

# YERSEL LAZER TARAMA VE İNSANSIZ HAVA ARACI İLE ELDE EDİLEN SAYISAL YÜZEY MODELLERİ ÜZERİNDE 3-BOYUTLU KAYA DÜŞME ANALİZLERİ: AKKÖY (ÜRGÜP) ÖRNEĞİ

Mutluhan Akın<sup>a</sup>, İsmail Dinçer<sup>a</sup>, Ali Özgün Ok<sup>b</sup>, Ahmet Orhan<sup>a</sup>, Müge K. Akın<sup>c</sup>, Tamer Topal<sup>d</sup>

<sup>a</sup>Nevşehir HBV Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Nevşehir

<sup>b</sup>Nevşehir HBV Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Nevşehir

<sup>c</sup>Abdullah Gül Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kayseri

<sup>d</sup>Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara  
(mutluhanakin@nevsehir.edu.tr)

## ÖZ

Kaya düşmesi, kaya kütle duraysızlıkları içerisinde en yoğun olarak gözlenen yenilme türlerinden biridir. Kaya düşme analizlerinde önceki yıllarda 2-boyutlu yöntemler kullanılmaktayken, son yıllarda teknolojinin ve yazılımların da gelişmesi ile birlikte 3-boyutlu analiz yöntemleri tercih edilmeye başlanmıştır. 2-boyutlu kaya düşme analizinde kaya düşmeleri farklı düşey kesit hatları üzerinde değerlendirilmektedir. Ancak, topoğrafyadaki düzensizliklerin kaya düşme hatlarının yönelimi ve yuvarlanma mesafeleri üzerinde önemli bir etkisi bulunmaktadır. Bu nedenle kaya düşmelerinin ve düşme sonrası yuvarlanma rotalarının daha doğru bir şekilde değerlendirilebilmesi için 3-boyutlu analiz yöntemlerine ve dolayısıyla da 3-boyutlu detay modellere ihtiyaç vardır. 3-boyutlu topoğrafyanın oluşturulabilmesi için çoğu zaman farklı ölçeklerdeki (1:25000-1:1000) topoğrafik haritalardan üretilen sayısal arazi modellerinden yararlanılmaktadır. Fakat bu haritalardan elde edilen arazi modelleri arazi detayını güncel olarak sunamamakta ve analiz sırasında oldukça önem arz eden arazi yüzeyindeki nesnelere (örn. bina, ağaç vb.) ilgili bilgi içermemektedir. Literatüre bakıldığında, özellikle 2000'li yılların başlarından itibaren kaya düşme analizlerinde kullanılacak sayısal yüzey modelinin hazırlanmasında, yersel lazer tarama (TLS) ve insansız hava araçları (İHA) ile alınan fotogrametrik görüntülerden elde edilen yüksek çözünürlüklü nokta bulutlarının kullanılmaya başlandığı görülmektedir. 3-boyutlu nokta bulutu yardımıyla üretilen detaylı sayısal yüzey modeli 3-boyutlu kaya düşme analizlerinde kullanılabilir.

Bu çalışma kapsamında, Akköy (Ürgüp, Nevşehir) yerleşim yerindeki kaya düşme alanı yersel arazi taraması (TLS) ve insansız hava aracı (İHA) ile alınmış fotogrametrik görüntülerden oluşturulan sayısal yüzey modelleri üzerinde RocPro3D yazılımı kullanılarak 3-boyutlu olarak ayrı ayrı analiz edilmiştir. 3-boyutlu kaya düşme analizleri sonucunda düşmesi olası blokların yuvarlanma mesafeleri, sıçrama yükseklikleri ve kinetik enerjileri belirlenmiştir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre, bu yerleşim yerinin kaya düşmelerinden korunması amacıyla üst kotlarda inşa edilmiş olan yaklaşık 2 m derinlikteki hendek yapısına rağmen, halen kaya düşme tehlikesi altında bulunduğu ortaya konulmuştur. Öte yandan, TLS ve İHA ile elde edilen sayısal yüzey modellerinin kaya düşme analizleri üzerindeki etkisi yorumlanmıştır. Buna göre, her iki yöntemin de avantajları olmakla birlikte, derin topoğrafik düzensizliklerin (örn. hendek, vadi vb.) bulunduğu lokasyonlarda TLS yöntemiyle oluşturulan nokta bulutlarının bu tür düşey yapıları tam ve gerçekçi olarak yansıtmakta zorlandığı ve kaya düşmesi sonrası yuvarlanma rotalarının tam belirlenememesinin, kaya düşme analizi sonuçları üzerinde önemli bir etkisi olabileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kaya düşmesi, sayısal yüzey modeli, TLS, İHA, 3-boyutlu analiz

### **3-D ROCKFALL ANALYSES ON DIGITAL SURFACE MODELS OBTAINED BY TERRESTRIAL LASER SCANNING AND UNMANNED AERIAL VEHICLE: AKKÖY (ÜRGÜP) CASE**

**Mutluhan Akın<sup>a</sup>, İsmail Dinçer<sup>a</sup>, Ali Özgün Ok<sup>b</sup>, Ahmet Orhan<sup>a</sup>, Müge K. Akın<sup>c</sup>, Tamer Topal<sup>d</sup>**

<sup>a</sup>Nevşehir HBV University, Department of Geological Engineering, Nevşehir

<sup>b</sup>Nevşehir HBV University, Department of Geodesy and Photogrammetry Engineering, Nevşehir

<sup>c</sup>Abdullah Gül University, Department of Civil Engineering, Kayseri

<sup>d</sup>Middle East Technical University, Department of Geological Engineering, Ankara  
(mutluhanakin@nevsehir.edu.tr)

#### **ABSTRACT**

*Rockfall is one of the most common failure modes of rock mass instabilities. 2-D methods have been carried out for the rockfall analyses in previous years whereas 3-D analysis methods are increasingly preferred due to the development of technology and software types. Rockfalls are evaluated on different vertical cross sections in 2-D rockfall analyses. However, topographical irregularities dominantly affect the alignment of rockfall trajectories and runout distances. Thus, a realistic rockfall analysis for the determination of rockfall trajectories requires 3-D analysis methods as well as 3-D detailed models. Digital terrain models constructed from topographical maps in variable scales (1:25000-1:1000) are mostly made use of to form a 3-D landscape. Nevertheless, the terrain models created on the basis of these maps do not actually present a detailed landscape and do not involve the necessary information about the objects on the territory (e.g. building, tree etc.) which are quite crucial for the analysis. According to the literature, high resolution point clouds acquired by terrestrial laser scanning (TLS) and photogrammetric images taken by unmanned aerial vehicles (UAV) have been started to be employed to form the digital surface model used in rockfall analyses particularly since the early 2000s. A detailed digital surface model produced by 3-D point clouds can be utilized in 3-D rockfall analyses.*

*In this study, the rockfall site around Akköy (Ürgüp, Nevşehir) settlement is three-dimensionally analysed using the RocPro3D software on digital surface models created by terrestrial laser scanning (TLS) and photogrammetric images taken by unmanned aerial vehicle (UAV). The runout distance, bounce height and kinetic energy rates of the blocks likely to fall are determined after 3-D rockfall analyses. Considering the analysis results, it is concluded that the settlement is still in danger of rockfall despite a 2 m-deep ditch constructed at high elevations to protect the settlement from falling rocks. Furthermore, the effect of digital surface models constructed by TLS and UAV data on rockfall analyses is evaluated. Consequently, though both methods have advantageous, in locations where deep topographical irregularities (e.g. ditch, valley etc.) exist, the point cloud derived by TLS can hardly and imprecisely reveal such deep structures leading to a major effect on the results of rockfall analyses due to inaccurate determination of rockfall trajectories.*

**Keywords:** Rockfall, digital surface model, TLS, UAV, 3-D analysis