



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**IHLARA VADİSİ (AKSARAY) BOYUNCA KAYA
DÜŞMELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MÜZEYYEN TAŞPINAR

DANIŞMAN

Doç. Dr. ALİ YALÇIN

AKSARAY, 2015

AKSARAY ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ONAY BELGESİ

Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 132302303 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi, Müzeyyen Taşpınar, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **IHLARA VADİSİ (AKSARAY) BOYUNCA KAYA DÜŞMELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ** başlıklı tezini, aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ali YALÇIN

Aksaray Üniversitesi

Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Mustafa FENER

Ankara Üniversitesi

Jüri Üyeleri : Doç. Dr. N. Erhan YAŞITLI

Aksaray Üniversitesi

Teslim Tarihi: 03.12.2015

Savunma Tarihi: 24.12.2015

ÖNSÖZ

Ihlara Vadisi, yeryüzündeki en büyük kanyonlardan biri olup, içerisinde bulunan 105 adet kilise ve 5000 adet kayadan oyma yapıyla diğer kanyonlardan ayrılmaktadır. Bu özelliği her yıl binlerce yerli ve yabancı turistin ilgisini çekmektedir.

Vadi içerisindeki birimlerin jeolojik, jeomorfolojik ve mühendislik özellikleri bakımından kaya düşmelerine yatkın olduğu tespit edilmiştir. Bu tehlike, her yıl vadiye akın eden turistlerin sayısı da dikkate alındığında can güvenliği açısından çok büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışma kapsamında vadi içerisinde ayrıntılı mühendislik jeolojisi çalışmaları yapılmış, vadiyi temsil eden bölgelerden alınan örnekler üzerinde yapılan arazi ve laboratuvar deneylerinden elde edilen veriler ışığında muhtemel kaya düşmelerini ve bunların etkilerini öngörebilmek amacıyla Rocfall 2D programı kullanılarak sayısal modellemeler yapılmıştır. Bu modellerle düşme tehlike senaryoları üretilmiş, tehlike bölgeleri haritalanmış ve düşmelerin meydana getirebileceği etkilerden görülecek zararın en aza indirilmesi için öneriler sunulmuştur.

Çalışma, Aksaray Üniversitesi Bilimsel Araştırma Koordinatörlüğü (BAP) tarafından 2014-026 numaralı proje ile maddi olarak desteklenmiştir.

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu ve bu eserleri her kullanımında alıntı yaparak yararlandığımı belirtir; bunu şerefimle doğrularım.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Müzeyyen Taşpınar

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanabilmesi için değerli katkılarını, maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, bilgi ve deneyimleri ile yoluma ışık tutan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ali YALÇIN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mineralojik- petrografik ve kimyasal analizlerde ve bunların yorumlanmasında büyük yardımını gördüğüm Sayın Yrd. Doç. Dr. Bahattin GÜLLÜ (ASÜ Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü) hocama sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haritalamada ve tezimin bir çok aşamasında maddi ve manevi desteğini esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. M. Murat KAVURMACI (ASÜ Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü) hocama sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmayı 2014-026 numaralı proje ile mali açıdan destekleyen Aksaray Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAP)'ne teşekkür ederim.

Tez süreci öncesinde ve sırasında arada kilometrelerce mesafe bulunmasına rağmen her zaman desteklerini hissettiğim ve akademik deneyimleriyle yoluma ışık tutan Research Scientist Dr. R.A. ASPEY (King Abdullah University of Science and Technology), Dr. J. D. A. PİPER (University of Liverpool) ve değerli dostum Dr. Florian STARK'a (European Patent Office) sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın bir çok aşamasında ellerinden gelen her türlü desteği, hiçbir zaman esirgemeyen, ASÜ Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden ve İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden değerli araştırma görevlisi ve uzman arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Ve Ayça SÜRAL, Ayşe Nurefşan YÜKSEL, Buket Uysal ÇAYAN, Elif Can SÜNBÜL, Sevim YALÇIN... Sizlere nasıl teşekkür edeceğimi bile bilmiyorum...

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ	i
DOĞRULUK BEYANI	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
SİMGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışma Alanının Konumu ve Ulaşım.....	3
1.2 İklim Ve Bitki Örtüsü.....	4
1.3 Sosyo - Ekonomik Durum	5
1.4 Jeomorfoloji.....	5
2. GENEL BİLGİLER	7
2.1 Önceki Çalışmalar	7
2.2 Bölgenin Genel Jeolojisi	11
2.2.1 Stratigrafi	11
2.2.1.2 Bozçaldağ formasyonu.....	11
2.2.1.3 Mezgit formasyonu	11
2.2.1.4 Göstük ignimbiritleri.....	12
2.2.1.5 Uzunkaya formasyonu	13
2.2.1.6 Melendiz volkaniti	13
2.2.1.7 Selime tüfü	13
2.2.1.8 Kızılkaya ignimbiritleri.....	13
2.2.1.9 Gösterili volkanitleri	14
2.2.1.10 Kızıltepe üyesi.....	14
2.2.1.11 Evliya tepe üyesi	14
2.2.1.12 Hasandağı külleri	14
2.2.1.13 Travertenler	14
2.2.1.14 Alüvyon.....	15
2.3 Çalışma Alanının Genel Jeolojisi	15
2.3.1 Kızılkaya ignimbiritleri.....	15
2.3.2 Selime tüfü.....	16
2.3.3 Hasandağı külleri	17
2.3.4 Alüvyon	18
3. MALZEME VE YÖNTEM	19
3.1 Büro Çalışmaları.....	19
3.2 Arazi Çalışmaları.....	19
3.2.1 Süreksizlik Çalışmaları	19
3.2.2 Blok Düşürme Deneyleri	24
3.2.3 Örneklem Çalışmaları	25
3.3 Laboratuvar Çalışmaları	26
3.3.1 Numunelerin Hazırlanması	26
3.3.2 Mineralojik Petrografik İncelemeler.....	27
3.3.3 Yoğunlukların Belirlenmesi.....	29

3.3.4 Tilt Deneyi	30
3.3.5 Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi	31
3.3.6 Üç Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi.....	32
3.3.7 Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık (Slake Durability) Deneyi	34
3.4 Modelleme Çalışmaları	35
3.4.1 Rocfall 2D Programı Çalışma Prensipleri ve Modellemeler	36
3.4.2 Geri Verme Katsayısının Belirlenmesi	38
3.4.3 Yapılan Modellemeler	39
3.5 Haritaların Üretilmesi	42
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	46
KAYNAKLAR	48
EKLER.....	53
ÖZGEÇMİŞ.....	57

ÖZET

IHLARA VADİSİ (AKSARAY) BOYUNCA KAYA DÜŞMELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Ihlara Vadisi'nin turistik bir bölge olması ve her yıl yüz binlerce turist vadiyi ziyaret etmesi sebebiyle kütle hareketlerinden kaynaklanacak tehlikelerin önlenmesi, hiç istenmeyen can kayıpları ve yaralanmaların olmaması adına çok büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, Ihlara Vadisi boyunca özellikle turistik faaliyetlerin yoğun olduğu alanlara yönelik kaya düşmelerinden kaynaklanabilecek tehlikelerin belirlenmesi ve bu tehlikelerin azaltılmasına yönelik alınabilecek tedbirler önerilmiştir. Kaya düşme analiz çalışmalarının en önemli parametresi olan süreksizlik özelliklerinin ayrıntılı bir şekilde belirlenmesi için; yüzlek taraması ve hat etütleri yapılarak süreksizliklerin türü, durumu, aralığı, açıklığı, yönelimi, devamlılığı, eklem sıklığı, takım sayısı, dolgu malzemesi, pürüzlülük ve dalgalılığı, su sızıntıları ve blok boyutları ile ilgili veriler toplanmıştır. Ihlara Vadisi boyunca Kızılkaya ignimbiritlerinden oluşan yamaçlarda meydana gelen kaya düşmesi iki boyutlu kaya düşme analizleri ile değerlendirilmiş ve farklı blok boyutlarına göre değişik kaya düşme modelleri gerçekleştirilmiştir.

Blok düşürme analizlerinden elde edilen; blokların gidebildikleri en uzak mesafe, yatay hız ve toplam kinetik enerji miktarları yorumlanarak, kaya düşmelerinden etkilenebilecek alanlar belirlenmiş ve tehlike derecesine göre zon haritası oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ihlara Vadisi, Kaya düşmesi, İki boyutlu modelleme

ABSTRACT

ROCK FALL ASSESSMENTS THROUGH THE IHLARA VALLEY (AKSARAY)

Since the Ihlara Valley is a tourist attraction territory and hundreds of thousands of tourists visiting the valley each year, preventing the hazards caused by mass movements is significant for unwanted casualties and injuries. In this study, precautions are suggested to determine hazards caused by rock falls and to decrease these hazards especially where the touristic activity is dense through the Ihlara Valley.

Crop survey and guideline investigations are carried out for the purpose of determining detailed joint features which are the most significant parameters for rock falls; thus the data like type, condition, spacing, persistence, orientation, density and number of joints, filling material, roughness and waviness of the joint surface, water leakage and block dimensions were collected. Rock falls of the Kızılkaya ignimbrite expected through the Ihlara Valley were modelled by two dimensional rock fall analysis and different falling scenarios were created considering different block sizes.

Probable impacted territories are assigned by interpreting the endpoints of the blocks, horizontal velocity and total kinetic energy values obtained from the analysis, hazardous territories were determined and an hazard map is produced.

Key words: Ihlara Valley, Rock fall, Two dimensional modelling

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1: Çalışma alanının yer bulduru haritası.....	3
Şekil 2.1: Bölgenin genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (MTA,2005).....	12
Şekil 2.2: Çalışma alanının genel jeoloji haritası.	16
Şekil 2.3: Çalışma alanının genelleştirilmiş jeolojik kesiti.....	17
Şekil 3.1: Şematik hat etüdü.	20
Şekil 3.2: Belisırma girişinden 10m'lik bir hat etüdü.....	20
Şekil 3.3: Süreksizlik açıklığı ölçümleri.....	20
Şekil 3.4: Süreksizlik devamlılığı ölçümleri.	21
Şekil 3.5: Süreksizlik aralığı ölçümleri.	21
Şekil 3.6: Dolgu malzemesinin yıkandığı bloklardan görünüm.	22
Şekil 3.7: Hakim süreksizliklerin gül diyagramında görünümü.....	23
Şekil 3.8: Süreksizliklerle ayrılmış bloklardan görünüm.	23
Şekil 3.8 (devamı): Süreksizliklerle ayrılmış bloklardan görünüm.	24
Şekil 3.9: Düşürülen bloklardan bazıları.	25
Şekil 3.10: Laboratuvarda döner başlıklı cihazla karot alımı.	26
Şekil 3.11: Karotların kesimi.....	27
Şekil 3.12: M1 no'lu örneğin çift nikol görüntüsü 28	28
Şekil 3.13: M3 no'lu örneğin tek nikol görüntüsü.....	28
Şekil 3.14.a: Tilt deneyi ile yapılan ölçümler 30	30
Şekil 3.14.(b, c): Tilt deneyi ile yapılan ölçümler 31	31
Şekil 3.15: Tek eksenli basınç dayanımı deneyi uygulanan numuneler 32	32
Şekil 3.16: Tek eksenli basınç dayanımı deneyi..... 32	32
Şekil 3.17: Silindir numunenin Hoek hücreğine yerleştirilmesi 33	33
Şekil 3.18: Üç eksenli deneyler sonucunda elde edilen mohr daireleri ve yenilme zarfi. 34	34
Şekil 3.19: Suda dağılmaya karşı duraylılık (slake durability) deneyi için hazırlanıp etüve konan örnekler 34	34
Şekil 3.20: Suda dağılmaya karşı duraylılık (slake durability) deneyi döndürme işlemi..... 35	35
Şekil 3.21: Modelleme yapılan en kesitler..... 36	36
Şekil 3.22: Rocfall 2D programı pencere görüntüsü 36	36
Şekil 3.23: Açısal hızın dikkate alındığı ve alınmadığı modellerdeki fark (Rocfall,2009). 37	37
Şekil 3.24: Düşmekte olan bir kaya bloğunun bileşenleri 38	38
Şekil 3.25.a: Düşen kaya bloklarının gidebileceği en uzak mesafe 39	39
Şekil 3.25.b: Kaya bloğunun sıçrama yüksekliği. 40	40
Şekil 3.25.c: Toplam kinetik enerji. 41	41
Şekil 3.25.d: Sıçrama yüksekliği dağılımı..... 41	41
Şekil 3.25.e: Toplam kinetik enerji dağılımı. 41	41
Şekil 3.26: İhlara Vadisi sayısal yükseklik haritası. 43	43
Şekil 3.27: İhlara Vadisi kaya düşme tehlike haritası..... 44	44

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 1.1: Bölgede yürütülen çalışmalar	2
Çizelge 1.2: Uzun yıllar içinde (1950- 2014) gerçekleşen ortalama sıcaklık değerleri (URL- 1).....	4
Çizelge 3.1: Örnek süreksizlik konumları	21
Çizelge 3.2: Kimyasal analiz sonuçlarına göre anaoksit elementler	29
Çizelge 3.3: Tilt deneyi sonuçları	31
Çizelge 3.4: Üç eksenli basma dayanımı deneyi sonuçları.....	33
Çizelge 3.5: Suda dağılmaya karşı duraylılık deneyi sonuçları.....	35
Çizelge 3.6: Kaya düşmesi modellemelerinde kullanılan parametreler	38

SİMGELER DİZİNİ

A	Silindirik örneğin kesit alanı
c	Kohezyon
F	Yenilme anında kaydedilen yük
g	Yerçekimi ivmesi
Φ	İçsel sürtünme açısı
Id₁	Birinci döngüden sonra kalan örnek yüzdesi
Id₂	İkinci döngüden sonra kalan örnek yüzdesi
M	Kaya bloğunun kütlesi
R_n	Normal geri verme katsayısı
R_t	Teğetsel geri verme katsayısı
S	Standart sapma
σ_c	Normal gerilme
V	Kaya bloğunun hacmi
V_{in}	İlksel hız
V_{it}	Çarpma anındaki hız
V_{rt}	Rotasyonel hız
V_{rn}	Normal hız

1. GİRİŞ

Doğal afetler, jeolojik ve meteorolojik sebeplere bağı olarak meydana gelen, çoğunlukla insan kontrolü dışında gerçekleşen, can ve mal kaybına sebep olan tehlikeli ve genellikle büyük çaplı meydana gelen doğal olaylardır. Türkiye’de genel olarak jeolojik ve iklimsel özelliklerin yanı sıra jeomorfolojik özellikler de doğal afetlerin oluşmasında etkin rol oynamaktadır (T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2008).

Kütle hareketleri; doğal afetlerin en çok can ve mal kaybına ve hasarlara yol açan türlerinden biridir. Ülkemizde meydana gelen doğal afetlerin %45’ini heyelanlar teşkil ederken, afetzedelerin ise %21’i bu heyelanlardan etkilenmiştir (T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2008).

Bununla birlikte olay sayısı ve verdiği zarar göz önüne alındığında kaya düşme ve devrilmelerinin sebep olduğu kayıp ve hasarlar da azımsanamayacak derecede önem arz etmektedir. Türkiye’de meydana gelen doğal afetlerin %10’unu kaya düşmesi oluştururken, afetzedelerin %7’si kaya düşmelerinden etkilenmiştir (T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2008).

Kaya düşmeleri ve devrilmeleri, dik kazı şevlerinden, deniz, göl, vadi kenarlarındaki falez ve dik yamaçlardan, yer altı kazı ve mağara tavanlarından değişik büyüklükteki kaya ya da toprak parçalarının yerçekimi ve çeşitli etkilerle aşağıya düşmesi ve devrilmesi olayıdır. Farklı litolojilerde değişik şekil ve etkilerle meydana gelen kaya düşme ve devrilmeleri; jeolojik ve jeomorfolojik özelliklerinden dolayı Kapadokya bölgesinde sıklıkla görülmektedir. Kapadokya Bölgesi içerisinde yer alan İhlara Vadisi, kaya düşme ve devrilmeleri açısından yüksek risk taşıyan bir bölgedir bunun nedeni üstte yüksek mukavemete sahip ignimbiritlerin altta ise daha duraysız tüflerin bulunmasıdır.

Kapadokya’nın giriş kapısı niteliğindeki İhlara Vadisi, içerisinde yaklaşık 5000 adet ev ve 105 adet tarihi kilise bulundurmaktadır. Ayrıca vadi yıllık ortalama 400.000 yerli ve yabancı turistini ziyaret ettiği bir cazibe merkezidir.

Vadi, Konya Kültür ve Tabiat Varlıkları Koruma Bölge Kurulu'nun 10.10.1991 gün, 1150 sayılı kararı ile I. II. ve III. derece arkeolojik ve doğal sit alanı olarak ilan edilmiştir. Burası aynı zamanda 22.10.1990 tarih ve 90/1117 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile özel çevre koruma bölgesi olarak ilan edilmiştir. Ayrıca Kültür ve Turizm Bakanlığı Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü Ihlara Vadisi'nin UNESCO Dünya Mirası Geçici Listesi'ne önerilmesi çalışmalarına da başlamıştır. Bu kapsamda da vadinin ziyarete açık kesimlerinde can ve mal güvenliği ile ilgili problemlerin olup olmadığı, vadinin doğallığının korunması ve bununla birlikte sayısal haritaların temini gibi bu tez çalışmasında ortaya konulacak veriler UNESCO Dünya Mirası Geçici Listesi çalışmaları için gerekli bilgilerden bazılarıdır. Dolayısıyla bu yönde yapılacak olan mühendislik çalışmaları gerek yerleşim yerlerini gerek insan yaşamını ve gerekse bölgenin turizm potansiyelini ve doğal miras alanlarını korumak ve gelecek nesillere taşımak açısından büyük önem arz etmektedir.

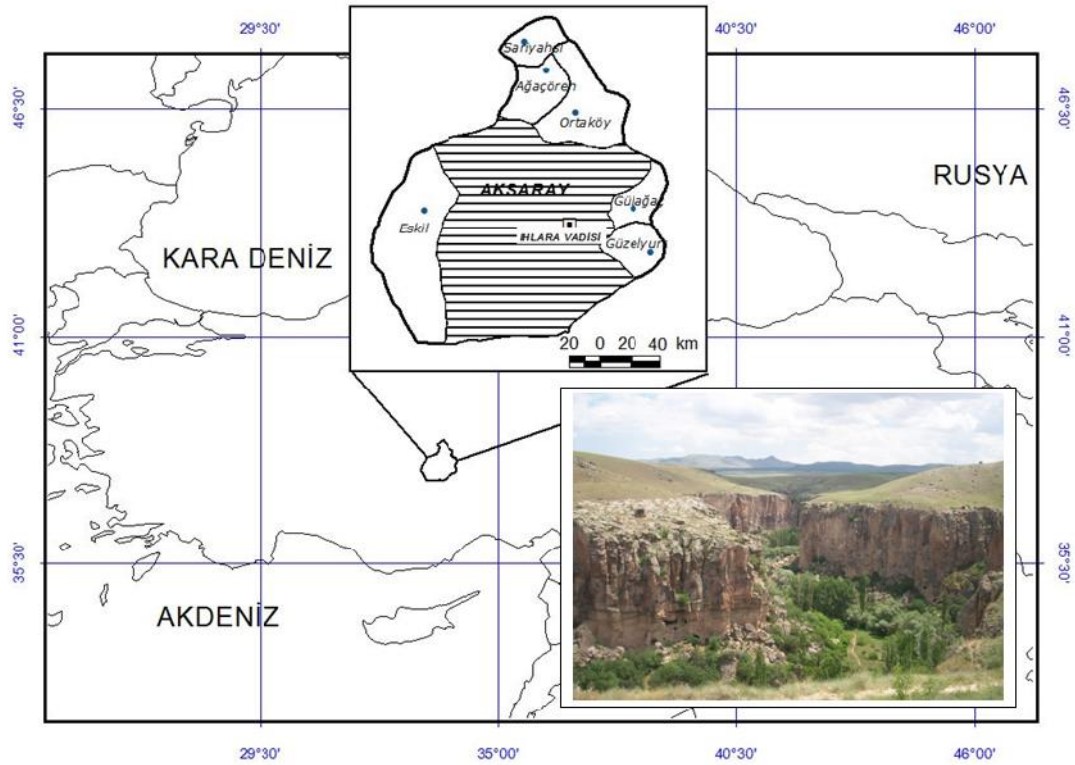
Çalışma kapsamında, vadi boyunca yapılan arazi çalışmaları ile süreksizliklerle sınırlandırılmış her bir kaya bloğu belirlenmiştir. Bu kapsamda meydana gelebilecek olası kaya düşme ve devrilmeleri tespit edilerek, arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen veriler ışığında Rocfall 2D programı kullanılarak düşme ve devrilmelerin iki boyutlu modellenmesi yapılmıştır (Çizelge 1.1). Elde edilen sonuçlara göre düşme ve devrilme tehlikesi olan alanlar belirlenerek tehlike zon haritası üretilmiş ve belirlenen tehlike durumlarına göre çözüm önerileri sunulmuştur.

Çizelge 1.1: Bölgede yürütülen çalışmalar.

Büro Çalışmaları	Arazi Çalışmaları	Laboratuvar Çalışmaları
Literatür Çalışmaları	Süreksizlik Çalışmaları	Numunelerin Hazırlanması
Modelleme Çalışmaları	Blok Düşürme Deneyleri	Mineralojik- Petrografik İncelemeler
Haritaların Üretilmesi	Örnekleme Çalışmaları	Yoğunlukların Belirlenmesi
		Tilt Deneyi
		Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi
		Üç Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi
		Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık Deneyi

1.1 Çalışma Alanının Konumu ve Ulaşım

Aksaray, kuzey 37°-38° paralelleri, doğu 33°- 35° meridyenleri arasında yer alır. Doğuda Nevşehir, güneydoğuda Niğde, batıda Konya, kuzeyde Ankara ve kuzeydoğuda Kırşehir ile çevrilidir. 7997 km² yüzölçümünde geniş bir alana sahiptir. Aksaray ili ulaşım açısından bir kavşak noktası olan Konya-Kayseri ve Ankara-Adana karayollarının kesiştiği yerdedir. Niğde'ye 115 km, Ankara'ya 226 km, İstanbul'a 684 km, Adana'ya 292 km uzaklıktadır. Ihlara Kasabası, Aksaray ili Güzelyurt ilçesine bağlı tarihi bir kasabadır. Kasaba, Aksaray'ın 35 km güneydoğusunda; 34.16 enlem, 38.15 boylamında yer almaktadır (Şekil 1.1). Kasaba kuzeyde Mamasın Baraj Gölü, güneydoğusunda Ilısu Kasabası doğuda Güzelyurt İlçesi ve batıda Uzunkaya Köyü ile çevrelenmiştir. Çalışma alanı olarak seçilen Ihlara Vadisi KB/ GD doğrultusunda 14 km boyunca uzanmaktadır. Melendiz Dağı'ndan doğan Melendiz Irmağı, Ihlara Kasabası içinden dik yamaçlar arasından vadiye girip, G-K yönünde menderesler çizerek Mamasın Barajı'na ulaşır. Vadiye ulaşım, Aksaray İli merkezinden arabayla 45 dakika sürmektedir ve stabilize yollar sayesinde sorunsuzdur.



Şekil 1.1: Çalışma alanının yer bulduru haritası.

1.2 İklim ve Bitki Örtüsü

Aksaray, İç Anadolu Bölgesi'nde hüküm süren tipik karasal iklim etkisi altındadır. Yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk olmakla birlikte yağışlar ilkbahar ve kış aylarında daha yoğundur. Yaz - kış, gece - gündüz sıcaklık farkları çok fazladır. Türkiye'nin en kurak havzası içinde yer alan ilde 1954-2013 yılları arasında kaydedilmiş ortalama en yüksek sıcaklık 30.7 °C, yine aynı yıllar arasında ortalama en düşük sıcaklık ise -8.95°C'dir. Yıllık ortalama sıcaklık 11.9°C'dir (Çizelge 1.2).

Aksaray'da günlük toplam en yüksek yağış miktarı 29.10.1998 tarihinde 65.8 kg/m², günlük en hızlı rüzgar 12.03.1968 tarihinde 165.6 km/sa, en yüksek kar ise 11.12.1974 tarihinde 45.0 cm olarak kaydedilmiştir. Yıllık yağış ortalaması 340 - 348 mm civarındadır (URL-1).

Çizelge 1.2: Uzun yıllar içinde (1950 - 2014)gerçekleşen ortalama sıcaklık değerleri (URL-1).

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. sıcaklık (°C)	0.5	2.0	6.5	11.6	16.2	20.4	23.7	23.1	18.5	12.9	6.9	2.5
Ort. Max. Sıcaklık (°C)	5.4	7.2	12.4	17.9	22.8	27.0	30.5	30.4	26.4	20.6	13.5	7.6
Ort. Min. Sıcaklık (°C)	-3.7	-2.5	1.1	5.5	9.4	12.9	16.0	15.6	11.0	6.5	1.7	-1.5
Ort. Güneşlenme Süresi (saat)	3.2	4.3	5.5	7.0	9.1	11.2	12.1	11.4	10.0	7.1	5.0	3.1
Ort. Yağışlı Gün Sayısı	10.2	10.2	10.4	11.0	10.2	5.9	1.6	1.3	2.7	6.1	7.5	10.7
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ort. (kg/m ²)	38.5	33.5	38.6	46.3	39.6	23.7	5.7	3.5	8.4	24.8	32.0	44.2

Aksaray bitki örtüsü bakımından oldukça fakirdir. Yazları sıcak ve kurak iklim yapısı hâkim olduğundan ilbaharda yeşeren otlar, sonbaharda kurur ve arazi bozkır yapısını alır. Kızılırmak ve Obruk Platosu bozkır bitkileri dışında çıplaktır. Bitki örtüsü yarı kurakçıl bitkilerden oluşur. Hasan dağı ve Ekecik Dağları üzerinde meşe

koruluklarına rastlanır. Ayrıca palamut, alıç, kızılıcık, kavak, söğüt, yabancı armut ve meyve ağaçları yanında keven ve deve dikenini en çok rastlanan bitkilerdir.

1.3 Sosyo - Ekonomik Durum

2014-2015 verilerine göre Aksaray'ın toplam nüfusu 384.252 olup, bunun % 63.79'u il ve ilçe merkezlerinde, %36.21'i ise bucak ve köylerde yaşamaktadır. İlin yüzölçümü 7997 km² ve nüfus yoğunluğu ise 48'dir. İlin ekonomisi başlıca tarım ve hayvancılığa dayalıdır. Başta buğday olmak üzere arpa, şeker pancarı, burçak, mısır, patates, soğan, fasulye, keten, kenevir, üzüm ve elma yetiştirilir. Koyun besiciliği de yaygındır.

Bazı yörelerde halı ve kilim dokumacılığı yaygındır. Taşpınar halısı dünyaca meşhurdur. Aksaray'da un, süt, yem gibi gıda sanayi tesisleri yanında, madenlere dayalı sanayi ve metal eşya, makine imalatı da gelişmiştir. İlin tek ağır sanayi kuruluşu Otomarsan'ın dizel motor fabrikasıdır. Seramik sanayinde kullanılan kaolin belli başlı madenidir.

Ihlara Kasabası'nın nüfusu 2009 verilerine göre; 1.346'sı erkek, 1.462'si kadın olmak üzere 2.808 kişidir. Okuma yazma oranı %79 düzeyindedir. Okuma yazma bilenlerin çoğunluğu ilkokul ve ilköğretim okulu mezunudur. Lise ve yüksekokul mezunu sayısı nispeten daha azdır. Kasaba ekonomisi genelde tarım ve hayvancılığa dayanmaktadır. Buğday, arpa, nohut ve fasulye üretimi yaygındır. Tarımda dekar başına alınan ürün miktarı düşüktür. Son zamanlarda alınan tedbirlerle üretimin artırılması sağlanmıştır. Hayvancılık küçükbaş, büyük baş ve kümes hayvancılığı olarak yapılmaktadır. Bu hayvanların çoğu halkın kendi ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılmaktadır. Son yıllarda Ihlara Vadisi'ne her yıl gelen binlerce ziyaretçiyle turizm kasabanın yerel halkı için önemli bir gelir kaynağı olmaya başlamıştır. Kasaba sakinleri ürünlerini vadiye girişlerde pazarlama ve vadi girişinde, güvenliğinde ve temizliğinde çalışma imkanı bulmuşlardır (T. C. Aksaray Valiliği, 2014).

1.4 Jeomorfoloji

Aksaray'ın morfolojisi volkanik aktiviteler sonucu oluşmuştur. Atmosferik olayların da etkisiyle birbirine yakın karmaşık vadi şekilleri, mağara ve yarıklar, yassı ve sivri kayalı tepelikler oluşmuştur. Yanardağ külleri ve tuf litolojileri yüzey sularının

etkisiyle zaman içerisinde aşınmış ve farklı şekilsel özellikler sunan kayalara dönüşmüştür. Hasandağı (3268m), Küçük Hasandağı (3040m), Melendiz ve Ekecik (2137m) Dağları'ndan püsküren lavların oluşturduğu plato ve ovalar karakteristiktir. Hasandağı, Erciyes Dağı'ndan sonra İç Anadolu Bölgesi'nin en yüksek ikinci volkanik dağıdır. İl merkezinin batısında Obruk Platosu, kuzeyinde ise Kızılırmak Platosu yer alır. Obruk Platosunun yüksekliği ortalama olarak 1000-1500m'dir. İl topraklarının güneydoğusunda Konya Ovası'nın devamı olan Aksaray Ovası yer alır. Konya Ovası'nın büyük bir kesimi Aksaray sınırları içerisinde kalmaktadır. Aksaray'ın deniz seviyesinden yüksekliği 980 m'dir. Tuz Gölü'nün Aksaray sınırları içindeki 400 km²'lik bölümü bataklık ve tuzdan ibarettir ve burada derinlik en fazla 1m'dir. Gölün deniz seviyesinden yüksekliği ise 899 m'dir. İrili ufaklı krater gölleriyle birlikte Ulurmak üzerindeki Mamasın Baraj Gölü, sulama amaçlı olarak yapılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

Bölgede daha önce gerçekleştirilmiş, genel jeoloji ve mühendislik jeolojisi çalışmaları bölgedeki birimlerin litolojisi ve jeoteknik özellikleri hakkında bilgi vermektedir.

2.1 Önceki Çalışmalar

Hamilton (1842), yapmış olduğu çalışmada, Aksaray ve Ürgüp yakınlarında yer alan riyolitik tüflere “peperitler” adını vermiş ve söz konusu tüflerin üst kesimlerinde yer yer daha sert ve kompakt kayaçların bulunduğu dikkat çekmiştir. Tchihatcheff (1867) ise sert olan üst kesimi "trakit" şeklinde tanımlamıştır. Ayrıca Niğde ve Aksaray yakınlarında beyaz sünger tüflerin üstündeki "trakit" tabakasının kolumnar yapısını da belirlemiştir.

Chaput (1936), tüflerle ilgili olarak, Aksaray dolaylarında yüksekliği 1150-1200 metreye varan bir plato meydana getirdiğini ifade etmiştir. Bu bölgede tüflerin, kıvrımlı Oligosen jips tabakaları ve daha yaşlı diyoritler üzerinde yer aldıklarından bahsetmiştir. Chaput, Aksaray'ın kuzeyinde, tüflerin Miyosen marnları ve Tuz Gölü Havzası'nın kumtaşlarını örtüklerini de tespit etmiştir.

Lahn (1941), Aksaray ve çevresinde yaptığı çalışmada ise Hasandağ volkanik masifi, Pliyosen yaşlı tatlı su kalker ve marnları, jipsli teşekküller, plütonik kayaçlar ve mermerler olmak üzere yöredeki kayaçları gruplandırmıştır. Ayrıca Şereflikoçhisar Aksaray-Nevşehir arasında büyük bir fayın varlığından söz etmiştir. İfade edilen bu fay Tuz Gölü Fay Zonu'dur.

Aynı şekilde Tromp (1942)'da yapmış olduğu çalışmada Tuz Gölü Fay Zonu'nu tanımlamış ve fayın Hasandağı ekstrüzyonu ile arasında bir irtibat kurmuştur.

Okay (1954 ; 1963) yaptığı çalışmalarda, Geyral ile Demirciköy arasında kalker ve marnları tespit etmiş, bunların Eosen yaşında olduğunu ileri sürmüştür. Ayrıca Neojene ait kayaçları, gevşek tuf, sert tuf (ignimbirit) ve beyaz kalker olmak üzere üçe ayırarak volkanizma ürünlerinin piroksenli bazalt, andezit, camlar ve olivinli bazaltlardan oluştuğunu tespit etmiştir.

Kaya düşmelerinin meydana geldiği ignimbiritlerle ilgili olarak Beekman (1966), Aksaray, Gelveri ve Çınarlı bölgesindeki volkanik kayaçları ayırdetmiştir. İgnimbirit oluşumuna sebep olan patlamaları Tuz Gölü'nün doğusundaki KB - GD uzantılı fay zonuna bağlamış ve ilk ignimbirit oluşumundan sonra depolanan Karakaya tüfit ve kalkerlerinin oluşumuna Toros Orojenik Kuşağı'nın önündeki blok faylanması sebep olduğunu ileri sürmüştür.

Pasquare vd. (1988) çalışmalarında, ignimbiritlerin olası kaynak bölgelerinin Melendiz Dağ Kompleksi ile Çiftlik Kalderası olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Topal (1995), yapmış olduğu çalışmada, Kapadokya bölgesindeki kayaçların ayrışma süreçlerinin belirlenmesine yönelik olarak, Nevşehir ili çevresindeki volkano sedimanter kayaçların kimyasal ve fiziksel bozunmasını araştırmıştır.

Binal (1996), yaptığı yüksek lisans tezinde, İhlara Vadisi'ndeki (Aksaray) volkano-sedimanter kayaçlarda görülen duraysızlık mekanizmalarını araştırmıştır. İnceleme alanında yer alan kayaçların kaya mekaniği deneylerini yaparak, jeomekanik özelliklerini ortaya koymuştur.

Ujihira vd. (1997), kablolu sensör kullanarak iki boyutlu kaynak lokasyon sistemi ve mobil multimedya ağ kullanarak kaya düşmesi değerlendirmelerinin mümkün olabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Hoek (2000), kaya bloğunun izlemiş olduğu yolu ve şevin geometrisine bağlı çözüm önerileri ortaya koymuştur.

Guzzetti vd. (2002), kaya düşmelerini simule edebilen STONE programını geliştirmişlerdir. Bu programda sayısal arazi modeli, yakalanma alanı ve dinamik içsel sürtünme açısı kullanılarak yuvarlanma anındaki hız kaybı, ortaya çıkan normal ve tanjansiyel enerji belirlenebilmektedir.

Marzorati vd. (2002), Umria-Marche 1997 İtalya depreminin bir çok kaya düşmesini tetiklediğini ileri sürmüştür. Araştırmacılar hava fotoğraflarından elde ettikleri verileri, çevresel ve sismik faktörlerin kaya düşmesine etkisini belirlemek amacıyla GIS veritabanında kaydederek çok değişkenli istatistiksel veriler sağlamışlardır. Bu veriler ışığında olası bir deprem vukuunda meydana gelebilecek kaya düşmesi duyarlılık haritası üretmişlerdir.

Agliardi vd. (2003), parçalı kütle algoritmasına dayalı olan, yüksek netlikte, veri girişleri ve GIS ile entegre olarak işletilme avantajları sunan bir kaya düşme modellenmesi yaklaşımı önermişlerdir. Ayrıca Agliardi ve arkadaşları bu çalışmalarında; belirlenen bir çözünürlük eşiği altında, 3D modellemeden istifade oranının tercih edilemez hale gelmekte olduğunu ve daha basit olan 2D modellemenin daha uygun bir çözüm olarak görüldüğünü iddia etmişlerdir.

Ferrara ve Pappalardo (2005), çalışmalarında Castemola Tepesi'ndeki olası kaya düşmelerini ele alıp, düşük, orta ve yüksek tehlikeli alanları ve alınması gereken önlemleri belirtmişlerdir.

Ulusay vd. (2006), yapmış oldukları çalışmada, Ürgüp (Kapodokya) bölgesindeki kaya düşmelerini tetikleyen jeolojik ve jeomekanik özellikleri belirlemişlerdir. Kaya düşmelerini bilgisayar programı ile modelleyerek kontrol ve önlem yöntemleri önermişlerdir.

Alejano vd. (2007), İspanya'daki taş ocaklarında meydana gelen iş kazalarının çoğunluğunun kaya düşmesinden kaynaklandığını ve yol mühendisliğinde yola düşen kayaların kontrolü için kullanılan ampirik kaya düşmesi kontrol çalışmalarının geri analizine dayalı bir metot ileri sürmüşlerdir.

Lan vd. (2007), kaya düşme olayının üç boyutlu modellenmesinde ve kaya düşme riski değerlendirmesinde coğrafi bilgi sistemlerini kullanmışlardır. LİDAR ile kaya düşmelerinin kaynağı ve izlediği yol hakkında doğru topoğrafik bilgi elde edilmiştir. Kaya düşmelerinin yuvarlanma mesafesi, hız ve enerji gibi karakteristiklerini belirlemek için ise GIS için bir 3D uzantısı olan Rockfall Analyst ile sayısal modelleme işlemleri yürütülmüştür.

Topal vd. (2007), Afyon kalesi ve çevresindeki 9 adet profilde gerçekleştirdikleri çalışmada, her bir profildeki kayaların yuvarlanma mesafeleri, sıçrama yükseklikleri, kinetik enerjileri ve hızlarını belirleyerek bölgede görülen kaya düşmelerinin nedenlerini ortaya koyarak, kaya düşmelerinden etkilenebilecek alanı belirlemişlerdir.

Giacomini vd. (2008), yaptıkları deneysel çalışmalarda, çarpma açısının kaya ufalanmalarında anahtar rol oynadığı ve çarpma anındaki enerjinin ufalanmaya etkisinin ikinci planda kaldığı sonucuna varmışlardır.

Edelbro (2008), kohezyon yumuŝatması, sürtünme sertleŝmesi davranıŝı gösteren lineer-elastik, esnek plastik madde modeli kullanarak yaptığı sayısal modelleme sonuçlarıyla, meydana gelmiş altı adet kaya düşmesi vakasının gerçek sonuçlarını karŝılaŝtırmıŝtır.  vakada, düşmelerin oldukça doğru şekilde modellenenebildiği sonucuna varmıŝtır.

Yılmaz vd. (2008), yapmış oldukları çalışma ile RocFall programı ile elde edilen verilerin ArcGIS ortamında kolaylıkla değerlendirilmesini sağlayan bir yöntem ve kod (FallGIS) geliştirmişlerdir.

Tunusluoğlu ve Zorlu (2009), Ortahisar Kalesinde (Kapadokya) yaptıkları çalışmada, bölgede görülen kaya düşmelerinin litolojik özellikler ve erozyon süreçleri ile kontrol edildiğini belirtmişlerdir.

Spadari vd. (2011), New South Wales, Avustralya'da önemli jeolojik ortamı temsil ettiği düşünülen üç farklı alanda dört seri kaya düşmesi testi yapmış ve çalışmalarında bunların sonuçlarını paylaŝmıŝlardır. Spadari vd., bu çalışmaları kapsamında farklı jeolojik durumlardaki geri verme ve yuvarlanma katsayılarını ve blok boyutlarının istatistiksel dağılımını belirlemişlerdir.

Zorlu vd. (2011), Kapadokya bölgesinde yaptıkları çalışmada, Avanos, Zelve ve avuşini bölgesinde görülen kaya düşmelerinin iki boyutlu analizleriyle, dört farklı lokasyonun risk haritasını üretmiŝler, bu lokasyonların yoğun turistik aktivitenin olduğu yerler olduğunu belirtmiŝler ve alınması gereken önlemler olarak blonlama, ağla kaplama ve alçak bariyerler koymayı önermişlerdir.

Gentilini vd. (2012), çeşitli enerji absorbe kapasitesi olan üç adet bariyer prototipinden yararlanarak kaya düşmesi korumasına yönelik bir modelleme süreci öngörmüŝlerdir.

Gentilini vd., (2013), sayısal modelleme ile kaya düşmeleri için farklı etkilere dayanabilen koruyucu bariyer tasarımı yapmıŝlar ve yerinde deneylerle bariyer tasarımları için geliŝme ve geniŝlemeye kılavuzluk edebilecek sonuçlar elde etmişlerdir.

Spadari vd. (2013), yaptıkları diğer bir çalışmada ise yüzden fazla temsili ŝevde yapılan olasılıklı analiz yoluyla bölgesel-spesifik jeolojik verilerin, genelleştirilmiş tasarım yüklemelerini formüle etmede nasıl kullanılabileceğini göstermiŝlerdir.

2.2 Bölgenin Genel Jeolojisi

Jeolojik durum, bölgenin genel jeolojisi ve çalışma alanının genel jeolojisi olarak ayrı ayrı çalışılmıştır.

2.2.1 Stratigrafi

Bölgede yüzlek veren birimler başlıca; Paleozoik yaşlı Bozçaldağ formasyonu, Pliyosen yaşlı Göstük ignimbiritleri, Karakaya volkanitleri, Selime tüfleri, Kızılkaya ignimbiritleri ve Hasandağı volkanitleri ve Kuvaterner yaşlı yamaç molozu, traverten, taraça ve alüvyonlardır (Şekil 2.1).

2.2.1.2 Bozçaldağ formasyonu

İlk kez Seymen (1981) tarafından isimlendirilmiş olan formasyon açık gri, beyaz renkleriyle kolaylıkla tanınabilen metamorfitten oluşmuştur.

Kuarsit ve gnayslardan müteşekkil formasyonun kalınlığı 100- 200 m arasında değişmekte olup gnayslar içerisinde mermer, amfibol ve kuarsit bantları görülür. Formasyonun alt dokanağı görünmemekle birlikte yaşı Paleozoyik olarak belirtilmiştir.

2.2.1.3 Mezgıt formasyonu

Tromp (1942), karasal çakıl taşı, kırmızı kumtaşı ve çakıl taşı ile temsil edilen, jipsli seviyeler ve ince kil taşı da içeren birimi Mezgıt Grubu olarak adlandırmıştır. Hakim rengin kirli sarı- kahverengi olarak gözlemlendiği formasyonun kalınlığı 350- 400 m arasında değişmekte olup, yaşı Oligo- Miyosen olarak tespit edilmiştir.

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	ÜYE	SİMGE	KALINLIK	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR								
PALEOZOYİK	KUVATERNER	ALYOSSEN	GÖSTERİLİ VOLKANİTİ	KIZILTEPE	Qal	50		Alüvyon, çakıl, kum, silt ve kil								
					Qtr	30		Traverten, açık sarı renkli, boşluklu								
					Qgk	100		Diskordans Siyah, kahverengi renkli lav parçaları ve küller								
					Tk	400		Kırmızı renkli sıkı dokulu ignimbirit								
					Ts	100		Sarımsı beyaz renkli tuf								
					Tmv	200		Koyu gri renkli andezit, andezitik-bazalt bileşimli lavlar, piroklastikler								
					Tuk	150 - 200		Volkanik malzemeli, yanall geçişli tuf, kumtaşı, çakıltaşı ve kilttaşları								
					Tgi	50		Diskordans Gri mor renkli ignimbirit								
					Tm	300		Sarı kahverengi renkli çakıltaşı kumtaşı, yer yer kiltası ve jipsli seviyeler içereir								
					Pb	100 - 200		Açılı diskordans Mermer, gnays, kuvarsit								
SENEZOYİK	TERSİYER	ALT PLİYOSEN	MELENDİZ VOLKAN.	KARAKAYA T.	KIZILKAYA İGNİMBİRİT	KIZILKAYA İGNİMBİRİT	KIZILKAYA İGNİMBİRİT	KIZILKAYA İGNİMBİRİT								
									SELİME TUFU							
									UZUNKAYA							
									MELENDİZ VOLKAN.							
									SELİME TUFU							
									UZUNKAYA							
									MELENDİZ VOLKAN.							
									SELİME TUFU							
									UZUNKAYA							
									MELENDİZ VOLKAN.							

Şekil 1.1: Bölgenin genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (MTA, 2005).

2.2.1.4 Göstük ignimbiritleri

İlk kez Beekman (1966) tarafından adlandırılmıştır. Gri morumsu renkteki ignimbiritler, tabanda beyaz-gri ince taneli vitrik tüfle başlayıp, üst kesimlere doğru ignimbirit özelliği kazanmakta ve üst kesimlerde pomzaca zenginleşmektedir. Birim pumis zenginliğinden dolayı küçük peribacaları oluşturması bakımından karakteristiktir. Birimin yaşı Orta - Üst Miyosen olarak belirlenmiştir.

2.2.1.5 Uzunkaya formasyonu

Göstük ignimbiritleri üzerine uyumsuz olarak gelmiş olan birim, sarımsı yeşilimsi ve açık kahverengi renklerde gözlenmekte ve Mezgit formasyonu ile de bir tektonik dokanak ilişkisi bulunmaktadır. Taban seviyeleri blok boyutunda malzemenin yoğun olduğu çok kalın, oldukça kötü boylanmalı ve kütle akması tarzında gelişmiş bir iç yapı sunar. Taneler oldukça dağılgandır. Üst seviyelere doğru yüksek ve düşük enerji dönemlerine ait iri çakıltaşı ve ince taneli kumtaşları araldanması gözlenir. Birimin yaşı Ponsiyen (Üst Miyosen) dir.

2.2.1.6 Melendiz volkaniti

Birim üstten alta doğru andezit, andezito- bazalt bileşimindeki lavlar ve bunların farklı boyutlardaki, sarımsı yeşilimsi tuf ve aglomeralardan meydana gelmiş piroklastiklerinden oluşmuştur.

Birimin yaşı, alt dokanağı belli olmayan volkanitlerden alınan örneklerde 6.5 - 13.7 milyon yıl olarak bulunmuştur.

2.2.1.7 Selime tufü

Selime tuflerinin tip yeri Selime Köyü'dür. Beyaz, pembe renkli birim içerisinde oluşmuş peribacaları karakteristiktir. Kızılkaya ignimbiritleriyle uyumlu, Uzunkaya formasyonu üzerine ise uyumsuz gelen birimin yaşı Alt Pliyosen'dir.

2.2.1.8 Kızılkaya ignimbiritleri

Kızılkaya ignimbiritlerinin tip yeri Kızılkaya ve çevresidir. Alt seviyelerde iriliği 30 cm'yi bulan süngertaşı parçaları içeren birimin orta seviyeleri açık pembe, üst seviyeleri beyaz, açık gri renkli ve orta kısımları kuvvetli, üst kısımları zayıf kaynaklıdır. Birim düşey yönde oluşmuş soğuma çatlaklarıyla karakteristiktir. Selime tufleri ile arasında yanal yönlü bir pişme zonunun varlığı söz konusudur. Yaşı 4.9-5.5 milyon yıl olarak tespit edilmiştir.

2.2.1.9 Gösterili volkanitleri

Birim tipik olarak Gösterili Köyü ve çevresinde gözlenmektedir. Bu birim 0.2 milyon yıl Kuvaterner yaşlı bazalt ve andezitler olan kül ve lav üyesi olarak iki üyeye ayrılmıştır.

2.2.1.10 Kızıltepe üyesi

Siyahımsı kahverengimsi renkte gözlenen üye değişik boyutta volkan bombaları, küller, olivinli bazaltik lav parçaları ve cüruf konileri ile temsil edilmektedir. Küller Acıgöl kuzeyinde oldukça yaygındır.

Bazaltik cüruf konilerini Gösterili Köyü kuzey ve doğusundaki Keçi Kıran Tepe ve Kızıl Tepe oluşturur. Konilerin taban dairelerinin eksen çapları 400 m - 2000 m arasında değişmekte olup, koni yükseklikleri 100 m kadardır. Konilerin yamaç eğimleri ise yaklaşık 30- 35 m arasında değişir. Çeşitli boyutlardaki küller içerisinde bazaltik lav parçaları oldukça yaygındır.

2.2.1.11 Evliya tepe üyesi

Üye, bazaltik bileşimli lavlardan oluşmaktadır. Dış görünüşleri koyu siyah renkli, çok sert, ince taneli gaz boşlukludur.

2.2.1.12 Hasandağı külleri

Volkanik küller; genellikle 4 mm'den küçük çaplı volkanik parçacıklar ve tozlardan oluşmuşlardır. Hasandağı külleri göl ortamında oluşmuş birimlerle, volkanizma ürünü birimlerin ardalanmasından oluşmuştur. Formasyonu oluşturan birimler birbirleriyle düşey ve yanal geçişlidir. Beyaz- gri renkli Hasandağı külleri, Belisırma ve Ihlara (Yeşilköy) civarında Kızılkaya ignimbiritlerini örtmektedir.

2.2.1.13 Travertenler

Travertenler, derinden gelen sıcak suların yüzeye çıkarken bünyesinde bulundurdukları $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 'dan CO_2 'nin uçması sonucu CaCO_3 çökmesiyle oluşmaktadır.

Travertenler beyazımsı sarı oyuklu ve boşluklu bir yapıya sahip olup Selime tüflerini üzerler ve tüfler içerisindeki kırıklardan geçerek yüzeye ulaşan sıcak sular, zamanla buralarda kalınlıkları 30-40 cm'yi bulan kalsit damarları oluşturmuşlardır. Bu oluşuklar sıcak suların yüzeye çıktığı Yaprak hisar çevresine yayılmıştır. Bu

çıkışların devam ettiği kırık ve çatlaklarda, traverten oluşumları devam etmektedir. Travertenler, çökeldiği topoğrafyaya uygun bir eğim göstererek yayıldıkları alandaki tüm birimleri örtmektedir. Ziga kaplıcasında fay hattı boyunca su çıkışları traverten oluşumunu devam ettirmektedir. Birimin kalınlığı 1-30 m arasında değişmekte olup yaşı Holosen'dir.

2.2.1.14 Alüvyon

Bölgede akarsu ve dereler boyunca gözlenmektedir. Vadi içlerinde akarsular tarafından taşınmış çakıl, kum, kil, silt boyutundaki malzemelerden oluşmuştur. Alüvyon içinde volkanik parçalara da rastlanabilmektedir. Alüvyonlar en genç oluşuklardır ve oluşumları günümüzde de devam etmektedir.

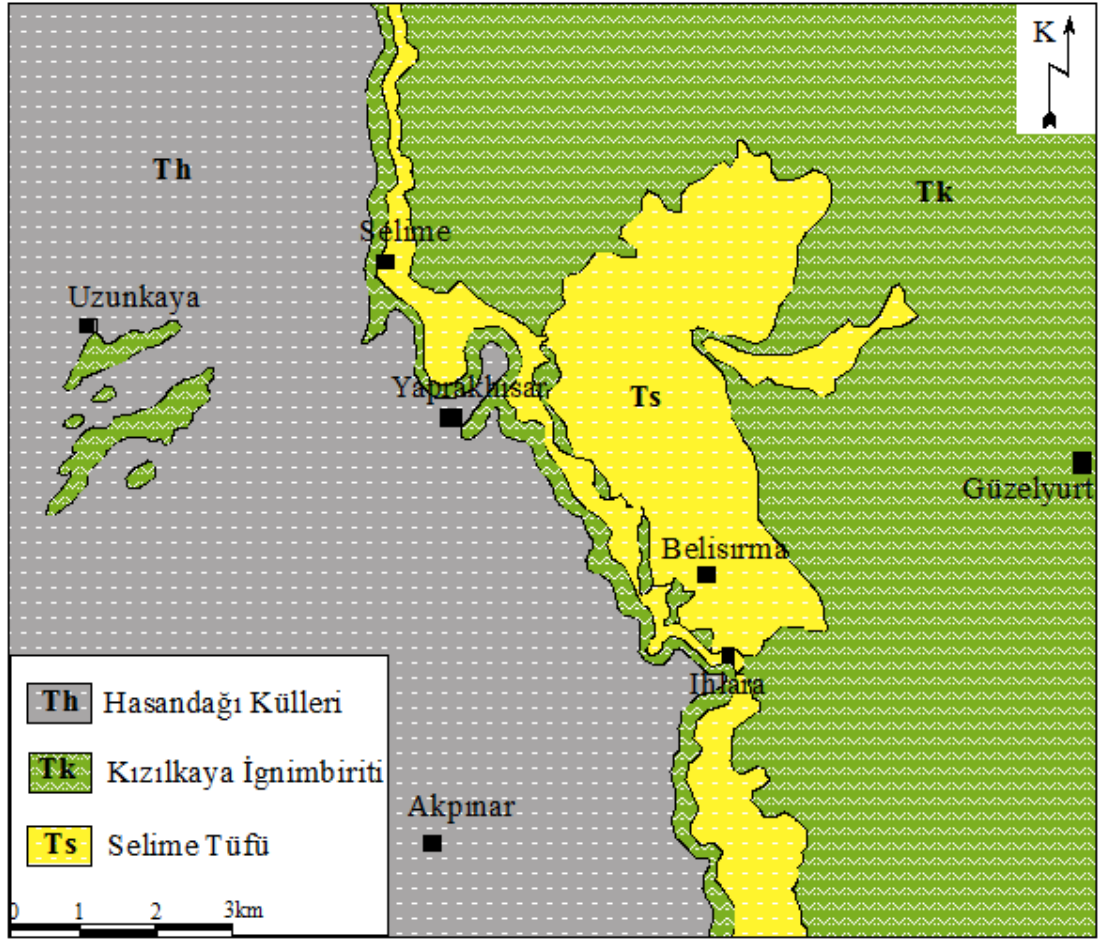
2.3 Çalışma Alanının Genel Jeolojisi

2.3.1 Kızılkaya ignimbiritleri

Kızılkaya ignimbiritlerinin tip yeri Kızılkaya ve çevresidir (Şekil 2.2). Çalışma alanında da sıkça rastlanan birim, Taşkestik Tepe, Kanlıkaya Tepe, Ortasey Tepe, Boztepe ve Kayabaş Tepe, Akhisar ve Boğazköy yörelerinde yüzeylenmiştir. Genel olarak beyaz ve açık gri dış görünümüne sahip olmakla birlikte, bozuşma yüzeyleri pembemsi renk almıştır. Riyodasit ile andezitik bileşimli olan birim, düşey yönde gelişen soğuma çatlakları nedeniyle sütunsu bir yapı gösterir. Taban seviyesinde boyutları 30 - 40 cm'ye varan pürüzlü ve sık dokulu süngertaşı parçaları içerir. Üst kesimlere doğru süngertaşı parçalarının oranı azalır, gevşek dokulu ve homojen görünümlü bir hal alırlar.

Birim genç tektonikten etkilenmiştir ve KB - GD gidişli Tuz Gölü Fayı'nın doğrultusuna paralel konumlu eğim atımlı normal faylarla kesilmiştir. Fay düzlemi B- GB yönünde eğimlidir. Basamak şeklinde fay topoğrafyası, özellikle Boğazkaya Köyü civarında tipiktir.

Kızılkaya ignimbiritinde düşey yönlü gelişen soğuma çatlakları, altta daha duraysız birimlerin oluşunun da etkisiyle zaman zaman kaya bloklarının düşmesine sebep olmuştur, 50 - 60 yıl öncesinde yaşanmış olan kaya düşmeleri nedeniyle Akhisar Köyü bulunduğu yerden kaldırılmıştır. Günümüzde de kaya düşme tehlikesi halen söz konusudur.



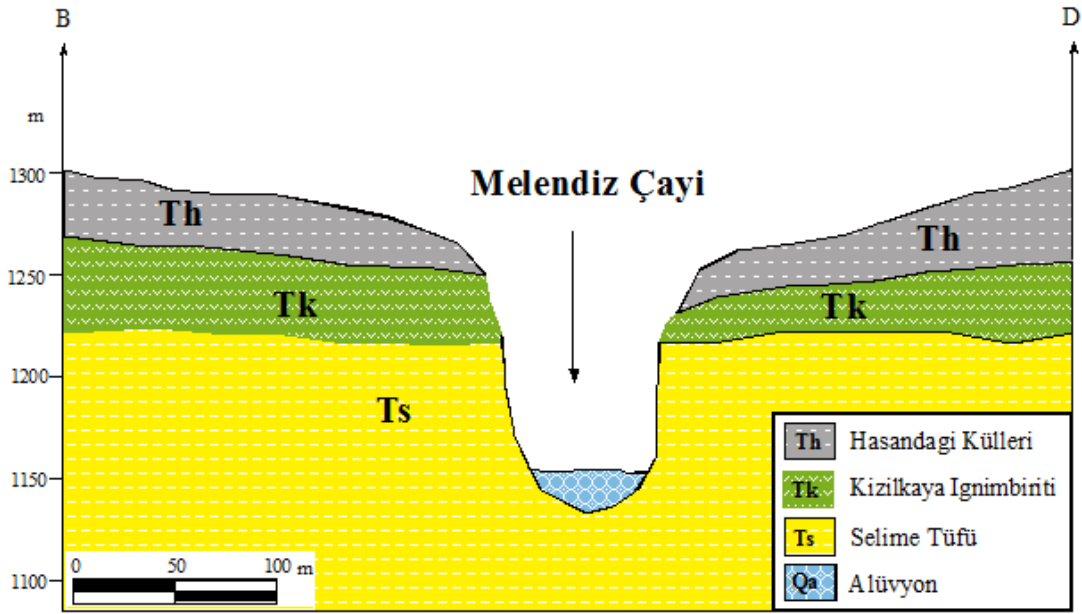
Şekil 2.2: Çalışma alanının genel jeoloji haritası.

Kızılkaya ignimbiritlerinin yaşı biyotitlerde yapılan K/Ar yöntemi ile 4.9 - 5.5 milyon yıl olarak saptanmıştır (Beekman,1966).

2.3.2 Selime tüfü

Kuzeybatıda Kızılkaya çevresinden başlayarak doğuya doğru dar alanlarda gözlenen birim genellikle pembe - beyaz renkteki tüflerle temsil edilir. Tüfler Neojen yaşlı birimler içerisinde peribacaları oluşturmuştur. Bu peribacaları uzun mesafeler boyunca kesiksiz devam etmekte ve birimi karakterize etmektedir. Kalınlıkları birkaç metreden 100 m'ye kadar değişmektedir. Kuzeyde Göstük Köyü çevresinde (0.5 - 1 m) kalınlıkları çok azdır. Tüfler üzerine gelen Kızılkaya ignimbiritleri ile birlikte aşındıkları için masa şekilli tepeler meydana gelmiştir. Yaprakhisar ve Acıgöl mevkilerinde daha yaygın gözlenen peribacaları Kızılkaya ignimbiritlerinin koruyucu etkisiyle oluşmuştur. Bloklar kırık düzlemler boyunca ve soğuma çatlaklarından sızan suların sebep olduğu aşındırma ile piramit şeklini almıştır. Birim Kızılkaya

ignimbiriti tarafından uyumlu olarak üzerlenmekte ve Uzun kaya formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmekte ve yaşı ise Alt Pliyosen olarak belirtilmektedir.



Şekil 2.3: Çalışma alanının genelleştirilmiş jeolojik kesiti.

2.3.3 Hasandağı külleri

Hasandağı'nın güney ve güneybatısında mostra veren Hasandağı kül formasyonu geniş alanlar kaplar. Hasandağı külleri, göl ortamında oluşmuş birimlerle volkanizma ürünü olan birimlerin ardalanmasından oluşmuştur. Formasyonu oluşturan kayalar birbirleriyle yanal ve düşey yönde geçişler gösterir. Hasandağı'nın güney ve güneybatısında gri-beyaz renkli kül ve lapilliden oluşan formasyon, beyaz renkli vitrik kül matriksinin içinde kaba kum boyunda iriliği 5- 6 cm'ye varan obsidyen, pomza ve az miktarda da lav parçaları içerir. Pomza parçaları bu kesimlerde tabandan tavana doğru fazlaşmıştır. Çaykara Tepe'de beyaz renkli ve drenaj sistemleri içeren formasyon İncesu Çiftliği Yöresi'nde üst seviyelerde yuvarlaklaşmış omza çakılları içerir. Kanlı Tepe ve civarında, Mezgit formasyonunu örten Hasandağı kül formasyonu, burada dere yamaçlarında küçük yarlar oluşturmuştur. Andezit bazalt ve tüf bloklarının dere eteklerinde koruyucu görev yaptığı bu kesimde, küller yöre halkı tarafından pekmez yapımında kullanılmaktadır. Taşpınar, Gidiric ve Kanlıyarak Tepe civarında Göstük Tüfütü'ni örten Hasandağı kül formasyonu, Ömerozatan Yaylası ile Büyük Yayla mevkilerinde Karakaya formasyonunu, Belisırma, Yeşilköy (Ihlara) ve Gerdiçdere'de de Kızıl kaya

ignimbiritini örtmektedir. Üzerinde ise genç andezit-bazaltlar, Göllüdağ kül tüfleri ve alüvyon malzemeleri yer alır. Değişik kesimlerde farklı kalınlıklara sahip Hasandağı kül formasyonunun yaşı Alt Pleyistosen olarak belirlenmiştir (Şekil 2.3).

2.3.4 Alüvyon

Alüvyonlar, akarsu ve derelerin vadilerinde başta sular ve çeşitli etkenlerle taşınarak vadi içerisinde depolanmış bulunan çakıl - kum ve silt boyutunda malzemenin oluşmuştur. İçerisinde volkanik parçalara da rastlanan ve dere yataklarında kalınlıkları azalan Alüvyon birimi, Holosen yaşı en genç oluşuklardır ve oluşumları günümüzde de devam etmektedir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1 Büro Çalışmaları

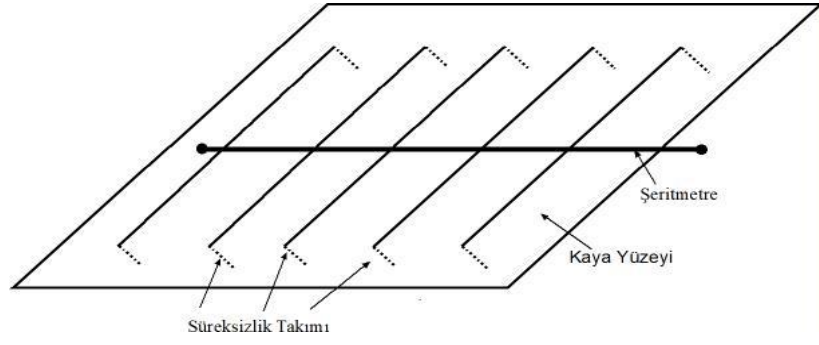
Tez çalışmasının ilk aşaması olarak Ihlara Vadisi ve civarının gerek genel jeoloji gerekse kaya düşmeleri açısından değerlendirilmesine yönelik çalışmalar taranmıştır. Tarama sonuçlarına göre vadi içerisinde her hangi bir ayrıntılı kaya düşmesi çalışmasının olmadığı belirlenmiş ve bundan sonraki çalışmalara buna göre yön verilmiştir. Yapılan arazi ve laboratuvar çalışmalarından sonra elde edilen verilerle kaya düşmesi modellerli hazırlanmış ve bölgedeki kaya düşmelerinin değerlendirilmesi amacıyla dair bir tehlike zon haritası oluşturulmuştur. Bu çalışmalarla alakalı detaylı bilgi ilgili bölümlerde verilmiştir.

3.2 Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları 2014 yılı Temmuz - Eylül ayları boyunca Aksaray Üniversitesi BAP koordinatörlüğü desteğiyle yürütülmüştür. Bu bağlamda ayrıntılı bir süreksizlik çalışması ve yerinde blok düşürme deneyleri yapılmış ve laboratuvar deneyleri yapmak amacıyla da örnekleme çalışmaları yapılmıştır.

3.2.1 Süreksizlik Çalışmaları

İnceleme alanında söz konusu kaya düşmeleri, yerçekimi ve diğer tetikleyici etmenlerin (meteorolojik nedenler, donma- çözünme süreçleri, vb. gibi) yanı sıra başlıca süreksizlikler tarafından kontrol edilmektedir. Bu nedenle vadi içerisinde turistlerin yoğun olarak gezindiği yerler başta olmak üzere vadi boyunca gelişmiş süreksizliklerin; türü, konumu, durumu, devamlılığı, aralığı, açıklığı, dolgu malzemesi özellikleri, bozunmanın derecesi, su durumu ve yüzey pürüzlülüğü gibi özellikleri yerinde saptanmıştır. Süreksizlik çalışmaları hat etüdü şeklinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2- 3.3- 3.4- 3.5).



Şekil 3.1: Şematik hat etüdü.



Şekil 3.2: Belisırma girişinden 10 m'lik bir hat etüdü.



Şekil 3.3: Süreksizlik açıklığı ölçümleri.



Şekil 3.4: Süreksizlik devamlılığı ölçümleri.



Şekil 3.5: Süreksizlik aralığı ölçümleri.

Vadi boyunca ulaşılabilen 200 adet süreksizliğin konumu tek tek belirlenmiş ve ölçümü yapılan süreksizliklerden bazılarına ait konum değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir (Çizelge 3.1). Tablodan da anlaşılacağı üzere vadide yüzlek veren ve düşme riski olduğu düşünülen bloklar içerisindeki süreksizliklerin genelde KB - KD doğrultusunda ve dike yakın eğimli olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 3.1: Örnek süreksizlik konumları.

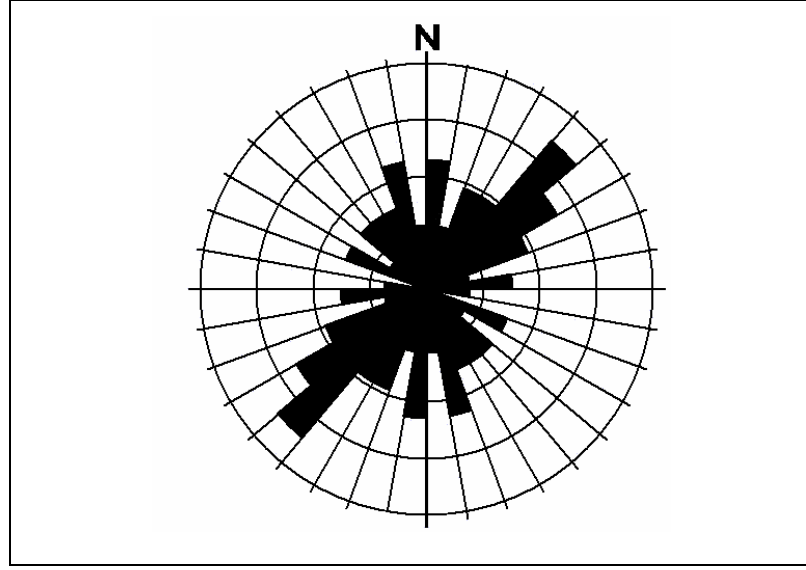
Örnek süreksizlikler	Süreksizliklerin konumları
1	K80B/ 80KD
2	K75B/ 82KD
3	K65B/ 67KD
4	K90B/ 83KD
5	K85B/ 75KD
6	K81D/ 70KB
7	K50D/ 75KB
8	K60D/ 85KB
9	K60D/ 70KB
10	K70D/ 90KB

Bir süreksizliğin iki duvarı arasındaki dik mesafe veya dolgu kalınlığı şeklinde ifade edilen süreksizlik açıklığı, Ihlara Vadisi'nde yapılan ölçümlerde birkaç cm'den metre boyutuna kadar tespit edilmiştir. Süreksizlik aralığı ise iki süreksizlik arasındaki mesafe olup arazide yapılan ölçümlerde yine birkaç santimetreden birkaç metreye varan değerler sunmaktadır (Şekil 3.3 - 3.5). Süreksizliklerin devamlılıkları ise şev boyunca birkaç metreden 10 - 15 metreye kadar ulaşmaktadır. Süreksizlik dolguları daha çok yüzey suları ile çatlaklara dolan kum, silt ve kil boyutundaki malzemelerden oluşmaktadır. Derin çatlaklar içeren birimlerde ise dolguların yer yer yıkanıp gittiği ve çatlakların dolgusuz olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6: Dolgu malzemesinin yıkandığı bloklardan görünüm.

Bölgenin karasal iklime sahip olmasından dolayı termal ayrışmanın etkisi ve kış mevsimlerindeki donma çözünmeye bağlı olarak yeni yeni süreksizlik gelişimleri gözlenmektedir. Bu durum Ihlara Vadisi'ni kaya düşmeleri açısından daha komplike hale getirmektedir. Ihlara Vadisi'ndeki ignimbiritik birimlerde gelişen bu süreksizliklerin sergilediği özellikler kaya düşmelerini tetiklemektedir.



Şekil 3.7: Hakim süreksizliklerin gül diyagramında görünümü.



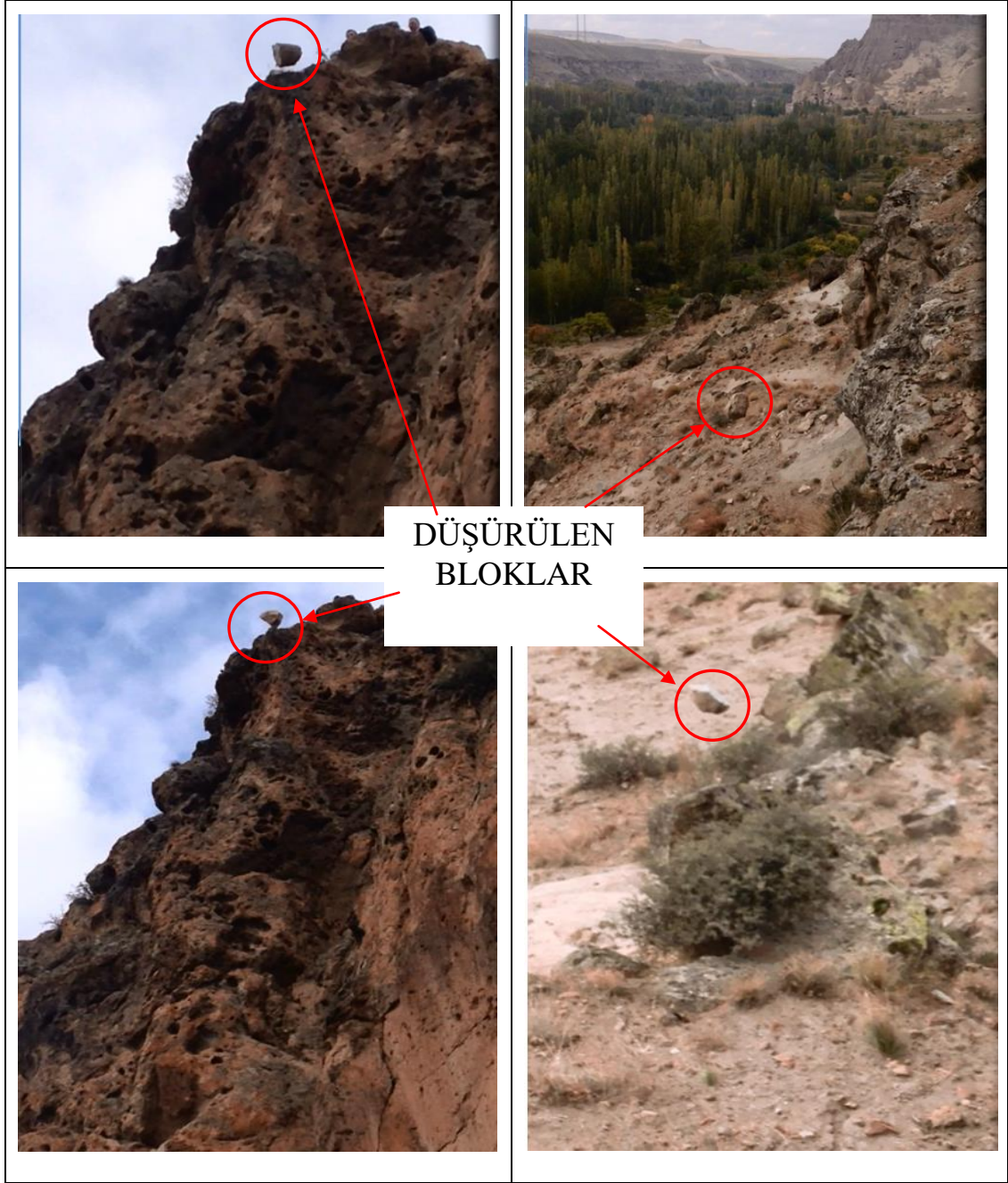
Şekil 3.8: Süreksizliklerle ayrılmış bloklardan görünüm



Şekil 3.8(devamı): Süreksizliklerle ayrılmış bloklardan görünüm.

3.2.2 Blok Düşürme Deneyleri

Ihlara Vadisi içerisinde düşmesi muhtemel olan değişik boyutlardaki kaya bloklarının vadiyi etkileme derecesini saptamak amacıyla gerekli güvenlik önlemleri alınarak farklı lokasyonlarda 10 adet blok düşürme deneyi yapılmıştır (Şekil 3.9). Deneyler videoya kaydedilmiş, blokların düşme yükseklikleri, düşmeye başladığı andan durduğu ana kadar geçen süreleri ve düştükten sonra aldıkları mesafeler not edilmiş ve buradan hızları hesaplanarak modellemede kullanılacak olan geri verme katsayıları bulunmuştur.



Şekil 3.9: Düşürülen bloklardan bazıları.

3.2.3 Örnekleme Çalışmaları

Arazi çalışmaları sırasında Ihlara Vadisi içerisinde yüzeyleyen birimlerden ISRM (2007)'ye göre, birimlerin alt, orta ve üst kısımlarından kaya düşmesinin bu birimlerle ilişkili olarak oluşması sebebiyle ignimbirit ve tuf örnekleri alınmıştır. 30x40x50 cm ve bunlara yakın boyutlarda örnekleme yapılan kaya blokları fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla laboratuvara götürülmüştür.

3.3 Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvar çalışmaları kapsamında numunelerin hazırlanmasından sonra ASÜ Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Mineraloji- Petrografi Laboratuvarı'nda kaya örneklerinin mineralojik ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Modellemede kullanılmak üzere yoğunlukları belirlenen kaya numuneleri, tilt deneyine tabi tutularak temel sürtünme açıları bulunmuştur. Daha sonra tek eksenli basınç dayanımı, üç eksenli basınç dayanımı, ve suda dağılmaya karşı duraylılık deneyleri gerçekleştirilmiştir.

3.3.1 Numunelerin Hazırlanması

Araziden kaya blokları halinde laboratuvara getirilen numunelerden, döner başlıklı karot alma cihazı yardımıyla, Hoek hücresinin çapına uygun çapta, boy/ çap oranı 2.5 – 3.0 olacak şekilde karotlar alınmış, elmas kesiciyle kesilip düzeltilmiş ve yapılıması planlanan deneylere hazır hale getirilmiştir (Şekil 3.10- 3.11).



Şekil 3.10: Laboratuvarda döner başlıklı cihazla karot alımı.

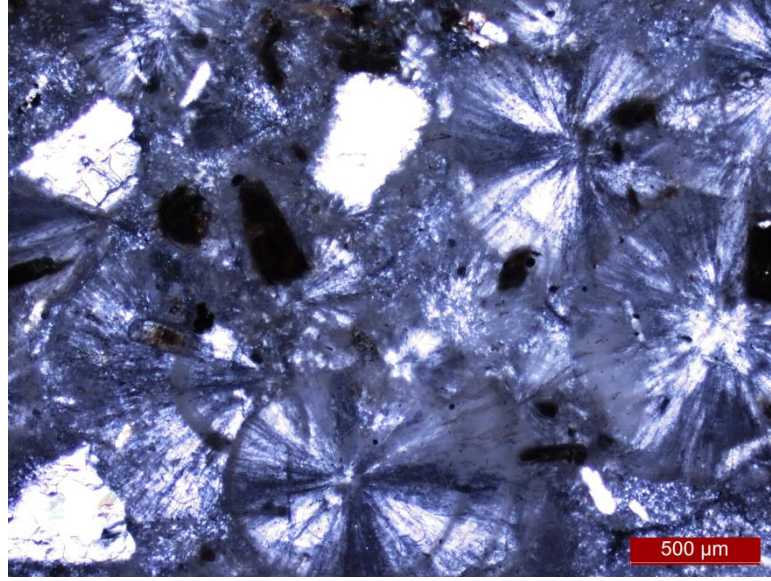


Şekil 3.11: Karotların kesimi.

3.3.2 Mineralojik - Petrografik İncelemeler

Patlamalı Hasandağı volkanizmasının püskürme kolonunun çökmesi ile türeyen ignimbiritler, gözenekli olmayan ve kısmen veya tamamen gözenekli jüvenilitik parçalardan oluşmaktadır. Petrografik bileşenler bakımından ignimbiritler magmanın bileşimine, akmanın kökenine bağlı olarak, oldukça değişken miktarlarda kristaller, volkan camı kıymıkları (volcanic glassshards), pomza ve litik bileşenlerden oluşmaktadır (Fisher ve Schmincke 1984).

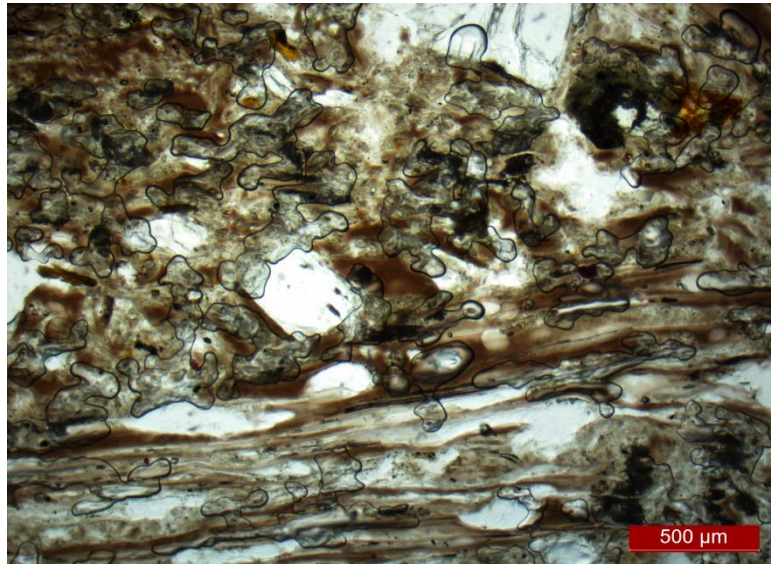
M1 no'lu örneğin özellikleri; açık krem-gri renkli kaya, iyi derecede kaynaklanmış olarak gözlenmektedir. Kayacı oluşturan ana mineraller volkan camı + feldispat + biyotittir (Şekil 3.12). Ancak polarizan mikroskop altında volkan camının yer yer silisleşmeye uğradığı ve tipik sferülitik dokusal özellikte olduğu gözlenmektedir.



Şekil 3.12: M1 no'lu örneğin çift nikol görüntüsü.

M2 no'lu örneğin özellikleri orta - iyi derecede kaynaklaşmış gri renkli dasitik bileşim sunan ignimbiritlerde ana bileşeni volkancamı + biyotit + kuvars ± amfibol ± feldispat ± opak mineraller oluşturmaktadır. Kaya içerisinde amfibol mineralleri küçük özşekilli formlarda kısmen opaklaşmış olarak gözlenmektedir.

M3 no'lu örneğin özellikleri; orta-iyi derecede kaynaklanmış olarak gözlenen kayada makroskobik olarak fiemme yapıları karakteristik olarak gözlenmektedir. Polarizan mikroskop altında akma dokusunun yoğun olarak gözlendiği kayada ana bileşeni plajiyoklaz + biyotit + kuvars + amfibol + volkan camı oluşturmaktadır. Kayaç genel olarak ötakitik doku özelliği göstermektedir. (Şekil 3.13)



Şekil 3.13: M3 no'lu örneğin tek nikol görüntüsü.

M4 no'lu örneğin özellikleri orta derecede kaynaklanmış kayada I. nikelde sarımsı kahverengi renkli, ince uzun ipliğimsi yapıda veya kurtçuklar şeklinde volkan camı kıymıkları görülmektedir. Y ve V şekilli, geniş yüzeye sahip volkan camı kıymıklarının kenarları boyunca beyazımsı grimsi renkli yeni mineral oluşumları yer yer görülmektedir. Özellikle, kristal, kayaç parçası ve pomza bileşenlerinin etrafında sarılmış olarak gözlenen volkan camı kıymıkları ötakstitik doku özelliği göstermektedir.

Kaya düşme analizi için alınan örnekler üzerinde kimyasal analizler de yapılmıştır (Çizelge 3.2). Analiz sonucunda silisyum oranlarının %50'nin üzerinde olduğu, alüminyum içeriğinin yaklaşık %9 - 12 arasında değiştiği, potasyum oranlarının yaklaşık %3 – 5 arasında olduğu, demir içeriğinin ise yaklaşık %1.7 – 2.5 arasında olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 3.2: Kimyasal analiz sonuçlarına göre ana oksit elementler.

	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Ti	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI	TOPLAM
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%		
m1	2.19	0.74	10.83	51.59	0.15	2.86	3.91	0.23	0.06	2.47	22.4	97.43
m2	2.62	0.52	12.04	60.06	0.11	3.26	2.42	0.18	0.07	2.02	15.8	99.10
m3	1.69	0.60	10.73	61.26	0.06	4.47	1.46	0.15	0.00	1.76	16.5	98.69
m4	1.77	0.42	9.17	50.16	0.12	3.44	4.19	0.14	0.06	1.73	26.1	97.29

Bu kimyasal analiz sonuçlarına göre kaynaşmış tüf olarak da tanımlanan ignimbiritlerin hamur malzemesinin silikaca zengin olduğu gözlenmiştir. Kimyasal bileşimi gereği silisyumun sertliği yüksektir. Ve silisyumun, mineral içeriklerinde bulunmasıyla birlikte kayaç içerisinde hamur malzemesi olarak da bulunması kayacın ayrışmaya karşı direncinin fazla olması gerektiğini göstermektedir. Bu da kaya bloklarının düşmelerini tetikleyen ayrışmaların kimyasal değil daha çok mekanik ayrışma olduğu fikrini vermektedir.

3.3.3 Yoğunlukların Belirlenmesi

Kaya bloklarının yoğunlukları modelleme çalışmalarında göz ardı edilmemesi gereken önemli bir özelliktir. Kullanılan modelleme programı Rocfall'da da bir girdi parametresi olarak kayaların blok halindeki kaba yoğunluğu istenmektedir. Kaya bloklarının yoğunluğunu belirlemek amacıyla, araziden düzensiz şekilli olarak alınan ve üzerinde yerinde düşme deneyi uygulanmış kaya bloklarından düzgün şekilli

karotlar alındıktan sonra boyutları ölçülüp hacmi ve kütlesi bulunmuş ve yoğunlukları ;

$$d=M/V$$

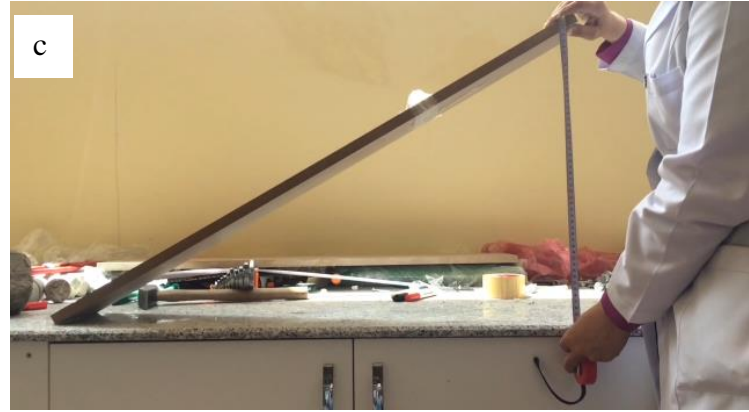
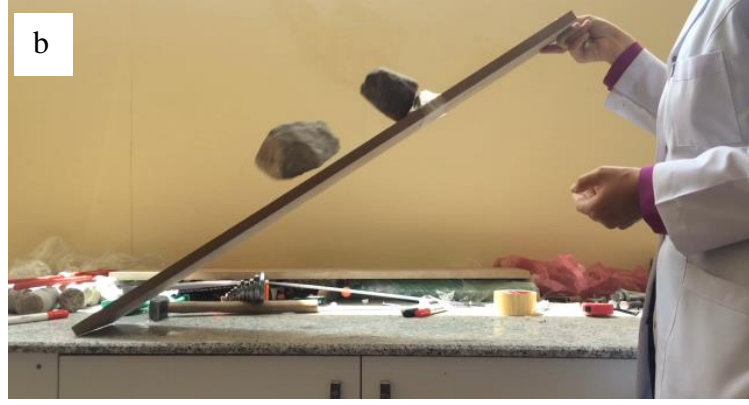
formülüyle hesaplanmıştır . Buna göre düşürülen ignimbiritler için yoğunluk değeri 1.93 gr/cm^3 olarak bulunmuştur. Modellemede ise her bir blok için farklı kütle değerleri verilerek farklı senaryolar üretilmiştir, küçük kütleyle sahip bir blok daha hızlı bir şekilde ve daha yüksek bir kinetik enerjiyle düşecekken, daha büyük kütleyle sahip bir blok düşerken daha yavaş ilerleyecek, kinetik enerjisi daha düşük olacak ve etkisi de ona göre değişecektir. Bütün bunların göz önünde bulundurulabilmesi ve olası her türlü etkinin tespiti için aynı bloklara farklı kütle değerleri verilerek yoğunlukları bulunmuş ve bütün ihtimaller hesaba katılmaya çalışılmıştır.

3.3.4 Tilt Deneyi

Blok modellemesi yapılacak lokasyonlardan alınmış kaya örnekleri, laboratuvarda elmas testereyle kesilerek düz yüzeyler elde edilmiş, 1m uzunluğunda tahta bir düzeneğe yerleştirilen tabanı düzlenmiş bir kaya bloğu üzerinde kaydırılmış ve düşmeye başladığı andan itibaren tahta düzeneğin yatay düzleme mesafesi ölçülmüş, trigonometrik hesaplamalar sonucu temel sürtünme açısının (Φ) $29 - 36^\circ$ arasında değiştiği bulunmuştur (Şekil 3.14). Yapılan modellemelerde ise Φ , ortalama 35° olarak alınmıştır (Çizelge 3.3).



Şekil 3.14.a: Tilt deneyi ile yapılan ölçümler



Şekil 3.14 (b ,c) : Tilt deneyi ile yapılan ölçümler.

Çizelge 3.3: Tilt deneyi sonuçları.

Test No	Temel Sürtünme Açısı (Φ)
1	30.2
2	31.8
3	36.2
4	33.0
5	33.7
6	29.6
7	36.0
8	29.4
9	34.8
10	34.3

3.3.5 Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi

Bu deney, silindirik şekle sahip kaya örneklerinin tek eksenli basınç dayanım değerlerini bulmak amacıyla yapılır. Boy/ çap oranı 2.5 - 3.0 arasında olan, yan yüzeyleri pürüzsüz ve alt- üst yüzeyleri yine pürüzsüz ve birbirine paralel, herhangi

bir kırık çatlak içermeyen karot örneklerine sabit hızla yenilme anına kadar yükleme yapılır. Yenilme yükü %1 duyarlılıkta göstergeden okunur ve hidrolik sistem durdurulur (Ulusay vd., 2011).

Bu değerlerle;

$$\sigma_c = F/A \quad (3.7)$$

elde edilir.

F: Yenilme anında kaydedilen yük

A: Silindirik örneğin kesit alanı ($=\pi(D/2)^2$)

Tek eksenli basınç dayanımı değerlerinin hesaplanması için 10 adet numune üzerinde deney yapılmış (Şekil 3.15-16) ve mevcut örneklerin σ_c değerlerinin 0.8- 2.5 MPa arasında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 3.4).



Şekil 3.15: Tek eksenli basınç dayanımı deneyi uygulanan numuneler.

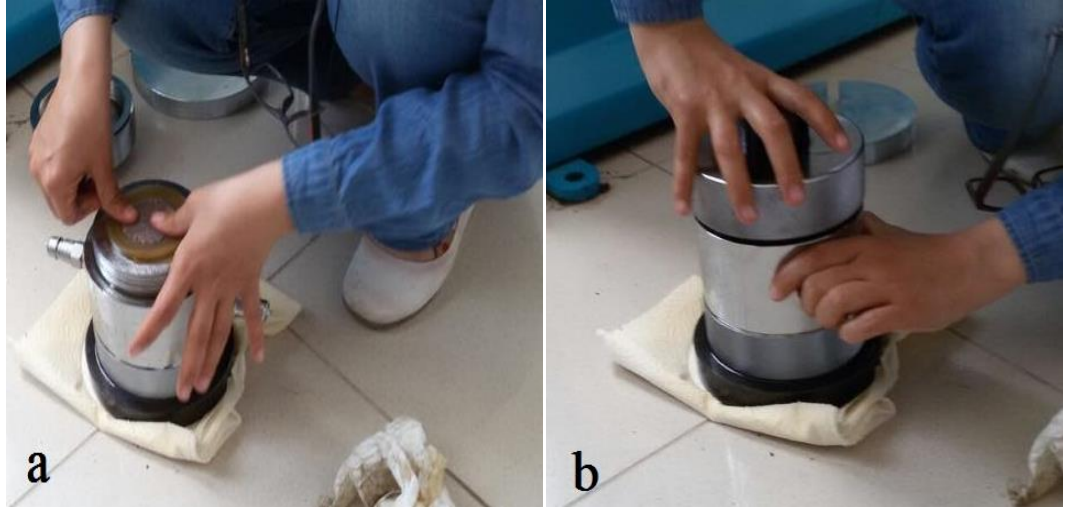


Şekil 3.16: Tek eksenli basınç dayanımı deneyi.

3.3.6 Üç Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi

Ihlara Vadisi'ni temsil ettiği düşünülen lokasyonlardan alınan kaya numuneleri üzerinde laboratuarda üç eksenli basınç dayanımı deneyi uygulanmıştır. Deneyin amacı üç eksenli sıkışmaya maruz kalan silindirik kaya örneklerinin makaslama

dayanımı parametrelerinin saptanmasıdır (Ulusay vd., 2011). Üç farklı deney yöntemi söz konusudur. Bu çalışma kapsamında deney tipi I kullanılmıştır. Tek aşamalı olarak da adlandırabileceğimiz bu yöntemde her deney sonucunda kırılma (tepe dayanımı) zarfındaki bir tek nokta elde edilir ve zarfı oluşturmak için birkaç deney yapılır (Karpuz ve Hindistan, 2012). Burada her bir kaya örneği için 3 farklı karottan 3 farklı deney yapılmıştır. Düzeltilmiş karotlar Şekil 3.17.a,b’de gösterilen şekilde Hoek hücresine yerleştirildikten sonra üç eksenli basınç dayanımı cihazına konur. Yanal basınç ünitesine bağlanarak, eksenel basıncı artırılır.

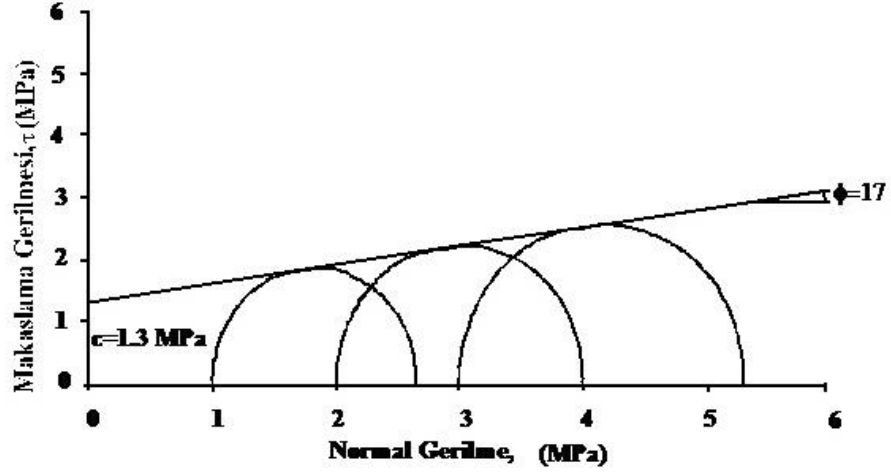


Şekil 3.17: Silindir numunenin Hoek hücresine yerleştirilmesi.

Toplam 7 farklı kaya örneğinden, 3’er karotla yapılan deneylerde, numunelere sırasıyla 15-30-45 bar yanıl basınç uygulanmış olup, kırılma anındaki yük değerleri okunmuştur (Çizelge 3.4). Elde edilen sonuçlara göre kayaların kohezyon değeri 1.3-1.8, içsel sürtünme açısı ise 16 - 23° arasında bulunmuştur ve Mohr dairelerine örnek teşkil eden bir çizim Şekil 3.18’de paylaşılmıştır.

Çizelge 3.4: Üç eksenli basma dayanımı deneyi sonuçları.

Örnek No:	σ_c (MPa)	c (MPa)	Φ (°)
1	0.8	0.7	16
2	2.5	1.3	17
3	2.4	1.6	21
4	1.7	1.6	20
5	2.1	1.5	19
6	1.5	1.4	23
7	1.4	1.3	22



Şekil 3.18. Üç eksenli deneyler sonucunda elde edilen Mohr daireleri ve yenilme zarfı.

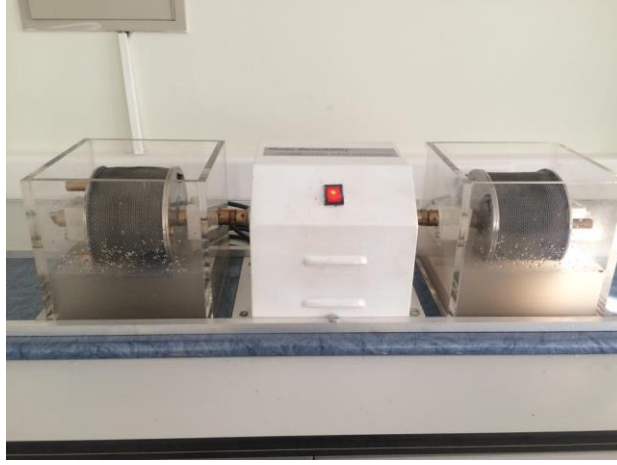
3.3.7 Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık (Slake Durability) Deneyi

Deneyin amacı, kaya örneğinin standart iki çevrim süresince kurumaya ve ıslanmaya bırakılması durumunda, parçalanmaya ve zayıflamaya karşı gösterdiği duraylılığın belirlenmesidir (Ulusay vd., 2011). 5 farklı kaya örneğinden elde edilmiş ve her biri 40-60 g. ağırlığındaki 10'ar adet parçanın keskin köşeleri, birbirine çarparak mekanik parçalanmaya sebep olmasın diye küresele yakın şekilde düzlenmiştir. Hazırlanan örnekler temiz kaplara yerleştirilerek etüve kondu ve 12 saat sonra çıkarılıp kuru örnek + kap ağırlığı tartılmıştır (Şekil 3.19). Örnekler soğuduktan sonra tambur içine yerleştirildi ve hazne üzerinde işaretli kırmızı çizgiye kadar $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklığındaki çeşme suyuyla doldurulmuştur.



Şekil 3.19: Suda dağılmaya karşı duraylılık (slake durability) deneyi için hazırlanıp etüve konan örnekler.

Tambur 20 devir yapacak şekilde 10 dakika süre ile döndürülmüştür. Bu işlemden sonra örnekler tekrar kaplara alınıp kuruması için etüve konmuş ve 12 saat sonra çıkarılarak 10 dakikalık döndürme işlemi tekrarlanmıştır (Şekil 3.20).



Şekil 3.20: Suda dağılmaya karşı duraylılık (slake durability) deneyi döndürme işlemi.

Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi deneyi sonucunda örneklerin % Id_1 ve % Id_2 değerleri oldukça yüksek çıkmıştır (Çizelge 3.5). Parçalanmış örneklerin suda dağılmaya karşı yüksek derecede duraylı olduğu sonucuna varılmıştır. İgnimbiritler bu şekilde, üst kısımlarda aşınmaya karşı dayanıklı olarak kalmakta, mesa şeklinde yapılar sunmakta ve alt birimlerin daha fazla aşınmasıyla da düşmeye yatkın hale gelmektedir.

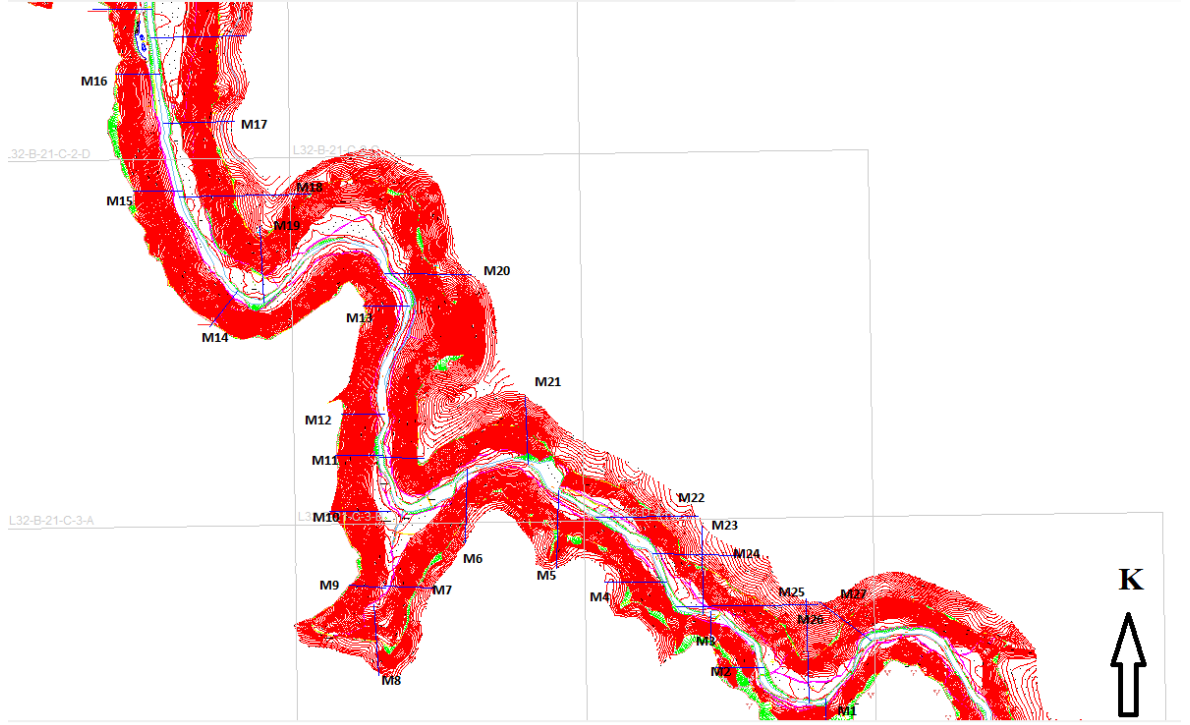
Çizelge 3.5: Suda dağılmaya karşı duraylılık deneyi sonuçları.

Örnek no	% Id_1	% Id_2	Kalan Parça Tanımı	Sınıflama
1	99.2	97.2	Parçalanma	Yüksek
2	96.1	95.2	Parçalanma	Yüksek
3	96.8	95.3	Parçalanma	Yüksek
4	97.4	95.5	Parçalanma	Yüksek
5	98.2	95.6	Parçalanma	Yüksek

3.4 Modelleme Çalışmaları

Aksaray İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü tarafından, NETCAD 5.1 ortamında daha önceden oluşturulmuş vadi genelinin topoğrafik haritalarından en kesitler alınıp, 27 adet profilde modelleme çalışması yapılmıştır (Şekil 3.21). Modellemelerde Rocfall 2D programı kullanılmıştır. Programda kullanılan girdi parametreleri deneylerden

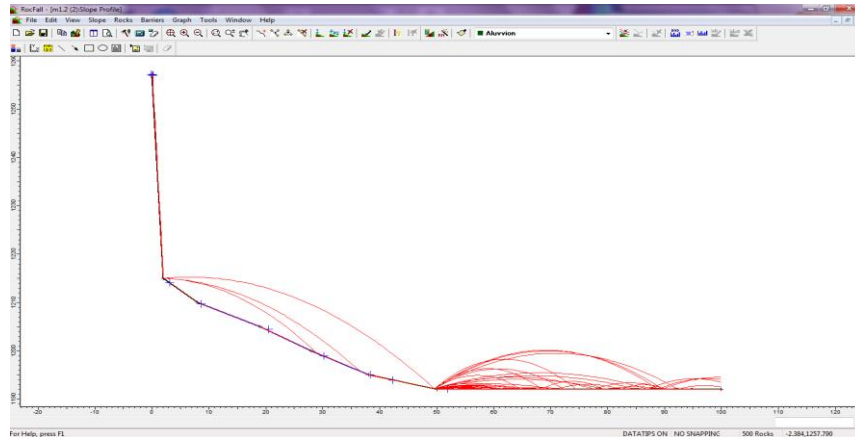
elde edilen veriler olup, kayanın fiziksel özellikleri dışındaki blok boyutu gibi parametrelerde değişiklikler yapılarak farklı düşme senaryoları üretilmiştir.



Şekil 3.21: Modelleme yapılan en kesitler.

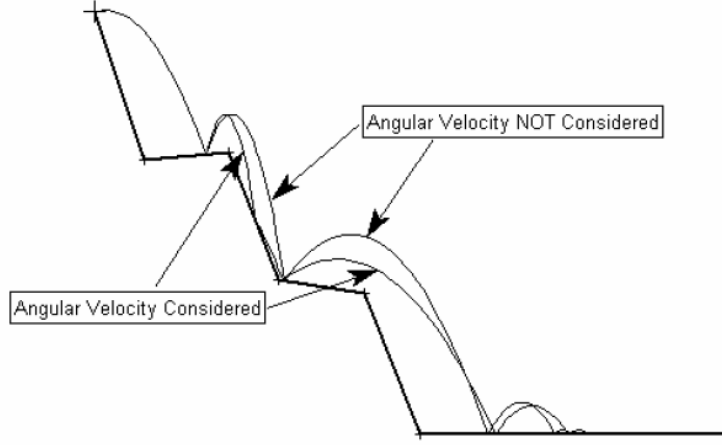
3.4.1 Rocfall 2D Programı Çalışma Prensipleri ve Modellemeler

Rocfall 2D programıyla yapılan modelleme çalışmalarında kullanılan geri verme katsayısı, blok boyutu, içsel sürtünme açısı, kaya bloğunun yoğunluğu, kütlesi, şevin pürüzlülüğü, yatay hız, açısal hız, minimum hız kesme gibi parametreler ışığında; vadi içerisinde meydana gelebilecek kaya düşmelerinde kaya bloklarının nerelere ulaşabileceği tespit edilmiştir.



Şekil 3.22: Rocfall 2D programı pencere görüntüsü.

Rocfall 2D programında yapılan modellemelerde açısal hız “0” ya da çok küçük bir değer olarak alınır, bu çalışmada “0” olarak alınmıştır. Programın çalışma mantığına göre açısal hızın ne olduğundan ziyade dikkate alınıp alınmadığı önemlidir (Şekil 3.23). Çünkü kaya blokları genelde yüksek bir hızla harekete başlamaz, hızı yuvarlanmaya ya da sıçramaya başladığında artar.



Şekil 3.23: Açısal hızın dikkate alındığı ve alınmadığı modellerdeki fark (Rocfall, 2009).

Rocfall 2D’de kullanılan bir diğer parametre de geri verme katsayılarıdır. Geri verme katsayıları, blok düşürme deneylerinden elde edilen verilerle gerekli hesaplamalar yapılarak bulunmuştur. Yüksek hızla düşen bir kayanın normal geri verme katsayısı (R_n) daha düşük, daha yavaş hızla düşen bir kayanın normal geri verme katsayısının (R_n) ise daha yüksek olması beklenir.

İçsel sürtünme açısı, tilt deneyi ile belirlenmiş olup, modellemelerde süreksizliklere ait içsel sürtünme açısı olan 35° kullanılmıştır.

Yüzey pürüzlülüğü ise modellemede dikkate alınması önem arz eden bir diğer parametredir ve program, girilen standart sapmaya ve şevin geometrisine göre yüzey pürüzlülüğünü otomatik olarak belirler. Bu yüzden program girdi menülerinde herhangi bir yüzey pürüzlülüğü değeri görülmez, bunun yerine standart sapma sekmesi kullanılır. En doğru yüzey pürüzlülüğü değeri sadece malzeme özelliklerine değil düşmesi değerlendirilecek kayaların boyutlarına ve şekillerine de bağlıdır. Örneğin, yüzeyin o an için sabit pürüzlülüğü daha büyük boyutta bir kayanın yolunu değiştiremezken, boyutları nispeten küçük bir kayaya kolaylıkla yön verebilmektedir (Rocfall, 2009). Yine aynı mantıkla kayanın şeklinin yuvarlağa yakın oluşu daha çabuk yönlenmesine ve yuvarlanmasına; bir kayanın keskin köşelere sahip olması ise

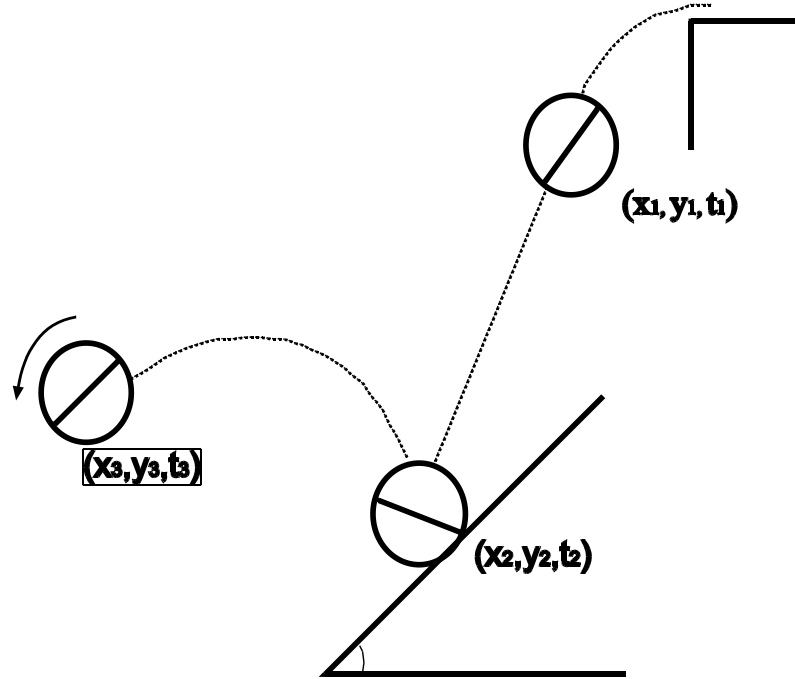
yolunun nisbeten daha zor değişmesine sebep olur. Bu çalışmada bütün bu parametreler dikkate alınarak yüzey pürüzlülüğü yani standart sapma değeri genel olarak “2” alınmıştır.

Çizelge 3.6: Kaya düşmesi modellemelerinde kullanılan parametreler.

Parametre	Değer
Açısal hız	0 ve dikkate alınmıştır
Min. hız kesme	0.1 m/sn
Kayacın yoğunluğu	1.93 g/cm ³
Normal geri verme katsayısı (R_n)	0.75
Teğetsel geri verme katsayısı (R_t)	0.98
İçsel sürtünme açısı (Φ)	35°
Standart sapma (St)	2
Yüzey pürüzlülüğü	2

3.4.2 Geri Verme Katsayısının Belirlenmesi

Arazide blok düşürme deneyleri ile elde edilen geri verme katsayısı kabaca bloğun düştüğü yere çarptığı andaki hızının, sıçradığı andaki hızına oranıdır.



şekil 3.24: Düşmekte olan bir kaya bloğunun bileşenleri.

Düşmekte olan bir kaya bloğunun düşme ve sıçrama anındaki normal ve teğetsel bileşenleri;

$$V_{in} = \left(\frac{H}{T_1} + \frac{1}{2} g T_1 \right) \cos \alpha - \frac{s}{T_1} \sin \alpha \quad (3.1)$$

$$V_{it} = \left(\frac{H}{T_1} + \frac{1}{2} g T_1 \right) \sin \alpha + \frac{s}{T_1} \cos \alpha \quad (3.2)$$

$$V_{rn} = \left(\frac{h}{T_2} - \frac{1}{2} g T_2 \right) \cos \alpha - \frac{L}{T_2} \sin \alpha \quad (3.3)$$

$$V_{rt} = \left(\frac{h}{T_2} - \frac{1}{2} g T_2 \right) \sin \alpha + \frac{L}{T_2} s \cos \alpha \quad (3.4)$$

bağıntıları ile elde edilmektedir.

Burada, g yerçekimi ivmesi olup 9.81 m/s^2 ,

$H=y_1-y_2$, $h=y_2-y_3$, $s=x_1-x_2$, $L=x_2-x_3$, $T_1=t_2-t_1$, $T_2=t_3-t_2$ olarak kabul edilmektedir. (Şekil 3.4)

Geri verme katsayıları ise;

$$R_n = \frac{V_{rn}}{V_{in}} \text{ ve } R_t = \frac{V_{rt}}{V_{it}} \quad (3.5)$$

bağıntıları ile (Chau vd., 2002). Şevin Açısı ise;

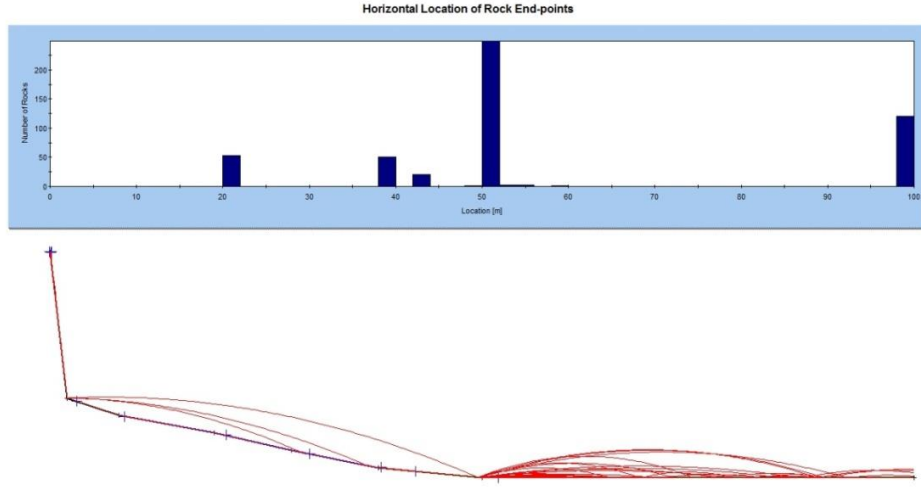
$$\frac{1-R_t}{R_t} \quad (3.6)$$

bağıntısı yardımıyla gradient cinsinden bulunmaktadır (Rocfall, 2009).

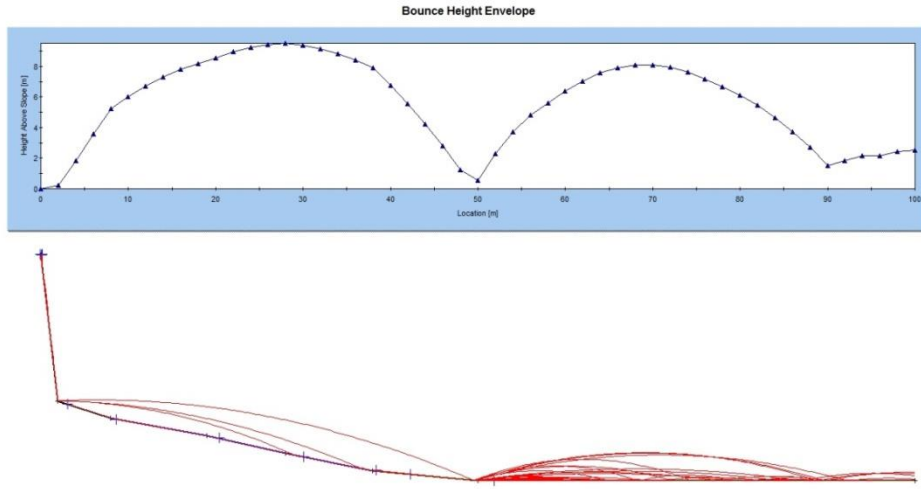
3.4.3 Yapılan Modellemeler

Modelleme çalışmaları ile düşen kaya bloğunun gidebileceği en uzak mesafe, sıçrama yüksekliği, oluşturduğu toplam kinetik enerji, translasyonel kinetik enerji, rotasyonel kinetik enerji, translasyonel hız, rotasyonel hız ve bunların dağılım

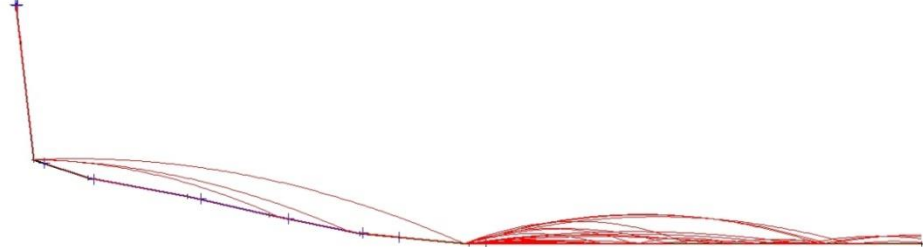
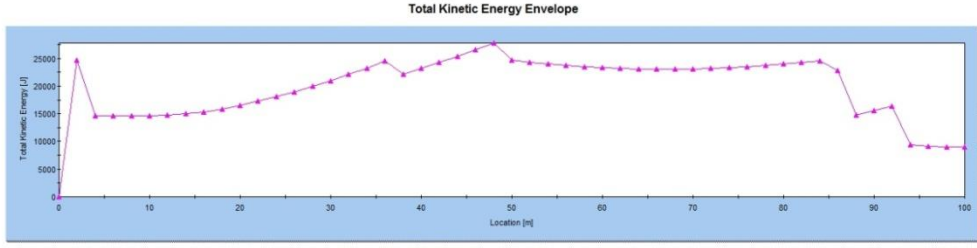
grafikleri elde edilmiştir (Şekil 3.25.a – e). Bu grafikler hesaplaması yapılan 27 kesit hattı için ayrı ayrı bulunmuş, bu çalışma içerisinde birine ait grafikler sunulmuş, diğer kesit hatlarından çıkan sonuçlar ise tehlike zon haritasının oluşturulmasında kullanılmış ve ayrıca grafik görünümülerinden bazıları Ek-1’de verilmiştir.



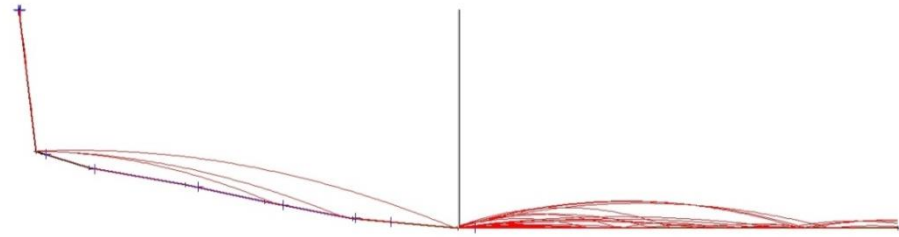
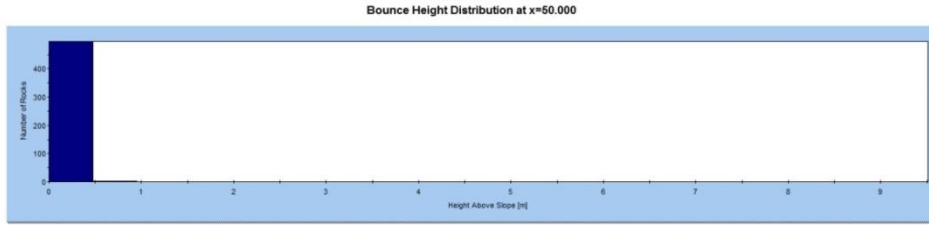
Şekil 3.25.a: Düşen kaya bloklarının gidebileceği en uzak mesafe.



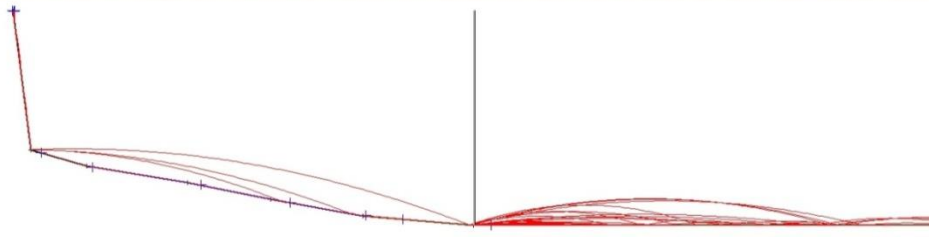
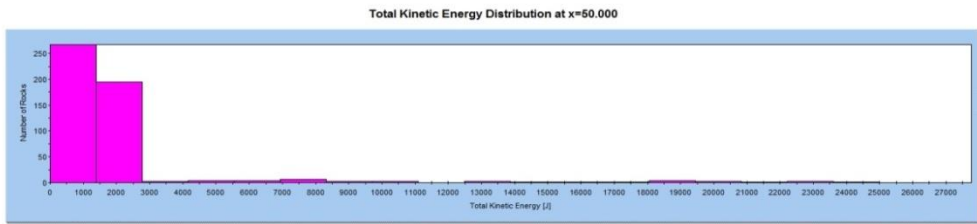
Şekil 3.25.b: Kaya bloğunun sıçrama yüksekliği.



Şekil 3.25.c: Toplam kinetik enerji.



Şekil 3.25.d: Sıçrama yüksekliği dağılımı.



Şekil 3.25.e: Toplam kinetik enerji dağılımı.

3.5 Haritaların Üretilmesi

İnceleme alanının jeolojik özelliklerinin tespiti için MTA Genel Müdürlüğü'nün 1/25.000 ölçekli jeolojik haritaları temel alınarak arazi çalışmaları sırasında birimler arasındaki dokanak ilişkileri ve birimlerin litolojik özellikleri gözlenmiştir. Buna göre hazırlanan jeoloji haritası sayısallaştırılarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır.

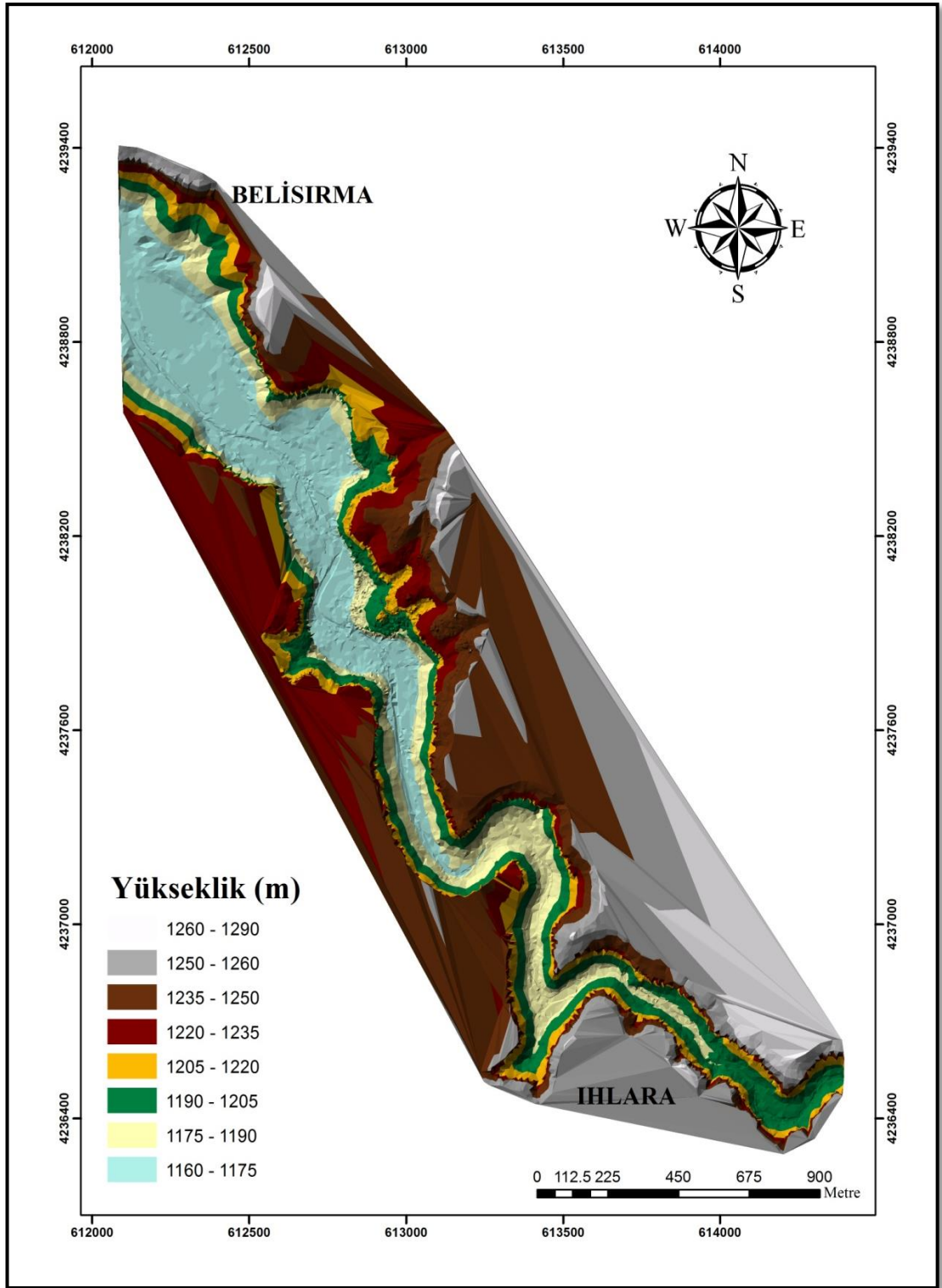
Harita Genel Komutanlığına hazırlanmış 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritalar bilgisayar ortamında ArcGIS 10.2 programı kullanılarak sayısallaştırılmış ve sayısal yükseklik modelleri (SYM) oluşturulmuştur.

Arazi çalışmaları sırasında yapılan gözlemler ve deneylerden elde edilen sonuçlar kullanılarak, çalışma alanının kaya düşme modellemesi yapılmıştır.

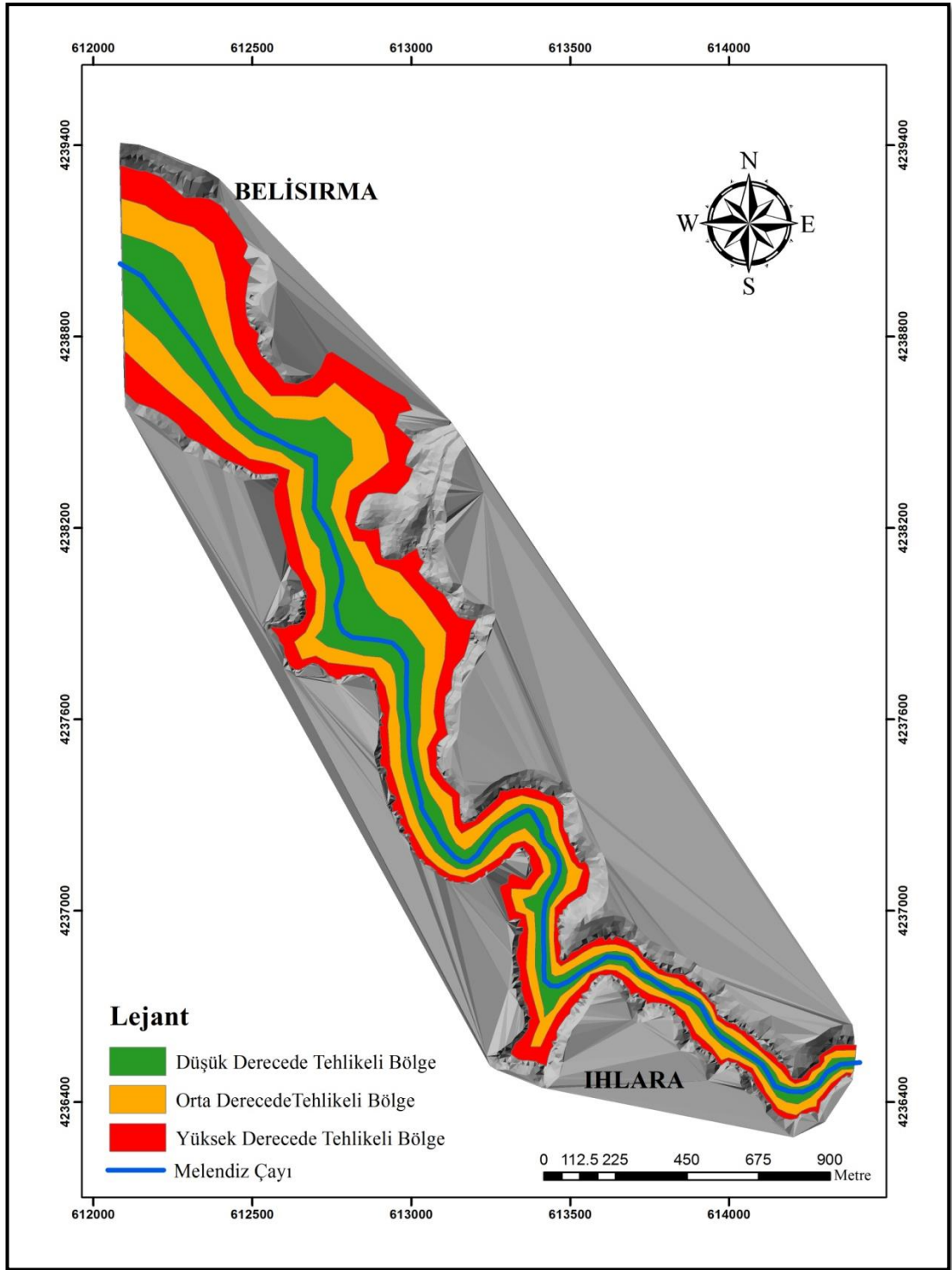
Modelleme çalışmalarından elde edilen veriler ışığında, kaya bloklarının yamaç boyunca gittiği mesafeler dikkate alınarak vadi içinde şev topuğundan Melendiz Irmağı'na kadar olan aralık için tehlike zon haritası oluşturulmuştur (Şekil 3.26 - 27).

Bu harita oluşturulurken, yamaç eğimleri ve düşen kaya bloklarının ilerleme mesafeleri temel parametre olarak alınmıştır.

Elde edilen tematik harita ArcGIS 10.2 ortamında sayısal yükseklik modeli üzerine giydirilmiştir.



Şekil 3.26: Ihlara Vadisi sayısal yükseklik haritası.



Şekil 3.27: Ihlara Vadisi kaya düşme tehlike haritası.

Bu haritalara göre; Ihlara Vadisi'nin içinden geçen Melendiz Irmağı'nın bulunduğu kısım düşük derecede tehlike bölgesi olup, 371.522 km^2 'lik bir alanı kaplamakta ve bu, vadi genelinin %33.14'ünü teşkil etmektedir. Orta derecede tehlikeli alanlar ise vadinin 387.057 km^2 'lik bir alanını kaplamakta ve bu kısım da vadi genelinin %

34.5'ini oluşturmaktadır. En tehlikeli olan bölge ise şev topuğundan itibaren yaklaşık yatayda 15-20 m lik mesafeyi içine alan, vadinin 362.187 km²'lik bir alanını kapsayan ve değerlendirilmesi yapılan vadi hattının % 32.3'lik bölümünü teşkil eden yüksek derecede tehlikeli bölgedir. Her bir tehlike bölgesi şev topuğundan itibaren yaklaşık 15-20 metreyi kapsamakta ve ırmağa kadar devam etmektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ihlara Vadisi'nde yapılan kaya düşmelerinin değerlendirilmesine yönelik olarak öncelikle bölgenin genel jeolojisi çalışılmıştır. Bu kapsamda yörede başlıca Selime tüfü, Kızılkaya ignimbiritleri, Hasandağı Külleri ve vadi boyunca uzanan Melendiz Irmağı'nın meydana getirdiği Alüvyon birimler yüzlek vermektedir.

Vadi içerisinde yüzlek veren Kızılkaya ignimbiritleri soğuma çatlakları şeklindeki süreksizliklerle karakteristiktir. Süreksizlik ölçümlerinin değerlendirilmesi sonucunda hakim süreksizlik yöneliminin KB - KD olarak tespit edilmiştir. Aynı şekilde süreksizlik açıklıklarının genel olarak birkaç cm'den metre boyutuna kadar değiştiği, süreksizlik aralık değerlerinin ise yine birkaç cm'den birkaç metreye varan değerler sunduğu tespit edilmiştir. Süreksizliklerin devamlılıklarının şev boyunca birkaç metreden 10-15 metreye kadar ulaştığı, süreksizlik dolguları ise kum, silt ve kil boyutundaki malzemelerden oluştuğu ve derin çatlaklar içeren birimlerde ise dolgu malzemesinin yer yer yıkanıp gittiği ve çatlakların dolgusuz olduğu tespit edilmiştir. Bölgede hüküm süren iklimsel özelliklere ve jeolojik koşullara bağlı olarak yeni yeni taze süreksizlik yüzeylerinin geliştiği gözlemiştir.

Vadi içerisinde yan yamaçları oluşturan birimlerin yamaç eğimleri dike yakındır ve 70 - 89° arasında değişmektedir. Kızılkaya ignimbiritinde görülen kaya düşmeleri, alt kısımda yüzlek veren Selime Tüfü'nün atmosferik koşullara dayanım açısından ignimbiritlerden daha az direnç göstererek aşınması, yerçekimi, iklim, donma-çözünme süreçleri vb. gibi nedenlerden dolayı ignimbiritlerin topuk aşınmasına uğraması ve askıda kalmasıyla meydana gelmektedir.

Ihlara Vadisi boyunca kaya düşmelerinin değerlendirilmesi için, vadi boyunca farklı noktalarda blok düşürme deneyleri yapılmıştır. Bu deneylerle, kaya düşme analizlerinde kullanılacak geri verme katsayılarının bulunması amaçlanmıştır. Yapılan deneyler sonucunda birimlerin geri verme katsayıları; Kızılkaya İgnimbiritleri için: $R_n= 0.75$, $R_t= 0.98$, Selime Tüfleri için ise: $R_n= 0.3$ $R_t= 0.8$ olarak bulunmuştur. Kimyasal analiz sonuçlarına göre, örneklerin silisyum içeriği %50'den fazla bulunmuştur. Bundan dolayı kayacın kimyasal ayrışmaya karşı

direncinin fazla olması beklenirken, kayalardaki ayrışmanın fazla olması bu bölgede kimyasal ayrışmadan ziyade diğer ayrışma parametrelerinin daha etkin rol oynadığı sonucunu doğurmuştur. Kaya düşme modellemelerinde kullanılmak üzere süreksizliklere ait içsel sürtünme açısının belirlenmesi için farklı süreksizlik yüzeylerine göre laboratuvarında tilt deneyleri gerçekleştirilmiş ve süreksizliklerin içsel sürtünme açısı değeri ortalama 35° olarak tespit edilmiştir.

Tek eksenli basınç dayanımı deneyi uygulanan numunelerin σ_c değerlerinin 0.8- 2.5 MPa arasında, üç eksenli basınç dayanımı deneyi sonucu olarak c (kohezyon) değerlerinin 1.3 ile 1.8, Φ (içsel sürtünme açısı) değerlerinin ise $16-23^\circ$ arasında değiştiği gözlenmiştir.

Dayanımı Kızılkaya İgnimbiriti'nden daha düşük olan Selime Tüfü'nün aşınması ve üstteki Kızılkaya İgnimbiriti'nin nispeten daha sağlam kalması; yerçekimi, iklim, donma-çözünme süreçleri vb. gibi nedenlerden dolayı vadi içerisindeki kaya düşmelerini tetiklemektedir.

Yapılan Slake Durability (Suda aşınmaya karşı duraylılık) deneyi sonucu, ignimbirit örneklerinin suyla aşınmaya karşı oldukça duraylı olduğunu göstermiştir. Bu duraylılık, süreksizlik özellikleri vb. gibi diğer parametrelerle birlikte ve alttaki birimlerin daha çok aşınmasıyla ignimbiritlerin bloklar halinde düşmesine meydan vermektedir.

Rocfall 2D kullanılarak yapılan modelleme çalışmalarında düşebilecek kaya bloklarının gidebileceği en uzak mesafe şev topuğundan itibaren yaklaşık 45-50 metredir.

Bütün bu veriler ışığında en düşük tehlikeli alanlar vadinin %33.14'lük bir alanını, orta derecede tehlikeli alanlar %34.5'ini, en yüksek derecede tehlikeli alanlar ise vadi genelinin %32.3'lük bir kısmını teşkil etmektedir.

KAYNAKLAR

- Agliardi, F. ve Crosta, G.B., High resolution three-dimensional numerical modelling of rockfalls, *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, 40, 455-471, (2003).
- Alejano, L., Pons, B., Bastante, F., Alonso, E. ve Stockhausen, H. 2007. Slope geometry design as a means for controlling rockfalls in quarries, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, Vol. 44, No. 6: 903-921.
- Aydan, O. ve Ulusay, R., 2003. Geotechnical and geoenvironmental characteristics of man-made underground structures in Cappadocia, Turkey, *Engineering Geology* 69, 245–272.
- Baba, A., Kaya, A. ve Turk, N., 2005, Fairy chimneys of Cappadocia and their engineering properties, *Journal of Applied Sciences* 5(5): 800-805.
- Beekman, P.H., 1966. The Pliocene and Quaternary volcanism in the Hasandağ-Melendizdağ region, *Bulletin MTA*, 66, 90-105.
- Binal, A., 1996. Aksaray – Ihlara vadisindeki volkanosedimanter kayalarda görülen duraysızlık mekanizmalarının araştırılması, MSc Thesis, Dept. of Geological Engineering, Hacettepe University (in Turkish).
- Beekman, P.H., 1966. The Pliocene and Quaternary volcanism in the Hasandağ-Melendizdağ region, *Bulletin MTA*, 66, 90-105.
- Budetta, 2004, Assessment of rockfall risk along roads, *Natural Hazards and Earth System Sciences* 4: 71–81.
- Chaput, E., 1936. Voyages d'etudes geologiques et geomorphologiques en Turquie, *Mem. Ins. Françaisd'Archeol. Stanboul*, t. 2, 312 p, Paris.
- Chau, K.T., Wong, R.H.C. ve Wu, J.J., 2002. Coefficient of restitution and rotational motions of rockfall impacts, *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, 39, 69–77.
- Edelbro, C., 2008. Strength, fallouts and numerical modelling of hard rock masses, *Doctoral Thesis*, Lulea University of Technology.
- Ferrara, V. ve Pappalardo, G., 2005. Kinematic analysis of rock falls in an urban area: The case of Castelmola hill near Taormina (Sicily, Italy), *Geomorphology*, 66, 373–383.
- Gentilini, C., Govoni, L., de Miranda, S., Gottardi, G. ve Ubertini, F. 2012. Three-dimensional numerical modelling of falling rock protection barriers, *Comput Geotech*, 44:58–72.

- Gentilini, C., Gottardi, G., Govoni, L., Mentani, A. ve Ubertini, F., 2013. Design of falling rock protection barriers using numerical models, *Engineering Structures* 50, 96–106.
- Giacomini, A., Buzzi, O., Ferrero, A. M., Migliazza, M. ve Giani, G.P., 2008. Numerical study of flow anisotropy within a single natural rock joint, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 45, 1, 47–58.
- Göncüoğlu, M. C., 1981. Niğde masifinin jeolojisi, Orta Anadolu. Jeoloji Sempozyumu, TJK Yayınları, 16-19.
- Göncüoğlu, M. C., 1986. Geochronological data from the southernmost part of the Central Anatolian Massif, *MTA Dergisi*, 105/106, 111- 124.
- Göncüoğlu, M.C., Erler, A., Toprak, V., Olgun, E., Yalınız, K., Kuşçu, İ., Köksal, S. ve Dirik, K., 1993. Orta Anadolu masifinin batı bölümünün jeolojisi, Bölüm 3: Orta Kızılırmak baseninin jeolojik evrimi, TPAO Report No: 3315.
- Görür, N., Oktay, F.Y., Seymen, İ. ve Şengör, A.M.C., 1984. Paleotectonic evolution of the Tuzgölü basin complex, central Turkey: sedimentary record of a Neo-Tethyan closure, In J.E. Dixon and A.H.F. Robertson (eds), *The geological evolution of the eastern Mediterranean*, Geol. Soc. London Special Paper, 17, 467-482.
- Guzzetti, F., Crosta, G., Detti, R. ve Agliardi, F., 2002. STONE: a computer program for the three - dimensional simulation of rock – falls, *Comp Geoscience*, 28,1079–1093.
- Hamilton, W.J., 1842. *Researches in Asia Minor, Pontus and Armenia*, London, volume 2.
- Hoek, E. 2000. Analysis of rock fall hazards, Chapter 9. Pages 115–136 in *Rock Engineering*.
- ISRM, 2007. *The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 1974 - 2006*. Suggested Methods prepared by the Commission on Testing Methods, ISRM, R. Ulusay and J.A. Hudson (eds.), Kozan Ofset, Ankara.
- Jevremovic, D., 2005. The rockfall in the Jerma River Gorge, *International Symposium on Latest Natural Disasters - New Challenges for Engineering geology, geotechnic and civil protection*, Sofia - Bulgaria.
- Karpuz, C. ve Hindistan, M.A., 2012. *Kaya Mekaniği İlkeleri, Uygulamaları*, 3. Baskı, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Ankara.
- Lahn, E., 1941. Aksaray - Konya arasındaki volkanik arazi, *MTA Bulletin*, 22/1, 45-47.

- Lan, H., Martin, C.D. ve Lim, C.H., 2007. RockFall analyst: a GIS extension for three-dimensional and spatially distributed rockfall hazard modeling, *Comp Geoscience*, 33:262–279.
- Marzorati, S., Luzi, L. ve Amicis, M. D., 2002. Rock falls Induced by Earthquakes: A statistical Approach, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Vol. 22, 565-577.
- Matsukara, Y., 2001. Rockfall at Toyohama Tunnel, Japan, in 1996:effect of notch growth on instability of a coastal cliff, *Bull Eng Geol Env*, 68, 285-289.
- MTA, 2005.1:500.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları (Aksaray Paftası), Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü MTA, Ankara.
- Okay, A. C., 1954. Kayseri - Niğde - Tuz gölü arasında jeolojik etüd, M.T.A. Rapor no. 2252 (yayınlanmamış), Ankara.
- Okay, A. C., 1963. Hasan dağı bölgesi, M.T.A. Rapor no. 3317 (yayınlanmamış), Ankara.
- Pasquaré, G, Poli, S., Vezzoli, L. ve Zanchi, A., 1988. Continental arc volcanism and tectonic setting in central Anatolia, *Tectonophysics*, 146, 217-230.
- Fisher, V. R. ve Schmincke, U. H., 1984. *Pyroclastic Rocks*, ISBN: 978-3-540-51341-4 (Print) 978-3-642-74864-6.
- Ritchie, A. M., 1963. Evaluation of Rockfall and Its Control, *Highway Research Record*, No.17, pp. 3-28.
- RocFALL v4.051, 2009. RocFALL-computer program for statistical analysis of Rockfall, Rocscience Inc., Canada.
- Spadari, M., Giacomini, A., Buzzi, O., Fityus, S. ve Giani, G.P., 2011. In situ rock fall testing in New South Wales, Australia, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Science* 49, 84–93.
- Spadari, M., Kardani, M., De Carteret, R., Giacomini, A., Buzzi, O., Fityus, S. ve Sloan, S.W., 2013. Statistical evaluation of rockfall energy ranges for different geological settings of New South Wales, Australia, *Engineering Geology* 158, 57–65.
- T.C. Aksaray Valiliği, 2014. İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü envanter verileri, Aksaray Valiliği İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, Aksaray.
- T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2008. Türkiye’de afetlerin mekânsal ve istatistiksel dağılımı afet bilgileri envanteri, TC Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Tchihatcheff, P., 1867. *Asie mineure. IV eme Partie, Geologie I*, Paris.

- Temel, A., 1992. Kapadokya eksplosif volkanizmasının petrolojik ve jeokimyasal özellikleri, Ph.D-Thesis, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 209.
- Temel, A. ve Gundogdu, M.N., 1996. Zeolite occurrences and erionite–mesothelioma relationship in Cappadocia region, Central Anatolia, Turkey. *Miner. Depos.* 31, 539– 547.
- Temel, A., Gundogdu, M.N., Ground, A. ve Le Pennec, J.L., 1998. Tuffs of Cappadocia (Central Anatolia; Turkey): petrology and geochemistry, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 85, 447– 471.
- Topal, T., 1995. Formation and deterioration of fairy chimneys of the Kavak tuff in Urgup–Goreme area (Nevşehir –Turkey), PhD Thesis, Dept. of Geological Engng., Middle East Tech. University.
- Topal, T. ve Doyuran, V., 1997. Engineering geological properties and durability assessment of the Cappadocia tuff, *Eng. Geol.* 47, 175– 187.
- Topal, T., Akin, M. ve Ozden, U.A., 2007. Assesment of rockfall hazard around Afyon Castle, Turkey, *Environ Geol.*, 52, 191-200.
- Tromp, S.W., 1942. Niğde - İncesu -Tuz gölü arasında jeolojik etüd, M.T.A. Rap., no. 1456 (yayınlanmamış), Ankara.
- Tunusluoğlu, M.C. ve Zorlu, K., 2009. Rockfall hazard assesment in a cultural and natural heritage (Ortahisar castle, Cappadocia, Turkey), *Environmental Geology*, 56, 963-972.
- Ujihira, M., Ogawa, K., Suzuki, S., Hosoya, S., Saeki, H. ve Komazaki, M., 1997. Two dimensional source location system for rock fall detection by using cable sensor and mobile multimedia network, *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci.* Vol. 34 (3-4), Paper No. 315.
- Ulusay, R., Gokceoglu, C., Topal, T., Sonmez, H., Tuncay, E., Erguler, Z.A. ve Kasmer, O., 2006. Assessment of environmental and engineering geological problems for the possible re-use of an abandoned rock-hewn settlement in Urgup (Cappadocia) Turkey, *Environ Geol* 50:473–494.
- Ulusay, R. 2010. Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler, TMMOB JMO Yayınları, No: 38, Ankara.
- Ulusay, R., Gökçeoğlu C. ve Binal A., 2011. Kaya Mekaniği Laboratuvar Deneyleri, TMMOB JMO Yayınları, No:58, Ankara.
- Yalçın, A., S. Reis ve R. Nişancı, 2002. Mass Movement Evaluation with Geographical Information Systems: A Case Study from Gümüşhane Region, *International Symposium on Geographic Information Systems (GIS 2002)*, Istanbul, 760-767.

Yılmaz, I., Yildirim, M. ve Keskin, I., 2008. A method for mapping the spatial distribution of RockFall computer program analyses results using ArcGIS software, Bull Eng Environ, 67, 547-554.

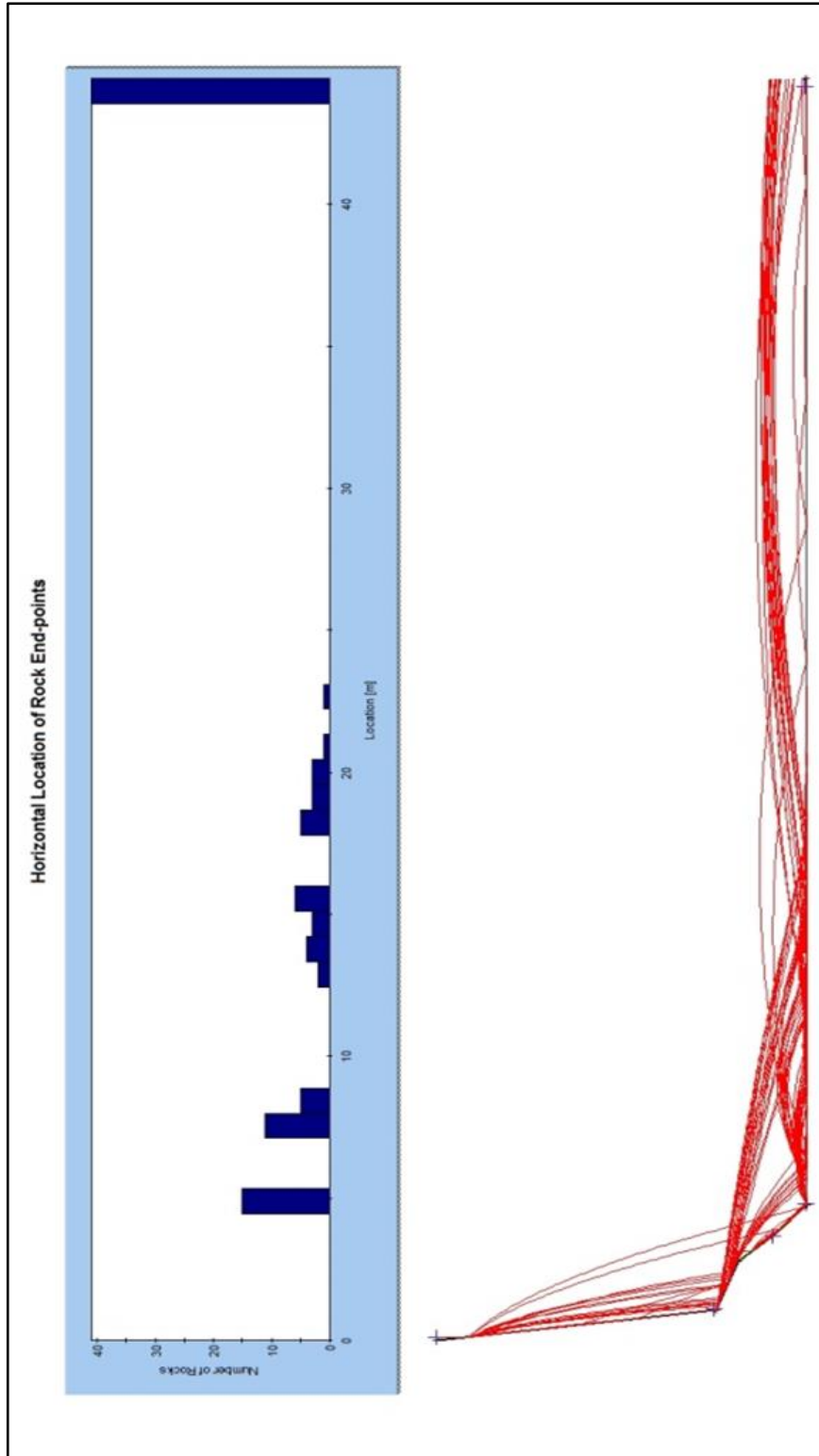
Zorlu, K., Tunusluoglu, M.C., Gorum, T., Nefeslioglu, H.A., Yalcin, A., Turer, D. ve Gokceoglu, C., 2011. Landform effect on rockfall and hazard mapping in Cappadocia (Turkey), Environmental Earth Science, 62,8, 1685-1693.

Zhang, L. Q., Yang, Z.F, Liao, Q. L. ve Chen, J., 2004. An Application of The Rock Engineering Systems (Res) Methodology In Rockfall Hazard Assessment On The Chengdu-Lhasa Highway, China, Paper 3B 11 - SINOROCK2004 Symposium. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Vol. 41, No. 3, CD-ROM.

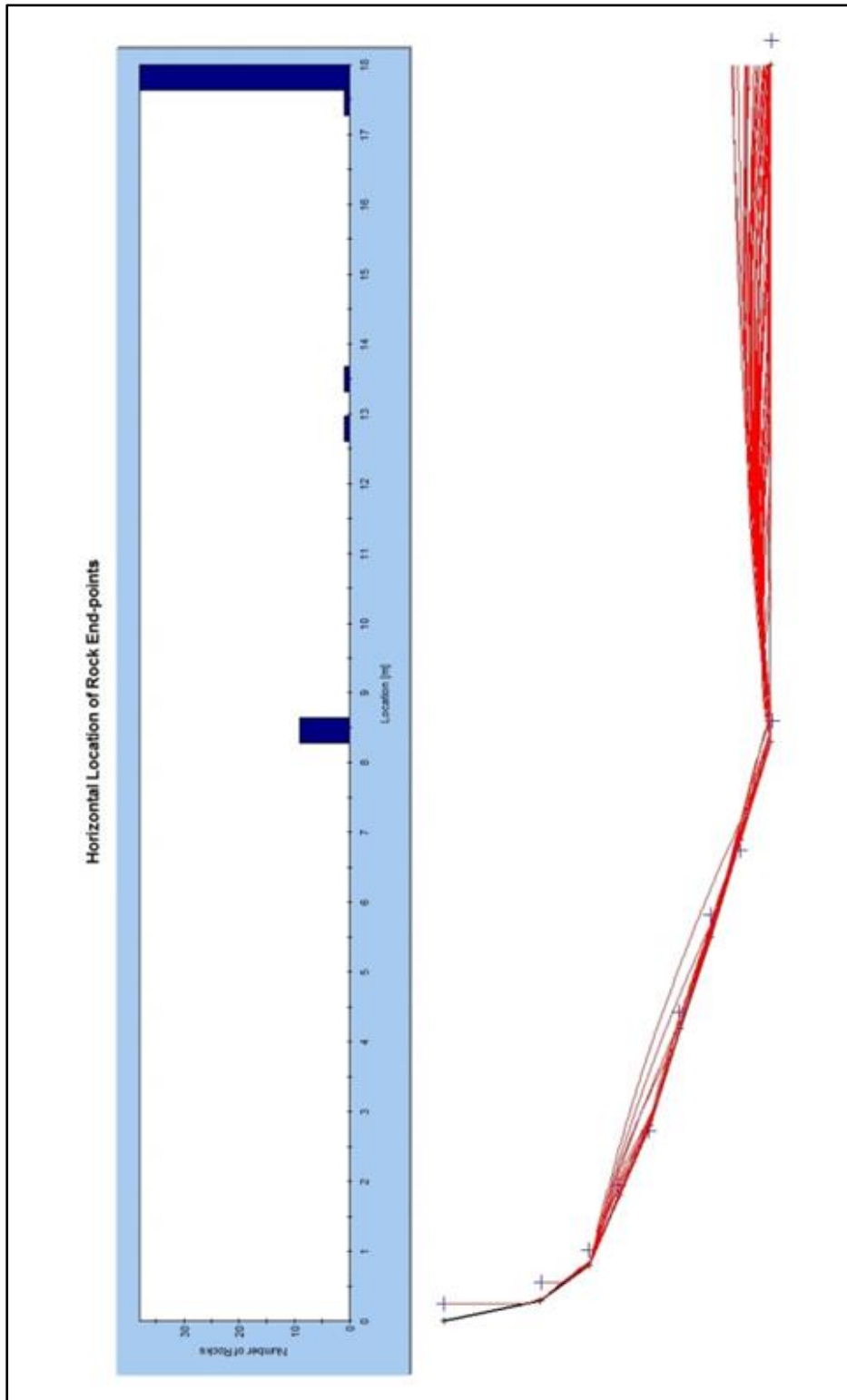
URL-1 < <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler/>>, alındığı tarih: 20.04.2015.

EKLER

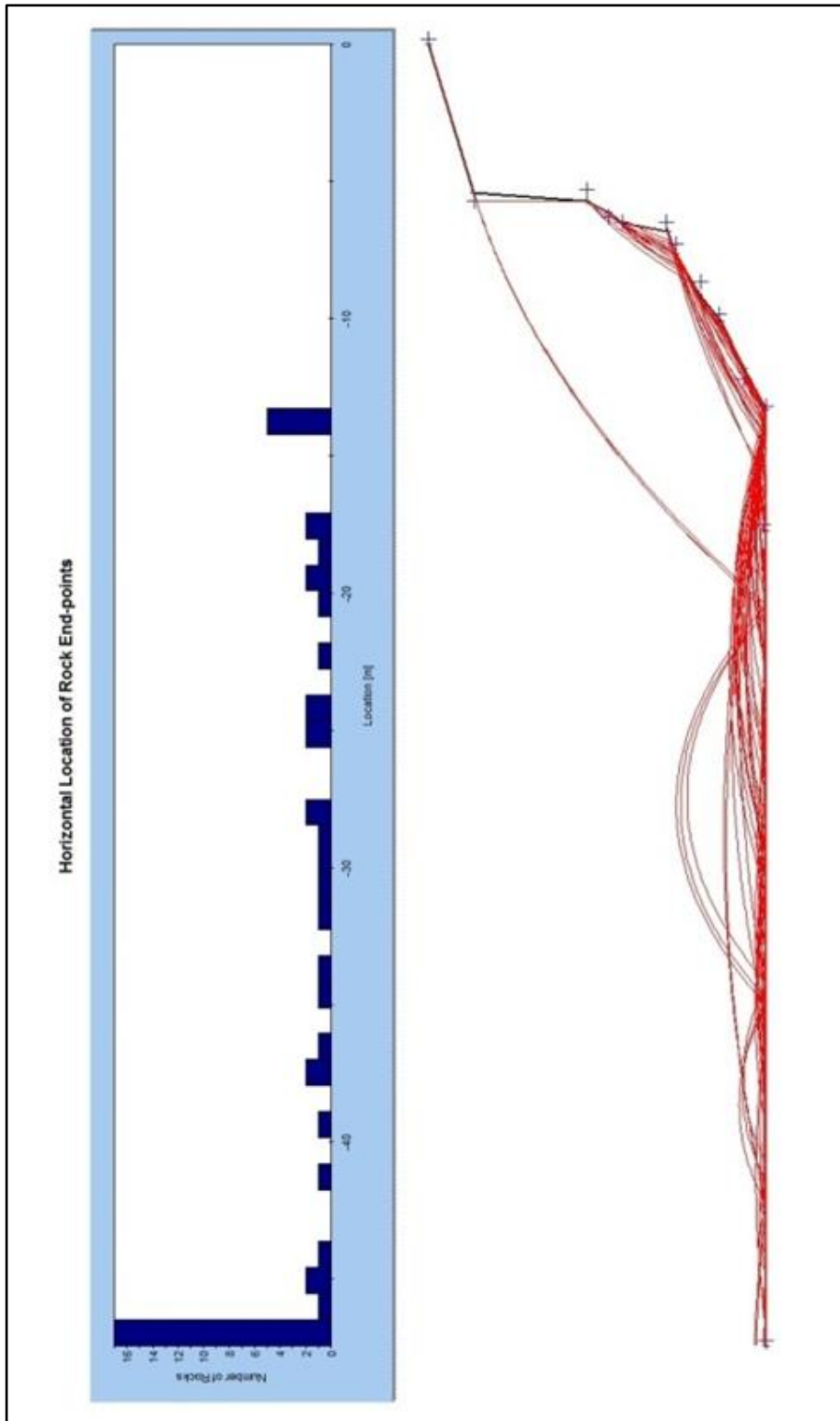
EK.A.1 M3 no'lu kesite ait kayanın gidebileceği en uzak mesafe modeli



EK.A.2 M10 no'lu kesite ait kayanın gidebileceği en uzak mesafe modeli



EK.A.3 M20 no'lu kesite ait kayanın gidebileceği en uzak mesafe modeli



ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı: Müzeyyen Taşpınar

Doğum Tarihi ve Yeri: 01.02.1985/ KONYA

E-posta adresi: muzeyyentaspinar@aksaray.edu.tr

EĞİTİM BİLGİLERİ

Lisans: Cumhuriyet Üniversitesi/ 2012

Yüksek Lisans: Selçuk Üniversitesi/ 2012- Aksaray Üniversitesi/Halen

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

1. **Taşpınar, M.,** Yalçın, A., 2015. Rock Fall Risk Assesment on Some ChurchesThrough The Ihlara Valley (Aksaray), WMESS2015, The World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium, 7 - 11 September 2015, Prag (Czech Republic).
2. **Taşpınar, M.,** Yalçın, A., 2015. Ihlara Vadisi (Aksaray) Boyunca Kaya Düşmelerinin Değerlendirilmesi, MÜHJEO'2015, Ulusal Mühendislik Jeolojisi Sempozyumu, 3 - 5 Eylül 2015, Trabzon.