

**D750 Karayolu Kızılcahamam-Gerede Arasındaki Yol Yarmalarında Şev
Duraysızlıklarına Yönelik Tehlike Sınıflandırma Sistemi Uygulaması**

Proje No: 108Y236

Prof.Dr. Vedat DOYURAN
Ceren ÇİÇEK

ŞUBAT 2010
ANKARA

ÖNSÖZ

TÜBİTAK Çevre Atmosfer Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Grubu (CAYDAG) tarafından 01/12/2008-01/12/2009 tarihleri arasında desteklenen 108Y236 kodlu “D750 Karayolu Kızılcahamam-Gerede Arasındaki Yol Yarmalarında Şev Duraysızlıklarına Yönelik Tehlike Sınıflandırma Sistemi Uygulaması” başlıklı projede D750 karayolunun Kurtboğazi Barajı (Ankara'nın 50 km KB'sı) ve Aktaş Köyü (Bolu ilinin Gerede ilçesine 15 km uzaklıkta) arasındaki otuz beş adet yol yarmasında Tennessee Ulaşım Dairesi tarafından geliştirilen bir tehlike sınıflandırma sistemi (RHRS) uygulanmıştır.

Seçilen otuz beş adet yol yarması, saha ve yol geometrisi ile jeolojik özelliklere bağlı çeşitli parametrelere atanan üstel bir puanlama sistemi ile tehlike derecelerine göre sınıflandırılmışlardır. Ayrıca bu tür sınıflandırmaları yapmayı sağlayan önemli bazı sistemlerden de bahsedilmiş olup bu tür çalışmaların önemi vurgulanmıştır. Tennessee RHRS'in kurallarına dayanarak tehlikeli olmadığı düşünülen yedi adet “C” sınıfında şev tespit edilmişken ondokuz adet şevin potansiyel olarak tehlike oluşturduğu ve “A” sınıfında olduğuna karar verilmiştir. “B” sınıfında yer alan şevlere karar verilirken ise, “A” sınıfı kadar tehlike yaratmayacağı düşünülen dokuz adet “B” sınıfı şev tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında “A-B-C” sınıfları arasındaki farklar ortaya konmuş olup sınıflandırmaların nasıl yapıldığına da yer verilmiştir.

Bu proje kapsamında ofis çalışmalarından arazi çalışmalarına kadar gerekli olan ekipman ve hizmetin alımı Tübitak tarafından sağlanan destek ile gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda, arazi çalışmaları için gerekli olan araç kiralama masrafları, uygulanacak sistem kapsamında bazı ölçümlerin alınması gibi çalışmalarını kolaylaştıracak makine teçhizat alımları, ofis çalışmalarında kullanılacak olan büro makineleri ve kırtasiye alımları gibi masraflar Tübitak tarafından sağlanan destekler arasındadır.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	2
ÖZET	9
ABSTRACT	10
1. GİRİŞ	11
1.1. Çalışmanın Amacı	11
1.2. Çalışma Alanı.....	12
1.3. Çalışma Alanının Jeolojisi.....	12
1.3.1. Mudurnu Formasyonu.....	15
1.3.2. Soğukçam Formasyonu.....	15
1.3.3. Yenipazar Formasyonu.....	15
1.3.4. Hançili Formasyonu	15
1.3.5. Karasivri Volkanikleri	15
1.3.6. Kirazdağı Volkanikleri	16
1.3.7. Ilıcadere Volkanikleri.....	16
1.3.8. Deveören Volkanikleri.....	16
1.3.9. Bakacaktepe Volkanikleri.....	16
1.3.10. Örencik Formasyonu	16
1.3.11. Alüvyon	17
2. GENEL BİLGİLER	18
3. GEREÇ VE YÖNTEM	26
3.1. GİRİŞ.....	26
3.2. TENNESSEE KAYA DÜŞMESİ TEHLİKE SINIFLANDIRMA SİSTEMİ	27
3.2.1. İksel Sınıflandırma	27
3.2.1.1. A ve B Sınıfı Şevlerin Ayırt Edilmesi.....	28
3.2.2. Detaylı Sınıflandırma	31
3.2.2.1. Saha ve Yol Geometrisi	32
3.2.2.1.1. Şev Yüksekliği	34
3.2.2.1.2. Şev Önü Hendek Etkinliği.....	35

3.2.2.1.3. Araç Risk Ortalaması (AVR).....	35
3.2.2.1.4. Yol Genişliği.....	36
3.2.2.1.5. Blok Algılama Mesafe Yüzdesi (%DSD).....	36
3.2.2.2. Jeolojik Karakterizasyon	36
3.2.2.3. Diğer değerlendirme kriterleri	37
3.2.2.3.1. Su Durumu.....	37
3.2.2.3.2. Kaya Düşme Tarihçesi.....	37
4. BULGULAR	39
4.1. TENNESSEE KAYA DÜŞMESİ TEHLİKE SINIFLANDIRMA SİSTEMİNİN ÇALIŞMA ALANINDA DEĞERLENDİRİLMESİ	39
4.1.1. İksel Sınıflandırma	39
4.1.1.1. “C-Sınıfı” Şevler	39
4.1.1.2. “B-Sınıfı” Şevler	41
4.1.1.3. “A-Sınıfı” Şevler	44
4.1.2. Çalışma Alanındaki “A” Kategorisi Şevlerin Detaylı Sınıflandırması	46
5. TARTIŞMA	76
6. SONUÇLAR	78
7.REFERANSLAR.....	79
EKLER.....	83

TABLULAR

Tablo 1.1. Çalışma alanındaki litolojik birimler ve tanımları	13
Tablo 2.1. İlkel Oregon Sınıflama Sistemi	21
Tablo 2.2. Oregon Kaya Düşmesi Tehlike Sınıflandırma Sisteminin Puanlama Tablosu	22
Tablo 2.3. Üstel Formüller	23
Tablo 3.1. İlkel Sınıflandırma Kategorileri.....	28
Table 3.2. a) Tennessee puanlama formunun ön tarafı. b) Tennessee puanlama formunun arka tarafı	33
Tablo 3.3. Tennessee kapsamında uygulanan yenilme türleri ve jeolojik karakter parametreleri	37
Tablo 3.4. Yenilme türlerine karşılık gelen jeolojik karakter parametreleri.....	38
Tablo 4.1. "A1-sınıfı" şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterleri için puanlama sonuçları	50
Tablo 4.2. "A1 sınıfı" şevde belirlenen yenilme türlerine karşılık tahmini yoğunluk (toplamsal) puanları	50
Tablo 4.3. "A2-sınıfı" şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları	52
Tablo 4.4. "A2-sınıfı" şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması	54
Tablo 4.5. "A3-sınıfı" şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları	55
Tablo 4.6. "A3-sınıfı" şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması	56
Tablo 4.7. "A4-sınıfı" şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları	56
Tablo 4.8. "A4-sınıfı" şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması	56
Tablo 4.9. "A5-sınıfı" şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları	58
Tablo 4.10. "A5-sınıfı" şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması	59
Tablo 4.11. "A6-sınıfı" şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları	60
Tablo 4.12. "A6-sınıfı" şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması	60
Tablo 4.13. "A7-sınıfı" şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları	61
Tablo 4.14. "A7-sınıfı" şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması	61
Tablo 4.15. "A8-sınıfı" şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları	62

Tablo 4.16. "A8-sınıfı" şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması	62
Tablo 4.17. "A9-sınıfı" şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları	64
Tablo 4.18. "A9-sınıfı" şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması	64
Tablo 4.19. "A10-sınıfı" şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları	65
Tablo 4.20. "A10-sınıfı" şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması	65
Tablo 4.21. "A11-sınıfı" şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları	66
Tablo 4.22. "A11-sınıfı" şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması	66
Tablo 4.23. "A12-sınıfı" şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları	68
Tablo 4.24. "A12-sınıfı" şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması	68
Tablo 4.25. "A13-sınıfı" şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması	69
Tablo 4.26. "A13-sınıfı" şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları	70
Tablo 4.27. "A14-sınıfı" şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları	71
Tablo 4.28. "A14-sınıfı" şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması	72
Tablo 4.29. "A15-sınıfı" şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları	72
Tablo 4.30. "A15-sınıfı" şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması	72
Tablo 4.31. "A16-sınıfı" şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları	73
Tablo 4.32. "A16-sınıfı" şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması	73
Tablo 4.33. "A17-sınıfı" şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları	73
Tablo 4.34. "A17-sınıfı" şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması	74
Tablo 4.35. "A18-sınıfı" şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları	74
Tablo 4.36. "A18-sınıfı" şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması	75
Tablo 4.37. "A19-sınıfı" şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları	75
Tablo 4.38. "A19-sınıfı" şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması	75

ŞEKİLLER

Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.....	12
Şekil 1.2. Çalışma Alanının Jeoloji Haritası.....	14
Şekil 2.1. Örnek Puanlama Grafiği	23
Şekil 2.2. RHRON aşamaları.....	24
Şekil 3.1. D750 Karayolu-Azaphane Geçidi boyunca yer alan “A-sınıfı” şevlerden bir örnek.....	29
Şekil 3.2. D750 Karayolu-Aktaş Köyü yakınlarında B-sınıfı şeve bir örnek.	29
Şekil 3.3. Kurtboğazı Barajı'na bakan yüksekliği az ve kaya tutma kapasitesi yüksek hendek ve banketli “C-sınıfı” şeve bir örnek.	30
Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan ASUS P750 marka PDA görüntüsü.	32
Şekil 3.5. Saha ve Yol Geometrisi Faktörleri.....	32
Şekil 3.6. Çalışmada kullanılan hipsometre (MDL marka “LaserAce Hypsometer”).....	34
Şekil 4.1. “A-B-C sınıfı” şevlerin dağılımını gösteren lokasyon haritası	40
Şekil 4.2. Kurtboğazı Barajı civarında “C-sınıfı” bir şev	41
Şekil 4.3. a) Aktaş köyü yakınında “B-sınıfı” bir şev, Gereede-Bolu. b) “B-sınıfı” şevin hendeğini gösteren bir görüntü.	42
Şekil 4.4a. Kurtboğazı Barajı yakınında “B-sınıfı” bir şev.....	43
Şekil 4.4b. Şekil 4.4a'daki şevin hendek görüntüsü	43
Şekil 4.5a. Bölgenin kaya düşmesine duyarlı olduğunu gösteren uyarı levhası	45
Şekil 4.5b. Azaphane Geçidinde yer alan “A-sınıfı” bir şev	45
Şekil 4.6. Taşıt sayım cihazlarının lokasyonlarını ve yılda günlük trafik durumunu gösteren harita....	47
Şekil 4.7. Şev uzunluğu ve yol genişliği ölçümlerinin gösterildiği Kurtboğazı Barajı yakınında yer alan bir A-sınıfı şev	49
Şekil 4.8. Uyarı levhalarını ve launching feature'ları gösteren bir görüntü	49
Şekil 4.9. Sınıflandırılan ilk şev olarak “A1” şeklinde adlandırılan şevin hendek tasarımının yandan görüntüsü	50
Şekil 4.10. “A1 sınıfı” şevde belirlenen yenilme türlerine gösteren şekiller	51
Şekil 4.11. Daha uzun olan bir şevin bazı saha ve yol geometrisine ilişkin ölçümlerini gösteren bir kesitin görüntüsü	52
Şekil 4.12. Şev uzunluğu, yol genişliği ve DSD gibi parametrelerin gözlenebildiği şevin diğer kesiminden bir görüntü	53

Şekil 4.13. Yol genişliği ve hendek durumlarını gösteren şekiller	53
Şekil 4.14. "A2-sınıfı" şevde belirlenen yenilme mekanizmasını gösteren şekiller	54
Şekil 4.15. A3 sınıfı şevin saha ve yol geometrisi ile jeolojik özelliklerini ortaya koyan bir görüntü	55
Şekil 4.16. Yol yarmasının tepe kesiminde bulunan birimlerden (bazalt) bir görüntü	56
Şekil 4.17. A4 sınıfı şevin saha ve yol geometrisi ile jeolojik özelliklerini ortaya koyan görüntüler	57
Şekil 4.18. A4 sınıfı şevin hendek ve yenilme türüne ilişkin görüntülerine yakından bakış	58
Şekil 4.19. A4 sınıfı şevin saha ve yol geometrisi ile jeolojik özelliklerini ortaya koyan görüntüler	59
Şekil 4.20. Virajlı bir yolun gerisindeki görüntüleri gösteren şekiller	60
Şekil 4.21. A6 sınıfı şevin geri kalan kısmını gösteren görüntüler	61
Şekil 4.22. A7 sınıfı şevin özelliklerini gösteren şekil	62
Şekil 4.23. A8 sınıfı şevin bazı açılardan belirli bölgelerinin gösterilmesi	63
Şekil 4.24. A9 sınıfı şevde gelişen döküntü mekanizmasını gösteren bir fotoğraf	64
Şekil 4.25. Döküntü şeklinde gelişen duraysızlık mekanizmasına sahip olan bir başka A sınıfı şev	65
Şekil 4.26. Duvar üzerindeki hendeğin en geniş olan kesiminden bir görüntü	66
Şekil 4.27. A11 sınıfı şeve genel bir bakış	67
Şekil 4.28. A12 sınıfı şeve genel bir bakış	68
Şekil 4.29. A13 sınıfı şev yüzeyinin yakından görüntüleri	69
Şekil 4.30. A13 sınıfı şevin özelliklerini gösteren şekiller	70
Şekil 4.31. A14 sınıfı şevin özelliklerini gösteren şekiller	71
Şekil 4.32. Döküntüye bağlı gelişen duraysızlık gösteren bir başka A-sınıfı şev görüntüsü	72
Şekil 4.33. A17 sınıfı şevin özelliklerini gösteren şekiller	73
Şekil 4.34. A18 sınıfı şevin özelliklerini gösteren şekiller	74
Şekil 4.35. Kireçtaşı formasyonu (Soğukçam Formasyonu, Aktaş bölgesi) ok yönünde düzlemsel kayma potansiyeline sahiptir	75

ÖZET

D750 KARAYOLU KIZILCAHAMAM-GEREDE ARASINDAKİ YOL YARMALARINDA ŞEV DURAYSIZLIKLARINA YÖNELİK TEHLİKE SINIFLANDIRMA SİSTEMİ UYGULAMASI

Bu çalışmanın amacı, D750 (Ankara-İstanbul) Karayolu'nun Kızılcahamam-Gerede arasında kalan kesimindeki yol yarmalarında kaya düşmesi tehlike sınıflandırma sistemi uygulamaktır. Yapılan incelemeler sonucu D750 karayolunun Kurtboğazi Barajı (Ankara'nın 50 km KB'sı) ve Aktaş Köyü (Bolu ilinin Gerede ilçesine 15 km uzaklıkta) arasındaki otuz beş adet yol yarmasında Tennessee Ulaşım Dairesi tarafından geliştirilen tehlike sınıflandırma sistemi (RHRS) uygulanmıştır.

Bu araştırma; büro çalışmaları, saha çalışmaları sırasında sistemin uygulanması, verilerin değerlendirilmesi ve sunumu aşamalarından oluşmaktadır. Seçilen yol yarmaları, saha ve yol geometrisi ile jeolojik özelliklere bağlı çeşitli parametrelere atanan üstel bir puanlama sistemi ile sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma süreci, "İlksel" ve "Ayrıntılı" Sınıflandırma olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Tennessee RHRS'e göre yol yarmalarından on dokuz tanesi her iki aşamada değerlendirmeye tabi tutulurken, diğer on altı yol yarması için ilksel sınıflandırma yeterli olmuştur. Karayolunun seçilen kesimi boyunca farklı türde şev duraysızlıkları (düzlemsel, kama, devrilme, farklı bozunmaya bağlı kaya düşmesi, döküntüler) saptanmış ve şev yüksekliği, şev önü hendek etkinliği, ortalama araç riski, yol genişliği, düşen bloğun algılanma mesafesi, kaya düşme tarihçesi gibi şeve ve karayoluna ilişkin özellikler bu on dokuz şev için belirlenmiştir. Puanlama aşaması tamamlandıktan sonra tüm yol yarmaları karayolu ulaşımında yaratabilecekleri tehlikelere göre sınıflandırılmışlardır.

Tennessee RHRS'in kurallarına dayanarak otuz beş adet yol yarması sınıflandırılmıştır. Bu şevler arasında, tehlikeli olmadığı düşünülen yedi adet "C" sınıfında şev tespit edilmişken ondokuz adet şevin potansiyel olarak tehlike oluşturduğu ve "A" sınıfında olduğuna karar verilmiştir. "B" sınıfında yer alan şevlere karar verilirken ise, "A" sınıfı kadar tehlike yaratmayacağı düşünülen dokuz adet "B" sınıfı şev tespit edilmiştir. Ayrıntılı sınıflandırma çalışmaları için bu ondokuz şev kullanılmış olup, puanlamaların 164 ve 591 arasında değiştiği görülmüştür. 300 ve üzeri puan alan şevlerin hem saha ve yol geometrisi, hem de jeolojik karakter aşamalarından diğerlerine göre daha yüksek puanlar alarak en tehlikeli şevleri oluşturdukları görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kaya Düşmesi Tehlike Sınıflandırma Sistemi, Karayolu, Puanlama, Yol Yarmaları, Sınıflandırma.

ABSTRACT

IMPLEMENTATION OF A HAZARD RATING SYSTEM TO THE CUT SLOPES ALONG KIZILCAHAMAM-GEREDE SEGMENT OF D750 HIGHWAY

The purpose of this study is to implement a rock fall hazard rating system to the cut slopes along Kızılcahamam-Gerede segment of D750 (Ankara-İstanbul) Highway. The rating system developed by the Tennessee Department of Transportation was assessed for thirty five cut slopes which were selected based on a reconnaissance survey along D750 highway, between Kurtboğazı Dam (50 km northwest of Ankara) and Aktaş village (15 km to Gerede town of Bolu province).

The stages of the investigation consist of project conception, field investigations and application of this system, assessment and presentation of data. The cut slopes were classified by implementing this method which requires a scoring on an exponential scale assigned to various parameters related to the site and roadway geometry and geologic characteristics. The rating process was completed at two stages: Preliminary and Detailed Rating. Based on the Tennessee RHRS, nineteen cutslopes were assessed according to these two stages while the other sixteen cut slopes were able to be classified only with the preliminary rating stage. Different modes of slope failure (planar, wedge, toppling, rock fall with differential weathering, raveling) throughout the selected segments of the highway were investigated and the slope and highway related parameters such as slope height, ditch effectiveness, average vehicle risk, road width, percent desicion site distance and rockfall history were identified for these nineteen cut slopes. After the scoring process was completed all cut slopes were classified based on their hazard ratings from the point of the problems that they may cause in transportation.

According to the rules of Tennessee RHRS, a total of thirty five cut slopes were rated. Among these slopes, nineteen of them are rated as "A" slopes which are considered to be potentially hazardous, while a total of seven are rated as "C" slopes which pose no danger. In placing a slope into a "B" category, it is considered that they are not as prone as A slopes to create a danger and a total of nine B slopes are detected. The detailed rating is accomplished for these nineteen "A" slopes and as a result of the scorings, it has been seen that the final RHRS scores range from 164 to 591. The slopes with scores over 300 can be counted as more hazardous slopes since they get very high scores both from site and roadway geometry and geologic hazard part.

Keywords: Rock fall Hazard Rating System, Highway, Scoring, Cut slopes, Classification.

1.GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı

Karayollarını diğer mühendislik yapılarından ayıran en önemli husus yol koridoru boyunca litolojik ve mühendislik özellikleri itibariyle çok farklı jeolojik birimleri katetmesidir. Ayrıca, topoğrafya da sık sık değişmektedir. Karayollarının geometrik standartları istinat duvarı, viyadük, köprü, tünel ve şev gibi yapılarla sağlanmaktadır. Bu çalışma kapsamında, yol boyunca karşılaşılan şevlere yönelik olarak Tennessee Ulaşım Dairesi (CAIN, 2004) tarafından geliştirilen ve bu şevleri tehlike derecelerine göre sınıflandıran bir sistemden yararlanılacaktır.

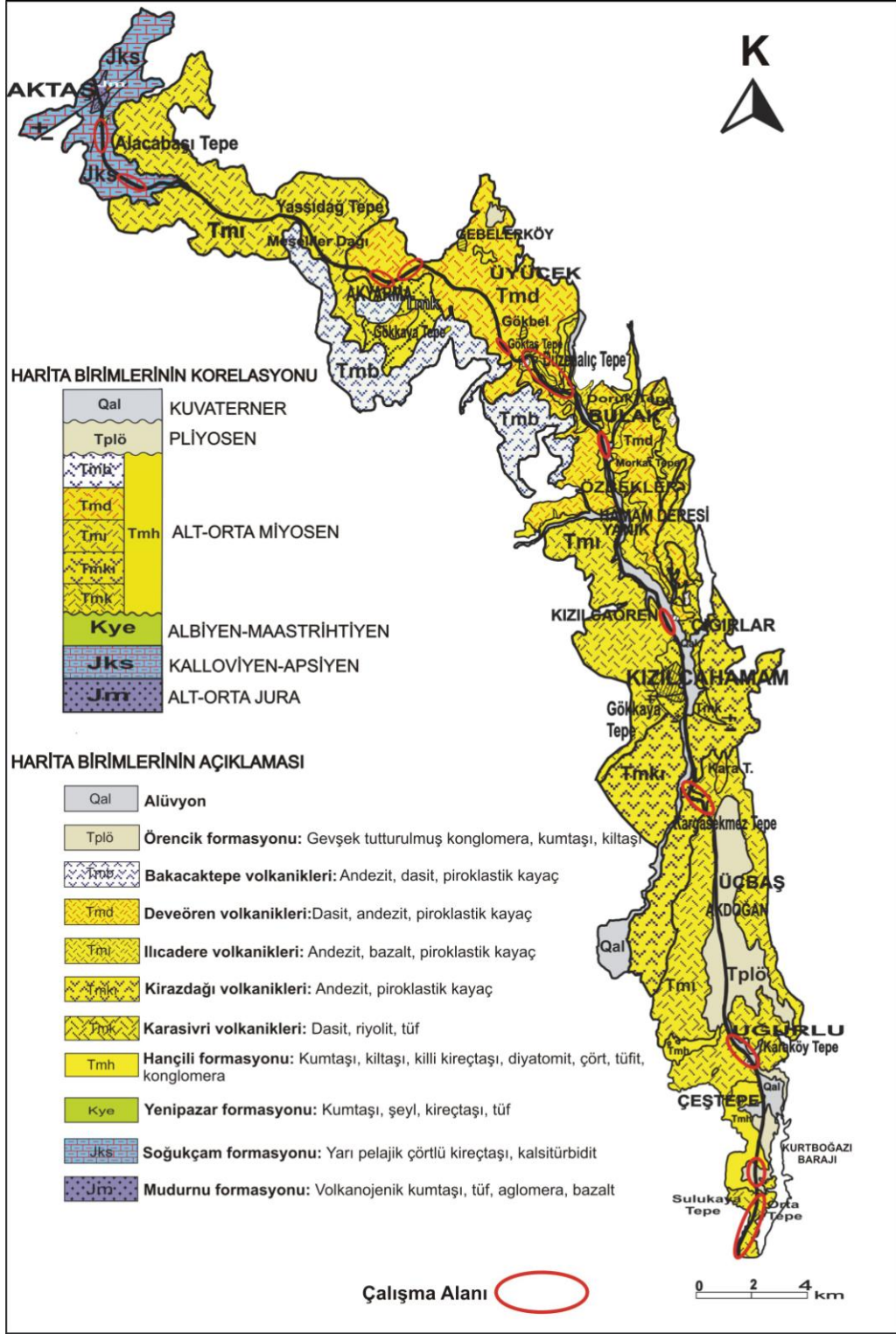
Kaya ya da zemin (toprak) şevler uzun vadede gerek deprem ve gerekse yoğun trafik akışının neden olduğu titreşimler ya da atmosferik etkilere açık olmaları nedeniyle çeşitli duraysızlıklara neden olmaktadır. Bunların yanısıra, iklim şartları da bozunma ve donma-çözülme süreçlerinde rol oynadıklarından bu duraysızlıklarda etkili olabilmektedirler. Bunların başlıcaları çalışma kapsamında uygulanacak sistemde de kullanılan ve kaya şevlerinde görülen farklı bozunmaya bağlı kaya düşmeleri, düzlemsel, kama, devrilme ve dökülme türü duraysızlıklardır. Trafik akışı ve güvenliği yönünden tehdit oluşturan bu gibi duraysızlıklara karşı iyileştirme yöntemlerinin yetersiz kaldığı durumlarda sürücüler sadece uyarı levhaları ile uyarılmaktadırlar.

Bu çalışmada, hem şev duraysızlığı türlerine hem de saha ve trafik koşullarına ilişkin çeşitli parametreleri etki derecelerine göre sayısal olarak sınıflandıran ve "Kaya Düşmesi Tehlike Sınıflandırma Sistemi" olarak adlandırılan yeni bir yöntemin kullanılması amaçlanmaktadır. Hem ulaşım kolaylığı, hem de çalışma güvenliğini sağlaması, ayrıca tipik şev duraysızlıklarının gözlenebildiği bir güzergah olması nedeniyle proje sahası olarak İstanbul'u Ankara'ya bağlayan D750 karayolunun Ankara-Gerede arasında kalan kesimi seçilmiştir. BUDETTA (2003) tarafından önerilen bu yeni yaklaşım; sadece şev duraysızlık türlerinin yaratabilecekleri tehlike derecelerine göre sınıflandırılması ve konumlarının belirlenmesiyle sınırlı kalmayıp, risk analizleri için gereksinim duyulan altyapı ve/veya veri bankasını oluşturacaktır. Bu bağlamda, çalışmanın amacı karayolu ulaşımı ve güvenliği açısından önem arzeden şev duraysızlıklarını türleri, konumları ve tehlike dereceleri itibariyle sınıflandıran bir veri bankası oluşturmaktır. Aynı zamanda envanter niteliğinde olan bu çalışma ileride yapılabilecek risk analizleri için gerekli altyapıyı da sağlayacaktır. Bu sistemin değerlendirilmesiyle yol boyunca özellikle kaya düşmesi açısından hangi kaya şevlerinden blokların düşüp düşmeyeceği ve bu blokların yola kadar gelerek seyir halindeki araçlara tehlike yaratıp yaratmayacağı gibi hususlar hakkında gerçekçi bilgiler edinilebilecektir. Bu proje kapsamında, sistemin Türkiye'de uygulanabilirliğinin ilk kez değerlendirilmesi sonucu bu çalışmanın, çeşitli kurum ve kuruluşlar tarafından gelecekte bu yönde gerçekleştirilebilecek projelere kılavuzluk etmesi beklenmektedir.

Galatya masifi olarak bilinen ve Erken-Orta Miyosen yaşlı, birbiriyle girift volkanikler, petrografik bileşimleri ve çıkış zamanları dikkate alınarak tanımlanmıştır. Bunlar alttan-üste doğru, Karasivri, Kirazdağı, Ilıcadere, Deveören ve Bakacaktepe volkanikleridir. Pliyosen yaşlı karasal-görsel çökellerden oluşan Örencik formasyonu ve Kuvaterner çökelleri en genç birimlerdir (DURU ve AKSAY, 2002). Çalışma alanına volkanik ve sedimanter kayaçlar hakim olup bölgedeki litolojik birimlerin tanımları Tablo 1.1.'de verilmiştir.

Tablo 1.1. Çalışma alanındaki litolojik birimler ve tanımları (SEVİN ve AKSAY, 2002; BİLGİNER ve diğ., 2002; DURU ve AKSAY, 2002).

Sembol	Litoloji	Tanım	Yaş
Qal	Alüvyon	Kum, silt, kil, çakıl	Kuvaterner
Tplö	Örencik Formasyonu	Gevşek tutturulmuş konglomera, kumtaşı, kiltası	Pliyosen
Tmb	Bakacaktepe Volkanikleri	Andezit, dasit, tuf, aglomera	Orta Miyosen
Tmd	Deveören Volkanikleri	Dasit, andezit, lav, tuf, aglomera	Orta Miyosen
Tmı	Ilıcadere Volkanikleri	Andezit, bazalt, piroklastik kayaç	Orta Miyosen
Tmkı	Kirazdağı Volkanikleri	Andezit, piroklastik kayaç	Erken Miyosen
Tmk	Karasivri Volkanikleri	Dasit, riyolit, tuf, aglomera	Erken Miyosen
Tmh	Hançili Formasyonu	Kumtaşı, kiltası, killi kireçtaşı, diyatomit, çört, tüfit, konglomera	Erken-Orta Miyosen
Kye	Yenipazar Formasyonu	Kumtaşı, şeyl, kireçtaşı, tuf	Albiyen-Maastrichtiyen
Jks	Soğukçam Formasyonu	Yarı pelajik çörtlü kireçtaşı, kalsitürbidit	Kalloviyen-Apsiyen
Jm	Mudurnu Formasyonu	Volkanojenik kumtaşı, tuf, aglomera, bazalt	Erken-Orta Jura



Şekil 1.2. Çalışma Alanının Jeoloji Haritası (SEVİN ve AKSAY, 2002; BİLGİNER ve diğerleri, 2002; DURU ve AKSAY, 2002.)

1.3.6. Kirazdağı Volkanikleri

Kirazdağı volkanikleri ilk kez TÜRKECAN ve diğ. (1991) tarafından adlandırılmıştır. Birim andezit ve piroklastiklerden oluşur. Pembe, siyah, gri, grimsi yeşil lavlar ince-kalın katmanlı, akma yapılı, porfirik dokulu, çatlaklı olup çatlakları silisli oluşuklar doldurmuştur. Birim Karasivri volkaniklerinin üzerindeki aglomera düzeyinin üstünde yer alır. TÜRKECAN ve diğ. (1991) tarafından K/Ar yöntemine dayanarak Kirazdağı volkaniklerinin yaşının Erken Miyosen olduğu ve karasal ortamda oluştuğu tespit edilmiştir.

1.3.7. Ilıcadere Volkanikleri

Bu birim ilk kez TÜRKECAN ve diğ. (1991) tarafından Kırışık ilçesinin batısındaki Ilıcadere de gözlenmesi nedeniyle Ilıcadere volkanikleri olarak adlandırılmıştır. Birim bazaltik ve andezitik lavlar ile aglomeralardan oluşmaktadır. Lavlar gri, siyah, kırmızı, kahverengi renklerde ve masif, bloklu biçimde görünürler. Bu lavlar bazalt ve bazaltik andezit türündedir. Aglomeralar sarı, kırmızı, gri ve kahverenginin değişik tonlarındadır. Bu birim üstten Deveören lav ve piroklastikleri ile örtülmüştür. Ilıcadere volkanikleri göreceli olarak Orta Miyosen yaşlıdır (SEVİN ve AKSAY, 2002).

1.3.8. Deveören Volkanikleri

Bu birim ilk kez TÜRKECAN ve diğ. (1991) tarafından Bolu ilinin Kırışık ilçesine bağlı Deveören köyü dolayında izlenmesi nedeniyle Deveören volkanikleri olarak adlandırılmıştır. Dasit, andezit türü lavlar ile tuf ve aglomeralardan oluşan birim çalışma alanında Üyücek doğusu ve Gökbel dolaylarında mostra vermektedir. Lavlar gri, siyah, yeşil ve kahverengi renkli olup, kimyasal analizlere göre dasitik bir volkanizma karakteri sunmaktadır. Tüfler beyaz, pembe renkli aglomeralar ise kırmızı renklidir. Deveören volkanikleri, Ilıcadere volkanikleri üzerinde Bakacaktepe lavlarının da altında yer almaktadır. Birim Orta Miyosen yaşındadır.

1.3.9. Bakacaktepe Volkanikleri

Bakacaktepe Volkanikleri ilk kez TÜRKECAN ve diğ. (1991) tarafından adlandırılmış olup andezit, tuf ve aglomeralardan oluşmaktadır. Birimde gözlenen beyaz renkli, iri feldspatlar birimin Deveören volkaniklerinden ayrılmasını sağlar. Aglomeralar gri, siyah, pembe, kahverengi renklidir. Bakacaktepe volkanikleri Deveören volkanikleri üzerinde ve uyumsuz olarak da Örencik formasyonu altında yer alır. Karasal ortamda oluşan birimin yaşı Orta Miyosen'dir.

1.3.10. Örencik Formasyonu

Çalışma alanındaki en genç çökeller bu formasyona aittir. Formasyon çalışma alanının Kurtboğazi Barajı, Çeştepe ve Uğurlu ile Kargasekmez geçiti dolaylarında mostralar vermektedir. Karasal konglomera, kumtaşı, çamurtaşı aralanmasından oluşan formasyon AYDIN ve diğ. (1987) tarafından adlandırılmıştır. Benzer kaya türleri KİPMAN (1974) tarafından Kırmacıdere formasyonu olarak tanımlanmıştır.

Örencik formasyonu, kırmızı, sarımsı kırmızı, kahve renkli konglomera, kumtaşı, çamurtaşı ardalması ile temsil edilir. Birim orta-kalın tabakalanma gösterir. Konglomeralar kötü boylanmalıdır. Üste doğru kumtaşlarına ve çamurtaşlarına derecelenme gösterir. Kumtaşı tabakalarında paralel ve çapraz laminalar sıkça gözlenir. Formasyon 50-100 m. arasında bir kalınlığa sahip olup, kendinden yaşlı tüm birimler üzerinde açısal uyumsuz olarak yer alır. Bu formasyonun kaya türü özellikleri akarsu ve göl ortamında çökelmiş olduğunu yansıtır. Stratigrafik konumuna dayanarak Pliyosen yaşı verilmiştir (DURU ve AKSAY, 2002).

1.3.11. Alüvyon

Akarsu yataklarında gelişmiş kum, silt, kil ve çakıl çökelleridir.

2. GENEL BİLGİLER

Bu çalışma, ABD'deki Tennessee Ulaşım Dairesi tarafından "Kaya Düşmesi Tehlike Yönetimi Sisteminin" (ROSE, 2005) bir parçası olarak geliştirilen "Kaya Düşmesi Tehlike Sınıflandırması" adlı sistemin Türkiye'de değerlendirilmesiyle ilgilidir. Çalışma kapsamında, ulaşım firmaları tarafından dünya çapında kullanımlarının giderek arttığı kaya düşmesi tehlike sınıflandırma sistemlerinin çeşitli modellerine ve bunların gelişimlerine ilişkin detaylı bir literatür taraması yapılmıştır.

Karayolları boyunca kaya şevlerinde meydana gelen duraysızlıklar önemli derecede can ve mal kayıplarına yol açabilmektedirler. Özellikle dağlık bölgelerde karayolu ve trenyolu yapımı projelerinde karşılaşılan zorluklar jeoloji ve jeoteknik mühendislerini bazı çalışmalar yapmaya sevk etmiştir. Bu çalışmalara zemin teşkil eden zorluklar ise güzergah boyunca yer alan her bir şevin duraylılığının değerlendirilmesi için yeterli ve verimli bilgiyi, bu tip projelerin oldukça uzun güzergahlarda gerçekleştirilmesinden dolayı elde etmedeki zorluklardır. Sonuç olarak, bir karayolu çalışmasında yol yarmalarından hangilerinin can ve mal güvenliğine en büyük tehdidi oluşturacağını tespit edip buna göre çalışmalara devam edilmesini sağlayan bir sisteme ihtiyaç duyulmuştur. Karayolu mühendislerinin çalışmalarında kullanmak üzere yararlandığı pek çok sistem olmasına rağmen bunların çoğu, büyük ölçekteki projeler için teknik açıdan zahmetli ve sebep oldukları zaman kaybı nedeniyle de pratik görülmemektedirler. Kaya Kalite Göstergesi (RQD) Sınıflaması ve Kaya Kütle Kalitesi (Q) şevin teknik açıdan çalışılmasını ve sondaj yapılmasını gerektiren örnekler olarak sayılabilir (WALTHAM, 1994). Ürdün hükümeti kendi karayolu ağlarında iyi sonuç veren ve Q (BARTON ve diğerleri, 1974), sismik risk, şev geometrisi, yağış ve drenaj verilerine dayalı bir değerlendirme sistemi kullanmıştır (AL-HOMOUD ve TUBEILEH, 1997). Bu değerlendirme sistemleri oldukça yararlı olmalarına rağmen genelde pratik olarak kabul edilmemektedirler. Kaya düşmesi tehlikelerine karşı ABD'nin farklı eyaletlerindeki çeşitli ulaşım müdürlükleri, Kanada, Avustralya ve daha pek çok yerdeki araştırmacılar gözleme dayalı ve basit hesaplamalarla uygulanabilen sınıflandırma programları üzerinde çalışmışlardır. Bu çalışmaların sonucu olarak, tehlike yaratabilecek şevlerin en az zamanda ve en az masraf ile tespit edilip sınıflandırılmasını sağlayan bir "Kaya Tehlike Sınıflandırma Sistemi (RHRS)" geliştirilmiştir (SZWILSKI, 2002).

Araştırmacılar, bu sistemi çeşitli ulaşım koridorlarında karşılaşılan durumlara göre değiştirerek çok büyük gelişmeler kaydetmişlerdir. Bu sistemin kaya şevlerinin ileriye yönelik denetlemeleri için de değerli bir araç olacağı düşünülmektedir. ROSE (2005)'e göre, araştırmacıların iyileştirme çalışmalarını planlarken kaya düşmesi açısından en yüksek potansiyele sahip olan kaya şevlerinin belirlenmesi ve bunlara öncelik tanınması bu sistemin kullanımındaki en önemli unsurdur. Ayrıca, kaya tehlike sınıflandırma sisteminin zamanla problemleri kaya şevlerinde kullanılan farklı iyileştirme yöntemlerinin verimliliği ve maliyetlerin takibinde kullanılabileceği de düşünülmektedir.

Kaya düşmesi, kaya kütesinden kopan kaya bloklarının serbest düşme, sıçrama, yuvarlanma veya kayma ile hareketlerini ifade eder (RITCHIE, 1963). Karayolları boyunca yol yarmalarında meydana

gelen kaya düşmeleri sonucunda düşen kayaların yola kadar gelmeleri sürücüler açısından tehlike oluştururlar. Kaya düşmesi şev duraysızlığı sınıflaması için VARNES (1978) tarafından önerilen ve günümüzde en yaygın olarak kullanılan sınıflama içinde yer almaktadır. Kaya düşmesi ve kaya kayması orjinal (VARNES, 1978) ve güncellenmiş (CRUDEN ve VARNES, 1996) sınıflama sistemlerinde heyelan türleri olarak yer almakla beraber; terim olarak “kaya” malzemenin türünü, “düşme ya da kayma” ise hareketin türünü ifade etmektedir. İşlevsellik bakımından eyalet ulaştırma acentaları ve Federal Karayolları Yönetimi (Federal Highways Administration-FHWA) karayollarını etkileyen ve kaya şevlerinde gelişen duraysızlıkları ifade etmek için daha basit bir terminoloji benimsemişler ve kaya düşmesi terimini kullanmışlardır. Bu kullanım farklı eyaletler tarafından uygulanan kaya düşmesi tehlike sınıflandırma sistemlerinde de süreklilik kazanmış olmakla beraber bu eyaletlerin bazıları Oregon (PIERSON, 1992); Utah (PACK ve BOIE, 2002); New Hampshire (FISH ve LANE, 2002); New York (HADJIN, 2002); Washington (HO ve NORTON, 1991); Tennessee (BATEMAN, 2002; BELLAMY ve diğerleri, 2003; VANDEWATER ve diğerleri, 2005), ve Missouri (MAERZ ve diğerleri, 2005)'dir.

Çoğu araştırma yerel şev sorunlarının çözümünü ve iyileştirilmelerini konu almaktadır. Oysa ki, şehirlerarası ulaşım hatları (karayolları, demiryolları) boyunca karşılaşılan çeşitli şev hareketleri çoğu kez ikinci derece öncelikli gibi algılanmakta, mümkün olduğunca en ekonomik çözümler ile çoğu yerde kısa vadeli önlemler ile yetinilmektedir. Kalıcı önlemler yerine uyarı levhaları ile sürücülerin dikkati çekilmektedir.

Dağlık arazilere sahip eyaletler ya da bölgelerde ulaşım birimleri tarafından geçmişte yapılan çalışmalar yalnızca şev duraysızlığının hemen sonrasında şevleri iyileştirmeye yönelik olup bu yaklaşımın iyileştirme masraflarının planlanması ve buna ilişkin bütçe ayrılmasını zorlaştırdığı görülmüştür. Şevleri yalnızca duraysızlıktan sonra iyileştirme yaklaşımı, ulaşım güzergahları boyunca yer alan pek çok kaya şevi için güvenlik önlemleri alınamamasına, doğrudan ya da dolaylı olarak, can ve mal kaybına neden olan durumlarda ise ulaşım birimlerinin yasal bakımdan zorlu süreçlere maruz kalmalarına sebep olmaktadır. ROSE (2005)'e göre, ulaşım alt yapı sistemlerinin bakımı için planlı ve devamlılığı olan, tarafsız, güvenilir ve tutarlı bir sistem ile potansiyel tehlike yaratabilecek şevlerin iyileştirilmesine öncelik verilmelidir.

Karayolu ulaşımında öncelik yol güvenliğidir. Seyir halindeki araçlar için, öngörülen hız sınırları içinde bile, yol şeridi üzerindeki kaya bloklarının ne derece tehlikeler yarattığı bilinmektedir. Bu bağlamda, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojisinin yaygın kullanımı şevler ile ilgilenen çoğu araştırmacıların kaya ya da toprak şevlerde “duyarlılık, tehlike ya da risk haritaları” konularına olan ilgisini artırmıştır. Kaya düşmesi tehlikelerine yönelik öncü çalışmalardan bazıları RITCHIE (1963), BRAWNER ve WYLLIE (1975), GOODMAN ve BRAY (1976), HOEK ve BRAY (1981), WYLLIE (1987), HUNGR ve EVANS (1989), BADGER ve LOWELL (1992) örnek olarak gösterilebilir.

Günümüzde “Kaya Düşmesi Tehlike Sınıflandırma Sistemi (Rockfall Hazard Rating System-RHRS)” uluslararası literatürde önemli bir yere sahip olmuş ve son yirmi yılda oldukça gelişmiştir (WYLLIE, 1987; PIERSON, 1992; PACK ve BOIE, 2002; FISH ve LANE, 2002; HADJIN, 2002; HO ve NORTON, 1991; BELLAMY ve diğerleri, 2003; BATEMAN, 2002; FRANKLIN ve SENIOR, 1987; BUDETTA, 2004; McMILLAN ve MATHESON, 1998, KO-KO ve diğerleri, 2004). Pek çok araştırmacının kaynağı Federal Karayolları Yönetimi'nin (Federal Highways Administration-FHWA) Oregon Ulaşım Müdürlüğüne sağlamış olduğu veri akışı ile 1993'de tamamlanmış ve büyük ölçüde kabul görmüş Kaya Düşmesi Tehlike Sınıflandırma Sistemi'dir.

Oregon RHRS, BRAWNER ve WYLLIE (1984) ve (PIERSON ve VAN VICKLE, 1993'den sonra) tarafından daha sonra yapılan bir çalışmanın geliştirilmesinin ürünüdür. Daha kapsamlı bilgi için aşağıda birkaç farklı eyalet tarafından geliştirilmiş Kaya Düşmesi Tehlike Sınıflandırma Sisteminin ana hatları örnek olarak verilmiştir.

(1) Oregon Ulaşım Müdürlüğü (Oregon Department of Transportation-ODOT) 80'lerin sonunda kaya düşmesi bakımından potansiyel olarak tehlikeli görülen sahalara öncelik verilerek değerlendirilmelerinin yapılması için sayısal bir sınıflandırma sistemi geliştirmeye gerek duymuş ve konuya ilişkin literatür taramasını takiben BRAWNER ve WYLLIE (1984)'nin bir çalışması yeniden gözden geçirilmiştir. Bu çalışma, bir kaya düşmesi olayının potansiyel ve beklenen etkilerine göre şevlerin A,B,C,D ya da E gibi kategoriler altında gruplandırılarak sınıflandırılması ve puanlanması yönündeki kriterleri ve yöntemleri kapsamaktadır. Bu yaklaşımın ışığında Oregon RHRS'in geliştirilmesinde görevli mühendisler kaya düşmesinin görülebileceği şevlerin ilksel olarak sınıflandırılması için benzer bir yöntem kullanmışlardır. WYLLIE (1987) tarafından gerçekleştirilen bir çalışma sonucunda ise kaya düşmesinin görülebileceği sahalara için farklı kategoriler altında, üstel bir puanlama sistemine göre yapılan bir değerlendirme ve puanlama sisteminin oluşturduğu daha detaylı bir sınıflandırma geliştirilmiştir. Bu gelişme de Oregon RHRS'in esas modelini oluşturmuştur (PIERSON, 1992). Bu çalışmaların ışığında, bazı değişikliklerle beraber bir sınıflandırma tablosu ve üstel puanlama sistemi uyarlanmıştır.

ROSE (2005)'e göre, Oregon sistemi potansiyel kaya düşmesi olaylarının yaşanabileceği sahalara nasıl belirlenmesi, değerlendirilmesi ve iyileştirilmesi gerektiğine ilişkin getirdiği yenilikler sonucunda hızlı değerlendirme, önceliklendirme ve olay öncesi müdahale üzerinde odaklanmış ileriye yönelik kaya düşmesi yönetim modellerinin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bu sistem üç ana adım ile uygulanmaktadır. Bu adımlar; şev incelemesi, ilksel sınıflandırma ve ayrıntılı sınıflandırma şeklindedir.

Şev İncelemesi: Şev incelemesi kaya düşmesinin gerçekleşebileceği lokasyonların ve şevlerin sayısının kesin olarak belirlenmesini sağladığı için RHRS'nin en temel prensibidir. Oregon RHRS'ye göre kaya düşmesinin bir şevde titizlikle belirlenmesi önemlidir. Karayolunda bir şevde devamlılık gösteren bir eksen boyunca kaya düşmesinin oluşma şekillerinin ve olduğu yüksekliklerin aynı olduğu kesim bir kaya düşmesi kesitidir. Farklı yol yarmalarını bir grupta incelemek elde edilecek

değerleri ve sonuçta oluşan veri tabanının esnekliğini azaltacaktır (PIERSON, 1992). Karayollarının bakımında görevli olan personelin bir yol yarmasındaki kaya düşmesi tarihçesi hakkında sınıflandırmayı yapacak kişiye bilgi vermesi gelecekte meydana gelebilecek olası kaya düşmesi aktivitesi için fikir sahibi olunmasını sağlayacaktır.

İlksel Sınıflandırma: Oregon RHRS'ye göre, ikinci adım olan ilksel sınıflandırmanın amacı gözlemler sırasında kaya düşmesinin görüldüğü yol yarmalarını üç ayrı kategoride gruplamaktır (Tablo 2.1.). Bu sınıflama kaya düşmesi potansiyelinin öznel bir değerlendirmesi şeklinde olup deneyimli bir personelin yargılarını gerektirir. Kliche (1999), ilksel sınıflandırmada anahtar faktörün düşen kayanın yola ulaşma olasılığına karşılık gelen "risk" kavramı olduğunu iddia etmiştir.

Tablo 2.1. İlksel Oregon Sınıflama Sistemi (PIERSON, 1992).

SINIF KRİTER	A	B	C
Kayanın yola gelme potansiyelinin tahmini	YÜKSEK	ORTA	DÜŞÜK
Kaya düşmesi tarihçesi	YÜKSEK	ORTA	DÜŞÜK

A-C sınıflaması saha gözlemleri sonucunda kaya düşmesinin görülebileceği alanlarda bu aktivitenin yaratacağı tehlike durumlarına göre şevlere yüksekten düşüğe doğru kriter ataması şeklinde gerçekleştirilir. Bu sınıflama süresince kaya düşmesi sahasının yola kadar gelebilecek bloklardan oluşup oluşmaması durumu en önemli kriter olarak göz önüne alınır. Eğer kaya düşer ve yola ulaşırsa bu kaya düşmesi alanı A-sınıfı olarak atanır. Kaya düşmesinin en tehlikeli olduğu alandan en az olduğu alana doğru yüksekten orta orana olmak üzere A'dan B'ye bir sınıf değişimi olacaktır. Herhangi bir risk taşımayan alanlara ise düşük oranı ifade eden C-sınıfı atanacaktır.

Söz konusu sahada göz önüne alacak çok sayıda şevin olması durumunda ilksel sınıflandırma çok kritik bir adım haline gelmektedir. İlk olarak yalnızca A-sınıfı şevler ayrıntılı sınıflandırma sistemi ile değerlendirilerek çalışmaların en kritik alanlara yönlendirilmesi sağlanır. B-sınıfı şevler zamanın ve bütçenin elverdiği durumlarda değerlendirilmelidir. C-sınıfı şevler ise dikkate alınmayarak RHRS veri tabanına dahil edilmezler (PIERSON, 1992).

Ayrıntılı Sınıflandırma Sistemi: Ayrıntılı sınıflandırma kaya düşmesi tehlike sınıflandırma sisteminin üçüncü adımıdır ve on kategoriden oluşur. Bunlar; şev yüksekliği, hendek etkinliği, araç risk ortalaması, blok algılama mesafesi yüzdesi, jeolojik karakter, blok boyutu ya da kaya düşmesi miktarı,

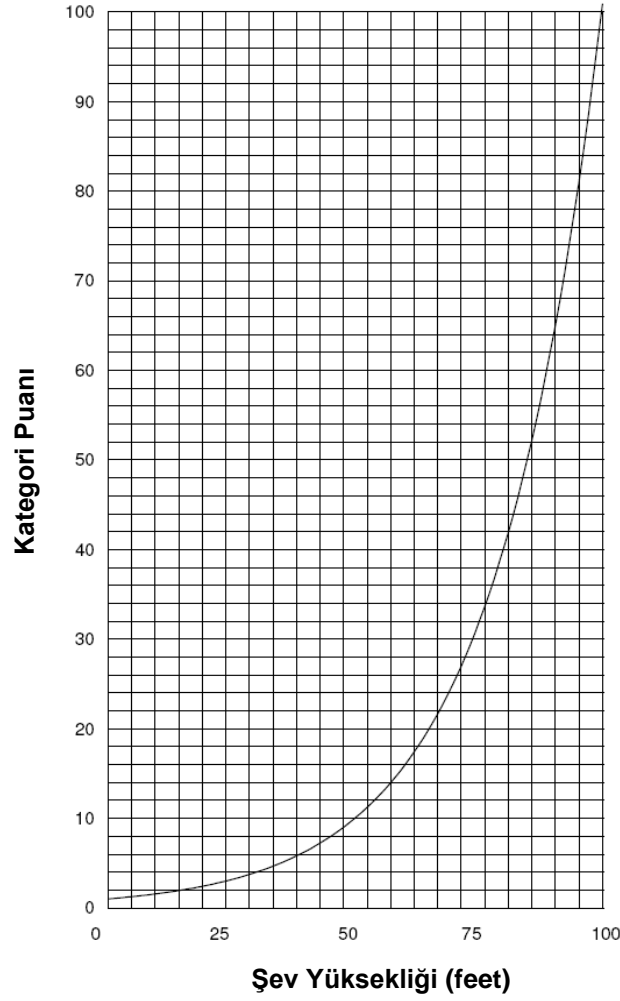
iklim ve şevdeki su durumu, kaya düşme tarihçesi (Tablo 2.2.). Bu parametreler kaya şevlerini en azdan en yüksek derecede tehlikeli olana göre sayısal olarak ayırt etmek için değerlendirilir, puanlandırılır ve toplanır. Bu sınıflandırma sistemine göre, kaya düşme oluşum riski arttıkça şevlere daha yüksek puanlar atanır.

Tablo 2.2. Oregon Kaya Düşmesi Tehlike Sınıflandırma Sisteminin Puanlama Tablosu (PIERSON, 1992)

KATEGORİ			SINIFLAMA KRİTERİ VE PUANLAMA			
			3 PUAN	9 PUAN	27 PUAN	81 PUAN
ŞEV YÜKSEKLİĞİ			25 ft	50 ft	75 ft	100 ft
HENDEK ETKİNLİĞİ			İyi	Orta	Sınırlı	Hendeksiz
ARAÇ RİSK ORTALAMASI			% 25	% 50	% 75	% 100
BLOK ALGILAMA MESAFESİ YÜZDESİ (GÖRÜŞ UZAKLIĞI)			Uygun saha uzaklığı, 100% düşük tasarım değeri	Orta saha uzaklığı, % 80 düşük tasarım değeri	Sınırlı saha uzaklığı, % 80 düşük tasarım değeri	Çok sınırlı saha uzaklığı, %40 düşük tasarım değeri
BANKETLE BERABER YOL GENİŞLİĞİ			44 ft	36 ft	28 ft	20 ft
JEOLOJİK KARAKTER	DURUM 1	YAPISAL DURUM	Süreksiz eklemler, uygun yönelimli	Süreksiz eklemler, rassal yönelim	Süreksiz eklemler, olumsuz yönelimli	Sürekli eklemler, olumsuz yönelimli
		KAYAÇ İÇSEL SÜRTÜNMESİ	Pürüzlü, düzensiz	Dalgalı	Düzlemsel	Kil dolgulu, kaygan
	DURUM 2	YAPISAL DURUM	Birkaç farklı erozyon oluşumları	Yer yer izlenen erozyonel oluşumlar	Yoğun erozyonel oluşumlar	Başlıca erozyonel oluşumlar
		EROZYON ORANINDAKİ FARK	Az fark	Orta fark	Büyük fark	Aşırı fark
BLOK BOYUTU			1 ft	2 ft	3 ft	4 ft
KAYA DÜŞMESİ MİKTARI/OLAY			3 yd ³	6 yd ³	9 yd ³	12 yd ³
İKLİM VE ŞEVDEKİ SU DURUMU			Düşük-orta-yağış; donma yok, şevde su yok	Orta yağış ya da kısa donma süreci, şevde kısmi ıslaklık	Yüksek yağış ya da uzun donma süreci, şevde sürekli ıslaklık	Yüksek yağış ve uzun donma süreci ya da şevde sürekli ıslaklık
KAYA DÜŞME TARİHÇESİ			Birkaç kaya düşmesi	Yer yer kaya düşmeleri	Çok sayıda kaya düşmesi	Sürekli kaya düşmeleri

Tablo 2.2.'de görüldüğü üzere, "sınıflama kriteri ve puanlama" başlığı altında her kategoriye bağlı olarak, artan risk unsurlarına karşılık gelen puanlamalar görülmektedir. Bu puanlar soldan sağa doğru üstel olarak 3'den 81'e kadar bir artış göstermektedir. Üstel bir sistem puanlarda hızlı bir artış sağlar ve böylece daha tehlikeli olan sahalara ayırt edilmiş olur (PIERSON, 1992). RHRS her kategori için bir puanlama grafiğinden oluşur. PIERSON (1992)'ye göre $y=3^x$ fonksiyonundan oluşturulan grafikteki eğri (Şekil 2.1.) her kategori için kullanılan üstel puanlama sistemini tanımlamaktadır. Kategori puanları

benzer eğrilerle aşağıda verilen formüllerde (Tablo 2.3.) x'i temsil eden değerlerle hesaplanabilir. Bu grafik kategori değerlendirmesini uygun puanlarla ilişkilendirir. Hendek etkinliği gibi öznel kategorilerde bile tanımlanan kriterler arasında kalan durumlara puan atamada bu grafik oldukça kullanışlıdır. Ölçülebilen kategoriler için tam puanlamalar $y=3^x$ fonksiyonundaki "x" değerinin hesaplanması ile yapılabilir. Üstel değerlere karşılık gelen formüller Tablo 2.3.'de verilmiştir.



Şekil 2.1. Örnek Puanlama Grafiği (PIERSON, 1992)

Tablo 2.3. Üstel Formüller (PIERSON, 1992)

Şev Yüksekliği	$x = \text{şev yüksekliği (ft)} / 25$
Araç Risk Ortalaması	$x = \% \text{zaman} / 25$
Görüş Uzaklığı	$x = (120 - \% \text{ Görüş uzaklığı algılama}) / 20$
Yol Genişliği	$x = (52 - \text{Yol genişliği (ft)}) / 8$
Blok Boyutu	$x = \text{Blok boyutu (ft)}$
Hacim	$x = \text{Hacim (ft}^3) / 3$

Bu çalışma kapsamında değerlendirilecek olan method ve RHRS'ye benzer yaklaşımlar 1993 yılında Ulusal Karayolları Enstitüsü (National Highway Institute-NHI) tarafından yapılan çalışmaların bir parçasıdır. Oregon, Arizona, California, Idaho, Massachusetts, New Hampshire, New Mexico, Ohio, Washington ve Wyoming gibi Amerika'nın çeşitli eyaletleri 1993'den günümüze kadar kendi sınıflandırma sistemlerini oluşturmuşlardır.

(2) Washington Eyaleti Ulaşım Müdürlüğü (WASHDOT) tarafından 1993 yılında duraysız şevlere yönelik önleyici tedbirler yaklaşımının (HO ve NORTON, 1991) bir parçası olan "Duraysız Şev Yönetimi Sistemi (USMS)" geliştirilmiştir. USMS onbir farklı parametreden oluşur: zemin/kaya türü, ortalama günlük trafik, görüş uzaklığı algılama, duraysızlığın yola etkisi, yol empedansı, araç risk ortalaması, yol kaplama hasarı, duraysızlık sıklığı, yıllık bakım masrafları, ekonomik faktör, son on yıldaki kazaların sayısı (LOWELL ve MORIN, 2000). USMS bu onbir risk faktörüne Oregon sisteminde olduğu gibi üstel olarak artan 3, 9, 27 ve 81 puanlarını atar.

(3) Oregon RHRS'yi Ontario eyaleti için uyarlarlarken sisteme beş yeni faktör eklenmiş ve var olanlar dört faktör altında yeniden tanımlanmıştır. Bu faktörler, duraysız kaya miktarı, duraysızlık derecesi, yola ulaşım, önem derecesi şeklinde olup "Birincil Tarama" bu dört faktöre karşılık gelen soruları cevaplandırarak yapılır (FRANKLIN ve SENIOR, 1997).

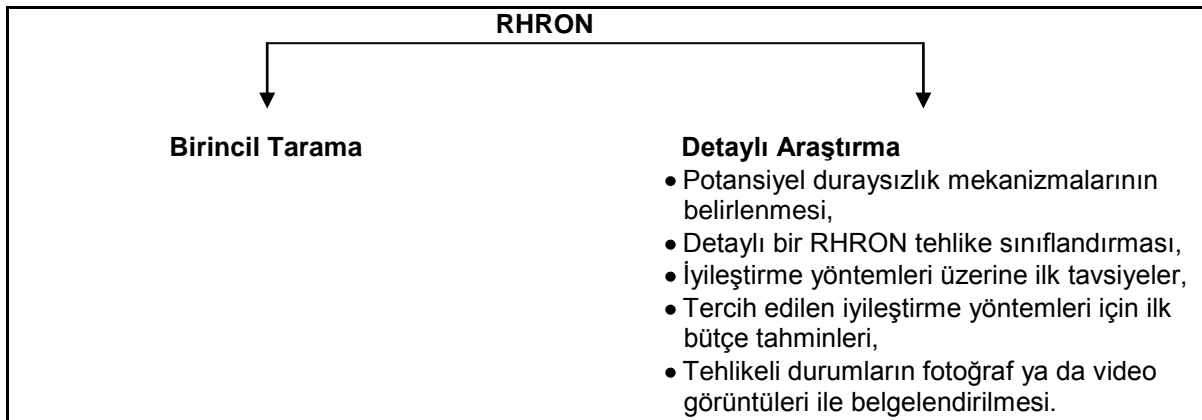
"F1 Magnitude" duraysız olan kayanın miktarı,

"F2 Duraysızlık" ne kadar zamanda ve sıklıkta kayanın düşeceği,

"F3 Reach" kayanın yola gelme olasılığı ve yolun ne kadarının düşen kayalar tarafından bloke edildiği,

"F4 Consequences" yoldaki tıkanıklığın sonuçlarının ne kadar ciddi olacağı şeklinde tanımlanmaktadır.

Bu faktörler 0-9 arası bir ölçekte puanlandırılır ve bu puanların ortalaması alınarak yüzde cinsinden ifade edilir (FRANKLIN ve SENIOR, 1997). Sonuçta detaylı sınıflandırma gerektiren "A sınıfı" sahaların tespit edilmesi sağlanmış olur. Şekil 2.2. RHRON sisteminin basamaklarını göstermektedir.



Şekil 2.2. RHRON aşamaları (Franklin and Senior, 1997'den derlenmiştir).

Diğer sınıflandırma sistemlerinden farklı olarak RHRON sistemi yeni ölçütlerle bazı değişiklikler içermektedir. RHRON için geliştirilen parametrelerden bazıları şöyle sıralanabilir: duraysız kaya miktarı, şev yüzeyinin gevşekliği, kret açısı (şev yüksekliğinin hendek ve banket genişliğine oranı) ve yola taşma (kaya düşmesi sonucunda yolun ne kadarının bloke edileceğinin tahmini) olarak düşünülebilir. Orjinal parametrelerin birçoğu yeniden tanımlanmıştır. Örneğin, “durability-dayanımlılık” (erozyon oranlarındaki farklılık) erozyon oranlarının önceden tahminini sağlayan “slake-durability index” şeklinde tanımlanmıştır (FRANKLIN, 1983; SHAKOOR VE RODGERS, 1992).

RHRS ve RHRON kullandıkları duraysızlık mekanizmaları bakımından önemli bir farklılık göstermektedir. RHRS sistemi döküntü şeklinde gelişen duraysızlıkları (kayma) olarak değerlendirirken RHRON sistemi döküntü, kayma ve erozyon türleri şeklinde üç ayrı kategori altında değerlendirmeler yapar. Döküntü ve kayma çok farklı kaya kütlesi karakteristiklerine bağlı olarak geliştikleri için RHRS'nin duraysızlık mekanizmalarına yaklaşımı uygun görülmemiştir (FRANKLIN ve SENIOR, 1997). RHRON RHRS'nin geliştirilmiş modeli olmasına rağmen diğer pek çok sistemde de görülen bazı kısıtlamaları vardır. Youssef ve diğ., (2003)'e göre tüm sistemlerin kısıtlamaları genel olarak aşağıdaki gibidir.

- a.** Bu sistemler düzlemsel, kama ve devrilme türü yenilmeler için kolayca kullanılabilirken diğer yenilme türleri için kullanışlı değildirler.
- b.** Bunlardan bazıları yalnızca jeolojik faktörleri dikkate alarak yenilme sonuçlarını ise gözardı etmektedirler.
- c.** Duraylı şevleri duraysızlardan ayırt etmek sistem kapsamında yapılan saha incelemesi aşaması ile oldukça zordur.
- d.** Oregon kaya düşmesi tehlike sınıflandırma sistemi yalnızca yüksek yol yarmalarına duyarlıdır.
- e.** Ontario RHRON sisteminde risk faktörleri ile sonuç faktörleri arasında gerçek bir fark yoktur. Bu kadar çok sayıda faktör için ölçümler yapmak zaman kaybıdır. Bazı faktörler laboratuvarında test edilmelidir ve bu da ek para ve zaman kaybı demektir.

Yukarıda bazı sistemlerin prensiplerinden kısaca bahsedilmiş olup aralarındaki farklılıklara dikkat çekilmiştir. Literatürde geniş yere sahip olan bu sistemlerin prensipleri araştırmacılar tarafından uygulandıkları alanlara göre değiştirilmiş ya da geliştirilmiş olabilirler. Genelde dağlık arazilerin kaya düşmelerine daha eğilimli olmasından yola çıkarak geliştirilen sistemlere dağlık olmayan bölgeler için geliştirilen sistemler ve yeni yaklaşımlar da eklenebilir. Örneğin, Ohio Ulaşım Müdürlüğü (ODOT) tarafından geliştirilen ve farklı bozunmaya bağlı kaya düşmeleri için getirdiği yaklaşımlarla önem taşıyan sistem bunlardan biri olarak kabul edilebilir. Bu çalışma kapsamında değerlendirilecek olan Tennessee Kaya Düşmesi tehlike sınıflandırma sistemi ve neden bu sistemin tercih edildiğine dair bilgiler ise bir sonraki bölümde ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. GİRİŞ

Bu bölümde çalışma kapsamında değerlendirilecek olan Tennessee Kaya Düşmesi Tehlike Sınıflandırma Sisteminin (CAIN, 2004) prensipleri anlatılmaktadır. Tennessee RHRS'nin avantajlarına da dikkat çeken bu bölüm söz konusu çalışma alanında uyarlanmak üzere neden bu sistemin tercih edildiğini de ortaya koymaktadır.

Tennessee eyaleti kaya düşmesinin yaratacağı tehlikelerden doğan olumsuzlukları azaltmak için Tennessee Kaya Düşmesi Yönetim Sistemini (Tennessee Rockfall Management System (RMS)) geliştirmişlerdir. Tennessee Ulaşım Departmanı (Tennessee Department of Transportation (TDOT) Kaya Düşmesi Tehlike Sınıflandırma Sistemlerinin ilk aşamasını 2001 yılında Tennessee eyalet sınırları içinde kalan beş bölge arasındaki karayolu ağında yer alan bütün tehlikeli kaya şevlerini tehlike derecelerine göre sınıflandırarak uygulamaya başlamışlardır. Ekim 2002'de ise geriye kalan yetmiş iki bölgedeki tüm kaya şevlerini kapsayan bir çalışma başlatılmış ve bu çalışma büyük oranda tamamlanmıştır. Tennessee Kaya Düşmesi Tehlike Sınıflandırma Sistemi (RHRS), kişisel sayısal asistan (PDA) (BELLAMY ve diğ., 2003) ve genişletilmiş web-tabanlı bir GIS veritabanı kullanarak dijital veri toplanmasını sağlayan (ROSE ve diğ., 2003) daha geniş kapsamdaki Kaya Düşmesi Yönetim Sisteminin bir parçasıdır.

Tennessee RHRS, Tennessee eyaleti karayolu ağında yer alan tüm tehlikeli şevlere ilişkin bilgileri kapsayan bir geospatial veritabanı olan Tennessee Kaya Düşmesi Yönetim Sistemine (RMS) bilgi sağlamak amacıyla tasarlanmıştır (BATEMAN, 2001). Gelişimine ve uygulanmasına 2000 yılından itibaren TDOT tarafından fon ayrılan bu sistem kaya düşmesi tehlikesi ve riskine karşılık iyileştirme yöntemlerinin tespit edilmesine olanak sağlar ve envanter niteliği taşıır (BATEMAN, 2002; BELLAMY ve diğ., 2003; ROSE ve diğ., 2003). Hendek etkinliği kayanın yola gelmesini engelleyecek anahtar faktör olarak ortaya çıkmış olup (RITCHIE, 1963) bu tür çalışmalarda önem kazanmaya başlamıştır. Diğer önemli faktörler şev yüksekliği, yol genişliği, hendek genişliği, araç ortalama hızı, (görüş alanı), günlük araç sayısı şeklindedir (NHI, 1993).

Tennessee RHRS National Highway Institute's RHRS (Ulusal Karayolu Enstitüsü Kaya Düşmesi Tehlike Sınıflandırma Sisteminin) (NHI, 1993) geliştirilmiş bir formudur. Bu sistem herhangi bir karayolu boyunca yer alan kaya şevlerini kaya düşmesi tehlikesine karşın bir süreklilik ve tekrar edilebilirlik ile sınıflandırmada yardımcıdır (CAIN, 2004). Tennessee RHRS iki esas bileşeni dikkate alarak uygulanır: 1) Saha ve yol geometrisi, 2) Jeolojik Karakterizasyon.

NHI (1993) ve Tennessee RHRS arasındaki temel fark jeolojik karakterizasyon alanındadır (VANDEWATER, 2002). Ayrıca saha ve yol geometrisi alanında ve özellikle bu kapsamda yer alan hendek etkinliğine ve nasıl tanımlandığına karşılık gelen değişiklikler de yapılmıştır (CAIN, 2004).

Jeolojik karakter aynı zamanda söz konusu bir kaya şevinde hakim olan yenilme modunu da kontrol etmektedir. NHI (1993) sistemi gibi diğer kaya düşmesi tehlike sınıflandırma sistemlerinden farklı olarak Tennessee RHRS potansiyel yenilme türünü belirler. Tennessee sistemi kapsamında düzlemsel, kama türü, devrilme türü yenilmeler ile farklı bozunmaya bağlı kaya düşmeleri ve döküntüler değerlendirilmektedir (BATEMAN, 2002; VANDEWATER ve diğ., 2005). Tennessee RHRS'nin NHI (1993) sisteminden jeolojik değerlendirmeler bakımından ayrıldığı bir diğer nokta ise NHI (1993)'de yalnızca en kötü durum sınıflandırılırken Tennessee sisteminin bir şevde çoklu yenilme türlerinin de değerlendirilmesine olanak sağlamasıdır. Tennessee eyaleti karayolu ağında tehlike sınıflandırmasında görev alan araştırma grubu çalışma alanının çok farklı bir jeoloji sunduğunu gözlemlemiş olup bu durum araştırmacıya çok farklı alanlarda değişik litolojilere sahip şevlerin ve pek çok yenilme türünün tespit edilmesine olanak sağlamıştır (CAIN, 2004).

Daha önce belirtilen sistemler arasından Tennessee sisteminin seçilerek bu projede değerlendirilmesinin başlıca nedeni jeolojik karakterizasyona yönelik çalışmalarla şev duraysızlıklarının çeşitli parametrelere göre puanlanmasına olanak tanımış olmasıdır. Ayrıca seçilen güzergahtaki şev duraysızlık türlerinin Tennessee kapsamında ele alınmış olması ve Türkiye'de proje grubunun bilgisi dahilinde ilk kez kullanılacak olması bu sistemin seçilme sebebidir. Proje, temel olarak yol, dolayısıyla sürücü güvenliğini esas almaktadır. Projenin çıktıları can güvenliğini ve ulusal ekonomiyi doğrudan ilgilendirmektedir. Bu çalışma sonunda yol güvenliğini tehdit eden şevler üzerinde yapılacak ayrıntılı değerlendirmeler bu şevler üzerinde ileride uygulanabilecek iyileştirme çalışmaları için yönlendirici olacaktır. Kaya düşmesi tehlike sınıflandırma sistemi ulaşımında can ve mal güvenliğinin sağlanmasından sorumlu olan kurumlara yol boyunca başta kaya şevleri olmak üzere şevlerin duraysızlığı hakkında verilecek kararları almada daha gerçekçi bir yol göstermesi ve kurumların şev düzenlemesi için ayırdıkları fonu nerelerde ve nasıl kullanacağına yönelik daha sağlıklı bilgiler edinmesi bakımından önem taşımaktadır.

3.2. TENNESSEE KAYA DÜŞMESİ TEHLİKE SINIFLANDIRMA SİSTEMİ

3.2.1. İlk Sınıflandırma

İlksel sınıflandırma tamamen gözleme dayalı olup kaya şevlerine yöneliktir. Bu bağlamda bölgede yapılan ön saha incelemesi sırasında çalışılacak lokasyonlar tespit edilmiş ve otuz altı adet şev üzerinde ilksel sınıflandırma yapılmasına karar verilmiştir. Bölgede yer yer zemin şevlerine rastlamakla beraber bu şevlerin sistem kapsamında tehlikeli sayılabilecek kategoriler içinde yer almadığı düşünüldüğünden dikkate alınmamışlardır. Ön saha incelemeleri sırasında tespit edilen şevlerin aynı zamanda birincil sınıflandırılmaları da yapılmıştır. Standart güvenlik önlemlerinin alınması bu tarz çalışmalarda tehlikeli şevlerin genellikle dar hendekli ve banketsiz yollarda bulunması nedeniyle önem kazanmaktadır (CAIN, 2004). Şevlerin genel tehlike değerlendirilmeleri yapılırken NHI (1993) sisteminde de olduğu gibi üç kategori şeklinde ilk sınıflandırılmaları yapılır. Bu kategoriler; yüksek (A-sınıfı), orta (B-sınıfı) ve düşük (C-sınıfı) şeklindedir (Tablo 3.1.).

Tablo 3.1. İlksel Sınıflandırma Kategorileri (NHI, 1993).

A-sınıfı:	Kaya düşme potansiyeli orta-yüksek; geçmişte kaya düşmelerine sıkça rastlanmıştır
B- sınıfı:	Kaya düşme potansiyeli az-orta; geçmişte kaya düşmelerine seyrek olarak rastlanmıştır
C- sınıfı:	Kaya düşme potansiyeli az ya da ihmal edilebilir düzeyde; geçmişte kaya düşmelerine çok az rastlanmıştır

CAIN (2004)'e göre, bu üç kategoriden sahada tanımlanması en kolay olanı C-sınıfı şevlerdir. Çoğu C-sınıfı şevin yüksekliği 3 m'den az olup genelde yatay tabakalardan oluşmaktadır ve bu tür şevlerin altında en az 1.5 m genişliğinde hendekler bulunmaktadır. WYLLIE ve NORRISH (1996) ayrıca "R-sınıfı" şevler şeklinde bir kategori daha tanımlamış olup iyileştirilmiş şevler bu sınıfa girmektedir. Kaya düşmelerine göre gerekli mühendislik önlemleri alınmış şevler olarak da tanımlanabilirler. Proje kapsamında çalışma alanı boyunca "R-sınıfı" şeve rastlanmamış olup bu kategori sınıflandırmalarda kullanılmamıştır.

Herhangi bir şevin ilksel sınıflandırmalar sonucunda "A-sınıfı" olduğuna karar verilirse, söz konusu şev için ya hemen ya da daha sonraki bir arazi çalışmasında ayrıntılı sınıflandırma yapılır. "B-sınıfı" olarak tanımlanan şevler veritabanına kaydedilir ama bu şevler için detaylı bir sınıflandırma yapılmasına gerek duyulmamaktadır. "C-sınıfı" şevler ise dikkate alınmamaktadır (CAIN, 2004).

3.2.1.1. A ve B Sınıfı Şevlerin Ayırt Edilmesi

İlksel sınıflandırma aşamasında "C" kategori şevler gibi tanımlanması genellikle daha basit ve açık olan şevlere kıyasla "A ve B" kategori şevlerin tanımlanması daha önemli bir adımdır. CAIN (2004)'e göre bir şevin hangi kategoride olduğunun ayırt edilememesi durumunda söz konusu şeve "A-sınıfı" atanması şeklindeki yaklaşım şev aslında "B" kategorisine ait ise veritabanında hataya neden olacaktır. Çalışma alanındaki (D750 Karayolu'nun Kurtboğazı Barajı-Gerede arasındaki kesimi) tipik "A-B-C" kategori şev örnekleri aşağıda verilmiştir (Şekil 3.1-3.3).



Şekil 3.1. D750 Karayolu-Azaphane Geçidi boyunca yer alan “A-sınıfı” şevlerden bir örnek. (Dar hendek yapısına ve kayaların yola gelmeye eğilimli olduğuna dikkat çekilmektedir).



Şekil 3.2. D750 Karayolu-Aktaş Köyü yakınlarında B-sınıfı şeve bir örnek.(Kaya düşmesine karşın şevin sahip olduğu ve düşen kayaları tutabilecek kapasitedeki geniş hendek yapısına dikkat çekilmektedir).



Şekil 3.3. Kurtboğazı Barajı'na bakan yüksekliği az ve kaya tutma kapasitesi yüksek hendek ve banketli "C-sınıfı" şeve bir örnek.

Tennessee RHRS A ve B sınıfı şevleri ayırt etmek için aşağıdaki sorulara yanıt arar. CAIN (2004) tarafından açıklanan bu sorular:

1. Hendek yapısı düşen kayaları tutmada yetersiz bir kapasiteye mi sahiptir?
2. Geçmişte meydana gelen kaya düşmelerinin yol üzerinde bıraktığı bir iz ya da kanıt var mı? Bu kanıtlar daha önceki kayıtlarda incelenen şevin problemlili bir alanda bulunduğu dair olabilir ya da yol üzerinde daha önce düşen kayaların bıraktığı darbe izleri olabilir. Yukarıdaki sorulardan birine "EVET" yanıtını vermek şevin "A" kategorisinde olabileceğinin bir göstergesidir. Araştırmacıların deneyimlerine göre birinci sorunun yanıtını bulmak için aşağıda verilen iki soru daha dikkate alınmalıdır.
3. Şevin, kaya düşmesi sonucunda kayanın yola gelme olasılığını arttıracak özellikleri var mıdır? Örneğin, harekete başlama koşulları, hendeği dolduma eğilimi, yuvarlanmaya yol açabilecek rampa oluşturması gibi.
4. Düşebilecek blokların olası boyutları ve potansiyel kaya düşmesi aktivitelerinin hacmi nedir?

Tennessee RHRS şev hakkındaki birincil sınıflandırmayı yaparken en iyi kararı verebilmek için yukarıdaki sorulara ek olarak Günlük Ortalama Trafik (ADT) ve Görüş Uzaklığı Algılama (DSD) gibi sahaya özgü parametreleri de dikkate almaktadır. CAIN (2004), trafik akışının yoğun olduğu anayollarda ya da eyaletler arası yollarda yer alan şevlere, günlük ortalama trafiğin fazla olmasından ve can güvenliğinin daha çok ön plana çıkmasından dolayı, "A-sınıfı" atamaya eğilimli olunması gerektiğini önermiştir. Sürücüye yol üzerindeki herhangi bir engeli (düşen bloklar) zamanında fark etmesini engelleyecek kadar kör nokta yaratan bir lokasyonda yer alan şev düşük DSD'ye sahip olup

bu tür şevler “A” kategorisi altında değerlendirilmelidir. Ön değerlendirmeler sonucu “A” kategorisine giren şevler için detaylı sınıflandırma aşamasına geçilmelidir (CAIN, 2004).

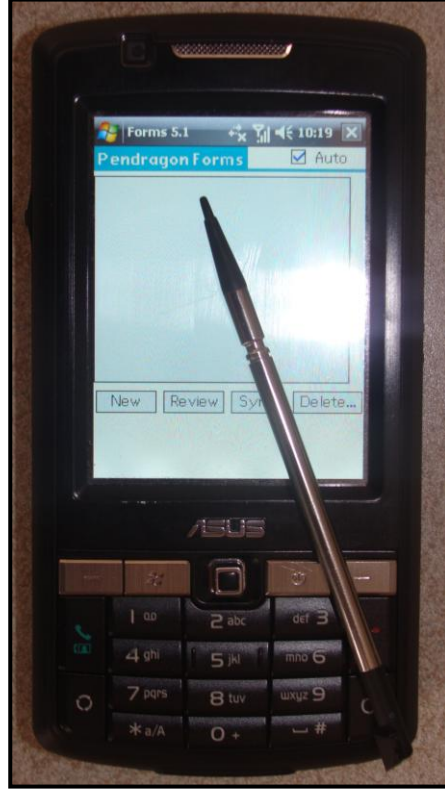
3.2.2. Detaylı Sınıflandırma

Tennessee RHRS'nin yalnızca “A-sınıfı” şevler üzerinde yapılan detaylı sınıflandırması; 1) şev ve yol geometrisi, 2) jeolojik karakter olmak üzere iki aşamada tamamlanır. Tennessee RHRS'nin detaylı sınıflandırma aşamasında her kategori ya da parametre için NHI sisteminde olduğu gibi üstel olarak artan bir ölçekte puanlama yapılır. Herhangi bir kategorinin yaratabileceği tehlike unsuru arttıkça o kategoriye verilen puan da üstel olarak artmaktadır. Böylece yüksek oranda tehlike içeren şevler daha az tehlikeli olan şevlere göre daha yüksek puanlar alırlar (NHI, 1993). Detaylı sınıflandırma için oluşturulan puanlama formları Tablo 3.2a&b'de gösterilmiş olup puanlanacak veriler tablolara manuel olarak ya da PDA (Kişisel Sayısal Asistan) cihazları için dijital formatta hazırlanmış benzer formlara girilerek yapılır.

PDA'ler için dijital veri giriş formu Pendragon yazılımı (BELLAMY ve diğ., 2002) kullanılarak hazırlanmıştır. PDA'in elle yapılan hesaplamalara nazaran pekçok avantajı olduğu bilinmektedir. Bu avantajlar arasında; veri girişi sırasında otomatik hata ve veri doğrulama kontrolü ile elle girilen verilerin ayıklanması sayılabilir. Ayrıca PDA'ler daha önce girilen verilere dayanan veri girişi istemek için otomatik bölümlenmeye izin verir ve girilen veriye göre benzersiz dosya isimleri yaratmak için kod ve programların kullanılmasına olanak tanır. Bunun yanı sıra, elle hazırlanan formlarda kullanılacak formüllerde geleneksel İngiliz ölçü birimleri (Traditional English system of units) baz alınmış olup, PDA hem SI (Uluslararası ölçü birimleri sistemi) hem İngiliz ölçü birimlerinin kullanımına olanak sağlamaktadır. Bu bağlamda pek çok verinin kısa zamanda ve hatasız şekilde veritabanına girilmesi ile tehlikenin tahminini kolaylaştırması açısından tüm dünyada yapıldığı gibi, bu projede de PDA kullanılması uygun görülmüştür.

Çalışma kapsamında ASUS P750 marka PDA (Şekil 3.4.) kullanılmış olup bu cihaza Pendragon yazılımının yüklenmesi ile saha ve yol geometrisine ilişkin parametrelerin ölçüm sonuçlarına karşılık gelen puanlar hızlı bir şekilde tespit edilebilmiştir. Bu sistem kapsamında “Araç Risk Ortalaması-AVR” gibi bazı parametrelerin bulunabilmesi için öncelikle farklı ölçümler yapmak gerekebilir. Örneğin, AVR için şev uzunluğu ve o şev için günlük ortalama trafik değeri gibi verilerin bulunması gerekmektedir. Bu verilerin tespitiinden sonra ilerleyen bölümlerde de verildiği gibi sistem tarafından geliştirilmiş bir formül ile AVR hesaplanmakta ve bulunan değere karşılık gelen tehlike puanı tespit edilmektedir. PDA gerekli ölçümlerin yapılmasından sonra bulunan her verinin otomatik olarak girişinin yapılması ile hem AVR değerini hem de buna karşılık gelen puanı en kısa zamanda ve doğru bir şekilde tespit edebilmektedir. Bu çalışma kapsamında da sağladığı kolaylıklar bakımından PDA kullanılmış olup projenin aynı zamanda model bir çalışma olmasından ve uygulanan sistemin daha iyi anlaşılması bakımından yalnızca birkaç şev için bazı hesaplamaların ve puanların tespit edilmesine ilişkin denemeler Tablo 3.2a&b'de verilen veri formları yardımı ile manuel olarak da yapılmıştır. Bu denemeler PDA

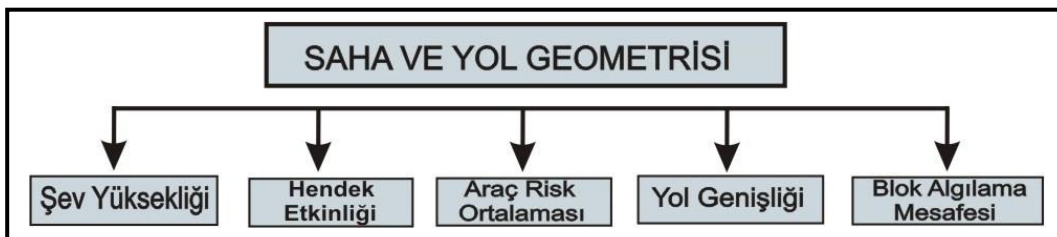
kullanımının bu tür çalışmalarda ne kadar büyük kolaylık sağlayabileceğini göstermiştir. Özellikle çok uzun güzergahlar boyunca çok sayıda şevlin sınıflandırılmasının gerektiği çalışmalarda PDA kullanımı sağladığı avantajlarla önem kazanmaktadır. Çalışma kapsamında seçilen güzergah boyunca “A-sınıfı” olan şevlerin detaylı sınıflandırmaları tamamlanmış olup bu aşamada kullanılan parametrelere ilişkin detaylı bilgiler ise bu bölümde verilmektedir.



Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan ASUS P750 marka PDA görüntüsü.

3.2.2.1. Saha ve Yol Geometrisi

Saha ve yol geometrisi beş ayrı kategori altında değerlendirilir (Şekil 3.5.). Aynı zamanda tehlike puanlama parametreleri olan bu kategoriler ve puanlama üzerine etkileri aşağıda anlatılmıştır.



Şekil 3.5. Saha ve Yol Geometrisi Faktörleri (CAIN, 2004'den).

Table 3.2. a) Tennessee puanlama formunun ön tarafı. **b)** Tennessee puanlama formunun arka tarafı (Cain, 2004'den)

<p>TDOT RHRS SAHA FORMU v 1.0</p> <p>I. TRIMS/lik Veriler Tarih _____</p> <p>Dosya No _____</p> <p>Eyalet No. _____ Kişi _____</p> <p>Güzergah No. _____ Hız Limiti _____</p> <p>Km No _____ Alan _____</p> <p>Ref C/L _____ ADT _____</p> <p>Eyalet _____ Enlem _____</p> <p>Bölge _____ Boylam _____</p>	<p>II. Saha ve Yol Geometrisi</p> <p>I. Şev Yüksekliği (m)</p> <p><input type="checkbox"/> Tahmini _____</p> <p>Alfa (a) _____ beta (b) _____</p> <p>Genişlik (x) _____ m</p> <p>Cihaz yüksekliği (H.I.) _____ m</p> <p>Şev $\frac{\sin a * \sin b * X}{\sin (a-b)} + H.I.$</p> <p>2. Araç Ortalama Riski (AVR) AVR= $\frac{ADT \text{ (araç/gün)} * (\text{Kaya Şevi Uzunluğu}/5280)}{(24 \text{ saat/gün}) * \text{Hız Limiti (km/h)}}$</p> <p>Şev uzunluğu _____ m Hız Limiti _____ km/h AVR= _____ %</p> <p>3. %Blok Uzaklığı Algılama (%DSD)</p> <p>Biri seçilir: Uygun, Orta, Sınırlı, Çok sınırlı</p> <p>Ya da 3 9 27 81</p> <p>Hesaplanır _____ / _____ X 100 = _____ %</p> <p>(Gözlenen DSD) / (AASHTO DSD)</p> <p>4. Yol Genişliği (m)</p> <p>5. Hendek Etkinliği</p> <p>Etkin Hendek Genişliği (m) _____ Launching Features? (Evet ya da hayır) _____</p> <p>6:1 hendek şekli? (evet ya da hayır) _____</p> <p>Hendek Tasarım Genişliği (m)</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Şev Yüksekliği (m)</th> <th>Dik çevre için genişlik</th> <th>Dik olmayan çevre için genişlik</th> </tr> <tr> <td>0-12.2</td> <td>5.5</td> <td>5.5</td> </tr> <tr> <td>12.2-15.2</td> <td>5.5</td> <td>7.3</td> </tr> <tr> <td>15.2-18.3</td> <td>7.3</td> <td>9.1</td> </tr> <tr> <td>18.3-21.4</td> <td>8.5</td> <td>10.3</td> </tr> <tr> <td>21.4-24.4</td> <td>9.8</td> <td>11.6</td> </tr> <tr> <td>24.4-30.5</td> <td>10.9</td> <td>12.8</td> </tr> <tr> <td>30.5-38.1</td> <td>10.9</td> <td>12.8</td> </tr> <tr> <td>38.1-53.3</td> <td>12.2</td> <td>14.6</td> </tr> <tr> <td>>153.3</td> <td>15.9</td> <td>18.3</td> </tr> </table> <p>Tabloda hendek genişliği tasarım yüzdesi >90%/70%-90%/50%-70%<50%</p> <p>6:1 hendek tasarımı ya da daha büyük hendekler için puanlama</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>3</td> <td>9</td> <td>27</td> <td>81</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>27</td> <td>81</td> <td>81</td> </tr> <tr> <td>27</td> <td>81</td> <td>81</td> <td>81</td> </tr> </table> <p>Yetersiz hendek genişliği ya da sektirme özellikleri</p> <p>Yetersiz hendek genişliği ve sektirme özellikleri</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>9</td> <td>27</td> <td>81</td> <td>81</td> </tr> <tr> <td>27</td> <td>81</td> <td>81</td> <td>81</td> </tr> </table> <p>6. Kaya Düşme Tarihçesi</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Kriter</th> <th>Sıklık</th> <th>Saha gözlemleri</th> <th>Puan</th> </tr> <tr> <td>Birkaç</td> <td>Yılda 1 kez ya da daha az</td> <td>Yolda darbe izi yok, yolda kaya bloğu yok, hendekte az miktarda kaya bulunur.</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Yer yer</td> <td>Yılda 2 kez</td> <td>Yolda darbe izi yok, yolda kaya bloğu yok, hendekte çok sayıda kaya.</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>Çok sayıda</td> <td>Yılda 3-4 kez</td> <td>Yolda çok az miktarda da olsa düşme izi ya da kaya bloklarına rastlanır.</td> <td>27</td> </tr> <tr> <td>Sürekli</td> <td>Yılda 5 kez ya da daha fazla</td> <td>Yolda pek çok sayıda darbe izi ya da kaya blokları.</td> <td>81</td> </tr> </table> <p>7. Şevdeki Su Varlığı</p> <p>(Biri seçilir) yok sızıntı akıcı fıskırma</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>3</td> <td>9</td> <td>27</td> <td>81</td> </tr> </table>	Şev Yüksekliği (m)	Dik çevre için genişlik	Dik olmayan çevre için genişlik	0-12.2	5.5	5.5	12.2-15.2	5.5	7.3	15.2-18.3	7.3	9.1	18.3-21.4	8.5	10.3	21.4-24.4	9.8	11.6	24.4-30.5	10.9	12.8	30.5-38.1	10.9	12.8	38.1-53.3	12.2	14.6	>153.3	15.9	18.3	3	9	27	81	9	27	81	81	27	81	81	81	9	27	81	81	27	81	81	81	Kriter	Sıklık	Saha gözlemleri	Puan	Birkaç	Yılda 1 kez ya da daha az	Yolda darbe izi yok, yolda kaya bloğu yok, hendekte az miktarda kaya bulunur.	3	Yer yer	Yılda 2 kez	Yolda darbe izi yok, yolda kaya bloğu yok, hendekte çok sayıda kaya.	9	Çok sayıda	Yılda 3-4 kez	Yolda çok az miktarda da olsa düşme izi ya da kaya bloklarına rastlanır.	27	Sürekli	Yılda 5 kez ya da daha fazla	Yolda pek çok sayıda darbe izi ya da kaya blokları.	81	3	9	27	81	<p>Şev Yüksekliği / AVR Puanlama Tablosu</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Yükseklik / AVR</th> <th>Puan</th> <th>Yükseklik / AVR</th> <th>Puan</th> </tr> <tr><td>9</td><td>1</td><td>77</td><td>29</td></tr> <tr><td>10-20</td><td>2</td><td>78</td><td>31</td></tr> <tr><td>21-28</td><td>3</td><td>79</td><td>32</td></tr> <tr><td>29-34</td><td>4</td><td>80</td><td>34</td></tr> <tr><td>35-38</td><td>5</td><td>81</td><td>35</td></tr> <tr><td>39-42</td><td>6</td><td>82</td><td>37</td></tr> <tr><td>43-45</td><td>7</td><td>83</td><td>38</td></tr> <tr><td>46-48</td><td>8</td><td>84</td><td>40</td></tr> <tr><td>46-51</td><td>9</td><td>85</td><td>42</td></tr> <tr><td>52-53</td><td>10</td><td>86</td><td>44</td></tr> <tr><td>54-55</td><td>11</td><td>87</td><td>46</td></tr> <tr><td>56-57</td><td>12</td><td>88</td><td>48</td></tr> <tr><td>58-59</td><td>13</td><td>89</td><td>50</td></tr> <tr><td>60</td><td>14</td><td>90</td><td>52</td></tr> <tr><td>61-62</td><td>15</td><td>91</td><td>55</td></tr> <tr><td>63</td><td>16</td><td>92</td><td>57</td></tr> <tr><td>64-65</td><td>17</td><td>93-94</td><td>60</td></tr> <tr><td>66</td><td>18</td><td>95</td><td>62</td></tr> <tr><td>67</td><td>19</td><td>96</td><td>65</td></tr> <tr><td>68</td><td>20</td><td>97</td><td>71</td></tr> <tr><td>69</td><td>21</td><td>98</td><td>74</td></tr> <tr><td>70</td><td>22</td><td>99</td><td>78</td></tr> <tr><td>71</td><td>23</td><td>100</td><td>81</td></tr> <tr><td>72</td><td>24</td><td>101</td><td>85</td></tr> <tr><td>73</td><td>25</td><td>102</td><td>88</td></tr> <tr><td>74</td><td>26</td><td>103</td><td>92</td></tr> <tr><td>75</td><td>27</td><td>104</td><td>97</td></tr> <tr><td>76</td><td>28</td><td>105</td><td>100</td></tr> </table> <p>Yol Genişliği Puanlama Tablosu</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Genişlik / puan (m)</th> <th>genişlik / puan (m)</th> </tr> <tr><td>5.5</td><td>100</td></tr> <tr><td>5.8</td><td>93</td></tr> <tr><td>6.09</td><td>81</td></tr> <tr><td>6.4</td><td>71</td></tr> <tr><td>6.7</td><td>62</td></tr> <tr><td>7.01</td><td>54</td></tr> <tr><td>7.3</td><td>47</td></tr> <tr><td>7.6</td><td>41</td></tr> <tr><td>7.9</td><td>36</td></tr> <tr><td>8.3</td><td>31</td></tr> <tr><td>8.5</td><td>27</td></tr> <tr><td>8.8</td><td>24</td></tr> <tr><td>9.1</td><td>21</td></tr> <tr><td>9.5</td><td>18</td></tr> <tr><td>9.8</td><td>16</td></tr> <tr><td>10.1</td><td>14</td></tr> <tr><td>10.4</td><td>12</td></tr> </table> <p>AASHTO tarafından Önerilen DSD</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Blok Uzaklığı</th> <th>Algilama</th> <th>MPH</th> </tr> <tr><td>300 ft</td><td>20</td><td></td></tr> <tr><td>375</td><td>25</td><td></td></tr> <tr><td>450</td><td>30</td><td></td></tr> <tr><td>525</td><td>35</td><td></td></tr> <tr><td>600</td><td>40</td><td></td></tr> <tr><td>675</td><td>45</td><td></td></tr> <tr><td>750</td><td>50</td><td></td></tr> <tr><td>875</td><td>55</td><td></td></tr> <tr><td>1000</td><td>60</td><td></td></tr> <tr><td>1015</td><td>65</td><td></td></tr> </table> <p>%DSD Puanlama Tablosu</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>%DSD</th> <th>Puan</th> <th>%DSD</th> <th>Puan</th> </tr> <tr><td>36</td><td>100</td><td>61</td><td>26</td></tr> <tr><td>37</td><td>96</td><td>62</td><td>24</td></tr> <tr><td>38</td><td>90</td><td>63</td><td>23</td></tr> <tr><td>39</td><td>86</td><td>64</td><td>22</td></tr> <tr><td>40</td><td>81</td><td>65</td><td>21</td></tr> <tr><td>41</td><td>77</td><td>66</td><td>19</td></tr> <tr><td>42</td><td>73</td><td>67</td><td>18</td></tr> <tr><td>43</td><td>69</td><td>68</td><td>17</td></tr> <tr><td>44</td><td>65</td><td>69-70</td><td>16</td></tr> <tr><td>45</td><td>62</td><td>71</td><td>15</td></tr> <tr><td>46</td><td>58</td><td>72</td><td>14</td></tr> <tr><td>47</td><td>55</td><td>73-74</td><td>13</td></tr> <tr><td>48</td><td>52</td><td>75</td><td>12</td></tr> <tr><td>49</td><td>49</td><td>76-77</td><td>11</td></tr> <tr><td>50</td><td>47</td><td>80-81</td><td>9</td></tr> <tr><td>51</td><td>44</td><td>82-83</td><td>8</td></tr> <tr><td>52</td><td>42</td><td>84-85</td><td>7</td></tr> <tr><td>53</td><td>40</td><td>86-88</td><td>6</td></tr> <tr><td>54</td><td>38</td><td>89-92</td><td>5</td></tr> <tr><td>55</td><td>36</td><td>93-97</td><td>4</td></tr> <tr><td>56</td><td>34</td><td>98-103</td><td>3</td></tr> <tr><td>57</td><td>32</td><td>104-112</td><td>2</td></tr> <tr><td>58</td><td>30</td><td>113</td><td>1</td></tr> <tr><td>59</td><td>29</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td>27</td><td></td><td></td></tr> </table>	Yükseklik / AVR	Puan	Yükseklik / AVR	Puan	9	1	77	29	10-20	2	78	31	21-28	3	79	32	29-34	4	80	34	35-38	5	81	35	39-42	6	82	37	43-45	7	83	38	46-48	8	84	40	46-51	9	85	42	52-53	10	86	44	54-55	11	87	46	56-57	12	88	48	58-59	13	89	50	60	14	90	52	61-62	15	91	55	63	16	92	57	64-65	17	93-94	60	66	18	95	62	67	19	96	65	68	20	97	71	69	21	98	74	70	22	99	78	71	23	100	81	72	24	101	85	73	25	102	88	74	26	103	92	75	27	104	97	76	28	105	100	Genişlik / puan (m)	genişlik / puan (m)	5.5	100	5.8	93	6.09	81	6.4	71	6.7	62	7.01	54	7.3	47	7.6	41	7.9	36	8.3	31	8.5	27	8.8	24	9.1	21	9.5	18	9.8	16	10.1	14	10.4	12	Blok Uzaklığı	Algilama	MPH	300 ft	20		375	25		450	30		525	35		600	40		675	45		750	50		875	55		1000	60		1015	65		%DSD	Puan	%DSD	Puan	36	100	61	26	37	96	62	24	38	90	63	23	39	86	64	22	40	81	65	21	41	77	66	19	42	73	67	18	43	69	68	17	44	65	69-70	16	45	62	71	15	46	58	72	14	47	55	73-74	13	48	52	75	12	49	49	76-77	11	50	47	80-81	9	51	44	82-83	8	52	42	84-85	7	53	40	86-88	6	54	38	89-92	5	55	36	93-97	4	56	34	98-103	3	57	32	104-112	2	58	30	113	1	59	29			60	27		
Şev Yüksekliği (m)	Dik çevre için genişlik	Dik olmayan çevre için genişlik																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0-12.2	5.5	5.5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
12.2-15.2	5.5	7.3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
15.2-18.3	7.3	9.1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
18.3-21.4	8.5	10.3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
21.4-24.4	9.8	11.6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
24.4-30.5	10.9	12.8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
30.5-38.1	10.9	12.8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
38.1-53.3	12.2	14.6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
>153.3	15.9	18.3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
3	9	27	81																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
9	27	81	81																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
27	81	81	81																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
9	27	81	81																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
27	81	81	81																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Kriter	Sıklık	Saha gözlemleri	Puan																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Birkaç	Yılda 1 kez ya da daha az	Yolda darbe izi yok, yolda kaya bloğu yok, hendekte az miktarda kaya bulunur.	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Yer yer	Yılda 2 kez	Yolda darbe izi yok, yolda kaya bloğu yok, hendekte çok sayıda kaya.	9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Çok sayıda	Yılda 3-4 kez	Yolda çok az miktarda da olsa düşme izi ya da kaya bloklarına rastlanır.	27																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Sürekli	Yılda 5 kez ya da daha fazla	Yolda pek çok sayıda darbe izi ya da kaya blokları.	81																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
3	9	27	81																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Yükseklik / AVR	Puan	Yükseklik / AVR	Puan																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
9	1	77	29																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
10-20	2	78	31																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
21-28	3	79	32																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
29-34	4	80	34																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
35-38	5	81	35																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
39-42	6	82	37																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
43-45	7	83	38																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
46-48	8	84	40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
46-51	9	85	42																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
52-53	10	86	44																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
54-55	11	87	46																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
56-57	12	88	48																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
58-59	13	89	50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
60	14	90	52																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
61-62	15	91	55																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
63	16	92	57																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
64-65	17	93-94	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
66	18	95	62																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
67	19	96	65																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
68	20	97	71																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
69	21	98	74																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
70	22	99	78																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
71	23	100	81																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
72	24	101	85																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
73	25	102	88																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
74	26	103	92																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
75	27	104	97																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
76	28	105	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Genişlik / puan (m)	genişlik / puan (m)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
5.5	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
5.8	93																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
6.09	81																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
6.4	71																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
6.7	62																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
7.01	54																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
7.3	47																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
7.6	41																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
7.9	36																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
8.3	31																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
8.5	27																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
8.8	24																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
9.1	21																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
9.5	18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
9.8	16																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
10.1	14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
10.4	12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Blok Uzaklığı	Algilama	MPH																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
300 ft	20																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
375	25																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
450	30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
525	35																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
600	40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
675	45																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
750	50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
875	55																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
1000	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
1015	65																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
%DSD	Puan	%DSD	Puan																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
36	100	61	26																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
37	96	62	24																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
38	90	63	23																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
39	86	64	22																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
40	81	65	21																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
41	77	66	19																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
42	73	67	18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
43	69	68	17																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
44	65	69-70	16																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
45	62	71	15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
46	58	72	14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
47	55	73-74	13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
48	52	75	12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
49	49	76-77	11																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
50	47	80-81	9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
51	44	82-83	8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
52	42	84-85	7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
53	40	86-88	6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
54	38	89-92	5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
55	36	93-97	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
56	34	98-103	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
57	32	104-112	2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
58	30	113	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
59	29																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
60	27																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
<p>III. Jeolojik Karakterizasyon</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th rowspan="2">Yoğunluk puanı</th> <th colspan="4">Düzensel</th> <th colspan="4">Kama</th> <th colspan="4">Devrilme</th> </tr> <tr> <th><10%</th> <th>10-20%</th> <th>20-30%</th> <th>>30%</th> <th><10%</th> <th>10-20%</th> <th>20-30%</th> <th>>30%</th> <th><10%</th> <th>10-20%</th> <th>20-30%</th> <th>>30%</th> </tr> <tr> <td>3</td> <td>9</td> <td>27</td> <td>81</td> <td>3</td> <td>9</td> <td>27</td> <td>81</td> <td>5</td> <td>14</td> <td>41</td> <td>122</td> </tr> </table> <p>Blok Boyutu puanı</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th rowspan="2">Blok Boyutu puanı</th> <th colspan="4">Düzensel</th> <th colspan="4">Kama</th> <th colspan="4">Devrilme</th> </tr> <tr> <th><1ft</th> <th>1-3ft</th> <th>3-6ft</th> <th>>6ft</th> <th><1ft</th> <th>1-3ft</th> <th>3-6ft</th> <th>>6ft</th> <th><1ft</th> <th>1-3ft</th> <th>3-6ft</th> <th>>6ft</th> </tr> <tr> <td>3</td> <td>9</td> <td>27</td> <td>81</td> <td>3</td> <td>9</td> <td>27</td> <td>81</td> <td>5</td> <td>14</td> <td>41</td> <td>122</td> </tr> </table> <p>Diklik (Derece) puanı</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th rowspan="2">Diklik (Derece) puanı</th> <th colspan="4">Düzensel</th> <th colspan="4">Kama</th> <th colspan="4">Devrilme</th> </tr> <tr> <th>0-20</th> <th>20-40</th> <th>40-60</th> <th>>60</th> <th>0-20</th> <th>20-40</th> <th>40-60</th> <th>>60</th> <th>0-20</th> <th>20-40</th> <th>40-60</th> <th>>60</th> </tr> <tr> <td>2</td> <td>5</td> <td>14</td> <td>41</td> <td>2</td> <td>5</td> <td>14</td> <td>41</td> <td>1</td> <td>5</td> <td>14</td> <td>41</td> </tr> </table> <p>Sürtünme (Mikro/makro) puanı</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th rowspan="2">Sürtünme (Mikro/makro) puanı</th> <th colspan="4">Düzensel</th> <th colspan="4">Kama</th> <th colspan="4">Devrilme</th> </tr> <tr> <th>Pürüzlü/dalgalı</th> <th>pürüzsüz/dalgalı</th> <th>pürüzlü/düzensel</th> <th>pürüzsüz/düzensel</th> <th>Pürüzlü/dalgalı</th> <th>pürüzsüz/dalgalı</th> <th>pürüzlü/düzensel</th> <th>pürüzsüz/düzensel</th> <th>Pürüzlü/dalgalı</th> <th>pürüzsüz/dalgalı</th> <th>pürüzlü/düzensel</th> <th>pürüzsüz/düzensel</th> </tr> <tr> <td>2</td> <td>5</td> <td>14</td> <td>41</td> <td>2</td> <td>5</td> <td>14</td> <td>41</td> <td>2</td> <td>5</td> <td>14</td> <td>41</td> </tr> </table> <p>8. Jeoloji Puanı=</p> <p>1ft=0.3048m</p> <p>Farklı Bozunma</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th rowspan="2">Yoğunluk puanı</th> <th colspan="4">Düzensel</th> <th colspan="4">Kama</th> <th colspan="4">Devrilme</th> </tr> <tr> <th><10%</th> <th>10-20%</th> <th>20-30%</th> <th>>30%</th> <th><10%</th> <th>10-20%</th> <th>20-30%</th> <th>>30%</th> <th><10%</th> <th>10-20%</th> <th>20-30%</th> <th>>30%</th> </tr> <tr> <td>3</td> <td>9</td> <td>27</td> <td>81</td> <td>3</td> <td>9</td> <td>27</td> <td>81</td> <td>5</td> <td>14</td> <td>41</td> <td>122</td> </tr> </table> <p>Döküntü</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th rowspan="2">Yoğunluk puanı</th> <th colspan="4">Düzensel</th> <th colspan="4">Kama</th> <th colspan="4">Devrilme</th> </tr> <tr> <th><1ft</th> <th>1-3ft</th> <th>3-6ft</th> <th>>6ft</th> <th><1ft</th> <th>1-3ft</th> <th>3-6ft</th> <th>>6ft</th> <th><1ft</th> <th>1-3ft</th> <th>3-6ft</th> <th>>6ft</th> </tr> <tr> <td>3</td> <td>9</td> <td>27</td> <td>81</td> <td>3</td> <td>9</td> <td>27</td> <td>81</td> <td>5</td> <td>14</td> <td>41</td> <td>122</td> </tr> </table> <p>Rahatlama puanı</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th rowspan="2">Rahatlama puanı</th> <th colspan="4">Düzensel</th> <th colspan="4">Kama</th> <th colspan="4">Devrilme</th> </tr> <tr> <th><1ft</th> <th>1-3ft</th> <th>3-6ft</th> <th>>6ft</th> <th><1ft</th> <th>1-3ft</th> <th>3-6ft</th> <th>>6ft</th> <th><1ft</th> <th>1-3ft</th> <th>3-6ft</th> <th>>6ft</th> </tr> <tr> <td>3</td> <td>9</td> <td>27</td> <td>81</td> <td>3</td> <td>9</td> <td>27</td> <td>81</td> <td>5</td> <td>14</td> <td>41</td> <td>122</td> </tr> </table> <p>7. Şevdeki Su Varlığı</p> <p>(Biri seçilir) yok sızıntı akıcı fıskırma</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>3</td> <td>9</td> <td>27</td> <td>81</td> </tr> </table>	Yoğunluk puanı	Düzensel				Kama				Devrilme				<10%	10-20%	20-30%	>30%	<10%	10-20%	20-30%	>30%	<10%	10-20%	20-30%	>30%	3	9	27	81	3	9	27	81	5	14	41	122	Blok Boyutu puanı	Düzensel				Kama				Devrilme				<1ft	1-3ft	3-6ft	>6ft	<1ft	1-3ft	3-6ft	>6ft	<1ft	1-3ft	3-6ft	>6ft	3	9	27	81	3	9	27	81	5	14	41	122	Diklik (Derece) puanı	Düzensel				Kama				Devrilme				0-20	20-40	40-60	>60	0-20	20-40	40-60	>60	0-20	20-40	40-60	>60	2	5	14	41	2	5	14	41	1	5	14	41	Sürtünme (Mikro/makro) puanı	Düzensel				Kama				Devrilme				Pürüzlü/dalgalı	pürüzsüz/dalgalı	pürüzlü/düzensel	pürüzsüz/düzensel	Pürüzlü/dalgalı	pürüzsüz/dalgalı	pürüzlü/düzensel	pürüzsüz/düzensel	Pürüzlü/dalgalı	pürüzsüz/dalgalı	pürüzlü/düzensel	pürüzsüz/düzensel	2	5	14	41	2	5	14	41	2	5	14	41	Yoğunluk puanı	Düzensel				Kama				Devrilme				<10%	10-20%	20-30%	>30%	<10%	10-20%	20-30%	>30%	<10%	10-20%	20-30%	>30%	3	9	27	81	3	9	27	81	5	14	41	122	Yoğunluk puanı	Düzensel				Kama				Devrilme				<1ft	1-3ft	3-6ft	>6ft	<1ft	1-3ft	3-6ft	>6ft	<1ft	1-3ft	3-6ft	>6ft	3	9	27	81	3	9	27	81	5	14	41	122	Rahatlama puanı	Düzensel				Kama				Devrilme				<1ft	1-3ft	3-6ft	>6ft	<1ft	1-3ft	3-6ft	>6ft	<1ft	1-3ft	3-6ft	>6ft	3	9	27	81	3	9	27	81	5	14	41	122	3	9	27	81	<p>NOTLAR:</p>																																																																																																					
Yoğunluk puanı		Düzensel				Kama				Devrilme																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
	<10%	10-20%	20-30%	>30%	<10%	10-20%	20-30%	>30%	<10%	10-20%	20-30%	>30%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
3	9	27	81	3	9	27	81	5	14	41	122																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Blok Boyutu puanı	Düzensel				Kama				Devrilme																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	<1ft	1-3ft	3-6ft	>6ft	<1ft	1-3ft	3-6ft	>6ft	<1ft	1-3ft	3-6ft	>6ft																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
3	9	27	81	3	9	27	81	5	14	41	122																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Diklik (Derece) puanı	Düzensel				Kama				Devrilme																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	0-20	20-40	40-60	>60	0-20	20-40	40-60	>60	0-20	20-40	40-60	>60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
2	5	14	41	2	5	14	41	1	5	14	41																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Sürtünme (Mikro/makro) puanı	Düzensel				Kama				Devrilme																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	Pürüzlü/dalgalı	pürüzsüz/dalgalı	pürüzlü/düzensel	pürüzsüz/düzensel	Pürüzlü/dalgalı	pürüzsüz/dalgalı	pürüzlü/düzensel	pürüzsüz/düzensel	Pürüzlü/dalgalı	pürüzsüz/dalgalı	pürüzlü/düzensel	pürüzsüz/düzensel																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
2	5	14	41	2	5	14	41	2	5	14	41																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Yoğunluk puanı	Düzensel				Kama				Devrilme																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	<10%	10-20%	20-30%	>30%	<10%	10-20%	20-30%	>30%	<10%	10-20%	20-30%	>30%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
3	9	27	81	3	9	27	81	5	14	41	122																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Yoğunluk puanı	Düzensel				Kama				Devrilme																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	<1ft	1-3ft	3-6ft	>6ft	<1ft	1-3ft	3-6ft	>6ft	<1ft	1-3ft	3-6ft	>6ft																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
3	9	27	81	3	9	27	81	5	14	41	122																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Rahatlama puanı	Düzensel				Kama				Devrilme																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	<1ft	1-3ft	3-6ft	>6ft	<1ft	1-3ft	3-6ft	>6ft	<1ft	1-3ft	3-6ft	>6ft																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
3	9	27	81	3	9	27	81	5	14	41	122																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
3	9	27	81																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										

3.2.2.1.1. Şev Yüksekliği

Bir şevde kayanın düştüğü yükseklik ne kadar fazla ise o kayanın yola ulaştığı andaki kinetik enerjisi o kadar fazla olacağından yüksek şevler daha büyük tehlike göstergesidir (CAIN, 2004). Tennessee RHRS’de sınıflandırılacak şevin yüksekliği tehlikeli kesim boyunca en yüksek noktadan itibaren ölçülür. A-sınıfı şevler genellikle B ve C sınıfı şevlerden daha yüksek olmakla beraber sınıflandırmanın bu önemli adımında güzergah boyunca on dokuz adet A-sınıfı şevin yükseklikleri ölçülmüştür. A kategorisine giren şevler üzerinde çalışan kişiler için bu şevlere tırmanmayı gerektiren durumlarda çalışma güvenliği açısından riskler oluşabilmektedir. Tennessee RHRS’yi oluşturan araştırmacılar çalışmalarında şev yüksekliğinin ölçülmesi için bahsedilen riskli durumları ortadan kaldırmak amacıyla ‘Hipsometre’ (Lazerli mesafe ölçücü ve inklinometre) cihazını kullanmışlardır. Özellikle ulaşılması zor olan yüksek şevlerin bu cihaz yardımı ile yükseklikleri yeterli hassasiyette ölçülebilmektedir. Ayrıca mesafe, yükseklik ve açı ölçümleri için gerekli doğru sonuçları sağlayan bu cihaz tahmine dayalı hataları ve belirsizlikleri ortadan kaldırarak tek bir ölçümle daha çabuk ve verimli sonuçlar elde edilmesine olanak tanır. Bu çalışma sırasında da hipsometre (MDL marka “LaserAce Hypsometer”) (Şekil 3.6.) kullanılmıştır.

Yükseklik ölçümleri gerçekleştirildikten sonra ölçülen yüksekliklere karşılık gelen tehlike değerleri (Tablo 3.2b) kullanılarak ya da (NHI, 1993) sistemi çerçevesinde geliştirilen aşağıdaki eşitlik ile bulunabilir.

$$\text{Yükseklik Puanı} = 3^x, x = \text{Şev Yüksekliği} / H_0 \quad (3.1)$$

H_0 (Referans yüksekliği) = 7.6 m (25 ft) (CAIN, 2004)



Şekil 3.6. Çalışmada kullanılan hipsometre (MDL marka “LaserAce Hypsometer”).

3.2.2.1.2. Şev Önü Hendek Etkinliği

Yol yarmalarında gelişen duraysızlıklar sonucu düşen kayaların yola gelme olasılığı yeterince geniş hendekli şevlerin tasarlanması ile azaltılabilir (CAIN, 2004). Ayrıca hendek etkinliği bir şevin A ya da B sınıfında olup olmadığına karar vermede belirleyici bir faktördür. Örneğin, geniş hendekli şevler kaya düşmeleri sonucunda daha fazla kaya tutma kapasitesine sahip olacağından bu tür şevleri B ya da C kategorisi altında değerlendirmek daha uygun görülmektedir.

Tennessee RHRS'nin hendek tasarımındaki gereklilikleri aşağıdaki gibidir (CAIN, 2004):

- a) 12.2 m (40 ft) yüksekliğe kadar bütün şevler için minimum 5.5 m (18 ft) hendek genişliği,
- b) Daha yüksek ve dik olmayan şevler için daha geniş hendekler,
- c) Hendek tasarımının bir parçası olan minimum 6:1 (H:V) karayolu yaklaşım şevi gereklidir.

Ölçülen hendek genişliği ve Tennessee RHRS tasarım gerekliliklerinin kıyaslandığı hendek etkinliği puanlaması Tablo 3.2a'da görülebilir. Bu tablodan genel hendek etkinliği puanının bağlı olduğu parametreler ve bunların nasıl değerlendirileceği anlaşılabilir. Bu parametreler; tasarım genişliği yüzdesi, hendek şev açısı (6:1), sektirme özelliği-yapısı (kaya düşmesini hızlandırıcı etkenler) varlığı ya da yokluğu şeklindedir.

Şev profilinde görülen ve duraysızlık sonucu kayaların izledikleri yolu değiştirip yola gelme olasılıklarını arttıran topografik çıkıntılara sektirme yapıları (sektirme özellikleri) denir (CAIN, 2004). Bir şevde sektirme özelliklerinin bulunması durumunda o şevin hendeğinin kaya tutma kapasitesinin (hendek genişliğinin) sektirme özelliklerinin olmadığı bir şeve göre daha fazla olması beklenmektedir.

3.2.2.1.3. Araç Risk Ortalaması (AVR)

Kaya düşmelerinin trafik güvenliğini etkilemesinden ötürü karayolu koridorları boyunca trafik yükünün belirlenmesi açısından araç risk ortalaması önemli bir parametredir. Tennessee RHRS'de AVR sınıflandırılan şevin tehlikelerine maruz bırakılan araç (dolayısıyla insan) riskinin bir ölçütüdür. Tehlikeli olan bir şevin yanından ne kadar sık araç geçerse o lokasyonda bir olay yaşanması riski artacaktır. AVR'nin hesaplanması için kullanılan eşitlik aşağıdaki gibi olup yüzde şeklinde ifade edilir (NHI, 1993).

$$AVR = \frac{ADT(\text{araç/gün}) * \text{Şev Uzunluğu (km)}}{24(\text{saat/gün}) * \text{Hız Limiti (km/h)}} \times 100\% \quad (3.2)$$

AVR'nin yukarıdaki eşitlik ile hesaplanmasından sonra bu parametreye ilişkin tehlike puanı (Tablo 3.2a&b) kullanılarak ya da PDA ile otomatik olarak bulunabilir. Bu çalışmada, Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından güzergah boyunca daha önce kurulmuş olan taşıt sayım istasyonlarındaki ölçüm

sayaçlarından elde edilmiş yıl bazında Ortalama Günlük Trafik Değerleri (YOGT) ADT'ye (Annual Daily Traffic) karşılık gelen değerler olup hesaplamalarda YOGT kullanılmıştır.

3.2.2.1.4. Yol Genişliği

Tehlikeli bir kaya şevinin önünden geçen yolun genişliği, sürücüler bakımından oluşabilecek bir riskin artıp artmayacağını anlaşılmaması bakımından ölçülmelidir. Bu artış bir sürücünün yoldaki herhangi bir engele karşı yeterli zamanda ve mesafede tepki vermesini sınırlandıracak kadar dar olan yollarda gerçekleşir.

Yol genişliği yolun şev önünde en dar kesiminde ve uzun eksenine dik olacak şekilde ölçülür. Yol kenarında banket olması durumunda bir başka kriter de söz konusudur. Bu durumda, yol genişliği asfalt kaplamayı ve banketi; bölünmüş yollarda sadece şeve komşu olan kesim dikkate alınır (Cain, 2004). Bu çalışmada yol genişlikleri şeritmetre ile ölçülmüştür.

3.2.2.1.5. Blok Algılama Mesafe Yüzdesi (%DSD)

CAIN (2004) DSD'yi bir sürücünün seyir halinde iken yol üzerinde karşısına çıkabileceği 15 cm çapındaki engeli görebileceği ve gerekli tepkiyi verebileceği maksimum mesafe olarak tanımlamış olup bu parametre AASHTO (1984) tarafından standartlaştırılmıştır. Belirlenen hız limitine bağlı olan bir parametredir. Sürücünün kaya düşmesine karşı vereceği tepki için ihtiyaç duyduğu zaman azalırsa kaya düşmesinin yaratacağı tehlike artar.

Tennessee RHRS-DSD puanlamasında araştırmacıya iki seçenek sunar: 1) DSD uygun, orta, sınırlı, çok sınırlı şeklinde tahmin edilir ya da 2) DSD aşağıdaki formülden yüzde olarak hesaplanır.

$$\% DSD = DSD_{(ölçülen)} / DSD_{(AASHTO)} \quad (3.3)$$

Bu çalışmada Tablo 3.2a'da verilen DSD'ye karşılık gelen puanlamalar sınıflandırılan A-sınıf şevlerin sürücünün geldiği yöne göre yol üzerinde herhangi bir kör noktada bulunup bulunmadığının gözlemlenmesi ve tahmini şeklinde yapılmıştır. Başka bir deyişle yoldaki virajların varlığına göre puanlamalara karar verilmiştir.

3.2.2.2. Jeolojik Karakterizasyon

Jeolojik karakter tehlike puanını tanımlama açısından kaya düşmesi tehlike sınıflandırma sistemlerinin kökeni sayılan NHI (1993) sistemi ile Tennessee RHRS arasında bir takım farklılıklar vardır. Bu farklılığı yaratan değişiklikler çalışmalar kapsamında elde edilen bilgilerin artması, tekrar edilebilirliği ve kullanım kolaylığı sağlamaları bakımından önemlidir (CAIN, 2004). Bu bağlamda Tennessee RHRS önceki kaya düşmesi tehlike sınıflandırma sistemlerine kıyasla daha avantajlıdır. Bu değişiklikler;

a) Jeolojik karakter puanlamasının geleneksel kaya şevi yenilme türlerine göre yapılması,

- b)** Çoklu yenilme türlerinin de dikkate alınması,
c) Sözlü tanımlardaki karışıklıkları azaltmak,
şeklindedir.

CAIN (2004), Tennessee sistemindeki jeolojik karakter değerlendirmesinin uygun yenilme türlerinin tespit edilmesi ile başladığını ifade etmektedir. Tennessee jeolojik karakter tayinine yönelik çalışmalar sınıflandırmayı yapacak kişinin karşılaşılan yenilme türlerini tespit etmesiyle başlar ve bunlara bağlı olan yoğunluk, blok boyutu, diklik, sürtünme, rahatlama ve blok şeklini tanımlayan parametreleri girmesiyle devam eder. Tennessee kapsamında uygulanan yenilme türleri ve jeolojik karakter parametreleri aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 3.3.).

Tablo 3.3. Tennessee kapsamında uygulanan yenilme türleri ve jeolojik karakter parametreleri (CAIN, 2004).

Yenilme Türü	Jeolojik Yenilme Parametreleri					
	Yoğunluk	Blok Boyutu	Diklik	Sürtünme	Rahatlama	Blok Şekli
Düzlemsel	XXX	XXX	XXX	XXX	-	-
Kama	XXX	XXX	XXX	XXX	-	-
Devrilme	XXX	XXX	-	-	-	-
Farklı Bozunma	XXX	XXX	-	-	XXX	-
Döküntüler	XXX	XXX	-	-	-	XXX

Tennessee RHRS'de seçilen şev için yenilme türü belirlendikten sonra yukarıda gösterildiği gibi o yenilme türüne karşılık gelen parametrelere (Tablo 3.4.) bağlı olarak şevin tehlike puanı belirlenir.

3.2.2.3. Diğer değerlendirme kriterleri

3.2.2.3.1. Su Durumu

Su kriteri (Tablo 3.2a.) duraylılığı azaltıcı yönde etkisi olmasından ötürü tehlike puanlamasında değerlendirilen bir başka parametredir. Şevdeki suyun yaratacağı etkiler aşağıdaki gibidir (CAIN, 2004):

- a)** Kayma yüzeyindeki etkin gerilimi ve dolayısıyla sürtünme dayanımını azaltıcı yönde etkisi vardır.
b) Erozyon oranını artırır ve şev malzemesinin gevşemesine yol açar. Donma-çözülme çevriminde etkin olup diğer mekanizmalarla beraber döküntülerin ve farklı bozunmanın gelişmesine yol açabilir.

3.2.2.3.2. Kaya Düşme Tarihiçesi

Bir şevin tehlikeli olup olmadığının anlaşılması bakımından elde edilen bir bilgidir. Bu bilgi; 1) mevcut olması durumunda önceki kayıtlardan, 2) herhangi bir kayıt yoksa saha gözlemleri ile temin edilebilir.

Bu tür çalışmalarda önceki kayıtların elde edilmesi çok güç olduğundan saha gözlemleri en uygun ve genellikle kullanılan bir yol olmuştur. CAIN (2004), yol üzerinde herhangi bir darbe izinin olup olmaması ya da eğer varsa şev önü hendekdeki kaya miktarının kontrolünün yapılması şeklindeki çalışmaların bu bilgiyi elde etmedeki anahtar faktör olduğunu belirtmiştir. Bu çalışma kapsamında da sahada yapılan gözlemler ile kaya düşme tarihçesi için (Tablo 3.2a.)’da verilen puanlama tablosu kullanılarak bu parametrenin puanlaması yapılmıştır.

Tablo 3.4. Yenilme türlerine karşılık gelen jeolojik karakter parametreleri (CAIN, 2004’den).

Parametre	Uygulanan Yenilme Türü	Tanımlama
Yoğunluk	Tüm Türler	Bir yenilme türünün yoğunluğu o yenilme türünün şev üzerinde kapladığı alanın oranı şeklinde tanımlanır. Döküntülerin düzlemsel ya da kama tipi kayma üzerinde görüldüğü durumlar dışında tek bir tür için yoğunluk toplamı %100’ü aşamaz.
Blok Boyutu	Tüm Türler	Blok boyutu kaya bloklarının uzun ekseninin ölçülmesi ile bulunur. Şevden henüz düşmemiş blokların boyutunu belirlemek bu aşamada en iyi yol olmakla beraber şevin çok yüksek olması ve tahminlerin makul olmaması ihtimaline karşın hendek içinde görülen benzer blok boyutları da kullanılabilir.
Diklik	Düzlemsel &Kama	İki yapısal kontrollü yenilme mekanizması için de diklik bileşeni düzlemsel kayma için kayma yüzeyinin eğimi ve kama tipi kayma için arakesitin dalımı şeklinde ifade edilir.
Sürtünme	Düzlemsel &Kama	Sürtünme puanı yenilme yüzeyinin mikro ve makro ölçekte tanımlanması sonucunda verilir. Makro ölçek ile düzlemsel ya da dalgalı yüzey, mikro ölçek ile pürüzlü ya da pürüzsüz yüzeyler ifade edilir.
Rahatlama	Farklı Bozunma	Rahatlama farklı erozyon hızları sonucunda asılı kalan malzeminin bir ölçütüdür. Asılı kalan kesimin miktarı arttıkça duraysızlık olasılığı da artar ve dolayısıyla şev daha tehlikeli hale gelir.
Şekil	Döküntüler	Döküntüler yalnızca şevden düşen blokları ifade eder ve blok hareketliliği bloğun serbest kaldığı yükseklik ve blok şekli tarafından kontrol edilir. Blok şekli kübik ve yuvarlak oldukça tehlike de artmaktadır.

4. BULGULAR

4.1. TENNESSEE KAYA DÜŞMESİ TEHLİKE SINIFLANDIRMA SİSTEMİNİN ÇALIŞMA ALANINDA DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1.1. İlk Sınıflandırma

Çalışma kapsamında seçilen güzergah boyunca yer alan yol yarmalarına ilişkin ilk bilgiler bu bölümde verilecektir. Kaya şevlerinin lokasyonları ön saha gezileri ile belirlenmiştir. Bu aşamadan sonra ise saha gözlemleri ve beraberinde yüksek çözünürlüklü bir dijital fotoğraf makinasının kullanımı ile çekilen fotoğrafların ofis çalışmaları sırasında incelenmesi sonucunda belirlenen şevler için ilksel sınıflandırmalar yapılmıştır. Yol yarmalarının lokasyonlarının tam olarak belirlenmesi için her lokasyonda GPS koordinatları kaydedilmiş olup başlangıç noktasından (birinci lokasyon) itibaren şevlerin kaçınıcı kilometrede oldukları saptanmıştır.

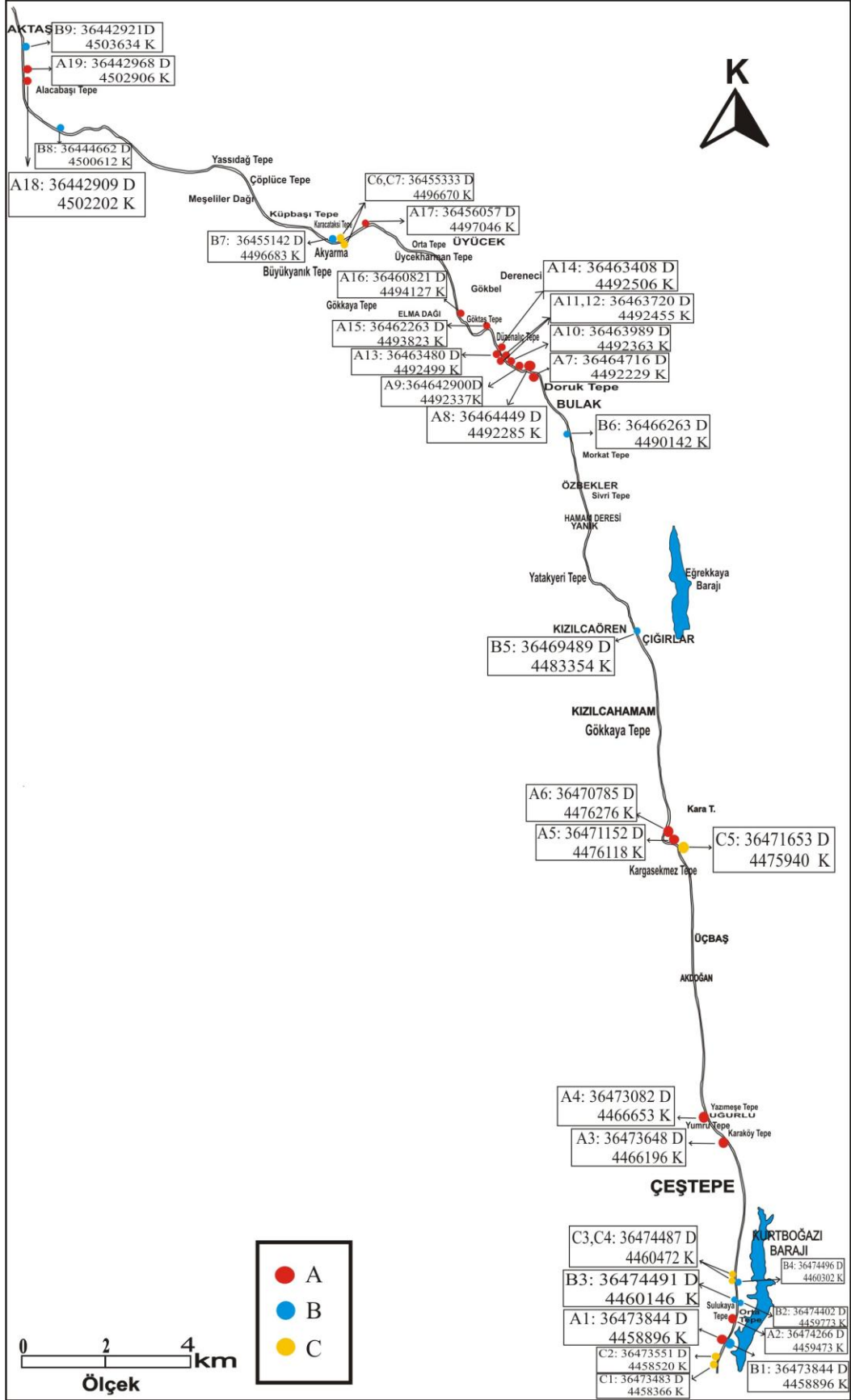
Şekil 1.2'de gösterilen jeoloji haritasından türetilen lokasyon haritası (Şekil 4.1.) Ankara'nın 50 km kuzeybatısında yer alan Kurtboğazı Barajı ve Bolu ili Gerede ilçesine 15 km uzaklıkta yer alan Aktaş köyü arasında bulunan A-B-C kategori şevlerin dağılımını göstermektedir. Bu bölümde A-B-C sınıfı şevlerin birbirinden nasıl ayırt edildiğinin anlaşılması için karakteristik olan şevlerden örnekler verilerek bu farklılıklar detaylı şekilde anlatılmıştır. Bu bağlamda RHRS'nin bu ilk aşaması kaya düşmesine duyarlı olan bir bölgedeki yol yarmalarının envanterinin de yapılmasına olanak sağlamıştır.

4.1.1.1. "C-Sınıfı" Şevler

Çalışma güzergahı 70 km uzunluğunda olup bu güzergah boyunca yer alan şevlerin bazıları "C" kategorisine girmektedir. İlk sınıflandırmada belirlenmesi en kolay olan "C" kategorisi şevlerden çalışma alanında yedi adet bulunmaktadır. Bu şevlerin lokasyonları sarı renkli sembollerle Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Bu kategoride yer alan tipik bir C-sınıfı şev Şekil 4.2'de gösterilmiştir.

Çalışma alanındaki tipik C-sınıfı şevlerde kaya düşmesi çok az bir ihtimalle beklenir ya da hiç beklenmemekle beraber herhangi bir duraysızlık oluşsa bile düşen kayalar şev önü hendeklerde tutularak yola ulaşmazlar. Bu yedi adet şevin yükseklikleri az olup sahip oldukları yeteri genişlikteki hendekler ile C-sınıfında değerlendirilmişlerdir.

Şekil 4.2'deki şev, lokasyon haritasında C2 olarak gösterilmiş olup Kurtboğazı Barajı'nın yakınında ve Bolu yönüne doğru yolun sol tarafında bulunmaktadır. Bu saha için şev açısı göreceli olarak düşük olup şev andezit ve piroklastik kayalardan oluşmaktadır. Şekil 4.2'den de anlaşılacağı gibi küçük boyutlardaki kaya parçaları şev önü hendekte tutulmuş olup büyük bir duraysızlığın beklenmediği bu yol yarması sınıflandırma sisteminde risk taşımayan tehlikesiz şevler kategorisinde değerlendirilmiştir.



Şekil 4.1. "A-B-C sınıfı" şevlerin dağılımını gösteren lokasyon haritası.



Şekil 4.2. Kurtboğazı Barajı civarında “C-sınıfı” bir şev, Ankara.

4.1.1.2. “B-Sınıfı” Şevler

İlksel sınıflandırma süresince çalışma güzergahı boyunca dokuz adet “B-sınıfı” şev tespit edilmiştir. Bu şevlerin lokasyonları ve GPS koordinatları Şekil 4.1’de mavi renkli semboller ile gösterilmiştir. İki adet tipik “B-sınıfı” şev örneği Şekil 4.3 ve 4.4’de verilmiştir. Bu iki örnek “B-sınıfı” şevlerin iki farklı özelliğini ortaya koymaları nedeniyle seçilmiştir. Tennessee RHRS’de belirtildiği gibi A ve B kategorisi şevlerin arasındaki farklılıkları ortaya koymak daha öznel olup bir şevin C kategorisinde olup olmadığını anlamak daha kolaydır. Bu nedenle, verilen örnekler bir şevi “A” kategorisinden ziyade hangi durumlarda “B” kategorisi olarak değerlendirmek gerektiğine dikkat çekmektedir.

Şekil 4.3a’daki “B-sınıfı” şev (Şekil 4.1’de B9 No’lu şev) Aktaş köyü (Bolu ili Gerede ilçesine 15 km uzaklıkta) civarında ve güzergahın bitiş noktasında 70.inci km’de bulunmakta olup Bolu yönünde yolun sağ tarafındadır. Bu şev yoğun bitki örtüsü ile kaplı olup ince-orta tabakalı killi kireçtaşından oluşmuştur. Şekil 4.3’e ek olarak bir önceki bölümde verilen ve şev önü hendekte tutulan kaya bloklarını gösteren Şekil 3.2 de kontrol edilebilir. Kaya kütlesi ince-orta tabakalı olup şev içine dalımlıdır. Kaya yüzeyi oldukça parçalı ve kaya blokları oluşturma potansiyeline sahiptir. Şekil 4.3b’de gözlenen ve kırık çizgi üzerinde kalan kaya plakaları, tabakalar arasında aşınmaya yatkın birimlerin varlığı nedeniyle devrilme türü yenilme potansiyeline sahiptir. Şekilden gözleendiği gibi hendek düşen tüm blokları tutacak kadar geniş olarak tasarlanmıştır. Bu şev, hendekte çok sayıda bloğun yer alması nedeniyle “B” olarak sınıflandırılmıştır.

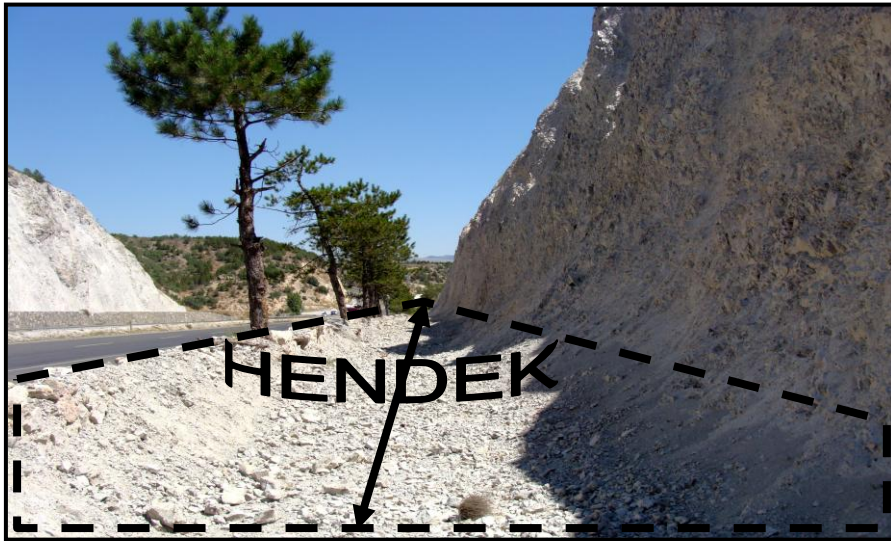


Şekil 4.3. a) Aktaş köyü yakınında “B-sınıfı” bir şev, Gerede-Bolu. **b)** “B-sınıfı” şevin hendeğini gösteren bir görüntü.

Şekil 4.4a bir diğer “B-sınıfı” şevi göstermektedir. Bu şev lokasyon haritasında (Şekil 4.1.) mavi renk ile gösterilmiş olup Kurtboğazı Barajı yakınında KM:1.2’de (Bolu yönünde yolun sağ tarafında) yer almaktadır. Şev andezitten oluşmaktadır. Söz konusu şev ilk bakışta yüksek olması ve sektirme özelliklerine sahip olmasından dolayı “A” kategorisi gibi gözükse de daha dikkatli incelendiğinde herhangi bir yenilme mekanizmasına bağlı olmadan şev yüzeyinden bozunma sonucunda ayrılan malzemenin etkin bir şev önü hendekte tutulması bu şevi “B” kategorisine dahil etmiştir. Gözlemlere dayanarak şev önü hendeğin karayolu bakımında görevli personel tarafından temizlendiğini söylemek mümkündür. Hendeklerin işlevini daha iyi bir şekilde yerine getirebilmesi için kaya molozlarının temizlenmesi iyi bir yöntemdir.



Şekil 4.4a. Kurtboğazı Barajı yakınında “B-sınıfı” bir şev, Ankara.



Şekil 4.4b. Şekil 4.4a’daki şevin hendek görüntüsü.

4.1.1.3. “A-Sınıfı” Şevler

İlksel sınıflandırma aşamasında toplam on dokuz adet “A-sınıfı” şev belirlenmiştir. Bu şevlerin lokasyonları ve GPS koordinatları Şekil 4.1’de kırmızı renkli sembollerle gösterilmiştir. İlksel sınıflandırma aşamasında bir şeve “A” sınıfı diyebilmek için NHI (1993) ve Tennessee RHRS (2004) sistemlerinin kriterleri uygulanmış olup buna göre içerdikleri kaya bloklarını yola ulaştırma potansiyeline orta-yüksek derecede sahip olan şevler A kategorisinde değerlendirilmişlerdir. Bu bağlamda çalışma alanında şev yükseklikleri ve hendek durumlarına ilişkin yapılan gözlemler oldukça önemlidir.

Tipik bir “A-sınıfı” şev Şekil 4.5b’de verilmiştir. Lokasyon haritasında (Şekil 4.1.) A7 olarak gösterilmiş olan bu şev çalışma alanının başlangıç noktasından itibaren 40.ıncı Km’sinde, Azaphane Geçidi’nin girişinde yer almaktadır. Şekil 4.5a ise bu bölgenin kaya düşmelerine karşı duyarlı olduğunu gösteren bir görüntüdür. Şev yoğun eklemli bazaltlardan oluşmaktadır. Bu yol yarması karakteristik A sınıfı bir şevin özelliklerini sunmaktadır.

Şekil 4.5b’den anlaşılacağı üzere şev önü hendeğin gerek genişlik gerekse derinlik bakımından şev yüzeyinden düşen blokları tutma kapasitesi yeterli değildir. Bu fotoğrafta ok ile gösterilen yön araçların geldiği yönü temsil etmekte olup şevin sürücüyü göre bulunduğu nokta yolun virajına denk gelmektedir. Bu durum yol üzerine kadar ulaşmış bir kaya bloğunu sürücünün görmesine engel teşkil edebilir ve tehlikeli bir durumdur. Şekil üzerinde mavi kesikli çizginin üzerinde oklarla gösterilen kaya blokları şev yüzeyinden ayrılmak üzere olup yola gelebilecek bir profil çizmektedirler. Bahar ve kış dönemlerindeki yoğun yağışlar ile şevin suya doygunluk kazanması ve donma-çözülme çevriminin etkileri bu şevde duraysızlık yaratabilecek etkenlerdendir. Kırmızı kesik çizgilerle de gösterildiği gibi geçmişte oluşan duraysızlıklar ile şev yüzeyinde tutulan ve şevden yağış vb. nedenler ile ayrılacak durumda olan kaya parçaları birikimi dikkat çekmektedir. Bu nedenlerden dolayı söz konusu şevin ilksel sınıflandırması “A” kategorisi altında yapılmış olup detaylı sınıflandırma aşamasında bu şeve tehlike puanı verilebilecektir.



Şekil 4.5a. Bölgenin kaya düşmesine duyarlı olduğunu gösteren uyarı levhası.



Şekil 4.5b. Azaphane Geçidinde yer alan "A-sınıfı" bir şev.

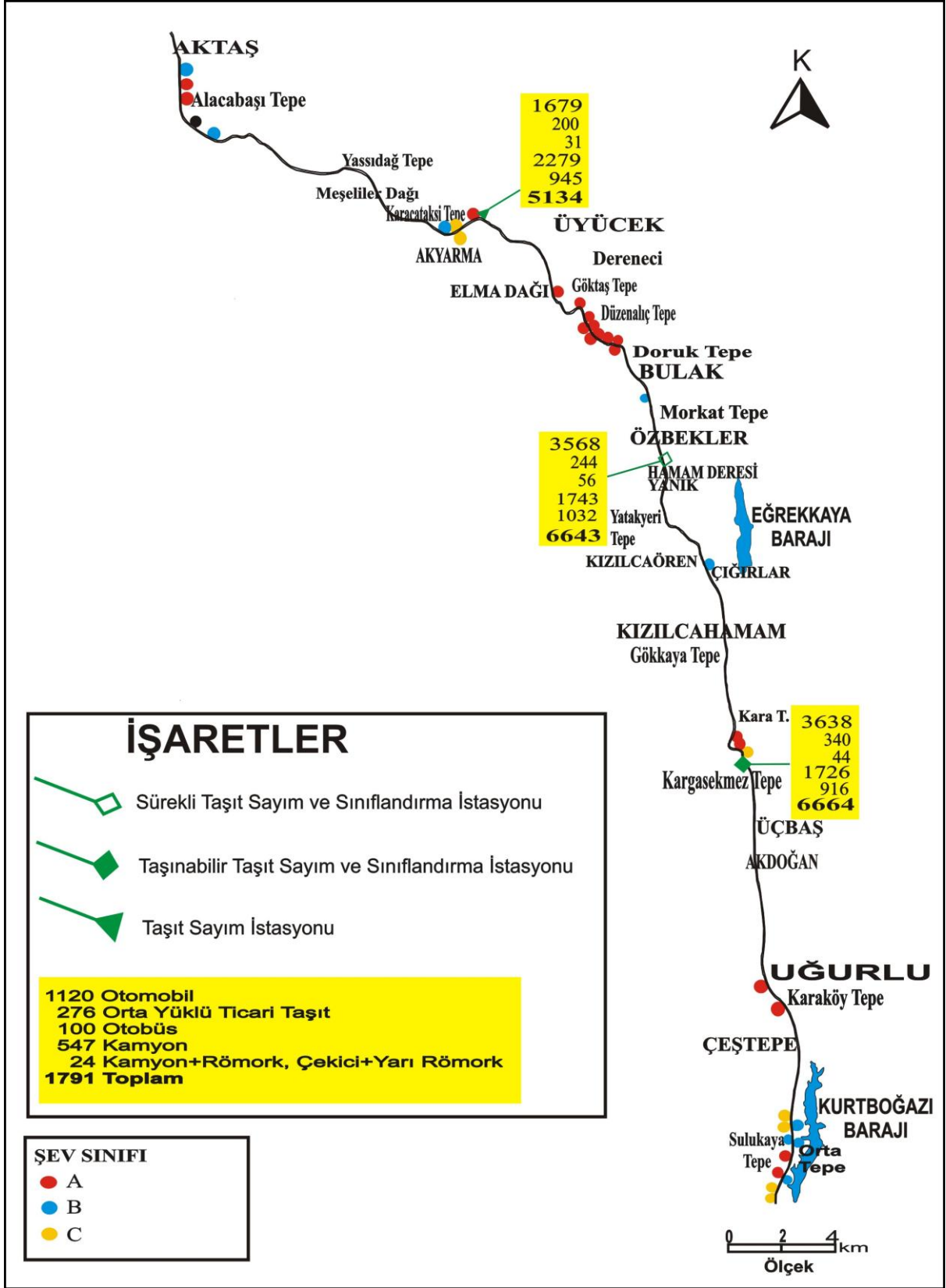
4.1.2. Çalışma Alanındaki “A” Kategorisi Şevlerin Detaylı Sınıflandırması

Bu bölümde ilksel sınıflandırma sonucu “A” kategorisine sahip olan şevlere ilişkin toplanan veriler ve Tennessee RHRS (2004) kriterlerine göre bu şevler için yapılan detaylı sınıflandırmalar ayrıntılı şekilde verilmiştir. Bu bağlamda toplam on dokuz adet “A-sınıfı” şev için toplanan veriler yorumlanmış olup her şevin özelliklerini gösteren fotoğraflara yer verilmiştir. Saha gözlemleri ve bazı parametrelerin doğrudan ölçümlerinin yapılması ile toplanan veriler ve bu verilerin ışığında her bir şeve verilen puanlamalar tablolar halinde ilerleyen bölümlerde verilmektedir. Ayrıca yapılan bazı ölçümler fotoğraflar üzerinde gösterilmiş olup önemli noktalar vurgulanmaktadır. Bu aşamada değerlendirilecek olan şevlerin lokasyonları da bir önceki bölümde verilmiş olan lokasyon haritasında (Şekil 4.1.) gösterilmiştir.

Şevlerin sayısal olarak detaylı sınıflandırılmaları iki aşamada yapılmakta olup her aşamada farklı parametreler incelenmektedir. Bu iki aşama; 1) saha ve yol geometrisi, 2) jeolojik karakterizasyon şeklindedir. Öncelikle detaylı sınıflandırmanın ilk aşaması çalışma alanı için tamamlanmış olup bu aşamada yapılması gerekenler Bölüm 3’de ayrıntılı olarak verilmiştir. Bu aşamaya ilişkin parametrelere karşılık gelen puanlamalar ve eşitlikler Tablo 3.2a&b’den kontrol edilebilir.

DSD (blok algılama mesafesi) gibi bazı parametreler karayolunun yol yarması ile olan ilişkileri dikkate alınarak saha gözlemleri ile tahmin edilebilir. Bu durumlar da fotoğraflar üzerinden ilerleyen bölümlerde yorumlanmıştır. Ayrıca, bir güzergahdan yıl boyunca geçen araç sayısının araç sayaç cihazları ile devamlı olarak ölçülmesi sonucu elde edilen verilen AVR (araç risk ortalaması) hesaplamasında kullanılır. Karayolları dördüncü bölge tarafından D750 Karayolu’nun bazı bölgelerine yerleştirilmiş olan araç sayım cihazlarının lokasyonları ve bunlara bağlı bir yıldaki günlük trafik durumu verileri Şekil 4.6’da verilmektedir.

Saha ve yol geometrisine ek olarak su durumu ve kaya düşme tarihçesi gibi iki parametre daha puanlamalarda dikkate alınmıştır. Kaya düşme tarihçesi bu bölge için önceki olaylara dayalı herhangi bir kayıt bulunamamasından dolayı önceki bölümlerde de anlatıldığı şekilde yıl içinde yapılan saha gözlemlerine bağlı olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca su durumuna ilişkin puanlama da bölgenin iklim koşullarına bağlı gözlemlere ve dolayısıyla donma-çözülme çevrimine bağlı olarak yapılmıştır. Bu iki parametreye ilişkin puanlamalar Tablo 3.2’de görülebilir. Yıl içinde yapılan gözlemlerle meydana gelen duraysızlıkların kış ve bahar aylarında arttığı görülmüş olup su durumuna karşılık gelen puanlamada bu durum dikkate alınmıştır. Yol yarmalarına genellikle “seeping” sızıntıya karşılık gelen puan atanmıştır.



Şekil 4.6. Taşıtlı sayım cihazlarının lokasyonlarını ve yılda günlük trafik durumunu gösteren harita.

Jeolojik karakterizasyon aşamasına gelindiğinde şevdeki yenilme mekanizmasına karar verdikten sonra jeolojik yenilme türü yoğunluk değerlendirmesi gerçekleştirilir. Şevlerde görülen potansiyel yenilme türleri ve bunlara bağlı tahmini yoğunluklar örnek fotoğraflarla ilerleyen bölümlerde verilmiştir. Tennessee RHRS'De yoğunluk bir yenilme türünün (düzlemsel, kama, devrilme, farklı bozunma ve döküntüler) şev yüzeyinde gösterdiği alansal dağılım şeklinde tanımlanır ve toplam alanın yüzdesi olarak ifade edilir. Bu parametre görsel olarak tahmin edilebilir ve şev uzunlukları bu tahminlerde yardımcı olmaktadır. Çalışma kapsamında da dikkate alınan bu parametreye ilişkin puanlar ilerleyen bölümlerde her A-sınıfı şev için hazırlanan tablolarda verilmektedir. Şev uzunluklarına ilişkin ölçümler şev boyunca gerçekleştirilmiş olup şevin tamamının gösterilemediği fotoğraflarda da şev uzunluğu tüm şev için verilmiştir. Fotoğraflar genellikle şevlerin tehlikeli olan kısımlarının tamamı ya da bir parçası şeklinde verilmiş olup tablolarda verilen yoğunluklar tüm şevi dikkate alarak bulunmuştur.

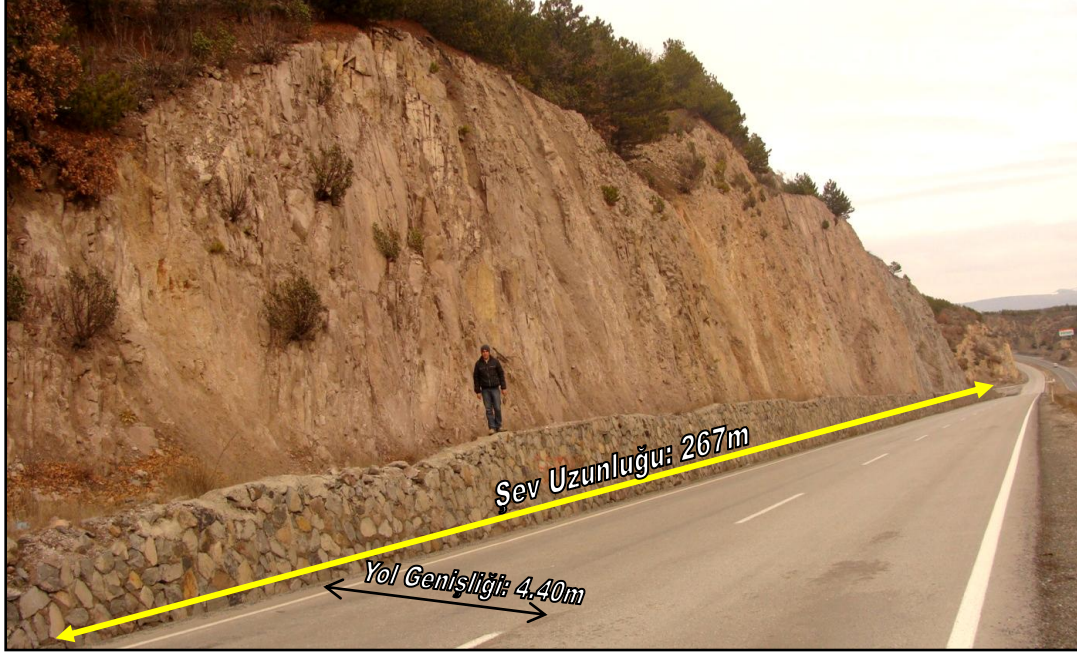
Belirlenen her yenilme türü fotoğraflarda kesikli çizgilerle ve kısaltmalar şeklinde gösterilir. Bu kısaltmalar şu şekildedir: D1= Düzlemsel, K= Kama, D2= Devrilme, FB= Farklı Bozunma, D3= Döküntüler. Yoğunluk puanlamaları ve yenilme türlerine bağlı olan parametreler Tablo 3.2a&b ve Tablo 3.4'de verilmiştir. Jeolojik karakterizasyonun ilk aşamasında bulunan yoğunluk yüzdeleri toplamsal yoğunluk olarak adlandırılır ve yoğunluk puanı toplamsal yoğunluğun bağlı olduğu diğer parametre (diklik, blok boyutu vb.) puanlarına eklenmesi ile bulunur. Tennessee RHRS'ye göre toplamsal yoğunluk kavramı yenilme türünün geniş alan kapladığı ancak çok fazla tehlike içermediği durumlarda şevin tehlike puanını artırma potansiyeline sahiptir. Bu durumu önlemek için duraylılık, blok boyutu ve blok hareketliliği gibi kavramların bir kombinasyonu şeklinde ortaya çıkan birim jeolojik tehlike unsurunu dikkate almanın yararlı olacağı düşünülmektedir. Birim jeolojik tehlike bazında yoğunlukların puanlanması iki şekilde gerçekleştirilebilir.

(1) Toplam Puan: Toplam Tehlike = Birim Tehlike + Yoğunluk Puanı

(2) Çarpımsal Puan: Toplam Tehlike = Birim Tehlike * Yoğunluk Puanı

Çarpımsal yoğunluk kullanılarak, belirlenen yenilme türünün toplam tehlikeye katkısı her bir yenilme türünün bireysel tehlikesi ile doğru orantılı olup, bulunan değer diğer jeolojik değerlendirmelerden bağımsızdır. Çarpımsal yoğunluk düşük riskli yenilme mekanizmalara verilen abartılı puanlara ilişkin problemi geriye dönük ve etkin şekilde çözmektedir. Ayrıca düşük yoğunluklu ancak yüksek riskli yenilme mekanizmasına sahip şevlerin tehlike derecesini de arttırabilmektedir. Çarpımsal yoğunluğun kullanımı daha tehlikeli olan şeve göreceli olarak daha fazla puan verir (CAIN, 2004). Bu yoğunluk türü özellikle iki şevin kıyaslanabilmesi amacıyla kullanılmalıdır. Çarpımsal yoğunluk uygulanarak bir şevde gerek bir tek ya da gerekse birden fazla yenilme türü için toplam tehlike ya da toplam RHRS tehlike puanı artar ya da düşer. Bu uygulamanın sonuçları iki farklı şevin kıyaslanması ile hangi şevin daha tehlikeli olacağını gösterir ve anlam kazanır. Çarpımsal yoğunluk puanlarını da içeren toplam RHRS puanları EKLER bölümünde tablolar halinde verilmiştir.

a) **A1 sınıfı şev:** Bu şev başlangıç noktasından (C1, Şekil 4.1.) itibaren Km:1'de, Bolu yönünde yolun sol tarafında yer almaktadır. Yol yarmasının saha ve yol geometrisine ve jeolojik karakterizasyonuna yönelik özellikleri Şekil 4.7- 4.9 üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Şev uzunluğu ve yol genişliği ölçümlerinin gösterildiği Kurtboğazı Barajı yakınında yer alan bir A-sınıfı şev. Yolun çizgiselliğinden dolayı DSD'nin yüksek olduğu görülmektedir. (Kuzeybatıya bakış).



Şekil 4.8. Uyarı levhalarını ve sektirme özelliklerini gösteren bir görüntü. (Güneye bakış).



Şekil 4.9. Sınıflandırılan ilk şev olarak “A1” şeklinde adlandırılan şevin hendek tasarımının yandan görüntüsü. Hendek etkinliği için çalışma güzergahında genellikle şev önünde yer alan duvarların üzerinde ve altında bırakılan boşluk genişlikleri şeritmetre ile ölçülmüştür. Bu fotoğraf şev önündeki duvarın üzerinden çekilmiş bir görüntüdür. (Kuzeybatıya bakış).

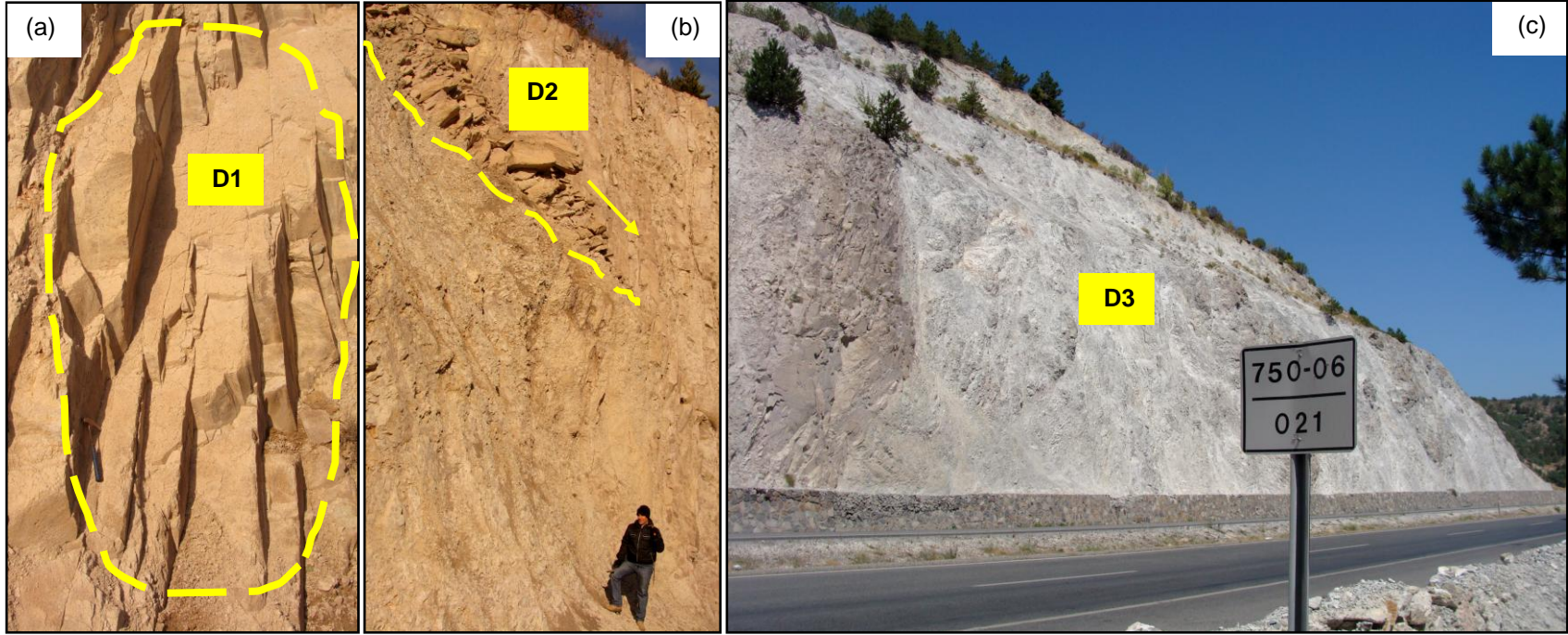
“A1-sınıfı” şevde belirlenen yenilme türlerine ilişkin puanlamalarla tahmini yoğunluklar ve saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine (su durumu ve kaya düşme tarihçesi) ilişkin puanlama sonuçları Tablo 4.1 ve 4.2’de verilmiştir. Bu işlem her “A sınıfı” şev için gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4.1. “A1-sınıfı” şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterleri için puanlama sonuçları. (Bkz.Bölüm 3.2.2, Tablo 3.2a&b ve Eşitlik.3.1 ve3.2.).

Saha ve Yol Geometrisi	Toplanan Veri	Puan	Saha ve Yol Geometrisi ile Diğer Puanlama Kriterleri	Toplanan Veri	Puan
Şev Yüksekliği (m)	30.6	81	Hendek Etkinliği	< 50	81
% AVR	82	37	Kaya Düşme Tarihçesi	Yer yer	9
DSD	Uygun	3	Su durumu	Sızıntı	9
Yol Genişliği (m)	4.40	100		TOPLAM	320

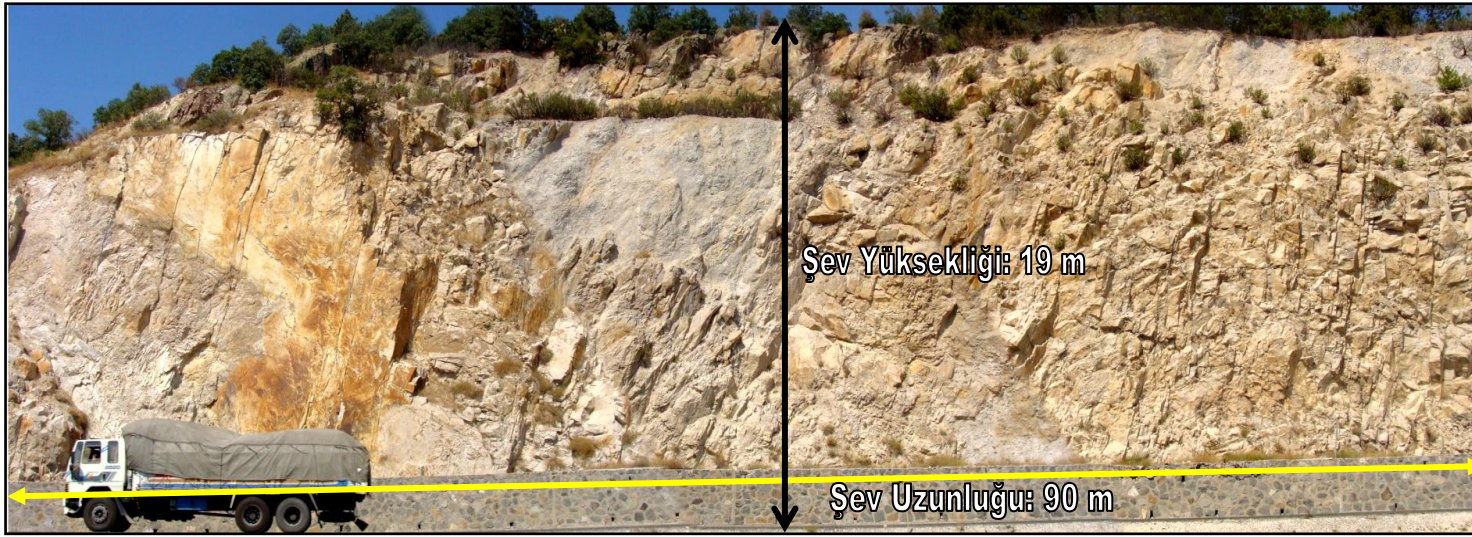
Tablo 4.2. “A1 sınıfı” şevde belirlenen yenilme türlerine karşılık tahmini yoğunluk (toplamsal) puanları.(Bkz.Bölüm 3.2.2, Tablo 3.2a-Jeolojik Karakteristikler.)

Yenilme Türü	Yoğunluk (%)	Puan
Düzlemsel	≈40% (>30%)	81
Devrilme	≈6% (<10%)	5
Döküntü	≈55%(>30%)	81



Şekil 4.10. “A1 sınıfı” şevde belirlenen yenilme türlerine gösteren şekiller. Bu yol yarması düzlemsel, devrilme türü ve döküntülere bağlı duraysızlıklar göstermektedir. **a)** Kaya yarmasında düzlemsel kayma yüzeyinin bir kısmını gösteren görüntü. Şekil 4.7’de gösterilen şev uzunluğu için şev yüzeyinin tahmini olarak yaklaşık %40’lık bir bölgesi düzlemsel kayma ile yenilme potansiyeline sahip olup bu yüzde yoğunluk puanlamasında 81 puana karşılık gelmektedir. **b)** Kesikli çizgi üzerindeki kaya dilimlerinin devrilerek yola gelme olasılıkları fazladır. (Çok tipik bir devrilme türü duraysızlık olmasa da Tennessee RHRS kapsamında devrilme olarak nitelendirilen benzer durumlar görülmektedir.) **c)** Yol yarması geniş alanda bir bozunma yüzeyi göstermekte olup küçük kaya blokları şev yüzeyinden koparak yola fırlayabilmektedirler. Şevin bu kısmındaki en önemli mekanizma kaya bloklarının sürekli bir sıçrama hareketi yapmasıdır ve bu sayede bloklar yüksekliğin ve launching feature’ların da etkisi ile yola ulaşmaktadırlar. Bu kesimdeki duraysızlık türü döküntüler şeklinde adlandırılmıştır.

b) **A2 sınıfı şev:** Bu şev Bolu yönünde yolun sol tarafında başlangıç noktasından itibaren KM: 1.6'da yer almaktadır. Yol yarmasının saha ve yol geometrisine ve jeolojik karakterizasyonuna yönelik özellikleri Şekil 4.11 - 4.14 üzerinde gösterilmiştir.



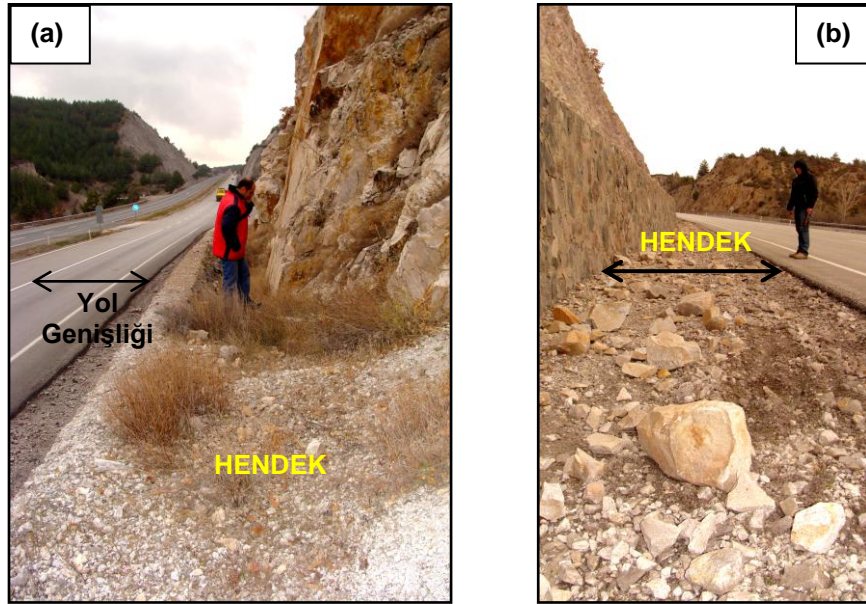
Şekil 4.11. Daha uzun olan bir şevin bazı saha ve yol geometrisine ilişkin ölçümlerini gösteren bir kesitin görüntüsü. (Kuzeybatıya bakış). Tablo 4.3'de listelenen parametreler hakkında fikir sahibi olabilmek için bu şeve ilişkin bir sonraki şekiller incelenebilir.

Tablo 4.3. "A2-sınıfı" şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları.

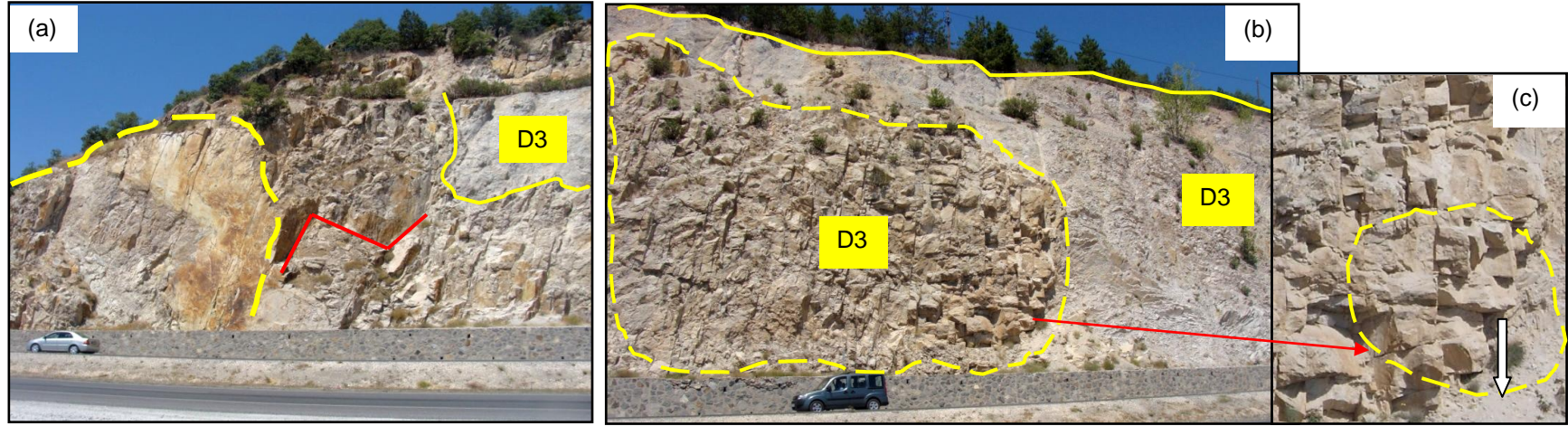
Şev Yüksekliği (m)	19	Puan: 16	Yol Genişliği (m)	4.70	Puan : 100	Su	Yok	Puan : 3
% AVR	74	Puan : 26	Hendek Etkinliği	< 50	Puan : 81			
DSD	Uygun	Puan : 3	Kaya düşme Tarihçesi	Yer yer	Puan : 9		TOPLAM	PUAN: 238



Şekil 4.12. Şev uzunluğu, yol genişliği ve DSD gibi parametrelerin gözlenebildiği şevin diğer kesiminden bir görüntü (Kuzeybatıya bakış). (AVR hesaplamasında gerekli olan şev uzunluğu bu şekilde verilen ile Şekil 4.11'deki şev uzunluğunun toplamıdır. Bunun nedeni ise şev yüzeyinden ayrılan kaya bloklarının tüm şev uzunluğu boyunca hem hendek içinde hem de yol üzerinde görülmesinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca araçların geliş yönüne bakılırsa şeve girişte sürücülerin çizgisel bir yol izlemelerinden dolayı DSD (blok algılama mesafesi) uygun olarak alınmıştır.)



Şekil 4.13. Yol genişliği ve hendek durumlarını gösteren şekiller. **a)** Asfalt çizgileri üzerindeki ok işareti yol genişliğinin yolun uzun eksenine dik olacak ve yolun şeve yakın olan asfaltlanmış sağ tarafını kapsayacak şekilde ölçüldüğünü göstermekte olup yol kenarında banket olması durumunda banket genişliği de yol genişliğine eklenerek puanlamalar yapılmaktadır. Bu şevde de olduğu üzere tüm şevler için hendek genişliği hendeğin en dar olduğu kesimden ölçülür. Şekilden de görüldüğü gibi eğer hendek kaya blokları ile dolmuş ve temizlenmemiş ise etkinliğini yitirir. (Güneydoğuya bakış) **b)** Yapılan gözlemler sonucu, bu şevde de olduğu gibi genellikle tüm şevlerde, şekilden de görüldüğü üzere duvarın alt kesiminde bırakılan boşlukların kaya bloklarını tutması için tasarlandıkları düşünülmüş ve genişlikleri ölçülerek hendek etkinliği kapsamında değerlendirilmişlerdir. (Kuzeybatıya bakış)

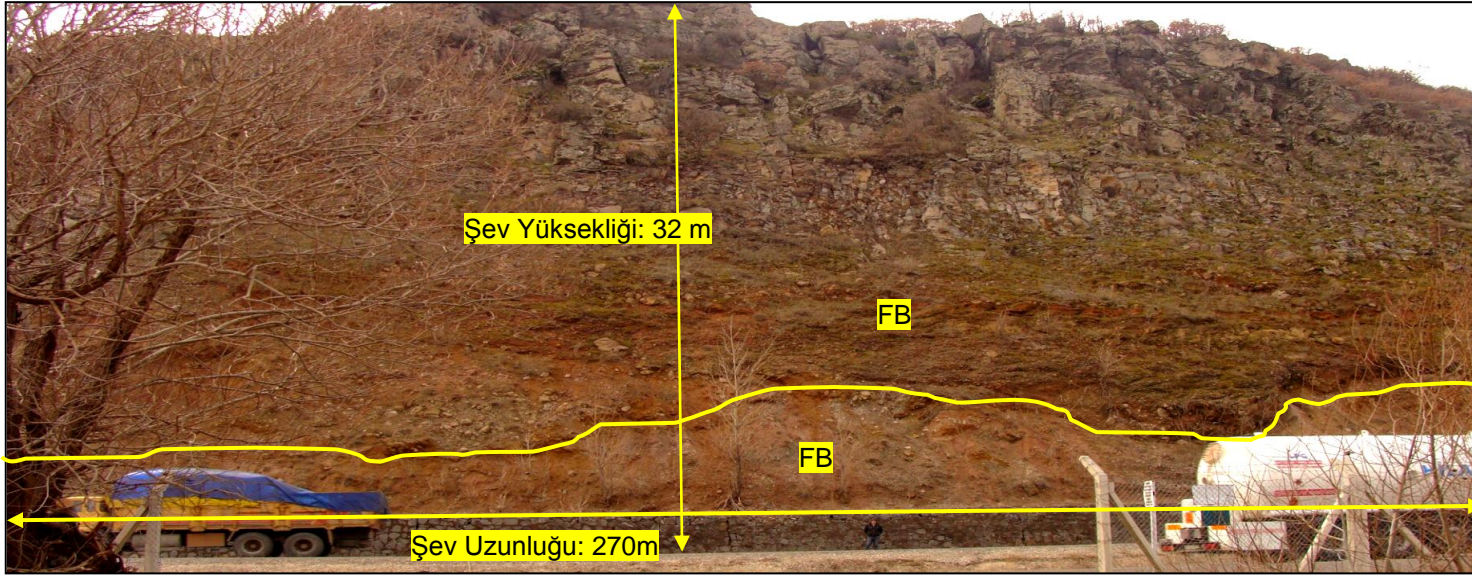


Şekil 4.14. “A2-sınıfı” şevde belirlenen yenilme mekanizmasını gösteren şekiller. **a)** Kesik çizgilerin altındaki ve kırmızı çizginin üzerinde görülen kesimler daha önce gelişmiş duraysızlıklardan ortaya çıkan kayma yüzeyleridir. Sarı çizgi üzerinde D3 sembolü ile gösterilen kesim döküntü şeklinde gelişen duraysızlıklara açık olan bir yüzeyi ifade eder. **b)** D3 ile gösterilen kesimler belirgin bir yenilme mekanizmasının görülmediği ancak bozunmaya bağlı olarak küçük kaya bloklarının dökülmesi ve yola gelmesi şeklinde gelişen duraysızlığı ifade eder. Kesikli çizgilerle kapanan kesim hemen hemen yatay tabakalardan oluşmaktadır ve eklem setlerinin oluşturduğu bloklar ayırt edici bir yenilme mekanizmasına bağlı olmadan düşme eğilimi gösterirler. **c)** Blok rahatlaması (serbestleşmesi) şeklinde düşebilecek kaya bloklarının yakından görüntüsü.

Tablo 4.4. “A2-sınıfı” şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması.

Yenilme Türü	Yoğunluk (%)	Puan
Döküntü	80 (>30%)	81

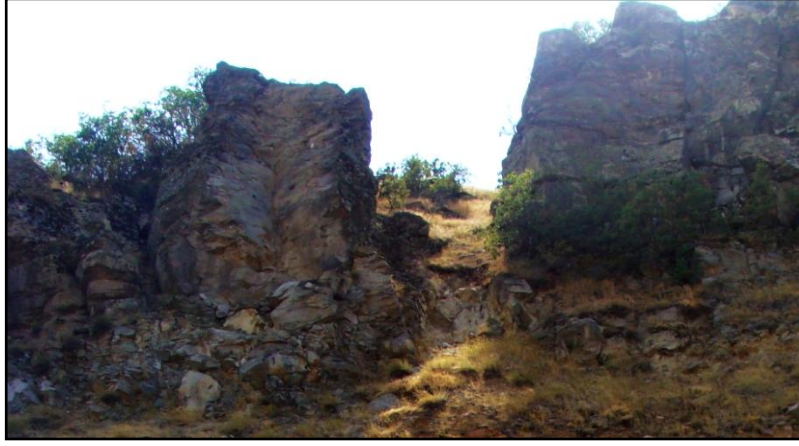
c) **A3 sınıfı şev:** Bu şev Bolu yönünde yolun sol tarafında başlangıç noktasından itibaren KM:9.0'da yer almaktadır. Yol yarmasının saha ve yol geometrisine ve jeolojik karakterizasyonuna yönelik özellikleri Şekil 4.15&4.16 üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4.15. A3 sınıfı şevin saha ve yol geometrisi ile jeolojik özelliklerini ortaya koyan bir görüntü (Kuzeybatıya bakış). Bu yol yarması erozyon hızları birbirinden farklı olan ve alttaki birimlerin üsttekine oranla daha hızlı bozunduğu iki farklı litolojiden oluşmaktadır. Bu görüntü şevin yalnızca bir kesimini göstermekte olup verilen şev uzunluğu tüm şev için ölçülmüştür. Sarı çizgi ile gösterilen kesim şev boyunca devam etmekte olup özellikle bazı kesimlerde farklı bozunmadan kaynaklı "overhang" (asılı kalma durumu) oluşmuştur. Farklı bozunmanın ilerlemesi ile üstte yer alan dayanımı daha fazla olan birimlerin asılı olması sonucunda düşmesi beklenmektedir.

Tablo 4.5. "A3-sınıfı" şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları.

Şev Yüksekliği(m)	32	Puan: 100	Yol Genişliği (m)	6.40	Puan: 71	Su	Sızıntı	Puan: 9
% AVR	83	Puan: 38	Hendek Etkinliği	50-70	Puan: 27			
DSD	Uygun	Puan: 3	Kaya Düşme Tarihçesi	Yer yer	Puan: 9		TOPLAM	PUAN: 257



Şekil 4.16. Yol yarmasının tepe kesiminde bulunan birimlerden (bazalt) bir görüntü (Kuzeybatıya bakış). Kama kayması şeklinde yenilen kaya yüzeyleri görülmekte olup şevin üst kesimlerinde kama türü yenilme potansiyeli olduğu düşünülmektedir. Şekilde sağ ve solda yer alan büyük kaya kütleleri arasında görülen kesimde bölgedeki insanlardan edinilen bilgiye göre bir önceki bahar aylarından birinde büyük bir kaya kütlelerinin duraysızlığına uğradığı öğrenilmiştir.

Tablo 4.6. “A3-sınıfı” şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması.

Yenilme Türü	Yoğunluk (%)	Puan
Farklı Bozunma	50 (>30%)	81
Kama Kayması	5 (<10%)	3

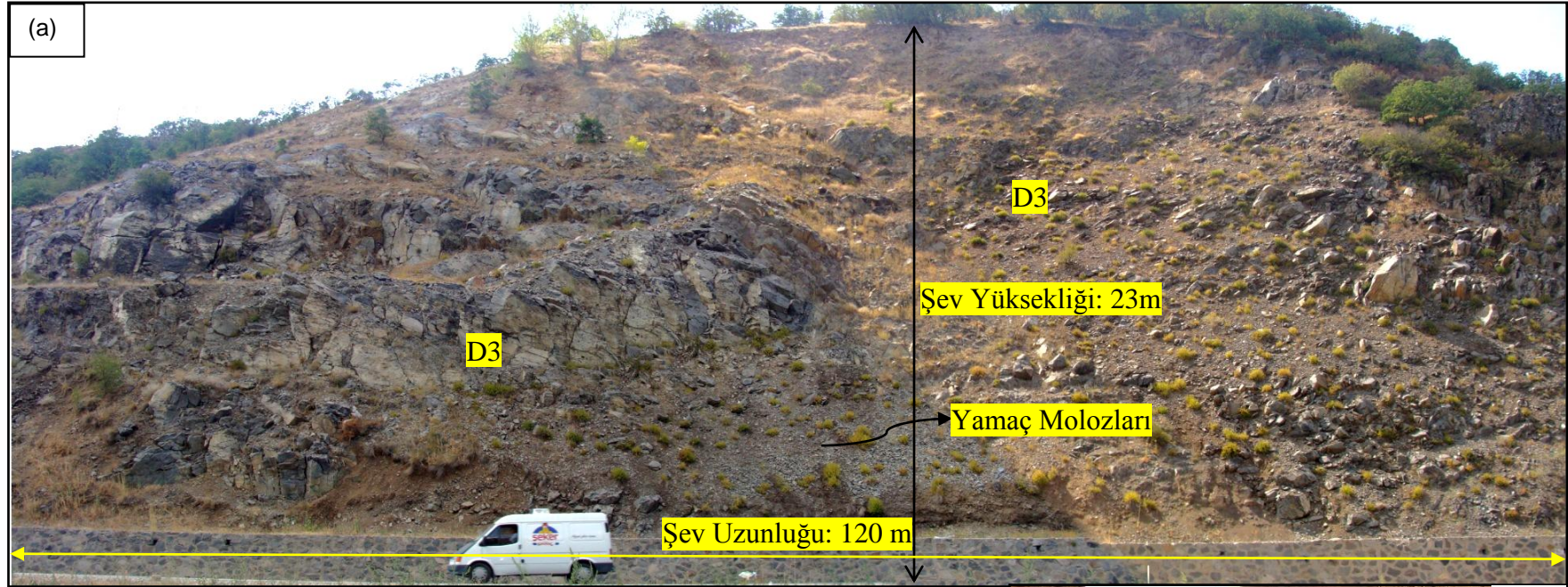
d) A4 sınıfı şev: Bu şev Bolu yönünde yolun sol tarafında başlangıç noktasından itibaren KM:9.7’de yer almaktadır. Yol yarmasının saha ve yol geometrisine ve jeolojik karakterizasyonuna yönelik özellikleri Şekil 4.17&4.18 üzerinde gösterilmiştir.

Tablo 4.7. “A4-sınıfı” şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları.

Şev Yüksekliği (m)	23	Puan: 28	Hendek Etkinliği	<50	Puan: 81
% AVR	37	Puan: 5	Kaya Düşme Tarihçesi	Çok sayıda	Puan: 27
DSD	Uygun	Puan: 3	Su Durumu	Sızıntı	Puan: 9
Yol Genişliği (m)	6.10	Puan: 81		TOPLAM	Puan: 228

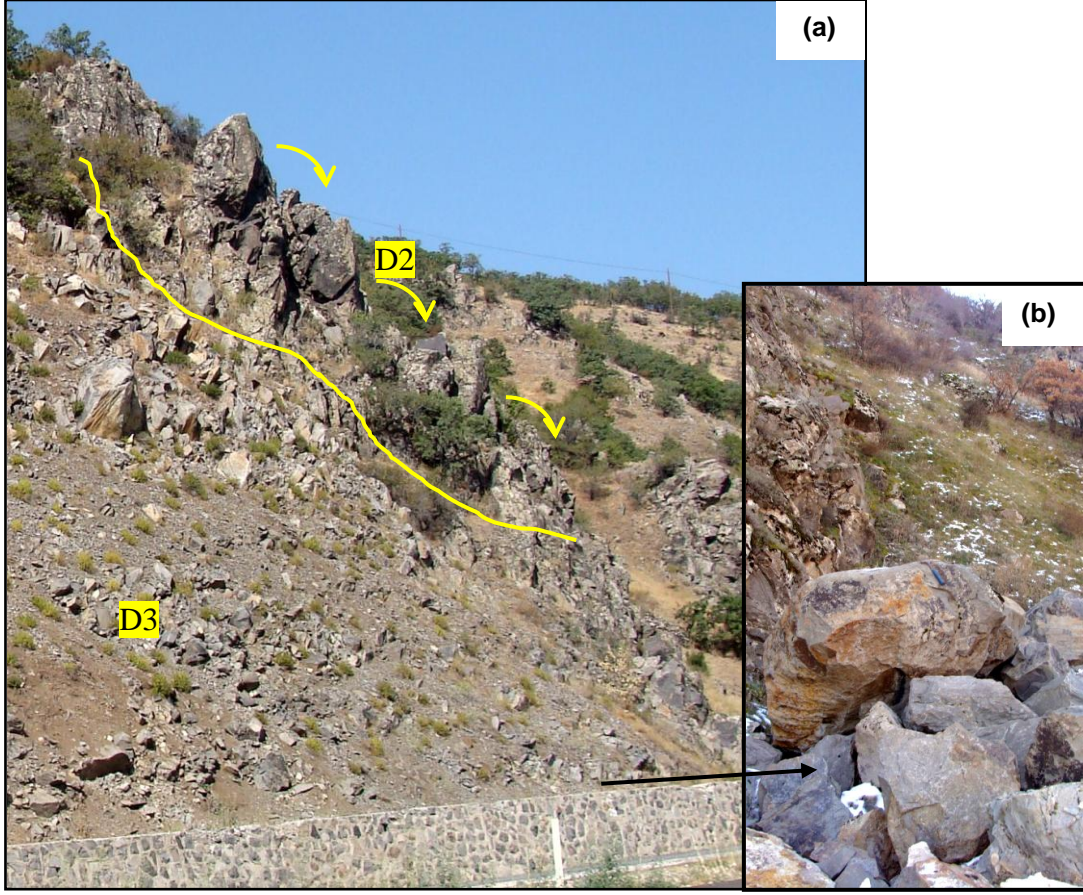
Tablo 4.8. “A4-sınıfı” şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması.

Yenilme Türü	Yoğunluk (%)	Puan
Döküntü	95 (>30%)	81
Devrilme	5 (<10%)	5



Şekil 4.17. A4 sınıfı şevin saha ve yol geometrisi ile jeolojik özelliklerini ortaya koyan görüntüler. **a)** Hemen hemen tüm şev yüzeyi döküntü şeklinde gelişen duraysızlık potansiyeline sahiptir. Şev yüzeyinden kaya bloklarının ayırt edici bir mekanizmaya bağlı olmadan yalnızca erozyon sonucunda döküldüğü görülmekte olup şevin eteklerinde görülen birikimler de (etek döküntüleri) döküntü şeklinde kabul edilen duraysızlıkların bir kanıtıdır. Gösterilen şev uzunluğu bu örnek için de tüm şev boyunca ölçülmüştür. (Batıya bakış). **b)** Duvar üzerindeki şev önü hendeğin yetersiz olmasından dolayı duvarın alt kesiminde bırakılan hendekte düşen kaya blokları görülmektedir. Ancak bu blokların pek çoğunun yola geldiği anlaşılmıştır. Yoldan başlayarak hendeğe kadar uzanan iş makinası izleri bölgede yolun kaya bloklarından temizlendiğini göstermektedir. (Güneye bakış)



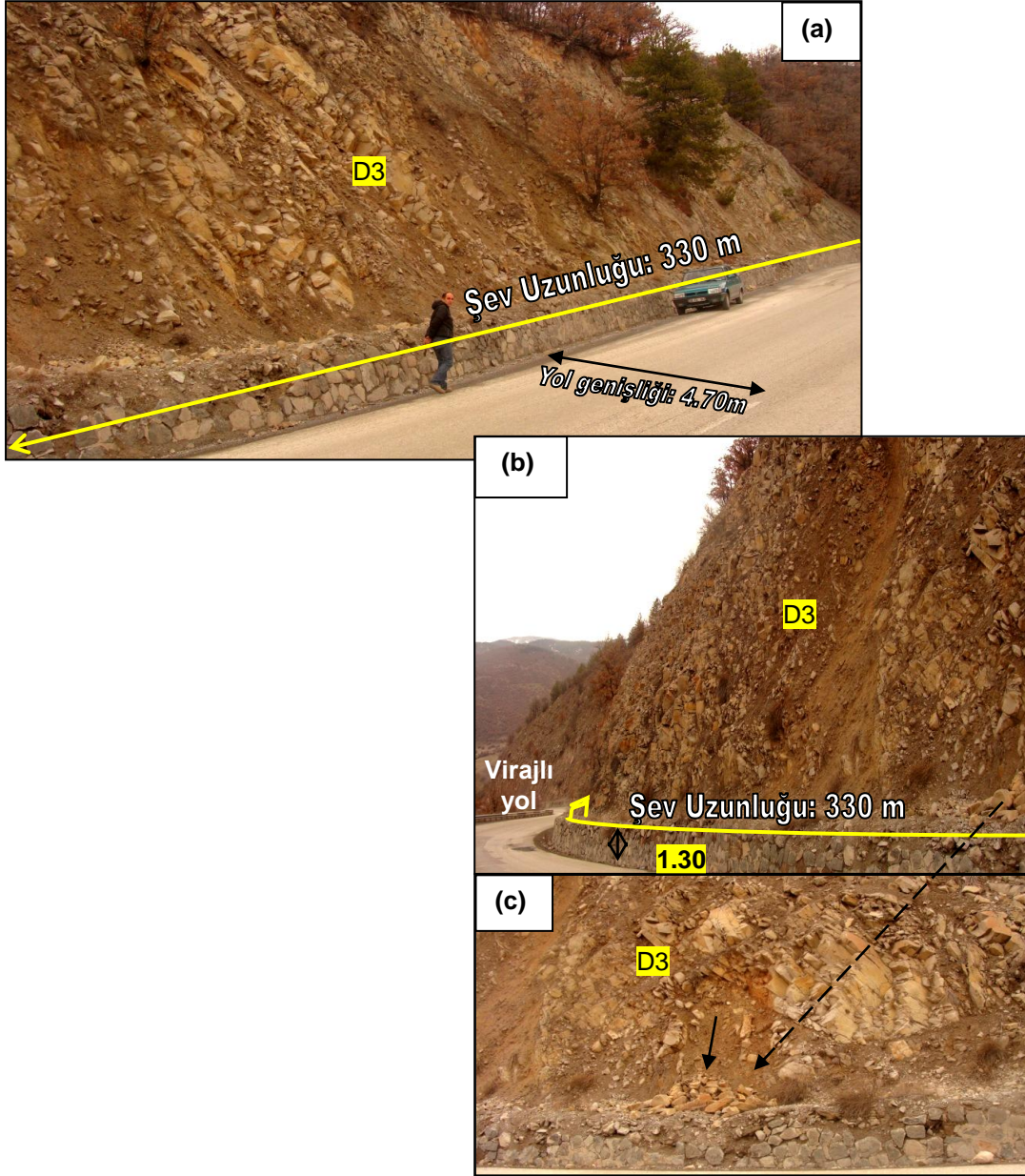


Şekil 4.18. A4 sınıfı şevin hendek ve yenilme türüne ilişkin görüntülerine yakından bakış (Kuzeybatıya bakış). **a)** Sarı çizgi üzerinde gösterilen kaya kütle tansiyon çatlakları içermekte olup bu çatlakların dolması ile oluşan su basıncı sonucunda kaya bloklarının devrilme ihtimalleri vardır. Bu durum klasik devrilme türü duraysızlık için tipik bir örnek olmasa da Tennessee RHRS kapsamında blokların dışarıya doğru rotasyonunun mümkün olduğu durumlar devrilme olarak değerlendirilmektedir. Yükseklik ve eğimli yüzeyin blokların yola gelmesini hızlandıracak bir etki yaratacağı düşünülmektedir. **b)** Düşen kaya blokları ile dolan hendek yapısından bir görünüm.

e) A5 sınıfı şev: Bu şev Bolu yönünde yolun sağ tarafında başlangıç noktasından itibaren KM:20'de yer almaktadır. Yol yarmasının saha ve yol geometrisine ve jeolojik karakterizasyonuna yönelik özellikleri Şekil 4.19a,b&c üzerinde gösterilmiştir.

Tablo 4.9. "A5-sınıfı" şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları.

Şev Yüksekliği(m)	10	Puan: 4	Hendek Etkinliği	<50	Puan: 81
% AVR	183	Puan: 100	Kaya Düşme Tarihiçesi	Çok sayıda	Puan: 27
DSD	Sınırlı	Puan: 27	Su durumu	Sızıntı	Puan: 9
Yol Genişliği (m)	5.80	Puan: 93		TOPLAM	Puan: 341



Şekil 4.19. A4 sınıfı şevin saha ve yol geometrisi ile jeolojik özelliklerini ortaya koyan görüntüler (Doğuya bakış). **a)** “a” ve “b” şekillerinde gösterilen şev uzunluğu şevin iki parçasının birbirine devamı niteliğinde toplam olarak verilmiştir. Yol yarması bütünüyle döküntü şeklinde gelişen bir duraysızlık mekanizmasına sahiptir. **b)** Yolun virajından sonra 330m’lik şevin son parçası bulunmakta olup Kargasekmez Geçidi’ndeki keskin virajlardan birinin arkasında yer aldığı için DSD’yi sınırlı kılmıştır. **c)** Kaya yüzeyinden dökülen blokların yakından görüntüsü.

Tablo 4.10. “A5-sınıfı” şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması.

Yenilme Türü	Yoğunluk (%)	Puan
Döküntü	≈90 (>30%)	81

f) A6 sınıfı şev: Bu şev Bolu yönünde yolun sağ tarafında başlangıç noktasından itibaren KM:22'de yer almaktadır. Yol yarmasının saha ve yol geometrisine ve jeolojik karakterizasyonuna yönelik özellikleri Şekil 4.20a&b ve 4.21a&b üzerinde gösterilmiştir.

Tablo 4.11. "A6-sınıfı" şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları.

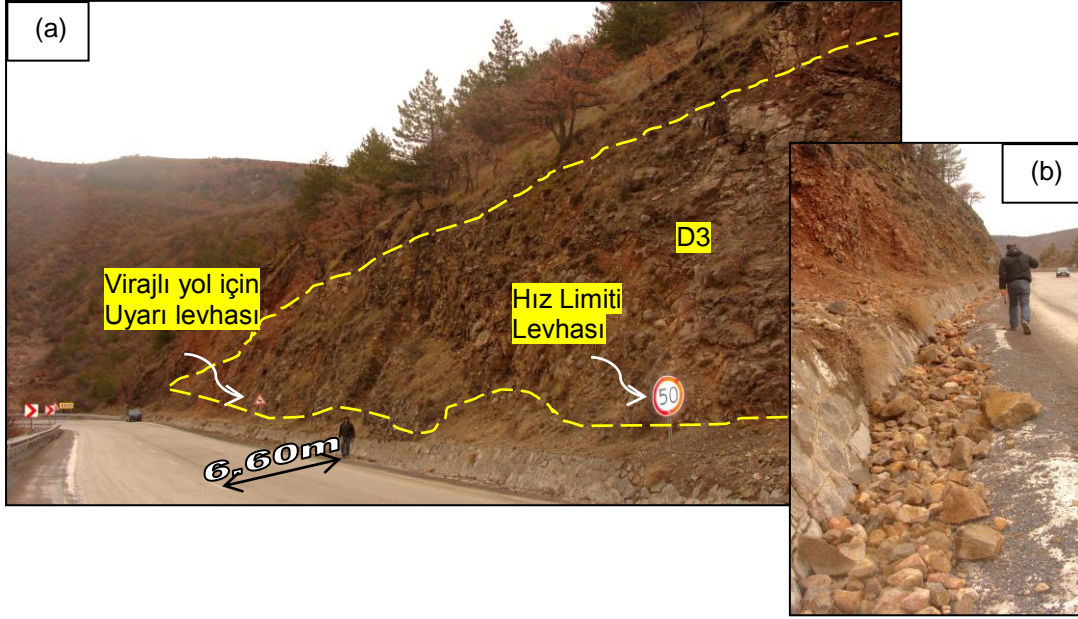
Şev Yüksekliği(m)	12.2	Puan: 6	Hendek Etkinliği	<50	Puan: 81
% AVR	99	Puan:78	Kaya Düşme Tarihçesi	Sürekli	Puan: 81
DSD	Çok sınırlı	Puan:81	Su Durumu	Sızıntı	Puan: 9
Yol Genişliği (m)	6.60	Puan:62		TOPLAM	Puan:398

Tablo 4.12. "A6-sınıfı" şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması.

Yenilme Türü	Yoğunluk (%)	Puan
Döküntü	≈90 (>30%)	81



Şekil 4.20. Virajlı bir yolun gerisindeki görüntüleri gösteren şekiller (Güneybatıya bakış). **a)** Okla gösterildiği gibi yolda var olan viraj DSD'nin sürücüler açısından neden çok sınırlı olduğuna dikkat çekmektedir. Kesik çizgiler altında görülen şevin eteklerindeki döküntüler bu şevdeki hakim yenilme mekanizmasının bir kanıtıdır. **b)** Şevden dökülen kaya parçalarının hendekdeki görüntüsü.



Şekil 4.21. A6 sınıfı şevin geri kalan kısmını gösteren görüntüler. **a)** Hemen hemen tüm şev yüzeyin döküntü şeklindeki duraysızlık potansiyeline sahiptir. AVR hesaplamalarında kullanılan hız limiti için uyarı levhası şekilde görülebilir. (Kuzeydoğuya bakış) **b)** Şev boyunca tüm hendek kaya yüzeyinden ayrılan bloklarla dolmuştur. Blokların yolda bıraktığı izlere ve bazı blokların yol ortasına kadar geldiği durumlara rastlanmıştır.

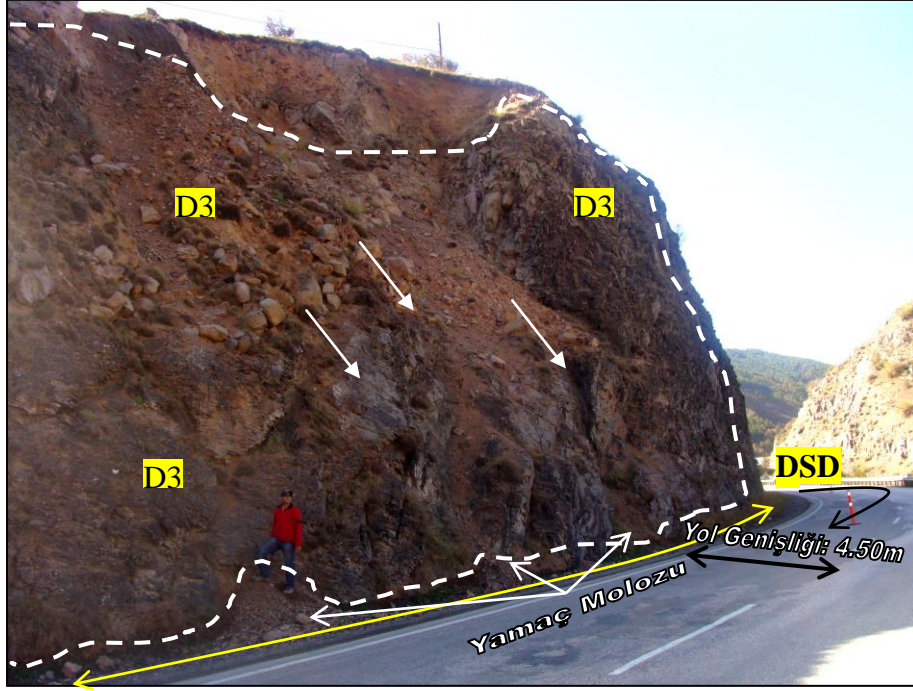
g) A7 sınıfı şev: Bu şev Bolu yönünde yolun sol tarafında başlangıç noktasından itibaren KM:40'da yer almaktadır. Yol yarmasının saha ve yol geometrisine ve jeolojik karakterizasyonuna yönelik özellikleri Şekil 4.22 üzerinde gösterilmiştir.

Tablo 4.13. "A7-sınıfı" şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları.

Şev Yüksekliği (m)	13.5 m	Puan: 7	Hendek Etkinliği	50-70	Puan : 81
% AVR	17	Puan: 2	Kaya Düşme Tarihçesi	Birkaç	Puan : 3
DSD	Sınırlı	Puan: 27	Su Durumu	Akıcı	Puan : 27
Yol Genişliği (m)	4.50 m	Puan:100		TOPLAM	Puan : 247

Tablo 4.14. "A7-sınıfı" şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması.

Yenilme Türü	Yoğunluk (%)	Puan
Döküntü	≈90 (>30%)	81



Şekil 4.22. A7 sınıfı Şevin özelliklerini gösteren Şekil. Beyaz kesikli çizgi ile sınırlandırılmış alan bozunmaya bağlı olarak ilerleyen safhalarda kaya bloklarının döküntüler Şeklinde yenileceği kaya yüzeyini göstermektedir. Şevin eteklerinde biriken küçük kaya blokları bu mekanizmanın bir kanıtıdır. Ayrıca daha önce gelişmiş bozunmalardan ya da kaymalardan dolayı uygun noktalarda Şev yüzeyinde tutulan kaya blokları ani yağışlar ile Şevden aşağıya yola doğru bir eğilimle dklebilirler. Sürücülerin Şeve giriş yönünde yol virajına denk gelmesi ve DSD'nin buna bağlı olarak limitli hale gelmesi söz konusudur. Şev uzunluğu sarı ok ile gösterildiği kadar yenilme yüzeyi boyunca ölçülmüştür.

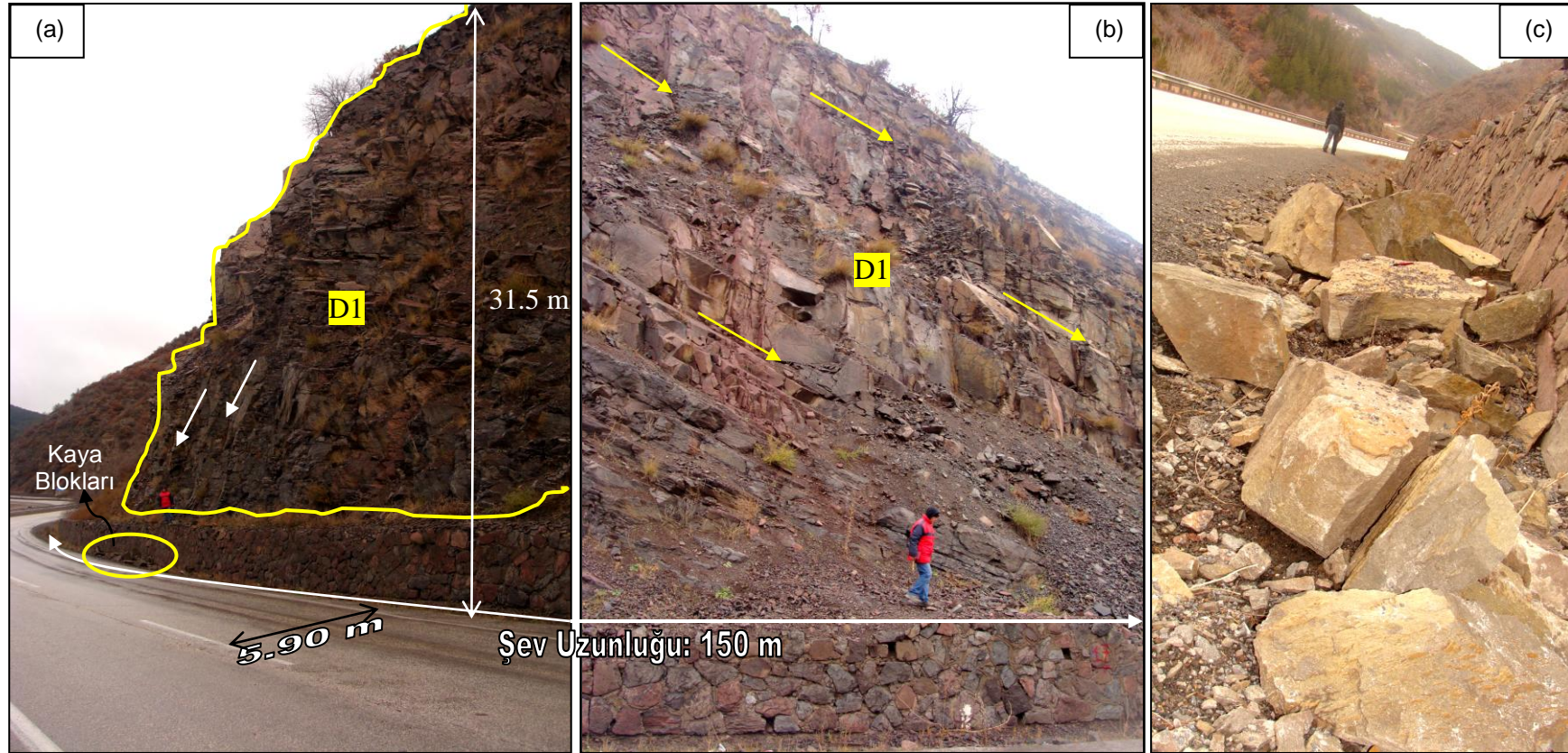
h) A8 sınıfı Şev: Bu Şev Bolu yönünde yolun sağ tarafında başlangıç noktasından itibaren KM:40.2'de yer almaktadır. Yol yarmasının saha ve yol geometrisine ve jeolojik karakterizasyonuna yönelik zellikleri Şekil 4.23a,b&c üzerinde gösterilmiştir.

Tablo 4.15. "A8-sınıfı" Şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları.

Şev Yüksekliği(m)	31.5	Puan: 95	Hendek Etkinliği	<50	Puan : 81
% AVR	40	Puan: 6	Kaya Düşme Tarihçesi	çok sayıda	Puan : 27
DSD	Orta	Puan: 9	Su Durumu	Akıcı	Puan : 27
Yol Genişliği (m)	5.90 m	Puan: 89		TOPLAM	Puan : 334

Tablo 4.16. "A8-sınıfı" Şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması.

Yenilme Türü	Yoğunluk (%)	Puan
Düzlemsel Kayma	≈90 (>30%)	81

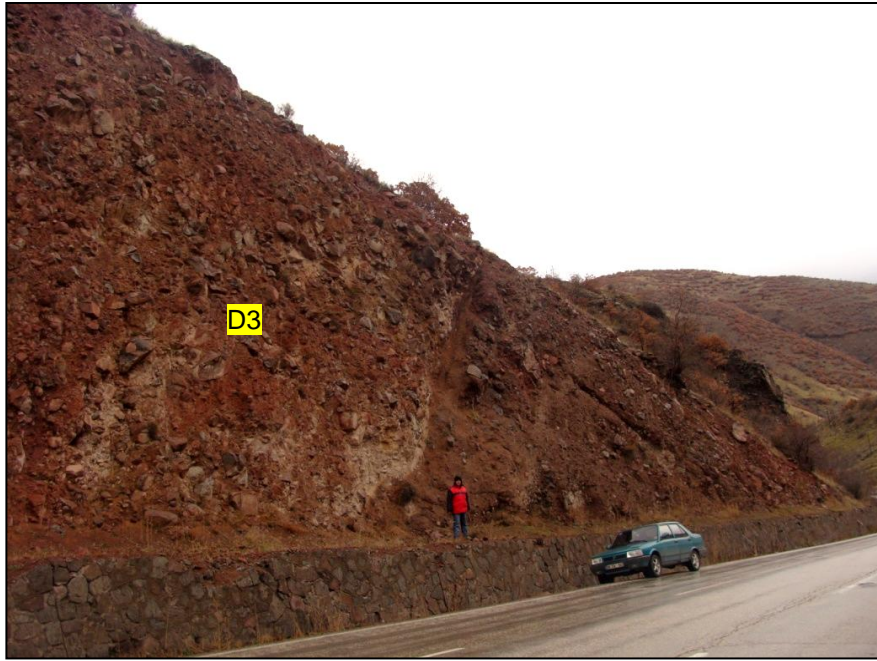


Şekil 4.23. A8 sınıfı şevin bazı açılardan belirli bölgelerinin gösterilmesi. **a)** Ana kaya çok eklemli bazaltlardan oluşmaktadır ve birbirine paralel kayma yüzeyleri içermektedir. Kaya blokları bu kayma yüzeyleri üzerinden duraysızlığa uğrayarak yola gelme eğilimine sahiptirler. Şev yüksekliği ve yol genişliği ölçümleri de görülebilir. Şev uzunluğu duraysızlığın geliştiği tüm şev boyunca ölçülmüş olup a ve b'deki şekiller şevin tüm görüntüsünü temsil etmemektedirler. (Kuzeybatıya bakış). **b)** Düzlemsel kayma sonucu şevin eteklerine, hendeğe ve yer yer yola kadar devam eden kaya birikim zonundan bir görüntü (Kuzeydoğuya bakış). **c)** a şikkında hendek üzerinde çizilmiş sarı bölgenin yakından görüntüsünü ve dolayısıyla hendekdeki kaya bloklarının birikimini gösteren temsili şekil. Duvar üzerinde yer alan hendek şev boyunca çok dar devam ettiğinden dolayı şev yüzeyinden düşen kaya bloklarını tutma kapasitesi yeterli değildir. (Batıya bakış).

ı) A9 sınıfı şev: Bu şev Bolu yönünde yolun sağ tarafında başlangıç noktasından itibaren KM:40.4'de yer almaktadır. Yol yarmasının saha ve yol geometrisine ve jeolojik karakterizasyonuna yönelik özellikleri Şekil 4.24 üzerinde gösterilmiştir.

Tablo 4.17. “A9-sınıfı” şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları.

Şev Yüksekliği(m)	12.5m	Puan : 6	Hendek Etkinliği	50-70	Puan : 81
% AVR	50	Puan : 9	Kaya Düşme Tarihiçesi	Birkaç	Puan : 3
DSD	Uygun	Puan : 3	Su Durumu	Sızıntı	Puan : 9
Yol Genişliği (m)	5.90 m	Puan : 89		TOPLAM	Puan : 200

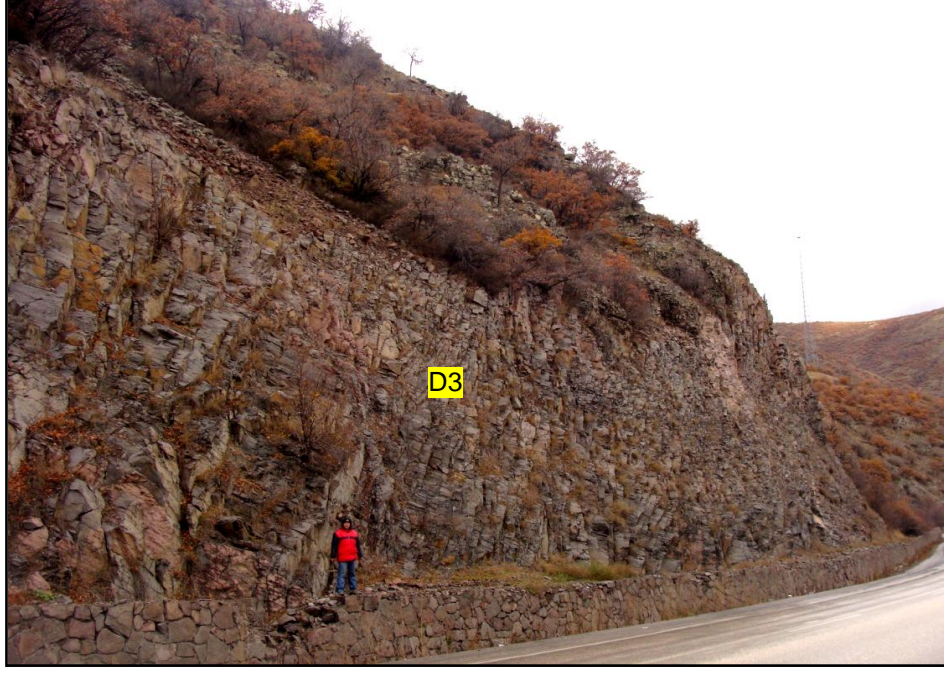


Şekil 4.24. A9 sınıfı şevde gelişen döküntü mekanizmasını gösteren bir fotoğraf. (Güneydoğuya bakış)

Tablo 4.18. “A9-sınıfı” şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması.

Yenilme Türü	Yoğunluk (%)	Puan
Döküntü	≈100 (>30%)	81

ı) A10 sınıfı şev: Bu şev Bolu yönünde yolun sağ tarafında başlangıç noktasından itibaren KM:40.6'da yer almaktadır. Yol yarmasının saha ve yol geometrisine ve jeolojik karakterizasyonuna yönelik özellikleri Şekil 4.25 ve 4.26 üzerinde gösterilmiştir.



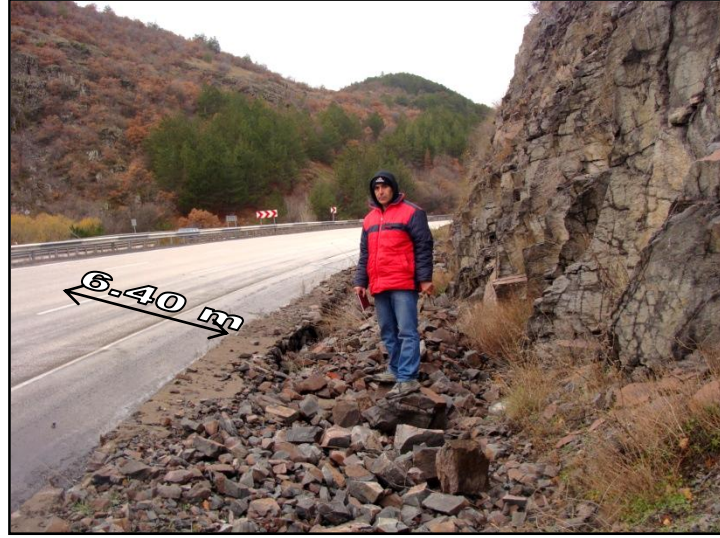
Şekil 4.25. Döküntü şeklinde gelişen duraysızlık mekanizmasına sahip olan bir başka A sınıfı şev. (Güneydoğuya bakış).

Tablo 4.19. "A10-sınıfı" şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları.

Saha ve Yol Geometrisi	Toplanan Veri	Puan
Şev yüksekliği	14.7	8
% AVR	66	18
DSD	Uygun	3
Yol Genişliği	6.40	71
Hendek Etkinliği	<50	81
Kaya Düşme Tarihçesi	Yer yer	9
Su Durumu	Sızıntı	9
TOPLAM		199

Tablo 4.20. "A10-sınıfı" şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması.

Yenilme Türü	Yoğunluk (%)	Puan
Döküntü	≈70 (>30%)	81



Şekil 4.26. Duvar üzerindeki hendeğin en geniş olan kesiminden bir görüntü. Bu kısım tamamen kaya blokları ile doludur ve şevin geri kalan kesimleri boyunca hendek genişliği burada görüldüğünden daha da dardır. Duvarın altındaki hendek ise çok daha etkisizdir ve duvar ise pek çok yerde düşen kaya bloklarının yarattığı darbe etkisiyle deforme olmuştur. (Kuzeybatıya bakış)

j) A11 sınıfı şev: Bu şev Bolu yönünde yolun sağ tarafında başlangıç noktasından itibaren KM:41.2'de yer almaktadır. Yol yarmasının saha ve yol geometrisine ve jeolojik karakterizasyonuna yönelik özellikleri Şekil 4.27 üzerinde gösterilmiştir.

Tablo 4.21. "A11-sınıfı" şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları.

Şev Yüksekliği(m)	9.5	Puan : 4	Hendek Etkinliği	50-70	Puan : 81
% AVR	30	Puan : 4	Kaya Düşme Tarihçesi	Birkaç	Puan : 3
DSD	Uygun	Puan : 3	Su Durumu	Sızıntı	Puan : 9
Yol Genişliği (m)	5.05m	Puan : 100		TOPLAM	Puan : 204

Tablo 4.22. "A11-sınıfı" şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması.

Yenilme Türü	Yoğunluk (%)	Puan
Döküntü	≈80 (>30%)	81



Şekil 4.27. A11 sınıfı şeve genel bir bakış (Kuzeydoğuya bakış). Kesikli çizginin altında kalan kaya yüzeyi dökülmeye duyarlıdır. Şevin taş kısmında yoğun bir yağış ile şevin tepesinden düşebilecek şekilde duran kaya blokları görülmektedir. Şev önü hendek oldukça dardır ve şevin tepesinden düşebilecek blokları tutma kapasitesinde olacağı kesinlikle düşünülmemektedir.

J) A12 sınıfı şev: Bu şev Bolu yönünde yolun sol tarafında başlangıç noktasından itibaren KM:41.2'de yer almaktadır. Yol yamasının saha ve yol geometrisine ve jeolojik karakterizasyonuna yönelik özellikleri Şekil 4.28 üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4.28. Bir önceki şevin karşısında yer almaktadır (Güneybatıya bakış). Benzer özellikler bu şevde de görülmektedir. Bu bölgede yer alan kaya düşmesine yönelik uyarı levhası bu şevlerin seyir halindeki araçlar bakımından tehlikeli durumlar içerdiğini göstermektedir. Şev önündeki duvarın yer yer düşen kaya blokları ile deformasyona uğradığına dikkat edilmelidir. Bu gibi durumlar hendeklerin yeterli kapasitede olmadığına da bir kanıttır.

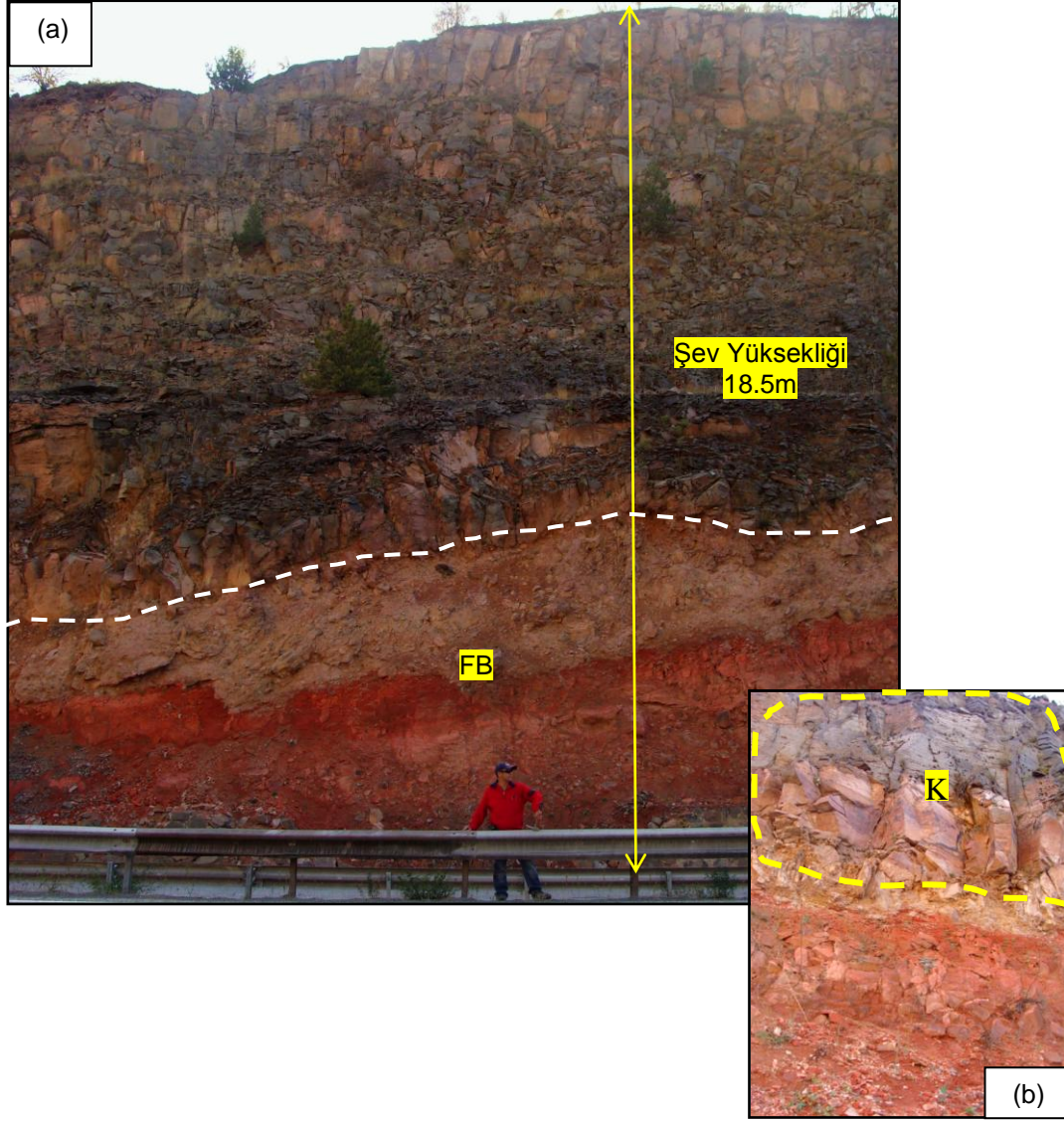
Tablo 4.23. "A12-sınıfı" şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları.

Şev Yüksekliği (m)	12	Puan: 6	Yol Genişliği (m)	4.30	Puan: 100	Su	Sızıntı	Puan: 9
%AVR	65	Puan: 17	Hendek Etkinliği	50-70	Puan: 81			
DSD	Orta	Puan: 9	Kaya Düşme Tarihçesi	Yer yer	Puan: 9		TOPLAM	PUAN: 231

Tablo 4.24. "A12-sınıfı" şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması.

Yenilme Türü	Yoğunluk (%)	Puan
Döküntü	≈60 (>30%)	81

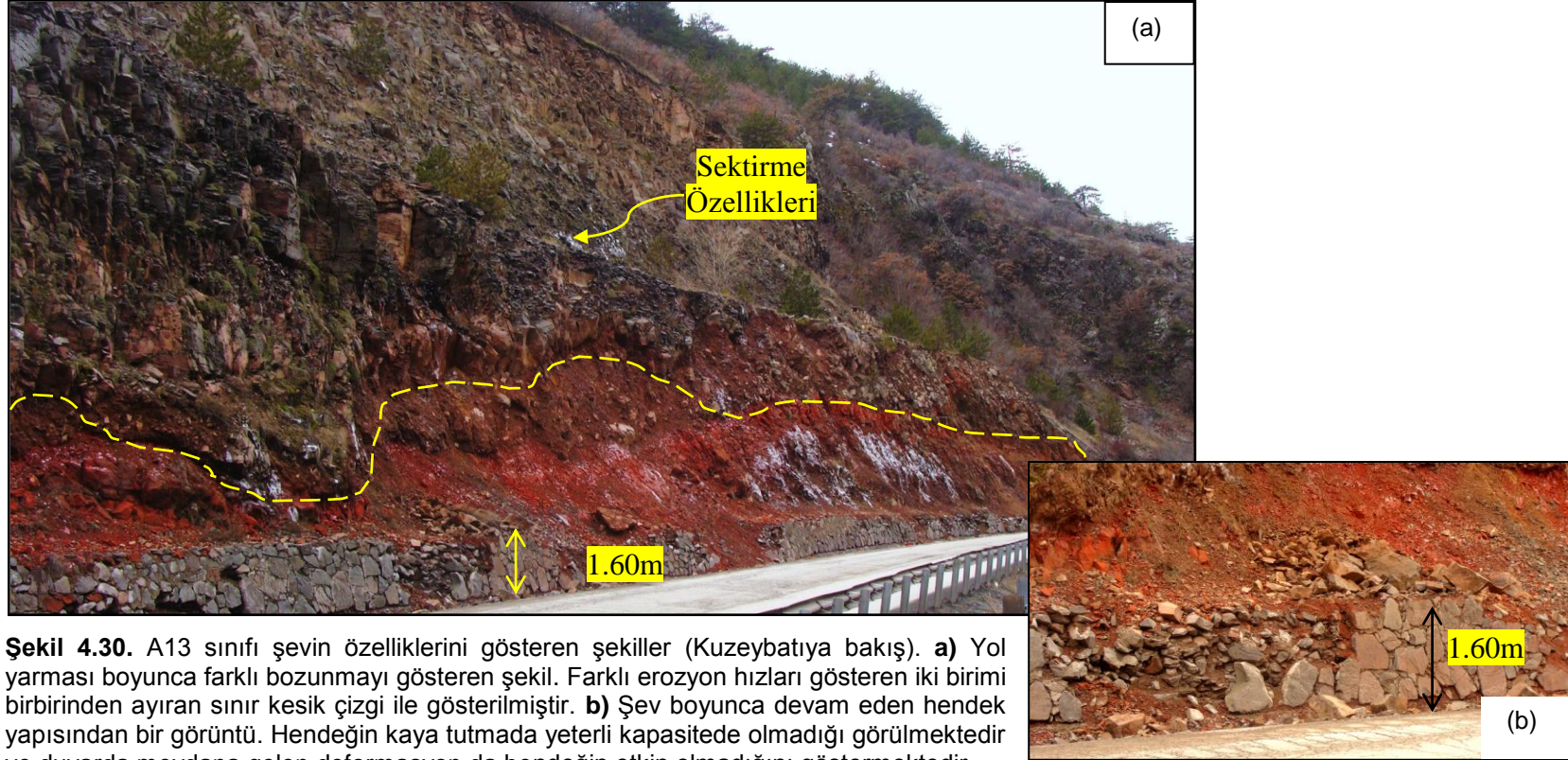
k) A13 sınıfı şev: Bu şev Bolu yönünde yolun sol tarafında başlangıç noktasından itibaren KM:41.4'de yer almaktadır. Yol yarmasının saha ve yol geometrisine ve jeolojik karakterizasyonuna yönelik özellikleri Şekil 4.29a&b ve 4.30a&b üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4.29. Şev yüzeyinin yakından görüntüleri (Güneybatıya bakış). **a)** Şevdeki farklı bozunmanın gösterilmesi. **b)** Kesikli çizgi üzerindeki bir noktadan yakınlştırılmış ve şev yüzeyinde yer yer rastlanan kama tipi kayma beklenebilecek durumlar. Bu şevdeki önemli mekanizma farklı bozunma olarak kabul edilmektedir.

Tablo 4.25. “A13-sınıfı” şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması.

Yenilme Türü	Yoğunluk (%)	Puan
Kama Kayması	20 (10-20%)	9
Farklı Bozunma	80 (>30%)	81

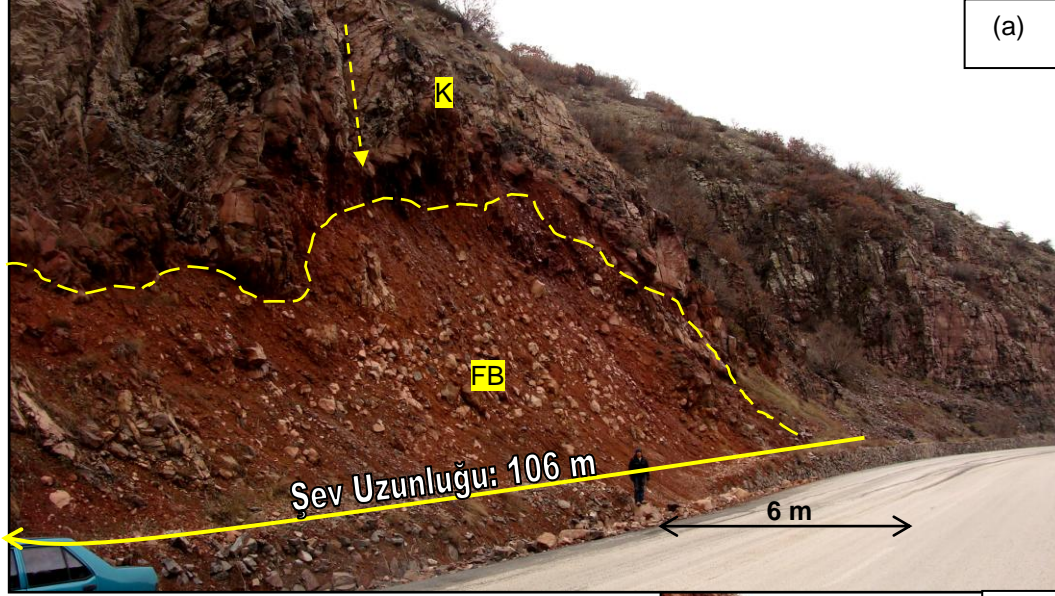


Şekil 4.30. A13 sınıfı şevin özelliklerini gösteren şekiller (Kuzeybatıya bakış). **a)** Yol yarması boyunca farklı bozunmayı gösteren şekil. Farklı erozyon hızları gösteren iki birimi birbirinden ayıran sınır kesik çizgi ile gösterilmiştir. **b)** Şev boyunca devam eden hendek yapısından bir görüntü. Hendeğin kaya tutmada yeterli kapasitede olmadığı görülmektedir ve duvarda meydana gelen deformasyon da hendeğin etkin olmadığını göstermektedir.

Tablo 4.26. “A13-sınıfı” şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları.

Şev Yüksekliği(m)	18.3	Puan: 14
%AVR	83	Puan: 38
DSD	Uygun	Puan: 3
Yol Genişliği (m)	3.9	Puan: 100
Hendek Etkinliği	<50	Puan: 81
Kaya Düşme Tarihçesi	Çok sayıda	Puan: 27
Su Durumu	Akıcı	Puan: 27
	TOPLAM	Puan: 290

I) A14 sınıfı şev: Bu şev Bolu yönünde yolun sağ tarafında başlangıç noktasından itibaren KM:41.8'de yer almaktadır. Yol yarmasının saha ve yol geometrisine ve jeolojik karakterizasyonuna yönelik özellikleri Şekil 4.31a&b üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4.31. A14 sınıfı şevin özelliklerini gösteren şekiller (Güneydoğuya bakış). **a)** Bu kaya şevi farklı bozunma ve kama tipi kayma ile temsil edilir. Şevin önündeki duvarın düşen kaya bloklarının yarattığı darbe ile tamamen deformasyona uğradığı görülmektedir. Kesikli ok ile kama kaymasının ara kesit çizgisi gösterilmektedir. Ayrıca kesikli çizgilerle farklı bozunma yaratan iki birim arasındaki sınır da görülmektedir. Şev uzunluğu ok yönünde devam edilerek tüm şev boyunca ölçülmüştür. **b)** Tüm şev boyunca düşen kaya bloklarına sıkça rastlanmaktadır.



Tablo 4.27. "A14-sınıfı" şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları.

Şev Yüksekliği (m)	18	Puan: 13	Hendek Etkinliği	<50	Puan: 81
% AVR	59	Puan: 13	Kaya Düşme Tarihçesi	Çok sayıda	Puan: 27
DSD	Uygun	Puan: 3	Su Durumu	Akıcı	Puan: 27
Yol Genişliği (m)	6	Puan: 85		TOPLAM	Puan: 249

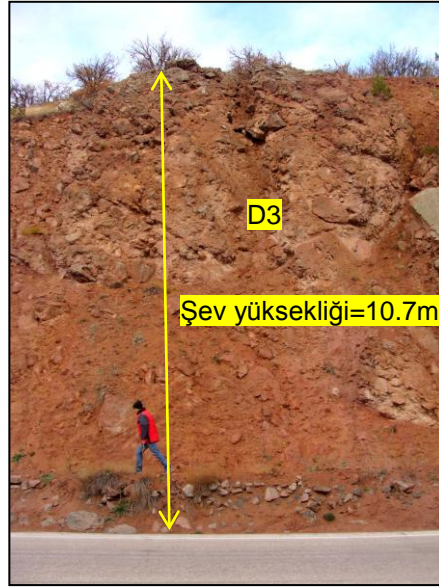
Tablo 4.28. “A14-sınıfı” şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması.

Yenilme Türü	Yoğunluk (%)	Puan
Kama Kayması	≈30 (20-30%)	27
Farklı Bozunma	≈70 (>30%)	81

m) A15 sınıfı şev: Bu şev Bolu yönünde yolun sağ tarafında başlangıç noktasından itibaren KM:43.3’de yer almaktadır. Yol yarmasının saha ve yol geometrisine ve jeolojik karakterizasyonuna yönelik özellikleri Şekil 4.32 üzerinde gösterilmiştir.

Tablo 4.29. “A15-sınıfı” şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları.

Şev Yüksekliği (m)	10.7	Puan: 5	Hendek Etkinliği	50-70	Puan: 27
% AVR	66	Puan: 18	Kaya Düşme Tarihçesi	Yer yer	Puan: 9
DSD	Uygun	Puan: 3	Su Durumu	Sızıntı	Puan: 9
Yol Genişliği (m)	6.10	Puan: 81		TOPLAM	Puan: 152



Şekil 4.32. Döküntüye bağlı gelişen duraysızlık gösteren bir başka A-sınıfı şev görüntüsü (Kuzeye bakış). Tüm kaya şevi yüzeyi çok bozunmuştur ve içerdiği blokların yola kadar gelebildiği gözlenmiştir. Bu şev için de şev önünde bulunan duvarın neredeyse tamamının deforme olduğu görülmektedir.

Tablo 4.30. “A15-sınıfı” şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması.

Yenilme Türü	Yoğunluk (%)	Puan
Döküntü	≈100 (>30%)	81

n) A16 sınıfı şev: Bu şev Bolu yönünde yolun sağ tarafında başlangıç noktasından itibaren KM:45’de yer almaktadır. Yol yarmasının saha ve yol geometrisine ve jeolojik karakterizasyonuna yönelik özellikleri Şekil 4.33 üzerinde gösterilmiştir.

Tablo 4.31. “A16-sınıfı” şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları.

Şev Yüksekliği (m)	10	Puan: 4	Hendek Etkinliği	<50	Puan: 81
% AVR	66	Puan: 18	Kaya Düşme Tarihçesi	Birkaç	Puan: 3
DSD	Orta	Puan: 9	Su Durumu	Sızıntı	Puan: 9
Yol Genişliği (m)	6.10	Puan: 81		TOPLAM	Puan: 205

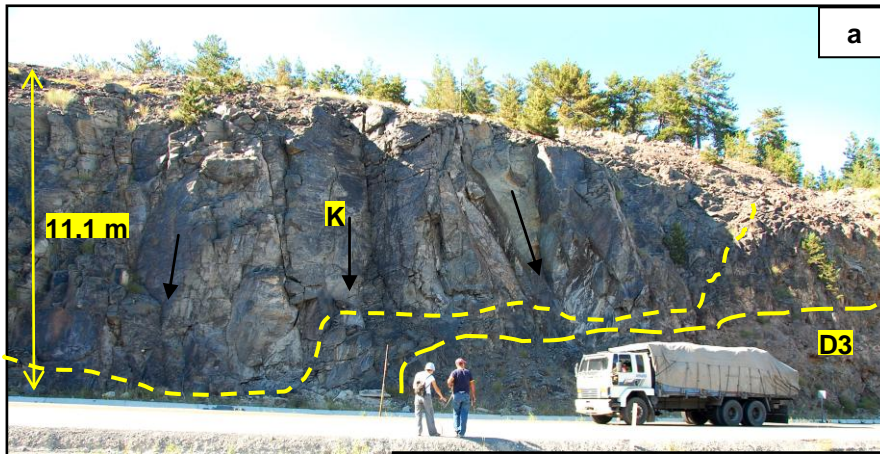
Tablo 4.32. “A16-sınıfı” şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması.

Yenilme Türü	Yoğunluk (%)	Puan
Döküntü	60 (>30%)	81
Devrilme	40 (>30%)	81

o) A17 sınıfı şev: Bu şev Bolu yönünde yolun sağ tarafında başlangıç noktasından itibaren KM:51.6'da yer almaktadır. Yol yarmasının saha ve yol geometrisine ve jeolojik karakterizasyonuna yönelik özellikleri Şekil 4.33 üzerinde gösterilmiştir.

Tablo 4.33. “A17-sınıfı” şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları.

Şev Yüksekliği (m)	11	Puan: 5	Hendek Etkinliği	50-70	Puan: 27
% AVR	19	Puan: 2	Kaya Düşme Tarihçesi	Yer yer	Puan: 9
DSD	Uygun	Puan: 3	Su Durumu	Akıcı	Puan: 27
Yol Genişliği (m)	5.2	Puan: 100		TOPLAM	Puan: 173

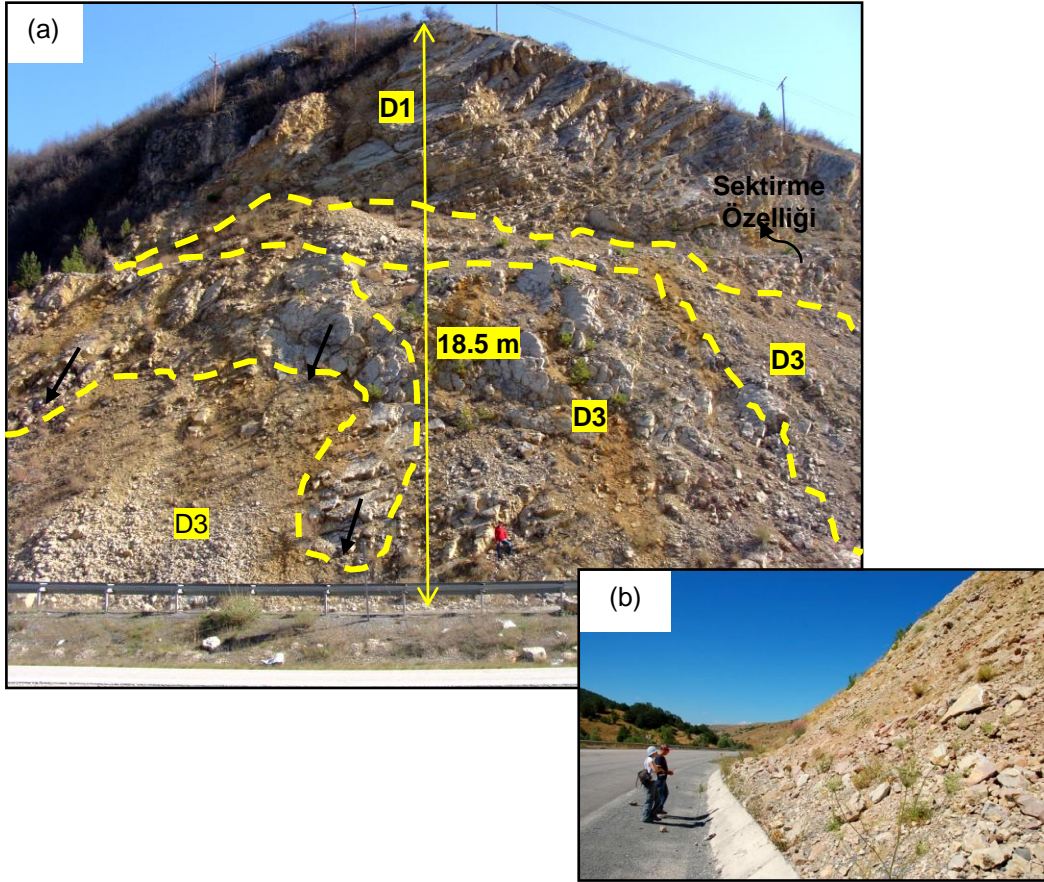


Şekil 4.33. A17 sınıfı şevin özelliklerini gösteren şekiller. **a)** Kama kayması ve döküntüye bağlı gelişen yenilmeler gösteren şev (Kuzeye bakış). Şekil şevin yalnızca bir parçasını göstermekte olup D3 ile gösterilen kısım oldukça geniş alan kaplamaktadır. **b)** Şev önü hendek orta derecede kaya tutma kapasitesine sahiptir.

Tablo 4.34. "A17-sınıfı" şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması.

Yenilme Türü	Yoğunluk (%)	Puan
Kama Kayması	≈80 (>30%)	81
Döküntü	10-20	9

ö) A18 sınıfı şev: Bu şev Bolu yönünde yolun sağ tarafında başlangıç noktasından itibaren KM:67.7'de yer almaktadır. Yol yarmasının saha ve yol geometrisine ve jeolojik karakterizasyonuna yönelik özellikleri Şekil 4.34 üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4.34. A18 sınıfı şevin özelliklerini gösteren şekiller. **a)** Kireçtaşından oluşan şevde oklar yönünde düzlemsel kayma gelişir. Şevin genelinde şev eteklerinde de görülen birikimlerden de anlaşılacağı üzere döküntü şeklinde görülen duraysızlıklar hakimdir. (Doğuya bakış) **b)** Şev önü hendek etkinliği yeterli bulunmamaktadır. Yola gelen kaya bloklarından bu durum anlaşılabilir. (Kuzeye bakış)

Tablo 4.35. "A18-sınıfı" şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları.

Şev Yüksekliği(m)	18.5	Puan: 15	Hendek Etkinliği	<50	Puan: 81
% AVR	9	Puan: 1	Kaya DüşmeTarihçesi	Birkaç	Puan: 3
DSD	Uygun	Puan: 3	Su Durumu	Sızıntı	Puan: 9
Yol Genişliği (m)	3.55	Puan: 100		TOPLAM	Puan: 209

Tablo 4.36. “A18-sınıfı” şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması.

Yenilme Türü	Yoğunluk (%)	Puan
Düzlemsel Kayma	≈70 (>30%)	81
Döküntü	≈30 (20-30%)	27

p) A19 sınıfı şev: Bu şev Bolu yönünde yolun sağ tarafında başlangıç noktasından itibaren KM:70'de yer almaktadır. Yol yarmasının saha ve yol geometrisine ve jeolojik karakterizasyonuna yönelik özellikleri Şekil 4.35 üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4.35. Kireçtaşı formasyonu (Soğukçam Formasyonu, Aktaş bölgesi) ok yönünde düzlemsel kayma potansiyeline sahiptir. (Kuzeydoğuya bakış)

Tablo 4.37. “A19-sınıfı” şev için saha ve yol geometrisi ile diğer puanlama kriterlerine bağlı puanlama sonuçları.

Şev Yüksekliği(m)	11.3	Puan: 5	Hendek Etkinliği	> 90	Puan: 3
%AVR	38	Puan: 5	Kaya Düşme Tarihçesi	Yer yer	Puan: 9
DSD	Uygun	Puan: 3	Su Durumu	Sızıntı	Puan: 9
Yol Genişliği (m)	3.55	Puan:100		TOPLAM	Puan:134

Tablo 4.38. “A19-sınıfı” şev için jeolojik karakterizasyon yoğunluk puanlaması.

Yenilme Türü	Yoğunluk (%)	Puan
Düzlemsel Kayma	80 (>30%)	81

5.TARTIŞMA

Kaya düşmesi tehlike sınıflandırma sistemi, yüksek kaya düşme potansiyeline sahip kaya şevlerinin belirlenmesi ve iyileştirmeye yönelik çalışmalarda alt yapı oluşturması ve ayrıca karayollarının yol yarmalarına ilişkin düzenlemelerinde gerekli olan bütçe alt yapı çalışmalarının sürekli ve etkin şekilde yürütülmesi bakımından çoğu araştırmacının dikkatini çekmiştir. Bu sınıflandırma sistemleri şevlerin bazı karakteristik özelliklerine dayalı parametrelere üstel bir puanlama modeli uygulayarak sayısal olarak sınıflandırılmalarını sağlar. Bu çalışmada literatürden örneklere de yer verilmiş olup konuya ilişkin detaylı araştırmalar sonucu bu sistemin şev ve karayolu özelliklerine ilişkin geliştirilebilecek yeni parametrelere açık olduğu görülmektedir. Bu çalışma herhangi bir sistemin değiştirilmesi şeklinde değil yalnızca sisteme getirdiği yeniliklerle önem arz eden Tennessee RHRS'nin çalışma alanına uyarlanması şeklinde gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışma iki aşamada gerçekleştirilmiş olup bunlara ilişkin detaylı bilgilere bir önceki bölümde yer verilmiştir. Bu sistemin ilksel sınıflandırma aşaması diğer pek çok sistemde de olduğu gibi detaylı sınıflandırmaya (detaylı sınıflandırma şevler üzerinde sayısal bir değerlendirme gerektirir) göre daha öznedir. Bu aşama düzgün bir şekilde tamamlanmazsa tehlikeli olabilecek şevlerin gözden kaçırılmasına ve detaylı sınıflandırmalara dahil edilmemelerine neden olabilir. Böyle durumlarda yapılan sınıflandırma hata verecektir. Ön değerlendirmenin ve yenilme türlerinin dikkatli bir şekilde yapılması gerekmektedir. Yapılan işlemlerin tekrar edilebilmesi Tennessee RHRS'nin avantajlarından biridir. Bu sistemi uygulayacak karayolu bakımından sorumlu personelin ya da araştırmacının yenilme türlerini doğru şekilde tanımlayabilecek bilgiye ve deneyime sahip olması beklenmekte olup bunlara ilişkin parametreleri etkin şekilde puanlayabilmeleri gerekmektedir. Bu sistem ile çok sayıdaki şev, deneyimli kişilerin yaptıkları gözlemler ve pratik ölçümlerle kısa zamanda ve minimum hata ile tamamlanabilir. Ancak bazı durumlarda kaya şevlerinin duraylılık yönünden daha detaylı şekilde incelenmesi, kinematik analizlerinin yapılması ile sonuçlar sayısal anlamda daha fazla desteklenebilir ve şevlerin duraylılığı, tasarımına ilişkin detaylı çalışmalarla sisteme yeni parametrelerin eklenmesi mümkün olabilir.

Tennessee RHRS dahil olmak üzere pek çok sınıflandırma sisteminde görülen puanlama sonuçlarının herhangi bir referans puana göre yorumlamalarının yapılmadığı, alt ya da üst limit değerlere sahip olmadığı görülür. Sisteme yeni parametreler eklendikçe puan dağılımında artışlar olabilir. Bu sistem kapsamında en yüksek puanı alan şev en tehlikeli olan şevdir.

Geçen onyıldan beri, "tehlike" terimi ile ilgili olarak jeoteknik ve şev duraylılığı literatüründe değişik tanımlar yapılmış ve konuya özel öneriler getirilmiştir. Tehlike terimi her ne kadar araştırmacılar tarafından "belirli büyüklükte bir olayın, belirli bir zaman diliminde oluşma olasılığı" şeklinde bir tanım getirilmiş ise de bu çalışmada potansiyel tehlike oluşturan bir olay ya da koşul dikkate alınmıştır. Bu nedenle, bu çalışmada kaya düşmesinin zamanlaması dikkate alınmamaktadır. Ayrıca, sistemin adı (Rockfall Hazard Rating System) salt kaya düşmelerini içermemesi nedeniyle sistem içeriğini tam

olarak yansıtılmamaktadır. Bunların yanısıra, aşırı çatlaklı kaya kütlelerinde oluşturulan yarmalarda yenilme mekanizması dairesel kayma şeklinde gelişebileceğinden sistemin bu olasılıklar dahilinde değerlendirilmesi gereğini ortaya çıkmaktadır.

6. SONUÇLAR

İlksel sınıflandırma aşamasında otuz beş adet yol yarması sınıflandırılmıştır. Bunlardan ondokuzunun tehlike potansiyeline sahip olduğu gözlenmiş ve A kategorisinde değerlendirilmişlerdir. Şevlerden yedisi ise tehlikeli olmadığından C-sınıfına dahil olmuşlardır. A-sınıfı şevler kadar tehlikeli olmadığı ancak yine de bir risk taşıdığı düşünülen dokuz adet şev ise B-sınıfına atanmışlardır. A-sınıfı şevler için detaylı sınıflandırma aşaması gerçekleştirilmiş olup final RHRS puanlarının 164 ve 591 arasında değiştiği görülmüştür. Bu çalışmada 300'ün üzerinde puan alan şevler (hem toplamsal hem de çarpımsal olarak) hem saha ve yol geometrisine hem de jeolojik karakterizasyona ilişkin olarak yüksek değerlere sahip olduklarından en tehlikeli şevler olarak kabul edilmektedirler. A sınıfı şevlerden dokuz tanesi (A1, A3, A4, A5, A6, A8, A13, A14 ve A17 sınıfı şevler) hem toplamsal hem çarpımsal olarak en yüksek puanları aldıklarından en tehlikeli şevler olarak kabul edilmişlerdir.

Bu çalışma kapsamında şevlerin yükseklikleri arttıkça RHRS puanları da artmaktadır. Yüksekliğin fazla olduğu şevlerde iyileştirme bütçesinin artacağı söylenebilir. Ayrıca Türkiye'deki saha özellikleri ve şev tasarımlarının Tennessee ya da çeşitli ülkelerden farklı olabileceğinden yola çıkarak her ülkenin kendi koşullarına göre geliştirilen sistemin Türkiye koşullarında da geliştirilebileceği düşünülmektedir. Bu çalışmada farklılıklar bazı noktalardan kolayca görülebilmektedir. Örneğin, şev yüzeyinden özellikle de yüksek noktalardan düşen kaya bloklarının şev önünde tasarlanmış duvarlar üzerine çarparak yola sıçrama potansiyelleri artmaktadır. Bu duvarların darbe sonucu yer yer deformasyona uğradıkları da gözlenmiştir. Buna ek olarak duvarlar üzerinden başlayarak şevin eteklerine kadar tasarlanmış şev önü hendekler ise A-sınıfı şevler için yeterli genişliğe ve derinliğe sahip olmamakla beraber bazı noktalarda duvarın üzerinde düz ya da yola eğimli bir zemin şeklinde bulunmaktadır. Bu durum ise düşen kayaları tutmak yerine yola gelme eğilimlerini artırıcı yönde etki etmektedir. Hendek etkinliği bu nedenlerden dolayı genellikle en yüksek puanı (81) almış olup bu bölge için duvar ve hendeklerin bakımının gözden geçirilmesi gerekmektedir. Her A-sınıfı şev için uygulama masraflarını da göz önüne alarak kaya düşmelerine karşı gerekli önlemler alınmalıdır. Kaya düşmelerini engelleyici çitler ya da tel ağlar ile şev yüzeylerinin kaplanması bu bölge için farklı bir çalışma kapsamında değerlendirilebilir.

7. REFERANSLAR

AASHTO, A policy on geometric design of highways and streets, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington D.C., (1984).

ABDÜSSELAMOĞLU, M.Ş., Almacık Dağı ile Mudurnu ve Göynük Civarının Jeolojisi, Fen Fakültesi Monografileri, Sayı 14, İstanbul Üniversitesi, (1959).

AKYÜREK, B., Bilginer, E., Çatal, E., Dağ, Z., Soysal, Y., Sunu, O., Eldivan-Şabanözü (Çankırı), Hasayaz-Çandır (Kalecik-Ankara) dolayının jeolojisi, M.T.A Rapor No: 6741 (unpublished), (1980).

AKYÜREK, B., Duru, M., Sütçü, Y., Papak, İ., Şaroğlu, F., Pehlivan, N., Gönenç, O., Granit, S., ve Yaşar, T., Ankara İlinin Çevre Jeolojisi ve Doğal Kaynaklar Projesi (1994 yılı Jeoloji grubu çalışmaları), MTA Rapor No: 9961 (unpublished), (1996).

AL-HOMOUD, A.S., Tubeileh, T.K., Damaging landslides of cut slopes along major highways in Jordan: *Environmental & Engineering Geoscience*, Vol. 3, NO.2, 183-204, (1997).

ALTINER D., Koçyiğit A., Farinacci A., Nicosia U., Conti M.A., Jurassic-Lower Cretaceous stratigraphy and paleogeographic evolution of the southern part of north-western Anatolia (Turkey), *Geology and Paleontology of Western Pontides, Turkey*. (Eds.A.Farrinaci, D.V. Ager, U.Nicosia), *Geologica Romana*, (1991).

ALTINLI, İ.E., Orta Sakaryanın jeolojisi, 50.Yıl Yerbilimleri kongresi, Tebliğler Dergisi, MTA yayını, (1973a) pp:159-187.

ALTINLI, İ.E., Bilecik Jurasij, 50.Yıl Yerbilimleri kongresi, Tebliğler Dergisi, MTA yayını, (1973b) pp: 112-113.

AYDIN, M., Serdar, H.S., Şahintürk, Ö., Yazman, M., Çokuğraş, R., Demir, O., Özçelik, Y., Çamdağ (Sakarya)-Sünnicedağ (Bolu) yöresinin jeolojisi, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 30 (1), 1-14, (1987).

BADGER, T.C., Lowell S.M., Rockfall Control in Washington State, *Transportation Research Record: Rockfall Prediction and Control and Landslide Case Histories*, No.1343,14-19, (1992).

BARTON, N., Lien, R., Lunde, J., Engineering Classification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support, *Rock Mechanics* 6,5, 189-236, (1974).

BATEMAN, V., Management of rock slope hazards: Proceedings for the 52th Highway Geology Symposium, Cumberland, Maryland, May, (2001) pp:15-18.

BATEMAN, V., Development of a Database to Manage Rockfall Hazard: *The Tennessee Rockfall Hazard Database, Proceeding of 82nd Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Washington, DC., (2002).

BELLAMY, D., Bateman, V., Drumm, E., Dunne, W., Vandewater, C., Mauldon, M., Rose, B., Electronic Data Collection for Rockfall Analysis, *Transportation Research Record* No. 1821, Paper No. 03-3136, Transportation Research Board, Washington, DC., 97-103, (2003).

BİLGİNER, E., Pehlivan, Ş., Aksay, A., 1:100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, No:36, Bolu G-29 Paftası, Jeoloji Etütleri Dairesi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Ankara, (2002).

BRAWNER, C.O., Wyllie, D., Rock slope stability on railway projects, *American Railway Engineering Association Bulletin* 656, 449–474, (1976).

BUDETTA, P., The modified “Rockfall Hazard Rating System”: A new tool for roads risk assessment, *Geophysical Research Abstracts*, 5, 01659, (2003).

BUDETTA, P., Assessment of rockfall risk along roads, *Natural Hazards and Earth System Sciences* 4, 71–81, (2004).

CAIN, S.F., 2004. *Rating Rockfall Hazard in Tennessee (Tennessee RHRS)*, (Master Tezi), Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, Pp:76, (2004).

CRUDEN, D.M., Varnes, D.J., “Landslides types and processes” Landslides Investigation and Mitigation, *Transportation Research Board, Special Report*, (1996) pp:247.

DURU, M., Aksay, A., 1:100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, No:42, Bolu H-29 Paftası, Jeoloji Etütleri Dairesi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Ankara, (2002).

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, Asset Management Primer, Office of Asset Management, Washington, D.C., (1999).

FISH, M., Lane R., “Linking New Hampshire’s Rock Cut Management System with a Geographic Information System”, *Transportation Research Record 1786*, Paper number 02-2775, (2002).

FRANKLIN, J.A., Evaluation of shales for construction projects- an Ontario Shale Rating System, Min. Transportation&Communications, Ontario Rept. RR229, 98, (1983).

FRANKLIN, J. A., Senior, S.A.,. “Outline of RHRON, the Ontario rock fall hazard rating system”, *Proceedings International Symposium on Engineering Geology and The Environment*, Athens, Greece, (1987) pp: 647-656.

FRANKLIN, J.A., Senior, S.A., Rockfall hazards-strategies for detection, assessment and remediation. *Engineering Geology and the Environment*, Balkema, Rotterdam, 657-663, (1997).

GOODMAN, R. E., Bray, J.W., Toppling of rock slopes, *Proceedings of Special Conference for Foundations and Slopes*, Boulder, CO, v.2, 201-234, (1976).

GÖZÜBOL, A.M., *Mudurnu-Dokurcun-Abant (Bolu ili) alanının jeoloji incelemesi ve Kuzey Anadolu yarılımının yapısal özellikleri*, (Doktora Tezi), İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi, (1978).

HADJIN, D.J., “New York State Department of Transportation Rock Slope Rating Procedure and Rockfall Assessment”, *Transportation Research Record 1786*, Paper number 02-3978, (2002).

HO, C.L., Norton, S.S., Development of an Unstable Slope Management System, Washington State Department of Transportation, Report WA-RD 270.1, (1991).

HOEK, E., Bray, J., Rock slope engineering, *3rd edition*, The Institute of Mining and Metallurgy, London, (1981). Pp:353.

HUNGR, O., Evans, S.G., Engineering aspects of rockfall hazard in Canada, Geological Survey of Canada, Open File 2061, 102 pages, (1989).

KİPMAN, E., Sakarya Çamdağ (Kestanepınar-Yassıgeçit köyleri arası) deniz çökeltisi demir cevherinin jeolojisi, İ.Ü. Fen Fakültesi Monografileri, s.25,1-72, (1974).

KLICHE, C.A., Rock Slope Stability, Society for Mining Metallurgy, and Exploration, Inc., Littleton, Colorado, (1999).

KO-KO, C., Flentje, P., Chowdhury, R., Landslides qualitative hazard and risk assessment method and its reliability, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 63(2), 149-165, (2004).

LOWELL, S., Morin, P., Unstable Slope Management, *Washington State: Transportation Research News*, No. 207, Washington, D.C., 11-15, (2000).

MAERZ, N.H., Youssef, A., Fennessey, T.W., New Risk-Consequence Rockfall Hazard Rating System for Missouri Highways Using Digital Image Analysis, *Environmental & Engineering Geoscience*, 9 (3), 229-249, (2005).

McMILLAN, P., Matheson, G.D., Rock Slope Hazard Assessment: A New Approach, *In: Geohazards in Engineering Geology*, eds: Maund, J.G. & Eddleston, M. Geological Society, Engineering Geology Special Publications, London, 15, 177-183, (1998).

NHY (National Highway Institute), Rockfall Hazard Rating System participant's manual, NHI Course No. 130220, U.S. Dept. of Transportation, Federal Highway Administration, Publication No. FHWA SA-93-057, (1993).

PACK, R.T., Boie, K., Utah Rockfall Hazard Inventory - Phase I, Utah Department of Transportation, Research Division, Report No. UT-03.01, (2002).

PIERSON, L.A., "Rockfall Hazard Rating System", *Transportation Research Record: Rockfall Prediction and Control and Landslide Case Histories*, No. 1343, 6-13, (1992).

PIERSON, L.A., Van Vickle, R., Rockfall Hazard Rating System, *Participant's Manual, National Highway Institute*, Course No. 130220, Federal Highway Administration, No. FHWA SA-93-057: Springfield, VA, 105, (1993).

RITCHIE, A. M., Evaluation of Rockfall and its Control, *In Highway Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 17, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 13-28, (1963).

ROSE, B.T., *Tennessee Rockfall Management System*, (Doktora Tezi), Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA, Pp:107, (2005).

ROSE, B., Mauldon, M., Bateman, V., Drumm, E., Dunne, W., Rockfall Management System and spatial analysis of rock cuts, Proceedings of Soil and Rock America 2003: 12th Pan-American Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering&39th U.S. Rock Mechanics Symposium, Cambridge, Massachusetts, USA, (2003).

SANER, S., Mudurnu-Göynük Havzasının Jura ve sonrası çökelim nitelikleriyle paleocoğrafik yorumlaması, *TJK Bülteni*, 23/1, 39-52, (1980).

SEVİN, M., Aksay, A., 1:100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, No:35, Bolu G-28 Paftası, Jeoloji Etütleri Dairesi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Ankara, (2002).

SHAKOOR, A.L., Rodgers, J.P., Predicting the rate of shale undercutting along highway cuts, *Bul. Assoc. Eng. Geologists*, Vol. 29, No. 1, 61-75, (1992).

SZWILSKI, A.B., Rock fall rating, evaluation and data management systems for highway and railway rock slopes, College of information technology and engineering, Marshall University, (2002).

TÜRKECAN, A., Dinçel, A., Hepşen, N., Papak, İ., Akbaş, B., Sevin, M., İ. Özgür, B., Bedi, Y., Mutlu, G., Sevin, D., Ünay, E., Saraç G., Karataş, S., Bolu-Çankırı (Köroğlu Dağları) arasındaki Neojen yaşlı volkanitlerin stratigrafisi ve petrolojisi, *Bull. Geol. Congress Turkey(Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni)*, 6, (1991) pp: 85-103.

VANDEWATER, C.J., *Geologic controls on rockfall potential for road-cuts in middle and east Tennessee*, (Master Tezi), University of Tennessee, Knoxville, TN, (2002).

VANDEWATER, C.J., Dunne, W.M., Mauldon, M., Drumm, E.C., Bateman, V., Classifying and Assessing the Geologic Contribution to Rockfall Hazard, *Environmental & Engineering Geoscience*, 11(2), 141-154, (2005).

VARNES, D.J., Slope movement types and processes, *Landslide Analysis and Control*, R. L. Schuster and R. J. Krizak, eds., *National Academy of Sciences*, Washington, D.C., 11-33, (1978).

WALTHAM, A.C., *Foundations of Engineering Geology*: Blackie Academic and Professional, Glasgow, Scotland, pp: 88, (1994).

WYLIIE D.C., Rock Slope Inventory System, Proceedings of the Federal Highways Administration Rockfall Mitigation Seminary, FHWA Region 10, Portland Oregon. 1987.

WYLIIE, D.C., Norrish, N.I., "Rock Slope Stability Analysis", *Landslides Investigation and Mitigation, Transportation Research Board, Special Report 247*, 391- 425, (1996).

YOUSSEF, A., Maerz, N.H., Fritz, M.A., A risk-consequence hazard rating system for Missouri highways, 54th Highway Geology Symposium, Burlington, Vermont, (2003) pp:175-195.

EKLER**PUANLAMA SONUÇLARI****Tablo 1.** Her A-sınıfı şev için jeolojik karakterizasyona yönelik puanlamalar.

Sınıflanan Şevler	İlçe	Yol No	Km	Düzlemsel Kayma						
				Blok Boyutu	Diklik	Sürtünme	Yoğunluk		Toplam Puan	
							Toplamsal	Çarpımsal	Toplamsal	Çarpımsal
A1	Kızılcahamam	D750	1.0	9	14	14	81	1.9	118	70
A2	Kızılcahamam	D750	1.6	-	-	-	-	-	-	-
A3	Kızılcahamam	D750	9.0	-	-	-	-	-	-	-
A4	Kızılcahamam	D750	9.7	-	-	-	-	-	-	-
A5	Kızılcahamam	D750	21	-	-	-	-	-	-	-
A6	Kızılcahamam	D750	24.3	-	-	-	-	-	-	-
A7	Kızılcahamam	D750	40.0	-	-	-	-	-	-	-
A8	Kızılcahamam	D750	40.2	9	41	14	81	1.9	145	122
A9	Kızılcahamam	D750	40.4	-	-	-	-	-	-	-
A10	Kızılcahamam	D750	40.6	-	-	-	-	-	-	-
A11	Kızılcahamam	D750	41.2	-	-	-	-	-	-	-
A12	Kızılcahamam	D750	41.2	-	-	-	-	-	-	-
A13	Kızılcahamam	D750	41.4	-	-	-	-	-	-	-
A14	Kızılcahamam	D750	41.8	-	-	-	-	-	-	-
A15	Kızılcahamam	D750	43.3	-	-	-	-	-	-	-
A16	Kızılcahamam	D750	45.0	-	-	-	-	-	-	-
A17	Kızılcahamam	D750	51.6	-	-	-	-	-	-	-
A18	Gerede	D750	67.7	9	5	2	81	1.9	97	30
A19	Gerede	D750	68.5	9	5	2	81	1.9	97	30

(Tablo 1 devamı)

Sınıflanan Şevler	Kama Kayması							Devrilme				
	Blok Boyutu	Diklik	Sürtünme	Yoğunluk		Toplam Puan		Blok Boyutu	Yoğunluk		Toplam Puan	
				Toplamsal	Çarpımsal	Toplamsal	Çarpımsal		Toplamsal	Çarpımsal	Toplamsal	Çarpımsal
A1	-	-	-	-	-	-	-	41	5	1.2	46	49
A2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A3	81	41	2	3	1.15	127	163	-	-	-	-	-
A4	-	-	-	-	-	-	-	122	5	1.2	127	146
A5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A13	9	14	14	9	1.3	46	48	-	-	-	-	-
A14	9	41	2	27	1.6	79	83	-	-	-	-	-
A15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A16	-	-	-	-	-	-	-	14	81	1.9	95	27
A17	27	41	14	81	1.9	163	156	-	-	-	-	-
A18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(Tablo 1 devamı)

Sınıflanan Şevler	Farklı Bozunma						Döküntü					
	Blok Boyutu	Rahatlama	Yoğunluk		Toplam Puan		Blok Boyutu	Blok Şekli	Yoğunluk		Toplam Puan	
			Toplamsal	Çarpımsal	Toplamsal	Çarpımsal			Toplamsal	Çarpımsal	Toplamsal	Çarpımsal
A1	-	-	-	-	-	-	3	3	81	1.9	87	11
A2	-	-	-	-	-	-	9	3	81	1.9	93	23
A3	81	9	81	1.9	171	171	-	-	-	-	-	-
A4	-	-	-	-	-	-	9	3	81	1.9	93	23
A5	-	-	-	-	-	-	9	9	81	1.9	99	34
A6	-	-	-	-	-	-	9	9	81	1.9	99	34
A7	-	-	-	-	-	-	9	9	81	1.9	99	34
A8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A9	-	-	-	-	-	-	9	9	81	1.9	99	34
A10	-	-	-	-	-	-	9	9	81	1.9	99	34
A11	-	-	-	-	-	-	9	9	81	1.9	99	34
A12	-	-	-	-	-	-	9	9	81	1.9	99	34
A13	9	3	81	1.9	93	23	-	-	-	-	-	-
A14	9	9	81	1.9	99	34	-	-	-	-	-	-
A15	-	-	-	-	-	-	9	9	81	1.9	99	34
A16	-	-	-	-	-	-	3	9	81	1.9	93	23
A17	-	-	-	-	-	-	9	3	9	1.3	21	16
A18	-	-	-	-	-	-	9	3	27	1.6	39	19
A19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(Tablo 1 devamı)

Sınıflanan Şevler	Saha ve Yol Geometrisi	RHRIS TOPLAM PUAN			
		Jeolojik Tehlike		RHRIS Tehlike	
		Toplamsal	Çarpımsal	Toplamsal	Çarpımsal
A1	320	251	130	571	450
A2	238	93	23	331	261
A3	257	298	334	555	591
A4	228	220	169	448	397
A5	341	99	34	440	375
A6	398	99	34	497	432
A7	247	99	34	346	281
A8	334	145	122	479	456
A9	200	99	34	299	234
A10	199	99	34	298	233
A11	204	99	34	303	238
A12	231	99	34	330	265
A13	290	139	71	429	361
A14	249	178	117	427	366
A15	152	99	34	251	186
A16	205	188	50	393	255
A17	173	184	172	357	345
A18	209	136	49	345	258
A19	134	97	30	231	164

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje No: 108Y236
Proje Başlığı: D750 Karayolu Kızılcahamam-Gerede Arasındaki Yol Yarmalarında Şev Duraysızlıklarına Yönelik Tehlike Sınıflandırma Sistemi Uygulaması.
Proje Yürütücüsü ve Araştırmacılar: Prof.Dr. Vedat DOYURAN Ceren ÇİÇEK
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06531, Ankara
Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi: TÜBİTAK- Tunus Caddesi, No:80 06100 Kavaklıdere/Ankara
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 01/12/2008-01/12/2009
Öz (en çok 70 kelime) Bu çalışmanın amacı, D750 (Ankara-İstanbul) Karayolu'nun Kızılcahamam-Gerede arasında kalan kesimindeki yol yarmalarında kaya düşmesi tehlike sınıflandırma sistemi uygulamaktır. Yapılan incelemeler sonucu D750 karayolunun Kurtboğazi Barajı (Ankara'nın 50 km KB'sı) ve Aktaş Köyü (Bolu ilinin Gerede ilçesine 15 km uzaklıkta) arasındaki otuz beş adet yol yarmasında Tennessee Ulaşım Dairesi tarafından geliştirilen tehlike sınıflandırma sistemi (RHRS) uygulanmıştır.
Anahtar Kelimeler: : Kaya Düşmesi Tehlike Sınıflandırma Sistemi, Karayolu, Yol Yarmaları, Sınıflandırma.
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu mu? Evet <input type="checkbox"/> Gerekli Değil <input checked="" type="checkbox"/> Fikri Ürün Bildirim Formu'nun tesliminden sonra 3 ay içerisinde patent başvurusu yapılmalıdır.
Projeden Yapılan Yayınlar: Yok