



**YERLEŞİM ALANLARINDA
FAY SAKINIM BANTLARININ BELİRLENMESİ
KÜTAHYA PARMAKÖREN FAYI ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Fatih YÜĞRÜK

Danışman

Prof. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Şubat 2024

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YERLEŞİM ALANLARINDA FAY SAKINIM BANTLARININ
BELİRLENMESİ KÜTAHYA PARMAKÖREN FAYI ÖRNEĞİ

Mehmet Fatih YÜĞRÜK

Danışman

Prof. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Şubat 2024

TEZ ONAY SAYFASI

Mehmet Fatih YÜĞRÜK tarafından hazırlanan “Yerleşim Alanlarında Fay Sakınım Bantlarının Belirlenmesi Kütahya Parmakören Fayı Örneği” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 19 / 02 / 2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Harita Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

Başkan : Prof. Dr. Fatih POYRAZ
Cumhuriyet Üniversite adı, Mühendislik Fakültesi

Üye : Prof. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU
Afyon Kocatepe Üniversite adı, Mühendislik Fakültesi

Üye : Prof. Dr. Tamer BAYBURA
Afyon Kocatepe Üniversite adı, Mühendislik Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
..... /..... /..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Prof. Dr. Bekir YALÇIN
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

19 / 02 / 2024

İmza

Mehmet Fatih YÜĞRÜK

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YERLEŞİM ALANLARINDA FAY SAKINIM BANTLARININ BELİRLENMESİ KÜTAHYA PARMAKÖREN FAYI ÖRNEĞİ

Mehmet Fatih YÜĞRÜK

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

Depremlerin insan hayatı ve sosyal yaşam üzerindeki etkisinin en aza indirilmesi için yerleşim alanları tasarlanırken, yerleşime uygunluk kriterleri belirlenmeli ve kentsel planlamalar yapılmalıdır. Aktif fayların konumlarının doğru belirlenmesi ve fay sakinim bantlarının oluşturulması bu kriterler arasında yer almalıdır. Bu çalışmada, Kütahya ili merkez ilçesi Parmakören Mahallesi bölgesi uygulama alanı olarak seçilmiştir. Bölgede deprem üretme potansiyeli olan aktif faylar, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü'nün 2011 yılında yapmış olduğu 1/250000 ölçekli diri fay haritasından çizgisel olarak belirlenmiştir. Fakat bu fayların gerçek konumları, derin uzantıları, hareketleri ve fay sakinim bantları gibi parametreler bilinmemektedir. Çalışma kapsamında GNSS tekniği ve Manyetotellürik yöntemler kullanılarak bölgedede yer alan aktif fayların gerçek konumları, derin uzantıları, hareketleri ve fay sakinim bantları belirlenmiştir. GNSS ve Manyetotellürik (MT) yöntemleri kullanılarak Kütahya grabeninin kuzey kenarını Kuvaterner'de denetleyen yaklaşık 14 km uzunluğunda olan Parmakören Fayı'nın orta kesiminde bulunan Parmakören Mahallesinde yeni imara açılmış ve imara açılacak bölgelerin yerleşime uygunluk kriterleri Jeoloji, Eğim, Bakı, Rakım ve Aktif Fay gibi doğal faktörlerin puanları dikkate alınarak ağırlıklı karşılaştırma yöntemiyle sınıflandırılmış ve yerleşime uygun alanlar tematik haritalar üretilerek sunulmuştur.

2024, xiv + 96 sayfa

Anahtar Kelimeler: Parmakören Fayı, Fay sakinim bandı, CBS, Tampon analizi, Manyetotellürik yöntem.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DETERMINATION OF FAULT SETBACK IN SETTLEMENT AREAS EXAMPLE OF KÜTAHYA PARMAKÖREN FAULT

Mehmet Fatih YÜĞRÜK

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geomatics Engineering

Supervisor: Prof. İbrahim TİRYAKİOĞLU

In order to minimize the impact of earthquakes on human life and social life, urban planning should be carried out by determining the criteria of suitability for settlement while designing settlement areas. Determining the locations of active fault lines with high accuracy and establishing fault setback bands should be included in these criteria. In this study, the Parmakören Neighborhood of the central district of Kütahya province was selected as the study area. The active faults in the region, which have the potential to cause earthquakes, were identified linearly from the 1/250000 scale fault map generated by the General Directorate of Mineral Research and Exploration in 2011. However, parameters such as the precise locations, deep extensions, movements and fault setback bands of these faults are not known in the mentioned source. In this study, the precise locations, deep extensions, movements and fault setback bands of the active faults in the region were determined by using GNSS and Magnetotelluric methods. Thus, the suitability criteria of the areas newly opened for settlement in the region located in the central part of the Parmakören Fault, which is about 14 km long and controlled the northern edge of the Kütahya graben in the Quaternary, were classified by weighted overlay method according to the scores of natural factors such as Geology, Slope, Aspect, Altitude and Active Fault, and areas suitable for settlement were presented by producing thematic maps.

2024, xiv + 96 sayfa

Keywords: Parmakoren Fault (Kutahya), Fault setback bands, GIS, Buffer analysis, Magnetotelluric method.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Prof. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU' na teşekkür ederim.

Lisans eğitim ve öğrenim yıllarım sırasında ve yüksek lisans jüri üyem olarak desteklerini her zaman hissettiğim hocam Sayın Prof. Dr. Fatih POYRAZ' a teşekkür ederim.

Bu tez çalışması Kütahya Belediye Başkanlığı ile Afyon Kocatepe Üniversitesi arasında yapılan protokol 23.JUAM.01 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

Bu çalışmada manevi desteklerinden dolayı Kütahya Belediye Başkanımız Sayın Prof. Dr. Alim IŞIK, Kütahya Belediye Başkan Yardımcımız Sayın Murat ARIK ve Kütahya Belediyesi İmar ve Şehircilik Müdürümüz Sayın Bahadır Halil BAHŞİ' ye teşekkür ederim.

Arazi ölçümlerinde yardımlarını esirmeyen hocalarım Prof. Dr Ahmet YILDIZ, Dr. Öğr. Üyesi Can BAŞARAN ve Öğr. Gör. Dr. Özcan ÖZYILDIRIM' a, arkadaşlarım Kütahya Belediyesi personelleri Harita Mühendisleri; Fatih ERDOĞAN, Abdullah Talha TARI, Yalçın YILDIRIM, Emrah ÇELİKTEPE ve Mahir GÜNEŞ' e teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı babam Bayram YÜĞRÜK, annem Melahat YÜĞRÜK, arkadaşım Gökçem DAŞDEMİR ve ailesine teşekkür ederim.

Mehmet Fatih YÜĞRÜK
Afyonkarahisar 2024

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
RESİMLER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	4
3. FAY TÜRLERİ VE FAY HARİTALAMA YÖNTEMLERİ	9
3.1 Fay Türleri	9
3.2 Diri Fay Hatlarını Haritalama Yöntemleri	11
3.2.1 Jeolojik Yöntemler	15
3.2.2 Jeofizik Yöntemler	20
3.2.3 Jeodezik Yöntemler	22
4.FAY SAKINIM BANTLARI VE CBS İLE YERLEŞİME UYGUNLUK HARİTALARININ HAZIRLANMASI	29
4.1 Fay Sakınım Bantları	29
4.2 Fay Tiplerine Göre Sakınım Bandı	33
4.2.1 Doğrultu Atımlı Faylar Çekme Mesafesi (Sakınım Bandı)	33
4.2.2 Ters Faylar ve Ters Bileşeni Yüksek Doğrultu Atımlı Fayların Çekme Mesafesi (Sakınım Bandı) Hesabı	35
4.2.3 Normal Faylar Çekme Mesafesi (Sakınım Bandı)	36
4.3 CBS	38
4.4 CBS ile Yerleşime Uygunluk Haritalarının Hazırlanması	40
4.4.1 Ağırlıklı Çakıştırma Yöntemi	41
4.4.2 CBS ile Tampon Analizlerinin Yapılması	42
5. UYGULAMA	44
5.1 Çalışma Alanının Tanıtılması	44
5.2 Jeolojik Çalışmalar	45
5.2.1 Çalışma Alanının Jeolojisi	45

5.3 Proje Alanının Depremselliği	48
5.4 Jeofizik Çalışmalar	51
5.4.1 Çalışma Sahasının MT Noktalarının Belirlenmesi	51
5.4.2 MT Yöntemiyle Aktif Fayların Belirlenmesi	53
5.5 Jeodezik Çalışmalar	54
5.5.1 Çalışma Sahasının Halihazır Haritası ve DEM Modellerini Üretilmesi....	54
5.5.2 Ortofoto Üretiminde Kullanılan RTK Ölçüm Tekniği	55
5.5.3 Çalışma Sahasının Dijital Yükseklik Modeli	57
5.5.4 CBS Yardımıyla Yerleşim Alanı Uygunluğu	59
5.5.5 Yerleşim Alanı Uygunluğunda Kullanılan Doğal Faktörler ve Faktörlerin Puanlandırılması	60
6. TARTIŞMA ve SONUÇ	84
7. KAYNAKLAR.....	87

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
B	Batı
BKB	Batı - Kuzeybatı
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
CORS	Sürekli Gözlem Yapan Referans İstasyonu
CVDBS	Coğrafi Veritabanı Yönetim Sistemi
D	Doğu
DGD	Doğu - Güneydoğu
DEM	Digital Elevation Model
DJI	Dà-Jiāng Innovations Science and Technology Co. Ltd
G	Güney
GB	Güvenlik Bandı
GIS	Geographical Information Systems
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPR	Ground Penetrating Radar
GPS	Global Positioning System
İAZ	İzmir – Ankara Zonu
JUAM	Jeotermal Uygulama ve Araştırma Merkezi
K	Kuzey
KAFZ	Kuzey Anadolu Fay Zonu
KFZ	Kütahya Fay Zonu
LIDAR	Laser Imaging Detection and Ranging
MT	Manyetotellürik
MTA	Maden Tetkik ve Arama
Ps-InSAR	Permanent Scatterer Interferometric Synthetic Aperture Radar
RTK	Real Time Kinematik
SB	Sakınım Bandı
SYM	Sayısal Yüzey Modeli
UTM	Universal Transverse Mercator
QGIS	Quantum Geographic Information System
WGS	World Geodetic System
YKB	Yatay Konum Belirsizliği
YTFZ	Yüzey Faylanması Tehlike Zonu

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1 Fay Hattı Gösterimi (İnt.Kyn2).....	10
Şekil 3.2 Fay Tipleri (Demirtaş R 2005).....	10
Şekil 3.3 Hatay iline ait sayısal yükseklik modeli (İnt.Kyn.14)	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 3.4 DEM verisi üzerinde elde edilen çizgisellikler (a: Hatay ili içerisindeki	12
Şekil 3.5 MTA Diri Fay Haritasındaki Ölçüm Alanı Ölçek 1/250000	12
Şekil 3.6 Fayları Haritalama Yöntemleri	14
Şekil 3.7 Güneşten gelen yüklü parçacıklar ile yer manyetik alanının etkileşimi (İnt.Kyn.11)	21
Şekil 3.8 Gpr Yöntemiyle ve Araştırma Yöntemleri (İnt.Kyn.12).....	22
Şekil 3.9 Gediz Grabeninin Doğu Kesimindeki Güncel Tektonik Hareketlerinin GPS Ve Ps-InSAR Yöntemleri ile İki yıllık verilerinden elde edilen yatay ve düşey yöndeki hareketleri (F. Poyraz vd.2019).	23
Şekil 3.10 Deprem sonrası oluşan yüzey kırıkları ve ilişkili yapıları belirlemek için LİDAR verilerinden üretilen sayısal yükseklik modelleri. A) Aydınlatılan Kabartma Haritası. B) Aydınlatılan Kabartma Haritası. C) Bakı Haritası. D) Eğim Haritası. E) Fayın Ortofoto Haritası. F) Fayın Ortofoto Haritası. G) Sahada yersel GPS yöntemiyle alımı yapılmış noktalar.(Siyah, Sarı ve Kırmızı ile gösterilmektedir.) H) Birleştirilmiş Fay Hatları Haritası(P. Villamor vd. 2012).....	25
Şekil 3.11 Sivas Şuşehri'nin birkaç kilometre doğusundaki 1939 yüzey kırığının 2011 yılında çekilen uydu görüntüsü ile altta aynı bölgenin 1949 tarihli hava fotoğrafını gösterilmektedir. Üç nokta; R1, R2 ve R3 fotoğrafları karşılaştırmak için referans alınabilecek noktalar olarak belirlenmiş ve sarı oklar fay izini temsil etmektedir. Bu tür karşılaştırmalar, zaman içindeki değişimleri, özellikle fay aktivitelerini belirlemek ve bölgelerdeki morfolojik değişimleri anlamak için önemli bir araç sağlayabilir (Gökçe vd.2014).	25
Şekil 3.12 CBS'nin Haritalanması (İnt.Kyn.1)	26
Şekil 4.1 "Faya bitişik planlama kontrol kuşağı" (Gökçe vd.2014).....	32
Şekil 4.2 Sakınım Bandı Oluşturma Kriterleri (Gökçe vd.2014).....	34

Şekil 4.3 Eğim atımlı normal faylarda, fay sarplığı eğimine bağlı olarak tampon bölge oluşturma kriterleri (McCalpin, 1987).	38
Şekil 4.4 CBS'nin Temel Bileşenleri (İnt.Kyn.8)	39
Şekil 4.5 CBS Tasarımı İnt.Kyn.8)	39
Şekil 4.6 CBS Dünyası Modeli (İnt.Kyn.9)	40
Şekil 5.1 Proje alanının yer bulduru haritası.	44
Şekil 5.2 Kütahya Jeoloji Haritası (Özburan M, 2009).	46
Şekil 5.3 Kütahya ve çevresinin yapısal unsurları (Özburan M, 2009).	48
Şekil 5.4 Türkiye Deprem Tehlike Haritası (Emre vd. 2018).	49
Şekil 5.5 Kütahya İlinin Fay Hattı ve Deprem Tehlike Haritası (AFAD) (İnt.Kyn.16)	49
Şekil 5.6 Kütahya ve çevresinin, aletsel dönemde meydana gelmiş depremleri gösterir, sismotektonik haritası (Özburan M, 2009).	50
Şekil 5.7 Proje kapsamında Ölçülen MT istasyonlarının konumları.	52
Şekil 5.8 Çalışma sahasında, aktif fayların tespit edilmesi için MT istasyon noktalarının D-B ve K- G yönlü MT doğrultuları	53
Şekil 5.9 Aktif Fayların Google Earth Üzerindeki Gösterimi	54
Şekil 5.10 Çalışma Sahasının Paftalarının Gösterimi	54
Şekil 5.11 Çalışma Sahasının Paftalarının Gösterimi	55
Şekil 5.12 3D Survey Programında 1/5000 Ölçekli J23B4B4 Paftasına ait 1677 Fotoğrafın Harita Projeksiyona Göre Yerleştirilmesi	56
Şekil 5.13 3D Survey Programında 1/5000 Ölçekli J23B4B4 Paftasına ait 1677 Fotoğrafın Harita Projeksiyona Göre Yerleştirilmesi	56
Şekil 5.14 3D Survey Programında 1/5000 Ölçekli J23B4B4 Paftasının Prosesi Yapılmış Ortofoto Haritası	56
Şekil 5.15 3D Survey Programında 1/5000 Ölçekli J23B4B4 Paftasının Prosesi Yapılmış Topografik Modeli	58
Şekil 5.16 3D Survey Programında 1/5000 Ölçekli J23B4B4 Paftasının Prosesi Yapılmış DEM Modeli	58
Şekil 5.17 Çalışma Sahasında Bulunan 1/5000 Ölçekli Dört Paftanın Birleştirilmiş Dijital Yükseklik Modeli	58
Şekil 5.18 Çalışma Sahasında Bulunan 1/5000 Ölçekli Dört Paftanın Birleştirilmiş Dijital Yükseklik Modeli	59

Şekil 5.19 QGIS yazılımının arayüz ve katmanlar görünümü.	60
Şekil 5.20 Bakı Derecelerinin QGIS’ te Sınıflandırılması	62
Şekil 5.21 Bakı Haritası	62
Şekil 5.22 Sınıflandırılmış Bakı Haritası	63
Şekil 5.23 Eğim Değerlerinin QGIS’ te Sınıflandırılması	64
Şekil 5.24 Eğim Haritası	65
Şekil 5.25 Sınıflandırılmış Eğim Haritası	66
Şekil 5.26 Yükseklik Değerlerinin QGIS’ te Sınıflandırılması.....	67
Şekil 5.27 Yükseklik Haritası.....	67
Şekil 5.28 Çalışma Sahasının Eşyükselti Haritası.....	68
Şekil 5.29 Sınıflandırılmış Yükseklik Haritası.....	69
Şekil 5.30 Sınıflandırılmış Yükseklik Haritası.....	69
Şekil 5.31 MT Yöntemiyle İyi Tanımlamış Fay Hattı	70
Şekil 5.32 Sınıflandırılmış Fay Hattına Uzaklık Haritası.....	71
Şekil 5.33 Sınıflandırılmış Fay Hattına Uzaklık Haritası.....	72
Şekil 5.34 Kütahya Jeoloji Haritası.....	72
Şekil 5.35 Jeolojik Yapı Verisi.....	73
Şekil 5.36 Çalışma Sahasının Jeoloji Puanlandırılması	73
Şekil 5.37 Çalışma Sahasının Jeolojik Sınıflandırması.....	74
Şekil 5.38 QGIS İle Ağırlıklı Çakıştırma Uygulanması.....	74
Şekil 5.39 Sismik Yerleşime Uygunluk Haritası	77
Şekil 5.40 Sismik Yerleşime Uygunluk Haritası	77
Şekil 5.41 Yerleşime Uygunluk Haritası-1	79
Şekil 5.42 Yerleşime Uygunluk Haritası-2	80
Şekil 5.43 Yerleşime Uygunluk Haritası-3	81
Şekil 5.44 Yerleşime Uygunluk Haritası-4	82
Şekil 5.45 Yerleşime Uygunluk Haritası-5	83

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 4.1 Doğrultu Atımlı Faylarda Sakınım Bandı Parametreleri	35
Çizelge 4.2 Ters ve Yüksek Doğrultu Atımlı Faylarda Sakınım Bandı Parametreleri ..	36
Çizelge 5.1 Sahada Ölçülen MT verilerinin WGS84 koordinatları	51
Çizelge 5.2 Yerleşim alanlarını belirleyen bir dizi doğal faktör ve değişken puanlamaları.	61
Çizelge 5.3 Bakı Sınıflandırılması	63
Çizelge 5.4 Eğim Sınıflandırılması	65
Çizelge 5.5 Elipsoidal Yükseklik Sınıflandırılması	68
Çizelge 5.6 Yerleşime uygun alanların belirlenmesinde kullanılan doğal faktörler ve bu faktörlerin ağırlıkları.....	75

RESİMLER DİZİNİ

	Sayfa
Resim 3.1 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremi Yüzey Faylanması ve Deformasyon Zonu (İnt.Kyn.6)	15
Resim 3.2 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depreminde Raylar depremin şiddetiyle 'S' çizdi. (İnt.Kyn.15).....	17
Resim 3.3 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremi Yüzey Faylanması. (İnt.Kyn.7)	17
Resim 3.4 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremi Yüzey Faylanması (İnt.Kyn.8)	18
Resim 4.1 İstanbul Teknik Üniversitesi akademisyenlerinden Prof. Dr. Aykut Barka'nın, 17 Ağustos 1999 depreminin yüzey kırığını iskâna açılmamış apartmanların altından geçtiğini ve 4,1 metre sağ yanal yer değiştirme fotoğrafı gösterilmektedir (Demirtaş R, 2005).	30
Resim 4.2 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremine ait yüzey faylanması (İnt.Kyn.17)	31
Resim 4.3 14 Kasım 2016 Kaikoura (Zelandiya) Depremi M 7.8 (İnt.Kyn.3).....	32
Resim 4.4 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depreminde Sakınım Bandının Önemi.....	43
Resim 5.1 Parmakören Fayının Üçgen Yüzeyleri.....	47
Resim 5.2 MT istasyonu kurulum aşamaları.....	52
Resim 5.3 MT istasyonu kurulum aşamaları.....	53
Resim 5.4 Çalışma Sahasında Bulunan 1/5000 Ölçekli Dört Paftanın Birleştirilmiş Ortofoto Haritası.....	57

1. GİRİŞ

İnsanlık tarihi boyunca, yerleşim yerleri genellikle doğal kaynaklara erişimi kolaylaştıran bölgelerde başlamıştır. Dağlık bölgeler, su kaynaklarına yakınlığı, doğal savunma sağlaması ve avlanma imkanlarıyla cazip olmuştur. Daha sonra, insanlar tarımı keşfettikçe ve topraklarını işlemeyi öğrendikçe ovalara doğru yayılmışlardır. Deniz kıyıları ve nehirler de, ticaret, balıkçılık ve ulaşım gibi avantajları nedeniyle insanların yerleşim yerleri olarak tercih edilmiştir (Uyanık ve Berk 2016). Ancak, doğal afetlerin etkisiyle insanların yerleşim yerlerini değiştirdiği durumlar da olmuştur. Depremler, seller, tsunamiler gibi doğal afetler, insanların yaşadıkları bölgeleri terk etmelerine veya yerleşimlerini değiştirmelerine neden olmuştur. Doğal afetler, insanların yerleşim tercihlerini etkilemiş ve bazen zorunlu olarak farklı bölgelere taşınmalarına sebep olmuştur (Uyanık ve Berk 2016).

Doğal afetlerin yerleşim alanları üzerindeki etkilerini minimize etmek için, yapılaşma standartları, acil durum planları, deprem dayanıklı bina yönetmelikleri gibi çeşitli tedbirler alınmaktadır. Bilimsel verilere dayalı olarak yapılan planlamalar ve uygulamalar, insan yerleşimlerinin doğal afetlere karşı direncini artırmayı amaçlamaktadır (Degirmenci ve Ilter 2013).

Günümüzde şehir planlaması ve yapılaşma süreçlerinde, fay hatları gibi doğal risk faktörleri dikkate alınarak, yerleşim yerlerinin belirlenmesi ve yapıların inşası konusunda standartlar oluşturulması hedeflenmektedir. Bu standartlar, fay sakınım bantlarının belirlenmesi, deprem dayanıklılığı, bina kodları, acil durum planları ve yerel yönetmelikler gibi çeşitli önlemleri içerir (Degirmenci ve Ilter 2013).

Fay hatları yakınında yerleşim yerleri planlanırken, deprem riski azaltılması için yapıların sağlamlaştırılması, fay sakınım bantlarının oluşturulması ve güvenlik tedbirlerinin alınması önemlidir. Yerleşime uygunluk esasları, deprem riski taşıyan bölgelerde insanların güvenliğini ve yapıların dayanıklılığını sağlama amacıyla geliştirilmiştir ve bu esaslar, doğal afet risklerini minimize etmek için şehir planlamasında önemli bir rol oynamaktadır (Karataş ve Kaya 2022). Yerleşime

uygunluk esasları, bir alanın veya arazinin insanların konut yapması veya yerleşmesi için uygun olup olmadığını belirleyen kriterleri içerir(Sönmez 2018). Altyapı Hizmetleri, (Su temini, kanalizasyon, elektrik, yol, ulaşım vb.) Güvenlik (Deprem riski, erozyon vb.), Çevresel Faktörler (Doğal yaşam alanlarının korunması, yeşil alanların korunması vb.), Topografya ve Jeoloji (Arazi eğimi, jeolojik yapı, fay hatları vb.) gibi esaslar yerleşim yerinin uygunluğunu, dayanıklılığını ve risklerini belirlemede önemli rol oynar (Sönmez 2018). Planlama ve yapılaşma süreçlerinde kullanılarak, insanların güvenli, sürdürülebilir ve konforlu yaşam sürmelerini sağlamak amacıyla belirlenir ve uygulanır. Bu kriterler, şehir planlaması, imar çalışmaları ve arazi kullanımı yönetiminde rehberlik yapar. Yerleşime uygunluk esaslarının belirlenmesinin nedenlerden biri yapılmış ve yapılacak olan binaların güvenliğinin sağlanmasına yönelik, tedbirlerin belirlenmesi ve bölgede oluşabilecek afet riskini en aza indirmektir (Degirmenci ve Ilter 2013).

Uygun yerleşim yerlerinin belirlenmesinde ilk adımın planlama ve planlamaya yön veren çalışmalar olduğu bilinmektedir. Doğru bir planlama yapılması için sosyal, ekonomik etkenlerin yanı sıra doğal etkenler de göz önünde bulundurulmalıdır. Doğal etkenler, planlama yapılacak sahanın bilimsel anlamda bir tehlike ve risk faktörüdür. Plan tasarımları yapılırken yerel yönetimlerden, yerleşim alanlarındaki doğal etkenleri önceden belirlemek ve bu tehlikelerin riske dönüşmesinin engellenmesi beklenmektedir (Karataş ve Kaya 2022).Doğal faktörler dediğimizde de aklımıza ilk gelen unsurlar planlama yapılacak sahanın topografik özellikleri, zemin türleri ve deprem riski oluşturabilecek aktif fay hatlarının bilinmesi gerekliliğidir. Bu yüzden Nazım İmar Planı ve Uygulama İmar Planına altlık oluşturulması ve arazi kullanım planlarını yönlendirecek jeolojik ve jeoteknik etütlerin yapılması gerekmektedir (Karataş ve Kaya 2022).

Bu çalışma Kütahya İli merkezinin kuzeyindeki Parmakören Mahallesiinde deprem riski oluşturabilecek aktif fayların tam konumları, derin uzantıları, hareketleri ve omuz genişlikleri jeolojik, jeofizik ve jeodezik yöntemlerle tespit edilmesi amaçlanmıştır. Sahada kullanılan jeodezik yöntem yüksek doğrulukta GNSS, uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinden oluşmakta olup jeofizik yöntem ise sismolojiden sonra

araştırma derinliği en fazla olan manyetotellürik yöntem kullanılmıştır. Tespit edilen aktif fay hatlarının küçük ölçekli haritalardan, büyük ölçekli haritalara altlık olmak üzere aktarılırken kaynaklanacak olan kaymalarındaki hata paylarının düşürölmesi, aktif fay hatlarında tampon bölgelerin belirlenmesi, fay sakınım bantları oluşturulması ve CBS yardımıyla yerleşime uygun alanlar belirlenmeye çalışılmıştır. Kullanılan tüm girdi katmanlar QGIS programı ile ağırlıklı çakıştırma işlemine alınmış ve üretilen çıktı tematik haritaları karşılaştırılmıştır.



2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

Yüzey faylanması tehlikesiyle ilgili mevzuat dünya genelinde genellikle yaygın değildir. Deprem ve fay hatları riskleri, birçok ülkede ciddi bir endişe kaynağı olmasına rağmen, yüzey faylanması özellikle düzenlenmiş bir konu değildir. Yüzey faylanması tehlikesi, depremlerin neden olduğu doğrudan yüzeydeki kırıklar veya kaymaları ifade eder. Ancak, yüzey faylanması ile ilgili özel yasal düzenlemeler veya mevzuatlar, dünya genelinde çok az ülkede bulunmaktadır. Aşağıda ABD, Tayvan, Yeni Zelanda, Avrupa Birliği ve Japonya'ya ait yüzey faylanması ile ilgili yapılan çalışmalar açıklanmıştır (Bryant 2010).

ABD'nin Kaliforniya ve Utah gibi eyaletlerinde yüzey faylanması tehlikesi ile ilgili özel yasal düzenlemeler mevcuttur. Bu düzenlemeler, yapıların inşası, depreme dayanıklı yapı standartları, binaların yüzey fayları üzerine inşa edilmesi ve riskleri azaltma yollarını içermektedir (Jonathan Bray 2001, Jonathan Bray ve Kelson 2006). ABD, yıkıcı depremler üretebilecek aktif fay hatlarına sahip bölgelerden biridir ve özellikle Kaliforniya eyaletinde bulunan San Andreas fayı, ülkenin en tanınmış ve dikkat çeken fay hatlarından biridir. San Andreas fayı, Kuzeybatı-Güneydoğu doğrultulu bir doğrultu atımlı faydır ve bu fay hattının etkisiyle meydana gelen depremler ciddi can ve mal kayıplarına neden olmaktadır (Jonathan Bray 2001, Jonathan Bray ve Kelson 2006). Potansiyel tehlikeleri önlemek ve halkın güvenliğini sağlamak amacıyla, özellikle Kaliforniya gibi fay hatlarına yakın bölgelerde, özel yasal düzenlemeler ve kanunlar yapılmıştır. Bu düzenlemelerden biri olan Alquist-Priolo Deprem Fay Kuşakları Kanunu (The Alquist-Priolo Earthquake Fault Zoning Act), 1972 yılında yürürlüğe girmiştir. Bu kanun, özellikle fay hatlarının etrafında yapı inşa etmeyi ve geliştirmeyi düzenlemektedir (Bryant 2010).

Alquist-Priolo Kanunu, fay hatlarına yakın bölgelerde yapılaşma ve inşaat projelerini denetlemeyi amaçlamaktadır. Fay hatları boyunca belirli bir mesafede yapılaşmayı sınırlar veya düzenler. Kanun, fay hatlarının yakınında yapı inşa edilmesi durumunda riskleri azaltmak ve deprem zararlarını en aza indirmek için önlemler almaktadır (Bryant 2010). Alquist-Priolo Deprem Fay Kuşakları Kanunu, zemin etüt çalışmaları ve

jeomorfolojik incelemeler gibi belirli adımları içeren detaylı bir prosedür sağlamaktadır. Bu prosedür, fay hatlarına yakın bölgelerde yapılan inşaat projelerini denetlemek ve deprem risklerini azaltmak amacıyla belirli adımları zorunlu kılmaktadır (Bryant 2010).

Mevcut literatürün değerlendirilmesi ile zemin etüt çalışmaları ve daha önceki araştırmalar gözden geçirmelidir. Ötelenmiş en genç ve ötelenmemiş en yaşlı birimlerin tespiti ve diğer araştırmacılar tarafından haritalanmış fay konumlarının doğruluğunun araştırılması gerekmektedir (Bryant 2010). Genç faylar tarafından oluşturulmuş yapıların incelenmesi ve jeomorfolojik fay belirteçleri incelenmelidir. Bu yapıların ötelenmiş olup olmadıkları belirlenmelidir. Fay izleri 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritalara aktarılmalıdır (Bryant 2010).

Tayvan'da yüzey faylanması tehlikesiyle ilgili düzenlemeler mevcuttur. Tayvan, deprem riski altındaki bir bölgede bulunduğundan, buna karşı önlemler almak için yasal düzenlemeler yapmıştır (Shin ve Teng 2001). Tayvan, 1999 yılında yaşadığı Chi-Chi depreminin ardından bir dizi önemli kararı uygulamaya koymuştur. Aktif fayların geçtiği alanlardaki kamusal binaların kullanımının yasaklanması ve fay hatları üzerindeki riskli bölgelerde kamu binaları inşa edilmemesini sağlayarak toplumun güvenliğini artırmayı amaçlamaktadır (Shin ve Teng 2001). Ülke genelinde kentsel olmayan alanlarda yapılaşmaya izin veren mevzuatlar belirlenmiştir. Mevzuata göre, yapılaşmaya açık bölgelerde en fazla 2 katlı veya 7 metreden kısa çiftlik evleri ve konutlar inşa edilebilmektedir (Shin ve Teng 2001). Aktif fay hatlarına yakın bölgelerde, fayların haritalandığı ölçeklerde (örneğin 1/25.000 ölçekli haritalar) kesin olarak belirlenen faylar için 15 metrelik bir çekme mesafesi uygulanmaktadır. Bu mesafe, riskli bölgelerde inşaat projelerinin planlanması ve yapılaşmanın kısıtlanması için yasalarla belirlenmiştir (Shin ve Teng 2001).

Yeni Zelanda'da bazı düzenlemeler mevcuttur ve deprem risklerine karşı önlemler alınması için çeşitli yaklaşımlar benimsenmiştir. Yeni Zelanda hükümeti yerel yönetimlere verdiği yetkiyle fay zonlarının ve taşkın alanlarının belirlenmesi, geçmişteki afet istatistikleri ve hasar verilerinin toplanması, mikro bölgeleme çalışmalarının yapılması veya yaptırılması, afetlere karşı halkın bilgilendirilmesi ve

farkındalığın artırılması gibi alanlarda başarılı bir şekilde faaliyetler yürütmektedir (Pilar Villamor ve Berryman 2001). Bu kapsamda yer bilimsel çalışmalar hızla devam etmekte ve çeşitli faaliyetler yürütülmektedir. Özellikle yerel yönetimler, fay hatlarının ve taşkın alanlarının belirlenmesi için çalışmalar yapmaktadır. Bu çalışmalar, riskli bölgelerin belirlenmesi ve yapılaşma süreçlerinde dikkate alınması için önemlidir (Pilar Villamor ve Berryman 2001). Geçmişteki afetlerin istatistikleri ve hasar verileri toplanarak bu verilerin analiz edilmesi, gelecekteki afet risklerini değerlendirmede önemli bir rol oynar (Pilar Villamor ve Berryman 2001). Bölgesel olarak farklılık gösterebilecek afet risklerinin belirlenmesi için mikro bölgeleme çalışmaları yapılmaktadır. Bu çalışmalar, yerel olarak daha spesifik ve detaylı risk analizlerine olanak tanımaktadır. (Pilar Villamor ve Berryman 2001). Afetlere karşı halkın eğitimi, bilgilendirilmesi ve farkındalığının artırılması için çeşitli kampanyalar ve bilinçlendirme faaliyetleri yürütülmektedir. Bu, toplumun afetlere hazırlıklı olmasını sağlamak amacıyla önemlidir (Pilar Villamor ve Berryman 2001).

Avrupa Birliği çerçevesinde, deprem riski ve yüzey faylanması gibi konularda standartlar ve yönergeler oluşturulmuştur. Üye ülkeler kendi iç mevzuatları ile bu standartlara uyumlu olmaya çalışmaktadır. Eurocode 8, Avrupa Birliği'nde inşaatların deprem sırasındaki etkileri en aza indirme amacıyla çeşitli yer seçimi kriterlerini içeren bir standarttır. Bu standart, istenmeyen durumların (faylanma, şev stabilitesi, sıvılaşma, zemin göçmesi gibi) minimize edilmesi için alınması gereken tedbirleri belirlemektedir (Holst vd. 2011).

Eurocode 8'e göre, belirli önem kategorilerine sahip binalar (örneğin, II, III veya IV grubundaki binalar) aktif fay hatlarına yakın bölgelerde inşa edilmemelidir. Milli kurumlar tarafından aktif fay olarak nitelendirilen alanlardan uzak durulmalıdır (Holst vd. 2011). Kamunun güvenliği için kritik öneme sahip olmayan binaların hesabında, Geç Kuvaterner döneminde herhangi bir harekete maruz kalmamış faylar aktif olarak kabul edilmemelidir (Holst vd. 2011). Yüksek deprem faaliyeti olan bölgelerde veya nazım kent planlamasında aktif faylara yakın yapıların hesabında yer yarılmaları ve yer hareketinin şiddetinin belirlenmesi için özel jeolojik etütler yapılmalıdır (Holst vd. 2011). Bu tür standartlar, Avrupa Birliği ülkeleri tarafından benzer çalışmaların

yürütülmesini ve belirli kriterlere göre yer seçimi yapılmasını gerektirir. Örneğin, İtalya, mikro bölgeleme çalışmalarına dayanarak belirgin fay izleri için 15 metrelik bir çekme mesafesi önerirken, belirsiz fay izleri için ise 75 metrelik bir çekme mesafesi tavsiye eder (Holst vd. 2011).

Son olarak Japonya deprem riski yüksek olan bölgede bulunduğu için özel yaklaşımlarda, planlamalarda ve önlemler almakta öncüdür. Japonya'da yüzey faylanması ile ilgili doğrudan bir yasal düzenleme olmasa da afet zararlarının azaltılması amacıyla mekânsal düzenleme politikaları ve planlama süreçleri çeşitli kriterlere tabi tutulmaktadır. Özellikle deprem ve bu depremlerin tetiklediği yangın gibi risklerin en aza indirilmesi amacıyla kentsel planlama alanları "kentsel gelişmeye açık alanlar" ve "kentsel gelişmeye kısıtlamalar getirilen alanlar" şeklinde belirlenmiştir. Bu sayede, risk altındaki bölgelerde yapılaşma süreci yönetilirken maksimum güvenlik önlemleri alınmaya çalışılmaktadır (Konagai 2005). Ayrıca, bazı Japon Belediyeleri (örneğin Matsumoto, Yokosuka ve Nishinomiya gibi) yüzey faylanması tehlikesiyle ilgili olarak kendi özel mevzuatlarını oluşturmuşlardır. Bu belediyeler, risk altındaki bölgelerde yapılaşma sürecini düzenlemek ve yönetmek adına kendi yönetmeliklerini oluşturarak daha spesifik önlemler almışlardır (Konagai 2005). Genel olarak Japonya'da, deprem ve yüzey faylanması gibi doğal afet riskleriyle başa çıkma konusunda kentsel planlama politikaları ve özel mevzuatlar aracılığıyla önlemler alınmaktadır (Konagai 2005). Bu yaklaşım, yapılaşma süreçlerinde risklerin azaltılması ve toplumun güvenliğinin artırılması amacıyla uygulanmaktadır. Yasal düzenlemelerde çekme mesafesi konsepti, diri fayların olduğu alanlarda inşaat projelerinin planlanması ve yapılaşmanın düzenlenmesi için önemli bir kriterdir. Bu durumda, yerbilimleri çalışmalarının yüksek detayda yapılması gerekliliği ve zorunluluğu ortaya çıkar (Konagai 2005).

Diri fayların olduğu bölgelerde, bu fayların belirlenmesi, haritalanması ve çekme mesafesi gibi konularda yerbilimleri çalışmalarının detaylı ve kapsamlı olması önemlidir. Yerbilimleri çalışmaları, fay hatlarının belirlenmesi, deprem risklerinin değerlendirilmesi ve inşaat projelerinin güvenliği için gereklidir. Bu çalışmalar, mikro bölgeleme çalışmalarını içermekte olup belirli bölgelerdeki jeolojik etkileşimleri, zemin

özelliklerini, fay hatlarını ve deprem riskini anlamak için detaylı jeolojik, jeofizik ve jeodezik araştırmalarını gerektirir. Yüksek detayda ve doğru bir şekilde yapılan yerbilimleri çalışmaları, diri fayların olduğu bölgelerde yapılan inşaat projelerinin güvenliği ve toplumun afetlere karşı direncinin artırılması için önemlidir. Bu çalışmalar, yasal düzenlemelerin gerekliliklerine uyum sağlamak ve afet risklerini minimize etmek için kritik bir adımdır (Konagai 2005). Bu nedenle, yüzey faylanması tehlikesi konusunda global olarak standartlaşmış veya kapsamlı bir mevzuat oluşturulmamıştır. Bununla birlikte, deprem risklerini azaltmak ve insanları korumak için fay hatları ve deprem tehlikeleri konusunda bilimsel çalışmalar yapılmakta ve bu veriler doğrultusunda önlemler alınmaktadır (Konagai 2005).

3. FAY TÜRLERİ VE FAY HARİTALAMA YÖNTEMLERİ

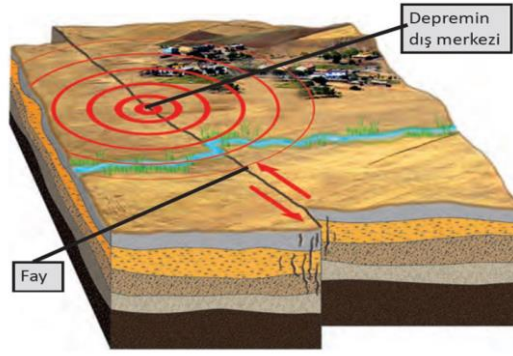
3.1 Fay Türleri

Faylar, yer kabuğundaki kırık veya çatlak alanlardır. Yer kabuğunun içindeki kayaçlar, belirli bir noktada birbirinden ayrılır veya kayar. Bu kırıklar, yer kabuğundaki plakaların birbirine göre hareket etmesi sırasında oluşur. Faylar, genellikle depremlerin meydana geldiği bölgeler olarak bilinir.       plakalar arasındaki gerilim bu kırıklardan kaynaklanır. Fay hatları, yer kabuğundaki fayların birleşmesiyle oluşan geniş alanlardır ve depremlerin sıklıkla meydana geldiği bölgelerdir. Faylar, normal fay, ters fay, yanal fay ve diğ r çeşitli tiplerde olmaktadır (Sümer vd. 2018).

Normal Faylar; yer kabuğunun uzaması veya genişlemesi sonucu oluşan faylardır. Bu tür faylarda, yer kabuğundaki kayaç tabakaları birbirlerinden uzaklaşır. Genellikle yatay yönde ger ekleş en hareketlerle beraber bir taraf diğ r tarafın altına doğ r kayar. Normal faylar, genellikle iki farklı blok arasında gerilimin yükselmesi sonucunda oluşur. Bu gerilim, yer kabuğundaki plakaların uzaması veya genişlemesiyle beraber bir tarafın diğ r tarafın altına gömülmesine yol açar (Glover ve Robertson 1998).

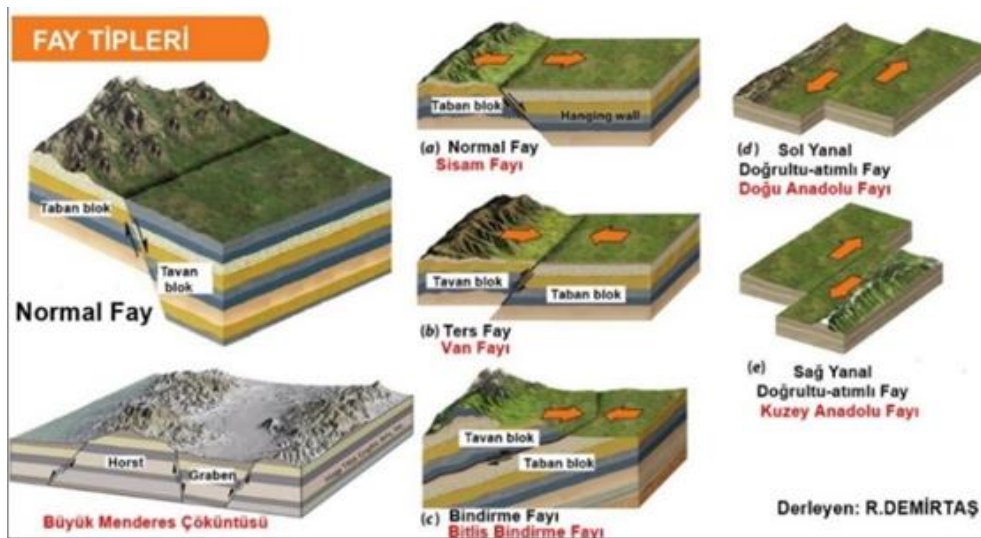
Ters Faylar; yer kabuğunun sıkışma veya kısalma yaşadığı bölgelerde oluşur. Bu faylarda, fay hattı boyunca yer kabuğu katmanları birbirine doğ r yaklaşır ve bir taraf diğ rının üzerine doğ r itilir. Ters fay, yer kabuğunun hareketi sonucu oluşan ve kaya bloklarının birbirine göre yukarıya doğ r itildiği bir tür faydır. Bu fay tipinde, fay düzlemi boyunca yer kabuğunun bir tarafı diğ rine göre yukarıya doğ r kalkar. Genellikle sıkışma sonucu oluşurlar ve bu tip faylar genellikle dağ oluşumlarında, dağlık bölgelerde veya tektonik kemerlerde bulunur (Demirtaş 2005).

Bindirme Fayı; iki fay bloğ  birbirine paralel olarak yerleşirken, bir blok diğ rının üstüne bindirir. Yani, bir blok diğ rının üzerine kayar ve üstteki blok alttaki bloğ n üstüne doğ r yükselir. Bindirme fayları, genellikle levhaların birbirine doğ r hareket ettiği konverjans bölgelerinde bulunur. Bu tür faylar, genellikle dağ oluşumlarında, dağ sıralarında ve çöküntü havzalarında gözlemlenir. Bindirme fayları, levhalar arasındaki sıkışma veya bir levhanın diğ rının altına itilmesi sonucu oluşabilir ve bu durum depremlerin oluşmasına neden olur (Demirtaş 2005).



Şekil 3.1 Fay hattı gösterimi (İnt.Kyn.2).

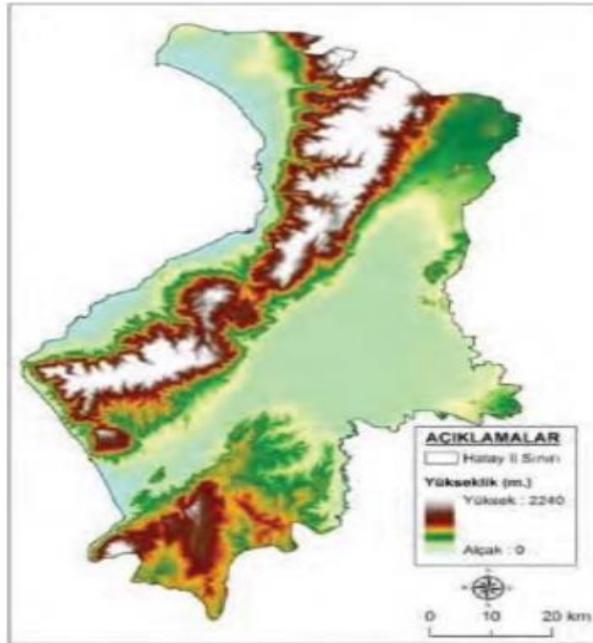
Doğrultu Atımlı Faylar; yer kabuğunda gerçekleşen yatay kaymalarla karakterize olan faylardır. Bu faylarda, iki fay bloğu yan yana yatay bir şekilde hareket eder. Bu hareket, genellikle sağa veya sola doğrudur. Fay hattı boyunca kaya blokları birbirine paralel hareket eder ve bu paralel hareket genellikle yatay bir yönde gerçekleşir. Doğrultu atımlı faylar, yer kabuğunun yatay hareketleri sonucunda oluşur (Sümer vd. 2018). Bu tip faylar, depremlerin sıklıkla meydana geldiği bölgelerde bulunurlar. Bu faylar, yer kabuğundaki gerilimlerin ve bloklar arasındaki kayma hareketlerinin sonucunda ortaya çıkar. Doğrultu atımlı faylar, genellikle transform sınırları adı verilen levha sınırlarında bulunur. Transform sınırları, iki tektonik levhanın yan yana kaydığı veya birbirinden uzaklaştığı bölgelerdir. Örnek verecek olursak, Dünyada San Andreas Fayı, ülkemizde Kuzey Anadolu Fayı ve Doğu Anadolu Fayı en iyi bilinen doğrultu atımlı faylardır (Glover ve Robertson 1998).



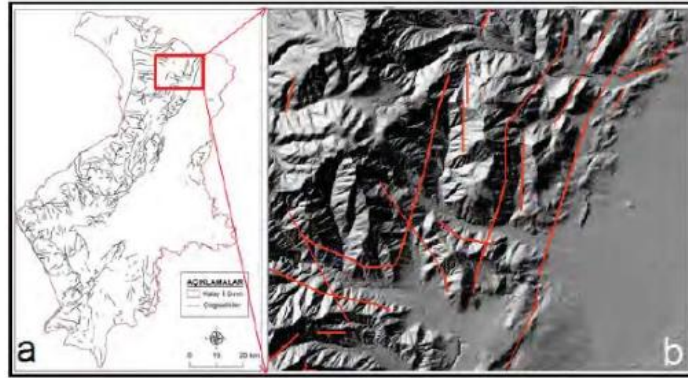
Şekil 3.2 Fay tipleri (Demirtaş 2005).

3.2 Diri Fay Hatlarını Haritalama Yöntemleri

Fayların doğru bir şekilde konumlandırılması ve uygun ölçekte haritalanması, planlamacıların arazi kullanımı kararlarını doğru bir şekilde verebilmesi için hayati önem taşır. Bu konuda deneyimli jeologlar veya jeoloji mühendisleri, aktif fayların incelenmesi, konumlandırılması ve değerlendirilmesi konusunda gerekli bilgi birikimine sahiptirler. Aktif faylar genellikle karmaşık yapıya sahiptir ve birden fazla kırınım gerçekleşebilir. Bu fayların incelenmesi için çeşitli yöntemler ve değerlendirme araçları bulunmaktadır. Faylar doğru bir şekilde belirlendiğinde, fayla ilişkili yapılar açıkça belirtilmeli ve topoğrafik, kadastro veya mevcut haritalar üzerinde işaretlenmeli ve izlenmelidir (Trifonov 1995). Yüksek çözünürlüklü topoğrafik veriler sayesinde, el GPS'leri (birkaç metre hata payı olan) veya Sürekli Çalışan Referans İstasyonları (Continuously Operating Reference Stations) uyumlu jeodezik GPS'ler (mm-cm hassasiyetinde) gibi araçlar kullanılarak fayların konumları 1/5000 ve daha büyük ölçeklerdeki haritalarla uyumlu bir şekilde birkaç metre hata payıyla belirlenebilir. Ayrıca, detaylı sayısal yükseklik modeli verisiyle desteklenmiş ortorektifiye dijital hava görüntüleri, jeomorfolojik haritalama için etkili bir araç olarak kullanılmaktadır (Dikbaş 2023).



Şekil 3.3 Hatay iline ait sayısal yükseklik modeli (İnt.Kyn.14)



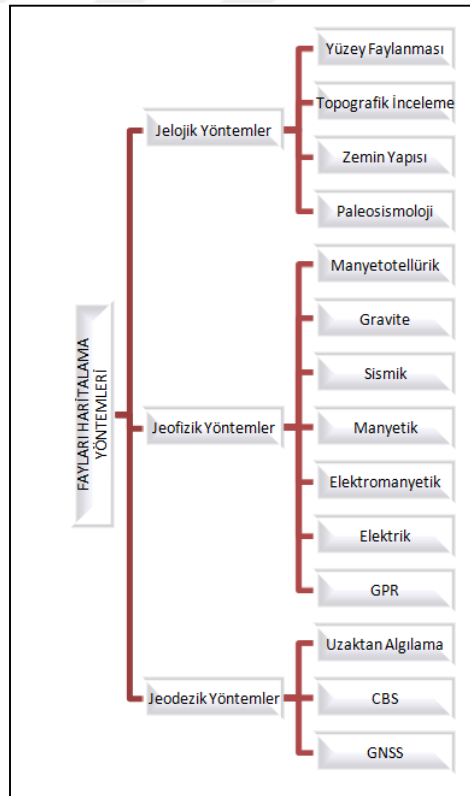
Dolayısıyla, fay haritaları ve ölçekleri, yapılaşma ve planlama süreçlerinde kullanılmadan önce dikkatlice değerlendirilmeli ve doğru ölçeklerde yorumlanmalıdır. Özellikle, yerel düzeydeki yapılaşma ve imar planlaması için daha büyük ölçekli ve detaylı haritaların kullanılması önemlidir (Partigöç vd. 2017). Fayların yüzeydeki etkilerini değerlendirmek ve yapılaşma açısından risk oluşturabilecek fayların haritalanması büyük ölçeklerde gerçekleştirilmelidir. Özellikle imar planları bağlamında, büyük ölçekli haritalar (1/10.000, 1/5.000 veya 1/1.000 gibi) fay izlerinin ve ilişkili yapıların doğru bir şekilde belirlenmesi ve haritalanması için önemlidir (Demirtaş 2005). Büyük ölçekli haritaların oluşturulması sırasında genellikle iki tür hata kaynağı söz konusudur. Bunlar, "yatay konum belirsizliği" olarak adlandırılır. Bu hatalar, harita üretimindeki ölçüm hataları veya coğrafi verilerin kaydedilmesi sırasında yapılan hata ve belirsizliklerden kaynaklanmaktadır (Gökçe vd. 2014). Yatay konum belirsizliği, fayların konumunun veya yatay uzantısının tam olarak doğru şekilde belirlenememesi durumunda ortaya çıkar. Bu belirsizlikler, fay izlerinin ve bunlarla ilişkili yapıların haritalanması sırasında dikkate alınmalı ve haritaların yorumlanması aşamasında bu durum göz önünde bulundurulmalıdır. Bu tür belirsizliklerin azaltılması için doğru ölçme teknikleri ve güvenilir coğrafi veri toplama yöntemleri kullanılmalıdır (Sözbilir vd. 2017).

Yersel konum hatası; fay izinin tam olarak doğru bir şekilde belirlenememesi durumunu ifade eder. Bazı durumlarda, çalışan kişinin deneyimsizliği veya dikkatsizliği nedeniyle oluşabilir. Ayrıca, fayın karmaşıklığı, erozyon, yapılaşma, tarım gibi etkenler, ilk oluşan fay izinin kaybolmasına veya hiç oluşmamasına neden olmaktadır (Sözbilir vd. 2017).

Elde etme hatası; uydu görüntüleri, hava fotoğrafı, ortofoto, veya arazide yapılan fay haritaları gibi kaynaklardan elde edilen verilerin sayısallaştırılması veya yerinde GPS cihazlarıyla yapılan ölçümlerde ortaya çıkar. GPS cihazları kullanıldığında, cihazın o an hangi uyduyu gördüğüne bağlı olarak hata payı değişebilir. Bu hata payı genellikle birkaç on santimetreden birkaç metreye kadar değişebilir (Gökçe vd. 2014).

Her iki hata türü de fay izlerinin veya yapıların tam olarak doğru belirlenmesini ve haritalanmasını zorlaştırabilir. Coğrafi verilerin toplanması ve sayısallaştırılması

aşamasında hassasiyet ve doğruluk sağlamak için doğru ölçüm teknikleri ve uygun kalibrasyon kullanılması önemlidir (Sözbilir vd. 2017). Yukarıda bahsedilen ölçek sorunu dikkate alındığında gerek afet durumu ve gerekse deprem durumu başlıkları altında, her tür fay etrafında yapılaşmaya yasak bölgeler (tampon bölgeler) oluşturulmalıdır. İllerin deprem bölgelerinde yaşanan sorunlar tampon bölgelerde de aynen yaşanmaktadır. 1/100.000 ve 1/25.000 ölçekli jeoloji haritalarında yer alan faylar 1/5.000, 1/2.000 ve 1/1.000 ölçekli imar planı haritalarına aktarılmaktadır. Bu nedenle bu tür fay izleri büyük ölçekli haritaları temsil eden ve kentsel planlamalara altlık oluşturan imar planı haritalarına gerçek yerlerinden onlarca-yüzlerce metre hatayla geçirilmektedir. Bu şekilde aktarılan hayali fay izleri yerel yönetimler ve arsa sahipleri arasında dava konusu olmaktadır. Böylece imar planına esas jeolojik-jeoteknik etüt raporlarında diri faylar etrafında yapılaşmaya yasak olarak belirlenen tampon bölgelerin oluşturulmasında ciddi sorunlarla karşılaşmış ve karşılaşmaya devam edilmektedir. Diri Fay hatlarını haritalamak için jeolojik araştırmalar, yüzeydeki jeolojik gözlemler, jeofiziksel çalışmalar ve jeodezik çalışmalar, yeraltı görüntüleme teknikleri gibi yöntemler kullanılmaktadır (Demirtaş 2005).



Şekil 3.6 Fayları haritalama yöntemleri.

3.2.1 Jeolojik Yöntemler

3.2.1.1 Yüzey Faylanması

Yüzey faylanması, yer kabuğunun üst kısmında veya yakın bölgelerinde meydana gelen kırılmaların ve çatlakların sonucunda oluşur. Yer kabuğundaki kayaçlar, fay hatları boyunca kırılarak veya kayarak hareket ederler (Salik ve Karacabey 2019). Bu kırılma veya kayma genellikle yer kabuğundaki büyük gerilimlerin bir sonucu olarak ortaya çıkar. Levhalar arasındaki hareket, blokların birbirine sürtünmesi veya yer kabuğundaki gerilimin artması sonucu oluşur. Bu durum, kayaçların üzerinde çatlaklar oluşturur ve bazen yer kabuğundaki blokların yer değiştirmesine yol açar (Geçkin vd. 2022).

Yüzey faylanması, deprem sırasında veya deprem sonrasında gözlemlenebilir. Bu faylanmalar, yer kabuğundaki hareketin ve kırılmaların izlerini taşır ve bazen belirgin topografik değişikliklere neden olmaktadır. Yüzey faylanmaları, depremin etkilerini ve yer kabuğundaki hareketleri gösteren önemli işaretlerdir (Özkaymak vd. 2024).



Resim 3.1 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremi yüzey faylanması ve deformasyon zonu (İnt.Kyn.6).

Yüzey faylanması, genellikle $M \geq 6$ büyüklüğündeki depremler sonucunda aktif fay hatları boyunca yer değiştirmelerin yer yüzeyinde görünümüdür. Bu yer değiştirmelerin gerçekleşme olasılığı ve miktarı, depremin büyüklüğü, odak derinliği, fayın geometrisi, kırılma süreci ve yüzeye yakın zeminin içsel özellikleri gibi faktörlere bağlıdır (Gökçe

vd. 2014). Yüzeyde gözlenen yer değiştirme miktarı, deprem büyüklüğü ve diğer faktörlere bağlı olarak 1 ila 5 metre veya daha fazladır. Yüzey faylanması sonucu oluşan bu yer değiştirmeler, fay hattı boyunca konumlanmış yapılar için ciddi hasarlara yol açabilir. Yüzey faylanması riskini azaltmanın genellikle en uygun ve ekonomik yolu, bu bölgelerden uzak durmaktır (Olson vd. 2011). Bu nedenle, yüzey faylanmasının varlığını veya yokluğunu tespit etmek, eğer varsa konumunu, fay geometrisini, yer değiştirme miktarını, zeminin içsel özelliklerini ve bu faylanmadan etkilenebilecek yapıları raporlamak önemlidir (Bray vd. 2018).

Depremler, yüzey faylanması oluştursun veya oluşturmaz bir dizi tehlikeye neden olmaktadır. En ciddi doğrudan etkisi genellikle yer sarsıntısıdır ve binalar üzerinde büyük hasara yol açabilir. Yapıların zarar görmesi genellikle yer (zemin) koşullarıyla doğrudan ilişkilidir. Sağlam kayalar üzerine inşa edilen yapılar, alüvyon zeminler üzerindeki yapılardan genellikle daha az zarar görür. Ancak, yüzey faylanması gerçekleşen bölgelerde, alüvyon zeminlerde olmayan yapılar bile ciddi hasar görebilir. Bu nedenle, mümkünse, özellikle hassas veya kritik yapılar, fay hatları üzerine veya yakınına inşa edilmemelidir. Bu, yapıların deprem etkilerine karşı daha dirençli olmalarını sağlamak için alınabilecek önlemlerden biridir (İmamoğlu 2019).

Bir deprem sırasında yer yüzeyinde görülen yer değiştirmeleri genellikle yatay, düşey veya verev olabilir. Bu yer değiştirmeleri, fay hatları boyunca gerilim birikimi sonucu meydana gelen kırılmayla ilişkilidir. Kayaların elastik sınırlarını aşmasıyla ani kırılma gerçekleşir. Yapıların deprem sırasında yüzey faylanmasından etkilenmemesi için fay hatlarından uzak bölgelerde inşa edilmeleri daha güvenlidir. Ancak, yollar, demiryolları, kanallar, su, doğalgaz, petrol boru hatları gibi sürekli bir işlevi olan mühendislik yapıları için bu genellikle mümkün değildir ve bu yapılar deprem riskine karşı mühendislik önlemleri alınarak korunmaya çalışılır (İmamoğlu 2019).

Faylanmanın tam olarak belirlenmesi durumunda, özellikle boru hatları, enerji nakil hatları gibi yapılar için bu etkiyi sönümlendirecek veya diğerlerinde hasarı azaltacak teknik yaklaşımlar geliştirilebilir. Yüzey faylanması riski, potansiyel olarak tehlikeli faylardan kaçınılarak yapıların özenle yerleştirilmesi ve bir miktar yer değiştirmeyi

tolere edecek şekilde tasarlanmasıyla azaltılabilir. Faylanma sonucu oluşan düşey ve/veya yatay deformasyonun olduğu bölgelerdeki mevcut yapılar, hareketin miktarına bağlı olarak hasar veya yıkıma maruz kalabilirler. Yapıların statik ve dinamik özellikleri, yüzey faylanması sonucu oluşan yer değiştirmeleri karşılayabilecek mühendislik tasarımlarına sahip değilse, hasar ve yıkım kaçınılmazdır. Bu nedenle, yapıların deprem etkilerine karşı dayanıklı olacak şekilde mühendislik açısından dikkatle tasarlanması önemlidir (Özkaymak vd. 2017).



Resim 3.2 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremi'nde raylar depremin şiddetiyle 'S' çizdi. (İnt.Kyn.15)



Resim 3.3 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremi yüzey faylanması (İnt.Kyn.7).

Yüksek risk içeren durumlardan kaçınmak için fayların aktivite düzeylerini belirlemek, özelliklerini haritalamak ve yerleşim alanlarının uygunluğunu değerlendirmek önemlidir. Bu tür çalışmalar, uygun bina çekme mesafelerini belirlemek ve fay sakınım

bantları oluşturmak gibi risk azaltıcı önlemleri belirlemede yardımcıdır. Yüzey faylanması riskini ortaya koymak, tehlike kuşağı ve fay sakınım bantlarını belirlemek için ilgili araştırma tekniklerinin kullanılmasını gerektirir. Bu tehlikenin oluşturduğu riski azaltmak için, kentsel ve kırsal alan planlamalarında aktif faylar üzerinde belirlenecek kriterlerin oluşturulması ve bu kriterlere dayalı bir rapor içeriğinin hazırlanması gereklidir. Bu tür önlemler, fay hatlarının etkilerini azaltarak yerleşim alanlarının daha güvenli hale getirilmesine yardımcı olur (Salik ve Karacabey 2019).



Resim 3.4 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremi yüzey faylanması (İnt.Kyn.8)

3.2.1.2 Topografik İnceleme

Topoğrafik inceleme, arazinin yüzey özelliklerini, eğimlerini, yükseklik değişimlerini ve diğer topoğrafik özelliklerini inceleyerek fay hatlarını belirlemeyi içerir. Fay hatları, genellikle yer kabuğunun kırıldığı bölgelerde oluşan lineer kırık hatlardır. Bu hatlar genellikle arazi üzerindeki belirgin yükseltiler, çatlaklar, kırık hatlar ve su kaynakları gibi topoğrafik işaretlerle ilişkilendirilir (Zhou 2022).

Topoğrafik inceleme, coğrafi bilgi sistemleri (CBS), jeolojik haritalar, hava fotoğrafları, jeofiziksel veriler ve saha çalışmaları gibi kaynaklardan elde edilen bilgilerin analizini içerir. Fay hatları, genellikle bu analizlerle belirlenir ve kaydedilir. Bu tür incelemeler, deprem risklerini anlamak, arazi kullanımı planlaması yapmak, jeolojik tehlikeleri değerlendirmek ve jeoteknik çalışmalarda kullanılmak üzere önemli veriler sunar. Fay hatlarının belirlenmesi, bölgenin jeolojik yapısını anlamak ve olası deprem tehlikelerini ön görmek için kritik bir adımdır (Kurnaz ve Ramazanoğlu 2014).

3.2.1.3 Zemin Yapısı

Zemin yapısı ile fayları haritalamak, fay hatlarının ve zemin özelliklerinin deprem riski üzerindeki etkisini anlamak için önemlidir. Zemin yapısı, bir bölgedeki jeolojik oluşumların, tortul tabakaların ve kayaların özelliklerini ifade eder (Korkmaz 2006). Fay hatları genellikle farklı zemin tiplerinde belirginleşebilir. Bazı faylar, belirli zemin tiplerinde daha belirgin bir şekilde görülebilir veya etkileri daha fazladır. Örneğin, bir fay hattı kumlu zeminler üzerinde farklı bir etki gösterebilirken, aynı fay başka bir bölgede kayalar üzerinde farklı bir şekilde belirebilir (Kurnaz ve Ramazanoğlu 2014). Jeologlar, fay hatlarını haritalarken zemin yapılarını da göz önünde bulundurlar. Bu, fay hatlarının nasıl etkilenebileceği, potansiyel deprem risklerinin hangi zeminlerde daha büyük olduğu gibi konularda bilgi verir (İmamoğlu 2019).

3.2.1.4 Paleosismoloji

Paleosismoloji, geçmişte meydana gelmiş depremlerin etkilerini inceleyen bir bilim dalıdır. Fay hatları üzerindeki eski deprem izlerini, yer kabuğundaki deformasyonları ve jeolojik katmanlardaki belirtileri araştırarak, geçmişteki depremleri belirleme ve haritalama amacı taşır (Gürboğa ve Gökçe 2019). Fay hatlarını paleosismoloji ile haritalamak için yapılanlar aşağıda sıralanmıştır.

Yüzey Kırığı İncelemeleri; fay hattı boyunca yüzeyde meydana gelen belirgin kırıkları incelenmesidir. Bu kırıklar, geçmişteki depremlerin neden olduğu yer kabuğu hareketlerini göstermektedir (Özkaymak vd. 2024). Hendek Açma Çalışmaları; fay hattı boyunca yapılan kazılarla, jeolojik katmanlardaki deformasyonları incelemek ve eski deprem izlerinin belirlenmesidir. Bu çalışmalar, geçmişteki depremlerin tarihini ve şiddetini belirlemeye yardımcı olur (Bozcu vd. 2007). Jeomorfolojik Araştırmalar; yüzey şekillerini inceleyerek, fay hatlarının etkilerini ve yer kabuğundaki geçmişteki hareketlerin yorumlanmasıdır. Bu, fay hatlarının geçmişteki depremlerle ilişkili izlerini saptamada önemli bir yöntemdir (Gürboğa ve Gökçe 2019). Paleoseismik İz Elementleri; jeolojik katmanlardaki kırık hatları, kum veya çamur fayları gibi belirgin izlerin tanımlanması ve belgelenmesi. Bu izler, geçmişteki depremlerin varlığını ve özelliklerini ortaya koymak için önemli kanıtlar sunmaktadır (Bozcu vd. 2007).

3.2.2 Jeofizik Yöntemler

Uzaktan algılama ve jeofizik, yer bilimlerinde önemli iki disiplindir ve birçok noktada ilişkilidir. Uzaktan algılama, elektromanyetik radyasyon (örneğin, uydu veya uçaklar aracılığıyla toplanan görüntüler) kullanarak nesnelerin veya yüzeylerin özelliklerini incelenmesine yardımcı olmaktadır. Bu teknik, toprağın, bitki örtüsünün, su kaynaklarının ve çeşitli yer kabuğu özelliklerinin analiz edilmesine olanak tanır. Jeofizikte ise, yerin iç kısımlarını, yer kabuğu hareketlerini, volkanik aktiviteleri, depremleri ve diğer jeolojik süreçleri anlamak için fiziksel prensipleri kullanır (Toushmalani 2010). Uzaktan algılama, jeofizik araştırmalarına veri sağlar. Örneğin, jeofiziksel ölçümlerle elde edilen yer altı yapıları veya yer kabuğu özellikleri, uzaktan algılama teknikleriyle görselleştirilebilir. Uzaktan algılama verileri, jeofiziksel modelleri oluşturmak, yeraltı yapılarını haritalamak veya jeolojik formasyonları analiz etmek için kullanılabilir (Toushmalani 2010). Aşağıda yeraltının analizi için kullanılan jeofiziksel yöntemler verilmiştir.

3.2.2.1 Manyetotellürik

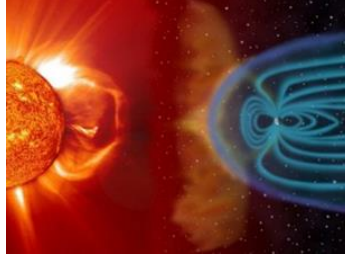
Yer kabuğunda bulunan elektriksel iletkenlik farklılıklarını kullanarak yer altı yapılarını belirlemek için kullanılan jeofiziksel bir yöntemdir (Chave ve Jones 2012). Fay hatları gibi jeolojik yapıların tespit edilmesinde de kullanılır (Tank vd. 2005).

3.2.2.2 Gravite

Yerçekimi alanındaki değişiklikleri ölçerek Dünya'nın altındaki yoğunluk değişimlerini tespit etmeyi amaçlar. Bu yöntem, yer altındaki farklı kaya türlerinin ve yapıların belirlenmesinde kullanılır (Hermance ve Thayer 1975).

3.2.2.3 Manyetik

Manyetik yöntem, Dünya'nın manyetik alanındaki değişiklikleri ölçerek yer altındaki manyetik mineral ve yapıların tespit edilmesini sağlar. Manyetik anomaliler, maden yatakları ve volkanik oluşumlar gibi jeolojik oluşumların belirlenmesinde yardımcı olur. (Hermance ve Thayer 1975).



Şekil 3.7 Güneşten gelen yüklü parçacıklar ile yer manyetik alanının etkileşimi (İnt.Kyn.11).

3.2.2.4 Sismik

Sismik yöntem, yüzeye yayılan ses dalgalarının (sismik dalgalarda) yer altında nasıl yansıdığını ve yayıldığını inceler. Bu yöntem, petrol ve gaz rezervlerinin keşfi, yeraltı su kaynaklarının tespiti ve yer altı jeolojik yapıların haritalanmasında yaygın olarak kullanılır (Chen vd. 2011).

3.2.2.5 Elektromanyetik

Elektromanyetik yöntemler, elektromanyetik alanların Dünya'nın altındaki farklı malzemeler tarafından nasıl etkilendiğini inceler. Elektromanyetik dalga yollayarak veya doğal elektromanyetik sinyalleri ölçerek yer altındaki yapıları ve yer altı su kaynaklarını belirlemek için kullanılabilir (Vozoff 1980).

3.2.2.6 Elektrik

Elektrik yöntemi, yer altı kayaların iletkenlik özelliklerini kullanarak çalışır. Bu yöntemde, yerleşik elektrotlar arasında elektrik akımı geçirilir ve toprak direnci ölçümü yapılır. Farklı kayaç tipleri ve su birikintileri farklı iletkenlik değerlerine sahiptir, bu nedenle elektrik yöntemi, yer altı yapılarını ve yer altı su özelliklerini tespitinde kullanılır (Vozoff 1980).

3.2.2.7 Radar

Radar yöntemleri, hassas dalgaların yüzeyinden gönderilerek geri dönüş sürelerinin ölçülmesine dayalıdır. Yer altı yapıları kullanılarak oluşturulan ve bu yansımalar kullanılarak yer altı yapıları haritalanabilir. Radar yöntemleri, yer altı su kalıntılarını tespit etmek, arkeolojik kalıntıları bulmak ve yer altı tünellerini incelemek için kullanılır (Vozoff 1980).



Şekil 3.8 Gpr yöntemiyle ve araştırma yöntemleri (İnt.Kyn.12).

3.2.3 Jeodezik Yöntemler

Jeodezi, Dünya'nın şeklini, yerçekimi alanını ve yer kabuğunun hareketlerini ölçmeyi içeren bir bilim dalıdır. GPS gibi teknolojilerle yer kabuğu hareketlerini, fay hatlarının konumunu ve hareket hızını ölçerek deprem riskini belirlemeye yardımcı olur. Jeodezik yöntemler, yer kabuğunun hareketlerini hassas bir şekilde izleyerek fay hatlarının aktivitesini anlamak için kullanılır (Tiryakioğlu vd. 2019). Jeodezik yöntemler fay hatlarının haritalanmasında kullanılan önemli araçlardan biridir. Bu yöntemler, yer kabuğundaki deformasyonları ve hareketleri ölçmek için uzay ve yer gözlem sistemlerini kullanır. Fay hatlarının haritalanmasında farklı jeodezik yöntemler kullanılmaktadır.

3.2.3.1 Uzaktan Algılama

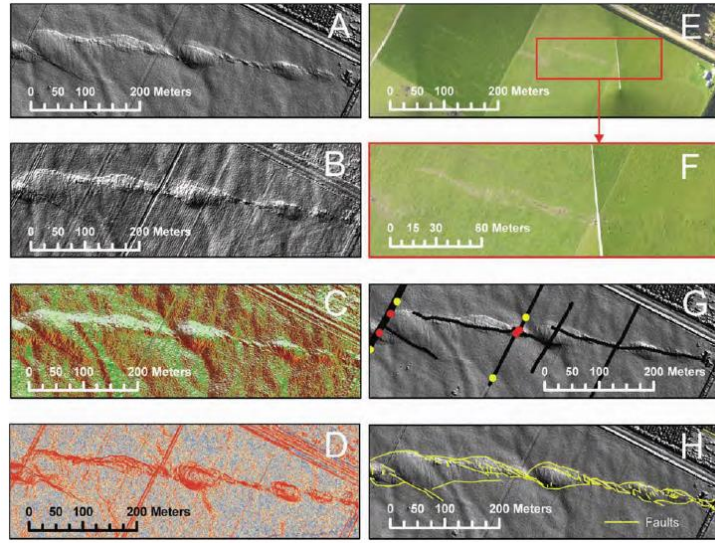
Jeodezik yöntemlerden biri olan uzaktan algılama, elektromanyetik spektrum içindeki farklı dalga boylarını kullanarak yeryüzünden veri toplama işlemidir. Bu teknik, uydu görüntüleme, lazer tarama (lidar), termal görüntüleme gibi yöntemleri içerir. Fay hatlarını belirleme sürecinde, yeryüzündeki değişimleri, topografik farklılıkları veya yer kabuğundaki deformasyonları tespit etmek için kullanılır (Koç ve Kaymakci 2013). Uzaktan algılama ve jeodezi genellikle yer kabuğu, yüzey hareketleri ve doğal afetler gibi konularda birlikte kullanılan disiplinlerdir. Bu iki alan, uzaydan veya hava araçlarından toplanan verileri kullanarak Dünya'nın fiziksel özelliklerini incelemek için farklı yöntemler sunar. Uzaktan algılama ve jeodezi, birlikte çalışarak fay hatları gibi jeolojik yapıların tespit edilmesi, izlenmesi ve deprem riski gibi doğal afetlerin etkilerinin analiz edilmesinde önemli rol oynar (Arca 2012).

Örneğin 4 Eylül 2010'da Yeni Zelanda'nın Canterbury bölgesinde meydana gelen yaklaşık olarak Moment Magnitude (Mw) 7,1 büyüklüğünde olan bir deprem sonucunda, yaklaşık 30 km uzunluğunda ve 30 ila 300 metre genişliğinde bir deformasyon kuşağı oluşturmuştur. Yüzey faylanması sonucunda maksimum 5,2 metrelik yatay kayma ve 1,45 metrelik düşey kayma gözlemlenmiştir. Depremin ardından, hem sahada yapılan gözlemler hem de LIDAR teknolojisi kullanılarak fay hatları haritalanmıştır (Villamor vd. 2012).

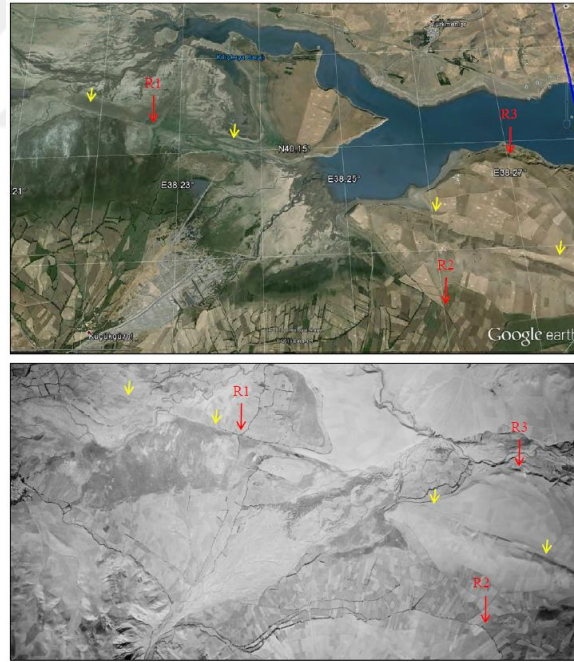
Termal Görüntüleme, yer kabuğundaki termal değişimleri izlemeye yardımcı olur. Fay hattı boyunca oluşan ısınma veya soğuma gibi değişimler, termal görüntüleme ile tespit edilir ve bu bilgiler fay hatlarının varlığı hakkında ipuçları verebilir. Uzaktan algılama teknikleri, fay hatlarının yer kabuğu üzerindeki etkilerini, şekillerini ve yerleşim alanları üzerindeki potansiyel risklerini belirlemek için kullanılır. Fay hatlarının haritalanması, deprem risk analizi ve önlemler alma süreçlerinde bilim insanları ve planlamacılara değerli bilgiler sunar (Arca 2012).

Fay aktivitesini belirleme süreci, mevcut fay izlerinin tespitiyle başlar. Fay izleri, uydu ve hava fotoğraflarının incelenmesi ve yerinde haritalama yoluyla belirlenir. Uzaktan algılama, mevcut jeolojik ve jeofizik verilerle birleştirildiğinde, genç görünümlü fayların değerlendirilmesinde çalışmaya hız kazandıran ve maliyetleri azaltan bir yöntemdir. Bu yöntem özellikle fay aktivitesini saptamada mevcut fayların yerlerinin belirlenmesine önemli katkılar vermektedir. Aktif faylar genellikle arazide topoğrafik özellikler, bitki örtüsü kontrastı veya zemin farklılığı gibi özelliklerle tanınabilirler (Kaya ve Akyol 2022).

Faylanmanın etkisiyle oluşan morfolojik özellikler, uzaktan algılama ile genç görünümlü fayların belirlenmesinde kritik bir rol oynar. Bu özellikler arasında fay diklikleri, çukurluklar, lineer yapılar, vadiler, sedler, çöküntü havzaları, basınç sırtları, küçük gölcükler, kaynakların düzenlenmesi ve bitki örtüsündeki değişiklikler bulunur. Bu özelliklerin oluşumu, tekrarlayan fay hareketleri ve fay boyunca çökme ile erozyon etkilerine bağlıdır. Genç görünümlü fay özelliklerinin korunması ise genellikle iklime bağlıdır ve kurak iklim bölgelerinde uzun süre muhafaza edilebilirler (Aksoy 2001).



Şekil 3.9 Deprem sonrası oluşan yüzey kırıkları ve ilişkili yapıları belirlemek için LİDAR verilerinden üretilen sayısal yükseklik modelleri. A) Aydınlatılan Kabartma Haritası. B) Aydınlatılan Kabartma Haritası. C) Bakı Haritası. D) Eğim Haritası. E) Fayın Ortofoto Haritası. F) Fayın Ortofoto Haritası. G) Sahada yersel GPS yöntemiyle alımı yapılmış noktalar. (Siyah, Sarı ve Kırmızı ile gösterilmektedir.) H) Birleştirilmiş Fay Hatları Haritası (Villamor vd. 2012).



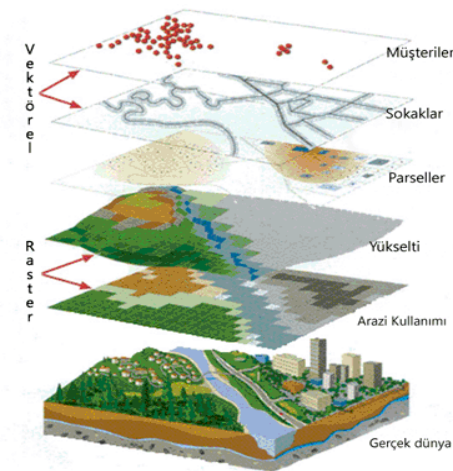
Şekil 3.10 Sivas Suşehri'nin birkaç kilometre doğusundaki 1939 yüzey kırığının 2011 yılında çekilen uydu görüntüsü ile altta aynı bölgenin 1949 tarihli hava fotoğrafını gösterilmektedir. Üç nokta; R1, R2 ve R3 fotoğrafları karşılaştırmak için referans alınabilecek noktalar olarak belirlenmiş ve sarı oklar fay izini temsil etmektedir. Bu tür karşılaştırmalar, zaman içindeki değişimleri, özellikle fay aktivitelerini belirlemek ve bölgelerdeki morfolojik değişimleri anlamak için önemli bir araç sağlayabilir (Gökçe vd. 2014).



Resim 3.5 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremi yüzey faylanması (İnt.Kyn.13).

3.2.3.2 Coğrafi Bilgi Sistemleri

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), coğrafi verilerin toplanması, depolanması, analizi, yönetimi ve sunumu için kullanılan bir bilgi sistemidir. CBS, coğrafi verileri haritalar, tablolar, grafikler ve diğer görsel formatlarda işleyerek coğrafi sorunları çözmeye yardımcı olur. Coğrafi veriler, konum bilgileri içeren herhangi bir veri türüdür. Bu veriler, coğrafi konumları ifade etmek için enlem ve boylam koordinatları veya adresler gibi öğelerle ilişkilendirilebilir (Kapluhan 2014). Coğrafi veriler, doğal kaynak yönetimi, şehir planlaması, afet yönetimi, çevre analizi, ulaşım planlaması ve coğrafi analiz gibi birçok alanda kullanılır (Arca ve Mutlu 2022).



Şekil 3.11 CBS'nin haritalanması (İnt.Kyn.1).

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), fay hatları gibi jeolojik yapıları haritalamak için önemli bir araçtır. CBS, uzaktan algılama verileri, jeodezik veriler, topoğrafik veriler ve diğer jeolojik verileri entegre ederek fay hatları gibi jeolojik oluşumları haritalamak ve analiz etmek için kullanılmaktadır (Arca 2012). CBS'nin fay hatları haritalama sürecinde, veri entegrasyonu CBS, farklı kaynaklardan gelen jeolojik verileri bir araya getirerek fay hatlarına ilişkin verilerin entegrasyonunu oluşturur. Jeodezik ölçümler, uzaktan algılama verileri, jeolojik haritalar ve topoğrafik veriler gibi bilgileri birleştirerek fay hatlarının konumunu belirlemeye yardımcı olmaktadır (Yalçın vd. 2013).

Haritalama ve analizi bu farklı verileri bir araya getirerek fay hatlarını haritalamak için uygun ortamlar sağlar. Veri tabanlarında, katmanlar halinde fay hatları ve ilişkili jeolojik özelliklerin haritalanması ve analizi gerçekleştirilir (Arca 2012). Fay hatlarının çevresindeki alanların, nüfus yoğunluğu, altyapı varlığı gibi faktörlerin değerlendirilmesi, potansiyel deprem risklerini anlamak için CBS tarafından gerçekleştirilebilir. Risk Değerlendirmesi gibi analizler, deprem riski altındaki bölgeleri belirlemek ve bu bölgelerdeki riskleri azaltmak için planlamalara yardımcı olur (Arca 2012). CBS, fay hatlarının haritalanması ve jeolojik yapıların analizi için çok çeşitli veri ve analitik araçları birleştirerek, yerleşim alanlarının planlanması ve afet yönetimi gibi alanlarda önemli bir rol oynar (Zhou 2022).

3.2.3.3 GNSS

Global Navigasyon Uydu Sistemi (GNSS), özellikle GPS (Global Positioning System), fay hatları ve yer kabuğu hareketlerinin izlenmesinde kullanılan önemli bir araçtır. GNSS, fay hatları boyunca yer kabuğunun hareketlerini izlemek ve kaydetmek için kullanılan bir dizi uydu tabanlı navigasyon sistemini içerir (Acar 2010). GNSS teknolojisi, fay hatlarında meydana gelen yer kabuğu hareketlerini hassas bir şekilde izler. Bu sistem, sabit GPS istasyonları ve mobil cihazlar aracılığıyla yer kabuğunun hareketini ölçmek için kullanılır. Fay hatlarının konumu, hareket hızı, yönü ve değişimleri GNSS ile sürekli olarak izlenebilir (Dönmez ve Tiryakioğlu 2018). GPS (Global Positioning System - Küresel Konumlandırma Sistemi), fay hattı boyunca gerçekleşen yer kabuğu hareketlerini ölçmek için kullanılır. Birden fazla GPS

istasyonunun konumları sürekli olarak izlenerek, bu istasyonlar arasındaki mesafedeki değişimlerin zaman içindeki ölçümleri yapılır. Bu sayede fay hattı boyunca gerçekleşen yatay veya dikey yer değiştirmeleri belirlemek mümkündür (Gezgin vd. 2022). Fay hatlarının haritalanması için GNSS kullanımı, fay hattı boyunca konumlanmış istasyonlar arasında gerçek zamanlı konum değişikliklerini tespit eder. Bu, fay hattı boyunca gerçekleşen yer kabuğu hareketlerinin izlenmesine ve deprem risklerinin belirlenmesine yardımcı olur (Dönmez ve Tiryakioğlu 2018).

GNSS teknolojisi, fay hatları üzerindeki yer kabuğu hareketlerini sürekli olarak izleyerek, deprem risklerini değerlendirmek ve deprem biliminde önemli veriler sağlamak için kullanılır. Bu veriler, deprem öncesi uyarı sistemlerinin geliştirilmesi, afet yönetimi ve altyapı planlaması gibi alanlarda önemli bir rol oynar (Hanekop ve Simpson 2006).

4.FAY SAKINIM BANTLARI VE CBS İLE YERLEŞİME UYGUNLUK HARİTALARININ HAZIRLANMASI

4.1 Fay Sakınım Bantları

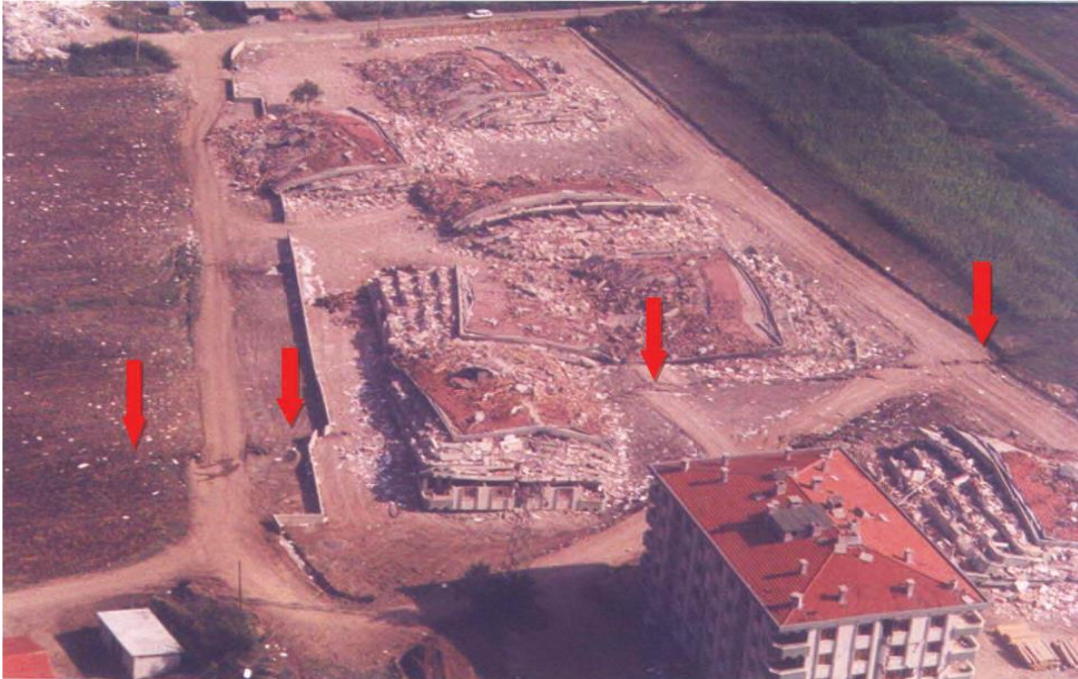
Fay sakınım bandı, yüzey faylanmasının oluşturabileceği tehlikenin belirlenen fay izinin her iki tarafında, fayın belirlenmesi ve haritalanmasındaki hata payını azaltmak, tahmini yüzey faylanmasının mühendislik yapılarında oluşturacağı riskleri azaltabilmek için oluşturulan bir korunma bandıdır. Fay sakınım bandının oluşturulabilmesi için ilk olarak çalışma yapılacak bölgenin jeodezik ve jeofizik yöntemlerle jeolojik yapısının, fayın; tam konumunun, kırıklarının, derin uzantılarının ve omuz genişliğinin 3 boyutlu olarak tespit edilmesi gerekir (Nurlu 2017).

Faylar genellikle çizgisel yapı olarak bilinmesinden ziyade, çeşitli faktörlere bağlı olarak farklı boyutlarda ve şekillerde olabilen deformasyon kuşaklarıdır. Fayların boyutu, türü, kırılma şiddeti, jeomekanik ve jeodinamik özellikleri gibi birçok faktör, fayın yapısını ve özelliklerini belirler (Sözbilir vd. 2017). Bazı faylar uzun, düz bir hat boyunca uzanırken, diğerleri daha kısa veya kıvrımlı olur. Ayrıca, fayların etkilediği birimlerin jeolojik yapısı ve özellikleri de fayın boyutunu ve şeklini etkileyebilir. Fayların kırılma şiddeti ve büyüklüğü, etkilediği alanın büyüklüğüne ve deformasyonun boyutuna göre değişir (Gökçe vd. 2014). Deformasyon kuşakları, fayların etrafındaki çevresel etkilerle birlikte, farklı ölçekte ve yapıda olabilirler. Bu nedenle, faylar sadece çizgisel yapılar olarak değil, çevresel faktörlere bağlı olarak farklı boyut ve özelliklerde deformasyon kuşakları şeklinde ortaya çıkabilirler (Sözbilir vd. 2017).

Fay kırığı güzergâhınca olması gereken sakınım bantları, fayın özellikleri ve jeolojik yapıya bağlı olarak değişebilir. Bu bantlar, farklı fay tipleri, üretebileceği muhtemel maksimum deprem büyüklüğü, fay zonunun yer yüzeyindeki geometrisi ve yapısal karakter gibi faktörlere göre belirlenebilir (Gökçe vd. 2014). Fayların türü, büyüklüğü ve karakteristikleri, potansiyel deprem riskini ve etkilerini belirler. Bu nedenle, aynı fay hattı boyunca bile, farklı bölgelerdeki sakınım bantları değişebilir. Örneğin, büyük deprem potansiyeli olan bölgelerde sakınım bantları genellikle daha geniş olması gerekmektedir (Nurlu 2017).

Yüzey faylanması deformasyon zonunun genişliği, fayın etkilediği bölgelerin jeolojik özellikleri, fayın derinliği ve hareket şekli gibi faktörlere bağlı olarak farklılık gösterebilir. Bu da aynı fay hattı boyunca farklı lokasyonlarda deformasyon zonlarının değişkenlik göstermesine yol açabilir. Bu nedenle, fayların incelenmesi ve deprem riskinin belirlenmesi sürecinde bu tür çeşitlilikler göz önünde bulundurulmalıdır (Sözbilir vd. 2017). Yüzey faylanması, depremin merkezinden uzaklaştıkça morfolojik (yeryüzü) hasarın azaldığı bir bölgeden oluşur. Bu bölgeler, genellikle fayın yakınındaki yerlerde daha fazla hasar görürken, uzak bölgelerde hasarın etkisi azalabilir. Yüzey faylanması tehlikesi kuşağı, fay kırığı yakınındaki deformasyon kuşağını ve olası hasar riskini belirtir (Nurlu 2017).

Mühendislik yapılarının, altyapının veya yerleşim yerlerinin fay hatlarına yakınlığı nedeniyle olası deformasyon riskini azaltmayı hedefler. Fay sakinim bandı, genellikle mevzuatlarda tanımlanan ve belirli kurallar veya yönetmeliklerle düzenlenen bir koruma bölgesidir. Yapılara ve yerleşimlere fayların potansiyel etkilerini minimize etmek için belirlenir (Sözbilir vd. 2017).



Resim 4.1 İstanbul Teknik Üniversitesi akademisyenlerinden Prof. Dr. Aykut Barka'nın, 17 Ağustos 1999 depreminin yüzey kırığını iskâna açılmamış apartmanların altından geçtiğini ve 4,1 metre sağ yanal yer değiştirme fotoğrafı gösterilmektedir (Demirtaş 2005).

Sakınım bantları, belirlenen fay hatları çevresinde yapılaşmayı düzenlemek ve belirli kısıtlamalar getirmek amacıyla oluşturulur. Fay hatları etrafında alınması gereken önlemleri ve yapılaşma kısıtlamalarını gösterir. Yüzey faylanması kuşağı genellikle fay hattı yakınında görülen morfolojik hasarın azaldığı bir bölgeyi ifade ederken, sakınım bantları, daha geniş bir alanda belirli kurallar ve kısıtlamalar getirmek için oluşturulan koruma bölgeleridir. Bu bölgelerde planlama yapılırken, yapılaşma, altyapı ve diğer inşaat faaliyetleri için belirli önlemler alınmalıdır (Gökçe vd. 2014).

Aynı fay hattı boyunca farklı bölgelerde yüzey faylanması kuşağı farklı genişliktedir. Bu nedenle sakınım bantları, farklı fay hatları ve jeolojik yapılarla ilişkili olarak değişkenlik gösterebilir. Bu bağli olarak, farklı coğrafi bölgelerde ve farklı fay hatlarında, sakınım bantlarının genişliğı ve uygulanacak önlemler farklıdır. Yüzey faylanması, planlama ve yapılaşma açısından ciddi bir risk oluşturabilir. Bu nedenle, fay hatları çevresinde sakınım bantları oluşturularak bu riski en aza indirme amacı güdölür. Çünkü ana fay izleri etrafında bu bantlar oluşturulur. En yoğun deformasyon ve ikincil kırıklar genellikle bu bölgelerde meydana gelir (Nurlu 2017).



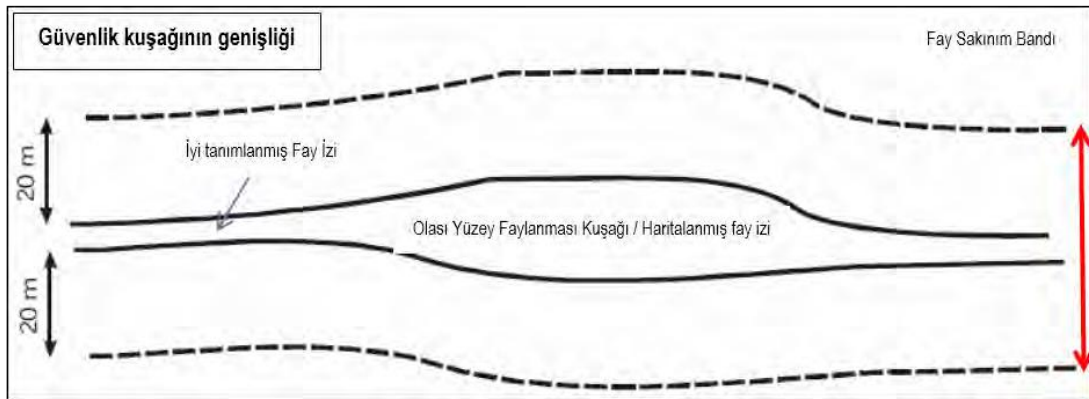
Resim 4.2 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremine ait yüzey faylanması (İnt.Kyn.17).



14 Kasım 2016 Kaikoura (Yeni Zellanda) depremi M 7.8

Resim 4.3 14 Kasım 2016 Kaikoura (Zellanda) Depremi M 7.8 (İnt.Kyn.3).

Fayın yakın çevresindeki etkiler, yüzeye yakın olan zayıf birimlerin kırılmalarından kaynaklanır. Bu durum, yapıların öngörülemeyen bir şekilde rotasyona uğramasına ve hasar görmesine neden olur. Bu nedenle, fay hatları yakınındaki yapılaşma ve planlama alanlarında riski en aza indirmek için sakınım bantları oluşturulur (Gökçe vd. 2014). Sakınım bantları, can ve mal güvenliği açısından önleyici bir tedbir olarak kabul edilir. Bu bölgelerde yapılaşma ve altyapı projeleri, fay hatlarına yakınlık nedeniyle daha titizlikle değerlendirilir ve belirli kurallar ve kısıtlamalar getirilir. Bu tür önlemler, deprem riskini azaltmak ve olası zararları minimize etmek için alınır (King ve Nábělek 1985). Fay sakınım bandı veya fay kuşağı, planlama ve yapılaşmayı kontrol altında tutmak için belirli bir fay hattı veya riskli fay bölgeleri etrafında oluşturulan bir ölçüdür.



Şekil 4.1 "Faya bitişik planlama kontrol kuşağı" (Gökçe vd. 2014).

4.2 Fay Tiplerine Göre Sakınım Bandı

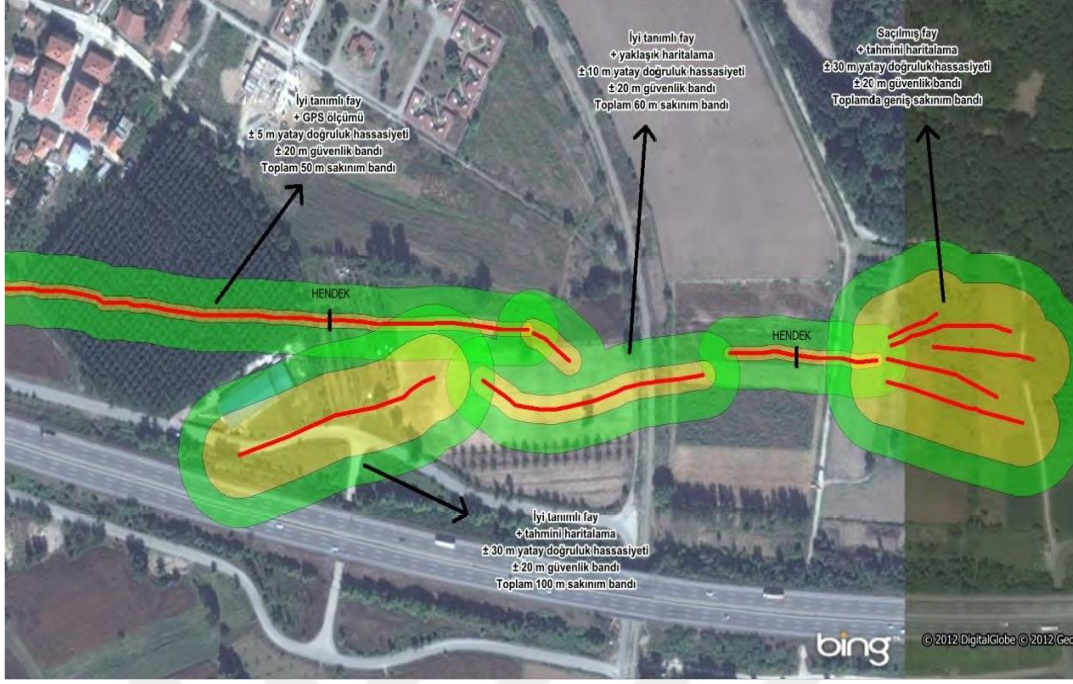
Yüzey faylanması karakteristikleri, fayın türü, fay düzleminin eğimi, faydaki yer değiştirme miktarı, yüzeye yakın birimlerin türü ve kalınlığı ile yüzeydeki yapıya bağlıdır. Genellikle, yüzeye yakın birimler ne kadar sert veya kırılırsa, o kadar dar bir deformasyon kuşağı oluşur. Tersine, ne kadar sünümlü veya yumuşaksa, o kadar geniş bir deformasyon kuşağı oluşabilir. Bu nedenle, çevreleyen jeolojik özellikler, yüzey faylanması şekli ve boyutları üzerinde belirleyici bir rol oynar (Nurlu 2017).

4.2.1 Doğrultu Atımlı Faylar Çekme Mesafesi (Sakınım Bandı)

Doğrultu atımlı faylarda deformasyon kuşağı genellikle dar olup, son çalışmalar da bunu doğrulamaktadır. Bu darlık, sakınım bandının oluşturulmasını kolaylaştırır. Ancak, bazen karmaşık faylanma örnekleri gözlenebilir. Sakınım bandı, fayın her iki tarafında yer alan yatay konum belirsizliği ve güvenlik bandı mesafelerini içeren bir sınıflamayla belirlenmelidir (Sözbilir vd. 2017).

Eğer bir doğrultu atımlı fay, genellikle hava fotoğrafları veya ortofotolar üzerinden belirlenmiş ve kısmen arazi doğrulaması yapılmışsa, ancak tam olarak yer tespiti yapılamayan noktalar varsa, "yatay konum belirsizliği" için belirli mesafeler dikkate alınabilir. Bu mesafeler, fayın her iki tarafında da ölçülmelidir ve genellikle jeodezik GPS ölçümleri veya hendek çalışmaları gibi yöntemlerle belirlenir. Fayın her iki tarafındaki bu belirsizlik mesafeleri, fay hattının konumunun belirlenmesi ve analiz edilmesi sırasında önemlidir (Nurlu 2017).

Fay yapıları belirgin ve net bir şekilde ortofotolarda gözlemlenebiliyorsa, bu yapıların koordinatlandırılmasında ± 5 metre doğruluk genellikle kabul edilebilir. Ancak, yapıların konumunda belirsizlik varsa ve bu yapılar açıkça gözlenemiyorsa, bu durumda ilgili yapıların yaklaşık konumlandırılmasında ± 10 metre ile ± 15 metre arasında bir hassasiyet problemi oluşabilir. Gözlenememe veya diğer belirsizlik nedenleri, yapıların hassasiyetini etkileyebilir ve genişletilmiş doğruluk değerlerini gerektirebilir (Sözbilir vd. 2017).



Şekil 4.2 Sakınım bandı oluşturma kriterleri (Gökçe vd. 2014).

Yapıların koordinatlandırılmasında tahmini ± 25 metre ile ± 30 metre arasında bir doğruluk seviyesi belirlenebilir. Bu değer, yapıların belirlenmesindeki genel hassasiyet seviyesini yansıtabilir. Çalışmacılar, verinin yeterliliği ve arazinin durumu göz önünde bulundurarak daha geniş yatay konum belirsizliği mesafeleri belirleyebilirler. Ancak, ulusal veya genel bir standart belirlemek açısından bu tavsiye edilmez. Çünkü farklı arazi koşulları ve veri kalitesi, genel bir standart oluşturmayı zorlaştırabilir (Gökçe vd. 2014).

Hendek çalışmaları veya yüzeyden izlenen fayların jeodezik GPS ile ölçülmesinde, genellikle "yatay konum belirsizliği" $\pm 0,1$ metre ile 1 metre arasında kabul edilebilir. Bu ölçüm yöntemleri genellikle hassas sonuçlar verir ve genellikle göz ardı edilebilecek kadar küçük belirsizliklere sahiptir. Doğrultu atımlı faylar için güvenlik mesafesi olarak uluslararası örneklerde sıklıkla karşılaşılan değerlerden biri 20 metre (fayın her iki tarafında 20'şer metre olacak şekilde toplamda 40 metre) olarak belirtilir. Bu mesafe, fayın etkilerine karşı korunma ve güvenlik amacıyla uygun bir mesafe olarak önerilebilir (Sözbilir vd. 2017). Bu durumda, doğrultu atımlı faylarda sakınım bandı, yatay konum belirsizliği (YKB) ile güvenlik bandının (GB) toplamına eşittir (Sözbilir vd. 2017).

Çizelge 4.1 Doğrultu atımlı faylarda sakınım bandı parametreleri.

Yatay Konum Hassasiyeti		Güvenlik Mesafesi
Sakınım Bandı = (Doğrultu Atımlı Faylar)	0.1 – 1.0 m.	20.0 m.
	5.0 m.	
	10.0 – 15.0 m.	
	25.0 – 30.0 m.	

Doğrultu atımlı faylarda oluşturulan sakınım bantları en az 40 metre (20 + 20) ve en fazla 100 metre (30 + 20) genişliğindedir.

4.2.2 Ters Faylar ve Ters Bileşeni Yüksek Doğrultu Atımlı Fayların Çekme Mesafesi (Sakınım Bandı) Hesabı

Ters faylar veya yüksek doğrultulu atımlı faylarda sakınım bantları, doğrultulu atımlı faylardakilere benzer şekilde oluşturulur. Ancak, ters faylarda, fayın ters bileşeninden dolayı ek bir bilgi ve mesafe hesaba katılması gerekebilir. Ters faylarda, "yatay konum belirsizliği" genellikle tavan blokta ikiye katlanmış bir şekilde oluşturulur, bu da fayın ters bileşeninin etkilerini yansıtır. Bu durum, sakınım bantları üzerindeki verilerin analizi sırasında dikkate alınması gereken bir özelliktir (Sözbilir vd. 2017).

Ters faylarda, deformasyon kuşağı genellikle tavan blokta artan bir şekilde asimetriktir. Ters faylarda ve bindirmelerde, beklenmedik şekilde sıklıkla yüzey faylanmaları, sarplığın ortasına ya da tabanına yakın oluşabilir. Ancak, eğer sarplık iyi konumlandırılmış veya tanımlanmışsa, belirsizlik düşüktür. Fay izi ve sarplığın belirlenmesindeki doğruluk, sakınım bandının doğruluğunu doğrudan etkiler. Ayrıca, ters ve doğrultu atım bileşenli ters faylarda, tavan ve taban bloklarında meydana gelen deformasyon miktarı farklı olduğundan, her iki blok da farklı hesaplama metotlarına tabi tutulmalıdır. Bu durum, sakınım bandı oluşturulmasında dikkate alınması gereken bir husustur (Sözbilir vd. 2017). Fay hatları bazen yer yer net bir şekilde belirgin olmayabilir. Akarsular gibi doğal süreçler, fay izlerini zamanla değiştirebilir veya örtebilir. Bu durumda, fay hattının varlığını göstermek için taşkın düzlemlerinin yanındaki alçak taraçalar gibi coğrafi belirtiler incelenebilir. Bu taraçalar genellikle fay

izinin geçtiği ve erozyon veya tortul birikim nedeniyle izlerin kaybolduğu bölgeleri temsil edebilir. Fay hatlarının bu tür jeolojik izleri izleyerek belirlenebilmesi mümkündür. Sakınım bandı (SB); yatay konum belirsizliği (YKB), tavan blokta yatay konum belirsizliği (TBYKB) ve güvenlik bandının (GB) toplamına eşittir (Gökçe vd. 2014).

Çizelge 4.2 Ters ve yüksek doğrultu atımlı faylarda sakınım bandı parametreleri.

	Yatay Konum Hassasiyeti		Tavan Blokta Yatay Konum Hassasiyeti		Güvenlik Mesafesi	
Sakınım Bandı = (Ters Faylar)	0.1 – 1.0 m.		0.1 – 1.0 m.			Tavan Blokta
	5.0 m.	+	5.0 m.	+	20.0 m.	
	10.0 – 15.0 m.		10.0 – 15.0 m.			
	25.0 – 30.0 m.		25.0 – 30.0 m.			
	Yatay Konum Hassasiyeti		Taban Blokta Yatay Konum Hassasiyeti		Güvenlik Mesafesi	
Sakınım Bandı = (Ters Faylar)	0.1 – 1.0 m.					Taban Blokta
	5.0 m.	+		+	20.0 m.	
	10.0 – 15.0 m.					
	25.0 – 30.0 m.					

4.2.3 Normal Faylar Çekme Mesafesi (Sakınım Bandı)

Normal faylar özellikle sakınım bandı oluşturulması açısından zorlayıcı olmaktadır ve bu konuda dünyada yalnızca Utah eyaletinde belirli bir uygulama bulunmaktadır. İkamete ve yapılaşmaya yasaklı çekme mesafeleri olan sakınım bantları, bir dizi faktörü dikkate alarak belirlenir. Bu faktörler arasında, fayın yapısının ve olası deformasyonunun kritiklik faktörü, beklenen fay yer değiştirme miktarı, yapının temelinin veya altındaki kısmının derinliği ve fayın eğimi gibi faktörler bulunur. Bu bilgiler, yapısal öneme göre belirlenen bir tablo yardımıyla kullanılarak sakınım bandı oluşturulmasında temel bilgiler sağlar (Bryant ve Hart 2007).

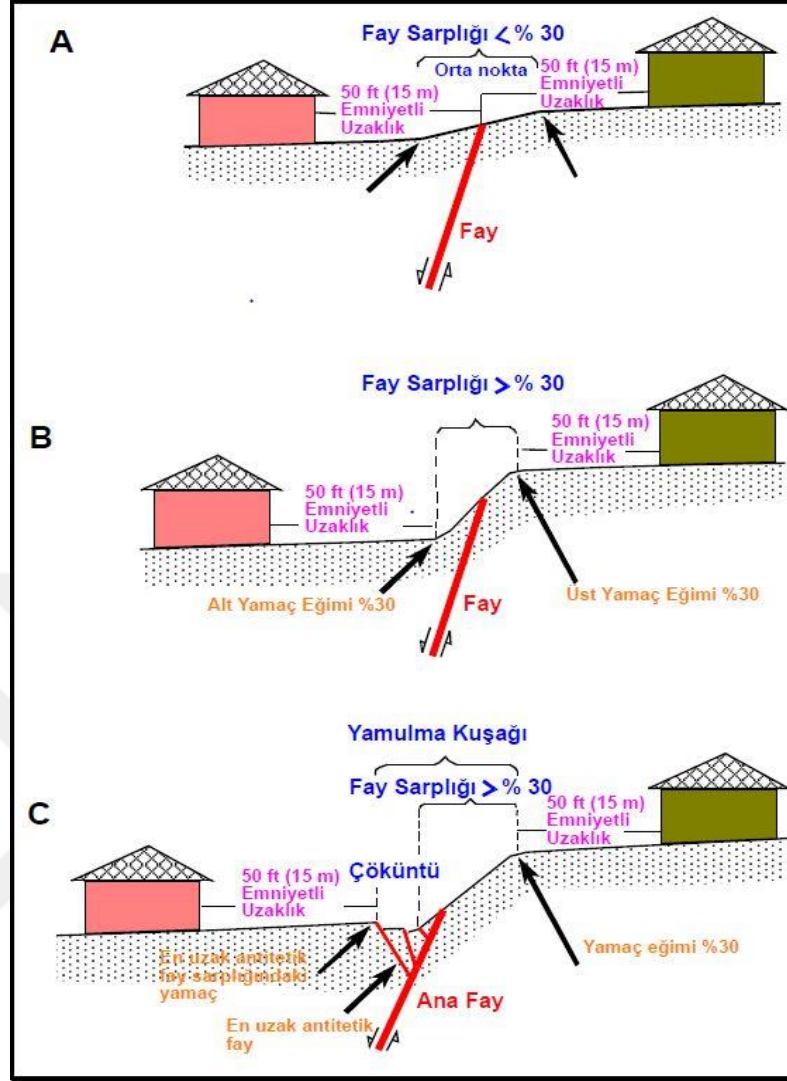
Bu yaklaşım genellikle yapı temel derinliğini içeren zemin etütlerindeki hesaplama detaylarına dayanır. Ayrıca, risk tabanlı bir yaklaşımla benzer bir kavram olan "bina önem katsayısı" gibi bir sabiti de içerir. Yüzey faylanması tehlikesi değerlendirme

yöntemleri, yapılaşma öncesi değil, planlama öncesinde yapılan çalışmaları ve alınması gereken önlemleri tarif eder. Bu bağlamda, sakınım bandı oluşturulmasında risk tabanlı bir yaklaşım yerine daha önce belirtildiği gibi deterministik bir yaklaşım tercih edilir. Bu, belirli faktörlerin değerlendirilmesine dayalı kesin ölçütlere göre sakınım bandının belirlenmesini içerir (McCalpin 1987).

McCalpin (1987) tarafından Normal faylarda “güvenli uzaklığa çekme mesafesi” önerisi yapılmıştır. Fay sarplıklarının eğimi ile emniyetli çekme mesafesi arasında bir ilişkiyi ifade etmektedir. %30'dan düşük eğime sahip bir fay sarplığında, tavsiye edilen emniyetli çekme mesafesi sarplık orta noktasından 50 fit (15 metre) olarak önerilmiştir. %30'dan yüksek eğime sahip bir sarplıkta ise sarplık yamaç eğiminin alt ve üst kesiminden 50 fit (15 metre) önerilmiştir. Ayrıca, %30'dan büyük eğime ve bir çöküntü durumuna sahip bir sarplıkta, tavsiye edilen mesafe sarplık üst kesiminden ve en uzak antitetik faydan 50 fit (15 metre) uzak olmalıdır (McCalpin 1987). Bu tür önerilen güvenlik mesafeleri, fayın eğimi ve çevresel koşullar göz önüne alınarak belirlenmiştir. Yapılan bu öneriler genellikle inşaat veya yerleşim planlaması gibi durumlarda güvenlik önlemi olarak dikkate alınmalıdır (McCalpin 1987).

Normal faylarda sakınım bandı, genellikle genişlikleri 1 metreden 1350 metreye kadar değişebilen yüzey faylanma kuşağı içinde, 120 – 150 metreden daha dar, basit bir fay izi olarak ortaya çıkar. Ancak, kilometrelerce uzanan geometrik karmaşıklıklar söz konusu olduğunda, bu kuşak genellikle 150 metreden daha geniştir (Boncio vd. 2018). Bu tür karmaşıklıklar, önemli segmentler arasındaki fay sıçramaları, belirgin kırılmalar, keskin bükülmeler ve tavan blok grabenleri gibi yapısal özelliklerle ilişkilendirilebilir. Bu bilgiler doğrultusunda, normal faylarda sakınım bandı, fayların karakteristik özellikleri ve geometrik karmaşıklıklar göz önünde bulundurularak oluşturulur (Boncio vd. 2018).

Sakınım Bandı (SB), 40 m Tavan Bloкта dahil 15 m Taban Bloкта Normal faylar için önerilen uzaklık toplamda 55 metre gibi görülmektedir. Çalışmacının yatay durum belirsizliğini kendi verilerine ve gözlemlerine göre artırmak istemesi durumunda, bu durumda güvenli çekme mesafeleri taban bloкта 10 metre, tavan bloкта ise 35 metre olmalıdır (McCalpin 1987).

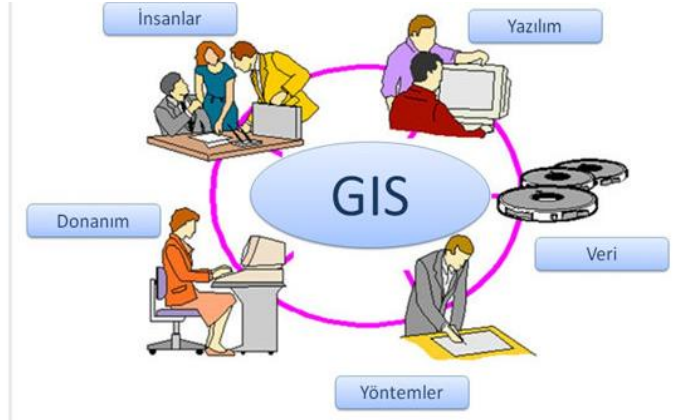


Şekil 4.3 Eğim atımlı normal faylarda, fay sarplığı eğimine bağlı olarak tampon bölge oluşturma kriterleri (McCalpin 1987).

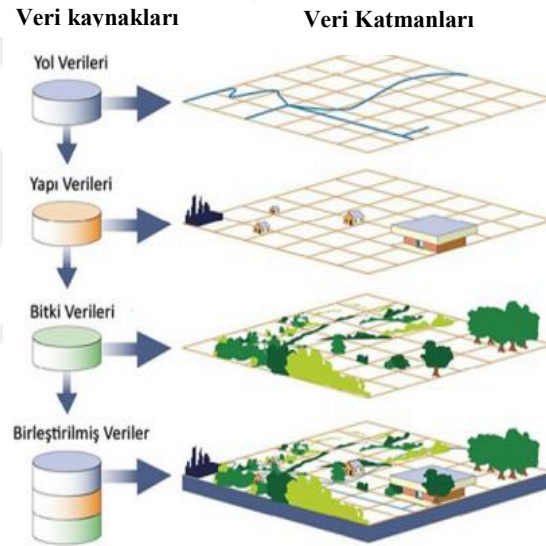
4.3 CBS

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), coğrafi verilerin toplanması, depolanması, analiz edilmesi, düzenlenmesi ve haritalandırılmasını sağlayan bir bilgi sistemidir. CBS, coğrafi olarak ilişkilendirilmiş verileri işlemek için kullanılır ve bu veriler genellikle harita formatında temsil edilir. CBS, bir dizi teknoloji ve bileşen içerir (Kapluhan 2014).

CBS'nin temel bileşeni coğrafi veridir. Coğrafi veri, dünyadaki yerleri ve bunlarla ilişkili özellikleri tanımlayan sayısal veya harita tabanlı bilgilerdir. Coğrafi veri, nokta, çizgi ve alan olarak temsil edilebilir ve coğrafi konumlarını ifade etmek için koordinat sistemleri kullanılır (Co 2004).



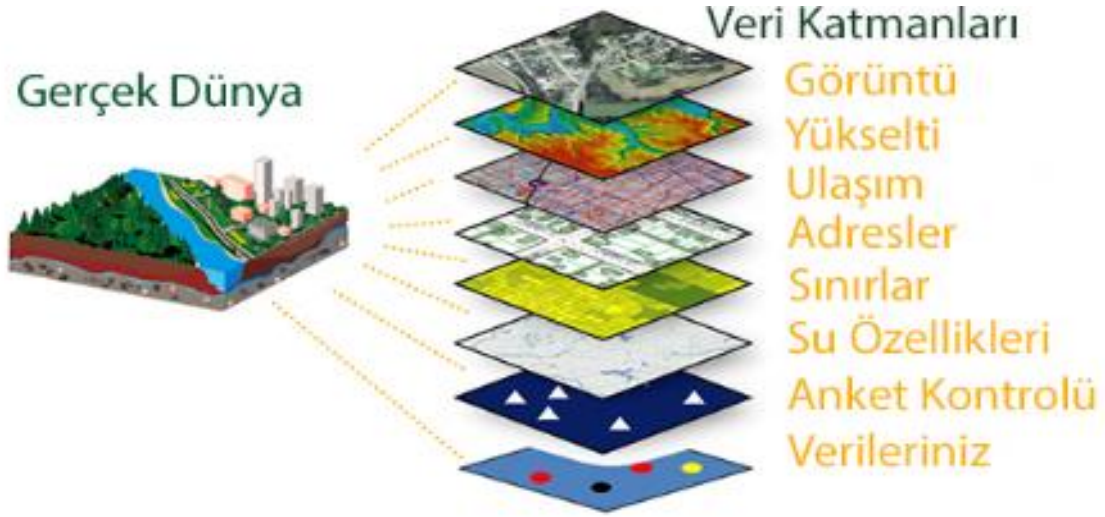
Şekil 4.4 CBS'nin temel bileşenleri (İnt.Kyn.8)



Şekil 4.5 CBS tasarımı (İnt.Kyn.8)

CBS'nin işleyebilmesi için gereken donanım bileşenleri vardır. Bunlar, verileri toplamak, depolamak, analiz etmek ve sunmak için kullanılan bilgisayarlar, sunucular, depolama birimleri ve çıktı cihazları gibi donanım bileşenleridir (Alkan ve Filiz 2019). CBS'nin çalışması için gerekli olan yazılım bileşenleri bulunur. Coğrafi verilerin toplanması, düzenlenmesi, analizi ve görüntülenmesini sağlayan CBS yazılımı, veri tabanı yönetimi, coğrafi analiz araçları ve harita sunucusu gibi çeşitli bileşenleri içerir. Örneğin, ArcGIS, QGIS, MapInfo gibi CBS yazılımları yaygın olarak kullanılan örneklerdir (Demirci 2004).

CBS, büyük miktarda coğrafi veriyi depolamak için veri tabanlarına ihtiyaç duyar. Coğrafi verilerin etkili bir şekilde saklanabilmesi için genellikle coğrafi veri tabanı yönetim sistemleri (CVDBS) kullanılır. Bu veri tabanları, coğrafi verileri organize etmek, sorgulamak ve güncellemek için özel olarak tasarlanmıştır (Co 2004).



Şekil 4.6 CBS Dünyası Modeli (İnt.Kyn.9).

Coğrafi Analiz Araçları, coğrafi sorgulama, mekânsal analiz, raster ve vektör işlemleri, coğrafi istatistikler, haritalama ve yol bulma gibi işlemleri gerçekleştirebilir. CBS yazılımlarında bulunan analiz araçları, kullanıcıların verileri daha iyi anlamalarına ve karar vermelerine yardımcı olur (Alkan ve Filiz 2019).

4.4 CBS ile Yerleşime Uygunluk Haritalarının Hazırlanması

CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi), yerleşim planlaması için uygunluk haritalarının hazırlanmasında oldukça önemlidir (Partigöç vd. 2017). Yerleşim planlaması için İlk adım olarak çalışmada kullanılacak verilerin belirlenip, ihtiyaç duyulan veri türlerine ve detaylarına göre, gerekli verileri toplamaktır. Bunlar; eğim, bakı, yükseklik, aktif fay, jeoloji gibi kriterleri içerebilir. Bu kriterlerin nereden ve hangi yöntemlerle elde edileceği belirlenmelidir. Toplanan verilerin, kalitesi, hassasiyeti, doğruluğu ve güvenilirliği önemlidir (Karakuş ve Cerit 2017). Daha sonra toplanan veriler, CBS yazılımı kullanılarak işlenir ve analiz edilir. Örneğin; eğim, bakı, yükseklik, aktif fay ve jeoloji değerlendirilerek uygunluk kriterleri belirlenir (Partigöç vd. 2017).

Analiz sonuçlarına dayanarak, farklı yerleşime uygunluk seviyelerine sahip bölgeler belirlenir. Belirlenen kriterlerin öncelik sıralamasına göre sınıflandırılır. Verileri sınıflandırarak, yerleşim açısından uygun bölgeleri belirlemek için farklı kriterlere göre analiz yapılır (Alkan 2023). Harita oluşturma analiz sonuçlarıyla uygunluk haritaları oluşturulur. Bu haritalar, yerleşime en uygun bölgeleri, riskli alanları veya belirli kısıtlamalara tabi bölgeleri gösterebilir (Karakuş ve Cerit 2017). Son olarak hazırlanan haritalar raporlanır ve ilgili planlama süreçlerinde kullanılır. Bu süreç, yerleşim planlamasında karar alınmasına rehberlik eder. Bu adımlar, yerleşim planlaması için uygunluk haritalarının hazırlanmasında genel bir yol haritası sunmaktadır. Bu süreçte, doğru verilerin toplanması, analizlerin doğru yapılması ve akademisyenlerle iş birliği yapılması önemlidir. Yerleşim planlaması için uygunluk haritaları oluştururken bu adımların gerçekleştirilmesi gerekir (Alkan 2023).

4.4.1 Ağırlıklı Çakıştırma Yöntemi

Ağırlıklı çakıştırma yöntemi, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) veya planlama süreçlerinde kullanılan bir analiz yöntemidir. Bu yöntem, farklı katmanlardaki (layers) verilerin bir araya getirilmesi ve ağırlıklandırılma yapılması ile analiz yapılmasına dayanır (Alkan 2023). Analiz için kullanılacak olan doğal faktörler belirlenir.

Örneğin, bu çalışmada kullanılan eğim, bakı, yükseklik, aktif fay ve jeoloji gibi (Karakuş ve Cerit 2017). Her katmanın önemi veya etkisi ile ağırlıklandırma faktörleri atanır. Örneğin, konut ihtiyacı katmanı daha yüksek ağırlıklandırma faktörüne sahiptir (Partigöç vd. 2017). Belirlenen katmanlar birleştirilir ve ağırlıklandırılır. Bu işlem genellikle CBS yazılımı aracılığıyla yapılır. Her bir katmanın belirlenen ağırlıklandırma faktörüne göre etkisi hesaplanır (Yüksel ve Avcı 2015).

Veriler analiz edilir ve sonuçlar elde edilir. Örneğin, uygun yerleşim alanlarını belirlemek veya belirli bir amaç için en uygun bölgeleri saptamak gibi (Alkan 2023). Ağırlıklı çakıştırma yöntemi, farklı katmanlardaki verilerin ölçeklendirilmesi ve analiz edilmesi için kullanılır. Bu yöntem, belirli bir duruma veya planlama sorununa bağlı olarak farklılık gösterebilir ve sonuçları etkileyebilir (Yüksel ve Avcı 2015).

4.4.2 CBS ile Tampon Analizlerinin Yapılması

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak tampon analizleri, belirli bir nokta, çizgi veya alan etrafında belirli bir mesafe içindeki diğer öğelerin belirlenmesi veya analiz edilmesi için yapılır. Örneğin, bir nokta veya alanın etrafındaki belirli bir yarıçapta olan diğer öğeleri belirlemek veya analiz etmek için tampon analizleri kullanılır (Karaagaç vd. 2019).

Analiz için Öğe Belirlemek oldukça önemlidir. İlgili veri setlerindeki belirli bir nokta, çizgi veya alan seçilir (Güllüdağ ve Altunsoy 2018). Seçilen bu öğenin etrafında oluşturulacak tamponun boyutu ve şekli belirlenir. Mesafe genellikle metre veya kilometre cinsinden belirtilir. Bu çalışmada aktif fay hattı için tampon bölge alanı belirlenmiştir (Sözbilir vd. 2017). CBS yazılımı kullanılarak, seçilen öğenin etrafında belirlenen mesafe içindeki diğer öğeler hesaplanır veya belirlenir. Bu, mesafenin içine giren noktalar, çizgiler veya alanlar olmalıdır (Partigöç vd. 2017). Tampon içinde kalan öğeler analiz edilir. Örneğin; yerleşim yerlerine uygunluğunun, fay hattına olan uzaklıklarının analiz edilmesi. Tampon analizleri, coğrafi konumların belirlenmesi, çevresel etkilerin değerlendirilmesi, risk analizi ve yerleşim planlaması gibi birçok alanda kullanılır (Karaagaç vd. 2019).

4.4.2.1 Fay Hatları Üzerinde Tampon Bölge Analizi

Fay üzerinde tampon bölge uygulaması, potansiyel olarak riskli bölgelerde yer alan fay hatları etrafında inşaat yapılmasını sınırlamak veya düzenlemek amacıyla kullanılır. Bu uygulama, deprem riski taşıyan bölgelerdeki yapılaşmayı düzenlemek ve olası zararları en aza indirmek için yapılır (Becker 1993). Tampon bölgeler, fay hatları etrafında belirlenen ve genellikle binaların, altyapının veya yapıların olmaması gereken bölgelerdir. Bu bölgelerde yapılaşma kısıtlanabilir veya belli kurallar ve yönetmeliklerle düzenlenebilir (Nurlu 2017). Tampon bölge uygulaması, genellikle yerel yönetimler, şehir planlama kuruluşları veya devlet otoriteleri tarafından belirlenen yönetmelikler ve kanunlarla düzenlenir. Fakat ülkemizde henüz belirlenmiş tampon bölge uygulaması

bulunmamaktadır. Bu kurallar, fay hatları etrafındaki riskli bölgelerdeki yapılaşmayı kontrol etmeye ve deprem riskini azaltmaya yöneliktir (Özvan vd. 2021). Bu tür bir uygulama genellikle deprem riski yüksek bölgelerde kullanılır ve yerel yönetimler veya ilgili kuruluşlar tarafından belirlenen binaların, altyapının veya yapıların belirli bir mesafe içerisinde fay hatlarından uzak olmasını gerektirir (Bakak 2016).

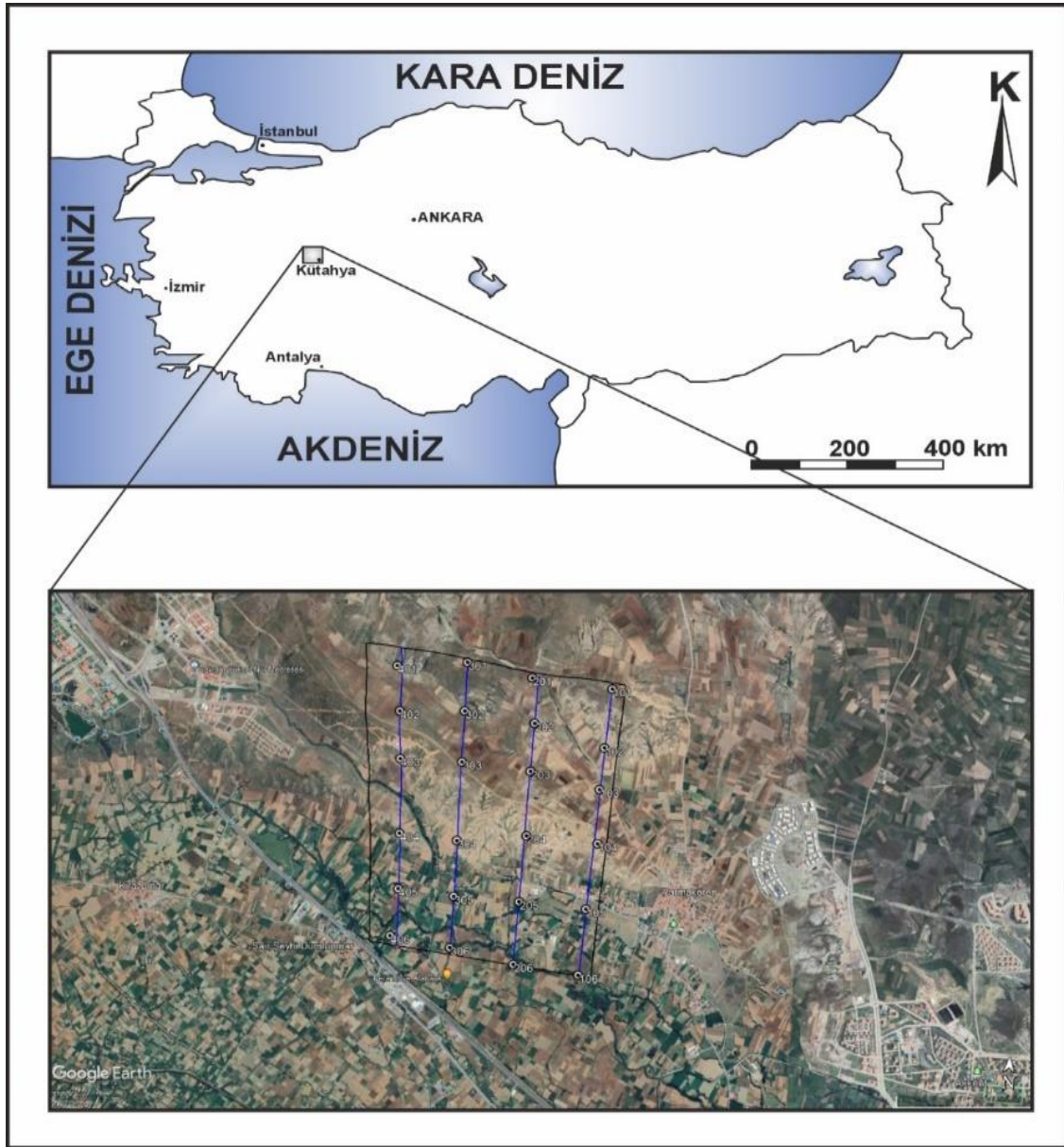


Resim 4.4 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depreminde Sakınım Bandının Önemi

5. UYGULAMA

5.1 Çalışma Alanının Tanıtılması

Çalışma alanı Kütahya ilinin 5km kuzeybatısında yer almakta olup, yaklaşık 4.5km²'lik alanı kapsamaktadır. Proje alanına en yakın yerleşim yerleri Parmakören, Kirazpınar ve Bölcek Mahalleleridir. Ayrıca inceleme alanı 1/25.000 ölçekli J23B4 ve 1/5000 ölçekli J23B4B4, J23B4B3, J23B4C1, J23B4C2 paftalarında yer almaktadır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 Proje alanının yer bulduru haritası.

5.2 Jeolojik Çalışmalar

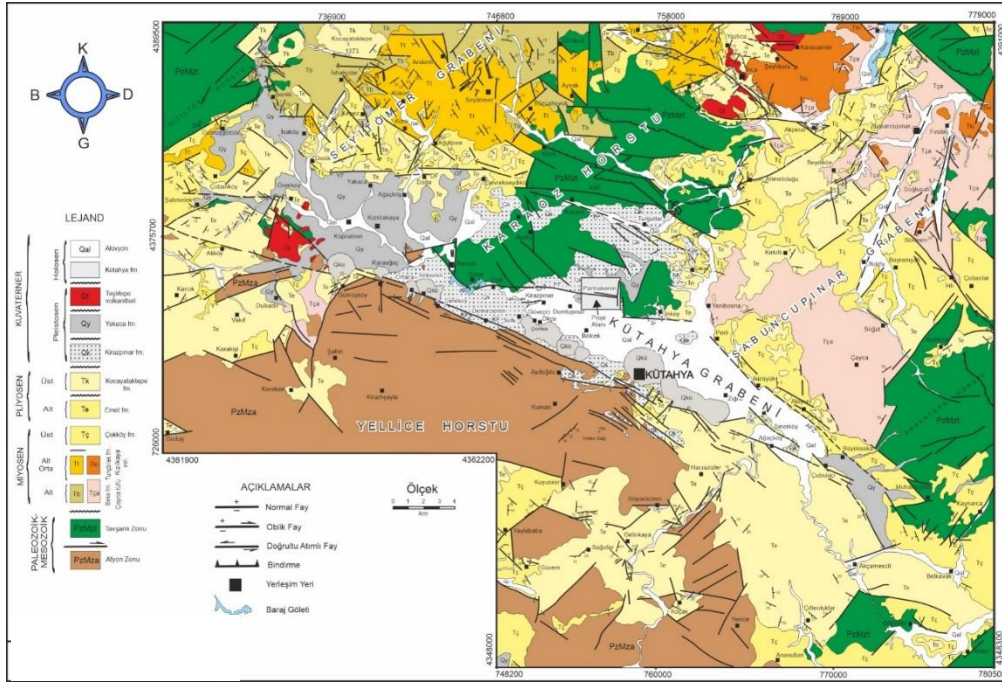
5.2.1 Çalışma Alanının Jeolojisi

5.2.1.1 Stratigrafi

Tektonik olarak Tavşanlı zonu ve Afyon zonu içinde yer alan proje alanının temelini şist ve mermerlerden oluşan Paleozoyik yaşlı metamorfik kayaçlarla bu birimlerin üzerine tektonik dokanakla yerleşmiş ofiyolitik kayaçlar oluşturmuştur. Afyon zonu olarak adlandırılan metamorfik kayaçlar yeşil şist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş olup, birimin 1500m'den fazla kalınlığa sahip olduğu belirtilmiştir (Özburan ve Gürer 2012). Sarıcasu formasyonu olarak adlandırılan birimin bileşimi muskovit-kuars-albit şist, muskovit-klorit-kalsit-kuars şist, klorit-kuars şist, kuvars-albit-serizit şist, metakonglomera, fillit, kuvarsit şeklindedir (Akdeniz ve Konak 1979, Arık ve Temur 2003). Kristalize kireçtaşı veya mermerler şistlerin üzerinde uyumlu olarak bulunmaktadır. Arıkaya formasyonu olarak adlandırılan birim, gri, bej ya da beyazımsı renklerde, yer yer dolomitleşmiş olup, yaklaşık 400m kalınlığındadır. Afyon zonu kayaçlar üzerine tektonik dokanakla yerleşen ofiyolitik kayaçlar İzmir-Ankara zonu (İAZ) olarak adlandırılmıştır. Proje alanının da içinde bulunduğu bölgede, İzmir-Bursa-Eskişehir-Ankara boyunca yayılım gösteren birim, metamorfik kayaçlar, ofiyolitik melanj ve ultramafik kayaçlardan oluşmaktadır. İzmir-Ankara zonu (İAZ), Kaya (1992) tarafından ultramafik ve metamorfik (yeşilşist ve mavişist) bir temeli çökel dokanak ile örten En Geç Kretase volkanik olistostrom birimi olarak açıklanmıştır. Bölgede çalışan araştırmacılar tarafından Tavşanlı zonu (Okay vd. 1999), Kocasu formasyonu (Okay vd. 2000), Ovacık melanjı (Kocyigit 1991) ve Kınık ofiyoliti (Okay vd. 1999) olarak alt birimlere ayrılmıştır (Özburan ve Gürer 2012).

Temel kayaçların üzerinde diskordansla duran, göl ve akarsu ortamını yansıtan, volkaniklerle girik, kırıntılı ve karbonatlı kalın bir örtü istifli yer almaktadır. Örtü birimleri Tersiyer ve Kuvaterner yaşlı sedimanlardan oluşmaktadır. Tersiyer yaşlı kayaçlar konglomera, kumtaşı, kilaşı tuf, tufit, marn, kireçtaşı gibi sedimanter kayaçlarla andezit, bazaltik andezit, olivin bazalt bileşimindeki volkanitlerle temsil edilmektedir. Kuvaterner çökelleri çakıtaşı, kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşından oluşan

Kirazpınar formasyonu, tutturulmamış çakıl, kum, silt, kilden oluşan Yakaca formasyonu, bazalt, andezitik bazalt ve olivin bazalt bileşimli volkanik kayalardan oluşan Taşlıtepe volkaniti, Kütahya fay zonunun çeşitli kollarında gelişmiş, Kütahya şehir merkezinin bulunduğu alanı kaplayan ve alüvyonal yelpazelerden meydana gelen Kütahya formasyonu ve Güncel dereler ve akaçlama sistemi tarafından depolanmış çakıl-kum-silt-kil boyutundaki vadi çökelleriyle temsil edilen alüvyon şeklinde alt birimlere ayrılmıştır (Özburan 2009).



Şekil 5.2 Kütahya Jeoloji Haritası (Özburan 2009).

5.2.1.2 Tektonizma

Proje alanı Batı Anadolu Horst Graben Sistemi içinde yer almaktadır. Kütahya grabeni bu sistem içinde gelişen en önemli horst graben sistemlerinden birisidir (Bozkurt 2001). KB-GD uzanımlı olan ve geç Erken Pliyosen’de gelişmeye başlayan Kütahya grabeni kuzeyde Parmakören fayı ile Karaöz fayı; güneyde de Kütahya fay zonu ve doğuda ise Alayunt fayıyla sınırlı olup, asimetric graben özelliğindedir (Kocyigit 1991). (Şekil 5.3). Güney kenarı daha aktif olup, kuzey kenarı ise çok parçalı ve düzensiz gelişen Kütahya grabeni etrafında bulunan ve proje alanında etkili olan fayların özellikleri aşağıda verilmiştir.

Parmakören Fayı, Kütahya grabeninin kuzey kenarında bulunan yaklaşık D-B uzanımlı olup, Emre, (2011) tarafından adlandırılmıştır. Özburan (2009), söz konusu fayı Parmakören fay zone olarak tanımlayarak, zoneun Parmakören Fayı, İnköy Fayı ve Parmakören Köyü kuzeyindeki farklı bir segmentten oluştuğunu ifade etmiştir. Parmakören Fayı güneye eğimli bir normal fay olup, yaklaşık 15km uzunluğundadır. Kütahya grabeninin kuzeyinde Kirazpınar formasyonu-alüvyon sınırını oluşturan fay 111m düşey atım önerilen (Kocuyigit 1991) fayın yaşı Holosen olarak verilmiştir (Özburan 2009).

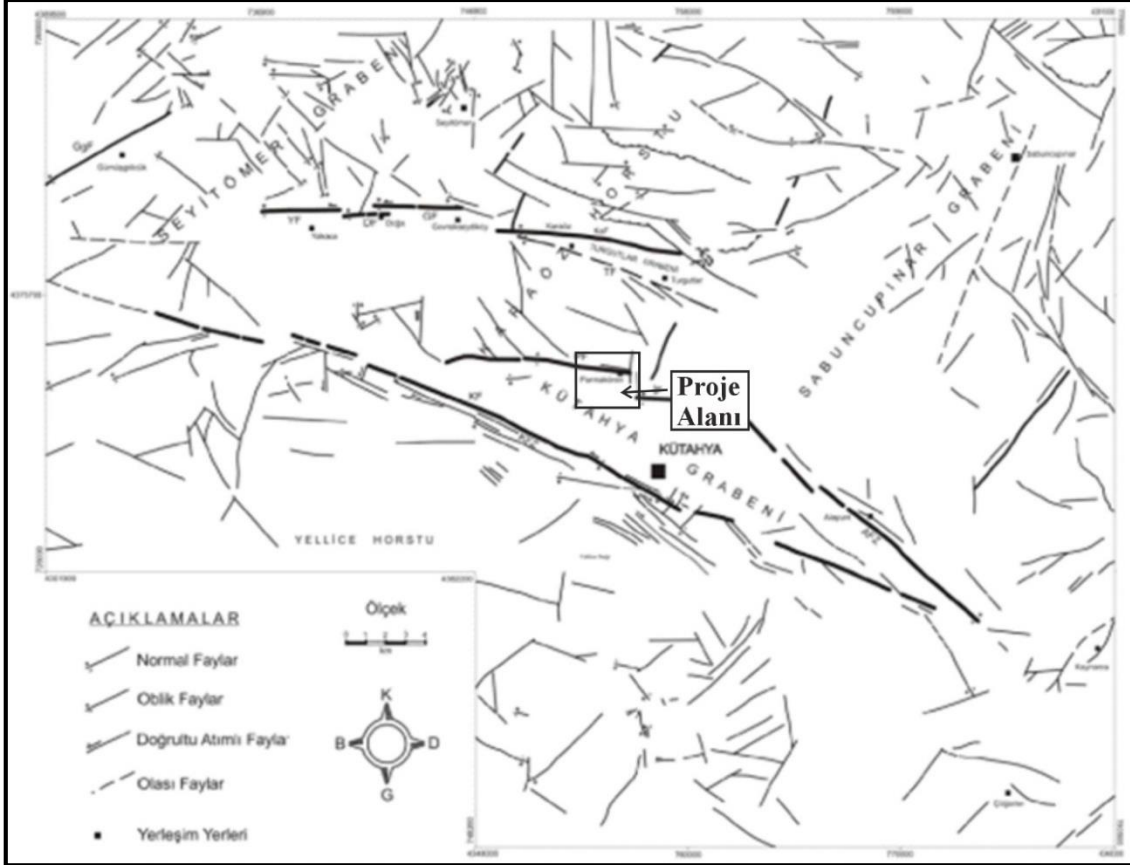


Resim 5.1 Parmakören fayının üçgen yüzeyleri.

İnköy Fayı (İF), Parmakören Fayı'na göre daha doğuda ve daha güneyde gözlenen, (İnköy güneyinde) yaklaşık D-B uzanan fay Özburan (2009), ile Özburan ve Gürer (2012), tarafından İnköy Fayı olarak adlanmış ve incelenmiştir. Yazarlara göre İnköy fayı boyunca Ovacık melanjına ait kayalarla alüvyon yan yana gelmiştir. Yaklaşık 4,5km uzunluğundaki bu fay, denetlediği birimler, kontak yaptığı formasyonlar ve fayların doğrultularındaki benzerlikler nedeniyle Parmakören fayının devamı olarak değerlendirilmiştir.

Karaöz Fayı, Koçyiğit ve Bozkurt (1997) tarafından tanımlanan Karaöz Fayı grabenin kuzeyinde ortalama 24 km uzunluğunda, sağ yanal doğrultu atım bileşenine sahip verev atımlı normal faydır (Kezer Z 2019). 9km uzunluk tespit edilmiştir. Fayın güney bloğu kuzey bloğa göre düşmüştür. Atım miktarı maksimum 55cm, düzlemin eğim açısı ise 70° olarak ölçülmüştür. Karaöz Fayı'nın yaşı Erken Kuvaterner olarak verilmiştir (Özburan 2009).

Kütahya Fay Zonu, Kütahya Grabenin'in güney sınırı boyunca gelişen BKB-DGD uzanımlı ve kuzeye eğimli verrev atımlı normal fay niteliğinde bir fay zonudur. Yaklaşık olarak 45 km uzunluğa ve 5 km genişliğe sahip olup, graben içine doğru basamaklı yapı sunmaktadır (Kocyigit 1991). Fay kertikleri, fay çizikleri ve fay oluklarına görsel yanal oblik normal fay" olarak tanımlanmıştır (Özburan 2009).



Şekil 5.3 Kütahya ve çevresinin yapısal unsurları (Özburan 2009).

5.3 Proje Alanının Depremselliği

Türkiye Diri Fay Haritaları Serisi'nde (Emre, 2011) Kütahya Grabeni'ni denetleyen kenar fayları Holosen yaşlı aktif fay olarak tanımlanmıştır (Kezer 2019). Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanmış (1996) Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına göre Kütahya ili 1. ve 2. derece deprem bölgeleri içerisinde yer almaktadır. Gediz ilçesini içerisine alan ve batıya doğru devam eden hat 1. derece deprem bölgesi, ilin geri kalan kısmı ve çalışma alanı ise 2. derece deprem bölgesinde yer almaktadır (Özburan 2009).

Proje alanının güneyinde, Koçyiğit (1984) tarafından tanımlanmış Akşehir-Simav Fay Zonu olarak anılan aktif bir sismik kuşak bulunmaktadır. Bu kuşağın genel gidişi KFZ ile paralellik gösterir. Koçyiğit ve Bozkurt (1997), bu fay sistemi ve niteliğini, KFZ ile tümüyle benzer olarak nitelendirilmiştir. Ayrıca daha kuzeyde bulunan Eskişehir Fay Zonu da aktif bir fay zonudur (Tokay ve Altunel 2005) ve yine KFZ ile paralellik gösterdiği belirtilmiştir (Özburan 2009).

Şekil 5.4 Türkiye Deprem Tehlike Haritası (Emre vd. 2018).

Şekil 5.5 Kütahya İlının Fay Hattı ve Deprem Tehlike Haritası (AFAD) (İnt.Kyn.16).

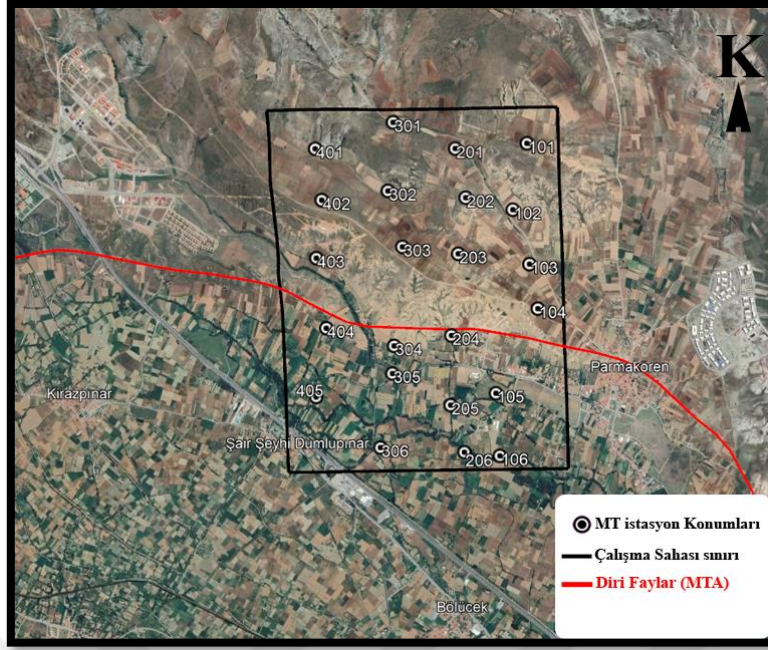
5.4 Jeofizik Çalışmalar

5.4.1 Çalışma Sahasının MT Noktalarının Belirlenmesi

Uygulama alanının bu bölümde Kütahya Belediye Başkanlığı ile Afyon Kocatepe Üniversite Rektörlüğü arasında yapılmış olan “Manyetotellürik (Mt) Yöntem Kullanılarak Kütahya İli Merkez İlçesi, Parmakören Mahallesi Civarında Deprem Riski Yaratan Aktif Fayların Tespit Edilmesi” protokolü kapsamında proje alanında yaklaşık 500-1000 metre aralıklı gridleme yapılarak 23 MT istasyon yeri belirlenmiştir (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1 Sahada Ölçülen MT verilerinin WGS84 koordinatları.

NO	İstasyon İsmi	Koordinatlar (WGS84)		Elipsoidal Yükseklik (m)
		X	Y	
1	101	753694	4374221	1042,45
2	102	753607	4373723	1016,83
3	103	753754	4373321	1007,5
4	104	753836	4372990	1010,28
5	105	753545	4372329	973,61
6	106	753602	4371856	973,83
7	201	753153	4374154	1032,9
8	202	753252	4373790	1034,54
9	203	753215	4373368	1019,14
10	204	753187	4372749	989,69
11	205	753205	4372219	975,37
12	206	753330	4371867	974,49
13	301	752681	4374320	1044,37
14	302	752667	4373807	1036,24
15	303	752799	4373394	1037,3
16	304	752754	4372645	984,16
17	305	752751	4372434	979,66
18	306	752690	4371867	978,52
19	401	752111	4374088	1049,25
20	402	752184	4373707	1054,21
21	403	752139	4373275	1004,98
22	404	752232	4372750	984,98
23	405	752181	4372223	979,71



Şekil 5.7 Proje kapsamında Ölçülen MT istasyonlarının konumları.



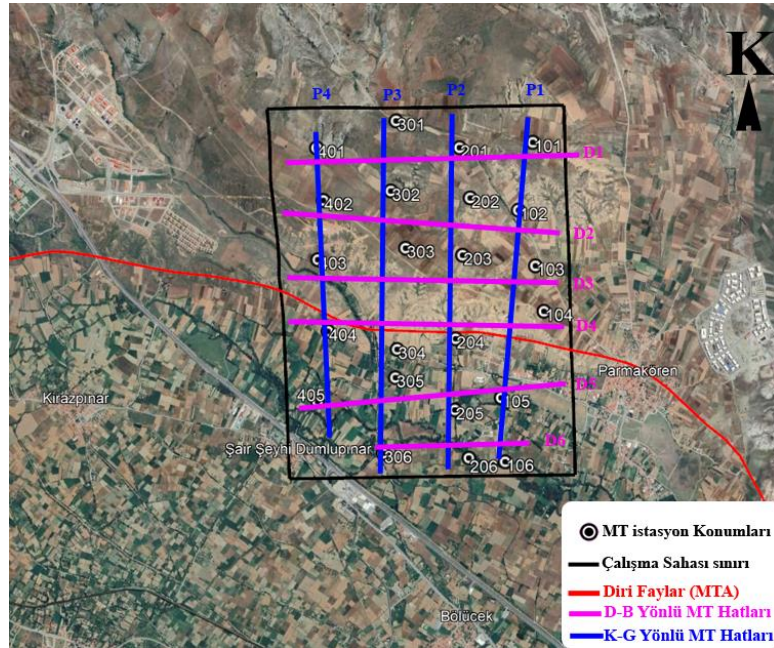
Resim 5.2 MT istasyonu kurulum aşamaları.



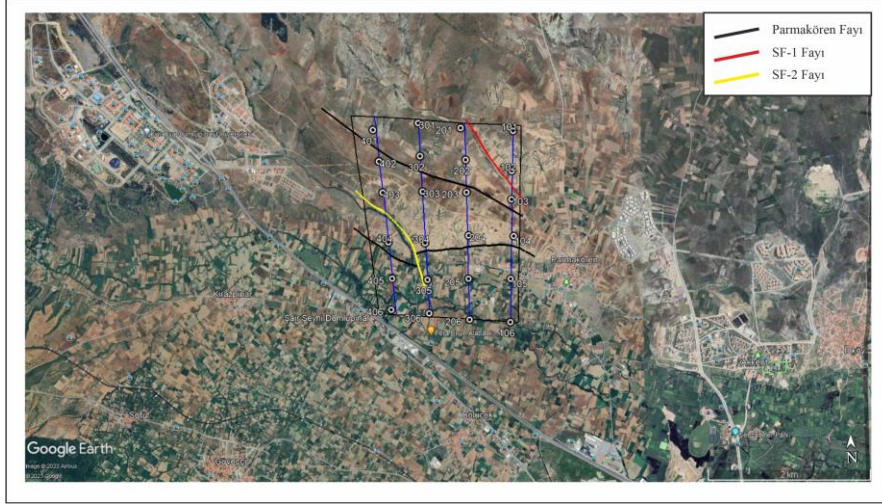
Resim 5.3 MT istasyonu kurulum aşamaları.

5.4.2 MT Yöntemiyle Aktif Fayların Belirlenmesi

Proje alanında etkili olan ana fayları dik kesecek şekilde P Doğrultuları (K-G) ve ikincil fayları gözlemleyecek şekilde D Doğrultuları (D - B) boyunca 2 boyutlu MT modelleri elde edilmiştir.



Şekil 5.8 Çalışma sahasında, aktif fayların tespit edilmesi için MT istasyon noktalarının D-B ve K- G yönlü MT doğrultuları.

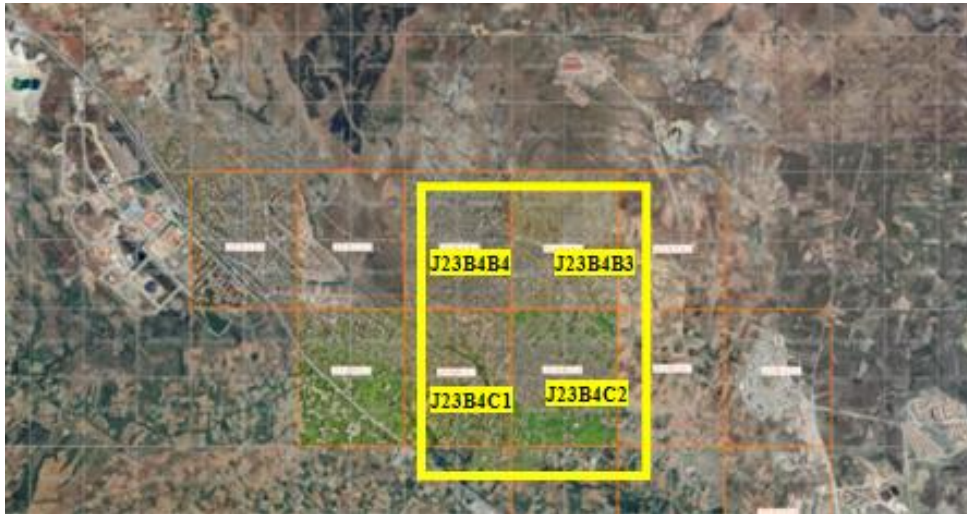


Şekil 5.9 Aktif Fayların Google Earth Üzerindeki Gösterimi.

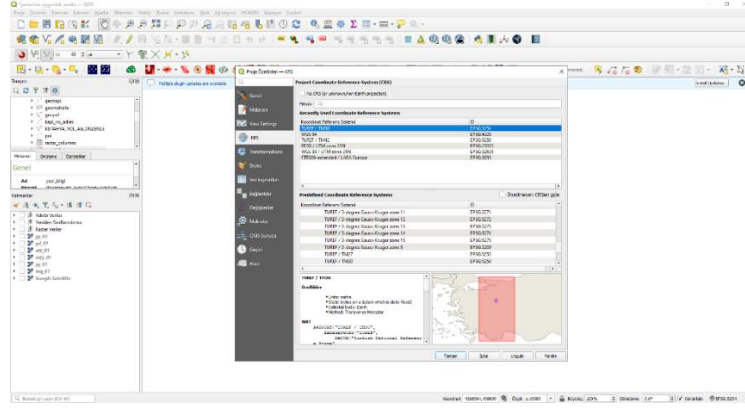
5.5 Jeodezik Çalışmalar

5.5.1 Çalışma Sahasının Halihazır Haritası ve DEM Modellerini Üretilmesi

Çalışma sahası, UTM3 Projeksiyon sisteminde, dilim orta meridyeni 30° ve Zone 35 bölgesinde kalmaktadır. Halihazır DJI Mavic 3 Enterprise RTK'lı drone ile ölçülmüştür. Bu doğrultuda 2.69 cm yer örnekleme aralıklarına sahip % 80 ileri ve % 70 yan bindirme oranında toplam 6980 renkli hava fotoğrafları 3D Survey Programında proses işlemine alınmış, fotoğrafları birleştirilip DEM modelleri ve ortofoto haritaları üretilmiştir.



Şekil 5.10 Çalışma Sahasının Paftalarının Gösterimi.



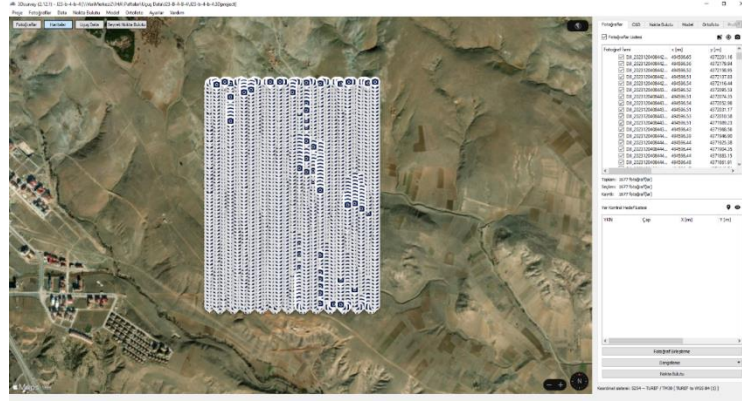
Şekil 5.11 Çalışma Sahasının Paftalarının Gösterimi.

Hava fotoğraflarının çok olması sebebiyle proses işlemi 1/5000 ölçekli J23B4B4 (1677 fotoğraf), J23B4B3 (1733 fotoğraf), J23B4C1 (1730 fotoğraf) ve J23B4C2 (1840 fotoğraf) paftalarını kapsayacak şekilde dörde bölünmüştür. Üretilen DEM modelleri ve ortofotolar, CBS yardımıyla yerleşime uygun alanları belirlemek ve kentsel planlamaya altlık oluşturmak için tematik haritaların üretilmesinde kullanılmıştır.

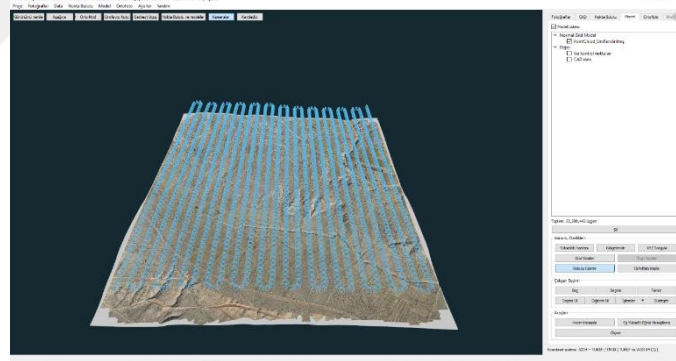
5.5.2 Ortofoto Üretiminde Kullanılan RTK Ölçüm Tekniği

RTK (Real-Time Kinematic), küresel konumlandırma sistemlerinde (GNSS) yüksek hassasiyetli konum belirleme için kullanılan bir ölçüm yöntemidir. RTK, özellikle coğrafi bilgi sistemleri (CBS), haritalama, inşaat, tarım ve navigasyon gibi alanlarda yüksek doğruluk gerektiren uygulamalarda kullanılır (Mutlu ve Kahveci 2019). Bu sistem, GPS (Global Positioning System), GLONASS (Global Navigation Satellite System), Galileo veya diğer uydu tabanlı konumlandırma sistemlerini kullanarak, baz istasyonu adı verilen sabit bir referans noktası ile mobil bir alıcı arasında yüksek hassasiyetli konum verileri sağlar. Baz istasyonu bilinen bir konumda sabitlenir ve RTK alıcı, bu baz istasyonundan gelen verilerle anlık olarak düzeltmeler yaparak çok yüksek doğrulukta konum bilgisi elde eder (Mutlu ve Kahveci 2019). Ortofoto, havadan veya yüksek çözünürlüklü görüntüleme sistemleri kullanılarak elde edilen görüntülerin, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve harita projeksiyonları kullanılarak düzeltilip geometrik olarak doğru hale getirilmiş hali olarak tanımlanır. RTK, bu süreçte toplanan yüksek hassasiyetli konum verileri sağlayarak, görüntülerin doğru konumlandırılmasına ve oluşturulan ortofotoların yüksek hassasiyetle yerleştirilmesine yardımcı olmaktadır.

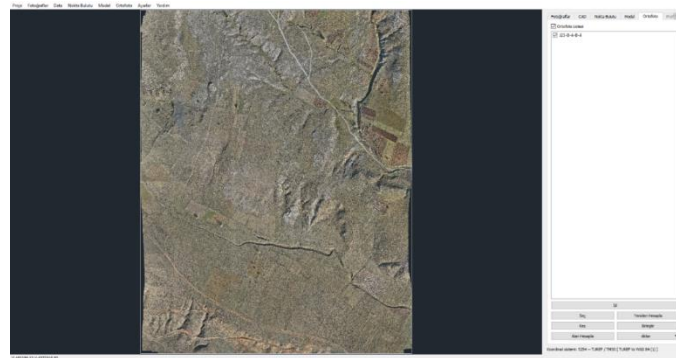
(Özcan 2017). RTK; uçak, insansız hava aracı (drone) veya diğer görüntüleme sistemleri üzerindeki GPS alıcıları aracılığıyla elde edilen konum bilgilerini hassas bir şekilde sağlar. Elde edilen görüntülerin, fotoğrafların hangi konumda ve ne zaman alındığını belirlemek için kullanılır. Bu sayede, oluşturulan ortofotolar, coğrafi verilerle hizalanarak doğru konumlandırılır ve harita projeksiyonlarına göre düzeltilir (Özcan 2017).



Şekil 5.12 3D Survey Programında 1/5000 Ölçekli J23B4B4 paftasına ait 1677 fotoğrafın harita projeksiyona göre yerleştirilmesi.



Şekil 5.13 3D Survey Programında 1/5000 Ölçekli J23B4B4 paftasına ait 1677 fotoğrafın harita projeksiyona göre yerleştirilmesi.



Şekil 5.14 3D Survey Programında 1/5000 Ölçekli J23B4B4 paftasının prosesi yapılmış ortofoto haritası.



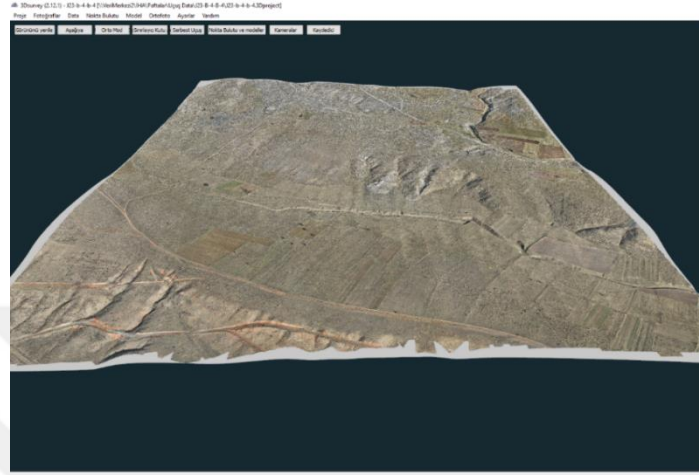
Resim 5.4 Çalışma Sahasında Bulunan 1/5000 Ölçekli Dört Paftanın Birleştirilmiş Ortofoto Haritası.

5.5.3 Çalışma Sahasının Dijital Yükseklik Modeli

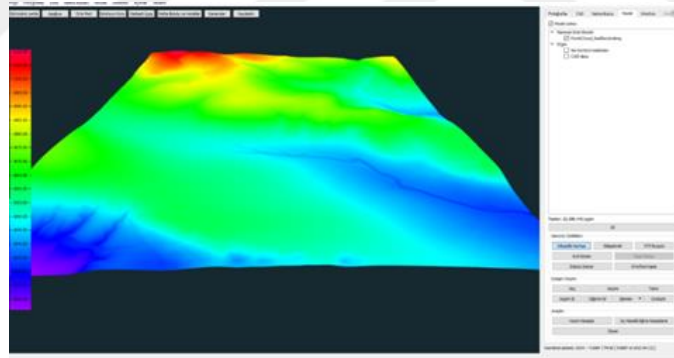
Bir çalışma sahasının dijital yükseklik modeli (DEM), o bölgenin yükseklik ve topografik özelliklerini dijital bir şekilde temsil eden bir veri setidir. Çalışma sahasının belirli bir alanının veya geniş bir bölgenin topografik detaylarını göstermek amacıyla oluşturulan bu model, yükseklik verilerini, arazinin eğimini, vadilerini, tepelerini, çukurlarını ve diğer topografik özelliklerini içerir (Özcan 2017).

DEM, genellikle lazer tarama (LIDAR), stereo görüntüleme, uydu veya hava fotoğraflarından elde edilen verilerin işlenmesiyle oluşturulur. Bu veriler, arazinin yüksekliklerini ölçmek ve bu noktaların coğrafi konumlarını belirlemek için kullanılır. DEM, çalışma sahasının yüzeyinin dijital bir modelini oluşturarak coğrafi bilgi

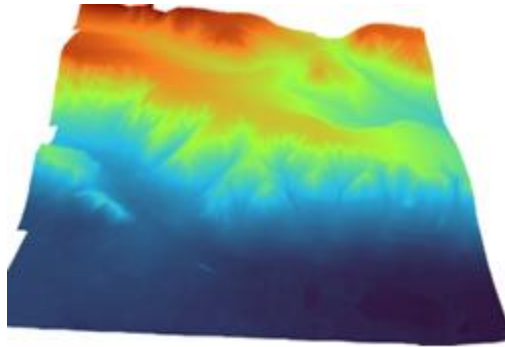
sistemleri (CBS), harita oluşturma ve arazi analizi gibi alanlarda kullanılan önemli bir veri setidir (Ha vd. 2022). Bu çalışmada dijital yükseklik modeli; bakı, eğim ve yükseklik haritalarının hazırlanmasında, çalışma sahasının topografik özelliklerini anlamak ve analiz etmek için kullanılmıştır.



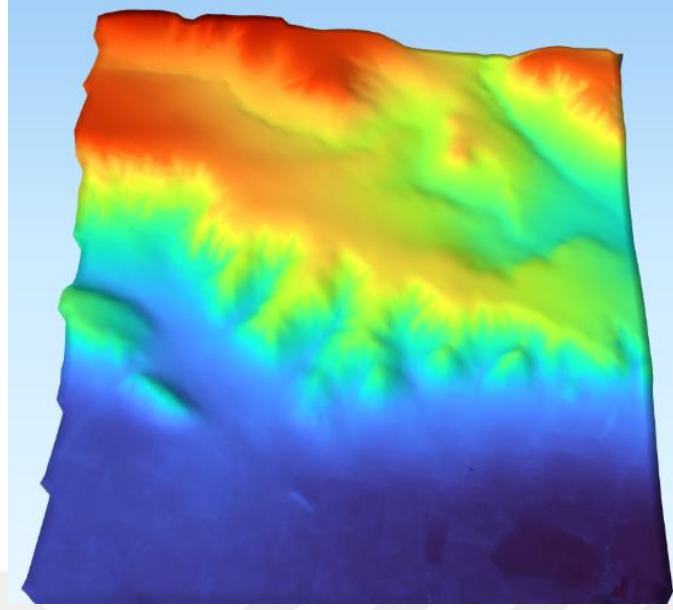
Şekil 5.15 3D Survey programında 1/5000 ölçekli j23b4b4 paftasının prosesi yapılmış topografik modeli.



Şekil 5.16 3D Survey programında 1/5000 ölçekli j23b4b4 paftasının prosesi yapılmış dem modeli.



Şekil 5.17 alışma sahasında bulunan 1/5000 ölçekli dört paftanın birleştirilmiş dijital yükseklik modeli.



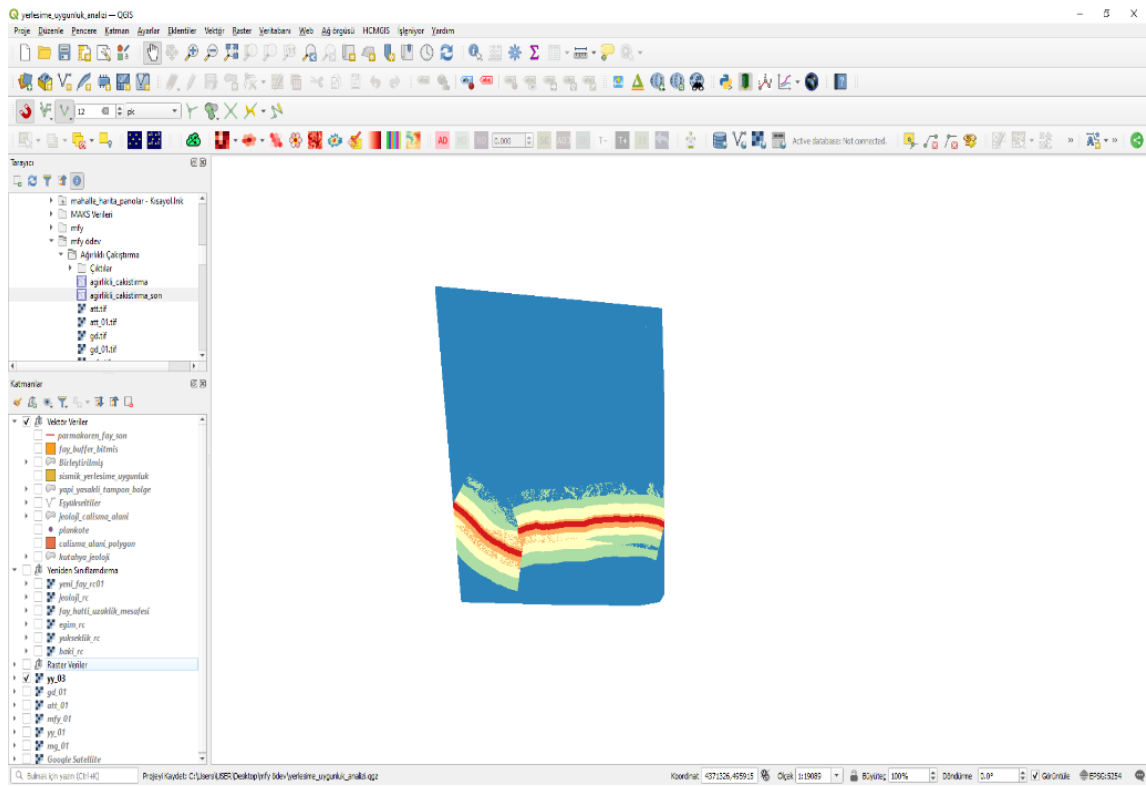
Şekil 5.18 Çalışma sahasında bulunan 1/5000 ölçekli dört paftanın birleştirilmiş dijital yükseklik modeli.

5.5.4 CBS Yardımıyla Yerleşim Alanı Uygunluğu

Yerleşim alanı uygunluğu, bir bölgenin çeşitli faktörleri göz önüne alınarak belirlenir. CBS, DEM ve Ortofoto gibi verileri entegre ederek yerleşim alanı uygunluğunu belirlemede yardımcı olmaktadır. Örneğin, arazinin eğimi, su kaynakları, altyapı, jeolojik riskler, tarım alanları ve ulaşım ağı gibi veriler, coğrafi bilgi sistemlerinde analiz edilerek uygun yerleşim alanlarının belirlenmesinde öncülük eder (Yüksel ve Avcı 2015).

Bu çalışmada DEM verilerinden üretilen; Bakı, Eğim ve Yükseklik Haritaları, Kütahya ilinin zemin yapısının verisini içeren shape uzantılı Jeoloji Haritası ve MT yöntemiyle konumu iyi tanımlanmış aktif fay hattı parametreleri (CBS) alanında yaygın olarak kullanılan ücretsiz ve açık kaynaklı kodlu QGIS (Quantum GIS), yazılımı kullanılarak yerleşim alanının uygunluğunu belirlenmeye çalışılmıştır. QGIS (Quantum GIS), farklı harita projeksiyonları kullanılarak çok katmanlı haritaların oluşturulmasını destekler. Farklı veri tiplerini içeren ve farklı kaynaklardan gelen verileri entegre etmek için kullanıcı dostu bir arayüz sunar. Bu sayede, kullanıcılar farklı biçimlerde ve farklı kullanımlar için haritaları bir araya getirebilir (Yüksel ve Avcı 2015). Ayrıca, QGIS, diğer açık kaynak kodlu CBS paketleriyle entegre olabilme özelliğine sahiptir. Örneğin,

PostGIS veritabanı yönetim sistemini destekler, GRASS coğrafi veri analizi ve işleme araçlarını entegre edebilir ve Mapserver gibi harita sunucusu yazılımlarını kullanıcıya sunabilir. Bu entegrasyonlar, QGIS'in işlevselliğini artırır ve kullanıcıya daha geniş bir araç seti sunar (Öztürk 2018). Bu özellikler sayesinde QGIS, kullanıcılarına çeşitli veri türlerini işlemek, farklı projeler için uygun haritalar oluşturmak ve farklı analizler yapmak için esnek bir platform sunar. Ayrıca, açık kaynak kodlu olması, sürekli olarak geliştirilmesi ve geniş kullanıcı topluluğu desteğiyle de popüler bir CBS yazılımı haline gelmiştir (Öztürk 2018).



Şekil 5.19 QGIS yazılımının arayüz ve katmanlar görünümü.

5.5.5 Yerleşim Alanı Uygunluğunda Kullanılan Doğal Faktörler ve Faktörlerin Puanlandırılması

Yerleşim alanlarının uygunluğuna etki eden doğal faktörlerin belirlenmesi ve puanlandırılması süreci, öncelikle önceki çalışmaların, literatürlerin ve bu alandaki bilimsel kaynakların incelenmesiyle başlamıştır. Bu inceleme sonucunda, yerleşim alanlarını etkileyen ve önemli olduğu düşünülen doğal faktörler tespit edilmiştir.

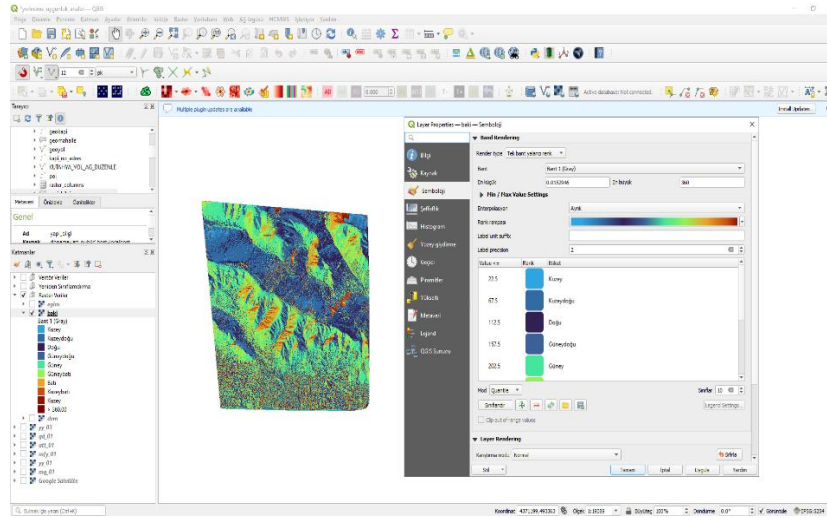
Ardından, puanlandırma süreci, belirlenen doğal faktörlerin değerlendirilmesini içeren bir yöntemle gerçekleştirilmiştir. Bu yöntem, literatürde bulunan bilgilere dayanarak belirlenmiş ve uzmanların görüşleri de dikkate alınarak geliştirilmiştir. Bu süreç, belirli kriterlere göre doğal faktörlerin değerlendirilmesini ve bu faktörlerin yerleşim alanlarının uygunluğuna olan etkilerinin anlaşılmasını sağlar. Bu değerlendirme sonucunda, potansiyel yerleşim alanları belirlenir ve planlama süreçlerinde kullanılır.

Çizelge 5.2 Yerleşim alanlarını belirleyen bir dizi doğal faktör ve değişken puanlamaları.

Faktörler	Değişkenler/alt birimler	Puanlama
Bakı	Kuzey	0- 20
	Kuzeybatı-Kuzeydoğu	20- 40
	Batı-Doğu	40- 60
	Güneybatı- Güneydoğu	60- 90
	Güney	90- 100
Eğim	%20 ve üzeri	0- 20
	%15- %20 arası	20- 40
	%10- %15 arası	40- 60
	%5- %10 arası	60- 80
	%0- %5 arası	80-100
Yükseklik	970m-990m	0- 20
	990m-1010m	20- 40
	1010m-1020m	40- 60
	1020m -1030m	60- 80
	1050m-1080m	80- 90
	1030m-1050m	90- 100
Jeoloji	Ayrılmamış Kuvarterner	20
	Ofiyolitik Melanj	80
	Karasal Kırıntılar	100
Fay Hattına Uzaklık	0m-20m (Aktif Fay üstü Yapı Yasaklı Alan)	0
	20m-35m(Taban bloğa atılmıştır.)	20
	20m-55m(Tavan bloğa atılmıştır.)	20
	55m-105m(Fayın her iki tarafında)	40
	105m-165m(Fayın her iki tarafında)	60
	165m-250m(Fayın her iki tarafında)	80
	250m-üzeri (Fay hattının her iki tarafında 250 m dışında kalan alanlar.)	100

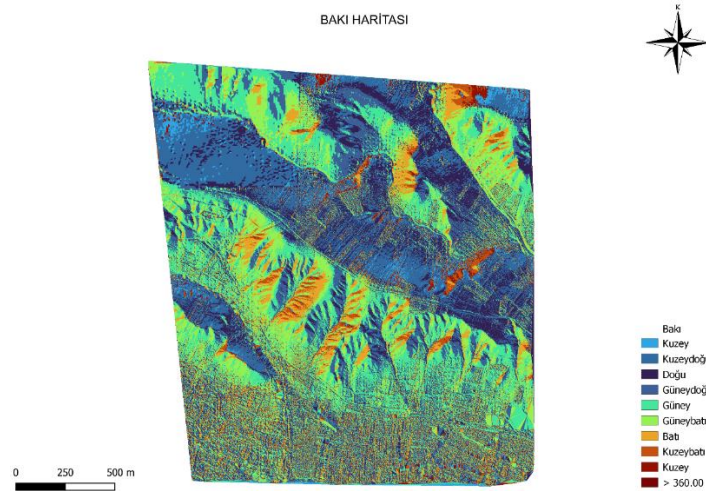
5.5.5.1 Bakı

Bakı, yerleşime uygunluğu belirlerken dikkate alınan önemli bir faktördür. Bir yerleşim alanının bakı yönü, o bölgenin coğrafi konumu, iklimi, çevresel özellikleri ve binaların güneş ışığından ne kadar faydalandığı gibi birçok faktörü etkiler (Karakuş ve Cerit 2017).



Şekil 5.20 Bakı derecelerinin QGIS’te sınıflandırılması.

Bu çalışmada DEM verisinden elde edilen Şekil 5.21’deki bakı haritası, yerleşime uygunluk değerlendirmelerinde önemli bir faktör olarak kullanılmış, topoğrafyanın bakı yönüne göre ağırlık çakıştırma yönteminde kullanılmak üzere beş grupta sınıflandırılmış ve puanlaması yapılmıştır.



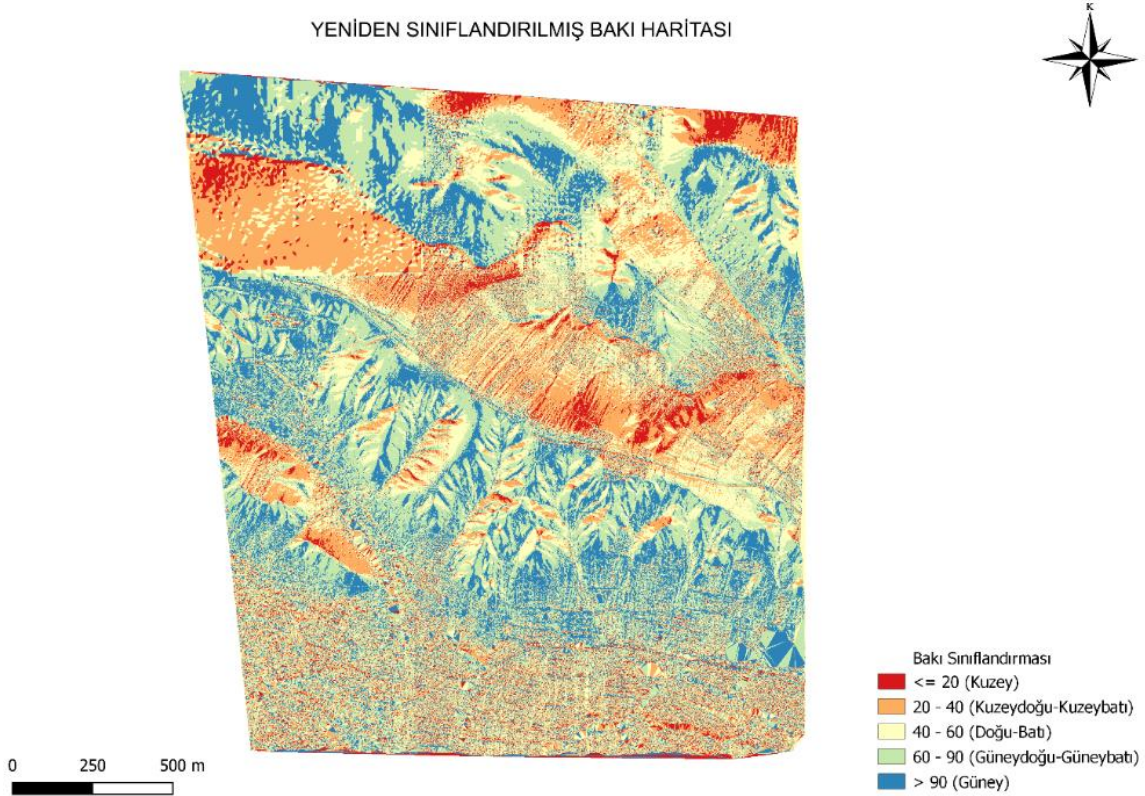
Şekil 5.21 Bakı Haritası.

Bunlar; Şekil 5.22’ de Gösterilen Birinci Grup; Kuzey yön 0 ile 20 puan arasındaki kırmızı renkli alanlar, İkinci Grup; Kuzeydoğu – Kuzeybatı yönü 20 ile 40 puan arasındaki turuncu renkli alanlar, Üçüncü Grup; Doğu – Batı yönü 40 ile 60 puan arasındaki sarı renkli alanlar, Dördüncü Grup; Güneydoğu – Güneybatı yönü 60 ile 80 puan arasındaki yeşil renkli alanlar ve son olarak Beşinci Grup; Güney yönünü 80 ile 100 puan arasındaki mavi renkli alanları göstermektedir.

Çizelge 5.3 Bakı sınıflandırılması.

BAKİ YÖNÜ	KUZEY İLE YAPILAN AÇI	PUAN
KUZEY	0 – 22.5	20
KUZEYDOĞU	22.5 – 67.5	40
DOĞU	67.5 – 112.5	60
GÜNEYDOĞU	112.5 – 157.5	90
GÜNEY	157.5 – 202.5	100
GÜNEYBATI	202.5 – 247.5	90
BATI	247.5 – 292.5	60
KUZEYBATI	292.5 – 337.5	40
KUZEY	337.5 – 360	20

YENİDEN SINIFLANDIRILMIŞ BAKİ HARİTASI

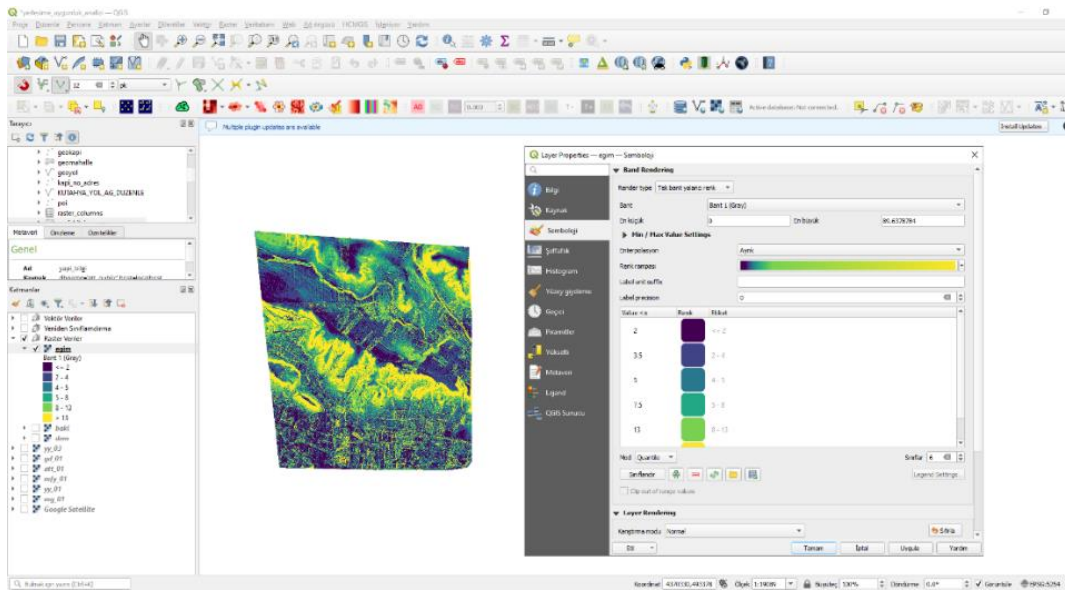


Şekil 5.22 Sınıflandırılmış Bakı Haritası.

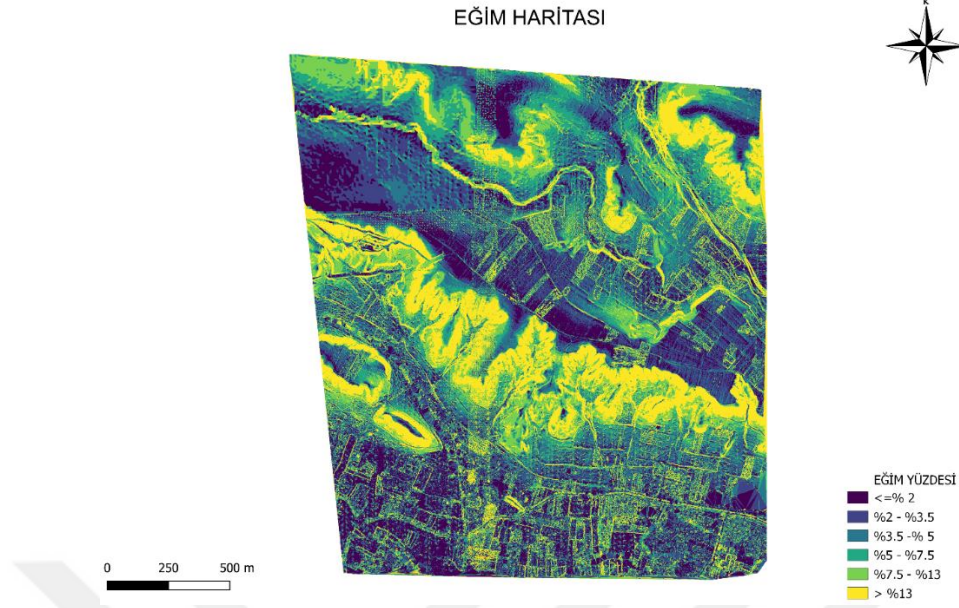
5.5.5.2 Eğim

Eğim, bir yerleşim alanının uygunluğunu etkileyen önemli faktörlerden biridir. Eğimin yerleşime uygunlukla ilişkisi çeşitli açılardan değerlendirilmektedir. Bunlardan bazıları güvenlik, inşaat maliyetleri ve fiziksel etkilerdir. Aşırı eğimli bölgelerde yapılan yerleşimler, toprak kaymaları, erozyon ve diğer doğal afet riskleri açısından daha hassas alanlardır. Dik yamaçlar veya eğimli arazilerde yapılan yerleşimler, bu tür afet risklerine daha fazla maruz kalmaktadır. Eğimli arazilerde yapı yapmak, altyapı ve yapı maliyetlerini artırır. Düz arazilere göre daha karmaşık inşaat yöntemleri ve mühendislik gerektirir. Yüksek eğimli bölgelerde yaşayanlar için günlük yaşamda yürüme, ulaşım veya ev içi kullanım açısından eğimli arazilerin etkisi olmaktadır. Bir yerleşim alanının eğimi, o bölgenin konut, altyapı, tarım veya diğer yapılar için uygunluğunu etkileyen önemli bir faktördür (Karakuş ve Cerit 2017).

Bu çalışmada DEM verisinden elde edilen Şekil 5.24 deki eğim haritasında minimum eğim değeri 0 ve maksimum eğim değeri ise %89.64 tür. Eğim haritasında sarı renk ile gösterilen alanlar %13' ün üzerinde eğim değerine sahip topoğrafyanın kıvrımlar şeklinde birden değiştiği çalışma alanın Güneydoğusundan- Kuzeybatısına doğru Parmakören Fayının doğrultu yönüyle benzerlik gösterdiği, faylanmanın üçgen yüzeylerinin olduğu engebeli olduğu görülmektedir.



Şekil 5.23 Eğim Değerlerinin QGIS' te Sınıflandırılması.

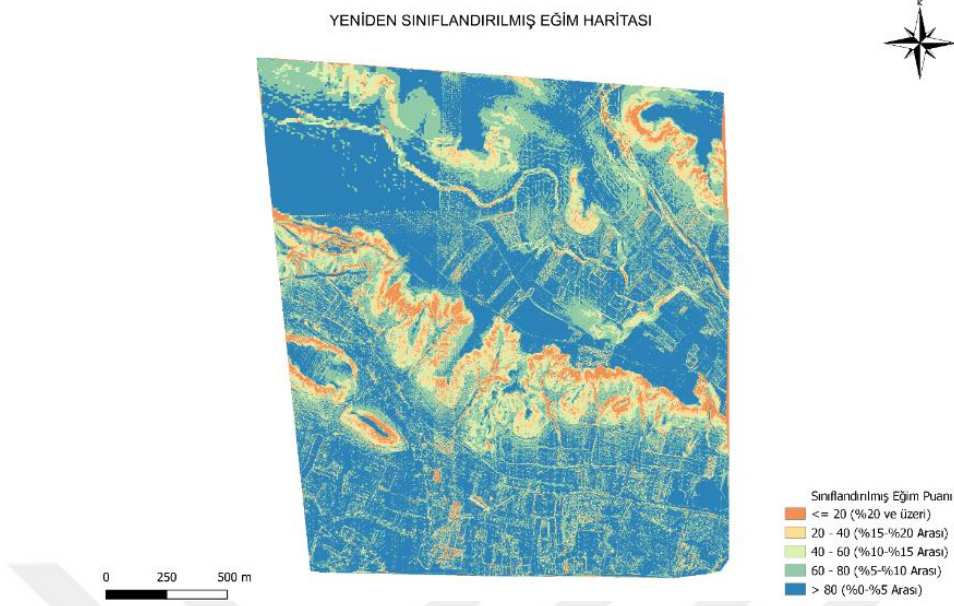


Şekil 5.24 Eğim Haritası.

Eğim haritasında, topoğrafyanın eğim değerine göre ağırlık çakıştırma yönteminde kullanılmak üzere beş grupta sınıflandırılmış ve puanlaması yapılmıştır. Bunlar; Şekil 5.25’ de Gösterilen Birinci Grup; Eğimin değerinin %20 ve üzerindeki 0 ile 20 puan arasındaki turuncu alanlar, İkinci Grup; Eğim değerinin %15 ve %20 arasında kalan 20 ile 40 puan arasındaki sarı alanlar, Üçüncü Grup; Eğim değerinin %10 ve %15 arasında kalan 40 ile 60 puan arasındaki yeşil alanlar, Dördüncü Grup; Eğim değerinin %5 ve %10 arasında kalan 60 ile 80 puan arasındaki turkuaz renkli alanlar ve son olarak Beşinci Grup; Eğim değerinin 0 ve %5 arasında kalan 80 ile 100 puan arasındaki mavi renkli alanları göstermektedir.

Çizelge 5.4 Eğim Sınıflandırılması.

EĞİM (derece)	PUAN
0 – 5	100
5 – 10	80
10 – 15	60
15 – 20	40
20 ve Üzeri	20

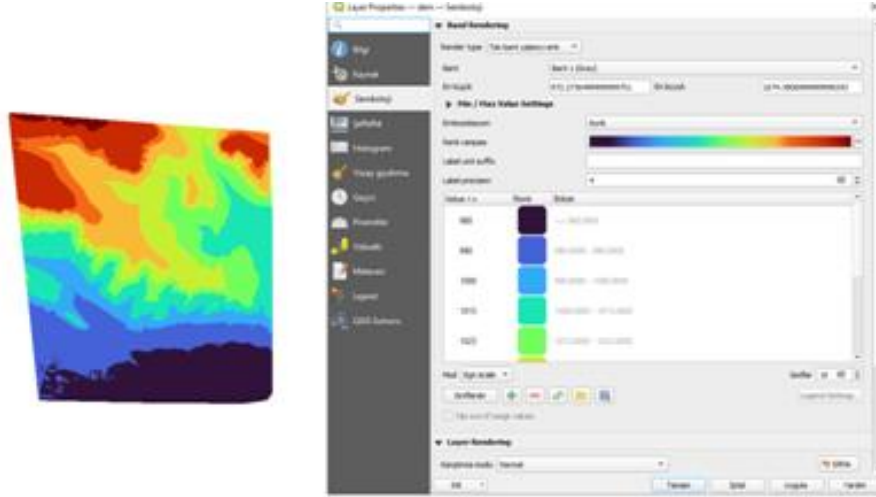


Şekil 5.25 Sınıflandırılmış eğim haritası.

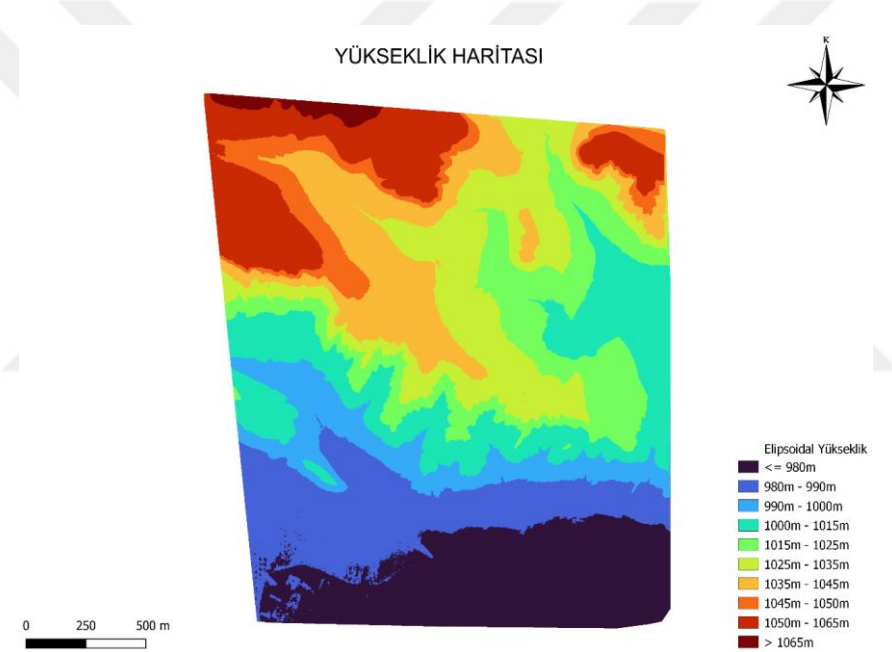
5.5.5.3 Yükseklik

Yükseklik, yerleşim alanlarının uygunluğunu belirlemede önemli bir faktördür. Yerleşim alanlarının bulunduğu yükseklik seviyesi, çeşitli etkenlerle ilişkilendirilir ve bu da yerleşim alanlarının uygunluğunu etkiler. Yüksek bölgelerde yerleşim, bazen zorlu koşullar oluşturabilir. Özellikle yüksek dağlık alanlar veya tepelerin zirveleri, inşaat için zorlu arazi koşullarına sahip olmakla birlikte zeminleri sağlam ana kayalar üzerinde olduğundan deprem sırasında yer ivmesinin sallantı kuvveti ana kayaları az etkilemektedir (Karakuş ve Cerit 2017).

Bu çalışmada DEM verisinden elde edilen Şekil 5.27 deki yükseklik haritasında minimum elipsoidal yükseklik değeri 972.27 metre ve maksimum elipsoidal yükseklik değeri 1074.39 metredir. Yükseklik haritasında 1000 m ile 1015 m arasındaki turkuaz renkli alan, 1015 m ile 1025 m arasındaki yeşil renkli alan ve son olarak 1025 m ile 1035 m arasındaki sarı renkli alanların çalışma sahasının Şekil 5.28 deki eş yükselti haritasında da görüleceği üzere topoğrafyanın kıvrımlar şeklinde birden değiştiği ve çalışma alanın Güneydoğusundan - Kuzeybatısına doğru olan Parmakören Fayının doğrultu yönüyle benzerlik gösterdiği, faylanmanın üçgen yüzeylerinin olduğu engebeli araziler olduğu görülmektedir.



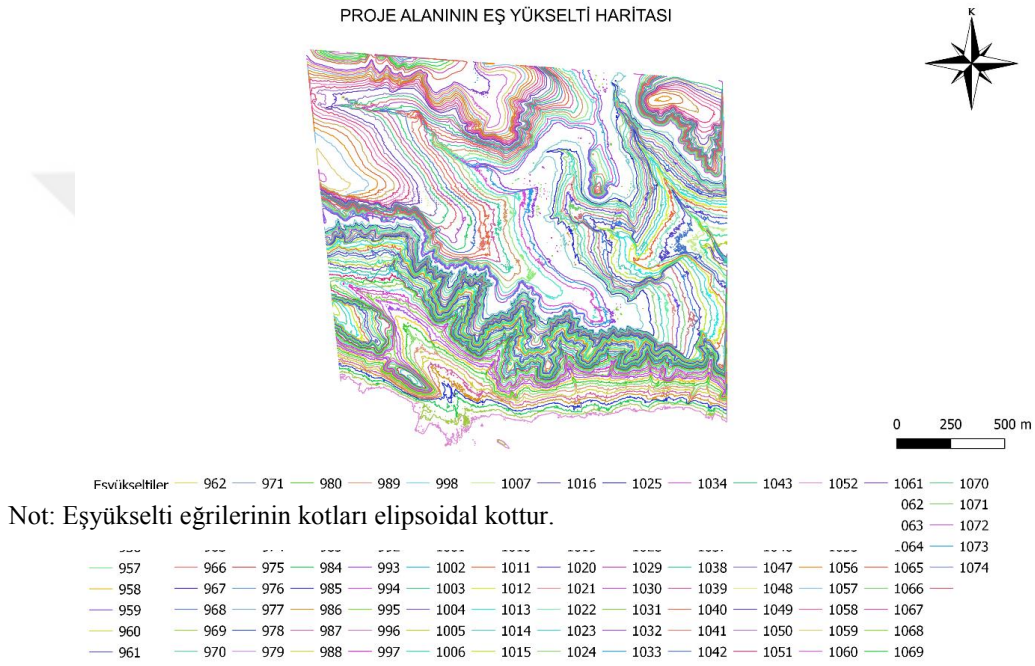
Şekil 5.26 Yükseklik Değerlerinin QGIS’ te Sınıflandırılması.



Şekil 5.27 Yükseklik Haritası.

Yükseklik haritasında, topoğrafyanın elipsoidal yükseklik kotuna göre ağırlık çakıştırma yönteminde kullanılmak üzere 6 grupta sınıflandırılmış ve puanlaması yapılmıştır. Bunlar; Şekil 5.29 ve Şekil 5.30’ da Gösterilen Birinci Grup; Elipsoidal yükseklik değerinin 970 metre ile 990 metre arasında olan 0 ile 20 puan arasındaki kırmızı renkli alanları, İkinci Grup; Elipsoidal yükseklik değerinin 990 metre ile 1010 metre arasında olan 20 ile 40 puan arasındaki turuncu renkli alanları, Üçüncü Grup; Elipsoidal yükseklik değerinin 1010 metre ile 1020 metre arasında olan 40 ile 60 puan arasındaki açık turuncu renkli alanları, Dördüncü Grup; Elipsoidal yükseklik değerinin 1020 metre

ile 1030 metre arasında olan 60 ile 80 puan arasındaki açık yeşil renkli alanları, Beşinci Grup; Elipsoidal yükseklik değerinin 1050 metre ile 1080 metre arasında olan 80 ile 90 puan arasındaki yeşil renkli alanları ve son olarak Altıncı Grup; Elipsoidal yükseklik değerinin 1030 metre ile 1050 metre arasında olan 90 ile 100 puan arasındaki mavi renkli alanları göstermektedir. Ayrıca mavi alanlar zemini en sağlam ana kayanın üzerinde bulunan alandır.

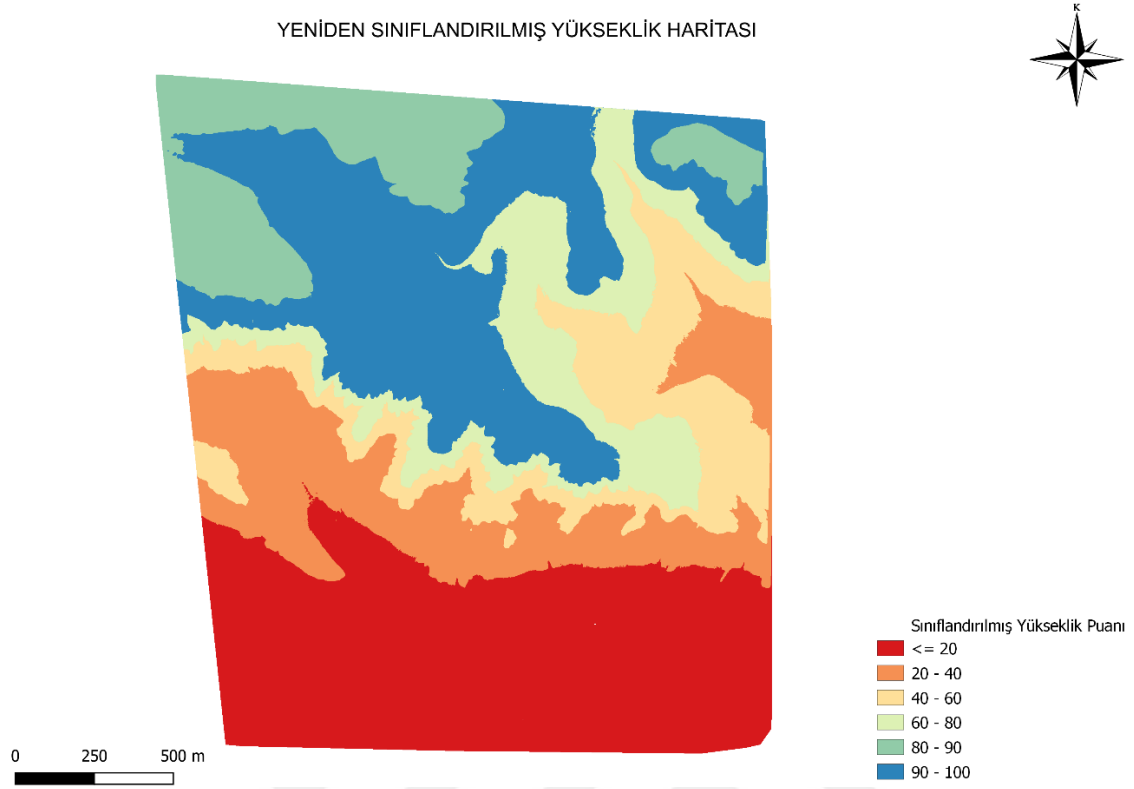


Şekil 5.28 Çalışma Sahasının Eşyükseleti Haritası.

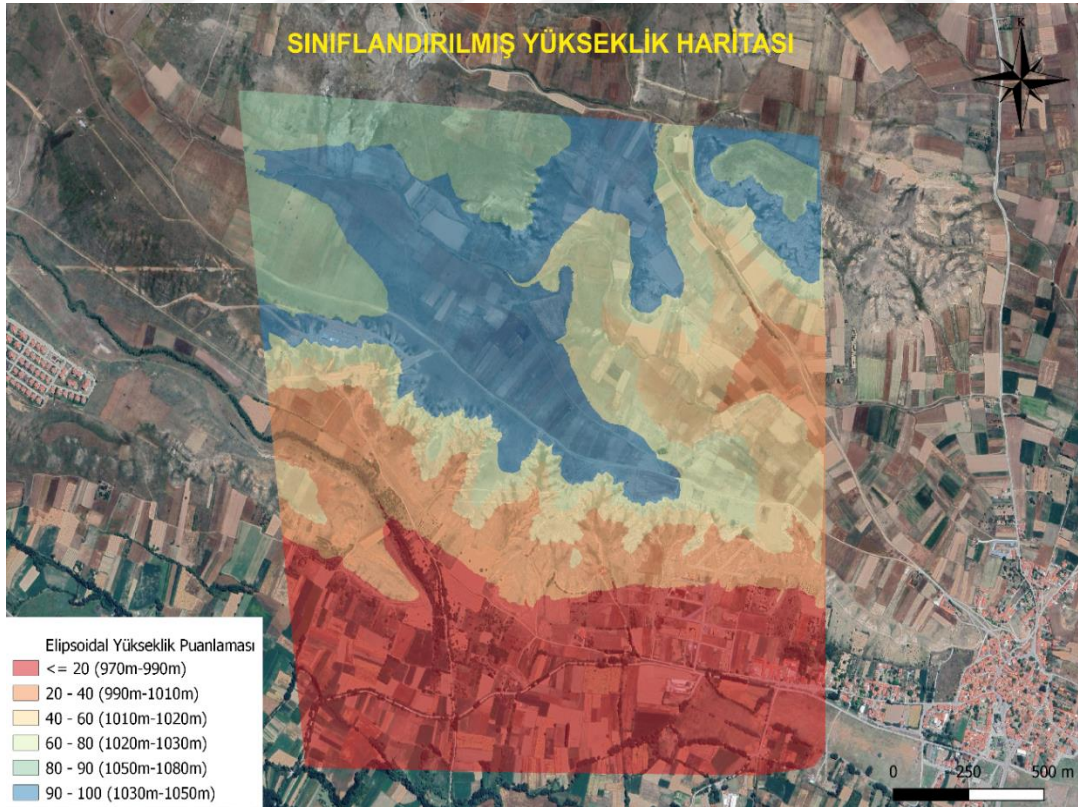
Çizelge 5.5 Elipsoidal Yükseklik Sınıflandırılması

ELİPSOİDAL YÜKSEKLİK (metre)	PUAN
970 – 990	20
990 – 1010	40
1010 – 1020	60
1020 – 1030	80
1030 – 1050	100
1050 – 1080	90

YENİDEN SINIFLANDIRILMIŞ YÜKSEKLİK HARİTASI



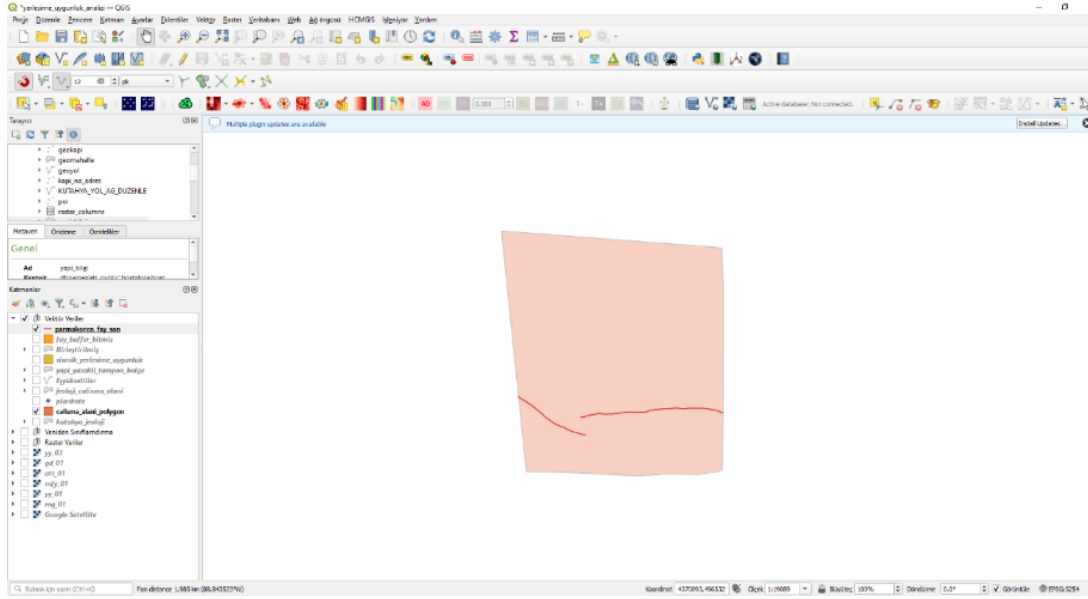
Şekil 5.29 Sınıflandırılmış Yükseklik Haritası.



Şekil 5.30 Sınıflandırılmış Yükseklik Haritası.

5.5.5.4 Aktif Fay Hatlarına Uzaklık

Aktif fay hatları, yerleşim alanlarının uygunluğunu etkileyen önemli faktörlerden biridir. Diri fay hatları, deprem riskini artırır ve bölgelerde ciddi doğal afetler meydana getirebilir. Bu nedenle, yerleşim alanlarıyla aktif fay hatları arasındaki uzaklık, yerleşim alanlarının uygunluğunu belirlemede kritik bir rol oynar (Karakuş ve Cerit 2017).

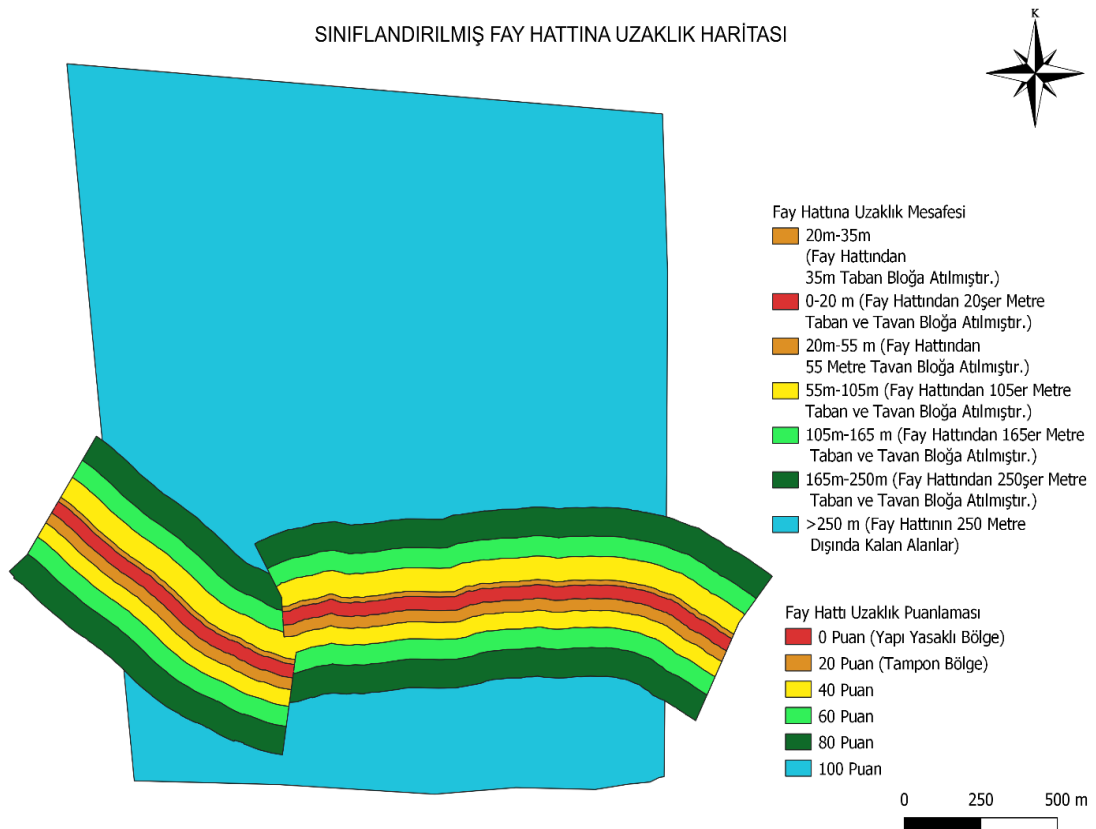


Şekil 5.31 MT Yöntemiyle İyi Tanımlanmış Fay Hattı.

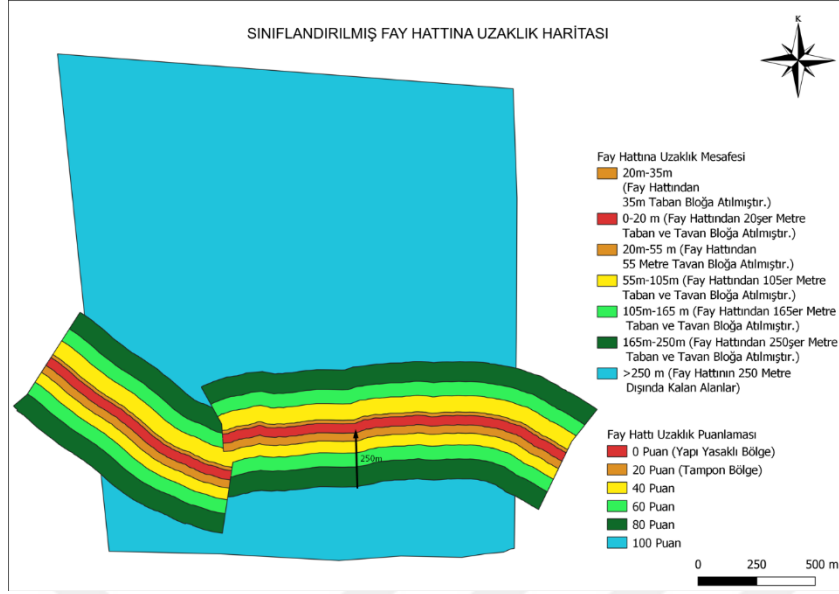
Bu çalışmada, MT yöntemiyle iyi tanımlanmış, normal atımlı Parmakören fayının taban ve tavan bloğunda literatür ışığında, yapı yasaklı alanları, fay sakinim bantları ve tampon bölgeleri belirlenmeye çalışılmıştır. Belirlenen fay hattından uzaklık mesafesine göre çalışma sahasının sismik olarak yerleşime uygunluk haritasının ağırlıklı çakıştırma yönteminde kullanılmak üzere 7 grupta sınıflandırılmış ve puanlaması yapılmıştır. Bunlar; Şekil 5.32 ve Şekil 5.33’ de Gösterilen birinci grup; Fay Hattından Uzaklık Mesafesi 0 ile 20m arasında olan aktif fay üstünün yapı yasaklı alanı 0 puan değerindeki kırmızı renkli alanları, ikinci grup; fay hattından uzaklık mesafesi 20m ile 35m arasında olan Taban bloğa atılmış 20 puan değerindeki turuncu renkli alanları, üçüncü grup; fay hattından uzaklık mesafesi 20m ile 55m arasında olan tavan bloğa atılmış 20 puan değerindeki turuncu renkli alanları, dördüncü grup; fay hattından uzaklık mesafesi 55m ile 105m arasında olan fayın her iki tarafına atılmış 40 puan değerindeki sarı renkli

alanları, beşinci grup; fay hattından uzaklık mesafesi 105 m ile 165m arasında olan fayın her iki tarafına atılmış 60 puan değerindeki açık yeşil renkli alanları, altıncı Grup; fay hattından uzaklık mesafesi 165m ile 250m arasında olan fayın her iki tarafına atılmış 80 puan değerindeki koyu yeşil renkli alanları ve son olarak yedinci grup; fay hattından uzaklık mesafesi 250m ve üzerinde olan fayın her iki tarafında 250 m dışında kalan alanlar 100 puan değerindeki mavi renkli alanları göstermektedir. Ayrıca fay hattına uzaklık haritasında, fayın sağ ve solunda maksimum 250 şer metre seçilme sebebi ölçek faktörüdür.

İmar planlarının hazırlamasına altlık sağlayacak jeolojik ve jeoteknik raporlar genelde 1/25000 ölçekli haritalarda çalışılır. 1/25000 ölçekli haritalarda karelej aralıkları 1000 m dir. Dolayısıyla gerçek uzunluğu 1km olan mesafenin haritadaki uzunluğu 4 cm ye ve gerçekte uzunluğu 250 m olan mesafenin haritadaki uzunluğu 1 cm ye denk gelmektedir. Bu yüzden plan tasarımlarında kullanılan 1/25000 ölçekli haritaların bütüncüllük olması adına önem arz etmektedir.



Şekil 5.32 Sınıflandırılmış Fay Hattına Uzaklık Haritası.



Şekil 5.33 Sınıflandırılmış Fay Hattına Uzaklık Haritası.

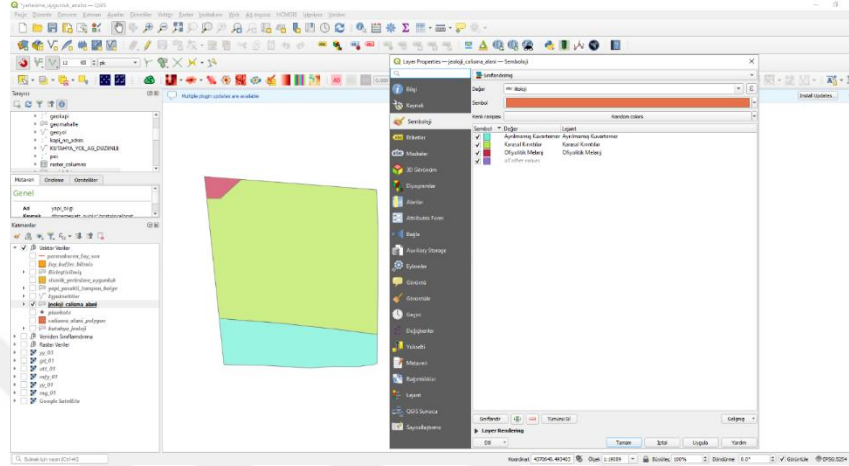
5.5.5.5 Jeoloji

Yerleşim alanlarının jeolojik yapısı, toprak stabilitesini ve yapılaşma için uygunluğunu belirler. Bazı jeolojik oluşumlar, yapı inşası için uygun olmayabilir. Jeoloji, yerleşim alanlarının uygunluğunu belirlerken sıvılaşma durumunu da dikkate alır. Sıvılaşma, toprağın veya zeminin deprem sırasında suyun etkisiyle geçici olarak sıvılaşması ve katı yapıların sıvı gibi davranması durumudur (Şengül ve Karabaş 2021).



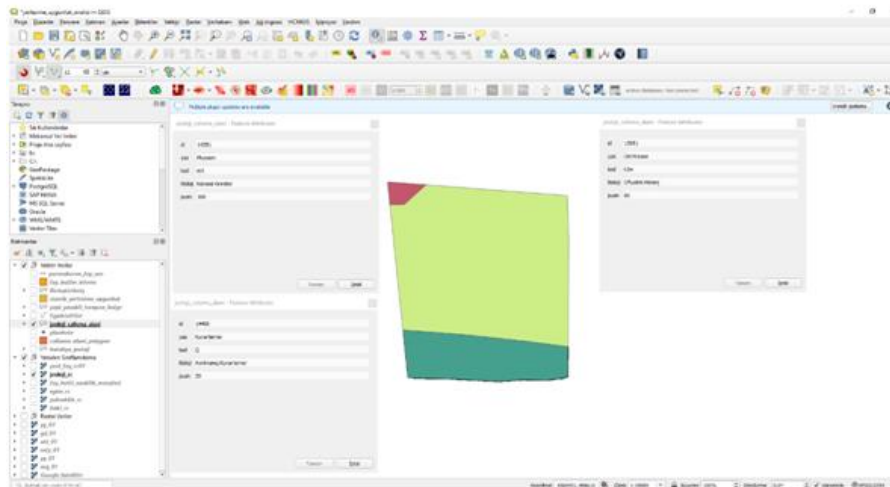
Şekil 5.34 Kütahya Jeoloji Haritası.

Sıvılaşma, deprem sırasında toprak veya zeminde ciddi stabilite problemlerine yol açar. Bu durum, binaların temellerini zayıflatarak yapıların çökmesine veya hasar görmesine neden olabilir. Jeolojik incelemeler, toprağın sıvılaşma potansiyelini belirler ve bu tür risklerin olduğu bölgelerde yapılaşma uygunluğunu etkiler (Şengül ve Karabaş 2021).

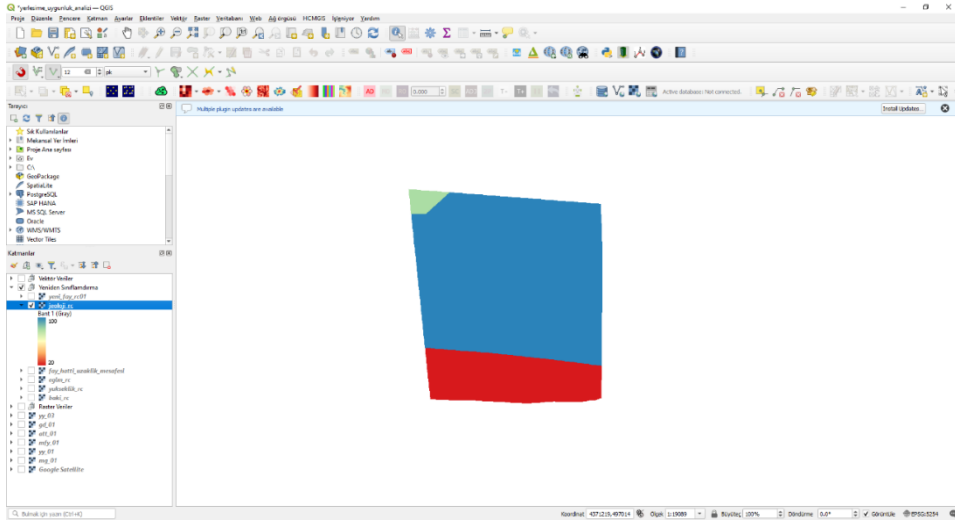


Şekil 5.35 Jeolojik Yapı Verisi.

Bu çalışmada, Kütahya ilinin jeolojik yapı shape verisi kullanılarak jeoloji haritası oluşturulmuştur. Jeoloji haritasında, zemin tipine göre ağırlık çakıştırma yönteminde kullanılmak üzere 3 grupta sınıflandırılmış ve puanlaması yapılmıştır. Bunlar; Şekil 5.37 de Gösterilen Birinci Grup; Ayrılmamış Kuvarterner 20 puan değerindeki kırmızı renkli alanları, İkinci Grup; Ofiyolitik Melanj 80 puan değerindeki yeşil renkli alanları, Üçüncü Grup; Karasal Kırıntılar 100 puan değerindeki mavi renkli alanları göstermektedir.



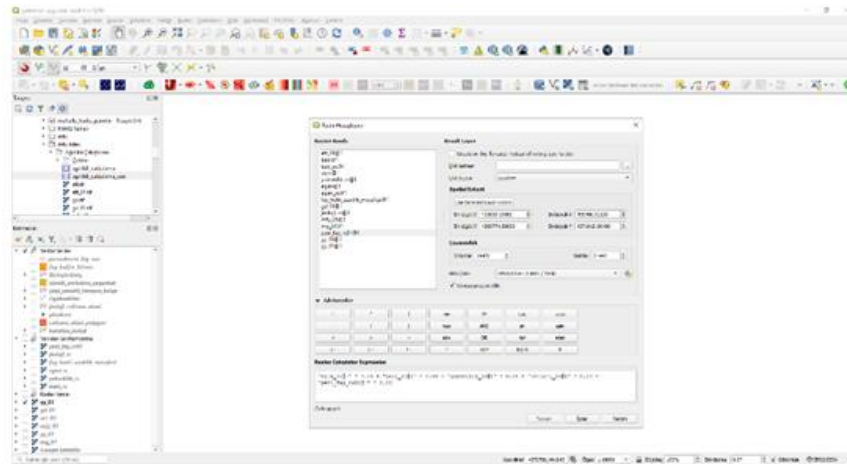
Şekil 5.36 Çalışma Sahasının Jeoloji Puanlandırılması.



Şekil 5.37 Çalışma sahasının jeolojik sınıflandırması.

5.5.5.6 Temel Yerleşime Uygunluk Verilerinin Qgis İle Haritanlanması ve Ağırlıklı Çakıştırma Yöntemi Uygulaması

QGIS 3.6 programının Ağırlıklı Çakıştırma (Weighted Overlay) modülü, doğal faktörlerin sınıflandırılması ve farklı ağırlıklarla birleştirilmesiyle yerleşim alanları için uygunluk haritalarının oluşturulmasına olanak tanır. Bu süreçte kullanıcılar, belirli doğal faktörlerin belirlenmiş ağırlıklarını ve önceliklerini değerlendirerek çeşitli tematik haritaları oluşturur. Öncelikle, belirlenen doğal faktörler, uygunluk analizi için yeniden sınıflandırılır ve farklı ağırlıklarla derecelendirilir. Ardından, Ağırlıklı Çakıştırma modülü kullanılarak bu faktörlerin birleştirilmesiyle, farklı ağırlıklara sahip katmanların çakıştırılması ve değerlendirilmesi sağlanır. (Şekil 5.38)



Şekil 5.38 QGIS İle Ağırlıklı Çakıştırma Uygulanması.

Çizelge 5.6 Yerleşime uygun alanların belirlenmesinde kullanılan doğal faktörler ve bu faktörlerin ağırlıkları.

YERLEŞİM ALANLARI UYGUNLUKLAR	Seçilen Doğal Faktörler	Faktör Ağırlıkları
Sismik Yerleşime Uygunluk	Eğim	% 4
	Bakı	% 3
	Yükseklik	% 3
	Fay Hattına Uzaklık	% 80
	Jeoloji	% 10
Yerleşime Uygunluk 1	Eğim	% 25
	Bakı	% 20
	Yükseklik	% 20
	Jeoloji	% 35
Yerleşime Uygunluk 2	Eğim	% 20
	Bakı	% 20
	Yükseklik	%20
	Jeoloji	% 40
Yerleşime Uygunluk 3	Eğim	% 10
	Bakı	% 30
	Yükseklik	% 20
	Jeoloji	% 40
Yerleşime Uygunluk 4	Eğim	% 20
	Bakı	% 20
	Yükseklik	% 30
	Jeoloji	% 30
Yerleşime Uygunluk 5	Eğim	% 20
	Bakı	% 30
	Yükseklik	% 20
	Jeoloji	% 30

Bu çalışmada, sismik yerleşime uygunluk haritaları (Şekil 5.39 ile Şekil 5.40) ve beş farklı yerleşime uygunluk haritalarının (Şekil 5.41, Şekil 5.42, Şekil 5.43 ve Şekil 5.44

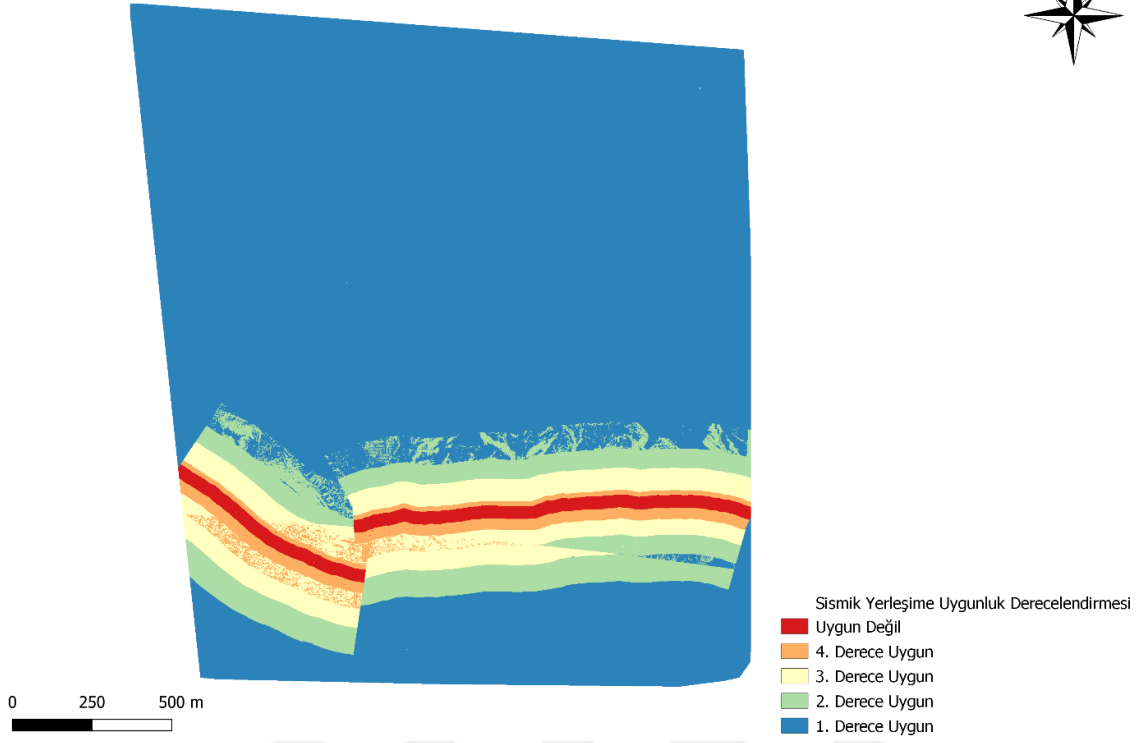
ve Şekil 5.45) oluşturulması bakı, eğim, yükseklik, jeoloji ve fay hattına uzaklık mesafesinin Çizelge 5.6' daki ağırlıkları ve Çizelge 5.2' deki sınıflandırmaları kullanarak, yerleşim alanları için uygunluk analizlerini gerçekleştirerek çalışma sahasının dört dereceli yerleşime uygunluğu ve uygun olmayan alanları belirlenmiştir. Bu tür analizler, şehir planlama, doğal afet yönetimi, deprem riski ve çevre planlaması gibi alanlarda karar verme süreçlerinde önemli bilgiler sağlamaktadır. Ayrıca, bu tür haritalar, belirli bir bölgenin uygunluğunu değerlendirirken farklı faktörlerin etkilerini görselleştirerek karar alıcıların bilinçli kararlar vermesine yardımcı olmaktadır.

5.5.5.7 Sismik Yerleşime Uygunluk Kavramı

Sismik yerleşime uygunluk, bir yerleşim alanının deprem riski göz önüne alınarak değerlendirilmesidir. Sismik aktivite, depremler gibi doğal afetler, yerleşim yerlerinin planlanması ve yapılaşmasında önemli bir rol oynar (Doğan vd. 2022). Sismik yerleşime uygunluğu belirlerken, aktif fay hatlarına uzaklık mesafesi, zemin koşulları, yapı standartları, topografik ve jeolojik özellikler vb. faktörler ağırlık oranlarına göre göz önünde bulundurulmalıdır(Sümer vd. 2018).

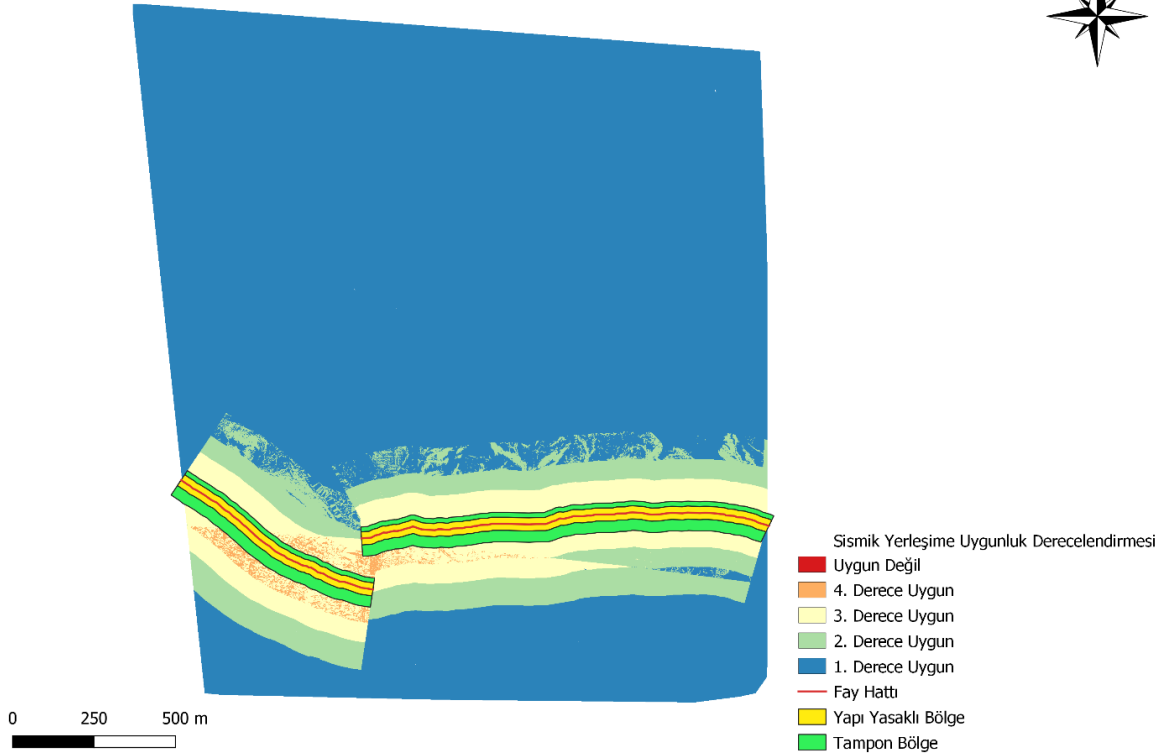
Fay hatları, sismik aktivitenin yoğun olduğu bölgelerde bulunur ve genellikle depremlerin olduğu noktalardır. Fay hatları bulunan bölgelerde yerleşimlerin sismik açıdan daha yüksek bir risk altında olduğu kabul edilir. Sismik yerleşime uygunluk değerlendirmeleri yapılırken fay hatlarının konumu ve etkisi dikkate alınır. Fay hatları yakınında veya üzerinde olan bölgeler, deprem riski açısından daha hassas olarak kabul edilir. Bu tür bölgelerde yapılan yerleşimlerin, deprem dayanıklılığı ve acil durum planları açısından daha fazla önlem alınması gerekir. Bu nedenle, yerleşim yerleri belirlenirken fay hatları ve deprem riski gibi faktörler dikkate alınarak, sismik olarak güvenli alanlar seçilmeye çalışılır(Sümer vd. 2018). Bu çalışmada, sismik yerleşime uygunluk haritası için seçilen faktörler ve faktör ağırlıkları, sınıflandırılmış fay hattına uzaklık mesafesi %80 oranında, jeolojik zemin türü %10 oranında, sınıflandırılmış eğim puanı %4 oranında, sınıflandırılmış bakı yönü puanı %3 oranında ve son olarak sınıflandırılmış yükseklik puanı %3 oranında alınmış verilerine göre QGIS programında ağırlıklı çakıştırma yöntemi uygulanarak aşağıdaki Şekil 5.39 ve Şekil 5.40' daki sonuç çıktı haritaları elde edilmiştir.

ÇOK KATMANLI AĞIRLIKLİ ÇAKIŞTIRMA ÖRNEKLERİ (SİSMİK
YERLEŞİME UYGUNLUK HARİTASI)



Şekil 5.39 Sismik Yerleşime Uygunluk Haritası.

ÇOK KATMANLI AĞIRLIKLİ ÇAKIŞTIRMA ÖRNEKLERİ (SİSMİK
YERLEŞİME UYGUNLUK HARİTASI)



Şekil 5.40 Sismik Yerleşime Uygunluk Haritası.

Haritada sismik olarak yerleşime uygun olmayan alanlar kırmızı renk ile gösterilmiştir. Kırmızı alan iyi tanımlanmış fayın, taban ve tavan bloğuna atılmış 20’şer metre ofsetli yapı yasaklı bölgeyi ve fay hattına uzaklık mesafesinde 0 puan olarak ifade edilen alanı göstermektedir. Ayrıca haritada dört sınıfta sismik yerleşime uygunluk derecelendirmesi yapılmıştır. Haritada sismik olarak 1. derecede uygun alanlar mavi, 2. derecede uygun alanlar yeşil, 3. derece uygun alanlar sarı ve 4. derecede uygun alanlar turuncu renk ile gösterilmiştir. 4. derecede uygun alanlar ile aktif fayın taban bloğundan 35 m kuzeye atılan ve fayın tavan bloğundan 55 m güneye atılan fay sakınım bantları (tampon bölge) ile büyük bir bölümünün kesiştiği görülmektedir.

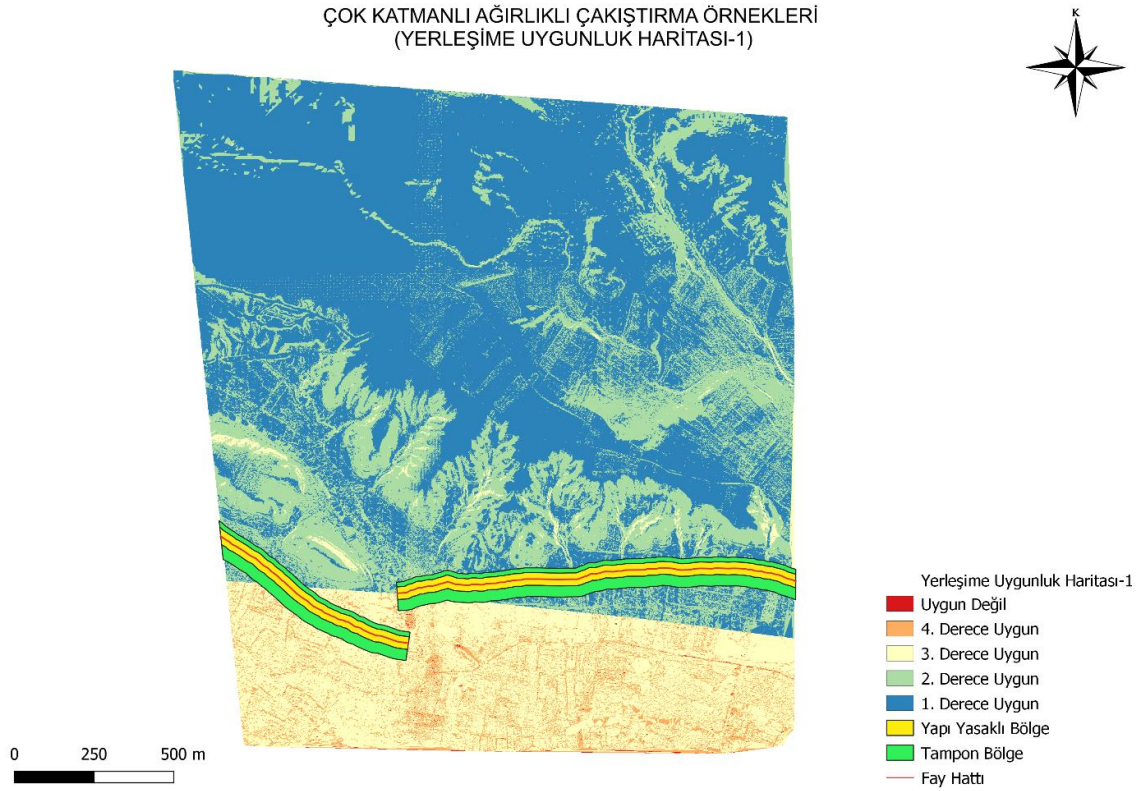
5.5.5.8 Çok Katmalı Ağırlıklı Çakıştırma Yöntemiyle Hazırlanan Beş Farklı Yerleşime Uygunluk Haritaları

Bu çalışmada, tematik beş farklı yerleşime uygunluk haritası hazırlanmış ve her bir harita farklı faktör ağırlıklarıyla değerlendirilmiştir. Bu tür bir çalışma, belirli bir bölgenin uygunluğunu belirlemede farklı faktörlerin ve ağırlıkların nasıl etkilediğini anlamak için oldukça önemlidir. Her bir harita, belirli bir bölgenin uygunluğunu belirlemek için farklı faktörleri ve bu faktörlerin belirlenen ağırlıklarını temel alır. Örneğin, bir haritada aktif fay hattı ve jeoloji daha fazla ağırlık taşıırken, diğer bir haritada yükseklik veya bakı faktörleri daha büyük bir öneme sahiptir (Karakuş ve Cerit 2017).

Farklı tematik haritalar, belirli bir bölgenin uygunluğunu belirleme sürecinde farklı faktörlerin ve ağırlıkların nasıl değişiklik gösterdiğini gösterir. Bu haritalar, planlama süreçlerinde veya karar verme aşamalarında, belirli faktörlerin ve ağırlıkların bölgenin genel uygunluğunu nasıl etkilediğini anlamak için kullanılır. Bu da karar alıcıların, yerel yönetimlerin daha kapsamlı ve bilinçli kararlar almasına yardımcı olmaktadır (Karakuş ve Cerit 2017).

Bu çalışmada, yerleşime uygunluk haritası 1 için seçilen faktörler ve faktör ağırlıkları, sınıflandırılmış jeolojik zemin yapısı %35 oranında, sınıflandırılmış eğim puanı %25 oranında, sınıflandırılmış bakı yönü puanı %20 oranında ve son olarak sınıflandırılmış

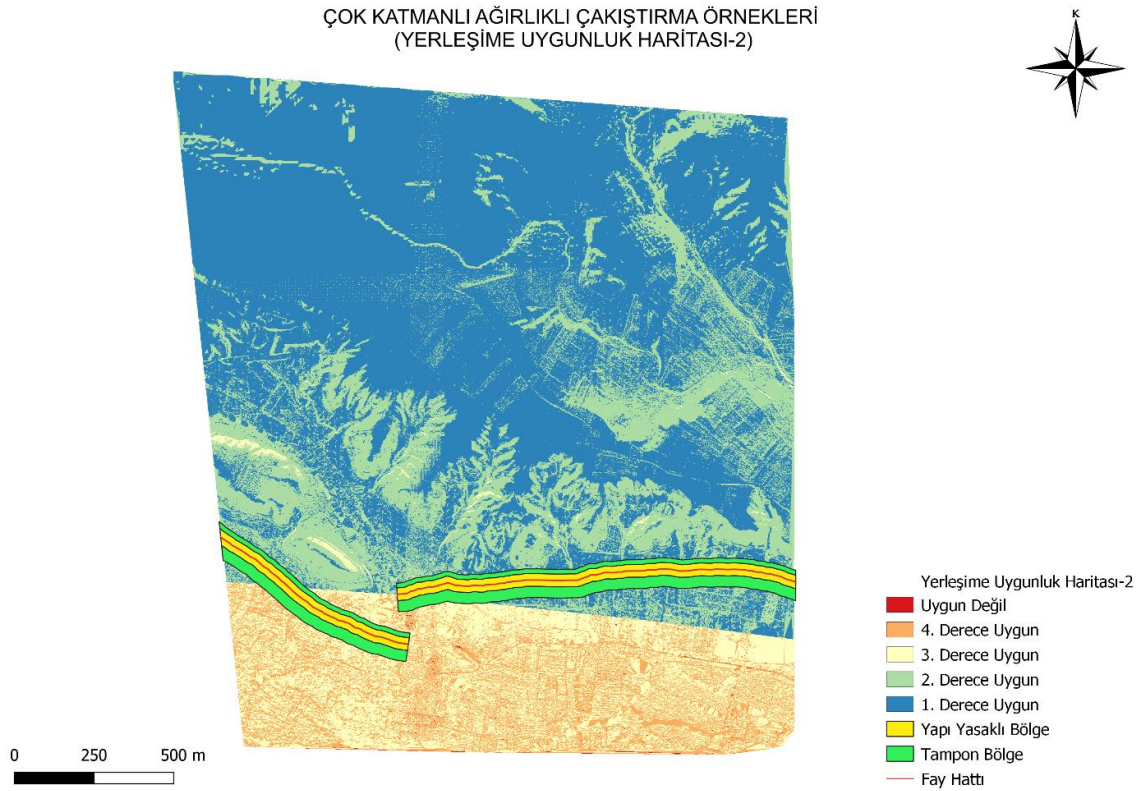
yükseklik puanı %20 oranında alınmış verilerine göre QGIS programında ağırlıklı çakıştırma yöntemi uygulanmış, proses sonucu haritaya aktif fay hattının yapı yasaklı alanı ve fay sakınım bantları (tampon bölge) eklenip sonuç çıktı haritası şekil 5.41 elde edilmiştir. Birinci yerleşime uygunluk haritasında; yerleşime uygun olmayan alanlar sarı ve kırmızı renk ile gösterilmiştir. Kırmızı alan iyi tanımlanmış fayı, sarı alan ise fayın taban ve tavan bloğuna atılmış 20'şer metre ofsetli yapı yasaklı bölgeyi ve fay hattına uzaklık mesafesinde 0 puan olarak ifade edilen alanı göstermektedir. Ayrıca haritada dört sınıfta yerleşime uygunluk derecelendirmesi yapılmıştır. Haritada yerleşim için 1. derecede uygun alanlar mavi, 2. derecede uygun alanlar yeşil, 3. derece uygun alanlar açık turuncu ve 4. derecede uygun alanlar koyu turuncu renk ile gösterilmiştir.



Şekil 5.41 Yerleşime Uygunluk Haritası-1.

Bu çalışmada, yerleşime uygunluk haritası 2 için seçilen faktörler ve faktör ağırlıkları, sınıflandırılmış jeolojik zemin yapısı %40 oranında, sınıflandırılmış eğim puanı %20 oranında, sınıflandırılmış bakı yönü puanı %20 oranında ve son olarak sınıflandırılmış yükseklik puanı %20 oranında alınmış verilerine göre QGIS programında ağırlıklı çakıştırma yöntemi uygulanmış, proses sonucu haritaya aktif fay hattının yapı yasaklı

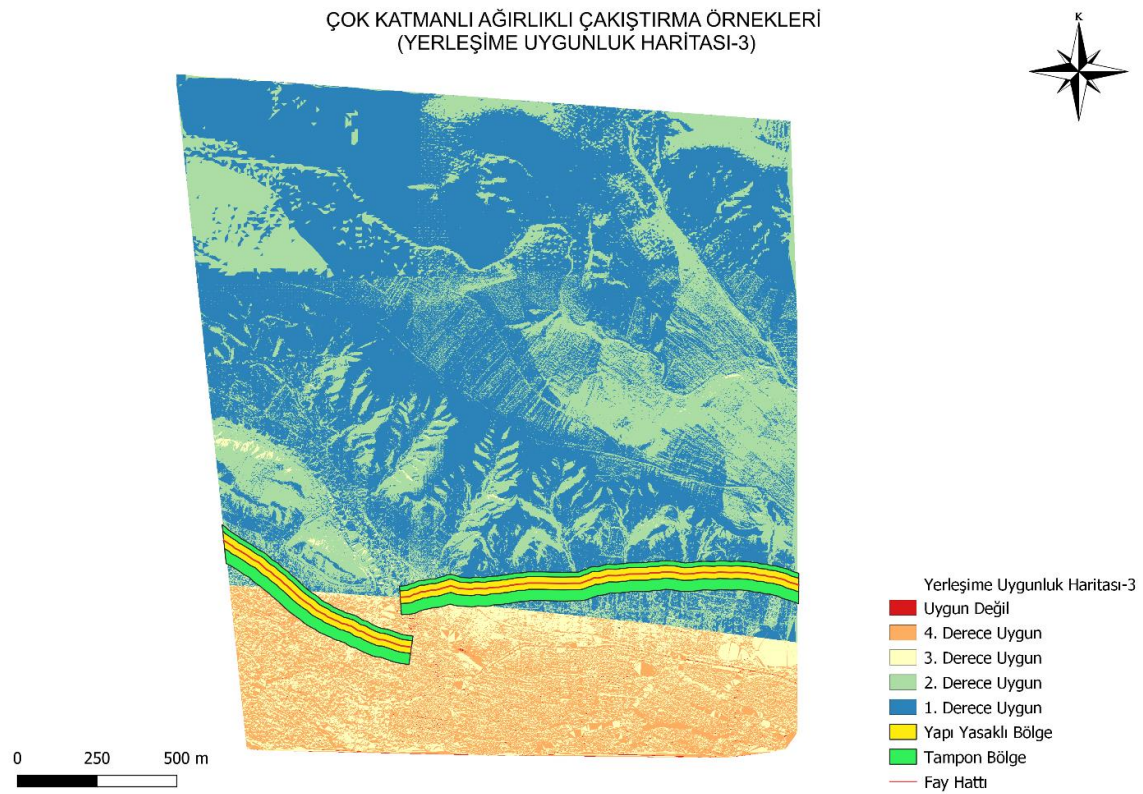
alanı ve fay sakınım bantları (tampon bölge) eklenip sonuç çıktı haritası şekil 5.42 elde edilmiştir. İkinci yerleşime uygunluk haritasında; yerleşime uygun olmayan alanlar sarı ve kırmızı renk ile gösterilmiştir. Kırmızı alan iyi tanımlanmış fayı, sarı alan ise fayın taban ve tavan bloğuna atılmış 20'şer metre ofsetli yapı yasaklı bölgeyi ve fay hattına uzaklık mesafesinde 0 puan olarak ifade edilen alanı göstermektedir. Ayrıca haritada dört sınıfta yerleşime uygunluk derecelendirmesi yapılmıştır. Haritada yerleşim için 1. derecede uygun alanlar mavi, 2. derecede uygun alanlar yeşil, 3. derece uygun alanlar açık turuncu ve 4. derecede uygun alanlar koyu turuncu renk ile gösterilmiştir.



Şekil 5.42 Yerleşime Uygunluk Haritası-2.

Bu çalışmada, yerleşime uygunluk haritası 3 için seçilen faktörler ve faktör ağırlıkları, sınıflandırılmış jeolojik zemin yapısı %40 oranında, sınıflandırılmış eğim puanı %10 oranında, sınıflandırılmış bakı yönü puanı %30 oranında ve son olarak sınıflandırılmış yükseklik puanı %20 oranında alınmış verilerine göre QGIS programında ağırlıklı çakıştırma yöntemi uygulanmış, proses sonucu haritaya aktif fay hattının yapı yasaklı alanı ve fay sakınım bantları (tampon bölge) eklenip sonuç çıktı haritası şekil 5.43 elde

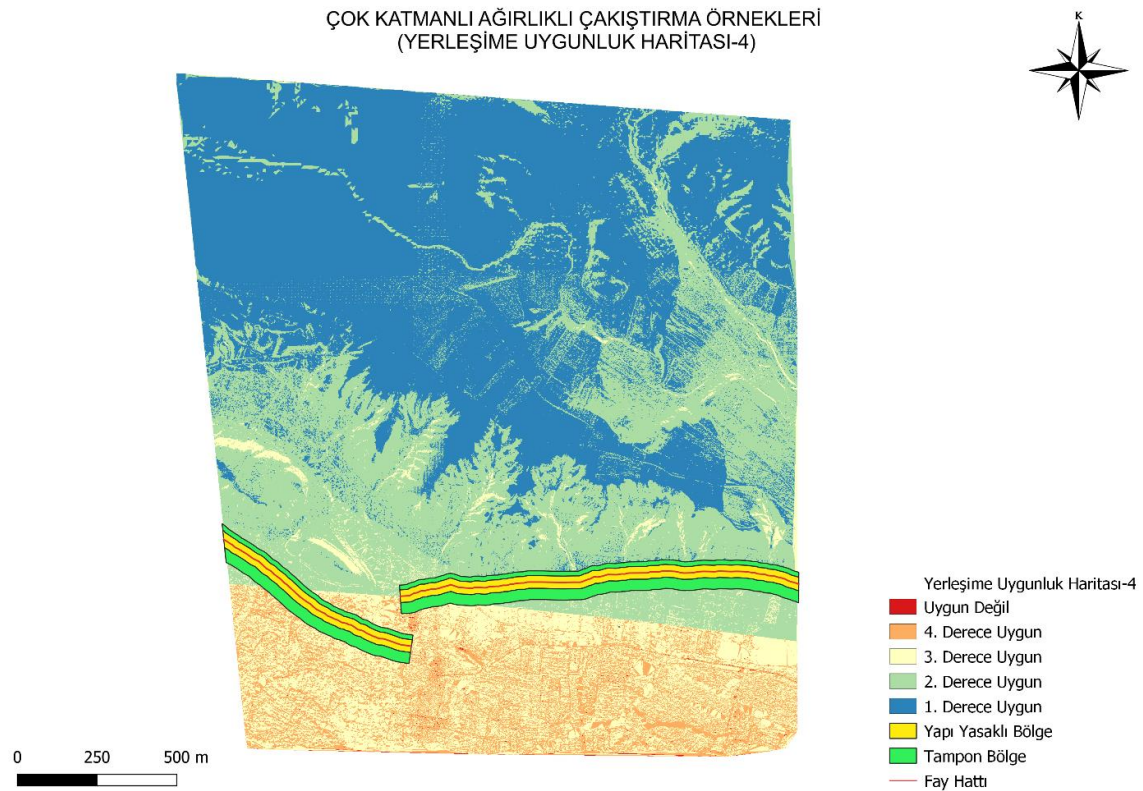
edilmiştir. Üçüncü yerleşime uygunluk haritasında; yerleşime uygun olmayan alanlar sarı ve kırmızı renk ile gösterilmiştir. Kırmızı alan iyi tanımlanmış fayı, sarı alan ise fayın taban ve tavan bloğuna atılmış 20'şer metre ofsetli yapı yasaklı bölgeyi ve fay hattına uzaklık mesafesinde 0 puan olarak ifade edilen alanı göstermektedir. Ayrıca haritada dört sınıfta yerleşime uygunluk derecelendirmesi yapılmıştır. Haritada yerleşim için 1. derecede uygun alanlar mavi, 2. derecede uygun alanlar yeşil, 3. derece uygun alanlar açık turuncu ve 4. derecede uygun alanlar koyu turuncu renk ile gösterilmiştir.



Şekil 5.43 Yerleşime Uygunluk Haritası-3.

Yerleşime uygunluk haritası 4 için seçilen faktörler ve faktör ağırlıkları, sınıflandırılmış jeolojik zemin yapısı %30 oranında, sınıflandırılmış eğim puanı %20 oranında, sınıflandırılmış bakı yönü puanı %20 oranında ve son olarak sınıflandırılmış yükseklik puanı %30 oranında alınmış verilerine göre QGIS programında ağırlıklı çakıştırma yöntemi uygulanmış, proses sonucu haritaya aktif fay hattının yapı yasaklı alanı ve fay sakınım bantları (tampon bölge) eklenip sonuç çıktı haritası şekil 5.44 elde edilmiştir. Dördüncü yerleşime uygunluk haritasında; yerleşime uygun olmayan alanlar sarı ve

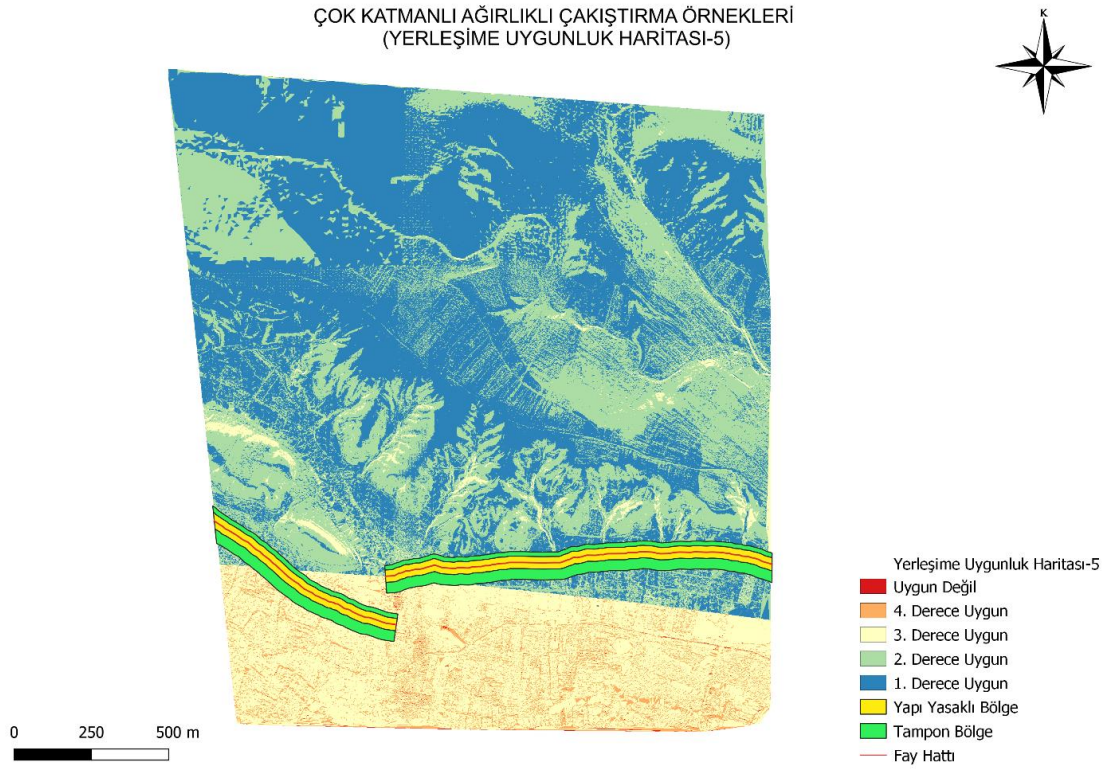
kırmızı renk ile gösterilmiştir. Kırmızı alan iyi tanımlanmış fayı, sarı alan ise fayın taban ve tavan bloğuna atılmış 20'şer metre ofsetli yapı yasaklı bölgeyi ve fay hattına uzaklık mesafesinde 0 puan olarak ifade edilen alanı göstermektedir. Ayrıca haritada dört sınıfta yerleşime uygunluk derecelendirmesi yapılmıştır. Haritada yerleşim için 1. derecede uygun alanlar mavi, 2. derecede uygun alanlar yeşil, 3. derece uygun alanlar açık turuncu ve 4. derecede uygun alanlar koyu turuncu renk ile gösterilmiştir.



Şekil 5.44 Yerleşime Uygunluk Haritası-4.

Yerleşime uygunluk haritası 5 için seçilen faktörler ve faktör ağırlıkları, sınıflandırılmış jeolojik zemin yapısı %30 oranında, sınıflandırılmış eğim puanı %20 oranında, sınıflandırılmış bakı yönü puanı %30 oranında ve son olarak sınıflandırılmış yükseklik puanı %20 oranında alınmış verilerine göre QGIS programında ağırlıklı çakıştırma yöntemi uygulanmış, proses sonucu haritaya aktif fay hattının yapı yasaklı alanı ve fay sakınım bantları (tampon bölge) eklenip sonuç çıktı haritası şekil 5.45 elde edilmiştir. Beşinci yerleşime uygunluk haritasında; yerleşime uygun olmayan alanlar sarı ve kırmızı renk ile gösterilmiştir. Kırmızı alan iyi tanımlanmış fayı, sarı alan ise fayın

taban ve tavan bloğuna atılmış 20’şer metre ofsetli yapı yasaklı bölgeyi ve fay hattına uzaklık mesafesinde 0 puan olarak ifade edilen alanı göstermektedir. Ayrıca haritada dört sınıfta yerleşime uygunluk derecelendirmesi yapılmıştır. Haritada yerleşim için 1. derecede uygun alanlar mavi, 2. derecede uygun alanlar yeşil, 3. derece uygun alanlar açık turuncu ve 4. derecede uygun alanlar koyu turuncu renk ile gösterilmiştir.



Şekil 5.45 Yerleşime Uygunluk Haritası-5.

Yukarıdaki beş farklı tematik harita incelendiğinde, çalışma sahası için kullanılabilecek en uygun ağırlık çakıştırmanın yerleşime uygunluk haritası dörtte olduğu görülmektedir. Yerleşime uygunluk haritası dördün, fay hattına uzaklık mesafesi ile tutarlı olduğu, Parmakören fayının, sarplığının olduğu yüksek eğimli arazileri ve topoğrafyadaki üçgen yüzeylerin olduğu bölgeleri 2. derecede uygun alan olarak belirlediği ve ana kayanın olduğu alanları ise 1. derece uygun alanlar olarak belirlediği harita görülmektedir.

6. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada, uygun yerleşim alanlarının belirlenmesinde seçilen eğim, bakı, yükseklik, aktif fay ve jeoloji gibi doğal afet oluşturabilecek parametreler, sahanın öncelik sırasına göre ağırlıklı çakıştırma yöntemiyle sınıflandırılmıştır. Fay sakınım bantları, yerleşime uygun olmayan alanlar ve dört dereceli yerleşime uygun alanlar tematik haritalarda gösterilmiştir.

Küçük ölçekli haritalardan, büyük ölçekli haritalara aktarılan verilerdeki hata kayma miktarları fazla olduğundan, yerel yönetimler, fay hatlarını belirlemede büyük ölçekli haritalama çalışmaları yapması gerekmektedir. Üretilen tematik haritalardan yola çıkılarak, uygulama imar planlarına esas olacak uygun yerleşim alanları belirlenmelidir. Haritalarda gösterilen, aktif fay hatlarının üzerine kesinlikle yerleşim yeri planlanmamalıdır. Yerel yönetimler, fay hatlarının olduğu alanlarda, yapılaşmanın sınırlandırılması veya belirli yapı standartlarının uygulanması gibi tedbirler almalıdır. Aktif fay hatlarının deformasyon zonları yeşil alan, pasif yeşil alan, rekreasyon alanı olarak bırakılmalıdır. Bu konu üzerine yasal düzenlemeler getirilmesi oldukça önem arz etmektedir. Fay yasası deprem ülkeleri için hayati öneme sahiptir. Amerika Kaliforniya da örneği olan fay yasasının Türkiye’de hayata geçirilmesi için çalışmalar hızlandırılmalıdır.

Türkiye’ de yapılacak olan fay yasasının temel amacı, ilgili idarelerin çeşitli planlama süreçlerinde Yüzey Faylanması Tehlike Zonu (YFTZ) belirlemek ve bu bölgelerdeki yapısal hasarları ve riskleri azaltmak için koruma Bandı oluşturulmasını sağlamak üzere gerekli araştırmaları ve uygulamaları tanımlamaktır. Ayrıca, etüt raporu hazırlama sürecinde uyulması gereken teknik kuralları belirlemeyi amaçlamaktadır.

Yüzey Faylanması Tehlike Zonu yönetmeliği aracılığıyla Türkiye Fay Yasası’nı oluşturarak, diri faylar çevresindeki yapılaşmalarla ilgili temel esasları düzenlemek ve yüzey faylanmasından kaynaklanan tehlikeleri azaltmak olarak belirlenmiştir. Bu yasal süreç, yapılaşma planlarını düzenleyerek ve riskleri en aza indirerek yerel yönetimlerin daha etkin bir şekilde mücadele etmesini sağlamayı hedeflemektedir.

Yüzey Faylanması Tehlike Zonu (YFTZ), diri (aktif) fay hatları çevresinde belirlenen bir bölgedir. Bu zon, faydan kaynaklanan potansiyel tehlikelere karşı koruma amacı taşır. Yüzey faylanmasının etkisi altındaki alanlarda yapılaşmanın düzenlenmesi ve bu bölgelerdeki risklerin azaltılması için belirlenen önlemleri içerir. Bu tedbirler genellikle yapılaşmanın kontrol altına alınması, koruma bandı oluşturulması ve benzeri planlamaları içerir. YFTZ, deprem ve diğer doğal afetlere karşı daha dirençli bir çevre oluşturmayı amaçlar.

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından sağlanan "Türkiye Yenilenmiş Diri Fay Haritası" serisi, yüzey faylanması tehlikesi çalışmalarında resmi altlık olarak kullanılmalıdır. Bu haritalarda öncelikli olarak "deprem yüzey kırığı" ve "Holosen fayı" olarak sınıflandırılmış faylar üzerinde çalışma yapılması gerekmektedir. İlgili yasa veya mevzuatta belirtilecek olan "yüzey faylanması tehlike araştırması ve sakınım bandı" raporları, il, ilçe, belde belediyeleri ve il özel idareleri tarafından belirlenmeli ve bir liste halinde sunulmalıdır. Fay hatlarının her iki tarafında kalan yerleşimler, 1/250.000 ölçekli Türkiye Diri Fay haritası baz alınarak, 500 metreye kadar olan mesafeler içinde yer almalıdır, bu mesafe için yaklaşık 2 milimetrelilik bir hata payı kabul edilmelidir. Ancak sunulan raporlarda mutlaka çalışma sahaları ile alakalı MTA tarafından gösterilmiş olan her bir fayın; jeolojik, jeofizik ve jeodezik yöntemlerde tam konumunun ve derin uzantılarının 1/1000, 1/2000 ve 1/5000 ölçekli haritalarda belirtilmiş olması gerekmektedir. Ayrıca jeolojik yöntemlerden biri olan paleosismolojik yöntem ile çalışma sahalarındaki fayların izlerine rastlanacak şekilde fay hattını dik kesen hendekler açılması gerekli olup, açılan yarma hendeklerde rastlanan fay izlerinin paleosismojide kullanılan yaşlandırma yöntemleriyle fayların aktif olup olmadığı ve deprem tekrarlama periyotları belirlenmelidir.

Yapılan paleosismolojik çalışmalar sonucunda fayların aktif olduğu yönünde bilgiler ortaya çıktığı takdirde bu tez çalışmasının uygulama kısmında olduğu gibi doğal faktörler (bakı, eğim, yükseklik, aktif fay hattına uzaklık ve jeoloji vb.) ağırlıklı çakıştırma yöntemiyle çakıştırılıp iyi tanımlanmış fay üzerinde, fay tiplerine göre fay sakınım bantlarının belirlenmesi, sismik ve dört dereceli yerleşime uygunluk haritalarının hazırlanması önerilmektedir.

Fakat paleosismolojik çalışmalar sonucunda elde edilen verilerde fayın aktif olmadığı yönünde bilgilerin ortaya çıkması, aletsel ve tarihsel dönemlerde herhangi bir deprem bilgisinin olmaması ve deprem tekrarlama periyotlarının belirlenememesi gibi durumlarda çalışma alanları için Yüzey Faylanması Tehlike Zonu (YTFZ) ve Fay Sakınım Bandı önerilmemektedir.

Ayrıca alışma alanlarının içi ve yakını ile alakalı bölgesel deprem tehlikesi ve riskleri dikkate alınarak “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğı” hükümlerine göre yapı ruhsatları verilmeli ve yapının inşası sırasında denetimlerin sayısı artırılmalıdır.



7. KAYNAKLAR

- Acar M, 2010, Determination of strain accumulation in landslide areas with GPS measurements. *Scientific Research and Essays*, 5, 763–768.
- Aksoy R, 2001, Locating Young Faults By Means Of Remote Sensing: Case Of Helendale Fault Zone (S. California), *Geological Engineering Journal*, 25, 65-73.
- Alkan A, 2023, Yerleşim Yeri Planlama Çalışmalarında Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanımı: Menemen (İzmir) Örneği, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 11, 607-630.
- Alkan M.ve Filiz Ö, 2019, Altyapı Bilgi Sistemleri Tasarımı Ve Uygulaması. *Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi*, 1, 40-46.
- Allen C R, 1969, Active Faulting İn Northern Turkey, In *Division Of Geological And Planetary Sciences Contribution* , 1577, California.
- Anon, Current State Of Knowledge Of Lifeline Earthquake Engineering, ASCE(American Society of Civil Engineers), 1977, August 30-31, Los Angeles.
- Arca D, 2012, Afet Yönetiminde Coğrafi Bilgi Sistemi ve Uzaktan Algılama, *Karaelmas Science and Engineering Journal*, 2, 53–61.
- Arca D, Mutlu Ç, 2022, Coğrafi Bilgi Sistemleri (Cbs) Ortamında Jeoturizm Rotalarının Network Analizi İle Belirlenmesi, *Journal Of Gastronomy Hospitality And Travel (Joghat)*, 5, 1672-1686.
- Bakak Ö, 2016, The spatial evaluation of 2005 Sığacık Gulf (İzmir) earthquakes, *Yerbilimleri, Earth Sciences*, 37,51-63.
- Başokur A T, Koçyiğit A, Hacıoğlu Ö, Arslan H İ , Meqbel N, 2022, Magnetotelluric İmaging Of The Shallow-Seated Magma Reservoir Beneath The Karadağ Stratovolcano, Central Anatolia, Turkey, *Journal Of Volcanology And Geothermal Research*, 427, Article number 107567.
- Becker A, 1993, An attempt to define a ‘neotectonic period’ for central and northern Europe. *Geologische Rundschau*, 82,67-83.
- Boncio P, Liberi F, Caldarella M, Nurminen F C, 2018, Width Of Surface Rupture Zone For Thrust Earthquakes: Implications For Earthquake Fault Zoning, *Natural Hazards And Earth System Sciences*, 18, 241-256.
- Bozkurt E, 2001, Neotectonics Of Turkey–A Synthesis, *Geodinamica Acta*, 14, 3–30.

- Bozcu M, Yağmurlu F, & Şentürk M, 2007, Fethiye-Burdur Fay Zonunun Bazı Neotektonik Ve Paleosismolojik Özellikleri, Gb-Türkiye. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 31, 25-48.
- Bray J D, Frost J D, Rathje E M, Garcia F E, 2018, Turning Disaster Into Knowledge In Geotechnical Earthquake Engineering, American Society of Civil Engineers (ASCE), 7-8 june , California, 186–200.
- Bray Jonathan D, 2001, Developing Mitigation Measures For The Hazards Associated With Earthquake Surface Fault Rupture, A Workshop On Seismic Fault-Induced Failures – Possible Remedies For Damage To Urban Facilities, 12, 55-80.
- Bray Jonathan D, Kelson K I, 2006, Observations Of Surface Fault Rupture From The 1906 Earthquake In The Context Of Current Practice, Earthquake Spectra, 22, 35-42.
- Bryant W A, 2010, History Of The Alquist-Priolo Earthquake Fault Zoning Act, California, USA, Environmental And Engineering Geoscience, 16, 7–18.
- Bryant W A, Hart E W, 2007, Fault-Rupture Hazard Zones In California, Alquist-Priolo Earthquake Fault Zoning Act, Department Of Conservation, California Geological Survey, Special Publication, 42, 2-7.
- Chave A D, Jones A G, 2012, The Magnetotelluric Method: Theory And Practice, Cambridge University Press, 584s, England.
- Chen X, Yu P, Zhang L L, Li Y, Wang J L, 2011, Adaptive Regularized Synchronous Joint Inversion Of Mt And Seismic Data. Acta Geophysica Sinica, 54, 2673–2681.
- Co N D E, 2004, Afet Yönetiminde Coğrafi Bilgi Teknolojilerinin Rolü Doğu Coğrafya Dergisi, 9, 68–100.
- Degirmenci Y, Ilter I, 2013, The Natural Disasters In The Geography Teaching Curriculum, Marmara Geographical Review, 28, 276–303.
- Demirci A M K, 2004, Afet Yönetiminde Coğrafi Bilgi Teknolojilerinin Rolü, Doğu Coğrafya Dergisi, 9, 68–100.
- Demirtaş R, 2005, Kentsel Planlamada Diri Faylar Etrafında Tampon Bölge Oluşturma Esasları, Demirtaş yayınevi, 188s, Ankara.
- Dikbaş A, 2023, Gökova Fay Zonu'nun Morfometrik Özellikleri Ve Aktif Tektonik Açısından Önemi, Doğu Akdeniz, Journal Of Advanced Research In Natural And Applied Sciences, 9, 28–47.

- Doğan A, Kaygusuz Ç, Tiryakioğlu İ, Yigit C O, Sözbilir H, Özkaymak Ç, Turgut B, 2022, Geodetic Evidence For Aseismic Fault Movement On The Eastern Segment Of The Gediz Graben System (Western Anatolia Extensional Province, Turkey) And Its Significance For Settlements, *Acta Geodaetica Et Geophysica*, 57, 461–476.
- Dönmez E, Tiryakioğlu İ, 2018, Monitoring Of Tectonics Movements Of Gediz Fault With Gns Observations, *Afyon Kocatepe University Journal Of Sciences And Engineering*, 18, 1110–1117.
- Emre Ö, Duman T, Özalp S, 2011, 1/250000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritaları Serisi Kütahya (Nj 35-4) Paftası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınevi, 250s, Kütahya.
- Erdeve Özvan E, Çetin, H., Özvan A, Akkaya İ, 2021, Van Bindirme Fayı Tampon Zonunun İl Afet Risk Azaltma Planı (İrap) Çerçevesinde Değerlendirilmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11, 1036-1046.
- Geçkin B Ş, Sözbilir H, Özkaymak Ç, Softa M, Spencer J Q G, Şahiner E, vd., 2022, Evidence Of Surface Rupture Associated With Historical Earthquakes On The Gülbahçe Fault Zone (İzmir, Türkiye) And Its Application For Determination Of The Surface Fault-Rupture Hazard Zone, *Natural Hazards*, 114, 2189–2218.
- Gezgin C, Ekercin S, Tiryakioğlu İ, Aktuğ B, Erdoğan H, Gürbüz E, vd., 2022, Determination Of Recent Tectonic Deformations Along The Tuz Gölü Fault Zone İn Central Anatolia (Turkey) With Gns Observations, *Turkish Journal Of Earth Sciences*, 31, 20–33.
- Glover C ve Robertson A, 1998, Neotectonic intersection of the Aegean and Cyprus tectonic arcs: Extensional and strike-slip faulting in the Isparta Angle, SW Turkey *Tectonophysics*, 298,103-132.
- Gökçe O, Tüfekçi K, Gürboğa Ş, 2014, Yüzey Faylanması Tehlikesinin Değerlendirilmesi ve Fay Sakınım Bantlarının Oluşturulması, *Afad*, 387s, Ankara.
- Güllüdağ C B, Altunsoy M, 2018, Türkiye’de Cbs Tabanlı Kömür Maden Bilgi Sistemi (Kmbs) Kurulmasında Kullanılacak Bazı Kriterler, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 42, 175-190.
- Gürboğa Ş, Gökçe O, 2019, Paleoseismological Catalog Of Pre-2012 Trench Studies On The Active Faults İn Turkey, *Bulletin Of The Mineral Research And*

- Exploration, 159, 63–87.
- Ha S, Son M, Seong Y B, 2022, Active Fault Trace Identification Using A Lidar High-Resolution Dem: A Case Study Of The Central Yangsan Fault, Korea. Remote Sensing, 14, 23-36.
- Hanekop O, Simpson F, 2006, Error Propagation In Electromagnetic Transfer Functions: What Role For The Magnetotelluric Method In Detecting Earthquake Precursors, Geophysical Journal International, 165, 763–774.
- Hastaoglu K O, Poyraz F, Erdogan H, Tiryakioglu İ, Özkaymak Ç, Duman H, vd., 2023, Determination Of Periodic Deformation From Insar Results Using The Fft Time Series Analysis Method In Gediz Graben, Natural Hazards, 117, 491–517.
- Hernance J F, Thayer R E, 1975, Telluric-Magnetotelluric Method, Geophysics, 40, 664–668.
- Holst J M F G, Rotter J M, Calladine C R, Eoin Dunphy Norm E S N E, Euro Dnv, Starnes J H, 2011, Eurocode 8: Design Of Structures For Earthquake Resistance Part 5: Foundations, Retaining Structures And Geotechnical Aspects En 1998-5 November, Journal Of Constructional Steel Research, 54, 18-20.
- İmamoğlu M Ş, 2019, Diyarbakır İl Merkezi Ve Çevresinin Depremselliği Ve Zemin Özellikleri, Dümf Mühendislik Dergisi, 10, 697-707.
- Kapluhan E, 2014, Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin (Cbs) Coğrafya Öğretiminde Kullanımının Önemi Ve Gerekliliği, Marmara Coğrafya Dergisi, 29, 34-59.
- Karaagaç D, Karaman H, Aktug B, 2019, Investigation of Disasters in Kahramanmaraş and Adıyaman Provinces and Determination of Suitable Settlement Locations with Spatial Analysis Techniques, Turk Deprem Arastirma Dergisi, 1,123-133.
- Karakuş C B, Cerit O, 2017, Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanılarak Sivas Kenti Ve Yakın Çevresi İçin Yerleşim Açısından En Uygun Alanların Belirlenmesi, Cumhuriyet Science Journal, 38, 131.
- Karataş N, Kaya M A, 2022, Deprem Riskinin Kentsel Planlama Sürecine Etkisi: İpsala, Keşan Ve Enez İlçeleri (Edirne) Örneği, Mühendislik Bilimleri Ve Tasarım Dergisi, 10, 654-679.
- Kaya A, Akyol E, 2022, Uzaktan Algılama İle Fay Çizgiselliklerinin Belirlenmesi: Baklan Grabeni Örneği, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,

13, 73-85.

- Kaya T, Tank S B, Tunçer M K, Rokoityansky I I, Tolak E , Savchenko T, 2009, Asperity Along The North Anatolian Fault Imaged By Magnetotellurics At Düüzce, Turkey, Earth, Planets And Space, 61, 871-884.
- Kezer Z, 2019, Kütahya Grabenin Tektonik Jeomorfolojisi (Batı Anadolu), Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fbe, Y.Lisans, 108s, Ankara.
- King G, Nábelek J, 1985, Role Of Fault Bends In The Initiation And Termination Of Earthquake Rupture, Science, 228, 984-987.
- Koç A, Kaymakci N, 2013, Kinematics Of Sürgü Fault Zone (Malatya, Turkey): A Remote Sensing Study, Journal Of Geodynamics, 65, 292-307.
- Kocyigit A, 1991, Neotectonic Structures And Related Landforms Expressing The Contractional And Extensional Strains Along The North Anatolian Fault At The Northwestern Margin Of The Erzincan Basin, Ne Turkey. Bulletin Technical University Of Istanbul, 44, 455-473.
- Konagai K, 2005, Data Archives Of Seismic Fault-Induced Damage, Soil Dynamics And Earthquake Engineering, 25, 559-570.
- Korkmaz H, 2006, Antakya'da Zemin Özellikleri Ve Deprem Etkisi Arasındaki İlişki Coğrafi Bilimler Dergisi, 4 , 49-66.
- Kurnaz T F, Ramazanoğlu Ş, 2014, Yerleşime Uygunluğun Coğrafi Bilgi Sistemleri (Cbs) İle Sorgulanması, Esenler (İstanbul) Örneği, Saü Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 18, 171.
- Mccalpin J P, 1987, Recommended Setback Distances From Active Normal Faults, In Proceedings Of The Symposium On Engineering Geology And Soils Engineering, 1996, UTAH, 35-56.
- Mutlu İ, Kahveci M, 2019, Gnss Uydu Dağılımının Gerçek Zamanlı Kinematik Gnss ve Ağ-Rtk Ölçülerindeki Önemi, Geomatik, 4, 179-189.
- Nurlu M (Ed.), 2017, Mühendislik Ölçmeleri I- Planlama ve Yapılaşma Açısından Yüzey Faylanması Tehlikesinin Değerlendirilmesi Kılavuzu, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, 62s, Ankara.
- Okay A I, Kaşlılar Özcan A, Imren C, Boztepe Güney A, Demirbag E, Kuşçu I, 2000, Active Faults And Evolving Strike-Slip Basins In The Marmara Sea, Northwest Turkey: A Multichannel Seismic Reflection Study, Tectonophysics, 321, 189-218.

- Okay Aral I, Demirbağ E, Kurt H, Okay N, Kuşçu I, 1999, An Active, Deep Marine Strike-Slip Basin Along The North Anatolian Fault In Turkey, *Tectonics*, 18, 129-147.
- Olson S M, Green R A, Lasley S, Martin N, Cox B R, Rathje E, vd., 2011, Documenting Liquefaction And Lateral Spreading Triggered By The 12 January 2010 Haiti Earthquake, *Earthquake Spectra*, 27, 1-5.
- Özburan M, 2009, Kütahya ve Çevresinin Neotektonik İncelemesi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 227s, Kocaeli.
- Özburan M, Gürer Ö F, 2012, Late Cenozoic Polyphase Deformation And Basin Development, Kütahya Region, Western Turkey, *International Geology Review*, 1, 1401-1418.
- Özcan O, 2017, İnsansız Hava Aracı (İha) İle Farklı Yüksekliklerden Üretilen Sayısal Yüzey Modellerinin (Sym) Doğruluk Analizi, *Journal Of Engineering And Earth Science*, 2, 1-7.
- Özkaymak Ç, Sözbilir H, Tiryakioğlu İ, Baybura T, 2017, Bolvadin'de Afyon-Akşehir Grabeni, Afyon Gözlenen Yüzey Deformasyonlarının Jeolojik, Jeomorfolojik ve Jeodezik Analizi, *Türkiye Jeoloji Bülteni / Geological Bulletin Of Turkey*, 60, 169-189.
- Özkaymak Ç, Tiryakioğlu İ, Başaran V, Buldan M, 2024, Bolvadin Asismik Yüzey Deformasyonlarının Yerleşim Alanlarına Etkilerinin İncelenmesi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24, 155-165.
- Öztürk M Z, 2018, Morphometric Analyses Of Karstic Depressions (Dolines), *Journal Of Geography*, 1, 1-13.
- Partigöç N S, Aydın C, Tarhan Ç, 2017, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi ve Cbs Kullanılarak Yerleşime Uygun Alanların Belirlenmesi İzmir Kenti Örneği, *Akademia Disiplinlerarası Bilimsel Araştırmalar Dergisi*, 2, 55-70.
- Poyraz F, Hastaoğlu K O, Koçbulut F, Tiryakioğlu I, Tatar O, Demirel M, vd., 2019, Determination of the block movements in the eastern section of the Gediz Graben (Turkey) from GNSS measurements, *Journal of Geodynamics*, 123, 38-48.
- Poyraz F, Hastaoğlu K Ö, 2020, Monitoring Of Tectonic Movements Of The Gediz Graben By The Psinsar Method And Validation With Gnss Results, *Arabian*

- Journal Of Geosciences, 13, 1.
- Salik Aw ve Karacabey E, 2019, Mahsul Fenolojisi Haritalaması İçin Landsat 8 Uydu Görüntüsü – NDVI Zaman Serisi Uygulaması: Afganistan'ın Balkh Ve Jawzjan Bölgeleri Örnek Olay İncelemesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 5, 49-62.
- Shin T C, Teng T L, 2001, An Overview Of The 1999 Chi-Chi, Taiwan, Earthquake, Bulletin Of The Seismological Society Of America, 91, 895-913.
- Sönmez M E, 2018, Coğrafi Bilgi Sistemleri (Cbs) Tabanlı Deprem Hasar Riski Analizi : Zeytinburnu (İstanbul) Örneği, Türk Coğrafya Dergisi, 56, 11 - 22.
- Sözbilir H, Uzel B, Özkaymak Ç, Sümer Ö, 2017, Criteria for surface rupture microzonation of active faults for earthquake Hazards in Urban areas. In: Ceryan N, (Ed), In Handbook of Research on Trends and Digital Advances in Engineering Geology, p187-230, IGI Global book series Advances in Civil and Industrial Engineering (ACIE), 765p, USA.
- Sümer Ö, Karagöz O, Alak, A, 2018, A New Software For Relationships Between Fault Parameters And Earthquake Size: Faultstat, Afyon Kocatepe University Journal Of Sciences And Engineering, 18, 1089-1101.
- Şengül T, Karabaş B, 2021, Kütahya Merkez İlçesinde Sıvılaşma Potansiyelinin Coğrafi Bilgi Sistemi İle İncelenmesi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 8, 817-825.
- Şimşek M, Özarpacı S, Doğan U, 2019, Yer Kabuğu Hareketlerinin Belirlenmesinde Web Tabanlı Çevrimiçi Gns Servislerinin Performans Analizi, Geomatik, 4, 147-159.
- Tank S B, Honkura Y, Ogawa Y, Matsushima M, Oshiman N, Tunçer M K, vd., 2005, Magnetotelluric İmaging Of The Fault Rupture Area Of The 1999 Izmit (Turkey) Earthquake, Physics Of The Earth And Planetary Interiors, 150, 213-225.
- Tiryakioğlu İ, Umutlu A İ, Poyraz F, 2019, Jeodezik Yöntemlerle Deprem Tekrarlama Periyotlarının Belirlenmesi: Alaşehir Bölgesi Örneği, Afyon Kocatepe University Journal Of Sciences And Engineering, 19, 762-768.
- Tokay F, Altunel E, 2005, Eskişehir Fay Zonu'nun İnönü-Dodurga Çevresinde Neotektonik Aktivitesi, M.T.A. Dergisi, 130, 1-15.
- Tona A U, Demir V, Kuşak L, Yakar M, 2022, Su Kaynakları Mühendisliğinde

- Cbs'nin Kullanımı, Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi, 4, 23-33.
- Toushmalani R, 2010, Application Of Geophysical Methods İn Agriculture, Journal Of Applied Sciences Research, 6, 6433-6439.
- Trifonov V G, 1995, World Map Of Active Faults (Preliminary Results Of Studies) ,Quaternary International, 25, 3-12.
- Utah Jeolojik Araştırmacıları, 1983, Guidelines For Evaluating The Hazard Of Surface Fault Rupture, California Geology, 36, 249–251.
- Uyanık N, Berk F M, 2016, Mekân - Şehir Ve Medeniyet Bağlamında Çatalhöyük. Çatalhöyük Uluslararası Turizm Ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, 1, 1 - 13.
- Villamor P, Litchfield N, Barrell D, Van Dissen R, Hornblow S, Quigley M, Grant H, 2012, Map Of The 2010 Greendale Fault Surface Rupture, Canterbury, New Zealand: Application To Land Use Planning, New Zealand Journal Of Geology And Geophysics, 55, 223-230.
- Villamor Pilar, Berryman K, 2001, A Late Quaternary Extension Rate İn The Taupo Volcanic Zone, New Zealand, Derived From Fault Slip Data, New Zealand Journal Of Geology And Geophysics, 44, 243-269.
- Viveen W, Baby P, Hurtado-Enríquez C, 2021, Assessing The Accuracy Of Combined Dem-Based Lineament Mapping And The Normalised SI-Index As A Tool For Active Fault Mapping, Tectonophysics, 813, Article number 228942.
- Vozoff K, 1980, Electromagnetic Methods İn Applied Geophysics, Geophysical Surveys, 4, 9-29.
- Yalçın H, Gülen L, Utkucu M, 2013, Active Fault Data Base And Assesment Of Earthquake Hazard For Turkey And Surrounding Regions, Yerbilimleri/ Earth Sciences, 34, 133-160.
- Yuksel A, Avcı V, 2015, Ağırlıklı Çakıştırma Yöntemi İle Vahkin Çayı (Bingöl) Havzası'nda Erozyon Durumunun Belirlenmesi, Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 15, 1.
- Zhou W. Gıs Applications For Engineering Geology, GSA Connects 2022 meeting in Denver, 2022, January 12-14, Colorado.

İnternet Kaynakları

- 1- <https://seos-project.eu/agriculture/agriculture-c03-s01.tr.html/>, 03.04.2023

- 2- <https://cografyahocasi.com/sozluk/deprem.html/>, 04.02.2023
- 3- <https://twitter.com/Paleosismolog/status/1341837183565619203/>, 14.03.2023
- 4-https://kutahya.afad.gov.tr/kurumlar/kutahya.afad/e-Kutuphane/Il-Planlari/IRAP_2022.pdf, 27.05.2023
- 5-<https://www.karadenizgazete.com.tr/gundem/yollar-ve-demiryollari-yer-degistirdi-turkiye-3-metre-kaydi/413935/>, 15.03.2023
- 6-<https://www.aa.com.tr/tr/asrin-felaketi/depremlerin-merkez-ussu-kahramanmarasta-hasar-goren-yollar-onariliyor/2963455#/>, 03.10.2023
- 7-<https://gazeteoksijen.com/turkiye/cigli-mahallesi-depremde-ikiye-bolundu-171107/>, 03.10.2023
- 8-<https://www.aa.com.tr/tr/pg/foto-galeri/kahramanmaras-merkezli-depremlerin-ardindan-nurdaginda-yariklar-olustu/2/>, 03.10.2023
- 9- [https://www.mta.gov.tr/dogalkaynaklar/kategori/detay\(jpg\)](https://www.mta.gov.tr/dogalkaynaklar/kategori/detay(jpg)), 22.07.2023
- 10- <https://akademiksunum.com/index.jsp?> (jpg), 04.06.2023
- 11- <https://akademiksunum.com/index.jsp?> (jpg), 04.06.2023
- 12- [https://seos-project.eu/agriculture/agriculture-c03-s01.tr.html\(jpg\)](https://seos-project.eu/agriculture/agriculture-c03-s01.tr.html(jpg)), 04.06.2023
- 13-<https://kronos36.news/tr/marasta-kilometrelerce-uzunluktaki-fay-kirigi-goruntulendi/>, 13.09.2023
- 14- <https://www.researchgate.net/publication/330448800/>, 13.09.2023
- 15- <https://www.karadenizgazete.com.tr /413935/>, 13.11.2023
- 16-https://kutahya.afad.gov.tr/kurumlar/kutahya.afad/e-Kutuphane/Il-Planlari/IRAP_2022.pdf, 18.09.2023
- 17-<https://www.trthaber.com/haber/turkiye/deprem-bolgesinde-bir-ev-25-metre-topraga-gomuldu-750531.html/>, 13.09.2023