 8. İkili karşılaştırma matrisi sonucu çıkan yükseklik alt parametre ağırlık değerleri

PARAMETRELER	AĞIRLIKLAR
743.219-927	0.107281 ~ 0.11 = % 11
927-1127	0.284343 ~ 0.28 = % 28
1127-1327	0.216253 ~ 0.22 = % 22
1327-1527	0.144623 ~ 0.15 = % 15
1527-1727	0.067479 ~ 0.07 = % 7
1727-1927	0.046317 ~ 0.04 = % 4
1927-2127	0.037256 ~ 0.03 = % 3
2127-2327	0.019684 ~ 0.02 = % 2
2327-2527	0.019191 ~ 0.02 = % 2
2527-2727	0.019191 ~ 0.02 = % 2
2727-2927	0.019191 ~ 0.02 = % 2
2927-3127	0.019191 ~ 0.02 = % 2
TOPLAM AĞIRLIK	% 100

Tutarlılık Oranı = 0.03545 ~ 0.04

Tutarlılık Oranı < 0.1 olduğundan tutarlılık oranı uygundur.

Matrisin Özdeğeri = 12.598668

Yükseklik parametresinin alt sınıflarının ağırlık değerleri için ağırlıklandırma işlemi ArcGIS

10.2 programında yapılmıştır.

Tablo 9. İkili karşılaştırma matrisi sonucu çıkan eğitim alt parametre ağırlık değerleri

PARAMETRELER	AĞIRLIKLAR
0-6	0.193807 ~ 0.19 = % 19
6-12	0.309531 ~ 0.31 = % 31
12-18	0.160903 ~ 0.16 = % 16
18-24	0.09836 ~ 0.10 = % 10
24-30	0.065054 ~ 0.06 = % 6
30-36	0.040383 ~ 0.04 = % 4
36-42	0.040383 ~ 0.04 = % 4
42-48	0.040383 ~ 0.04 = % 4
48-54	0.025599 ~ 0.03 = % 3
54-61	0.025599 ~ 0.03 = % 3
TOPLAM AĞIRLIK	% 100

Tutarlılık Oranı = 0.015313 ~ 0.02

Tutarlılık Oranı < 0.1 olduğundan tutarlılık oranı uygundur.

Matrisin Özdeğeri = 10.204394

Eğitim parametresinin alt sınıflarının ağırlık değerleri için ağırlıklandırma işlemi ArcGIS 10.2 programında yapılmıştır.

Tablo 10. İkili karşılaştırma matrisi sonucu çıkan arazi kullanımı alt parametre ağırlık değerleri

PARAMETRELER	AĞIRLIKLAR
Meralar	0.016842 ~ 0.02 = % 2
Karışık Ormanlar	0.028064 ~ 0.03 = % 3
Su Yolları	0.016842 ~ 0.02 = % 2
Sulanmayan Ekilebilir Alanlar	0.192935 ~ 0.19 = % 19
Bitki Değişim Alanları	0.04761 ~ 0.04 = % 4
Seyrek Bitki Alanları	0.04761 ~ 0.04 = % 4
Çıplak Kayalıklar	0.028064 ~ 0.03 = % 3
Karışık Tarım Alanları	0.108614 ~ 0.11 = % 11
Endüstriyel veya Ticari Birimler	0.016842 ~ 0.02 = % 2
İğne Yapraklı Ormanlar	0.028064 ~ 0.03 = % 3
Doğal Çayırılık	0.04761 ~ 0.04 = % 4
Sahil Kumluk Kumsallar	0.028064 ~ 0.03 = % 3
Su Kütleleri	0.028064 ~ 0.03 = % 3
Kesikli Şehir Yapısı	0.016842 ~ 0.02 = % 2
Sürekli Sulanan Alanlar	0.243733 ~ 0.24 = % 24
Doğal Bitki Örtüsü ile Bulunan Tarım Alanları	0.076132 ~ 0.08 = % 8
Geniş Yapraklı Ormanlar	0.028064 ~ 0.03 = % 3
TOPLAM AĞIRLIK	% 100

Tutarlılık Oranı = 0.011099 ~ 0.01

Tutarlılık Oranı < 0.1 olduğundan tutarlılık oranı uygundur.

Matrisin Özdeğeri = 17.285667

Arazi kullanımı parametresinin alt sınıflarının ağırlık değerleri için ağırlıklandırma işlemi ArcGIS 10.2 programında yapılmıştır.

Tablo 11. İkili karşılaştırma matrisi sonucu çıkan eğrisellik alt parametre ağırlık değerleri

PARAMETRELER	AĞIRLIKLAR
-5.239453 - -1	0.06476 ~ 0.07 = % 7
-1 - -0.5	0.153501 ~ 0.15 = % 15
-0.5 - 0	0.383372 ~ 0.38 = % 38
0 - 0.5	0.251438 ~ 0.25 = % 25
0.5 - 1	0.10174 ~ 0.10 = % 10
1 - 8.133653	0.045188 ~ 0.05 = % 5
TOPLAM AĞIRLIK	% 100

Tutarlılık Oranı = 0.020115 ~ 0.02

Tutarlılık Oranı < 0.1 olduğundan tutarlılık oranı uygundur.

Matrisin Özdeğeri = 6.126085

Eğrisellik parametresinin alt sınıflarının ağırlık değerleri için ağırlıklandırma işlemi ArcGIS 10.2 programında yapılmıştır.

Tablo 12. İkili karşılaştırma matrisi sonucu çıkan bakı alt parametre ağırlık değerleri

PARAMETRELER	AĞIRLIKLAR
Düz	0.033436 ~ 0.03 = % 3
Kuzey	0.272606 ~ 0.27 = % 27
Kuzeydoğu	0.12549 ~ 0.12 = % 12
Doğu	0.055565 ~ 0.06 = % 6
Güneydoğu	0.055565 ~ 0.06 = % 6
Güney	0.09969 ~ 0.10 = % 10
Güneybatı	0.09969 ~ 0.10 = % 10
Batı	0.09969 ~ 0.10 = % 10
Kuzeybatı	0.158268 ~ 0.16 = % 16
TOPLAM AĞIRLIK	% 100

Tutarlılık Oranı = 0.017266 ~ 0.02. Tutarlılık Oranı < 0.1 olduğundan tutarlılık oranı uygundur. Matrisin Özdeğeri = 9.199903. Bakı parametresinin alt sınıflarının ağırlık değerleri için ağırlıklandırma işlemi ArcGIS 10.2 programında yapılmıştır.

Tablo 13. İkili karşılaştırma matrisi sonucu çıkan topoğrafik nemlilik indeks alt parametre ağırlık değerleri

PARAMETRELER	AĞIRLIKLAR
-0.472858 - 0	0.038898 ~ 0.04 = % 4
0 - 4	0.087556 ~ 0.09 = % 9
4 - 8	0.424906 ~ 0.42 = % 42
8 - 12	0.27333 ~ 0.27 = % 27
12 - 16	0.17531 ~ 0.18 = % 18
TOPLAM AĞIRLIK	% 100

Tutarlılık Oranı = 0.043427 ~ 0.04. Tutarlılık Oranı < 0.1 olduğundan tutarlılık oranı uygundur. Matrisin Özdeğeri = 5.195344. Topoğrafik nemlilik indeks parametresinin alt sınıflarının ağırlık değerleri için ağırlıklandırma işlemi ArcGIS 10.2 programında yapılmıştır.

Tablo 14. İkili karşılaştırma matrisi sonucu çıkan akarsu ve drenaj ağı alt parametre ağırlık değerleri

PARAMETRELER	AĞIRLIKLAR
0 – 400	0.242316 ~ 0.24 = % 24
400 – 800	0.242316 ~ 0.24 = % 24
800 – 1200	0.169987 ~ 0.17 = % 17
1200 – 1600	0.121192 ~ 0.12 = % 12
1600 – 2000	0.087447 ~ 0.09 = % 9
2000 – 2400	0.033132 ~ 0.03 = % 3
2400 – 2800	0.046864 ~ 0.05 = % 5
2800 – 3200	0.023373 ~ 0.02 = % 2
3200 – 3600	0.016686 ~ 0.02 = % 2
3600 - 4000	0.016686 ~ 0.02 = % 2
TOPLAM AĞIRLIK	% 100

Tutarlılık Oranı = 0.035644 ~ 0.04. Tutarlılık Oranı < 0.1 olduğundan tutarlılık oranı uygundur. Matrisin Özdeğeri = 10.475763. Akarsu ve drenaj ağı parametresinin alt sınıflarının ağırlık değerleri için ağırlıklandırma işlemi ArcGIS 10.2 programında yapılmıştır.

Tablo 15. İkili karşılaştırma matrisi sonucu çıkan fay hatları alt parametre ağırlık değerleri

PARAMETRELER	AĞIRLIKLAR
0 – 1900	0.391919 ~ 0.40 = % 40
1900 – 3800	0.220676 ~ 0.23 = % 23
3800 – 5700	0.124801 ~ 0.13 = % 13
5700 – 7600	0.059132 ~ 0.06 = % 6
7600 – 9500	0.033912 ~ 0.03 = % 3
9500 – 11400	0.033912 ~ 0.03 = % 3
11400 – 13300	0.033912 ~ 0.03 = % 3
13300 – 15200	0.033912 ~ 0.03 = % 3
15200 – 17100	0.033912 ~ 0.03 = % 3
17100 – 19500	0.033912 ~ 0.03 = % 3
TOPLAM AĞIRLIK	% 100

Tutarlılık Oranı = 0.012038 ~ 0.01

Tutarlılık Oranı < 0.1 olduğundan tutarlılık oranı uygundur.

Matrisin Özdeğeri = 10.160682

Fay hatları parametresinin alt sınıflarının ağırlık değerleri için ağırlıklandırma işlemi ArcGIS 10.2 programında yapılmıştır.

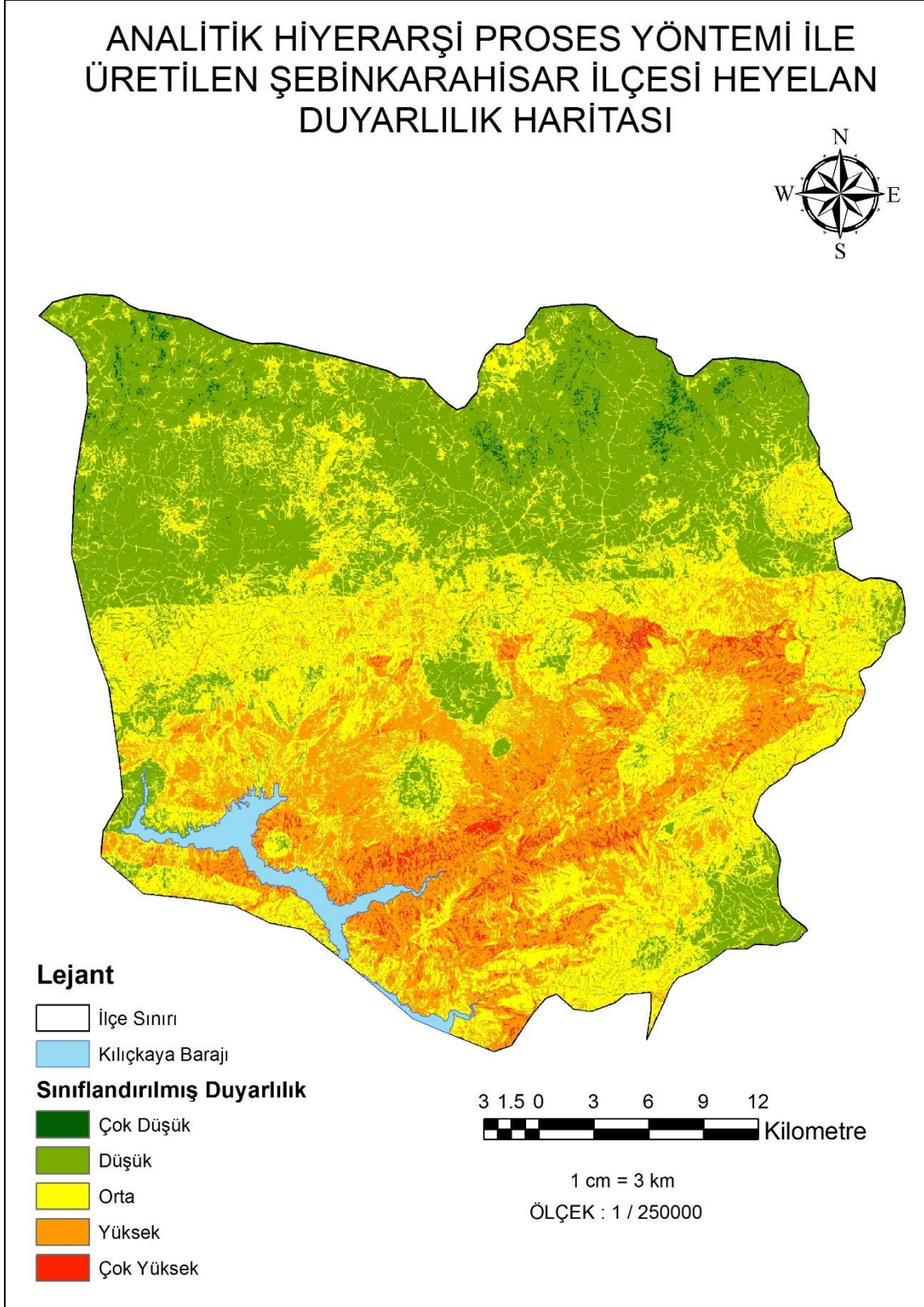
Tablo 16. İkili karşılaştırma matrisi sonucu çıkan yol ağı alt parametre ağırlık değerleri

PARAMETRELER	AĞIRLIKLAR
0-700	0.344295 ~ 0.34 = % 34
700-1400	0.187981 ~ 0.18 = % 18
1400-2100	0.076919 ~ 0.07 = % 7
2100-2800	0.048373 ~ 0.05 = % 5
2800-3500	0.048373 ~ 0.05 = % 5
3500-4200	0.076919 ~ 0.07 = % 7
4200-4900	0.027143 ~ 0.03 = % 3
4900-5600	0.027143 ~ 0.03 = % 3
5600-6300	0.027143 ~ 0.03 = % 3
6300-7000	0.027143 ~ 0.03 = % 3
7000-7700	0.027143 ~ 0.03 = % 3
7700-8400	0.027143 ~ 0.03 = % 3
8400-9100	0.027143 ~ 0.03 = % 3
9100-9900	0.027143 ~ 0.03 = % 3
TOPLAM AĞIRLIK	% 100

Tutarlılık Oranı = 0.011521 ~ 0.01

Tutarlılık Oranı < 0.1 olduğundan tutarlılık oranı uygundur. Matrisin Özdeğeri = 14.235344. Yol ağı parametresinin alt sınıflarının ağırlık değerleri için ağırlıklandırma işlemi ArcGIS 10.2 programında yapılmıştır.

AHP modeliyle heyelan duyarlılık haritası oluşturmak için, parametrelere karşılık gelen ağırlıklar ilgili parametre haritalarıyla artırılır ve sonra ağırlıklı parametre haritalarının hepsi daha mühim bir hale getirilmiş olur. Ortaya çıkan indeks haritası, heyelan duyarlılığının konumsal dağılımını göstermiştir. Bu harita görsel yorumlamayı kolaylaştırmak için eşit alanlara ayrılmıştır. Beş duyarlılık sınıfı net bir şekilde tespit edilmiş ve bu sınıflar çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olarak ifade edilen sınıflara karşılık gelmiştir. (Şekil-43)



Şekil 43.Çalışma alanının AHP yöntemi ile üretilen heyelan duyarlılık haritası

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırmada arazi ve büro çalışmaları sonucu belirlenen veriler coğrafi bilgi sistemi tekniğiyle değerlendirilerek şebinkarahisar (Giresun) ve çevresinin heyelan duyarlılığı yönünden incelenerek aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Heyelan duyarlılık analizi ile heyelanlı alanların duyarlılığını belirlemede coğrafi bilgi sistemlerinin çok büyük bir rolünün olduğu analiz işleminde görüldü.
2. İlçe sınırları dahilinde toplamda 267 adet heyelan envanteri alınmıştır.
3. Frekans oranı, lojistik regresyon ve analitik hiyerarşi proses yöntemleri ile şebinkarahisar ve evresinin Heyelan Duyarlılık Haritaları üretildi. şebinkarahisar ilçesinin heyelan duyarlılık haritaları frekans oranı, lojistik regresyon yöntemi ve analitik hiyerarşi proses yöntemleriyle karşılaştırılmıştır.
4. Frekans oranı ile üretilen heyelan duyarlılık haritasında heyelanı etkileyeci 10 adet parametre kullanıldı. Bu parametreler litoloji, yükselti, eğim, bakı, eğrisellik, yola yakınlık, faya yakınlık, akarsuya yakınlık, arazi kullanımı ve topoğrafik nemlilik indeksidir. Frekans oranı yönteminde her bir parametre için sınıflandırma yapılarak parametre alt sınıfları oluşturuldu ve frekans oran değerleri bulundu.
5. Frekans oranı ile iki türde heyelan duyarlılık haritası üretildi. İlk haritamızda heyelan envanterinin %80'i (214 adet heyelan kapalı alanı) analize dahil edildi. Heyelan envanterinin %20'si (53 adet heyelan kapalı alan) duyarlılık haritasının doğruluğunu tayin etmek için analize dahil edilmedi. Sonuçta 0.91-%91 hassasiyetinde bir doğruluk oranı bulundu.
6. Frekans oranı ile ikinci haritamızda heyelan envanteri olarak %100'ü (267 adet heyelan kapalı alan) analize dahil edildi. Analiz sonucu frekans oranı ile üretilen heyelan duyarlılık haritasının doğruluğunu tayin etmek için Receiver Operator Characteristics Curve (ROC-ROCeğrisi altındaki alan (AUC)) analizi yapıldı. Doğruluk analiz sonucu 0.865-%86,5 hassasiyetinde bir doğruluk oranı bulundu.
7. Lojistik regresyon yöntemi ile üretilen heyelan duyarlılık haritasında, bağımlı değişken olarak heyelan var/yok ifadesi (var=1, yok=0 temsil eder) ve bağımsız değişkenler 10 adet parametredir. Bu parametreler litoloji, yükselti, eğim, bakı, eğrisellik, yola yakınlık, faya yakınlık, akarsuya yakınlık, arazi kullanımı ve topoğrafik nemlilik indeksidir. Lojistik regresyon analizi sonucu bağımsız

değişkenlerin katsayıları hesaplandı. Yükselti -0.3664, eğrisellik +0.4036, bakı 0.1281, eğim -0.2247, litoloji +2.792E-04, yola yakınlık -0.0082, akarsuya yakınlık +0.1780, faya yakınlık -0.1108, arazi kullanımı +5.741E-04, topoğrafik nemlilik indeksi + 6.876E- 05 katsayı değerleri bulunmuştur. Lojistik regresyon yöntemi ile duyarlılık haritasının doğruluğunu tayin etmek için Reciever Operator Characteristics Curve (ROC-ROCeğrisi altındaki alan (AUC)) analizi yapıldı. Doğruluk analiz sonucu 0.850-%85 hassasiyetinde bir doğruluk oranı bulundu.

8. Analitik Hiyerarşi Proses Yöntemi (AHP) ile parametrelerin birbirlerine göre daha önemli olup olmadığı belirlendi. Önem sırası ve puanlama yapılırken Şebinkarahisar İlçesi ve çevresini iyi bilmek ve tanımak gerekir. Hangi parametrelerin o bölgede ağır basacağını deneyimlerden yararlanarak puanlamayı yapmak ahp yöntemiyle üretilen duyarlılık haritasının hassasiyetini artırır. AHP yönteminde frekans oranı yönteminde oluşturulan frekans tablosundan yararlanılarak parametrelerin ve alt sınıflarının ikili karşılaştırmalı matrisleri oluşturuldu. AHP yöntemiyle karşılaştırmalı matris ve matris sonucu parametrelerin ağırlık değerleri hesaplandı. Ağırlık değerleri 0.21-% 21 litoloji, 0.18-% 18 eğim, 0.13-% 13 arazi kullanımı, 0.06-% 6 eğrisellik, 0.06-% 6 yükseklik, 0.07-% 7 bakı, 0.9-% 9 topoğrafik nemlilik indeksi, 0.04-%4 akarsu ve drenaj ağı, 0.13-% 13 fay hatları ve 0.03-%3 yol ağı bulundu. Tutarlılık oranı 0.03 bulundu. Tutarlılık Oranı < 0.1 olduğundan tutarlılık oranı uygundur. Alt parametrelerin karşılaştırmalı matrisleri oluşturuldu ve ağırlık değerleri hesaplandı. ArcGIS 10.2 programı ile bindirme yöntemi kullanılarak tüm katmanlar toplanıp çalışma alanının heyelan duyarlılık haritası üretilmiştir
9. Üretilen duyarlılık haritaları ilçenin heyelan tehlike ve risk haritalarına altlık teşkil etmek üzere hazırlandı.
10. Üretilen duyarlılık haritasının üst ölçekli planlar ve strateji planlarında kullanılabileceği düşünülmektedir.
11. Analiz sürecinin ve sonrasında üretilen heyelan duyarlılık haritasının benzer çalışmalara ve çalışmacılara katkı vermesi beklenmektedir.

5. KAYNAKLAR

- Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), 2014. Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü, Ankara.
- Akgün, A., 2007. Ayvalık ve Yakın Çevresinin Erozyon ve Heyelan Duyarlılığının Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı İncelenmesi, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Akgün, A., Dag, 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, Springer-Verlag, Environmental Geology, 54, 6, 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, Journal of Geological Engineering/Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 34, 2, 86.
- Akgün, A., 2012. A comparison of landslide susceptibility maps produced by logistic regression, multi-criteria decision, and likelihood ratio methods: a case study at İzmir, Turkey, Springer-Verlag, Landslides, 9, 1, 93-106.
- Akıncı, H., Doğan, S. ve Kılıçoğlu, C., 2011. Frekans Oranı Metodu Kullanılarak Samsun İl Merkezinin Heyelan Duyarlılık Haritasının Üretilmesi, 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Nisan, Ankara, 2, 3, 13-27
- Akıncı, H. ve Kılıçoğlu, C., 2015. Atakum(Samsun) İlçesinin Heyelan Duyarlılık Haritasının Üretilmesi. Ulusal Mühendislik Jeolojisi Sempozyumu (Mühjeo'2015), 3-5.
- Akıncı, H., Özalp, A., Y. ve Kılıçer, S., T., 2015. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve AHP Yöntemi Kullanılarak Planlı Alanlarda Heyelan Duyarlılığının Değerlendirilmesi: Artvin Örneği, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 1, 1-2, 40-53.
- Aleotti, P., ve Chowdhury, R., 1999. Landslide hazard assessment:summary review and new perspectives. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 58, 21-44.
- Alparslan, E., Yüce, H., Erkan, B., İnan, S., Engintav, S. ve Saatçılar, R., 2006. Büyükçekmece ve Küçükçekmece Gölleri Arasındaki Bölgede Heyelan Duyarlılığın Uzaktan Algılama Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Analizi, 1-8, 4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, Eylül, İstanbul.
- Ataol, M. ve Yeşilyurt, S., 2014. Çankırı-Ankara Karayolu Boyunca (Akyurt-Çankırı Arası) Heyelan Risk Bölgelerinin Belirlenmesi, Coğrafya Dergisi/Journal Of Geography, 29, 51-69.

- Atkinson, PM. ve Massari, R., 1998. Generalized linear modelling of susceptibility to landsliding in the central Appennines, Italy, Computers and Geoscience, 24, 4, 373-385.
- Avcı, V., 2016. Gökdere Havzası ve Çevresinin (Bingöl Güneybatısı) Frekans Oranı Metoduna Göre Heyelan Duyarlılık Analizi, Marmara Coğrafya Dergisi, 34, 160-177.
- 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.
- Becer, M., Çan, T. ve Tekin, S., 2007. Gümüşhacıköy (Amasya) - Osmancık (Çorum) Dolaylarının Frekans Oranı Yöntemi İle Heyelan Duyarlılık Değerlendirmesi, Ulusal Mühendislik Jeolojisi Sempozyumu (Mühjeo'2017), Ekim, Adana, 111-118.
- Bonham-Carter, G., F., 1994. Geographic Information Systems for Geoscientists, Modeling with GIS, Pergamon Press, Oxford, 398.
- Bostancı, H., T., 2010. Tapu Kadastro Web Servisleri Örneğinde, Servis Yönelimli Analiz ve Tasarım Metodolojisinin Geliştirilmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon.
- Chauhan, S., Sharma, M. ve Arora M., K., 2010. Landslide Susceptibility Zonation Of The Chamoli Region, Garhwal Himalayas, Using Logistic Regression Model, Landslides 7, 411-423.
- Chen, G. ve Sun, J., 2010. Zonation Of Failure Probability For Landslides Induced By Earthquake In Kitakyushu City Using Gis, Bulletin of the International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, 44, 73-78.
- Chigira, M. ve Yagi, H., 2006. Geological and geomorphological characteristics of landslides triggered by the 2004 Mid Niigata prefecture earthquake in Japan, Engineering Geology, 82, 202-221.
- Chung, C., F. ve Fabbri, A., G., 1999. Probabilistic Prediction Models for Landslide Hazard Mapping, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 65, 12, 1388-1399.
- Claessens, L., Schoorl, J., M. ve Veldkamp, A., 2007. Modelling the location of shallow landslides and their effects on landscape dynamics in large watersheds: an application for Northern New Zealand, Geomorphology, 87, 16-27.
- Cömert, Ç. ve Banger, G., 1995. Türkiye için Ulusal Konumsal veri Altyapısı, Devlet İstatistik Enstitüsü Araştırma Sempozyumu, Kasım, Ankara, Bildiriler Kitabı, 6-10.
- Cömert, Ç., 1996. Ulusal Konumsal Veri Altyapısı İçin Veri Değişim Standardının Belirlenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Cömert, Ç. ve Banger, G., 1996. Ulusal Konumsal Veri Altyapısı, 2. Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, Eylül, İstanbul, Bildiriler Kitabı, 49-61.
- Cömert, Ç. ve Akıncı, H., 2005. Ulusal Konumsal Veri Altyapısı ve E-Türkiye İçin Önemi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Mart-Nisan, 2005, Ankara, 1-9.
- Crozier, M., J., 1986. Landslides: Causes, Consequences and Environment, Croom Helm, London, 245.
- Çellek, S., 2013. Sinop-Gerze Yöresinin Heyelan Duyarlılık Analizi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon.
- Dağ, S., 2007. Çayeli (Rize) ve Çevresinin İstatistiksel Yöntemlerle Heyelan Duyarlılık Analizi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon.
- Dağ, S. ve Bulut, F., 2012. Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Heyelan Duyarlılık Haritalarının Hazırlanmasına Bir Örnek: Çayeli (Rize, Kd Türkiye), Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 36, 1, 35-62.
- Dai, F., C., Lee, C., F. ve Ngai, Y., Y., 2002. Landslide risk assessment and management and management-an overview, Engineering Geology, 64, 65-87.
- Dahal, R., K., Hasegawa, S., Nonomura, A., Yamanaka, M., Masuda, T. ve Nishino, K., 2008. GIS-Based Weights-Of-Evidence Modelling Of Rainfall-Induced Landslides in Small Catchments For Landslide Susceptibility Mapping, Environmental Geology, 54, 311-324.
- Demir, G., AYTEKİN, M. ve AKGÜN, A., 2015. Landslide susceptibility mapping by frequency ratio and logistic regression methods: an example from Niksar-Resadiye (Tokat, Turkey), Arabian Journal of Geosciences, 8, 3, 1801-1812.
- Demir, G., 2011. Kuzey Anadolu Fayı Üzerinde Niksar-Suşehri Arasındaki Alanın CBS Tabanlı Heyelan Duyarlılık Analizi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim, Trabzon.
- Demir, G., 2018. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Suşehri (Sivas) Heyelan Duyarlılık Analizi, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8, 1, 96-112.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), 2013. Ortalama Ekstrem Sıcaklık ve Yağış Değerleri Bülteni, Ankara.
- Egan, JP., 1975. Signal detection theory and ROC analysis, Academic Press, New York.

- Eker, A., M., Dikmen, M., Cambazoglu, S., Duzgun, S., H., B. ve Akgun, H. 2015. Evaluation And Comparison Of Landslide Susceptibility Mapping Methods: A Case Study For The Ulus District, Bartın, Northern Turkey, International Journal Of Geographical Information Science, 29, 1, 132-158.
- Eker, R. ve Aydin, A., 2014. Assessment Of Forest Road Conditions İn Terms Of Landslide Susceptibility: A Case Study İn Yigilca Forest Directorate (Turkey), Turkish Journal Of Agriculture And Forestry, 38, 2, 281290.
- Elmacı, H., 2016. Ankara İli, Çubuk ve Kalecik İlçeleri ile Çankırı İli, Şabanözü İlçeleri Arasının CBS Tabanlı Heyelan Duyarlılık Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Ercanoğlu, M. ve Gökçeoğlu, C., 2002. Assessment Of Landslide Susceptibility For A Landslideprone Area (North Of Yenice, Nw Turkey) By Fuzzy Approach, Environmental Geology, 41, 720–730.
- 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.
- Ercanoğlu, M., Temiz, N. ve Kaşmer, Ö., 2005. Heyelan Duyarlılık Haritalarının Üretilmesinde Bulanık Mantık Ve Yapay Sinir Ağlarının Kullanımının Araştırılması, Tübitak Projesi, 103-126.
- Erener, A. ve Lacasse, S., 2007. Heyelan Duyarlılık Haritalamasında CBS Kullanımı, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Ekim–Kasım, Trabzon, 126-134
- Erener, A. ve Düzgün, H., S., B., 2007. Heyelan Analizlerinde Coğrafi Ağırlıklandırılmış Regresyon (CAR) Metodu, 11. Türkiye Bilimsel Harita ve Teknik Kurultayı, Nisan, Ankara.
- Erener, A. ve Düzgün, H., S., B., 2010. Improvement of statistical landslide susceptibility mapping by using spatial and global regression methods in the case of More and Romsdal (Norway), Landslides, 7, 1, 55-68.
- Fawcett, T., 2006. An introduction to ROC analysis, Pattern Recognition Letters, 27, 861-874
- Garcia-Rodriguez, MJ., Malpica, JA., Benito, B., ve Diaz, M., 2008. Susceptibility assessment of earthquake-triggered landslides in El Salvador using logistic regression, Geomorphology, 95,172-191
- Garcia-Rodriguez, M., J. ve Malpica, J., A., 2010. Assessment of Earthquake-triggered Landslide Susceptibility İn El Salvador Based On An Artificial Neural Network Model, Natural Hazards And Earth System Sciences, 10, 1307-1315.

- Gomez, H. ve Kavzoglu, T., 2005. Assessment Of Shallow Landslide Susceptibility Using Artificial Neural Networks İn Jabonosa River Basin, Venezuela, Engineering Geology, 78, 11-27.
- Gorsevski, PV., Gessler, PE., Foltz, RB. ve Elliot WJ., 2006. Spatial prediction of landslide hazard using logistic regression and ROC analysis, Trans GIS, 10, 3, 395-415.
- Gökçeoğlu, C. ve Ercanoğlu, M., 2001. Heyelan Duyarlılık Haritalarının Hazırlanmasında Kullanılan Parametrelere İlişkin Belirsizlikler, Yerbilimleri Dergisi, 22, 23, 189-206.
- 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.
- Gürgen, G., 1997. Şebinkarahisar-Alucra Çevresinde Volkanik Şekiller, Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi, 6, 149-161.
- Harrison, M., Gibson, A., Forster, A., Entwisle, D. ve Wildman, G., 2008. GIS-based landslide assessment, Glasgow, Scotland.
- Hasekioğulları, G., D., 2010. Heyelan Duyarlılık Haritalarının Üretilmesinde Parametre Etkilerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Hepdeniz, K., ve Soyaslan, İ., 2018. CBS ve Frekans Oranı Yöntemi Kullanılarak Isparta-Burdur Dağ Yolu Heyelan Duyarlılığının Değerlendirilmesi, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9, 2, 179-186.
- Hovius, N., Stark, C., P. ve Allen, P., A., 1997. Sediment flux from a mountain belt derived by landslide mapping, Geology, 25, 231-234.
- Jadda, M., Shafri, H., Z., M., Mansor, S., B., Sharifikia, M. ve Pirasteh, S., 2009. Landslide Susceptibility Evaluation and Factor Effect Analysis Using Probabilistic-Frequency Ratio Model, European Journal of Scientific Research, 33, 4, 654-668.
- Kavas, E., 2009. Analitik Hiyerarşik Süreç Yöntemiyle İzmir İlinde Heyelan Duyarlılığının Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı İncelenmesi, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi (CBS2009), Kasım, İzmir.
- Keskin, İ., 2006. Şebinkarahisar (Giresun) Yöresindeki Kaya Şevlerinin Duraylılığının Kinematik Analizi Ve Yapısal Yaklaşım. Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.
- Konar, A., 2005. Computational Intelligence: Principles, Techniques and Applications, Springer, 125-138.

- Valvo, M., 2002. Landslides: From Inventory To Risk, In: Rybar, J., Stemnerk, J., Wagner, P., (Eds.), *Landslides, Proc. Of The I Eci*, Prague, Cz. Rep, June Balkema, Netherland, 79-93.
- Lee, S. ve Min, K., 2001. Statistical analyses of landslide susceptibility at Yongin, Korea. *Environmental Geology*, 40, 9, 1095–1113.
- Lee, S., Choi, J. ve Min, K., 2004. Landslide Hazard Mapping Using GIS And Remote Sensing Data At Boun, Korea, *International Journal of Remote Sensing*, 25, 2037-2052.
- Lee, S., Choi, J. ve Min, K., 2004. Probabilistic landslide hazard mapping using GIS and remote sensing data at Boun, Korea, *International Journal of Remote Sensing*, 25, 11, 2037-2052.
- Lee, S., 2005. Application Of Logistic Regression Model And Its Validation For Landslide Susceptibility Mapping Using GIS And Remote Sensing Data Journals, *International Journal Of Remote Sensing*, 26, 7, 14771491.
- Lee, S. ve Evangelista, D., G., 2005. Landslide Susceptibility Mapping using Probability And Statistics Models in Baguio City, Philippines, 31st International Symposium on Remote Sensing of Environment, Saint Petersburg, Russia.
- Malczewski, J., 1999. GIS and multicriteria decision analysis. *Wiley*, New York.
- Nandi, A. ve Shakoor, A., 2009. A GIS-based landslide susceptibility evaluation using bivariate and multivariate statistical analyses, *Engineering Geology*, 110, 11-20
- Özdemir, H., 2007. Havran Çayı Havzasının (Balıkesir) CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Taşkın ve Heyelan Risk Analizi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, İstanbul.
- Özşahin, E., 2014. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Ve Analitik Hiyerarşi Süreci (Ahs) Kullanılarak Antakya (Hatay) Şehri'nde Kütle Hareketleri Duyarlılığının Değerlendirmesi, *Ege Coğrafya Dergisi*, 23, 2, 19-35.
- Özşahin, E., 2015. Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Heyelan Duyarlılık Analizi: Ganos Dağı Örneği (Tekirdağ), *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7, 1, 47-63.
- Pantha, B., R., Yatabe, R. ve Bhandary, N., P., 2008. GIS-Based Landslide Susceptibility Zonation For Roadside Slope Repair And Maintenance in The Himalayan Region, *Episodes*, 31, 4, 384-391.
- Reis, S., Bayrak, T., Yalçın, A., Atasoy, M., Nişancı, R., ve Ekercin, S., 2008. Rize Bölgesinde Yağış Heyelan İlişkisi, *HKMO Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 99, 5-9.

- Reis, S., Yalçın, A., Atasoy, M., Nişancı, R., Bayrak, T., Sancar, C. ve Ekercin, S., 2009. CBS ve Uzaktan Algılama Teknikleri ile Heyelan Duyarlılık Haritalarının Üretimi: Rize İli Örneği, Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği V. Teknik Sempozyumu, Şubat, Ankara.
- Roering, J., J., Kirchner, J., W., ve Dietrich, W., E., 2005. Characterizing structural and Lithologic controls on deep-seated landsliding: Implications for topographic relief And landscape evolution in the Oregon Coast Range, USA, Geological Society of America Bulletin, 117, 654-668.
- Saaty, T., L., 1994. "How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process", Interfaces, 24, 6, 19-43.
- Saaty, T., L., 1980. The analytical hierarchy process, McGraw Hill, New York.
- Schuster, R., L., 1996. Socioeconomic significance of landslides. In: Turner, A. K., Schuster, R. L. (eds.), Landslides, Investigation and Mitigation. Transportation Research Board Special Report, 247, National Academy Press, Washington, D. C., 12-36.
- Soeters, R. ve van Westen, C., J., 1996. Slope Instability Recognition Analysis and Zonation. In: Turner K.T. and Schuster, R.L., Eds., Landslides: Investigation and Mitigation, Transportation Research Board National Research Council, Special Report No. 247, Washington DC, 129-177.
- Sweets, J.A., 1988. Measuring the accuracy of diagnostic systems, Science, 240, 1285-1293.
- URL-1, <https://www.afad.gov.tr/tr/3497/Haritalar>, 01 Nisan 2019.
- URL-2, www.resmigazete.gov.tr > eskiler > 2014/07, 01 Nisan 2019.
- URL-3, <https://www.afad.gov.tr/tr/26578/>, 01 Nisan 2019.
- URL-4, <http://corine.ormansu.gov.tr/corineportal/nedir.html>, 01 Nisan 2019.
- URL-5, <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>, 01 Nisan 2019.
- URL-6, <http://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/yenilenmis-diri-fay-haritalari>, 01 Nisan 2019
- Vahidnia, M., H., Alesheikh, A., A., Alimohammadi, A. ve Hosseinali, F., 2010. A GIS-Based Neuro-Fuzzy Procedure For Integrating Knowledge and Data in Landslide Susceptibility Mapping, Computers & Geosciences, 36, 1101–1114.
- Williams, C.J., Lee, S.S., Fisher, R.A. ve Dickerman, L.H. 1999. A comparison of statistical Methods for prenatal screening for Down syndrome, Applied Stochastic Models and Data Analysis, 15, 89-101.
- 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

- Yılmaz, G., 2006. Şehir Coğrafyası Açısından Şebinkarahisar, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Yılmaz, I., 2009. Landslide susceptibility mapping using frequency ratio, logistic regression, artificial neural networks and their comparison: A case study from Kat landslides (Tokat-Turkey), Computers & Geosciences, 35, 6, 1125-1138.
- Yılmaz, İ., 2010. Comparison of Landslide Susceptibility Mapping Methodologies For Koyulhisar, Turkey: Conditional Probability, Logistic Regression, Artificial Neural Networks, and Support Vector Machine, Environmental Earth Sciences, 61, 4, 821-836.
- Yürüdü, E., 1998. Şebinkarahisar ve Çevresinin Coğrafi Etüdü, Doktora Tezi, Atatürk Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum.



6. EKLER

EK 1

Frekans Oranı Yöntemi ile üretilen heyelan duyarlılık haritasını erkileyen 10 adet parametreye ait frekans bilgileri.

SYM(YÜKSEKLİK) 1-	Analize giren Bu Aralıktaki Heyelanlı Pixel sayısı		Çalışma Alanı İçinde Bu Aralıkta Olan Toplam Pixel Sayısı		Analize giren heyelanların toplam Pixel Sayısı		Çalışma Alanındaki Toplam Pixel Sayısı	
	HP	AP	THP	TP	FR	NFR	NFR*100	
743.219-927 → (1)	1	6836	118805	110127	2174554	1.136171	0.481864	48
927-1127 → (2)	2	29738	249040			2.357866	1.000000	100
1127-1327 → (3)	3	31058	278144			2.204856	0.935107	94
1327-1527 → (4)	4	31270	324778			1.901156	0.806304	81
1527-1727 → (5)	5	8433	349318			0.476692	0.202171	20
1727-1927 → (6)	6	2507	310488			0.159436	0.067619	7
1927-2127 → (7)	7	285	285461			0.019714	0.008361	1
2127-2327 → (8)	8	0	135451			0.000000	0.000000	0
2327-2527 → (9)	9	0	86787			0.000000	0.000000	0
2527-2727 → (10)	10	0	28672			0.000000	0.000000	0
2727-2927 → (11)	11	0	7468			0.000000	0.000000	0
2927-3127 → (12)	12	0	142			0.000000	0.000000	0

CRV(EĞRİLİK) -2	HP	AP	THP	TP	FR	NFR	NFR*100	
-5.239453 --1 → (1)	1	1744	75019	110127	2174554	0.459041	0.384657	38
-1 --0.5 → (2)	2	10589	228710			0.914210	0.766069	77
-0.5 - 0 → (3)	3	46431	768256			1.193379	1.000000	100
0 - 0.5 → (4)	4	42359	799691			1.045923	0.876438	88
0.5 - 1 → (5)	5	7878	240698			0.646279	0.541554	54
1 - 8.133653 → (6)	6	1126	62180			0.357572	0.299630	30

ASP(BAKI) -3		HP	AP	THP	TP	FR	NFR	NFR*100
-1 - 0 → (1)-FLAT	1	0	2	110127	2174554	0.000000	0.000000	0
0 – 22.5 → (2)-KUZEY	2	16080	204367			1.553645	1.000000	100
22.5 - 67.5 → (3)-KUZEYDOĞU	3	10684	206463			1.021805	0.657683	66
67.5 – 112.5 → (4)-DOĞU	4	10175	270172			0.743653	0.478651	48
112.5 – 157.5 → (5)-GÜNEYDOĞU	5	11574	309905			0.737448	0.474657	47
157.5 – 202.5 → (6)-GÜNEY	6	16745	352240			0.938691	0.604187	60
202.5 – 247.5 → (7)-GÜNEYBATI	7	12909	288332			0.884049	0.569016	57
247.5 – 292.5 → (8)-BATI	8	14719	296303			0.980886	0.631345	63
292.5 – 337.5 → (9)-KUZEYBATI	9	17241	246770			1.379579	0.887963	89
337.5 – 360 → (10)-KUZEY	10	0	0			1.553645	1.000000	100

İKİ KUZEY OLDUĞU İÇİN İKİ KUZEYDE ÇIKAN PİKSEL DEĞERLERİ TOPLANDI. BİR KUZEYE DAHİL EDİLDİ. 2 NOLU KUZEYDEKİ PİKSEL DEĞERLER, 2 VE 10 DAKİ KUZEY PİKSEL DEĞERLERİN TOPLAMIDIR. 10 NOLU KUZEYE ELLE SIFIR DEĞER YAZILDI VE FREKANSINADA 2 NOLU KUZEYDE ÇIKAN FREKANS DEĞERİNİN AYNISI YAZILDI. SONUÇTA İKİ KUZEYİN NFR*100 'Ü 100 OLMUŞ OLDU.

SLP(EĞİM) 4		HP	AP	THP	TP	FR	NFR	NFR*100
0-6	1	13509	190966	110127	2174554	1.396830	0.792285	79
6-12	2	45087	504970			1.763040	1.000000	100
12-18	3	34192	508330			1.328175	0.753343	75
18-24	4	12968	419387			0.610569	0.346316	35
24-30	5	3384	323688			0.206433	0.117090	12
30-36	6	701	177916			0.077800	0.044128	4
36-42	7	233	41271			0.111478	0.063230	6
42-48	8	53	6677			0.156737	0.088901	9
48-54	9	0	1133			0.000000	0.000000	0
54-61	10	0	216			0.000000	0.000000	0

JEOLOJİ -5

		HP	AP	THP	TP	FR	NFR	NFR*100
GÖL	136	91	5426	110125	2174482	0.331155	0.115093	12
ANDEZİT	137	1560	48142			0.639838	0.222375	22
KİREÇTAŞI	138	735	17627			0.823339	0.286151	29
ÇAKILTAŞI- KUMTAŞI- ÇAMURTAŞI	139	93444	641265			2.877291	1.000000	100
VOLKANİT-ÇÖKEL KAYA	140	8083	554639			0.287761	0.100011	10
GRANİTOYIT	141	21	148892			0.002785	0.000968	0
ALÜVYON	142	955	37302			0.505523	0.175694	18
ANDEZİT-BAZALT- PIROKLASTİK KAYA	143	1042	519389			0.039614	0.013768	1
KUMTASI- ÇAMURTASI- KİREÇTASI	144	268	26212			0.201885	0.070165	7
TRAVERTEN	145	0	95			0.000000	0.000000	0
ANDEZİT-BAZALT	146	699	24599			0.561086	0.195005	20
DASİT	147	1624	72722			0.440951	0.153252	15
GRANİT	148	1407	33709			0.824173	0.286440	29
ANDEZİT-TRAKİT	149	196	41355			0.093583	0.032525	3
BAZALT	150	0	3049			0.000000	0.000000	0
SERPANTİNİT- GABRO	151	0	59			0.000000	0.000000	0

**YOLA
YAKINLIK**

-6		HP	AP	THP	TP	FR	NFR	NFR*100
0-700	1	91314	1318005	110127	2174554	1.368033	1.000000	100
700-1400	2	15994	465880			0.677890	0.495522	50
1400-2100	3	1963	180147			0.215164	0.157280	16
2100-2800	4	291	71870			0.079951	0.058442	6
2800-3500	5	197	41967			0.092690	0.067754	7
3500-4200	6	368	32938			0.220611	0.161261	16
4200-4900	7	0	23570			0.000000	0.000000	0
4900-5600	8	0	14928			0.000000	0.000000	0
5600-6300	9	0	8121			0.000000	0.000000	0
6300-7000	10	0	4599			0.000000	0.000000	0
7000-7700	11	0	3961			0.000000	0.000000	0
7700-8400	12	0	3625			0.000000	0.000000	0
8400-9100	13	0	2974			0.000000	0.000000	0
9100-9900	14	0	1969			0.000000	0.000000	0

**ARSUYA ve
DRENAJ
AĞLARINA
YAKINLIK -7**

		HP	AP	THP	TP	FR	NFR	NFR*100
0-400	1	34594	611678	110113	2174554	1.116888	0.983056	98
400-800	2	30106	523303			1.136139	1.000000	100
800-1200	3	21856	421470			1.024084	0.901372	90
1200-1600	4	14323	309705			0.913308	0.803870	80
1600-2000	5	7157	179770			0.786222	0.692013	69
2000-2400	6	1373	88805			0.305327	0.268741	27
2400-2800	7	677	30898			0.432703	0.380854	38
2800-3200	8	27	6989			0.076292	0.067150	7
3200-3600	9	0	1568			0.000000	0.000000	0
3600-4000	10	0	368			0.000000	0.000000	0

FAYA

YAKINLIK -8

		HP	AP	THP	TP	FR	NFR	NFR*100
0-1900	1	64172	738125	110127	2174554	1.716691	1.000000	100
1900-3800	2	29742	451283			1.301360	0.758063	76
3800-5700	3	13685	329107			0.821077	0.478291	48
5700-7600	4	2528	211293			0.236248	0.137618	14
7600-9500	5	0	119767			0.000000	0.000000	0
9500-11400	6	0	103840			0.000000	0.000000	0
11400-13300	7	0	93534			0.000000	0.000000	0
13300-15200	8	0	73381			0.000000	0.000000	0
15200-17100	9	0	37603			0.000000	0.000000	0
17100-19500	10	0	16621			0.000000	0.000000	0

ARAZİ**KULLANIM -9**

		HP	AP	THP	TP	FR	NFR	NFR*100
				110127	2174582			
MERALAR	1	0	657			0.000000	0.000000	0
KARIŞIK ORMANLAR	2	706	50051			0.278531	0.081226	8
SU YOLLARI	3	0	37			0.000000	0.000000	0
SULANMAYAN EKİLEBİLİR ALANLAR	4	19540	121712			3.170101	0.924477	92
BİTKİ DEĞİŞİM ALANLARI	5	11271	348779			0.638108	0.186087	19
SEYREK BİTKİ ALANLARI	6	12937	505901			0.504952	0.147256	15
ÇIPLAK KAYALIKLAR	7	605	44058			0.271152	0.079074	8
KARIŞIK TARIM ALANLARI	8	14105	136083			2.046686	0.596862	60
ENDÜSTRİYEL VEYA TİCARİ BİRİMLER	9	0	411			0.000000	0.000000	0
İĞNE YAPRAKLI ORMANLAR	10	518	82961			0.123293	0.035955	4
DOĞAL ÇAYIRLIK	11	17146	477783			0.708621	0.206651	21
SAHİL KUMLUKLAR KUMSALLAR	12	17	3691			0.090947	0.026522	3
SU KÜTLELERİ	13	226	39664			0.112511	0.032811	3
KESİKLİ ŞEHİR YAPISI	14	0	2595			0.000000	0.000000	0
SÜREKLİ SULANAN ALANLAR	15	14866	85605			3.429075	1.000000	100
DOĞAL BİTKİ ÖRTÜSÜ İLE BULUNAN TARIM ALANLARI	16	18050	216449			1.646659	0.480205	48
GENİŞ YAPRAKLI ORMANLAR	17	140	58145			0.047544	0.013865	1

**TOPOĞRAFİK
NEMLİLİK
İNDEKSİ (TWI) -
10**

		HP	AP	THP	TP	FR	NFR	NFR*100
(-0,472858-0)	1	0	352			0.000000	0.000000	0
0-4	2	65741	1464746			0.881103	0.589970	59
4-8	3	23789	312703			1.493471	1.000000	100
8-12	4	3550	50386			1.383156	0.926135	93
12-16	5	216	3350			1.265790	0.847549	85

HEYELAN ENVANTER HARİTASINDA BULUNAN 267 ADET HEYELAN POLİGONUNUN %80'İ MODEL İÇİN %20'Sİ SINAMA İÇİN AYRILMIŞTIR. BAŞLANGIÇTA ANALİZİ %80 (214 ADET HEYELAN) ÜZERİNDEN YAPILDI. %20 (53 ADET HEYELAN) SONUÇTA DUYARLILIK HARİTASININ DOĞRULUĞUNU TEST ETMEK AMACIYLA SINAMA ADI ALTINDA AYRILMIŞTIR.

1.DERECE 0
2.DERECE 64
3.DERECE 1859
4.DERECE 13962
5.DERECE 5750
21635

DOĞRULUK ORANI 0.91
1.00

KAPALI ALNLAR İÇİNDE KALAN 4. VE 5. DERECE PİXELLER : 0.91
KAPALI ALNLAR İÇİNDE KALAN 3.,4. VE 5. DERECE PİXELLER : 1.00

DOĞRULUK ORANI : % 91

EK 2

Frekans Oranı Yöntemi ile üretilen heyelan duyarlılık haritasının doğruluğunu belirlemek için yapılan ROC Analiz Sonucu.

Result of ROC**

=====

AUC = 0.865

The following section list detailed statistics for each threshold.

With each threshold, the following 2x2 contingency table is calculated

		Reality (reference image)					
		1	0				
Simulated by threshold	1	A(number of cells)	B(number of cells)				
	0	C	D				
For the given reference image:		A+C=1968343		B+D=1182574			
No.	Exp. Thrhlds(%)	Act. Thrhlds(%)	Act. raw cuts	A	True posi.(%)	B	False posi.(%)
1	0.0000	0.0000	0.0000	0	0.0000	0	0.0000
2	1.0000	1.0000	5.0000	0	0.0000	31510	2.6645
3	2.0000	2.0000	5.0000	0	0.0000	63019	5.3290
4	3.0000	3.0000	5.0000	0	0.0000	94529	7.9935
5	4.0000	4.0000	5.0000	0	0.0000	126038	10.6579
6	5.0000	5.0000	5.0000	0	0.0000	157547	13.3224
7	6.0000	6.0000	1.0000	25687	1.3050	163369	13.8147
8	7.0000	7.0000	1.0000	57196	2.9058	163369	13.8147
9	8.0000	8.0000	1.0000	88705	4.5066	163369	13.8147
10	9.0000	9.0000	1.0000	120215	6.1074	163369	13.8147
11	10.0000	10.0000	1.0000	151724	7.7082	163369	13.8147
12	11.0000	11.0000	1.0000	183233	9.3090	163369	13.8147
13	12.0000	12.0000	1.0000	214742	10.9098	163369	13.8147
14	13.0000	13.0000	1.0000	246251	12.5106	163369	13.8147
15	14.0000	14.0000	1.0000	277760	14.1114	163369	13.8147
16	15.0000	15.0000	1.0000	309270	15.7122	163369	13.8147
17	16.0000	16.0000	1.0000	340779	17.3130	163369	13.8147
18	17.0000	17.0000	1.0000	372288	18.9138	163369	13.8147
19	18.0000	18.0000	1.0000	403797	20.5146	163369	13.8147
20	19.0000	19.0000	1.0000	435306	22.1154	163369	13.8147
21	20.0000	20.0000	1.0000	466815	23.7161	163369	13.8147
22	21.0000	21.0000	1.0000	498325	25.3170	163369	13.8147
23	22.0000	22.0000	1.0000	529834	26.9178	163369	13.8147
24	23.0000	23.0000	1.0000	561343	28.5186	163369	13.8147
25	24.0000	24.0000	1.0000	592852	30.1193	163369	13.8147
26	25.0000	25.0000	1.0000	624361	31.7201	163369	13.8147
27	26.0000	26.0000	1.0000	655870	33.3209	163369	13.8147
28	27.0000	27.0000	1.0000	687380	34.9218	163369	13.8147
29	28.0000	28.0000	1.0000	718889	36.5225	163369	13.8147
30	29.0000	29.0000	1.0000	750398	38.1233	163369	13.8147
31	30.0000	30.0000	1.0000	781907	39.7241	163369	13.8147

32	31.0000	31.0000	1.0000	813416	41.3249	163369	13.8147
33	32.0000	32.0000	1.0000	844925	42.9257	163369	13.8147
34	33.0000	33.0000	1.0000	876435	44.5265	163369	13.8147
35	34.0000	34.0000	1.0000	907944	46.1273	163369	13.8147
36	35.0000	35.0000	1.0000	939453	47.7281	163369	13.8147
37	36.0000	36.0000	1.0000	970962	49.3289	163369	13.8147
38	37.0000	37.0000	1.0000	1002471	50.9297	163369	13.8147
39	38.0000	38.0000	1.0000	1033980	52.5305	163369	13.8147
40	39.0000	39.0000	1.0000	1065490	54.1313	163369	13.8147
41	40.0000	40.0000	1.0000	1096999	55.7321	163369	13.8147
42	41.0000	41.0000	1.0000	1128508	57.3329	163369	13.8147
43	42.0000	42.0000	1.0000	1160017	58.9337	163369	13.8147
44	43.0000	43.0000	1.0000	1191526	60.5345	163369	13.8147
45	44.0000	44.0000	1.0000	1223035	62.1353	163369	13.8147
46	45.0000	45.0000	1.0000	1254545	63.7361	163369	13.8147
47	46.0000	46.0000	1.0000	1286054	65.3369	163369	13.8147
48	47.0000	47.0000	1.0000	1317563	66.9377	163369	13.8147
49	48.0000	48.0000	1.0000	1349072	68.5385	163369	13.8147
50	49.0000	49.0000	1.0000	1380581	70.1393	163369	13.8147
51	50.0000	50.0000	1.0000	1412090	71.7400	163369	13.8147
52	51.0000	51.0000	1.0000	1443600	73.3409	163369	13.8147
53	52.0000	52.0000	1.0000	1475109	74.9417	163369	13.8147
54	53.0000	53.0000	1.0000	1506618	76.5424	163369	13.8147
55	54.0000	54.0000	1.0000	1538127	78.1432	163369	13.8147
56	55.0000	55.0000	1.0000	1569636	79.7440	163369	13.8147
57	56.0000	56.0000	1.0000	1601146	81.3449	163369	13.8147
58	57.0000	57.0000	1.0000	1632655	82.9457	163369	13.8147
59	58.0000	58.0000	1.0000	1664164	84.5464	163369	13.8147
60	59.0000	59.0000	1.0000	1695673	86.1472	163369	13.8147
61	60.0000	60.0000	1.0000	1727182	87.7480	163369	13.8147
62	61.0000	61.0000	1.0000	1758691	89.3488	163369	13.8147
63	62.0000	62.0000	1.0000	1790201	90.9496	163369	13.8147
64	63.0000	63.0000	1.0000	1821710	92.5504	163369	13.8147
65	64.0000	64.0000	1.0000	1853219	94.1512	163369	13.8147
66	65.0000	65.0000	1.0000	1884728	95.7520	163369	13.8147
67	66.0000	66.0000	1.0000	1916237	97.3528	163369	13.8147
68	67.0000	67.0000	1.0000	1947746	98.9536	163369	13.8147
69	68.0000	68.0000	0.0000	1968343	100.0000	174282	14.7375
70	69.0000	69.0000	0.0000	1968343	100.0000	205791	17.4020
71	70.0000	70.0000	0.0000	1968343	100.0000	237300	20.0664
72	71.0000	71.0000	0.0000	1968343	100.0000	268809	22.7308
73	72.0000	72.0000	0.0000	1968343	100.0000	300318	25.3953
74	73.0000	73.0000	0.0000	1968343	100.0000	331827	28.0597
75	74.0000	74.0000	0.0000	1968343	100.0000	363337	30.7243
76	75.0000	75.0000	0.0000	1968343	100.0000	394846	33.3887
77	76.0000	76.0000	0.0000	1968343	100.0000	426355	36.0531
78	77.0000	77.0000	0.0000	1968343	100.0000	457864	38.7176
79	78.0000	78.0000	0.0000	1968343	100.0000	489373	41.3820
80	79.0000	79.0000	0.0000	1968343	100.0000	520882	44.0465
81	80.0000	80.0000	0.0000	1968343	100.0000	552392	46.7110
82	81.0000	81.0000	0.0000	1968343	100.0000	583901	49.3754
83	82.0000	82.0000	0.0000	1968343	100.0000	615410	52.0399
84	83.0000	83.0000	0.0000	1968343	100.0000	646919	54.7043
85	84.0000	84.0000	0.0000	1968343	100.0000	678428	57.3688
86	85.0000	85.0000	0.0000	1968343	100.0000	709937	60.0332
87	86.0000	86.0000	0.0000	1968343	100.0000	741447	62.6977
88	87.0000	87.0000	0.0000	1968343	100.0000	772956	65.3622
89	88.0000	88.0000	0.0000	1968343	100.0000	804465	68.0266
90	89.0000	89.0000	0.0000	1968343	100.0000	835974	70.6911

91	90.0000	90.0000	0.0000	1968343	100.0000	867483	73.3555
92	91.0000	91.0000	0.0000	1968343	100.0000	898992	76.0199
93	92.0000	92.0000	0.0000	1968343	100.0000	930502	78.6845
94	93.0000	93.0000	0.0000	1968343	100.0000	962011	81.3489
95	94.0000	94.0000	0.0000	1968343	100.0000	993520	84.0133
96	95.0000	95.0000	0.0000	1968343	100.0000	1025029	86.6778
97	96.0000	96.0000	0.0000	1968343	100.0000	1056538	89.3422
98	97.0000	97.0000	0.0000	1968343	100.0000	1088047	92.0067
99	98.0000	98.0000	0.0000	1968343	100.0000	1119557	94.6712
100	99.0000	99.0000	0.0000	1968343	100.0000	1151066	97.3356
101	100.0000	100.0000	0.0000	1968343	100.0000	1182574	100.0000

** For the given reference image, the following seven statistics are the same for all thresholds. The unit of each statistic is the proportion correct attributable to a combination of information of location and quantity.

No info of location and no info of quantity: $N(n) = 0.5000$
Perfect info of location and perfect info of quantity: $P(p) = 1.0000$
Perfect info of location and no info of quantity: $P(n) = 0.8753$
No info of location and perfect info of quantity: $N(p) = 0.5311$

No info of location and no info of quantity: PerfectChance = 0.5000
No info of location and perfect info of quantity: PerfectQuantity = 0.0311
Perfect info of location given no info of quantity: PerfectLocation = 0.4689

No.	M(m)	N(m)	P(m)	M(p)	M(n)
1	0.3753	0.3753	0.3753	0.5311	0.5000
2	0.3653	0.3778	0.3853	0.5311	0.5000
3	0.3553	0.3803	0.3953	0.5311	0.5000
4	0.3453	0.3828	0.4053	0.5311	0.5000
5	0.3353	0.3853	0.4153	0.5311	0.5000
6	0.3253	0.3878	0.4253	0.5311	0.5000
7	0.3316	0.3903	0.4353	0.5311	0.5000
8	0.3416	0.3928	0.4453	0.5311	0.5000
9	0.3516	0.3953	0.4553	0.5311	0.5000
10	0.3616	0.3978	0.4653	0.5311	0.5000
11	0.3716	0.4002	0.4753	0.5311	0.5000
12	0.3816	0.4027	0.4853	0.5311	0.5000
13	0.3916	0.4052	0.4953	0.5311	0.5000
14	0.4016	0.4077	0.5053	0.5311	0.5000
15	0.4116	0.4102	0.5153	0.5373	0.5050
16	0.4216	0.4127	0.5253	0.5681	0.5297
17	0.4316	0.4152	0.5353	0.5951	0.5513
18	0.4416	0.4177	0.5453	0.6190	0.5703
19	0.4516	0.4202	0.5553	0.6401	0.5873
20	0.4616	0.4227	0.5653	0.6591	0.6024
21	0.4716	0.4252	0.5753	0.6761	0.6161
22	0.4816	0.4277	0.5853	0.6915	0.6284
23	0.4916	0.4302	0.5953	0.7056	0.6396
24	0.5016	0.4327	0.6053	0.7184	0.6499
25	0.5116	0.4352	0.6153	0.7301	0.6593
26	0.5216	0.4377	0.6253	0.7409	0.6679
27	0.5316	0.4401	0.6353	0.7509	0.6759
28	0.5416	0.4426	0.6453	0.7601	0.6833

29	0.5516	0.4451	0.6553	0.7687	0.6901
30	0.5616	0.4476	0.6653	0.7766	0.6965
31	0.5716	0.4501	0.6753	0.7841	0.7025
32	0.5816	0.4526	0.6853	0.7910	0.7081
33	0.5916	0.4551	0.6953	0.7976	0.7133
34	0.6016	0.4576	0.7053	0.8037	0.7182
35	0.6116	0.4601	0.7153	0.8095	0.7228
36	0.6216	0.4626	0.7253	0.8149	0.7272
37	0.6316	0.4651	0.7353	0.8201	0.7313
38	0.6416	0.4676	0.7453	0.8249	0.7352
39	0.6516	0.4701	0.7553	0.8295	0.7389
40	0.6616	0.4726	0.7653	0.8339	0.7424
41	0.6716	0.4751	0.7753	0.8381	0.7457
42	0.6816	0.4776	0.7853	0.8420	0.7489
43	0.6916	0.4800	0.7953	0.8458	0.7519
44	0.7016	0.4825	0.8053	0.8494	0.7547
45	0.7116	0.4850	0.8153	0.8528	0.7575
46	0.7216	0.4875	0.8253	0.8560	0.7601
47	0.7316	0.4900	0.8353	0.8592	0.7626
48	0.7416	0.4925	0.8453	0.8622	0.7650
49	0.7516	0.4950	0.8553	0.8650	0.7673
50	0.7616	0.4975	0.8653	0.8678	0.7695
51	0.7716	0.5000	0.8753	0.8704	0.7716
52	0.7816	0.5025	0.8853	0.8730	0.7736
53	0.7916	0.5050	0.8953	0.8754	0.7756
54	0.8016	0.5075	0.9053	0.8778	0.7775
55	0.8116	0.5100	0.9153	0.8800	0.7793
56	0.8216	0.5125	0.9253	0.8822	0.7810
57	0.8316	0.5150	0.9353	0.8843	0.7827
58	0.8416	0.5175	0.9453	0.8864	0.7843
59	0.8516	0.5200	0.9553	0.8883	0.7859
60	0.8616	0.5224	0.9653	0.8902	0.7874
61	0.8716	0.5249	0.9753	0.8920	0.7889
62	0.8816	0.5274	0.9853	0.8938	0.7903
63	0.8916	0.5299	0.9953	0.8955	0.7917
64	0.9016	0.5324	0.9947	0.9056	0.7997
65	0.9116	0.5349	0.9847	0.9238	0.8143
66	0.9216	0.5374	0.9747	0.9431	0.8298
67	0.9316	0.5399	0.9647	0.9635	0.8461
68	0.9416	0.5424	0.9547	0.9851	0.8634
69	0.9447	0.5449	0.9447	1.0000	0.8753
70	0.9347	0.5474	0.9347	1.0000	0.8753
71	0.9247	0.5499	0.9247	1.0000	0.8753
72	0.9147	0.5524	0.9147	1.0000	0.8753
73	0.9047	0.5549	0.9047	1.0000	0.8753
74	0.8947	0.5574	0.8947	1.0000	0.8753
75	0.8847	0.5599	0.8847	1.0000	0.8753
76	0.8747	0.5623	0.8747	1.0000	0.8753
77	0.8647	0.5648	0.8647	1.0000	0.8753
78	0.8547	0.5673	0.8547	1.0000	0.8753
79	0.8447	0.5698	0.8447	1.0000	0.8753
80	0.8347	0.5723	0.8347	1.0000	0.8753
81	0.8247	0.5748	0.8247	1.0000	0.8753
82	0.8147	0.5773	0.8147	1.0000	0.8753
83	0.8047	0.5798	0.8047	1.0000	0.8753
84	0.7947	0.5823	0.7947	1.0000	0.8753
85	0.7847	0.5848	0.7847	1.0000	0.8753
86	0.7747	0.5873	0.7747	1.0000	0.8753
87	0.7647	0.5898	0.7647	1.0000	0.8753

88	0.7547	0.5923	0.7547	1.0000	0.8753
89	0.7447	0.5948	0.7447	1.0000	0.8753
90	0.7347	0.5973	0.7347	1.0000	0.8753
91	0.7247	0.5998	0.7247	1.0000	0.8753
92	0.7147	0.6022	0.7147	1.0000	0.8753
93	0.7047	0.6047	0.7047	1.0000	0.8753
94	0.6947	0.6072	0.6947	1.0000	0.8753
95	0.6847	0.6097	0.6847	1.0000	0.8753
96	0.6747	0.6122	0.6747	1.0000	0.8753
97	0.6647	0.6147	0.6647	1.0000	0.8753
98	0.6547	0.6172	0.6547	1.0000	0.8753
99	0.6447	0.6197	0.6447	1.0000	0.8753
100	0.6347	0.6222	0.6347	1.0000	0.8753
101	0.6247	0.6247	0.6247	0.5311	0.5000

No.	Kno	Klocation	Kquantity	Kstandard
-----	-----	-----------	-----------	-----------

1	-0.249	0.000	-4.010	0.000
2	-0.269	-1.664	-4.332	-0.020
3	-0.289	-1.664	-4.653	-0.040
4	-0.309	-1.664	-4.975	-0.061
5	-0.329	-1.664	-5.296	-0.081
6	-0.349	-1.664	-5.618	-0.102
7	-0.337	-1.302	-5.415	-0.096
8	-0.317	-0.974	-5.094	-0.084
9	-0.297	-0.727	-4.772	-0.072
10	-0.277	-0.535	-4.450	-0.060
11	-0.257	-0.381	-4.129	-0.048
12	-0.237	-0.256	-3.807	-0.035
13	-0.217	-0.151	-3.486	-0.023
14	-0.197	-0.063	-3.164	-0.010
15	-0.177	0.013	-2.887	0.002
16	-0.157	0.079	-2.807	0.015
17	-0.137	0.137	-2.727	0.028
18	-0.117	0.187	-2.647	0.041
19	-0.097	0.233	-2.566	0.054
20	-0.077	0.273	-2.486	0.067
21	-0.057	0.309	-2.406	0.081
22	-0.037	0.342	-2.326	0.094
23	-0.017	0.372	-2.246	0.108
24	0.003	0.399	-2.165	0.122
25	0.023	0.424	-2.085	0.135
26	0.043	0.447	-2.005	0.149
27	0.063	0.469	-1.925	0.163
28	0.083	0.488	-1.845	0.178
29	0.103	0.507	-1.764	0.192
30	0.123	0.524	-1.684	0.206
31	0.143	0.540	-1.604	0.221
32	0.163	0.554	-1.524	0.236
33	0.183	0.568	-1.444	0.251
34	0.203	0.581	-1.363	0.266
35	0.223	0.594	-1.283	0.281
36	0.243	0.605	-1.203	0.296
37	0.263	0.616	-1.123	0.311
38	0.283	0.627	-1.043	0.327
39	0.303	0.636	-0.962	0.343
40	0.323	0.646	-0.882	0.358
41	0.343	0.655	-0.802	0.374

42	0.363	0.663	-0.722	0.391
43	0.383	0.671	-0.642	0.407
44	0.403	0.679	-0.561	0.423
45	0.423	0.686	-0.481	0.440
46	0.443	0.693	-0.401	0.457
47	0.463	0.700	-0.321	0.474
48	0.483	0.706	-0.241	0.491
49	0.503	0.712	-0.160	0.508
50	0.523	0.718	-0.080	0.526
51	0.543	0.724	0.000	0.543
52	0.563	0.729	0.080	0.561
53	0.583	0.734	0.160	0.579
54	0.603	0.739	0.241	0.597
55	0.623	0.744	0.321	0.616
56	0.643	0.749	0.401	0.634
57	0.663	0.753	0.481	0.653
58	0.683	0.758	0.561	0.672
59	0.703	0.762	0.642	0.691
60	0.723	0.766	0.722	0.710
61	0.743	0.770	0.802	0.730
62	0.763	0.774	0.882	0.749
63	0.783	0.777	0.962	0.769
64	0.803	0.799	0.962	0.790
65	0.823	0.838	0.889	0.810
66	0.843	0.879	0.811	0.831
67	0.863	0.922	0.728	0.851
68	0.883	0.968	0.642	0.872
69	0.889	1.000	0.556	0.878
70	0.869	1.000	0.476	0.856
71	0.849	1.000	0.396	0.833
72	0.829	1.000	0.316	0.809
73	0.809	1.000	0.236	0.786
74	0.789	1.000	0.155	0.762
75	0.769	1.000	0.075	0.738
76	0.749	1.000	-0.005	0.714
77	0.729	1.000	-0.085	0.689
78	0.709	1.000	-0.165	0.664
79	0.689	1.000	-0.246	0.639
80	0.669	1.000	-0.326	0.613
81	0.649	1.000	-0.406	0.588
82	0.629	1.000	-0.486	0.562
83	0.609	1.000	-0.566	0.535
84	0.589	1.000	-0.647	0.508
85	0.569	1.000	-0.727	0.481
86	0.549	1.000	-0.807	0.454
87	0.529	1.000	-0.887	0.426
88	0.509	1.000	-0.967	0.398
89	0.489	1.000	-1.048	0.370
90	0.469	1.000	-1.128	0.341
91	0.449	1.000	-1.208	0.312
92	0.429	1.000	-1.288	0.283
93	0.409	1.000	-1.368	0.253
94	0.389	1.000	-1.449	0.223
95	0.369	1.000	-1.529	0.192
96	0.349	1.000	-1.609	0.161
97	0.329	1.000	-1.689	0.130
98	0.309	1.000	-1.769	0.098
99	0.289	1.000	-1.850	0.066
100	0.269	1.000	-1.930	0.033

101 0.249 0.000 4.010 0.000

No.	CorrectChance	CorrectQuantity	CorrectLocation	ErrorLocation	ErrorQuantity
1	0.375	0.000	0.000	0.000	0.625
2	0.378	0.000	0.000	0.008	0.615
3	0.380	0.000	0.000	0.015	0.605
4	0.383	0.000	0.000	0.023	0.595
5	0.385	0.000	0.000	0.030	0.585
6	0.388	0.000	0.000	0.038	0.575
7	0.390	0.000	0.000	0.045	0.565
8	0.393	0.000	0.000	0.053	0.555
9	0.395	0.000	0.000	0.060	0.545
10	0.398	0.000	0.000	0.068	0.535
11	0.400	0.000	0.000	0.075	0.525
12	0.403	0.000	0.000	0.083	0.515
13	0.405	0.000	0.000	0.090	0.505
14	0.408	0.000	0.000	0.098	0.495
15	0.410	0.000	0.001	0.104	0.485
16	0.413	0.000	0.009	0.104	0.475
17	0.415	0.000	0.016	0.104	0.465
18	0.418	0.000	0.024	0.104	0.455
19	0.420	0.000	0.031	0.104	0.445
20	0.423	0.000	0.039	0.104	0.435
21	0.425	0.000	0.046	0.104	0.425
22	0.428	0.000	0.054	0.104	0.415
23	0.430	0.000	0.061	0.104	0.405
24	0.433	0.000	0.069	0.104	0.395
25	0.435	0.000	0.076	0.104	0.385
26	0.438	0.000	0.084	0.104	0.375
27	0.440	0.000	0.091	0.104	0.365
28	0.443	0.000	0.099	0.104	0.355
29	0.445	0.000	0.106	0.104	0.345
30	0.448	0.000	0.114	0.104	0.335
31	0.450	0.000	0.121	0.104	0.325
32	0.453	0.000	0.129	0.104	0.315
33	0.455	0.000	0.137	0.104	0.305
34	0.458	0.000	0.144	0.104	0.295
35	0.460	0.000	0.152	0.104	0.285
36	0.463	0.000	0.159	0.104	0.275
37	0.465	0.000	0.167	0.104	0.265
38	0.468	0.000	0.174	0.104	0.255
39	0.470	0.000	0.182	0.104	0.245
40	0.473	0.000	0.189	0.104	0.235
41	0.475	0.000	0.197	0.104	0.225
42	0.478	0.000	0.204	0.104	0.215
43	0.480	0.000	0.212	0.104	0.205
44	0.483	0.000	0.219	0.104	0.195
45	0.485	0.000	0.227	0.104	0.185
46	0.488	0.000	0.234	0.104	0.175
47	0.490	0.000	0.242	0.104	0.165
48	0.493	0.000	0.249	0.104	0.155
49	0.495	0.000	0.257	0.104	0.145
50	0.498	0.000	0.264	0.104	0.135
51	0.500	0.000	0.272	0.104	0.125
52	0.500	0.002	0.279	0.104	0.115
53	0.500	0.005	0.287	0.104	0.105
54	0.500	0.007	0.294	0.104	0.095

55	0.500	0.010	0.302	0.104	0.085
56	0.500	0.012	0.309	0.104	0.075
57	0.500	0.015	0.317	0.104	0.065
58	0.500	0.017	0.324	0.104	0.055
59	0.500	0.020	0.332	0.104	0.045
60	0.500	0.022	0.339	0.104	0.035
61	0.500	0.025	0.347	0.104	0.025
62	0.500	0.027	0.354	0.104	0.015
63	0.500	0.030	0.362	0.104	0.005
64	0.500	0.032	0.369	0.093	0.005
65	0.500	0.035	0.377	0.073	0.015
66	0.500	0.037	0.384	0.053	0.025
67	0.500	0.040	0.392	0.033	0.035
68	0.500	0.042	0.399	0.013	0.045
69	0.500	0.045	0.400	0.000	0.055
70	0.500	0.047	0.387	0.000	0.065
71	0.500	0.050	0.375	0.000	0.075
72	0.500	0.052	0.362	0.000	0.085
73	0.500	0.055	0.350	0.000	0.095
74	0.500	0.057	0.337	0.000	0.105
75	0.500	0.060	0.325	0.000	0.115
76	0.500	0.062	0.312	0.000	0.125
77	0.500	0.065	0.300	0.000	0.135
78	0.500	0.067	0.287	0.000	0.145
79	0.500	0.070	0.275	0.000	0.155
80	0.500	0.072	0.262	0.000	0.165
81	0.500	0.075	0.250	0.000	0.175
82	0.500	0.077	0.237	0.000	0.185
83	0.500	0.080	0.225	0.000	0.195
84	0.500	0.082	0.212	0.000	0.205
85	0.500	0.085	0.200	0.000	0.215
86	0.500	0.087	0.187	0.000	0.225
87	0.500	0.090	0.175	0.000	0.235
88	0.500	0.092	0.162	0.000	0.245
89	0.500	0.095	0.150	0.000	0.255
90	0.500	0.097	0.137	0.000	0.265
91	0.500	0.100	0.125	0.000	0.275
92	0.500	0.102	0.112	0.000	0.285
93	0.500	0.105	0.100	0.000	0.295
94	0.500	0.107	0.087	0.000	0.305
95	0.500	0.110	0.075	0.000	0.315
96	0.500	0.112	0.062	0.000	0.325
97	0.500	0.115	0.050	0.000	0.335
98	0.500	0.117	0.037	0.000	0.345
99	0.500	0.120	0.025	0.000	0.355
100	0.500	0.122	0.012	0.000	0.365
101	0.500	0.125	0.000	0.000	0.375

 ** : A ranked image (Tmp\$Rank_FR_HEY_REAL) based on the input image was created in the working directory.

In addition, a percentile map(Tmp\$percentile_FR_HEY_REAL) based on the threshold bands user specified was also created in the working directory.

EK 3

Lojistik Regresyon Yöntemi ile üretilen heyelan duyarlılık haritasını erkileyen 10 adet parametreye ait lojistik regresyon analizi

Logistic Regression Results:

Regression Equation :

$$\begin{aligned} \text{logit}(\text{rec_env_son}) = & -2.8638 - 0.366393*\text{rec_dem25} + 0.403649*\text{rec_curvature} \\ & + 0.128067*\text{rec_aspect} - 0.224711*\text{rec_slp} + 0.000279*\text{İtolojİ} \\ & - 0.008158*\text{rec_yol} + 0.178019*\text{rec_akarsu} - 0.110776*\text{rec_fay} \\ & + 0.000574*\text{arazİ_kullanım} + 0.000069*\text{rec_twi_out} \end{aligned}$$

Individual Regression Coefficient

Variables	Coefficient
Intercept	-2.86376800
rec_dem25	-0.36639260
rec_curvature	0.40364947
rec_aspect	0.12806727
rec_slp	-0.22471116
İtolojİ	0.00027920
rec_yol	-0.00815794
rec_akarsu	0.17801942
rec_fay	-0.11077600
arazİ_kullanım	0.00057405
rec_twi_out	0.00006876

Regression Statistics :

Number of total observations	= 3153048
Number of 0s in study area	= 3016915
Number of 1s in study area	= 136133
Percentage of 0s in study area	= 95.6825
Percentage of 1s in study area	= 4.3175

Number of auto-sampled observations = 302775

Number of 0s in sampled area = 289580

Number of 1s in sampled area = 13195

Percentage of 0s in sampled area = 95.6420

Percentage of 1s in sampled area = 4.3580

-2logL0 = 108490.2995

-2log(likelihood) = 87470.8984

Pseudo R_square = 0.1937

Goodness of Fit = 252924.4145

ChiSquare(10) = 21019.4012

Means and Standard Deviations

	Mean	Standard Deviation
rec_dem25	-3074.020309	4617.500822
rec_curvature	-3074.967653	4616.868860
rec_aspect	-3073.180576	4618.060734
rec_slp	-3075.020223	4616.833902
lītolojī	-3072.260071	4619.319396
rec_yol	-3076.108549	4616.108239
rec_akarsu	-3075.516925	4616.502715
rec_fay	-3075.345507	4616.617190
arazī_kullanim	-3071.147743	4619.273874
rec_twi_out	-4169.499041	4931.448225
rec_env_son	0.043580	0.204160

Classification of cases & odds ratio

Observed	Fitted_0	Fitted_1	Percent Correct
0	289578	2	99.9993
1	13194	1	0.0076

Odds Ratio = 10.9739

Reclassification of cases & ROC (Sample-based computation when applicable):

- (1) Select a new threshold value such that, after reclassification, the number of fitted 1s matches the number of observed 1s in the dependent variable

New cutting threshold = 0.1726

Classification of cases & odds ratio by using the new threshold

Observed	Fitted_0	Fitted_1	Percent Correct
0	278300	11280	96.1047
1	11280	1915	14.5131

Adjusted Odds Ratio = 4.1886

True Positive = 98.9153%

False Positive = 3.8953%

- (2) ROC* Result with 100 thresholds (Sample-based computation when applicable):

ROC = 0.850

* ROC=1 indicates a perfect fit; and ROC=0.5 indicates a random fit.

EK 4

Litoloj parametresinin alt parametre değerlerinin karşılaştırma matrisi

	Çak.tas-Km-Çm	Vol.Çök.Kay.	Traverten	Serpant. Gabro	Kmtas-çamt-kirt	Kireçtaşı	Göl	Granitoyit	Granit	Dasit	Bazalt	Ande. Trakit	Andz-Bazl-	Andez.-Baz.	Andezit	Alüvyon
Çak.tas-Km-Çm	1	3	4	4	2	2	3	5	5	2	6	7	7	8	8	1/2
Vol.Çök.Kay.	1/3	1	2	3	1/2	1/2	2	4	4	1/2	2	3	3	4	4	1/5
Traverten	1/4	1/2	1	1	1/3	1/3	1/2	2	2	1/3	3	3	3	4	5	1/7
Serpant. Gabro	1/4	1/3	1	1	1/5	1/5	1/3	2	2	1/3	4	3	2	3	4	1/7
Kmtas-çamt-kirt	1/2	2	3	5	1	1	2	3	3	2	3	4	3	3	2	1/3
Kireçtaşı	1/2	2	3	5	1	1	2	3	3	2	3	4	3	3	2	1/3
Göl	1/3	1/2	2	3	1/2	1/2	1	2	2	1/3	3	3	2	2	2	1/4
Granitoyit	1/5	1/4	1/2	1/2	1/3	1/3	1/2	1	1	1/4	2	2	1/2	2	3	1/7
Granit	1/5	1/4	1/2	1/2	1/3	1/3	1/2	1	1	1/3	2	2	1/2	2	3	1/7
Dasit	1/2	2	3	3	1/2	1/2	3	4	3	1	3	3	2	2	2	1/7
Bazalt	1/6	1/2	1/3	1/4	1/3	1/3	1/3	1/2	1/2	1/3	1	3	2	2	2	1/5
Ande. Trakit	1/7	1/3	1/3	1/3	1/4	1/4	1/3	1/2	1/2	1/3	1/3	1	2	1/2	1/3	1/5
Andz-Bazl-prok.	1/7	1/3	1/3	1/2	1/3	1/3	1/2	2	2	1/2	1/2	1/2	1	1/2	1/3	1/7
Andez.-Baz.	1/8	1/4	1/4	1/3	1/3	1/3	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	2	2	1	1/2	1/3
Andezit	1/8	1/4	1/5	1/4	1/2	1/2	1/2	1/3	1/3	1/2	1/2	3	3	2	1	1/7
Alüvyon	2	5	7	7	3	3	4	7	7	7	5	5	7	3	7	1

Yükseklik parametresinin alt parametre değerlerinin karşılaştırma matrisi

	743.219-927	927-1127	1127-1327	1327-1527	1527-1727	1727-1927	1927-2127	2127-2327	2327-2527	2527-2727	2727-2927	2927-3127
743.219-927	1	1/5	1/4	1/3	2	4	5	6	6	6	6	6
927-1127	5	1	2	3	6	7	8	9	9	9	9	9
1127-1327	4	1/2	1	2	5	6	7	8	8	8	8	8
1327-1527	3	1/3	1/2	1	3	4	5	6	6	6	6	6
1527-1727	1/2	1/6	1/5	1/3	1	2	3	4	4	4	4	4
1727-1927	1/4	1/7	1/6	1/4	1/2	1	2	3	3	3	3	3
1927-2127	1/5	1/8	1/7	1/5	1/3	1/2	1	2	3	3	3	3
2127-2327	1/6	1/9	1/8	1/6	1/4	1/3	1/2	1	1	1	1	1
2327-2527	1/6	1/9	1/8	1/6	1/4	1/3	1/3	1	1	1	1	1
2527-2727	1/6	1/9	1/8	1/6	1/4	1/3	1/3	1	1	1	1	1
2727-2927	1/6	1/9	1/8	1/6	1/4	1/3	1/3	1	1	1	1	1
2927-3127	1/6	1/9	1/8	1/6	1/4	1/3	1/3	1	1	1	1	1

Topoğrafik nemlilik indeksi parametresinin alt parametre değerlerinin karşılaştırma matrisi

	-0.472858 - 0	0 - 4	4 - 8	8 - 12	12 - 16
-0.472858 - 0	1	1/4	1/7	1/6	1/5
0 - 4	4	1	1/5	1/4	1/3
4 - 8	7	5	1	2	3
8 - 12	6	4	1/2	1	2
12 - 16	5	3	1/3	1/2	1

Eğim parametresinin alt parametre değerlerinin karşılaştırma matrisi

	0-6	6-12	12-18	18-24	24-30	30-36	36-42	42-48	48-54	54-61
0-6	1	1/2	1	3	4	5	5	5	6	6
6-12	2	1	2	5	6	7	7	7	8	8
12-18	1	1/2	1	2	3	4	4	4	5	5
18-24	1/3	1/5	1/2	1	2	3	3	3	4	4
24-30	1/4	1/6	1/3	1/2	1	2	2	2	3	3
30-36	1/5	1/7	1/4	1/3	1/2	1	1	1	2	2
36-42	1/5	1/7	1/4	1/3	1/2	1	1	1	2	2
42-48	1/5	1/7	1/4	1/3	1/2	1	1	1	2	2
48-54	1/6	1/8	1/5	1/4	1/3	1/2	1/2	1/2	1	1
54-61	1/6	1/8	1/5	1/4	1/3	1/2	1/2	1/2	1	1

Arazi kullanımı parametresinin alt parametre değerlerinin karşılaştırma matrisi

	a	b	c	d	e	f	ss	h	ı	i	j	k	l	m	n	o	ö
a	1	1/2	1	1/8	1/3	1/3	1/2	1/5	1	1/2	1/3	1/2	1/2	1	1/9	1/4	1/2
b	2	1	2	1/7	1/2	1/2	1	1/4	2	1	1/2	1	1	2	1/8	1/3	1
c	1	1/2	1	1/8	1/3	1/3	1/2	1/5	1	1/2	1/3	1/2	1/2	1	1/9	1/4	1/2
d	8	7	8	1	6	6	7	2	8	7	6	7	7	8	1/2	3	7
e	3	2	3	1/6	1	1	2	1/3	3	2	1	2	2	3	1/7	1/2	2
f	3	2	3	1/6	1	1	2	1/3	3	2	1	2	2	3	1/7	1/2	2
g	2	1	2	1/7	1/2	1/2	1	1/4	2	1	1/2	1	1	2	1/8	1/3	1
h	5	4	5	1/2	3	3	4	1	5	4	3	4	4	5	1/3	2	4
ı	1	1/2	1	1/8	1/3	1/3	1/2	1/5	1	1/2	1/3	1/2	1/2	1	1/9	1/4	1/2
i	2	1	2	1/7	1/2	1/2	1	1/4	2	1	1/2	1	1	2	1/8	1/3	1
j	3	2	3	1/6	1	1	2	1/3	3	2	1	2	2	3	1/7	1/2	2
k	2	1	2	1/7	1/2	1/2	1	1/4	2	1	1/2	1	1	2	1/8	1/3	1
l	2	1	2	1/7	1/2	1/2	1	1/4	2	1	1/2	1	1	2	1/8	1/3	1
m	1	1/2	1	1/8	1/3	1/3	1/2	1/5	1	1/2	1/3	1/2	1/2	1	1/9	1/4	1/2
n	9	8	9	2	7	7	8	3	9	8	7	8	8	9	1	4	8
o	4	3	4	1/3	2	2	3	1/2	4	3	2	3	3	4	1/4	1	3
ö	2	1	2	1/7	1/2	1/2	1	1/4	2	1	1/2	1	1	2	1/8	1/3	1

Meralar (a), Karışık Ormanlar (b), Su Yolları (c), Sulanmayan Ekilebilir Alanlar (d), Bitki Değişim Alanları (e), Seyrek Bitki Alanları (f), Çıplak Kayalıklar (g), Karışık Tarım Alanları (h), Endüstriyel veya Ticari Birimler (ı), İğne Yapraklı Ormanlar (i), Doğal Çayırılık (j), Sahil Kumluk Kumsallar (k), Su Kütleleri (l), Kesikli Şehir Yapısı (m), Sürekli Sulanan Alanlar (n), Doğal Bitki Örtüsü İle Bulunan Tarım Alanları (o), Geniş Yapraklı Ormanlar (ö).

Eğrisellik parametresinin alt parametre değerlerinin karşılaştırma matrisi

	-5.239453 - -1	-1 - -0.5	-0.5 - 0	0 - 0.5	0.5 - 1	1 - 8.133653
-5.239453 - -1	1	1/3	1/5	1/4	1/2	2
-1 - -0.5	3	1	1/3	1/2	2	3
-0.5 - 0	5	3	1	2	4	6
0 - 0.5	4	2	1/2	1	3	5
0.5 - 1	2	1/2	1/4	1/3	1	3
1 - 8.133653	1/2	1/3	1/6	1/5	1/3	1

Bakı parametresinin alt parametre değerlerinin karşılaştırma matrisi

	Düz	Kuzey	Kuzeydoğu	Doğu	Güneydoğu	Güney	Güneybatı	Batı	Kuzeybatı
Düz	1	1/6	1/3	1/2	1/2	1/3	1/3	1/3	1/5
Kuzey	6	1	3	4	4	3	3	3	2
Kuzeydoğu	3	1/3	1	2	2	1	1	1	2
Doğu	2	1/4	1/2	1	1	1/2	1/2	1/2	1/3
Güneydoğu	2	1/4	1/2	1	1	1/2	1/2	1/2	1/3
Güney	3	1/3	1	2	2	1	1	1	1/2
Güneybatı	3	1/3	1	2	2	1	1	1	1/2
Batı	3	1/3	1	2	2	1	1	1	1/2
Kuzeybatı	5	1/2	1/2	3	3	2	2	2	1

Akarasu ve drenaj ağı parametresinin alt parametre değerlerinin karşılaştırma matrisi

	0 – 400	400 – 800	800 – 1200	1200 – 1600	1600 – 2000	2000 – 2400	2400 – 2800	2800 – 3200	3200 – 3600	3600 - 4000
0 – 400	1	1	2	3	4	7	6	8	9	9
400 – 800	1	1	2	3	4	7	6	8	9	9
800 – 1200	1/2	1/2	1	2	3	6	5	7	8	8
1200 – 1600	1/3	1/3	1/2	1	2	5	4	6	7	7
1600 – 2000	1/4	1/4	1/3	1/2	1	4	3	5	6	6
2000 – 2400	1/7	1/7	1/6	1/5	1/4	1	1/2	2	3	3
2400 – 2800	1/6	1/6	1/5	1/4	1/3	2	1	3	4	4
2800 – 3200	1/8	1/8	1/7	1/6	1/5	1/2	1/3	1	2	2
3200 – 3600	1/9	1/9	1/8	1/7	1/6	1/3	1/4	1/2	1	1
3600 - 4000	1/9	1/9	1/8	1/7	1/6	1/3	1/4	1/2	1	1

Fay hatları parametresinin alt parametre değerlerinin karşılaştırma matrisi

	0 – 1900	1900 – 3800	3800 – 5700	5700 – 7600	7600 – 9500	9500 – 11400	11400 – 13300	13300 – 15200	15200 – 17100	17100 – 19500
0 – 1900	1	3	5	8	9	9	9	9	9	9
1900 – 3800	1/3	1	3	5	6	6	6	6	6	6
3800 – 5700	1/5	1/3	1	3	4	4	4	4	4	4
5700 – 7600	1/8	1/5	1/3	1	2	2	2	2	2	2
7600 – 9500	1/9	1/6	1/4	1/2	1	1	1	1	1	1
9500 – 11400	1/9	1/6	1/4	1/2	1	1	1	1	1	1
11400 – 13300	1/9	1/6	1/4	1/2	1	1	1	1	1	1
13300 – 15200	1/9	1/6	1/4	1/2	1	1	1	1	1	1
15200 – 17100	1/9	1/6	1/4	1/2	1	1	1	1	1	1
17100 – 19500	1/9	1/6	1/4	1/2	1	1	1	1	1	1

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Giresun Şebinkarahisar'da doğdu. İlköğretim eğitimini Şebinkarahisar Yavuz Selim İlkokulun'nda, orta okulu ve liseyi Hüseyin Hüsnü Tekışık Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2003 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Gümüşhane Mühendislik Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümünü kazandı. 2007 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Gümüşhane Mühendislik Fakültesinde hem bölüm birincisi, hem de fakülte ikincisi olarak mezun oldu. 2010 yılında Iğdır Tarım Reformu Bölge Müdürlüğüne KPSS sınavı ile Harita Mühendisi olarak 4-B sözleşmeli atandı. 8 ay burada görev yaptı. 2010 yılı Ağustos ayında KPSS sınavı ile Isparta İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğüne Harita Mühendisi olarak kadrolu atandı. 4 sene burada görev yaptı. 2014 Eylül ayında Giresun İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğüne tayin oldu. Harita Mühendisi olarak bu kurumda görevine halen devam etmektedir.