Turkish Studies
International Periodical For The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic
Volume 10/2 Winter 2015, p. 49-68
DOI Number: http://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.7594
ISSN: 1308-2140, ANKARA-TURKEY

KARLIOVA HAVZASI VE ÇEVRESİNİN (BİNGÖL) HEYELAN DUYARLILIK HARİTASININ OLUŞTURULMASI*

*Vedat AVCİ***
*Halil GÜNEK****

ÖZET

Bu çalışmada önemli tektonik hatlarla sınırlandırılan Karlıova Havzası ve çevresinde heyelana duyarlı alanların belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada heyelana neden olan faktörler etki derecelerine göre çakıştırılarak havza ve çevresi için heyelan duyarlılık haritası oluşturulmuş, heyelana neden olan faktörler belirlenmiştir. Karlıova Havzası, Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ile Doğu Anadolu Fayı (DAF) arasında Kuvaterner'de açılmaya başlamış fay kaması (fault-wedge basin) havzasıdır. Havza yüksek düzlükler arasında yer almakta olup, dört yandan faylarla çevrilidir. Havzanın KAF, DAF ve Varto Fayı tarafından şekillenmesi önemli özellikler kazanmasını sağlamıştır. Bu özelliklerinin başında havzanın sularını drene eden önemli akarsuların fay hatlarına yerleşmiş olması gelmektedir. Havzayı sınırlandıran fayların düşey bileşeninin de olması eğim değerlerinin yüksek olmasını sağlamıştır. Bu durum fay hatlarına yerleşen Göynük Çayı, Peri Suyu ve Hasanova Çayı Vadileri'nin yamaçlarında belirgindir. Eğim değeri yüksek olan vadi yamaçlarında litolojinin tüflerden oluşması heyelanlara zemin hazırlamaktadır. Önemli tektonik hatlarının kesiştiği havzada sismik etkinlik yüksek olup, meydana gelen deprem sayısında havza ve çevresi ülkemizde ilk sırada yer almaktadır. Havzada heyelanların yaygın olarak görülmesinin ana nedenleri tektonizmaya bağlı olarak eğim değerlerinin yüksek olması ve litolojinin elverişli olmasıdır. Yörenin yağış miktarının fazla olması ve sık yaşanan depremler heyelanları tetikleyici bir rol oynamaktadır. Heyelanlar havzanın doğu ve güneydoğusu (çizgisel uzanımlı fay hattı boyunca) ile güneybatısında belirgin olarak görülmektedir. Havza ve çevresinde heyelana yüksek duyarlı sahaların oranı % 41, en yüksek derecede duyarlı olan sahaların oranı % 14 olup, çalışma alanının % 50'sinden fazla bir alanda heyelan duyarlılığı yüksektir. Dikkat çeken başka bir durum da heyelan duyarlılığı yüksek olan sahalarda aynı zamanda nüfus yoğunluğunun ve yerleşmelerin fazla oluşu, ana ulaşım hatlarının bu sahalardan geçirilmesidir. Heyelanlar nedeniyle önemli ekonomik kayıplar yaşanmaktadır. Daha önemlisi tektonik aktivite

---

*Bu makale Crosscheck sistemi tarafından taranmış ve bu sistem sonuçlarına göre orijinal bir makale olduğu tespit edilmiştir.

** Yrd. Doç. Dr. Bingöl Üniversitesi Coğrafya Bölümü, El-mek: vedatcografya@mynet.com
***Yrd. Doç. Dr. Fırat Üniversitesi Coğrafya Bölümü, El-mek: hgunek@gmail.com

nedeniyle heyelan olaylarının her yıl devam etmesidir. Havzada heyelanlar nedeniyle doğabilecek ekonomik kayıpları azaltmak amacıyla heyelan duyarlılığı yüksek olan sahalar nüfuslanmamalı, var olan yerleşmeler tahliye edilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Karlıova, Heyelan, Tektonizma, Heyelan Duyarlılık, Yerleşme

FORMING THE MAP OF LANDSLIDE SENSITIVITY OF KARLIOVA BASIN AND ITS SURROUNDING

STRUCTURED ABSTRACT

Karlıova Basin is a fault wedge basin which is begun to open in Quaternary between the North Anatolia (NAF) and East Anatolia Faultlines (EAF). The Basin is located among the high plateaus and surrounded by faultlines all around. Shaped by the NAF, EAF, and Varto Faultlines it gained important characteristics. The most important of these characteristics is the settlement of important tributaries, which drain the streams of basin, into the faultlines. The existence of vertical component in the faultlines that limits the basin provides the high values of slope. This state is clear on the hillsides of Göynük, Peri, and Hasanova Stream valleys that settles the faultlines. The lithology formed from tuff leads up to landslides on the hillsides of valleys in which the angle of slope is high. The important tectonic faultlines has intersected in the basin, the seismic activity is high in the area, and the basin and its surrounding comes first in our country in terms of the number of the earthquakes occurred. The main reasons for the prevalence of landslides is the highness of slope values depending on the tectonism and the admittance of lithology. The highness of precipitation and the frequent earthquakes plays an important role in generating the landslides. Landslides are seen clearly from the east, southeast, and southwest of the basin (along the linear faultline).

Affecting the settlements, transportation, agriculture and pasture lands, landslides lead to significant economic losses. The earthquakes, which occur frequently in tectonically active area, have enabled landslides to be seen continuously. We aim to determine the landslide sensitive areas in Karlıova Basin and its surrounding that is limited with important tectonic lines. In this study, by superposing the factors that causes landslides in terms of their degree of effect landslide sensitivity has been mapped for the Karlıova Basin and its surrounding and the factors that causes landslides have been determined.

In the preparation of landslide susceptibility maps, geological and topographical features, and environmental and climatic conditions are used. In this study slope, aspect, elevation, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), lithology, the distance parameters to the fault lines and river network have been used as the landslide susceptibility map being formed. With digitization of topographic maps of the study area, Digital Elevation Model (DEM) has been obtained, and from DEM slope, aspect, elevatıon map and from geological map, the distance maps to the lithology and fault lines, and from topographic maps the

distance maps to river network have been obtained. The NDVI values have been obtained from an image taken by Landsat TM in September 2011. Susceptibility map has been formed by applying the weighted overlay method. This method has been applied using Spatial Analysis Module in ArcGIS 10.1 program. Utilizing field observations and landslide inventory map, landslide areas have been digitized and overlaying with other maps prepared for the landslide susceptibility, weights of the parameters have been determined. Combining the parameters whose weights have been specified, the susceptibility map has been formed. Susceptibility map has been classified as very low, low, medium, high and very high susceptibility.

According to the map created for Karlıova Basin and its environment the rate of high landslide sensitive areas is 41 % in the basin and its surrounding, the rate of most sensitive areas is 14 %, and more than the 50 % of an area within the study area the landslide sensitivity is high. Another remarkable point is the existence of high rate of population and settlements and the passing of main roads from these areas. According to the results of analysis, while the lithology and slope factors are determinants in the occurrence of landslides, earthquakes and rainfall play a triggering role. Depending on tectonic, the landslide susceptibility increases on the sides of valleys and plateaus where slope values are high and the lithology is formed with tuff and basalt. It is seen that the landslide susceptibility is high in the southwest and southeast of the basin. In these areas high susceptibility depends on high slope values and favorable lithology conditions. These high susceptibility areas also correspond to the sides of the fault valleys. It is seen that landslide susceptibility decreases in the north and south of the basin. Despite the high slope values in the north, lithology is not suitable for the formation of landslides. For this reason landslide susceptibility is low in the north. In the south of basin plateaus cover a wide area. In this area where lithology is formed with tuff, landslide is low in accordance with low slope values. When evaluated generally, the bases of plain and basin correspond to areas where susceptibility is very low and low, and the sides of valley and plateau to areas where susceptibility is very high and high. Göynük Valley, through which East Anatolian Fault passes and Kargapazarı Basin, on which North Anatolian Fault is effective correspond to the area with highest density of population in Karlıova Basin. This area has favorable conditions for landslide events which may occur after an earthquake. There are rocks with clay and marl on the sides with steep slopes in a large part of Göynük Valley. The material on these sides has the feature to be able to create landslide by exceeding the limits of plasticity and liquidity along with the shake occured during earthquake. Thus, landslides triggered by earthquakes could lead to serious problems. Because of landslides there were a great deal of economic losses. More important, owing to the tectonic activity the lanslides go on to occur every year.

In Karlıova Basin and surrounding areas it is seen that the landslide susceptibility is high and these areas are relatively densely populated. Landslides causing the relocation of settlements and highway are seen in the basin and its surroundings. Landslides cause damage to drinking water supply network, agricultural and pasture

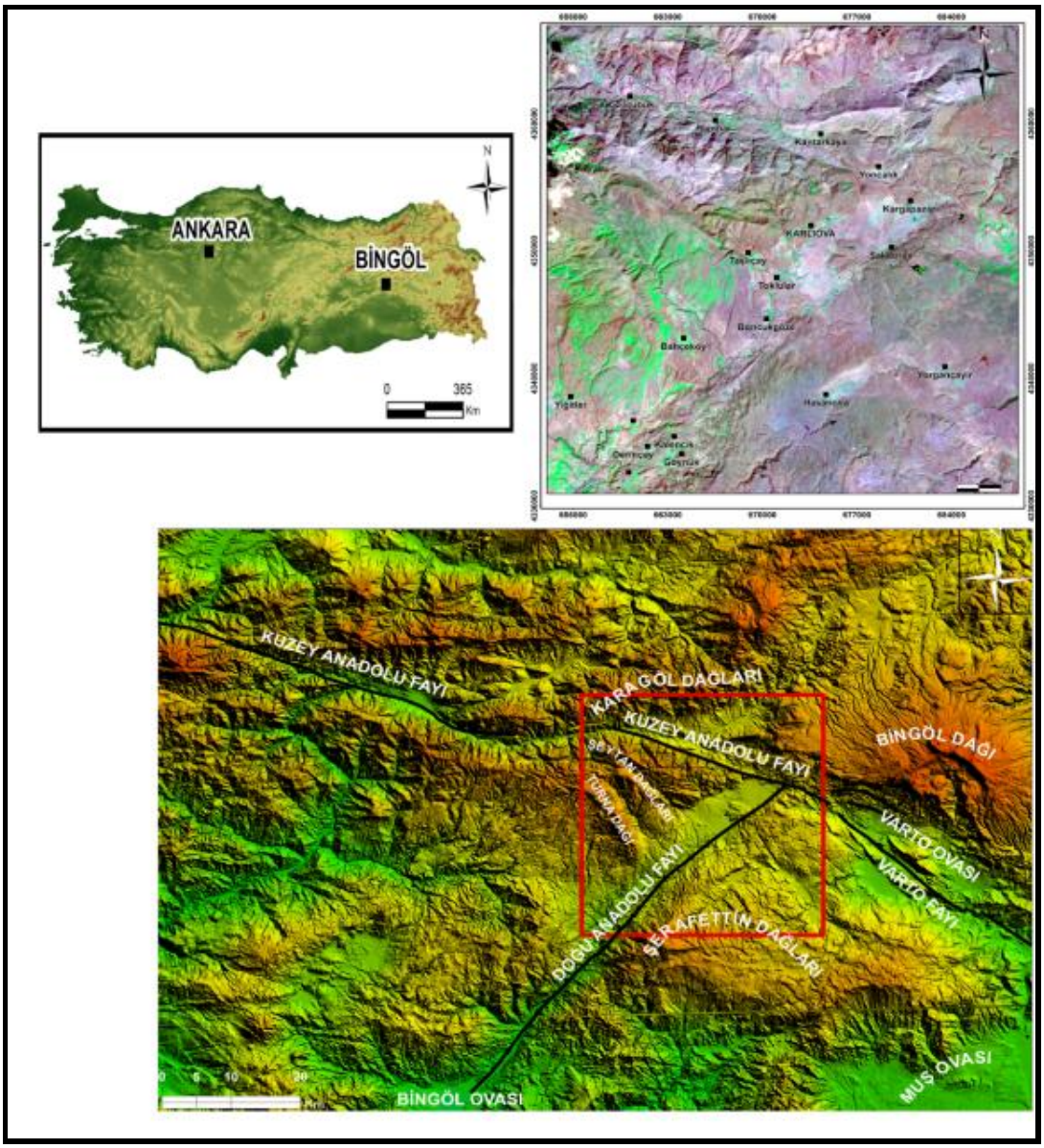
lands. To reduce the economic losses because of the landslides in the basin the landslide sensitive zones should not be populated, and the existing settlements should be evacuated.

Key Words: Karlıova, Landslide, Tectonism, Landslide sensitivity, Settlement

1. GİRİŞ

Doğal bir yamaçtaki kaya, toprak veya moloz türü malzemelerin çeşitli nedenlerden ötürü yerçekimi etkisi ile aşağı doğru hareketi, heyelan olarak tanımlanmaktadır (Varnes, 1978). Heyelanlar, jeolojik, jeomorfolojik, iklimsel ve meteorolojik faktörler ile insan etkinliğine bağlı olarak da gelişebilmekte, doğal ve insan etkisiyle ilişkili nedenler, heyelanları tetikleyici unsurlar olarak ortaya çıkmaktadır. Doğal afetler içinde meydana getirdiği olumsuz etkilerden dolayı önemli bir yer tutan heyelanlar, etkili oldukları alanlarda can ve mal kaybına yol açmakta, kara-demir yolları, tarım ve orman alanları gibi ekonomik değeri olan alanlarda da hasar ve kayıplara yol açmaktadır. Bunun yanında, heyelanlar, kentleşme ve doğal çevrenin korunması gibi sosyo-ekonomik hususlarda da, sorunlara neden olabilmektedir (Schuster ve Fleming, 1986).

Bugün dünyada heyelanlardan dolayı yüzlerce insan hayatını kaybetmekte ve heyelanlar ülke ekonomilerine büyük zarar vermektedir. Japonya'da doğal afetlerden dolayı meydana gelen can kayıplarının hemen hemen yarısı heyelanlardan kaynaklanmaktadır (Dağ, 2007). Heyelanların yoğun olarak görüldüğü Karlıova Havzası, Kuzey Anadolu Fayı, Doğu Anadolu Fayı ve Varto Fayı'nın kesiştiği bir alanda bulunmaktadır. Havza kuzeydoğudan Bingöl Dağı (3193 m), kuzeyden Karagöl Dağları (2766 m), kuzeybatıdan Şeytan Dağları (2835 m) ve güneyden Şerafettin Dağları (2544 m) tarafından sınırlandırılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Karlıova Havzası ve çevresinin (Bingöl) lokasyon haritası

Kuzey ve kuzeybatıdaki sahalar dışında engebeli bir topoğrafyadan bahsetmek güçtür. Dağlık sahaların üzerinde geniş plato düzlükleri bulunmaktadır. Havzanın sularını güneybatıdan Göynük Çayı, kuzeyden ise Peri Suyu toplamaktadır. Bu akarsular önemli ölçüde fay hatlarına yerleşmiş sübsekant akarsu özelliğindedir. Kuzeyde Peri Suyu Vadisi KAF, güneybatıda Göynük Çayı Vadisi DAF'a ait segmentlere yerleşmiş fay vadisi özelliğindedir. Bu akarsu vadileri boyunca yüksek eğim ve akarsu aşındırması ile yamaç düzeninin bozulması heyelan oluşumunda etkili olmaktadır (Avcı ve Günek, 2014a). Havzanın şekillenmesinde KAF ve DAF'ın etkisi belirgindir. Havza jeolojik olarak sağ yanal doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fayı ile sol yanal doğrultu atımlı Doğu Anadolu Fayı'nın zıt yönlü hareketine bağlı olarak açılmış bir fay kaması (fault-wedge basin) havzasıdır. KAF ve DAF dışında Varto Fayı, Yorgançayır-Kaynarca Fayı, Bahçeköy ve Toklular Fayları havzadaki diğer yapısal unsurlardandır. Bu yapısal unsurlar plato ve vadi yamaçlarını

keserek eğim değerlerinin artmasına, litolojinin de elverişli olmasıyla heyelana zemin hazırlamışlardır.

Havza ve çevresinde litoloji daha çok volkanitlerden oluşmaktadır. Paleozoyik yaşlı birimlerin yayılışı oldukça sınırlıdır. Kuvaterner birimleri akarsu vadileri ve havza tabanında yer almaktadır. Solhan Formasyonu ve Kohkale Tepe Lavı ürünü olan volkanitler yayılışı en fazla olan birimlerdendir (Tarhan, 1997). Karlıova Havzası ve çevresinde ortalama yükselti fazladır. İnceleme alanının % 55'inde yükselti 2000 m'nin üzerindedir. 2068 m'yi bulan yükselti ortalamasına karşın dağlık sahalardan ziyade geniş düzlükler morfolojiyi oluşturmaktadır. Tektonizma ve volkanizma eğim dağılışında belirleyici olup, ortalama eğim 12'yi bulmaktadır. Havzanın batısında Bahçeköy ve Toklular Fayları'nın, güneybatısında ise DAF'ın kestiği yüzeylerde eğim değerleri artmaktadır. Havzanın doğusunda ve güneyinde geniş alan kaplayan volkanik plato yüzeylerinde eğim değerleri düşmektedir.

Karlıova Havzası'nda eğim yönü (bakı) irdelendiğinde güneye bakan yamaçların daha fazla olduğu, bunu doğu, batı ve kuzeye bakan yamaçların takip ettiği görülmektedir. Normalize Fark Bitki İndeksi (NDVI) değerleri 2011 yılı Eylül ayında çekilen Landsat TM görüntülerinden çıkarılmıştır. NDVI değerleri -0.3 ile 0.71 arasında değişmekte olup, bu değerler havzanın batısında yükselmektedir. Bu saha aynı zamanda havzanın orman açısından en zengin olan kesimine karşılık gelmektedir.

Havzada akarsu ağlarına 250-500 m uzaklıkta olan sahaların oranı % 29, 100-250 m ve 500-750 m uzaklıkta olan alanların oranı % 21, 750-1000 m uzaklıkta olan alanların oranı % 13, 100 m'nin altında uzaklığa sahip olan alanların oranı % 11'dir. Önemli tektonik hatların olduğu inceleme alanında fay hatlarına 0-100 m arasında uzaklığa sahip alanlar % 5, 100-500 m arasında uzaklığa sahip alanlar % 20, 500-1000 m arasında uzaklığa sahip alanlar % 20, 1000 m'den fazla uzaklığa sahip alanlar % 55'lik orana sahiptir.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Sayısal yöntemlerle heyelan duyarlılık haritaları üretilirken öncelikle, yamaçların duraylılığını kontrol eden ya da heyelanlara neden olabilecek bir takım parametrelerin ve bunların ağırlık değerlerinin (heyelana olan etkilerinin) belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için heyelanların alansal dağılımları ile heyelana neden olabilecek faktörler arasındaki ilişkiler belirlenmektedir (Dağ ve Bulut, 2012). Duyarlılık haritalarıyla tehlikeli ve riskli alanlar tespit edilerek zemin hareketlerinin etkilerini azaltmak ve gelecekte aynı olayın meydana gelebileceği potansiyel araziler hakkında tahminlerde bulunmak amaçlanmaktadır (Özşahin ve Kaymaz, 2013). Bu sayede herhangi bir olay meydana gelmeden önce risk unsurları belirlenerek önlemler alınabilir, tehlike altındaki yerleşim alanları boşaltılabilir (Değerliyurt, 2014). Bu çalışmada heyelana etki eden faktörlerin teorik sınıflandırılmasına ve derecelendirmesine dayanan (Clerici vd., 2002; Saha vd., 2002; Ekinci, 2005; 2011) "Koşullara Bağlı Ağırlıklı Metot" kullanılmıştır.

Bu amaçla MTA Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan ve çalışma alanını da kapsayan 1/500000 ölçekli Heyelan Envanteri Haritası Erzurum paftasından Karlıova Havzası ve çevresinde aktif heyelan alanları haritalanmış, heyelan alanları vektör veriden raster veriye çevrilmiştir. Çalışma alanına ait Sayısal yükseklik verisinden yükselti basamakları, eğim ve bakı haritaları, MTA Genel Müdürlüğü'nün Erzurum J45 ve J46 paftalarından litoloji, Landsat TM Uydu görüntüsünden Normalize Fark Bitki İndeksi (NDVI), inceleme alanına ait topoğrafya haritalarından akarsu ağları ve tektonik haritası elde edilmiştir. Elde edilen grid haritalar (10 m) aktif heyelan alanları çakıştırılarak parametrelerin ağırlıkları belirlenmiştir (Tablo 1). Parametre haritalar çakıştırılarak (10*10 m) heyelan duyarlılık haritası oluşturulmuştur.

Tablo 1. Çalışma Alanına Ait Heyelan Duyarlılık Haritasının Oluşturulmasında Kullanılan Parametreler ve Değerleri

Parametreler	Alt Birimler	Heyelan	Risk Değeri
3.1.Eğim	0-2	1	5
	2-15	5	
	15-25	3	
	25-45	1	
	45>	0	
3.2.Bakı	K	2	2
	KD	1	
	D	1	
	GD	1	
	G	2	
	GB	2	
	B	2	
	KB	3	
	Düz	0	
3.3. Yükselti	1400-1700	1	2
	1700-1900	3	
	1900-2100	5	
	2100-2300	3	
	2300-2500	2	
	2500-2700	1	
	2700>	0	
3.4. Normalize Fark Bitki İndeksi (NDVI)	-0,3-0	0	3
	0-0,2	5	
	0,2-0,4	2	
	0,4-0,6	1	
	0,6-0,8	1	
3.5. Jeolojik Formasyonlar (Litoloji)	Anadoluadayayı	0	5
	Mollakulaçdere Formasyonu	1	
	Yolüstü Formasyonu	1	
	Adilcevaz Formasyonu	1	
	Kohkale Tepe Lavı	4	
	Solhan Formasyonu	5	
	Kuvaterner	1	
	Navru Formasyonu	1	
	Memişkomu Formasyonu	1	
	Elmalı Formasyonu	1	
	Hamurpet Lavı Formasyonu	1	
	Bitlis Metamorfitleri	1	
	Hınıs Metaofiyoliti	0	
	Zırnak Formasyonu	0	
	HisarbabaDağı Lavı	0	
	Kozlu Formasyonu	0	
3.6. Fay Hatlarına Uzaklık	<100	5	3
	100-500	3	
	500-1000	1	
3.7. Akarsu Ağlarından Uzaklık	<100	5	2
	100-250	4	
	250-500	3	
	500-750	2	
	750-1000	1	

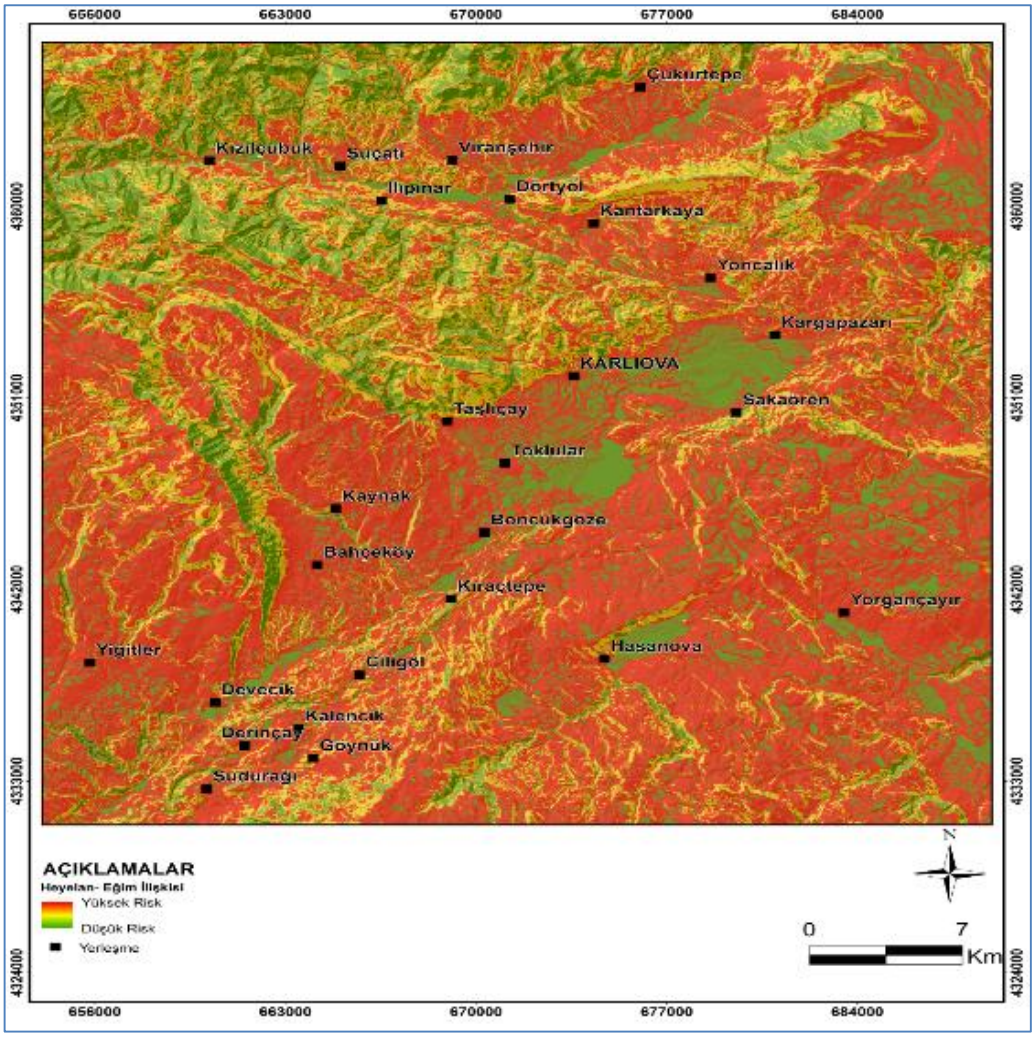
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Heyelan-Eğim İlişkisi

Şev stabilite çalışmalarında ana parametre şev yada yamacın eğim açısıdır (LEE vd., 2001). Şev ya da yamacın eğim açısı heyelanlarla direkt ilgili olduğu için, heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasında kullanılan en önemli parametrelerden biridir (LEE, 2005). Yamaç ya da şevlerin eğimi, heyelanların oluşumunda doğrudan etkilidir. Genel olarak, yamaç eğiminin artmasıyla heyelana karşı duyarlılığın da artacağı yönünde görüşler daha fazladır. (Santacana vd., 2003; Ohlmacher ve Davis, 2003; Ayalew ve Yamagıshı, 2005; Lee, 2005; Fell vd., 2008). Bunun yanında düşük eğim değerindeki yamaçlarda da heyelanların oluştuğunu gösteren çalışmalar mevcuttur. Temesgen vd. (2001) ve Ayalew ve Yamagishi (2005) tarafından yapılan çalışmalarda heyelanların çoğunlukla 20º'nin altında, düşük eğime sahip yamaçlarda gerçekleştiği belirtilmektedir. Karlıova Havzası'nda da bu duruma örnekler vardır. Eğim değerlerinin düşük olduğu sahalarda bile heyelanlar görülmektedir. Havzada eğim değerlerinin düşük olduğu sahalarda heyelanların meydana gelmesi tektonik aktivite ve litolojinin uygun olması ile yakından ilişkilidir (Şekil 2). Karlıova Havzası ve çevresinde heyelan alanlarının % 61'i 2-15^0 arasında eğime sahip alanlarda, % 26'sı 25-45^0 eğime sahip alanlarda meydana gelmiştir (Şekil 3).



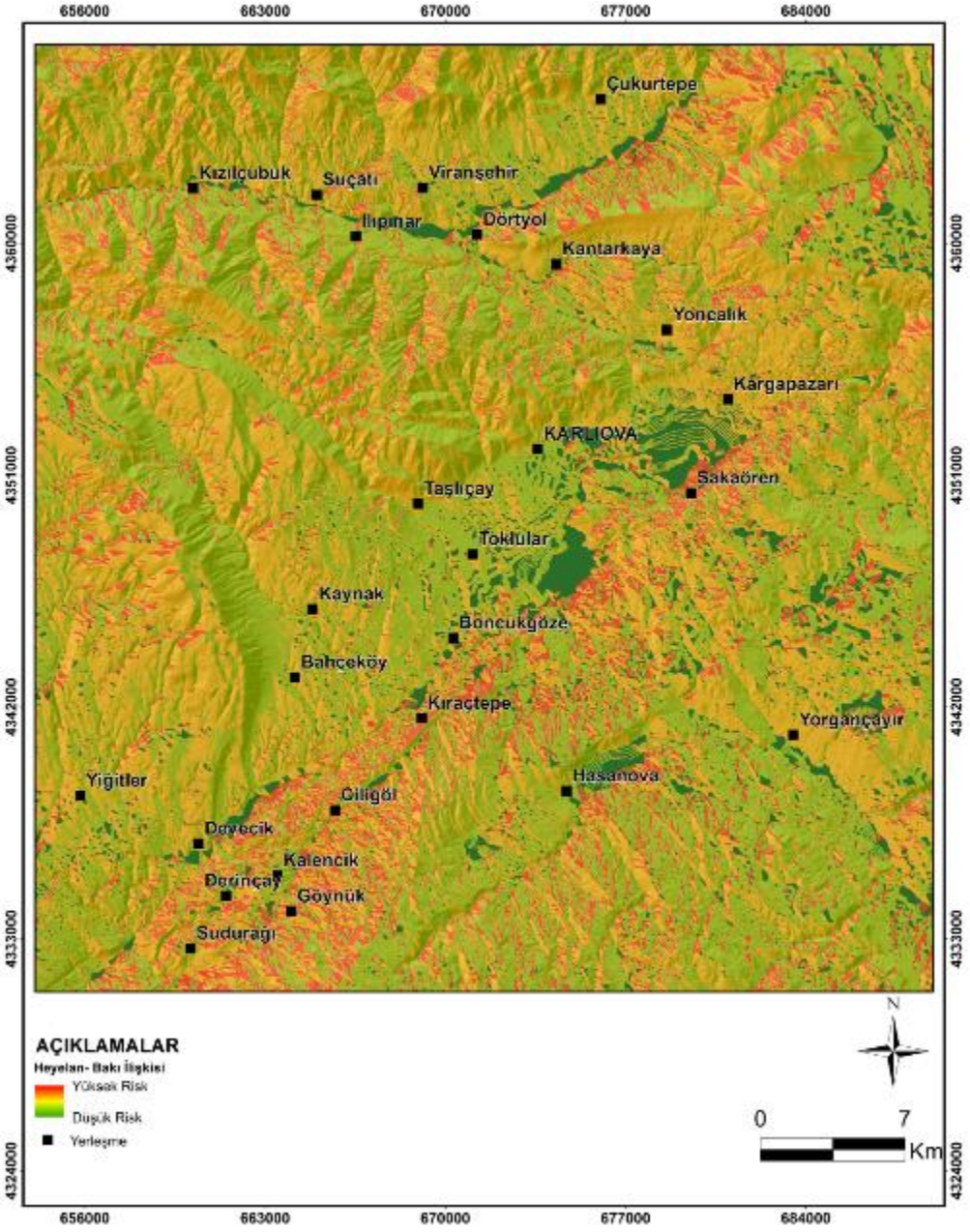
Şekil 2. Karlıova Havzası'nda eğim değerlerinin düşük olduğu Kalencik köyü yakınlarında (Bingöl) karayoluna zarar veren heyelanlar meydana gelmektedir (Google Earth'den)



Şekil 3. Karlıova Havzası ve çevresinde (Bingöl) heyelan-eğim ilişkisi

3.2. Heyelan-Yamaç Eğim Yönü (Bakı) İlişkisi

Birçok çalışmada araştırmacılar yaptıkları istatistiksel değerlendirmelerde heyelanların belli yönelimlere sahip yamaçlarda yoğunlaştığını ifade etmiştir (Dağ ve Bulut, 2012). Gökçeoğlu ve Aksoy (1996), Dai vd., (2001) ve Lee vd., (2001) heyelanların belirli yönelimlerde yoğunlaşmasının nedenini ağırlıklı olarak yağışla ilişkilendirirken, Pachauri ve Pant (1992) ile Ayalew ve Yamagishi (2005) bu durumu sahanın genel morfolojik eğilimi ile ilişkilendirmiştir. Heyelanların belli yönelimlere sahip yamaçlarda yoğunlaşmasında özellikle bölgenin genel yağış yönü, sahanın genel morfolojik yapısı, güneş ışığını daha fazla alması gibi meteorolojik olaylar etkili olmaktadır (Dağ ve Bulut, 2012). Karlıova Havzası ve çevresinde; heyelanların % 14'ü güneybatı yönlü yamaçlarda, % 19'u ise kuzeybatı yönlü yamaçlarda görülmektedir. Heyelanlı sahaların % 42'si kuzey, % 33'ü ise güney yamaçlarda yer almaktadır (Şekil 4).



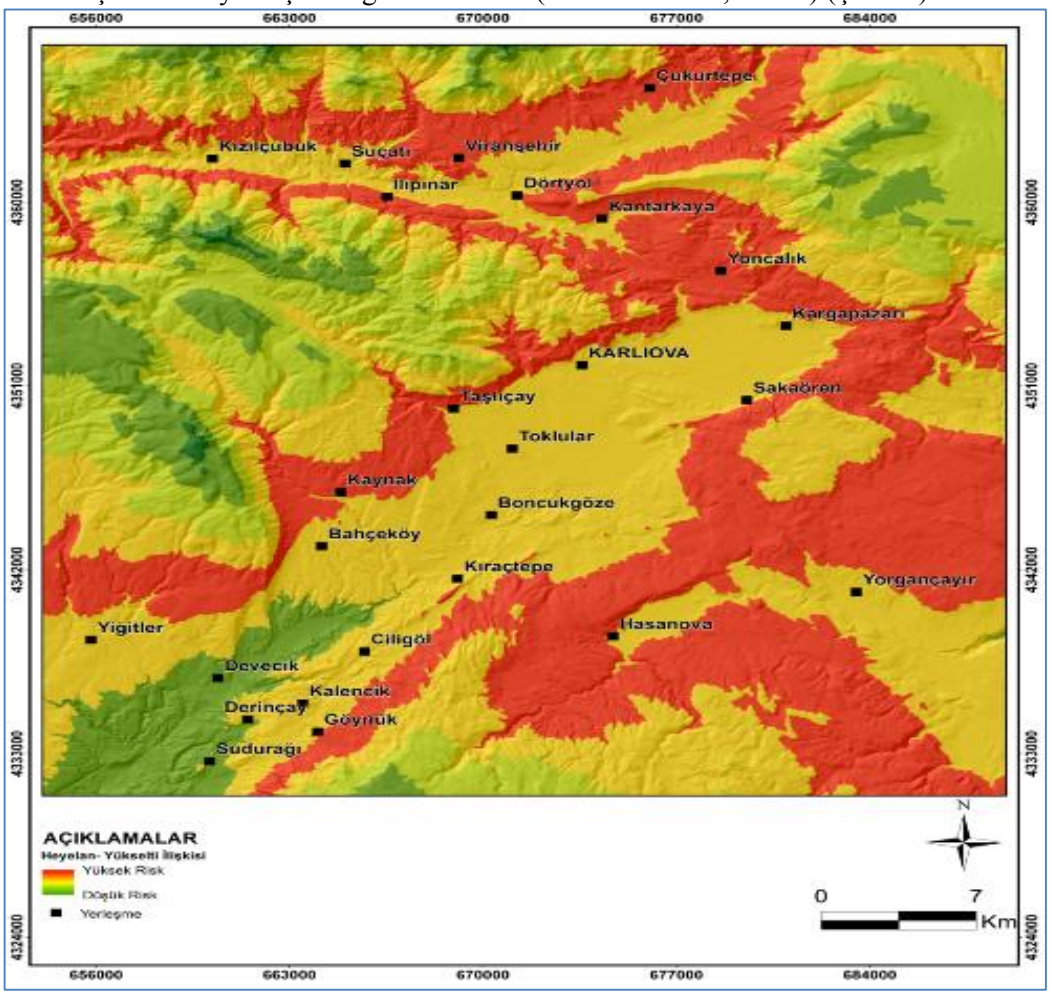
Şekil 4. Karlıova Havzası ve çevresinde (Bingöl) heyelan-eğim yönü (bakı) ilişkisi

Karlıova Havzası'nda heyelanların kuzey yamaçlarda yoğun olması üzerinde sıcaklık etkilidir. Çünkü kuzey yamaçlarda kış ve ilkbahar mevsiminde zemin donmuş haldedir. Bu da üstteki tabakanın kaymasını kolaylaştırmaktadır (Avci ve Günek, 2014a). Kuzey yamaçlarda buharlaşmanın düşük olmasına bağlı olarak zemin nemliliğinin yüksek oluşu heyelan oluşumunu kolaylaştırmaktadır.

3.3. Heyelan-Yükselti İlişkisi

Karlıova Havzası ve çevresinde heyelanların % 40'ı 1900-2100 m aralığında görülmektedir. 2700 m'nin üzerindeki heyelan alanları yok denecek kadar azdır. Bu yükselti

basamağını 1700-1900 m ve 2100-2300 m yükselti basamağında yer alan heyelanlar takip etmektedir. Heyelanların 1900-2100 m arasında yoğunlaşması fayların kestiği yüzeylerin bu yükseltiler arasında yoğunlaşmasına bağlıdır. Yükselti grupları ile heyelan yoğunluğu değerlendirildiğinde heyelanları belli yükselti grubunda yoğunlaştığı görülmektedir. Havza çevresinde alçak ve çok yüksek alanlarda heyelanlar çok sınırlıdır. Doğal olarak bu alanlar havza tabanı ve platolara karşılık gelmektedir. Asıl yoğunluk bu iki morfolojik ünite arasındaki geçiş alanlarını oluşturan dik yamaçlarda görülmektedir (Avci ve Günek, 2014a) (Şekil 5).



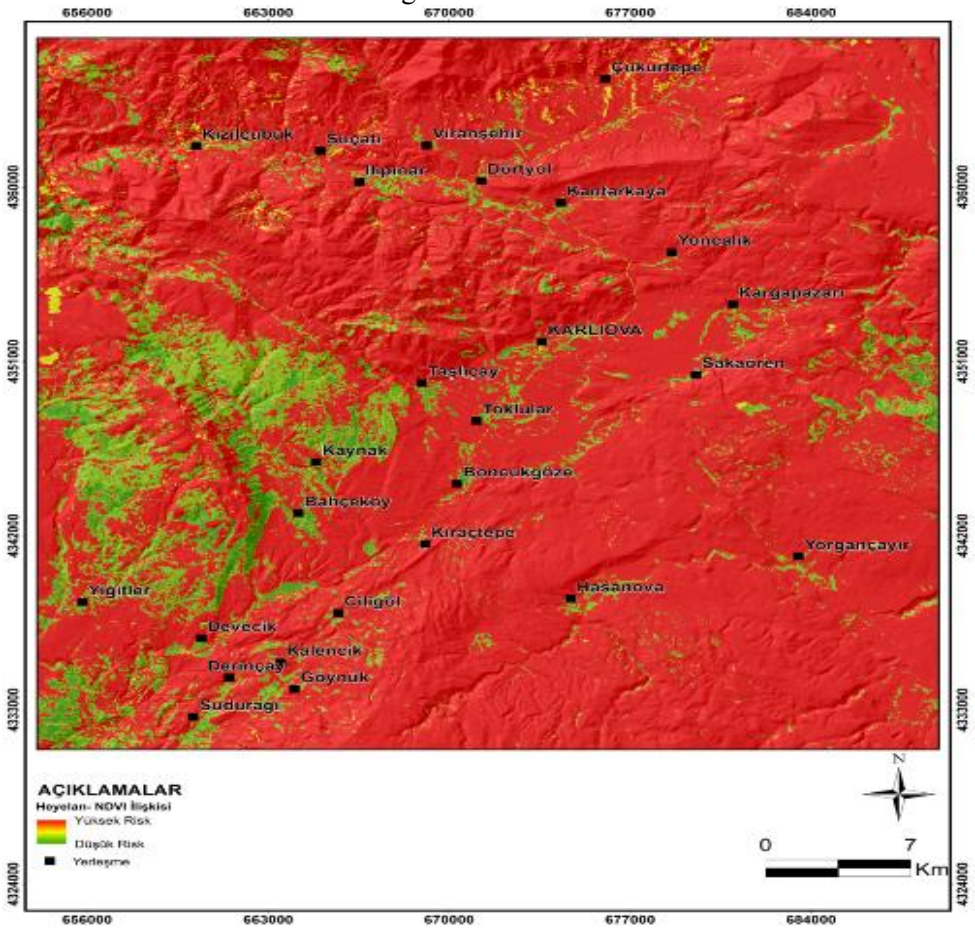
Şekil 5. Karlıova Havzası ve çevresinde (Bingöl) yükselti-heyelan ilişkisi

3.4. Heyelan- Normalize Fark Bitki İndeksi (NDVI) İlişkisi

Güçlü ve büyük kök sistemleri ile bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlar yamaç duraylılığını olumlu etkilemektedir. Genel olarak, bitki örtüsünün yoğun olduğu ormanlık alanlar, seyrek bitki örtüsüne sahip alanlara ya da tarım ve yerleşim alanlarına oranla heyelanlardan daha az etkilenmektedir (Dağ, 2007). Nitekim Bahçeköy ve Kaynak köyünün batısında eğim değerleri yüksek olmasına karşın heyelanlar etkili olmamaktadır (Foto 1). Havza ve çevresinde heyelan alanlarının % 92'si bitki örtüsünün seyrek olduğu 0-0,2 grubunda meydana gelmiştir (Şekil 6). Bunun yanında bitki örtüsünün yoğun olduğu bazı alanlarda litoloji ve yüksek eğim değerlerinden dolayı heyelanlar görülmektedir.



Foto 1. Kaynak köyünde bitki örtüsünün yoğun olduğu yamaçlarda heyelan seyrek olarak görülmektedir.



Şekil 6. Karlıova Havzası ve çevresinde (Bingöl) heyelan-NDVI ilişkisi

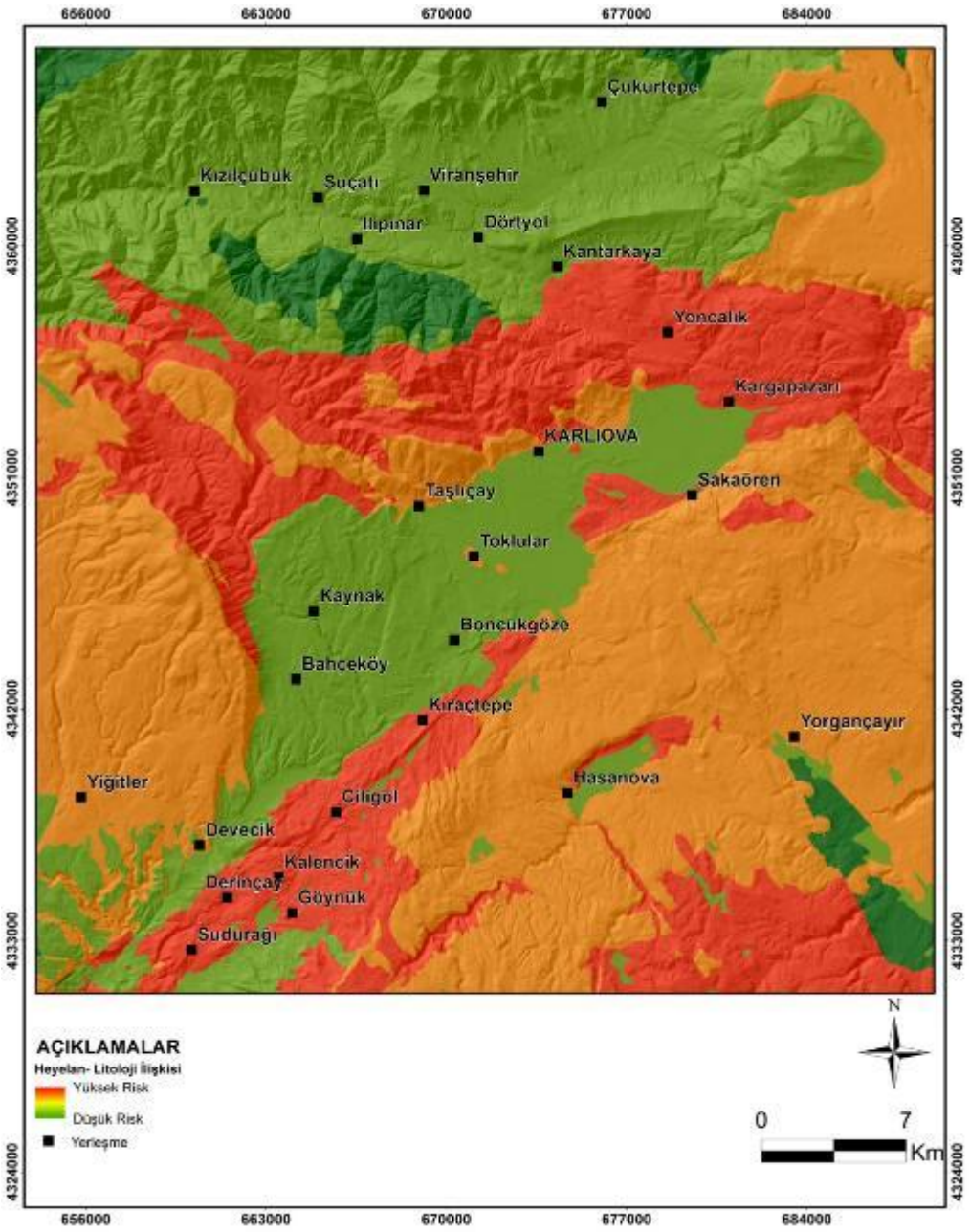
3.5. Heyelan-Litoloji İlişkisi

Litolojik özellikler arazinin jeomorfolojisi ile ilgili verilerin temel kaynağını oluşturmaktadır (DAI vd., 2001). Farklı litolojik birimler heyelan çalışmalarında farklı duyarlılık değerlerine sahip oldukları için heyelan duyarlılık çalışmalarında önemli rol oynamaktadır (PACHAURI vd., 1998; DAI vd., 2001; ÇEVİK vd., 2003). Karlıova Havzası ve çevresinde heyelanların % 50'si Üst Miyosen yaşlı Solhan Formasyonu'na ait birimler üzerinde, % 35'i ise Üst Miyosen yaşlı Kohkale Tepe Lavı birimleri üzerinde meydana gelmiştir. Bu birimler aglomera, tüf, bazalt ve andezittenden oluşmaktadır. Bu formasyonlar havzanın güneybatısında geniş yayılış göstermektedir (Foto 2, Şekil 7).



Foto 2. Havzanın güneybatısında tüflü yapıya bağlı olarak heyelanlar görülmektedir.

Göynük Vadisi boyunca tüfler yüzeye çıkmakta, akarsuyun alttan oyması ile yamaç dengesi bozulmakta ve heyelanlar meydana gelmektedir. Havzanın doğusunda bazalt örtünün yaygın olarak görülmesi plato yamaçlarında heyelanların yoğun olarak görülmesini sağlamıştır.

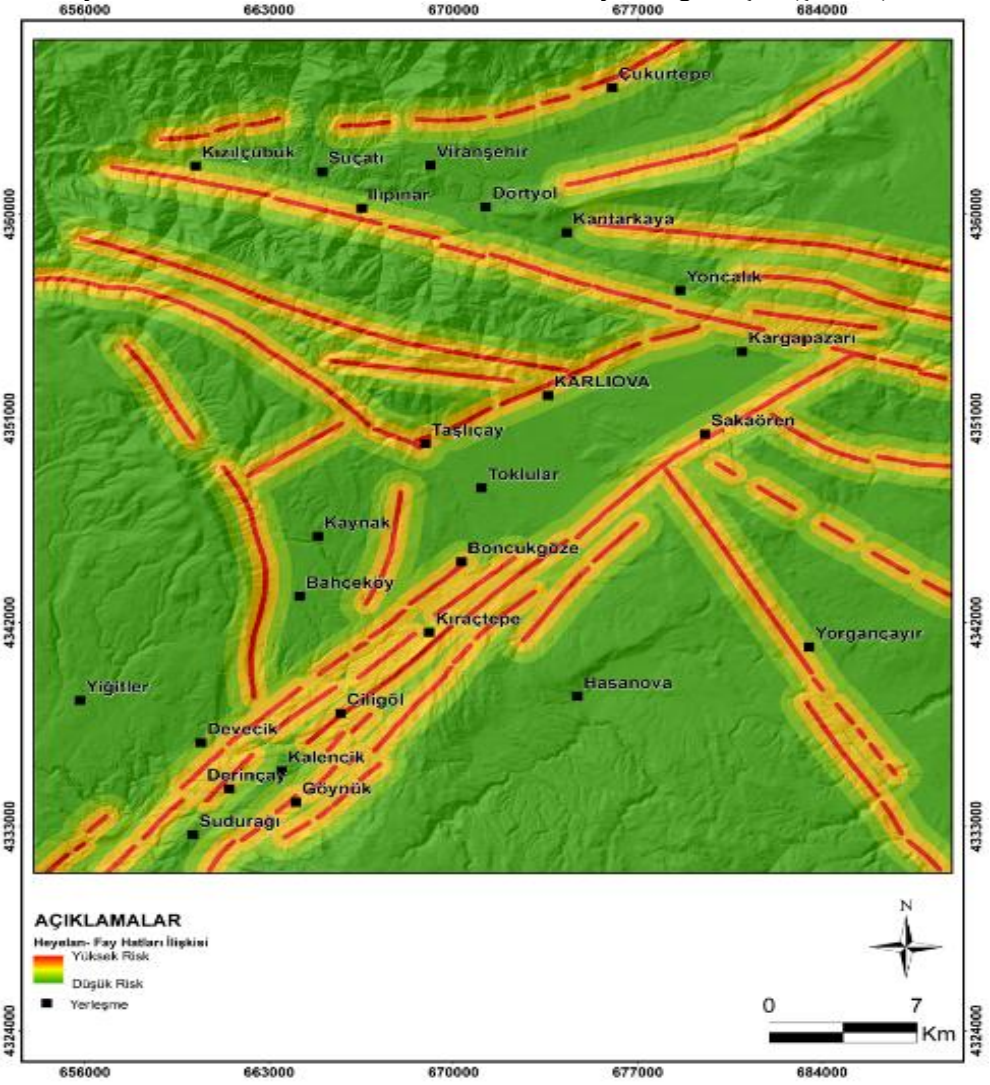


Şekil 7. Karlıova Havzası ve çevresinde (Bingöl) heyelan-litoloji ilişkisi

3.6. Heyelan-Fay Hatları İlişkisi

Reis vd., (2009); birçok depremde heyelanlardan dolayı oluşan hasarlar diğer sismik tehlikelerin neden olduğu hasarın toplamından daha fazla olmuştur. Örneğin, 1964 Alaska depreminde meydana gelen zararın yaklaşık olarak % 56'sının deprem kaynaklı heyelanlardan ileri geldiği rapor edilmiştir (Wılson ve Keefer, 1985). Depremler heyelanların ana nedenleri arasındadır ve büyük depremler binlerce heyelan üretebilmektedir. Keefer (1984) heyelanları tetikleyen depremin 14 tipini tanımlamıştır. Deprem kaynaklı heyelanların geçmiş depremler sırasında hangi şartlar altında olduğunun bilinmesi kararlılık analizlerinin ön değerlendirmeleri

açısından oldukça gereklidir. Benzer şekilde, deprem kaynağından uzaklaştıkça deprem kaynaklı heyelan oluşumu da azalır. Keefer (1984)'e göre magnitüdü (M) 4,0'ten küçük uzak depremlerin heyelanları tetiklemesi oldukça nadir olmaktadır. Bunun yanı sıra M > 5-6 ve daha büyük olan deprem örneklerinden jeolojik yapıya bağlı olarak heyelanların oluşumunda depremlerin etkin olacağı tespit edilmiştir (Keefer, 1984; Rodriquez vd., 1999). Havza ve çevresinde heyelanların büyük kısmı fay hatlarına 0-100 m arasındaki uzaklıkta meydana gelmiştir (Şekil 8).



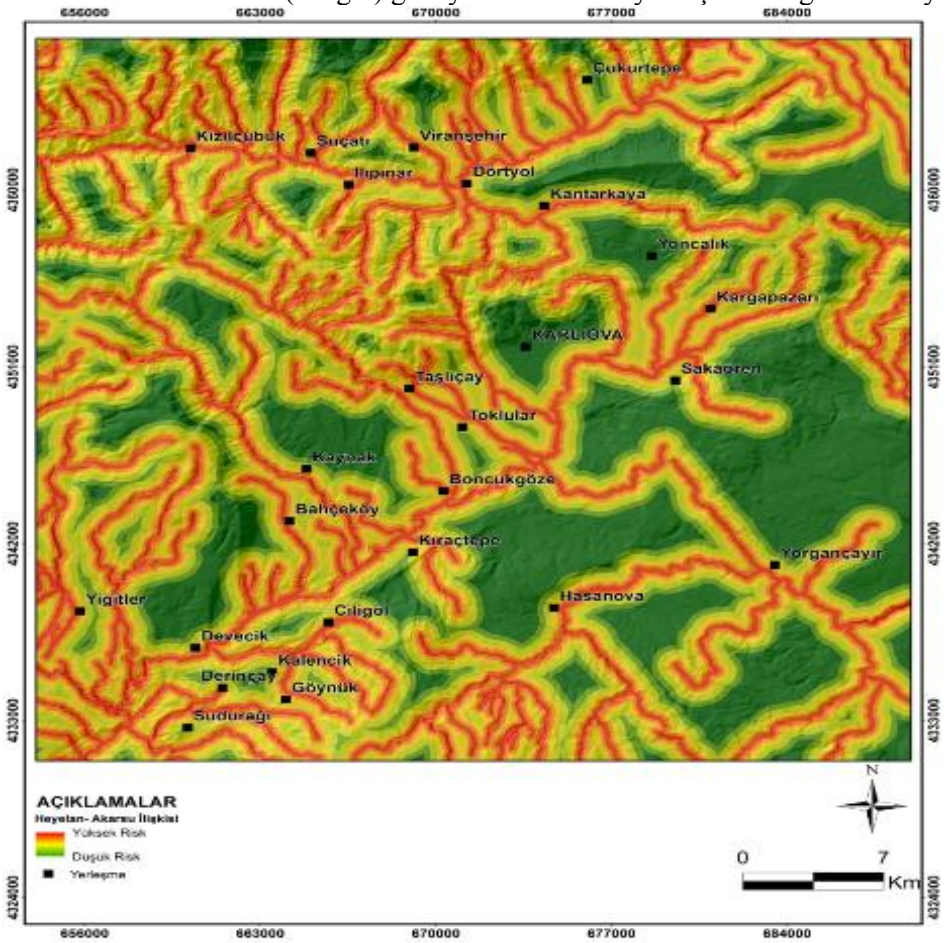
Şekil 8. Karlıova Havzası ve çevresinde (Bingöl) heyelan-fay hatları ilişkisi

3.7. Heyelan-Akarsuya Yakınlık İlişkisi

Yamaç dengesini kontrol eden faktörlerden biri de yamaçlardaki malzemenin doygunluk derecesidir. Yamacın drenaj hatlarına yakınlığı da stabilite açısından önemli diğer bir faktördür. Akarsular, yamaç ya da şevleri ya topuktan aşındırma şeklinde ya da yamaçları oluşturan malzemenin akarsu seviyesine kadar olan kısmını suya doyurma veya her iki şekilde de etkileyerek stabiliteyi bozmaktadır (DAI vd., 2001; SAHA vd., 2002; ÇEVİK ve TOPAL, 2003). Heyelanların akarsu ağlarına çok yakın sahalarda görüldüğü inceleme alanında diğer faktörlerin etkisinin belirgin olduğu ortaya çıkmıştır (Foto 3, Şekil 9).



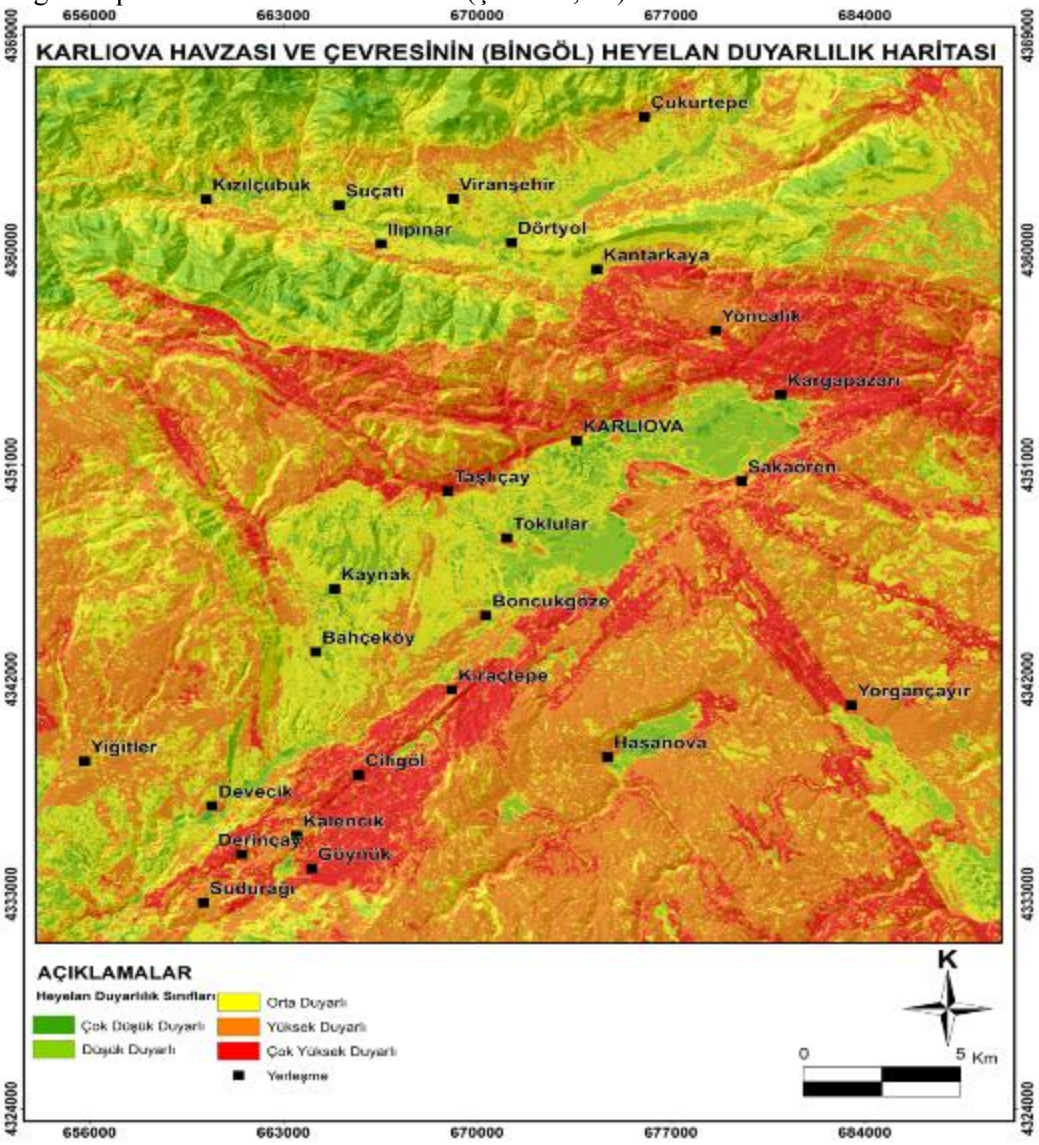
Foto 3. Karlıova Havzası'nın (Bingöl) güneybatısında vadi yamaçlarında görülen heyelanlar



Şekil 9. Karlıova Havzası ve çevresinde (Bingöl) heyelan-akarsu ağları ilişkisi

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

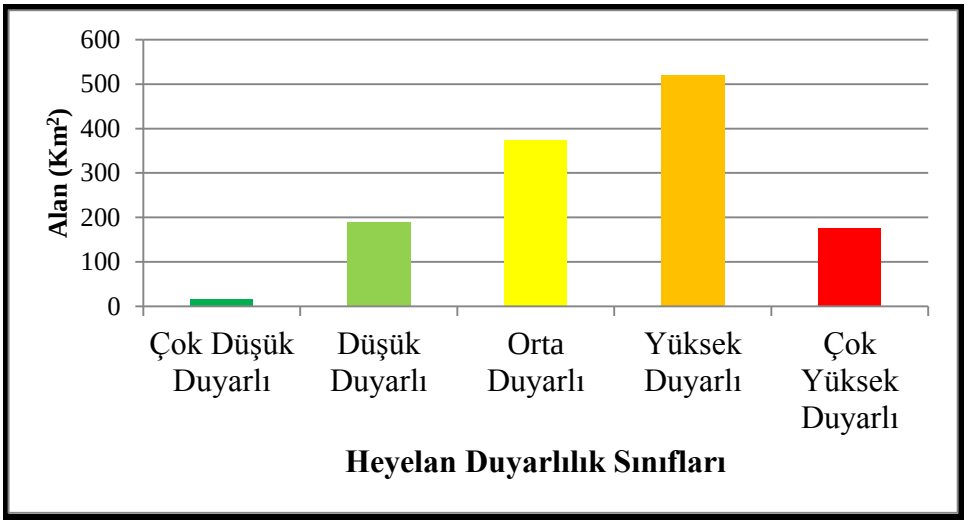
Etkin tektonik hatların denetiminde şekillenen Karlıova Havzası ve çevresinde heyelan duyarlılığı oldukça yüksektir. Havza ve çevresinin % 41'i heyelana yüksek duyarlı iken en yüksek duyarlılığa sahip alanların oranı ise % 14'tür (Şekil 10, 11).



Şekil 10. Karlıova Havzası ve çevresinin (Bingöl) heyelan duyarlılık haritası

Heyelan duyarlılığının yüksek oluşu çalışma alanının tektonizma ile kazandığı yüksek eğime, litolojinin ve iklim koşullarının uygun oluşuna, bitki örtüsünün seyrek olmasına ve sık sık meydana gelen depremlere bağlıdır. Eğim ve litoloji heyelan oluşumunda ana neden iken, yağış miktarının fazla olması ve sismik aktivite heyelanların oluşmasında tetikleyici rol oynamaktadır. Havza ve çevresinde tektonik hatların uzandığı sahalar aynı zamanda heyelan duyarlılığının fazla olduğu alanlara karşılık gelmektedir. Göynük Çayı Vadisi'nde ve Kargapazarı Havzası'nda bu durum belirgin olarak görülmektedir. Havzanın kuzeyinde yer alan bindirme kuşağı boyunca, güneydoğuda ise çizgisel uzanışlı fay hatları boyunca heyelan duyarlılığı artmaktadır. Çünkü bu

sahalarda faylanma eğim farkı doğurmuştur. Karlıova Havzası ve çevresinde genel olarak değerlendirildiğinde heyelan duyarlılığının kuzeyde güneye göre daha düşük olması dikkat çekmektedir. Bu durum litolojik yapının farklı olmasının bir sonucudur.



Şekil 11. Karlıova Havzası ve çevresinde (Bingöl) heyelan duyarlılığının alansal dağılımı

Havza ve çevresinde tektonik hatların kestiği ve litolojinin uygun olduğu yamaçlar tamamen heyelan alanı olup, duyarlılık yüksektir. Vadi ve havza/ova tabanları, kuzeyde litolojinin uygun olmadığı sahalarda heyelan duyarlılığı düşüktür. Heyelanlar sosyal ve ekonomik problemlere yol açmakta, yerleşmeler, ulaşım hatları, tarım-mera alanları zarar görmekte dolayısıyla önemli ölçüde mal kayıpları yaşanmaktadır. Hacılar, Ciligöl ve Kalencik köylerinin yeri heyelan nedeniyle değiştirilmiştir. Kalencik köyünde meydana gelen heyelan Bingöl-Erzurum karayoluna zarar vermiş, köyün mera alanlarını tahrip etmiştir. Sudurağı köyü yakınlarında karayolunu tehdit eden heyelanlar görülmektedir (Avci ve Günek, 2014b).

Karlıova Havzası'nın kuzeyinde heyelan tehlikesine maruz yerleşmeler bulunmaktadır. Bu yerleşmelerin fay dikliklerinin gerisinde kurulduğundan heyelan tehlikesine maruz kalmışlardır. Heyelan nedeniyle Ilıpınar ve Kızılçubuk köylerinde mesken nakilleri olmuştur. Heyelanların yoğun olarak görüldüğü havzada doğabilecek zararları azaltmak amacıyla beşeri ve ekonomik faaliyetler planlanırken heyelan duyarlılığı dikkate alınmalı, fosil heyelan alanları ile duyarlılık haritası karşılaştırılmalı, potansiyel heyelan alanlarında heyelan oluşumunu önleyecek tedbirler alınmalı, heyelan duyarlılığı yüksek olan sahalar yerleşim, ulaşım gibi beşeri ve ekonomik amaçlı olarak kullanılmamalıdır.

KAYNAKÇA

ALEXANDER, D. E., 1995. "A survey of the field of natural hazards and disaster studies". In: A.Carrara and F. Guzzetti (eds.), Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1-19.

AVCI, V. ve GÜNEK, H., 2014a, "Karlıova Havzası ve Çevresindeki (Bingöl) Aktif Heyelanların Litoloji, Yükselti, Eğim, Bakı ve NDVI Sınıflarına Göre Dağılımı", **The Journal of Academic Social Science Studies**, Number: 28, Doi number:http://dx.doi.org/10.9761/JASSS2470.

AVCI, V. ve GÜNEK, H., 2014b, "Göynük Vadisi'nde (Bingöl) Heyelan Duyarlılığının Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Analizi", **Turkish Studies**-International Periodical For The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic Volume 9/8 Summer 2014, p. 235-250. Doi number:http://dx.doi.org/10.7827/Turkish Studies.7067.

RODRIQUEZ, C., BOMMER, J. ve CHANDLER, R.., 1999, "Earthquake-induced landslides: 1980-1997", **Soil Dynamics and Earthquake Engineering**, 18, 325-346.

AYALEW, L. ve YAMAGISHI, H., 2005, "The Application of GIS-Based Logistic Regression For Landslide Susceptibility Mapping İn The Kakuda-Yahiko Mountains, Central Japan", **Geomorphology**, V: 65, I: 1-2,pp.: 15–31.

CLERICI, A., PEREGO, S., TELLINI, C. ve VESCOVI, Paolo, "A Procedore for Landslide Susceptibility Zonation by Conditional Analysis Method", **Geomorphology**, V:48, I: 4 (2002), pp.: 349-364.

ÇEVİK, E. ve TOPAL T, "GIS-Based Landslide Susceptibility Mapping for a Problematic Segment of the Natural Gas Pipeline, Hendek (Turkey)", Environmental Geology, V: 44 (2003), I: 8, pp.: 949-962.

DAĞ, S., 2007, Çayeli (Rize) ve çevresinin istatistiksel yöntemlerle heyelan duyarlılık analizi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Doktora Tezi, (yayımlanmamış).

DAĞ, S. ve BULUT, F., 2012, "Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Heyelan Duyarlılık Haritalarının Hazırlanmasına Bir Örnek: Çayeli (Rize, KD Türkiye)", **Jeoloji Mühendisliği Dergisi**, S: 36.

DAI, C. F., LEE, C. F., LI, J. ve XU, Z. W., 2001, "Assessment of Landslide Susceptibility on the Natural Terrain of Lantau Island, Hong Kong", **Environmental Geology**, V: 40, I: 3, pp: 381–391.

DEĞERLİYURT, M., 2014, "İskenderun-Arsuz İlçelerinin (Hatay) Cbs Tabanlı Zemin Hareketleri Duyarlılık Analizi, **Turkish Studies**-International Periodical For The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic Volume 9/5 Spring, p. 655-678. www.turkishstudies.net, Doi Number :http://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.6765

EKİNCİ, D., 2005, "Karadeniz Ereğli'sinin Zemin Hareketleri Duyarlılık Sahalarının Sınıflandırılması ve Yüksek Riskli Yerleşmelerin Zemin Stabilite Analizi", **İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi**, S: 13, s. : 121-137, İstanbul

EKİNCİ, D., 2011, Zonguldak-Hisarönü Arasındaki Karadeniz Akaçlama Havzasının Kütle Hareketleri Duyarlılık Analizi, Titiz Yayınları, İstanbul.

FELL, R., COROMINAS, J., BONNARD, C., CASCINI, L., LEROI, E. ve SAVAGE, W. Z., 2008. Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. **Engineering Geology**, 102, 85-98.

GÖKÇEOĞLU, C. ve AKSOY, H., 1996. "Landslide susceptibility mapping of the slopes in the residual soils of the Mengen Region (Turkey) by deterministic stability analyses and image processing techniques", **Engineering Geology**, 44, 147-161.

KEEFER, D. K., 1984, "Landslides caused by earthquakes, **Geological Society of America Bulletin** 95, 406-421.

LEE, C. F., YE, H., YEUNG, M. R., SHAN, X. ve CHEN, G., 2001. "A GIS-Based Methodology for Natural Terrain Landslide Susceptibility Mapping in Hong Kong", **Episodes**, 24 (3),150-159.

LEE, S., 2005. "Application of logistic regression model and its validation for landslide susceptibility mapping using GIS and remote sensing data", **International Journal of Remote Sensing**, 26 (7), 1477-1491.

OHLMACHER, G. C., DAVIS, J. C., 2003, "Using multiple logistic regression and GIS technology to predict landslide hazard in Northeast Kansas USA", **Engineering Geology**, 69, 331-343.

ÖZŞAHİN, E. ve KAYMAZ, K. Ç., 2013, "Camili (Macahel) Biyosfer Rezerv Alanının (Artvin KD Türkiye) Heyelan Duyarlılık Analizi", **Turkish Studies-International Periodical For The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic**, Volume 8/3, p.: 471-493, www.turkishstudies.net, DoiNumber:http://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.4260

PACHAURI, A. K. ve Pant, M., 1992, "Landslide Hazard Mapping Based on Geological Attributes", **Engineering Geology**, 32, 81-100.

RODRIQUEZ, C., BOMMER, J. ve CHANDLER, R., 1999, "Earthquake-induced landslides: 1980-1997", **Soil Dynamics and Earthquake Engineering**, 18, 325-346.

SAHA, A. K., GUPTA, P. R. ve ARORA, M. K., 2002, "GIS-Based Landslide Hazard Zonation in the Bhagirathi (Ganga) Valley, Himalayas", **International Journal of Remote Sensing**, V: 23, I: 2, pp.: 357-369.

SANTACANA, N., BAEZA, B., COROMINAS, J., PAZ, A. D. ve MARTURIA, J., 2003. "A GIS-based multivariate statistical analysis for shallow landslide susceptibility maping in La Pobla de Lillet area (Eastern Pyrenees, Spain)", **Natural Hazards**, 30, 281-295.

SCHUSTER, R. L. and FLEMING, R. W., 1986, "Economic losses and fatalities due to landslides", **Bulletin of Association of Engineering Geologists**, 23 (1), 11-28.

TARHAN, N., 1997, 1/100000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Erzurum G-31 ve G32 Paftası. Ankara: Maden Tetkik Arama Enstitüsü, Jeoloji Etütleri Dairesi.

TEMESGEN, B., MOHAMMED, M. U. ve KORME, T., 2001, "Natural Hazard Assessment Using GIS and Remote Sensing Methods, With Particular References To The Landslides in The Wondogenet Area, Ethiopia", **Physicsand Chemistry of the Earth** (C), V: 26, No: 9, pp: 665–675.

VARNES, D. J., 1978, "Slope movement types and processes. In Landslides analysis and control, (Eds. R.L. Schuster and R.J. Krizek)", **Transportation Research Board, National Academy of Sciences**, Special Report, No.176, pp. 12-33.

WILSON R. C. and KEEFER, D. K., 1985, "Predicting area limits of earthquake-induced landsliding. In: J.I. Ziony, Editor, Evaluating Earthquake Hazards in the Los Angeles Region-An Earthscience Perspective, U.S. Geological Survey Professional Paper 1360, 316–345.

Citation Information/Kaynakça Bilgisi

AVCİ, V., GÜNEK, H., Karlıova Havzası ve Çevresinin (Bingöl) Heyelan Duyarlılık Haritasının Oluşturulması, ***Turkish Studies*** *- International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic* Volume 10/2 Winter 2015, p. 49-68, ISSN: 1308-2140, www.turkishstudies.net, DOI Number: http://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.7594, ANKARA-TURKEY