



Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama ile Yamaç Havzası'nın (Bingöl) Erozyon Duyarlılık Analizi

Alaaddin YÜKSEL*¹ Vedat AVCI²

¹Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bingöl

²Bingöl Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Bingöl

*e-mail: ayuksel@bingol.edu.tr

Alındığı tarih (Received): 18.04.2015

Online Baskı tarihi (Printed Online): 29.05.2015

Kabul tarihi (Accepted): 05.05.2015

Yazılı baskı tarihi (Printed): 01.07.2015

Özet: Bu çalışmada Bingöl'ün güneyinde yer alan Yamaç Havzası'nın erozyon duyarlılık analizinin yapılması amaçlanmıştır. Yamaç Havzası'nda litoloji volkanik ve alüvyal kayalardan oluşmaktadır. Havzanın güneyinden fayla kesilmesi yükselti farkını artırmıştır. Havzanın kuzeyi ile güneyi arasında yükselti farkı 1000 m'yi bulmaktadır. Yamaç Havzası'nda jeomorfolojik, iklim ve bitki örtüsü özellikleri nedeniyle erozyon şiddeti yüksektir.

Bu çalışmada eğim, bitki örtüsü, drenaj yoğunluğu ve toprak parlaklığı kullanılarak Yamaç Havzası'nda erozyon duyarlılığının oluşturulması amaçlanmıştır. Erozyona neden olan faktör haritalarının çakıştırılmasına dayanan istatistiksel yöntem kullanılarak oluşturulan duyarlılık haritasına göre havzanın % 47'sinde erozyon duyarlılığı yüksek, % 30'unda erozyon duyarlılığı ortadır. Erozyon şiddeti üzerinde eğim, bitki örtüsü ve drenaj yoğunluğunun etkisi belirgin olarak ortaya çıkmıştır. Havzanın güneyindeki tarım alanlarını etkileyen erozyonu azaltmak amacıyla mikro havza çalışmalarının hızlandırılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler Bingöl, Yamaç Havzası, Erozyon Duyarlılık

Erosion Sensitivity Analysis of Yamac Watershed (Bingöl) Using Geographical Information System And Remote Sensing

Abstract: The study was conduct to generate erosion sensitivity analysis of Yamac Watershed located in the south of Bingol city, Turkey. Lithology of the watershed is formed by extrusive and alluvial rocks. Cutting faults in the south of the watershed has increased elevation difference which can reach up to 1000 m between south and north. Erosion severity of the watershed is very high due to its geomorphological, climatic and vegetative properties.

The aim of this study was create erosion sensitivity in Yamac watershed using slope degree, vegetation cover, drainage density and soil brightness. According the sensitivity map created by statistical methods derived superpositioning factor maps, %47 of watershed area was categorized as high while %30 was medium. Especially slope degrees, drainage density and vegetation are the major inducements for the severe erosion in the watershed. The erosion become dangerous for cultivated areas in the south of the watershed. Thus, to reduce erosion micro watershed practices should be accelerated.

Key Words: Bingol, Yamac Watershed, Erosion Sensitivity

1. Giriş

Toprak erozyonu, yağmur, yüzey akışı, rüzgar, yer çekimi, buzul ve toprak işleme gibi doğal ve yapay faktörler nedeniyle toprak parçacıklarının bulunduğu yerden ayrılması, sürüklenmesi ve taşınması olayıdır (Boardman ve Poesen 2006).

Özellikle suyun neden olduğu erozyon sadece ekonomik değil sosyal olumsuzlukları da beraberinde getirmektedir. Erozyon doğrudan yâda dolaylı yoldan, yamaçların daha dik bir yapı kazanmasına neden olmakta bu da hem mal hem de can kaybına neden olan toprak kaymalarını beraberinde getirmektedir (Conoscenti ve ark. 2008). Erozyon ayrıca su kaynakları ve su

kaynaklarının korunması üzerinde de önemli bir çevresel etkiye sahiptir (Eroglu ve ark. 2009; Butt ve ark. 2011).

En ciddi su erozyonu dağlık arazilerde görülmektedir, özellikle oynak ve gevşek jeolojik yapılar, akarsu ve sel aşındırmaları ile toprak ve kayaların büyük kütleler halinde hareketine neden olmaktadır (Selby 1982; Lee 2004).

Ülkemiz topraklarının sadece % 7'sinde düşük düzeyde erozyon görülürken, % 20 'sinde yüksek ve % 63'ünde çok yüksek erozyon görülmektedir. Bu oranlar ülkemizi, en fazla toprak kaybına uğrayan ülkelerden biri haline getirmiştir. Deniz seviyesinden ortalama 1132 m yüksekliğinde engebeli arazi, iklim (özellikle uzun bir kuraklık dönemini takip eden şiddetli yağışların takip ettiği Akdeniz iklimi) ve aşırı derecede toprak işleme, yamaçların tarıma açılması gibi uygun olmayan tarım uygulamaları ülkemizde erozyona uğrayan toprak oranının yüksek olmasına neden olan ana etmenlerdir (ÇEDPGM 1996; Yıldırım 2011).

Yarı kurak ve kurak Akdeniz bölgelerinde toprak erozyonu hem toprak ve hem de su kaynakların korunması için en büyük tehdit konumundadır. Toprak erozyonu ve tortullaşma ayrıca barajların ekonomik ömrünü de olumsuz yönde etkilemektedir. Dahası, erozyonun neden olduğu tortullaşma su kalitesini ve sucul yaşamı da ciddi bir şekilde tehdit etmektedir (Akay ve Sessions 2005; Akay ve ark. 2008).

GDREC (2008)'e göre ülkemizde her yıl ırmak, göl, baraj ve denizlere 345 milyon ton tortu sürüklenmektedir. Bu yüzden sürdürülebilir yöntemler ve havzaların korunması, uzun vadede hem hayat kalitesi açısından hem de ulusal ekonomi açısından büyük bir önem arz etmektedir.

Su erozyonunda kaybedilen toprak miktarı, bitki örtüsü, topoğrafik özellikler, iklimsel değişkenler ve toprak özelliklerinden etkilenmektedir. Beşeri faaliyetler ve büyük ölçekli gelişmeler bitki örtüsünü değiştirerek toprak erozyon oranı üzerinde çok etkili

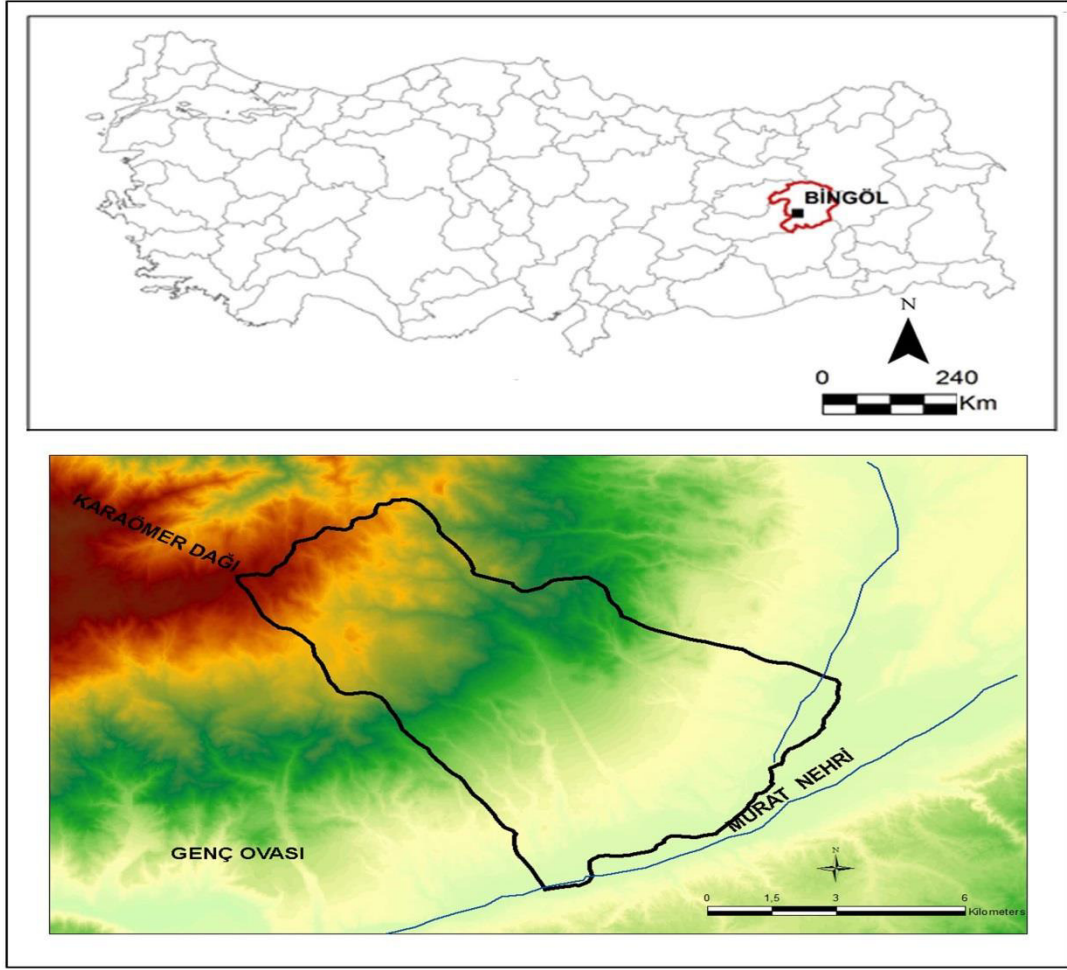
olabilmektedir (Jinren ve Yingkui 2003). Yamacın eğimi, uzunluğu, şekli gibi topoğrafik özellikler erozyonun derinliğini belirlemektedir. Erozyondaki en önemli iklimsel değişken yağmurun aşındırıcı etkisini belirleyen yağmur miktarı ve yağış yoğunluğudur (Corine 1992).

Toprak erozyonunun yakın ve uzak çevresinde olan etkisini azaltmak için hafifletici ve koruyucu önlemlerin alınması gereklidir ve önceliğin kaynakların uygun bir şekilde kullanıma yönlendirilmesi başarılı koruma projelerini beraberinde getirebilir (Nigel ve Rughooputh 2010). Koruma için mevcut sınırlı kaynaklar, haritalama, gözlem ve öncelik sırasına koyma gibi yöntemler ile duyarlı erozyon bölgelerine tahsis edilmelidir (Fei ve ark. 2010). Bu duyarlı bölgelerde risk haritalarının oluşturulması, hassasiyet seviyesine göre koruma tedbirleri için duyarlı bölgelerin önceliğinin ortaya konmasına olanak sağlamaktadır (İkbal ve Khan 2014).

Toprak erozyonuna sebep olan ana etmenler topografya, yağmur, bitki örtüsü, toprak yapısı ve toprak örtüsüdür (Beskow ve ark. 2009; Tian ve ark. 2008; Zhou ve ark. 2005). Bir erozyon risk haritası oluştururken genellikle 4 erozyon kontrol faktörü (yağış, topografya, arazi kullanımı ve toprak aşınması) dikkate alınır (Nigel ve Rughooputh 2010).

Bu çalışmanın amacı istatistiksel analiz yöntemi kullanılarak Yamaç Havzası için erozyon duyarlılık haritasının üretilmesidir. Havzanın doğal koşullarının erozyona uygun olması önemli miktarda toprak taşınmasına neden olmakta, tarım alanlarının verimi düşmektedir. Bu çalışma ile erozyon duyarlılığı yüksek olan alanların tespit edilmesi ve havzada erozyonun azaltılması için çözüm önerileri sunulması amaçlanmıştır.

Yamaç Havzası Bingöl'ün güneyinde yer almakta olup, 78 km²'lik alan kaplamaktadır. Kuzeyinde Karaömer Dağı'nın yer aldığı havzanın suları güneyde Murat Nehri'ne ulaşmaktadır (Şekil 1).

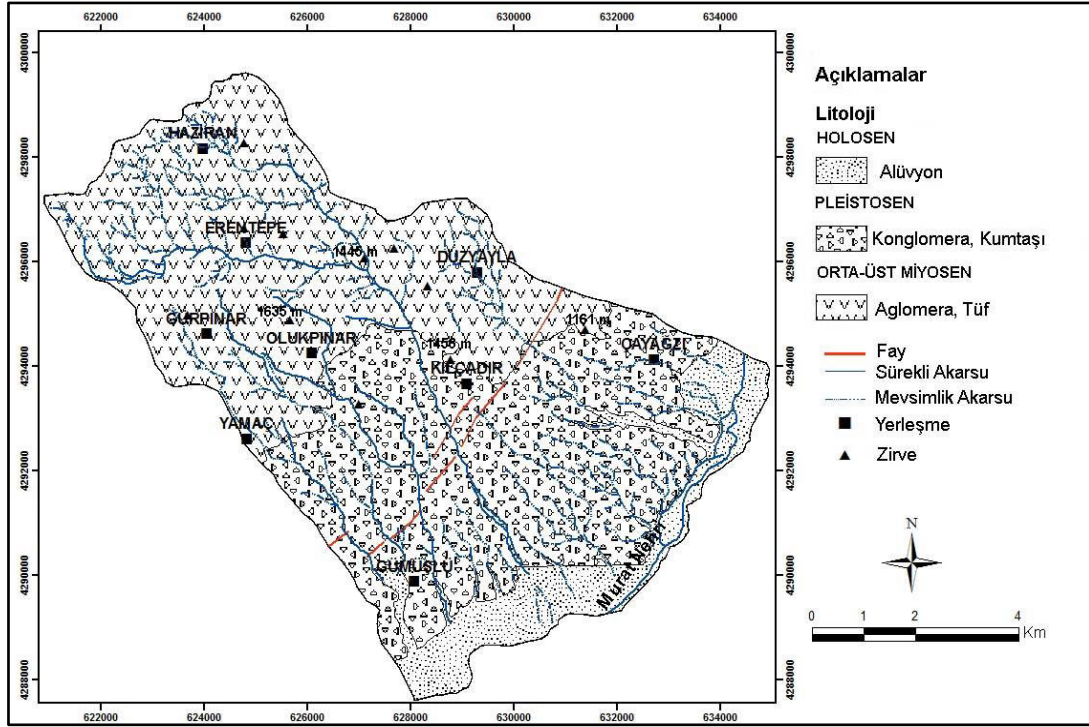


Şekil 1. Yamaç Havzası'nın lokasyon haritası
Figure 1. Location map for Yamac watershed

Yamaç Havzası'nın kuzeyi ile güneyi arasında 1000 m'yi bulan yükselti farkı bulunmaktadır. Doğal bitki örtüsünün step türlerinden oluştuğu havzada orman tahribatı fazla olup, litoloji erozyona karşı dirençsiz volkanikler kayalardan oluşmaktadır. Bütün bu nedenlerden dolayı havzada şiddetli erozyon yaşanmaktadır.

Havzada yükselti 2175-980 m arasında değişmekte, ortalama yükselti 1320 m'yi bulmakta, yükselti K-G yönünde azalmaktadır.

Güneyinden fayın geçmesi yükselti farklarına neden olmuş, buna bağlı olarak geniş birikinti koni ve yelpazeleri oluşmuştur. Ortalama eğimin 10^0 'yi bulduğu havzada maksimum eğim değeri 53^0 'dir. Eğim değerlerinin $0-7^0$ arasında değiştiği alanlar havzanın % 34'ünü oluşturmaktadır. Litoloji Solhan Formasyonu üyesi olan bazalt, tüf ve aglomera ile Palu Formasyonu ürünü olan konglomera ve alüvyonlardan oluşmaktadır (Sümengen 2011, Şekil 2).



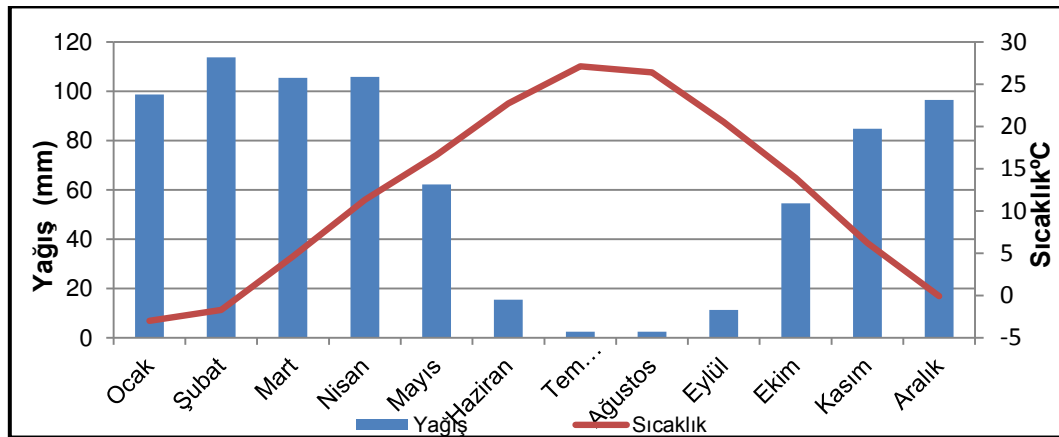
Şekil 2. Yamaç Havzası'nın jeoloji haritası

Figure 2. Geological map of Yamac watershed

Tüflerin ayrıştığında geçirimsiz yapı özelliği kazanması yüzeysel akışa geçen su miktarını artmaktadır. Bu durum kuzeyde yarıntı erozyonunun görülmesini sağlamıştır.

Yamaç Havzası'nın iklim özellikleri Genç Meteoroloji İstasyonu'nun verilerine göre değerlendirilmiştir. Genç'te yıllık ortalama

sıcaklık 12°C , yıllık yağış miktarı ise 752 mm 'dir. Yağışların kış ve ilkbahar dönemlerinde çoğaldığı havzada, yaz mevsimi kurak geçmektedir. Havzada yağış miktarının fazla ve yağışın sağanak şeklinde olması özellikle ilkbahar mevsiminde eğimin yüksek olduğu yamaçlarda erozyonun şiddetlenmesine neden olmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. 1975 yılından 2013 yılına kadar aylık ortalama sıcaklık ve yağış miktarı (DMI)

Figure 3. Average monthly temperature and precipitation from 1975 to 2013 (SMI)

Yağış miktarının yüksek olduğu havzada bitki örtüsü seyrek olup, step türlerinden oluşmaktadır. Mayıs 2013 tarihli Landsat Uydu Görüntüsünden elde edilen Normalize Fark Bitki İndeksi değerlerine göre havzanın büyük bir kısmı bitki örtüsünden yoksundur. Bu özellikleri nedeniyle şiddetli erozyon yaşanmaktadır. Havzanın güneyinde yer alan birikinti konileri bu durumu kanıtlamaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

Bingöl'ün güneyinde yer alan Yamaç Havzası'nın kuzeyinde Karaömer Dağı, güneyinde ise Murat Nehri yer almaktadır. Kuzeyi ile güneyi arasında yükselti ve eğim farkının fazla olduğu havzada, bitki örtüsü seyrek olup, drenaj yoğunluğu fazladır. Buna bağlı olarak şiddetli erozyon yaşanmaktadır.

Bu çalışmada eğim, bitki örtüsü, drenaj yoğunluğu ve toprak parlaklığı (toprak tekstürü) gibi erozyon üzerinde etkili olan faktörler kullanılmıştır. Havzaya ait topoğrafya haritalarının sayısallaştırılmasıyla Digital Elevation Model (DEM) elde edilmiş, eğim özellikleri DEM'den çıkarılmış ve yeniden sınıflandırılmıştır.

Çalışma alanı ve çevresine ait Mayıs 2013 Landsat ETM+ uydu görüntüsünün piksel değeri geometrik ve radyometrik düzeltmelerden sonra en yakın komşuluk yöntemine göre yeniden hesaplanmıştır. Bu işlemler için ENVI yazılımı kullanılmıştır. Uydu görüntüsünden bitki örtüsünü değerlendirebilmek amacıyla NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) çıkarılmıştır. NDVI, yakın kızılötesi ve kırmızı bandlarının fark ve toplamının oranlanmasıyla elde edilmektedir (Rouse ve ark. 1973). Landsat ETM+ görüntülerinden NDVI şu formülle çıkarılır:

$$NDVI = \frac{Band4 - Band3}{Band4 + Band3} \quad (1)$$

Toprak tekstürü için toprak parlaklık indeksi (TPI) kullanılmıştır (IIRS 2005). Toprak parlaklığı uydu görüntüsüne Tasseled Cap dönüşümü uygulanarak elde edilmiştir. Tasseled Cap dönüşümü uydulardaki algılayıcılar tarafından farklı tayflarda algılanan sinyal tepkisi ile yeryüzünde olan fiziksel olaylar arasında

doğrudan bir ilişki kurulmasını sağlar (Crist ve Kauth 1986). Tasseled Cap dönüşümü için ArcGIS 10.1 yazılımının Arcmap masaüstü yazılımı içerisinde araç kutusu olarak geliştirilen Landsat Toolbox kullanılmıştır.

1/25000 ölçekli topoğrafya haritası üzerinde sürekli ve mevsimlik akarsular sayısallaştırılmış, ArcGIS 10.1 Programı Spatial Analiz Modülü içinde Line Density Tool'u ile drenaj yoğunluğu elde edilmiştir. Drenaj yoğunluğu $km^2 km^{-1}$ olarak ifade edilmiştir.

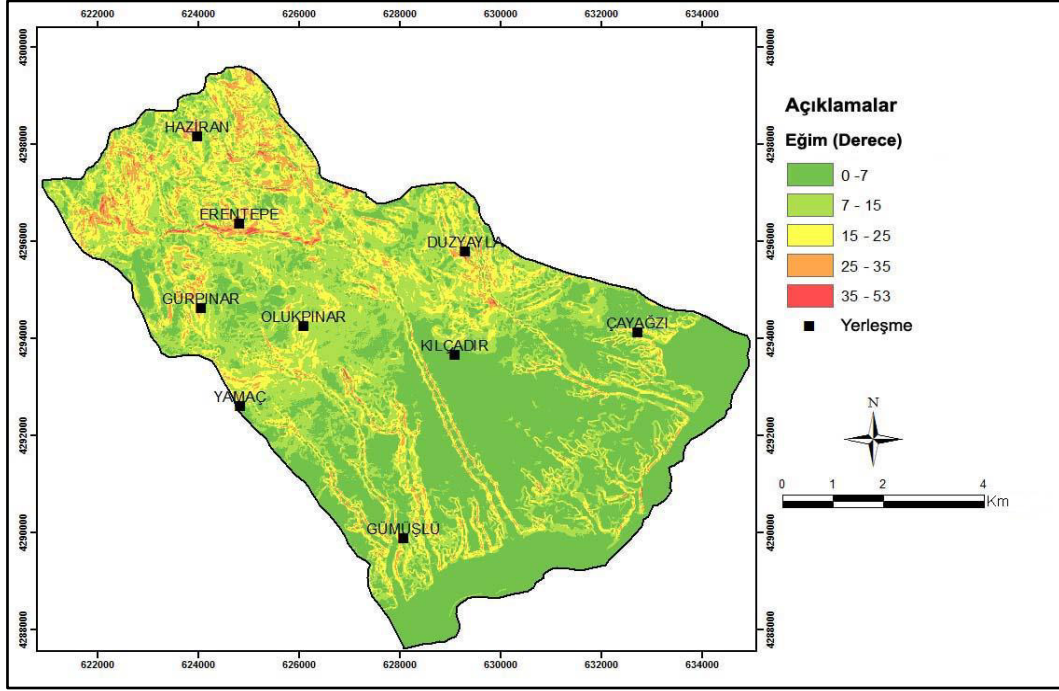
Yamaç Havzası'nın erozyon duyarlılık haritasının oluşturulduğu bu çalışmada istatistiksel analiz yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem belirli bir arazi parçası için erozyon ve heyelana neden olan faktörlerin göreceli olarak, olayın meydana gelişine olan katkılarını vermektedir. Bu analiz yöntemi, söz konusu arazi parçası üzerinde heyelan ya da erozyonun meydana gelip gelmediği bilgisine dayandırılmaktadır (Akgün 2007).

Erozyon duyarlılık haritası oluşturulurken kullanılan bütün katmanlar yeniden sınıflandırılmış (Reclassify), alt katmanlara erozyona olan etki derecelerine göre değer atanmış, ayrıca her faktöre erozyon üzerindeki etki derecesine göre risk puanı verilmiş, bu katmanlar 10 m. grid haritalara dönüştürülmüş, ArcGIS 10.1 yazılımı Spatial Analiz Modülü içerisinde yer alan Raster Calculator toolu ile çakıştırılmıştır. Sonuç haritası yeniden sınıflandırılmış olup, yüksek değerler erozyon duyarlılığı fazla olan alanları, düşük değerler erozyon duyarlılığı düşük olan alanları göstermektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Eğimin Erozyon Üzerindeki Etkisi

Havzaya ait DEM'den eğim değerleri derece olarak elde edilmiş, 0-7, 7-15, 15-25, 25-35 ve 35-53 olmak üzere 5 sınıfa ayrılmıştır. Eğim değerleri, 0-53° arasında değişmekte, ortalama eğim 14°'yi bulmaktadır. Eğim değerlerinin 15-25° arasında olduğu sahalar % 23, 25-35° arasında değiştiği sahalar % 13 lük bir orana sahiptir. (Şekil 4, Tablo 1).



Şekil 4. Yamaç Havzası'nın eğim haritası.

Figure 4. Slope degree map of Yamac watershed

Tablo 1. Yamaç Havzası'nda eğim gruplarının dağılımı ve duyarlılık dereceleri.

Table 1. Slope degree distribution and sensitivity values in Yamac watershed

Eğim (Derece)	Kıpladığı Alan		Duyarlılık Derecesi (5)	
	Derecesi	km ²		
0-7		26,68	34	1
7-15		23,95	30	2
15-25		17,75	23	3
25-35		9,99	13	4
35-53		0,26	0	5

Yamaç eğimi, erozyonun boyutunu belirleyen en önemli faktördür. Çünkü erozyona neden olan suyun akışı ve hızını eğim şartları belirlemektedir. Bu nedenle erozyon miktarı ile eğim derecesi arasında doğru orantı bulunmaktadır. Aşınma ve birikme alanları olmaları bakımından yamaçların konkav ve konveks profillerine ait özelliklerin ortaya konulması bakımından da bu faktör belirleyici olmaktadır (Desmet 1996; Foster ve

ark. 1981; Moore ve Wilson 1992; Cürebal ve Ekinci 2007).

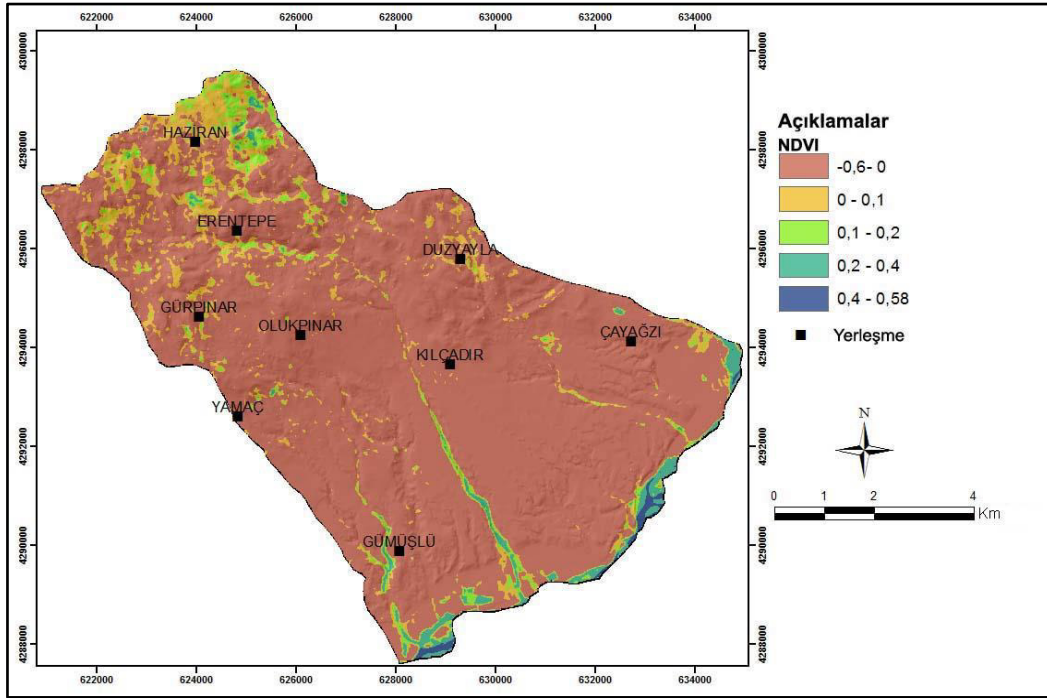
Genel olarak değerlendirildiğinde kuzeyde eğim değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Havzanın D-B doğrultusunda fayla kesilmesi eğim değerlerinin kuzeyde artmasını ve arazinin basamaklanmasını sağlamıştır. Güneyde yer alan taraça ve birikinti konilerinde eğim değerleri düşüktür. Burada eğim değerleri 0-7⁰ arasında değişmekte olup, bu eğim grubu içinde

yer alan sahalar inceleme alanında % 34 oranında alan kaplamaktadır. Faylanma akarsularının yatağına gömülmesini sağlamış buna bağlı olarak kuzeyde derin vadiler oluşmuştur. Bu vadi yamaçlarında eğim değerleri yükselmektedir.

Yamaç Havzası'nda eğim dağılışı ile erozyon durumu arasında doğru orantı bulunmaktadır. Eğimin $0-7^0$ arasında değiştiği sahalar erozyon şiddetinin düşük olduğu alanlara karşılık gelmektedir. Eğimin 25^0 'nin üstüne çıktığı alanlarda erozyon şiddeti artmaktadır.

3.2. Bitki Örtüsünün Erozyon Üzerindeki Etkisi

Havza ve çevresinde bitki örtüsünü değerlendirebilmek için Mayıs 2013 yılına ait Landsat ETM+ görüntüsünden NDVI elde edilmiştir. NDVI değerlerine göre çalışma alanının % 86'sı bitki örtüsünden yoksundur. Bitki örtüsünün nispeten yoğun olduğu sahalar sadece % 2'lik bir orana sahiptir (Şekil 5, Tablo 2). Bu durum havzada erozyonun şiddetli olmasının önemli nedenlerinden biridir.



Şekil 5. Yamaç Havzası'nın NDVI haritası

Figure 5. NDVI map of Yamac watershed

Tablo 2. Yamaç Havzası'nda NDVI dağılımı ve duyarlılık dereceleri

Table 2. NDVI distribution and sensitivity values in Yamac watershed

NDVI	Kıpladığı Alan		Duyarlılık Derecesi (5)
	km ²	%	
-0,6– 0,00	67,12	86	5
0,1 - 0,20	6,69	8	4
0,20 - 0,30	2,83	4	2
0,30 - 0,40	1,65	2	2
0,40-0,58	0,31	-	0

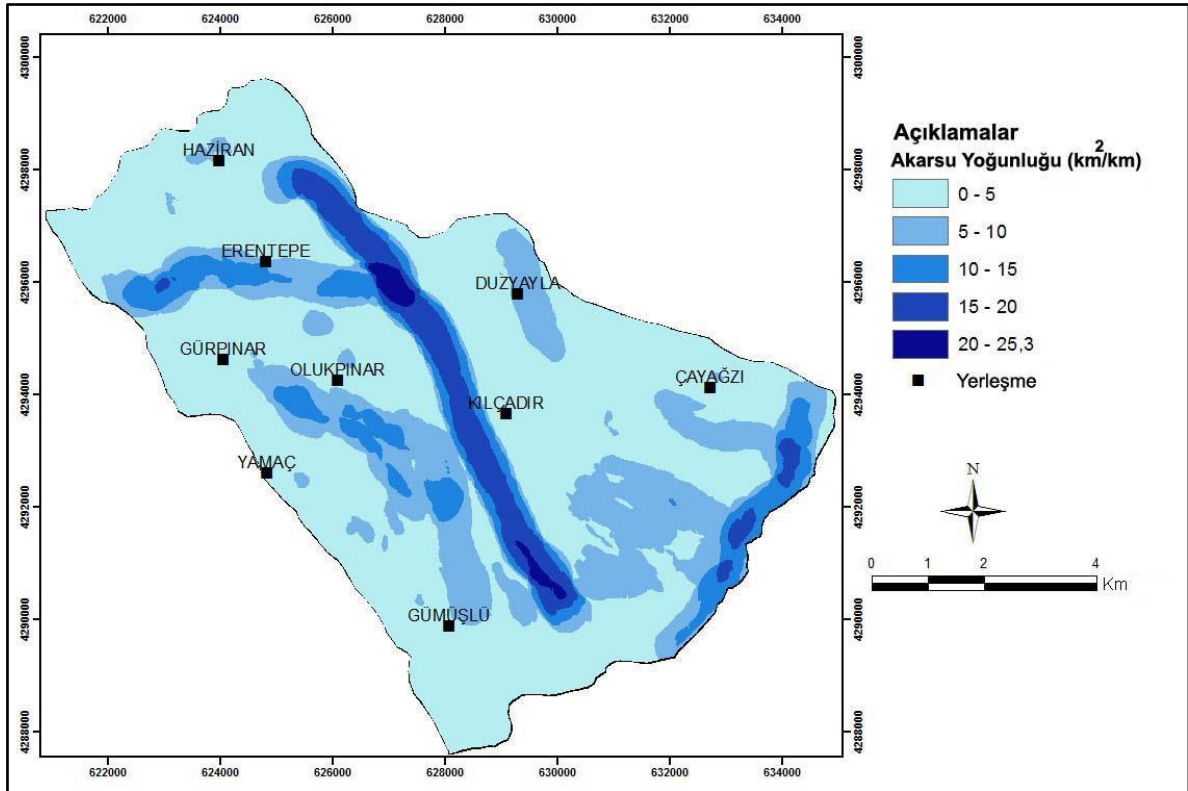
Zeminin bitki örtüsü açısından sık ya da seyrek olması ile erozyon arasında doğrudan bir ilişki bulunmaktadır. Bu nedenle erozyon önleme çalışmalarında doğal bitki örtüsünün korunması ve ağaçlandırma çalışmaları önem taşımaktadır. Erozyonla yaşanan toprak kaybının azaltılmasında bitki örtüsü çok önemli bir faktördür. Arazi örtüsü, yağış ile sızma miktarı ve yağmur damlalarının darbe etkisi arasındaki ilişkiyi belirleyen bir faktördür (Ekinci 2005). Bitki örtüsünün yoğun olduğu yamaçlarda erozyon oldukça azdır. Arazi örtüsünün zemini kaplama oranı arttıkça erozyona olan direnci de artmaktadır (Zachar 1982).

Yamaç Havzası'nın kuzeydoğusunda meşe topluluklarından oluşan orman alanları sınırlı alan kaplamaktadır. Bunun yanında güneyde akarsu vadileri boyunca bitki örtüsünün yoğunlaştığı

görülmektedir. Temel ekonomik faaliyetin hayvancılık olması, buna bağlı olarak meraların aşırı kullanılması bitki örtüsünün tahrip edilmesine neden olmuştur. Havzada bitki örtüsü ile erozyon şiddeti arasında doğrudan bir ilişki bulunmaktadır. Kuzeyde bitki örtüsünden yoksun alanlarda erozyon şiddeti artmıştır.

3.3. Drenaj Yoğunluğunun Erozyon Üzerindeki Etkisi

İnceleme alanında 1/25000 ölçekli topoğrafya haritaları üzerinde mevsimlik ve sürekli akarsular sayısallaştırılmış, drenaj yoğunluğuna (km^2/km^2) ve etki derecelerine göre risk puanı verilmiştir. Drenaj yoğunluğunun 0-5 arasında olduğu alanlar % 62 oranına sahiptir. Havza genelinde drenaj yoğunluğu düşüktür (Şekil 6, Tablo 3).



Şekil 6. Yamaç Havzası'nın drenaj yoğunluğu haritası
Figure 6. Drainage density map of Yamac watershed

Tablo 3. Yamaç Havzası'nda drenaj yoğunluğunun dağılımı ve duyarlılık dereceleri**Table 3.** Drainage density distribution and sensitivity values in Yamac watershed

Drenaj yoğunluğu Km ² /km	Kapladığı Alan		Duyarlılık Derecesi (3)
	km ²	%	
(0-5)	49,21	62	1
(5-10)	17,27	22	2
(10-15)	7,06	9	3
(15-20)	4,53	6	4
(20-25,3)	0,56	1	5

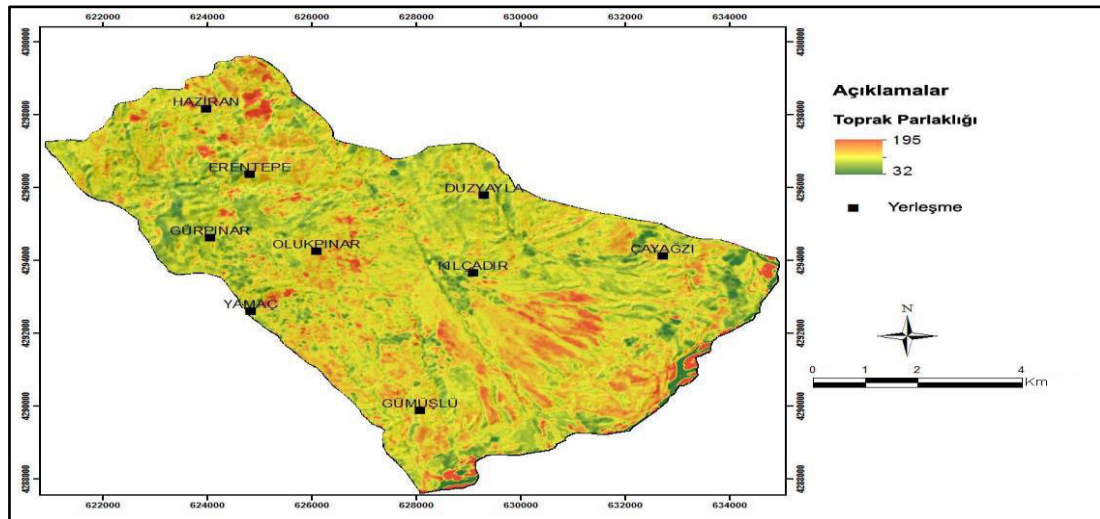
Drenaj yoğunluğunun yüksek olduğu yerler yüksek relief özellikleri, seyrek bitki örtüsü ve düşük toprak geçirgenliğinin görüldüğü alanlar olurken, yoğunluğun az olduğu yerlerde alçak relief özellikleri, yoğun bitki örtüsü ve yüksek toprak geçirgenliği gibi özellikler görülmektedir. Böylece, drenaj yoğunluğunun yüksek olduğu yerlerde erozyon olasılığı fazla olurken, yoğunluğun az olduğu alanlarda olasılık daha azdır (Özdemir 2007).

Yamaç Havzası'nda drenaj yoğunluğunun büyük vadi sistemleri boyunca arttığı görülmektedir. Yoğunluğun fazla olduğu alanlar yüksek relief, yüksek eğim, geçirimsiz zemin ve seyrek bitki örtüsü özelliklerine sahiptir. Bu

özellikler nedeniyle şiddetli erozyon yaşanmaktadır. Güneyde litolojinin konglomera ve alüvyal malzemedan oluştuğu sahalarda drenaj yoğunluğu ve erozyon şiddeti azalmaktadır.

3.4 Toprak Parlaklığının (Toprak Tekstürü) Erozyon Üzerindeki Etkisi

Havzada toprak tekstürü için toprak parlaklık indeksi (TPI) kullanılmıştır (IIRS 2005). Toprak parlaklık indeksi Landsat ETM+ uydu görüntüsüne Tasseled Cap dönüşümü uygulanarak elde edilmiştir. Yamaç Havzası için elde edilen Parlaklık İndeksine göre incelenen alanın % 94'ünde parlaklık düşük çıkmıştır (Şekil 7, Tablo 4).

**Şekil 7.** Yamaç Havzası'nın toprak parlaklık haritası**Figure 7.** Soil brightness map of Yamac watershed

Tablo 4. Yamaç Havzası'nın toprak parlaklık dağılışı ve duyarlılık dereceleri
Table 4. Soil brightness distribution and sensitivity values in Yamac watershed

Toprak parlaklığı	Kapladığı Alan		Duyarlılık Derecesi
	km ²	%	
Çok Düşük	0,1773	-	1
Düşük	74,1456	94	2
Orta	4,2714	6	3
Yüksek	0,0621	-	4
Çok Yüksek	0,006	-	5

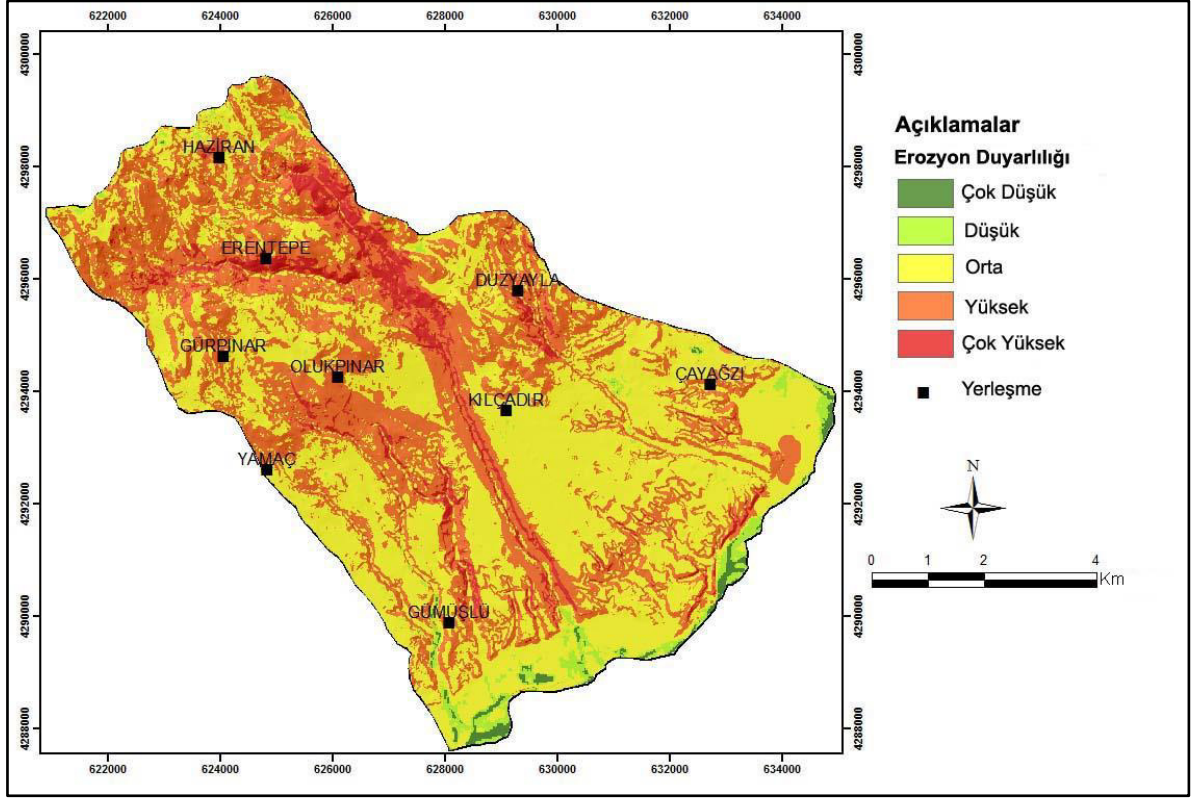
Çoğunlukla parçacık büyüklüğü küçüldükçe toprak renginin parlaklığı artmaktadır (Sanchez-Maranon 2004). Toprak agregatlarının bozulup daha küçük parçalara ayrılmasının toprak renginin çok belirgin bir şekilde değişimine neden olduğu ve özellikle ufalanmış toprakların renklerinin parlaklıklarını fark edilir derecede arttırdığı rapor edilmiştir (Torrent ve Barro'n 1993). Parlaklık toprak agregatlarının parçalanmasına paralel olarak artmaktadır. Toprak içerisindeki bireysel parçacıkların (kum, silt ve kil) organik madde, kireç, kil mineralleri gibi çimentolayıcı materyallerin yardımı ile bir araya getirilmesi ile oluşan agregatlar ışığın soğurulmasını arttırmaktadır. Neticede daha az ışık yansıtacağı için agregatların parlaklık değerleri azalmakta ve bozulmuş toprak örneklerine göre daha yansıtma değerleri oluşmaktadır (Günel ve Erşahin 2006).

Toprak parlaklığı ile ilgili bu özellikler dikkate alındığında, parlaklığın düşük olduğu alanlarda kaba tekstürlü, yüksek olduğu alanlarda ince tekstürlü topraklar görülmektedir. Buna göre ince tekstürlü topraklardan çok kaba tekstürlü topraklara kadar sınıflandırma yapılmıştır.

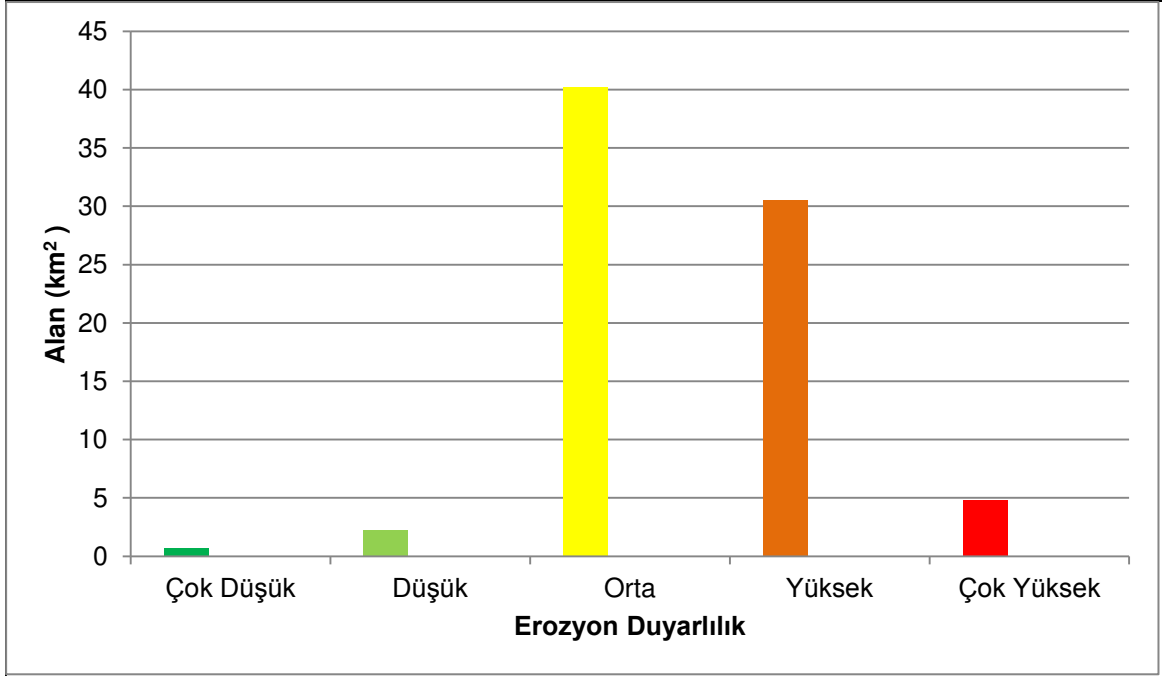
Yamaç Havzası'nda parlaklığının düşük olması kaba tekstürlü toprakların yaygın olduğunu göstermektedir. Bu durum erozyonun şiddetli olduğunu kanıtlamaktadır.

4. Sonuç ve Öneriler

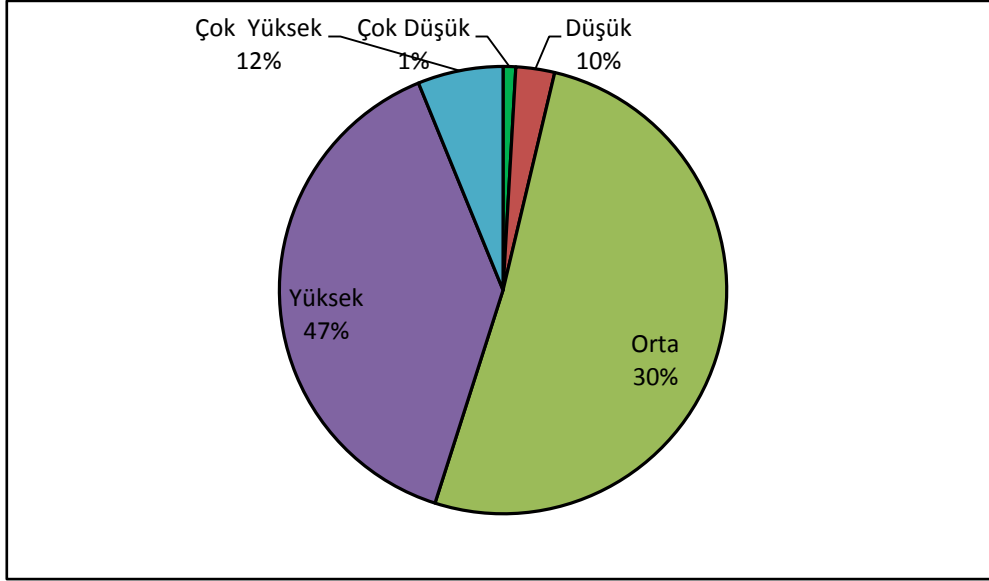
Yamaç Havzası için eğim, bitki örtüsü, drenaj yoğunluğu ve toprak parlaklığı (tekstürü) faktörleri kullanılarak elde edilen erozyon duyarlılık haritasında duyarlılığı yüksek olan sahaların oranı % 47, çok yüksek olduğu sahaların oranı % 12 olup, bu durum erozyonun havza genelinde yaygın ve önemli bir sorun olduğunu göstermektedir. Havzada, eğim, drenaj yoğunluğu ve bitki örtüsü ile erozyon arasında doğru orantı, toprak parlaklığı ile ters orantı bulunmaktadır. Eğim, erozyon duyarlılığında önemli bir etken olup, eğim farkı erozyon duyarlılık haritasına yansımıştır. Erozyon duyarlılığının yüksek olduğu alanlar, yüksek eğimli vadi yamaçlarına karşılık gelmektedir. Drenaj yoğunluğunun arttığı sahalarda erozyon artmaktadır. Bitki örtüsü duyarlılık üzerinde etkili olup, bitki örtüsünün seyrek olduğu alanlarda erozyon şiddeti artmaktadır. Havza genelinde erozyon duyarlılığı çok düşük ve düşük olan sahalarda oldukça sınırlı bir alan kaplamaktadır (Şekil 8, 9, 10). Bu sahaların oranı % 11 olup, bitki yoğunluğunun fazla ve eğim değerlerinin düşük olduğu alana karşılık gelmektedir.



Şekil 8. Yamac Havzası'nın erozyon duyarlılık haritası
Figure 8. Erosion risk map of Yamac watershed



Şekil 9. Erozyon duyarlılığına göre alanın dağılımı
Figure 9. Area distribution by erosion sensitivity



Şekil 10. Yamaç havzası için erozyon duyarlılığının oransal dağılımı

Figure 10. Proportional distribution of erosion sensitivity for Yamac watershed

Genel olarak değerlendirildiğinde Yamaç Havzası'nda eğim değerlerinin yüksek olması, bitki örtüsünün seyrek olması ve tahrip edilmesi, yağış miktarının fazla olması ve litolojinin aşınmaya elverişli olması erozyonun şiddetli olmasını sağlamıştır. Erozyonun şiddetli oluşu üzerinde beşeri faktörlerin etkisi de bulunmaktadır. Aşırı ve bilinçsiz otlatma ile orman tahribi bu etkilerin başında gelmektedir. Erozyonun şiddeti olması yamaçların parçalanmasına ve çiplaklaşmasına neden olmaktadır. Erozyon sonucu akarsularca taşınan malzeme artmakta, bu durum güneyde yer alan tarım alanlarında verimi düşürmektedir. Havzada erozyon şiddetini azaltmak için ağaçlandırma yapılmalı, mevcut bitki örtüsü korunmalı, mera ıslahı çalışmaları yapılmalı, Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından başlatılan mikro havza çalışmaları hızlandırılmalıdır.

Kaynaklar

- Akay AE ve Sessions J (2005). Applying the Decision Support System, TRACER, to Forest Road Design. *Western Journal of Applied Forestry*, 20 (3): 184-191.
- Akay AE, Erdas O, Reis M ve Yuksel A (2008). Estimating sediment yield from a forest road network by using a sediment prediction model and GIS techniques. *Building and Environment*, 43 (5): 687-695.

- Akgün A (2007). Ayvalık ve Yakın Çevresinin Erozyon ve Heyelan Duyarlılığının Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı İncelenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi, İzmir.
- Beskow S, Mello CR, Norton LD, Curi N, Viola MR ve Avanzi JC (2009). Soil erosion prediction in the Grande River Basin, Brazil using distributed modeling. *Catena* 79 (1): 49-59.
- Boardman J ve Poesen J (2006). Soil erosion in Europe: major processes, causes and consequences. In: *Soil Erosion in Europe*. Edited J . Boardman and J. Poesen. Pub. by ohn Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK.
- Butt MJ, Mahmood R ve Waqas A (2011). Sediments deposition due to soil erosion in the watershed region of Mangla Dam. *Environ. Monit. Assess.*, 181: 419-429.
- Conoscenti C, Di Maggio C ve Rotigliano E (2008). Soil erosion susceptibility assessment and validation using a geostatistical multivariate approach: a test in Southern Sicily. *Natural Hazards*, 46 (3): 287-305.
- CORINE (1992). Soil Erosion Risk and Important Land Resources in the Southeastern Regions of the European Community. EUR 13233, Luxembourg, 32-48.
- Crist EP ve Kauth RJ (1986). The Tasseled Cap Demystified. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 52(1): 81-86.
- Cürebal İ ve Ekinci D (2006). Kızılkçeçili Deresi Havzası'nda CBS tabanlı RUSLE (3d) yöntemi ile erozyon analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 47: 115-131
- ÇEDPGM (1996) Türkiye çevre atlası. <http://www.cedgm.gov.tr/dosya/cevreatlasi/toprakve arazi.pdf> (Erişim tarihi: 18.04.2015).
- Desmet PJJ ve Govers G (1996). A GIS Procedure for automatically calculating the USLE LS Factor on

- topographically complex landscape units. *Journal of soil and water conservation*, 51: 427-433.
- Ekinci D (2005). CBS Tabanlı Uyarlanmış Rusle Yöntemi İle Kozlu Deresi Havzası'nda Erozyon Analizi, İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, Coğrafya Dergisi, 13: 109-119.
- Eroğlu H, Çakır G, Sivrikaya F ve Akay AE (2009). Using high resolution images and elevation data in classifying erosion risks of bare soil areas in the Hatila Valley Natural Protected Area, Turkey. *Stoch. Environ. Res. Risk Access*, 24: 699-704.
- Foster GR, McCool, DK, Renard KG ve Moldenhauer WC, (1981). Conversion of the Universal Soil Loss Equation to SL Units. *Journal of Soil and water conservation*, 36(6): 355-359.
- GDREC (2008). General Directorate of Reforestation and Erosion Control. <http://www.agm.gov.tr> (Erişim tarihi: 18.04.2015).
- Günel H ve Erşahin S (2006). Toprak Özelliklerinin Tahmininde Sayısallaştırılmış Renk Parametrelerinin Kullanımı, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 12(1): 85-92.
- Ikbal M F ve Khan AI (2014). Spatiotemporal Land Use Land Cover change analysis and erosion risk mapping of Azad Jammu and Kashmir, Pakistan, *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 17: 209-229.
- IIRS (INDIAN INSTITUTE of REMOTE SENSING) (2005). RS and GIS Applications in Water Resources, Lectures Notes, Dehradun, India.
- Jinren RN ve Yingkui KL (2003). Approach to soil erosion assessment in terms of land-use structure changes. *Journal of Soil and Water Conservation*, 58 (3): 158-169.
- Lal R. (1994). *Soil Erosion Research Method; Second Edition*. Soil and Water Conservation Society: Ankeny, IA, USA, 352.
- Lee S (2004). Soil erosion assessment and its verification using the universal soil loss equation and geographic information system: a case study at Boun. Korea. *Environmental Geology*, 45(4): 457-465.
- Moore ID ve Wilson JP (1992). Length-slope factors for the Revised Universal Soil Loss Equation Simplified method of estimation. *Journal of Soil and water conservation*, 47: 423-428.
- Nigel R ve Rughooputh S (2010). Soil erosion risk mapping with new datasets: an improved identification and prioritization of high erosion risk areas. *Catena*, 82: 191-205.
- Özdemir H (2007). Havran Çayı Havzasının (Balıkesir) CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Taşkın ve Heyelan Risk Analizi. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Basılmamış Doktora Tezi, İstanbul.
- Rouse JW, Haas RH, Schell JA ve Deering DW (1973). Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. *Proceedings of the 3rd ERTS Symposium NASA SP-351*, 1: 48-62.
- Sanchez-Maranon M, Soriano M, Melgosa M, Delgado G ve Delgado R (2004). Quantifying the effects of aggregation, particle size and components on the colour of Mediterranean soils. *European Journal of Soil Science*, 51: 551-565.
- Selby MJ (1982). Rock mass strength and the form inselberg in the Central Namib Desert. *Earth Surface Processes and Landforms*, 7: 489-497.
- Sümengen M (2011). 1/100000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Elazığ K44 Paftası, MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Tian YC, Zhou YM, Wu BF ve Zhou WF, (2008). Risk assessment of water soil erosion in upper basin of Miyun Reservoir, Beijing, China. *Environ. Geol.*, 57 (4): 937-942.
- Torrent J ve Barron V (1993). Laboratory measurement of soil color: theory and practice. In: *Soil Color*. Edited J.M Bigham and E.J. Ciolkosz. Pub. by Soil Science Society of America, Madison, WI, USA, 21-34.
- Yıldırım Ü (2011). Assessment of Soil Erosion at the Değirmen Creek Watershed Area, Afyonkarahisar, Turkey, *International Symposium on Environmental Protection and Planning: Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS) Applications (ISEPP)*.
- Yüksel A, Gündoğan R ve Akay AE (2008). Using the Remote Sensing and GIS Technology for Erosion Risk Mapping of Kartalkaya Dam Watershed in Kahramanmaraş, Turkey. *Sensors*, 8: 4851-4865.
- Zachar D (1982). *Soil Erosion*, Elsevier Scientific Publishing Company, USA.
- Zhou WF, Wu BF ve Li QZ (2005). Spatial and temporary change analysis of soil erosion intensity in recent 20 years in the upper basin of Guanting reservoir (in Chinese, with English abstract). *Res. Soil Water Conservation*, 12 (6): 183-186.