



Araştırma Makalesi

Yarı Kurak İklim Koşullarında Eğimin Farklı Bölümlerinin Aşınımaya Duyarlılıklarının Karşılaştırılması **

Kübra Polat* , İrfan Oğuz , Rasim Koçyiğit 

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak ve Bitki Besleme Bölümü, Tokat

Geliş tarihi (Received): 10.08.2020

Kabul tarihi (Accepted): 25.02.2021

Anahtar kelimeler:

Toprak aşınımı duyarlılığı, eğim, eğim bölümleri, toprak özellikleri, Tokat

Özet. Bu çalışma, Tokat il merkezine 16 km mesafede, Uğrak Havzası içerisinde yer alan Tekneli Köyü arazisinde yürütülmüştür. Çalışmada, kompleks bir eğimin beş farklı bölümünün aşınımaya duyarlılık faktör değerlerindeki olası değişkenlikler araştırılmıştır. Kompleks eğimin, zirve, dış bükey, doğrusal eğim, iç bükey ve parmak eğim olarak beş bölümü belirlenmiştir. Her bölümden beşer adet olacak şekilde toplam 25 adet toprak örneği alınmıştır. Alınan toprak örneklerinde organik madde, tekstür, çok ince kum, hidrolik iletkenlik, strüktür tipi ve büyüklüğü belirlenerek K faktörü değerleri elde edilmiştir. Eğimin farklı bölümlerine ait toprak aşınımaya duyarlılık değerleri $0.02 - 0.09 \text{ t h ha MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ arasında değişmiş, çok az aşınabilir topraklar olarak sınıflandırılmıştır. Eğimin farklı bölümlerinin aşınımaya duyarlılık değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Eğim boyunca toprakların aşınımaya duyarlılık değeri oldukça az olmuş ve düşük su erozyonu riski göstermiştir. Tekstürel fraksiyonlardan kum içeriği doğrusal eğimde ve kil içeriği zirve eğimde en fazla olmuş, silt içeriği her eğim bölümünde birbirine yakın değerler göstermiştir. Organik madde ve agregat stabilite değerleri tüm eğim bölümlerinde birbirine yakın olmuştur. Kireç ise yukarı eğim bölümlerinden yıkanma suretiyle taşınarak parmak eğim bölümünde birikmiştir.

*Sorumlu yazar

irfan.oguz@gop.edu.tr

Comparison of Soil Erodibility of Different Segments of a Slope in Semiarid Climate Conditions

Keywords:

Soil Erodibility, slope, slope segments, soil properties, Tokat

Abstract. This study was carried out in the Tekneli Village in Uğrak Basin which is 16 km away from Tokat city center. In this study, possible variations in the soil erodibility factors values of five different parts of a complex slope were investigated. Five parts of the complex slope were determined as summit, shoulder, back-slope, foot-slope and toe-slope. A total of 25 topsoil samples were collected from each section of complex slope. Organic matter, texture, very fine sand, hydraulic conductivity, structure type and size were determined, and K factor values were calculated. Soil erodibility values of different parts of the complex slope varied between $0.02 - 0.09 \text{ t h ha MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ and were classified as very slightly erodible soils. There was no statistically significant difference between the soil erodibility of different parts of the slope. Along the slope, the soils erodibility has been quite low and showed a low risk of water erosion. Among the textural fractions, the sand content at the back slope and the clay content at the summit were highest, and the silt content showed close values to each other in each slope segments. Organic matter and aggregate stability contents were close to each other in all slope sections. On the other hand, lime content was wash away from the upper slope sections and accumulated in the toe-slope section.

GİRİŞ

Toprak erozyonu sosyo-ekonomik ve eko çevrenin gelişiminin sürdürülebilirliğini tehdit eden ciddi bir çevre sorunudur (Zhao ve ark., 2013). Ekim alanı kaybı, arazi bozulması ve verimliliği düşürerek yerinde önemli hasarlara neden olur (Lal ve ark., 2000; Zhang ve ark., 2009; Li ve Fang, 2016; Wang ve ark., 2019a). Toprak erozyonu rezervuar sedimantasyonu, kanal erozyonu ve su kirliliği gibi saha dışında da oldukça ciddi etkilere neden olur (Zhang ve ark., 2009; Li ve Fang, 2016; Wang ve ark., 2017; Wang ve ark., 2019b).

Toprak ve su erozyonu öncelikli olarak, besin bakımından zengin mevcut tarım topraklarını ve saha dışı çevresel etkiyi artırarak diğer ekilebilir tarım arazilerini arazi bozulmasına maruz bırakır (Pimentel ve ark., 1995; Quinton ve ark., 2010; Wang ve ark., 2014). Yoğun tarımsal yönetimler ve sahaya özgü en iyi yönetim uygulamalarının dikkate alınmaması kırsal alanlardaki erozyonun ve diğer toprak bozulma süreçlerinin hızlandırılmasını açıklayabilir (Cerdà, 2007). Özellikle, yoğun toprak işleme ve artan yağış yoğunluğu, mahsullerin yüzeyden uzaklaştırılmasına, bunun sonucunda da çıplak alanların ve dolayısıyla toprak kayıplarının artmasına neden olmaktadır (Cerdà ve ark., 2009). Tarımsal uygulamalar kaçınılmaz olarak, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde değişikliklere yol açabilir ve bu değişiklikler toprakların aşınabilirliğini etkiler (Zhang ve ark., 2016).

Dünyadaki tarımsal arazilerin yaklaşık %90' ı şiddetli aşınım etkisindedir (Speth, 1994). Toprak aşınabilirliği araştırmaları, insan etkisiyle oluşan toprak ve su kayıplarını anlamaya katkıda bulunur (Cammeraat ve İmeson, 1998; Cerdà and Doerr, 2007; Brevik ve ark., 2015; Ochoa Cueva ve ark., 2015; Liu ve ark., 2015). İnsanlığın neden olduğu orman yangınları (Cerdà ve Doerr, 2005), aşırı otlatma (Palacio ve ark., 2015), çiftçilik (Zhao ve ark., 2015) ve herbisit uygulamaları (Cerdà ve ark., 2009) toprak aşınabilirliğini etkilemektedir (Vaezi ve ark., 2016). Böylece, toprak aşınabilirliği suyun (Ziadat ve Taimeh, 2013) ve rüzgarın etkisiyle (Wang ve ark., 2013; Borrelli ve ark., 2016; Colazo ve Buschiazzo, 2015) toprağın parçacıklara ayrılmasını ve ayrıca toprak kalitesinin belirlenmesini (Brevik, 2009; Zhao ve ark., 2015), toprağın oluşumunu ve toprağın bozulma süreçlerini daha iyi anlayabilmemizi sağlar (Cammeraat ve ark., 2002; Cammeraat ve Risch, 2008; Cerdà ve Doerr, 2010).

Toprak aşınması, toprağın erozyona yatkınlığını yansıtır ve toprak kaybını tahmin etmek ve toprak koruma uygulamalarının etkinliğini değerlendirmek için önemli bir parametredir (Wang ve ark., 2013; Zhang ve ark., 2008). Toprağın aşınımına karşı duyarlılığı (K-değeri), toprak özelliklerinin ve toprak profil karakteristiklerinin toprak kayıplarına etkisini tanımlar ve tekstür, strüktür, organik madde içeriği ve su geçirgenliği gibi temel toprak özelliklerine bağlı olarak hesaplanmaktadır. Yine bu faktör mevsimsel olarak artıp azalmaktadır (Sönmez, 1994). Yağış ve topraktaki zamansal değişikliklerin etkileri nedeniyle, güvenilir bir K faktörü değeri elde etmek için uzun yıllara ait verilere ihtiyaç duyulmaktadır (Wang ve ark., 2019).

Doğal koşullarda araziler yalnızca düz eğimlerden oluşmamakta olup düz eğimler olabileceği gibi içbükey, dışbükey ve kompleks eğimler de bulunmaktadır (Young ve Mutchler, 1969). Çiftçi koşullarında eğimli arazilerde yürütülen tarımsal faaliyetler toprak kayıplarına yol açmaktadır. Eğimli arazilerde yapılan tarımsal faaliyetlerde, çiftçi tarlaları farklı eğim bölümlerinde yer alır. İklim, bakı, arazi kullanım türü gibi diğer koşullar benzer bile olsa eğimin farklı bölümlerindeki farklı koşullar toprak kayıplarını etkiler. Uzun yıllar boyunca sürdürülmüş bulunan tarımsal faaliyetler ve farklı toprak kayıpları bu farklı eğim bölümlerinde toprak aşınımına farklı dirençlerin gelişmesine yol açabilir.

Toprak aşınımına duyarlılığının incelenmesi, toprak kaybı tahmini için çok önemli bir gerekliliktir ve toprak koruma işlemlerinin uygulanması ve tarımsal ekosistemin sürdürülebilirliği için büyük önem taşımaktadır (Zhang ve ark., 2008, 2019). Toprak aşınımına duyarlılığı, yağış ve oluşan yüzey akışa bağlı olarak meydana gelen hem toprak aşınımına hem de sediment taşınımına karşı toprağın doğal direncini yansıtır (Wang ve ark., 2013).

Bir başka araştırma projesinde, Tokat Artova yöresinde homojen eğimli bir araziden, eğim boyunca toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri ile aşınım duyarlılığındaki değişimler ele alınarak araştırılmıştır. Çalışma sonucuna göre, yukarı eğime olan mesafenin artması ile toprakların tuz, kil, solma noktası ve K₂O içerikleri artarken organik madde, kum, pH ve CaCO₃ içerikleri azalmıştır. Toprak aşınımına duyarlılığı yukarı eğimde fazla olurken, aşağı eğime doğru gidildikçe azalmıştır (Oğuz ve Noyan, 2000).

Öztaş ve ark., (2003), Erzurum'da yer alan otlatılmış ve orta derecede aşınmış bir meranın eğim boyunca bitki örtüsü ve toprak özelliklerindeki değişiklikleri incelemiştir. Çalışmada, üç farklı eğim pozisyonuna (zirve eğim, doğrusal eğim ve parmak eğimi) sahip dört farklı çalışma alanı seçilmiştir. Meranın örtülülük yüzdesi %39.5-84.0 arasında değişmiş ve genellikle vejetasyon yoğunluğu zirve eğimde en düşük ve parmak eğim pozisyonunda en yüksek olmuştur. Zirve eğimde baklagil sıklığı diğer eğim bölümlerine göre daha düşük bulunmuştur. Zirve eğimde örtü miktarı %19.6 ve %45.2 arasında değişmiştir. Toprakların kil içeriği, doğrusal eğimde en düşük seviyede görülmüş, ancak zirve ve parmak eğim pozisyonlarının kil içeriğinde anlamlı bir fark bulunamamıştır. Hacim ağırlığı genel olarak doğrusal eğimde parmak eğime göre daha yüksek olmuştur.

Zhang ve ark., (2019), Çin'in Loess Platosu'daki vejetasyona dayalı farklı eğimli arazilerinde toprak aşınabilirliği göstergelerinde meydana gelen geçici değişimleri araştırmak amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Toprak aşınabilirlik göstergeleri olarak K faktörü, ortalama ağırlık çapı (MWD), ortalama damla çarpma sayısı (MND), doymuş iletkenlik (Ks), kohezyon (Coh), penetrasyon direnci (PR) ve kapsamlı bir toprak aşınabilirliği indeksi (CSEI) seçilmiştir. Yedi adet toprak erozyon eğilimini ölçmek için, bir adet eğimli ekim alanı (kontrol olarak) ve yedi farklı bitki örtüsü bulunan eğimli arazi seçilmiştir. Farklı bitki örtüsü bulunan alanların toprak aşınabilirlik göstergelerinde meydana gelen geçici değişiklikler benzer olmuştur. K faktörü önemli ölçüde dalgalanma göstermiş, MWD, MND, Ks, Coh ve PR zaman içinde kademeli olarak artmıştır. Bununla birlikte, kontrol ekili alandaki tüm aşınabilirlik göstergeleri zaman içinde belirgin bir eğilim göstermeden dalgalanmıştır. Tüm bölgelerin CSEI'si zaman içinde önemli ölçüde dalgalanmıştır. Kontrol bitkileri ile karşılaştırıldığında, farklı bitki örtüsü alanlarının ortalama K faktörleri %2-%24 oranında azalırken, MWD, MND, Ks, Coh ve PR ortalama değerleri sırasıyla %108 -%217, %152-%343, %94-%306, %73-%175 ve %30 -%199 artmıştır. Sonuç olarak, farklı bitki örtüsü alanlarının ortalama CSEI' si %41-%86 oranında azaltılmıştır. Toprak aşınabilirlik göstergelerinde meydana gelen zamansal geçici değişiklikler, kök kütle yoğunluğundaki mevsimsel değişimlerle yakından ilişkili bulunmuştur.

Zhu ve ark., (2019), tarafından yürütülen araştırmada arazi kullanım türü, iklim, topografya, toprak ve bitki örtüsü yaşı gibi K faktörünü etkileyen unsurları analiz etmek için 152 adet literatürde bildirilmiş 325 noktasal verinin sonuçlarını sentezlemişlerdir. Çalışma sonucunda, > 25° eğimli alanların (K = 0.1047), <6 ° (K = 0.0637) veya 6-25 ° (K = 0.0832) eğimlere sahip alanlardan daha büyük bir K faktör değerine sahip olduklarını göstermiştir. K faktör değerleri 2006-2011 arası dönemde (K = 0.0725), 1999'dan 2005'e (K = 0.058) ve 2012'den 2016'ya (K = 0.0631) göre daha yüksekti. K faktör değeri başlangıçta vejetasyon restorasyon yaşıyla birlikte arttı ve sonra kademeli olarak azaldı. Kuzeybatı Çin'de Loess Platosunda yer alan Heilongjiang ve Güney Guizhou'da, Kuzeydoğu Çin siyah topraklarında ve Güneybatı Çin'in Karst alanında; hidrolik erozyon, donma-çözülme erozyonu ve yüksek yoğunluklu erozyon sırasıyla en fazla aşınabilir bölge olarak dikkati çekmiştir. Genel olarak, K değerini etkileyen en önemli faktör toprak özellikleri olmuş, bunu topoğrafya ve iklim izlemiştir. Bunlar arasında toprak azotu ve yağış, K faktörünü etkilemede en önemli iki faktör olmuştur.

Bu çalışmada Tokat-Artova yöresinde farklı eğim bölümlerine sahip kompleks bir eğim boyunca, var olan 5 eğim bölümünden (zirve, dış bükey, doğrusal, iç bükey ve parmak eğim) beşer adet olmak üzere toplamda 25 adet toprak örneği alınarak organik madde, tekstür, çok ince kum, hidrolik iletkenlik, strüktür tipi ve büyüklüğü belirlenmiştir. Elde edilen veriler değerlendirilerek her eğim bölümünün aşınımaya duyarlılık (K) değerleri hesaplanmış ve farklı eğim bölümlerinin aşınımaya duyarlılıkları istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Araştırma Yeri

Araştırma, Uğrak Havzası içerisinde yer alan Tekneli köyü arazisinde yürütülmüştür. Tekneli Köyü, Tokat – Sivas karayolu üzerinde yer almakta olup Tokat il merkezine 16 km mesafededir. Uğrak Havzası arazisi, havzadan geçen Hakan Deresinin taşıdığı alüvyonlarla oluşmuş taban arazi, havzayı dört taraftan kuşatmış dağların oluşturduğu dik eğimli arazi ve dik eğimli ve taban arazi arasında yer alan etek arazi olarak üç fizyografik üniteden oluşmuştur. Havzada, üç fizyografik ünite, seri kategorisinde ayırt edilen Tekneli, Semertaş, Tavşandere ve Uğrak serileri Entisol, Acıkiraz Serisi ise Inceptisol ordosunda sınıflandırılmıştır (Oğuz ve ark., 2005).

Arazinin yükseltisi, zirve eğimde 1140 m, dış bükey eğimde 1135 m, doğrusal 1125 m, iç bükey 1115 m ve parmak eğimde 1110 m'dir.

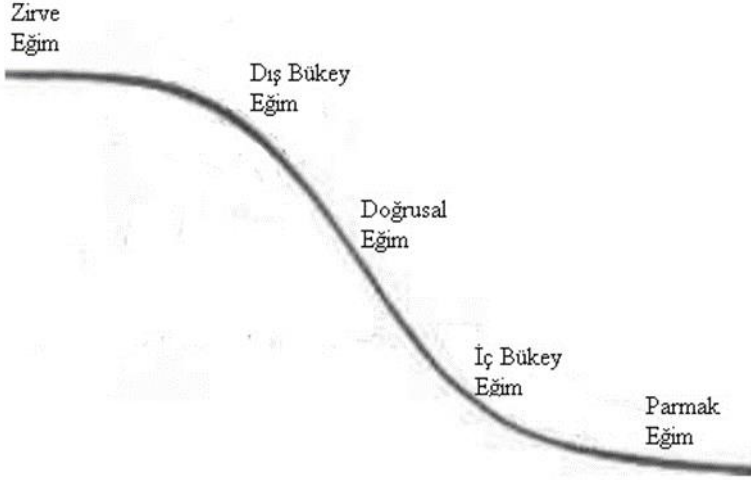
Araştırma Tekneli Serisi toprakları üzerinde yürütülmüştür. Tekneli Serisi toprakları Entisol ordosu, Orthent alt ordosu, Ustorthent büyük grup ve Typic Ustorthent alt grup topraklardır. Bu seri toprakları %10 – 12 eğimli, kireçtaşı üzerinde oluşmuş A ve C horizonlu, sıg topraklardır. Munsell Renk Skalası'na göre belirlenen toprak rengi, profil boyunca donuk sarımsıkahverenginden parlak kahverengimsi griye kadar değişmektedir. Kireç profilde derinlere gidildikçe artmaktadır. Baskın katyon Ca ve Mg olup pH 7.70 – 7.86 arasında değişmektedir. KDK 29.63 – 34.99 cmol kg⁻¹ arasındadır. Kil miktarı derine inildikçe azalmaktadır. Tekstür A ve C horizonlarında killitindir (Oğuz ve ark., 2005).

Uğrak Havzasında yarı kurak iklim koşulları hakim olup yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuk ve yağışlıdır. Ortalama yıllık yağış 492.1 mm, ortalama sıcaklık 8.1 °C, en yüksek kar derinliği 86 cm olup karla örtülü gün sayısı en fazla 124 gündür (Oğuz ve Balçın, 2004). Tokat bölgesi iklim verileri dikkate alındığında çalışma bölgesi nem rejimi ustic, toprak sıcaklık rejimi ise mesic'tir.

Toprak Örneklerinin Alınması ve Analizi

Araştırma kompleks eğimli bir arazide yürütülmüştür ve eğim uzunluğu yaklaşık 300 m civarındadır. Çalışma havzası içerisinde seçilen kompleks eğim, zirve, dış bükey, doğrusal eğim, iç bükey eğim ve parmak eğim olmak üzere 5 kısımda araştırılmıştır. Seçilmiş olan kompleks eğimin bölümlerini gösteren şematik görünüm Şekil 1'de verilmiştir.

Toprak örnekleri, her bir eğim bölümünü temsil edecek noktalardan beşer adet olacak şekilde, toplam 25 adet olarak alınmıştır. Toprak örnekleme eğim doğrultu hattından olmak üzere 0-20 cm toprak derinliğinden bozulmuş toprak örneği olarak alınmıştır.



Şekil 1. Kompleks eğimin farklı bölümleri.
Figure 1. Different segments of the complex slope.

Her toprak örneklerinde K faktörünü tanımlamak amacıyla organik madde, tekstür, çok ince kum, hidrolik iletkenlik ve strüktür tipi ve büyüklüğü belirlenmiştir. Organik Madde (%) Modifiye Walkley - Black metoduna göre (Tüzüner, 1990); Tekstür (%): Bouyoucous Hidrometre yöntemine göre (Tüzüner, 1990); Çok İnce Kum (%): Aşınımaya duyarlılığı belirlemek amacıyla, ıslak eleme ile belirlenmiştir (Soil Survey Staff, 1951); Hidrolik İletkenlik: Toprak bünyesine bağlı olarak SPAW programı ile hesapla tahmin edilmiştir (Saxton ve Rawls, 2006); Strüktür Tipi ve Büyüklüğü: Strüktür tipi ve boyutu arazide gözlem ve el ile kontrol suretiyle belirlenmiştir (Soil Survey Staff, 1951); Kireç (%): Toprağın Scheibler kalsimetresinde seyreltik hidroklorik asitle reaksiyona tabi tutulması ile karbonatlardan çıkan CO₂ gazının kapalı bir boruda tutularak hacminin ölçülmesi ile belirlenmiştir (Tüzüner, 1990); Agregat stabilitesi (%): Islak eleme aletinde su ve kalgon ile dispers edilmiş 4 g toprak örneğinde elek üzerinde kalan kalgon ile muamele edilen örnek ağırlığının kalgon ve su ile muamele edilmiş örnek ağırlığına oranlanması suretiyle belirlenmiştir (Tüzüner, 1990).

Toprakların Aşınımaya Duyarlılıklarının Belirlenmesi

Toprakların aşınımaya duyarlılığı (K faktörü), her bir noktasal toprak örneği için laboratuvar analizine dayalı olarak aşağıdaki ampirik eşitlikten yararlanılarak belirlenmiştir (Wischmeier ve Smith, 1978).

$$100 = ((2.7 \times 10^{-4}) \times (M^{1.14}) \times (12 - a) + 3.25 \times (b - 2) + 2.5 \times (c - 3)) \times 0.1317 \quad (1)$$

Eşitlikte; K: Toprak aşınım faktörü; M: Zerre irilik parametresi, a: Organik madde içeriği, %; b: Strüktür tipi kodu; c: Su geçirgenliği kodu. Eşitlikte yer alan zerre irilik (M) parametresi aşağıdaki eşitlik yardımıyla belirlenmiştir.

$$M = (\text{Çok ince kum} + \text{Silt}) \times (100 - \text{Kil}) \quad (2)$$

İstatistikî Analiz Metodları

Karışık eğimi oluşturan eğimin 5 farklı bölümü (konu) ve bu eğim bölümlerinden alınmış 5 adet toprak örneklerine (tekerrür) ait aşınımaya duyarlılık değerleri ve aşınımaya duyarlılığı hesaplamaya yarayan toprak özellikleri normal dağılım gösterenler t testi ile, normal dağılım göstermeyenler nonparametrik Mann Whitney U testi ile karşılaştırılmıştır. Kompleks eğimin farklı bölümleri için belirlenen toprak özellikleri ve aşınımaya duyarlılık değerlerine ait verilerin tanımlayıcı istatistik değerleri belirlenmiştir (SPSS, 2018).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Toprak Özellikleri

Uğrak su toplama havzasında yer alan zirve, dış bükey, doğrusal eğim, iç bükey eğim ve parmak eğime sahip seçilmiş kompleks eğimin her farklı bölümünden beşer adet olmak üzere toplam 25 adet üst toprak örnekleri alınmıştır. Laboratuvar analizi sonucunda toprak örneklerinin kum, kil, silt, organik madde, kireç, agregat stabilitesi ve çok ince kum içerikleri belirlenmiştir (Çizelge 1).

Zirve eğimde yer alan toprakların kum içeriği %25.42-29.8 arasında, kil içeriği %54.88-59.26, silt içeriği %13.13-17.52, organik madde miktarı %2.27-3.06, kireç içeriği %1.6-3.0, agregat stabilitesi %84.97-89.44, çok ince kum içeriği %2.1-2.8 arasında değişmiştir. Zirve eğim toprakları killi bünyeye sahip, organik madde içeriği orta, kireç içeriği az, stabil agregatları oldukça yeterli bulunmuştur. Toprak özellikleri dikkate alındığında eğimin bu bölümünde yer alan toprakların erozyona dayanıklı ve iyi bir strüktür geliştirme yeteneğine sahip olduğu düşünülmektedir.

Dış bükey eğime ait toprak özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir. Eğimin bu bölümünde yer alan toprakların kum içeriği %32.0-36.36, kil % 46.13-51.60, silt % 15.32-19.68, organik madde % 2.95-3.81, kireç % 1.2-4.0, agregat stabilitesi % 83.60-88.39 ve çok ince kum içeriği % 2.1-2.8 aralığında değişim göstermiştir. Eğimin dış bükey kısmında yer alan topraklar tekstürel özellikler bakımından zirve eğime göre daha fazla kum ve daha az kil içeriği göstermişlerdir. Dış bükey eğimin silt içeriği zirve eğim topraklarına göre bazı örnekleme noktalarında fazla, bazı örnekleme noktalarında ise daha az olmuştur. Kumlu killi tın bünyeye sahip dış bükey eğimin tekstürel özelliklerinin, eğimin düz ve düze yakın olduğu zirve eğimin killi tekstürü ile karşılaştırıldığında, oluşan yüzey akışla bir miktar ince materyalin eğimin aşağı bölümlerine taşındığı düşünülmektedir. Dış bükey eğimler fizyografyaları gereği oluşan yüzey akışı biriktirme veya yavaşlatma yeteneğine sahip değildir. Nitekim yağışlara bağlı olarak oluşan yüzey akış, askıda sedimenti zirve eğimden taşımaya başlar ve parmak eğim bölgesinden araziye terk ederek eğim sonunda oluşan kuru akışlı derelere taşır. Dış bükey eğimin organik madde içeriği orta-yüksek, kireç içeriği az, stabil agregatları oldukça yeterli bulunmuştur. Toprakların çok ince kum içeriği zirve eğim topraklarına göre önemsiz sayılabilecek bir miktarda artmıştır. Eğimin bu bölümü organik madde, kil içeriği ve stabil agregatları dikkate alındığında su erozyonuna karşı dirençli bulunmuştur.

Doğrusal eğim bölümüne ait toprak özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir. Araştırma eğiminin bu bölümünde, kum %29.8-51.68, kil %30.80-54.88, silt %10.94-21.9, organik madde %2.37-3.57, kireç %0.8-3.0, agregat stabilitesi %83.43-86.40 ve çok ince kum %2.5-5.3 aralığında değişmiştir. Doğrusal eğim bölümünde toprağın tekstürel fraksiyonları oldukça değişken olmuştur. Homojen eğim gösteren bu eğim bölümünde oluşan yüzey akışlar ve aşınma ve birikme olaylarının dinamik bir karakter göstermesi bu sonuca yol açmış olabilir. Nitekim Bartın’da doğal yağış koşullarında erozyon parsellerinde yürütülmüş bir çalışmanın sonucuna göre, doğrusal eğimde içbükey ve dış bükey eğime oranla daha fazla yüzey akış ve toprak kaybının meydana geldiği bildirilmiştir (Şensoy ve Kara, 2014). Şiddetli erosiv ve yüksek miktarda yağışlar veya tersi durumunda tarla içi toprak taşınımını etkilemiş ve sonuçta bir taraftan aşınma ve diğer taraftan birikme süreçlerinin bir arada devam etmiş olması tekstürel heterojenliğe yol açmış olma ihtimali söz konusudur. Eğimin bu bölümünde toprakların organik madde kapsamı bir örnekleme noktası hariç tutulacak olursa yüksek bulunmuştur. Agregat stabilite değerlerinin %83.60’ın üzerinde oluşu, eğimin bu bölümünün de erozyonun yıkıcı etkilerine karşın etkili bir direnç gösterme potansiyelinde olduğunu göstermektedir.

İç bükey eğim bölümünde kum içeriği %34.17-51.68, kil %30.80-48.32, silt %13.12-21.87, organik madde %2.33-3.45, kireç %1.2-4.0, agregat stabilitesi %82.36-89.58 ve çok ince kum %3.0-4.6 arasında olmuştur (Çizelge 1). Karışık eğimlerin içbükey segmentlerinde en fazla birikme olaylarının meydana gelmesi beklenir. Bu çalışmada ele alınan karışık eğimin iç bükey kısmında gerek tekstürel ve gerekse organik madde, kireç ve agregat stabilite değerlerinde eğimin üst segmentlerine göre dikkati çeker bir farklılık görülmemiştir. Özellikle iç bükey eğimin üst kısmını oluşturan doğrusal eğim toprak özellikleriyle oldukça benzer toprak özellikleri göstermiştir. Bu eğim bölümünün organik madde kapsamı "orta" olmuş ancak bir noktada "yüksek" organik madde içeriği belirlenmiştir. İçbükey eğimde dikkati çeker bir birikme işlemi olmayışı araştırmaya konu karışık eğimin yüksek erozyona direnci ve bağlı olarak hızlandırılmış erozyon süreçleri yerine jeolojik erozyon süreçlerinin hakim olduğu kanısını oluşturmuştur.

Parmak eğime ait toprak özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir. Araştırma eğiminin parmak eğim bölümünde kum içeriği %21.05-53.88, kil içeriği %30.80-61.45, silt içeriği %15.32-26.27, organik madde içeriği %3.16-4.34, kireç miktarı %2.6-16.0, agregat stabilitesi %82.46-91.10 ve çok ince kum içeriği %2.2-5.5 aralığında değişmiştir. Parmak eğimde yer alan toprakların tekstürel değişimleri oldukça fazla olmuştur. Farklı yağış koşullarının etkisiyle eğim doğrultusunda toprak ve sediment taşınımı oldukça değişken olmuştur. Bununla birlikte gerek toprak derinliğinde

artış, gerek daha iyi nem koşulları ve gerekse yüzey akış sularının eğimin yukarı kesimlerinde tutulma ihtimali eğimin bu bölümünde organik madde içeriğinin daha fazla olmasına yol açmıştır. Organik madde miktarı daha fazla ve dikkati çekecek kadar kireç birikimi görülmüştür. Parmak eğim dışında eğimin diğer segmentlerinde kireç içeriği arasındaki değişkenlik çok az olmuş ve kireç içerikleri "Az" grubunda yer almıştır. Parmak eğimde ise kireç içerikleri "Az" ve "Orta" gruptadır. Parmak eğimdeki kireç içeriğindeki bu değişkenlik yağışlara bağlı olarak, kirecin yukarı eğimlerden yikanarak parmak eğimde farklı mesafelerde, farklı miktarlarda birikmesinden kaynaklanmıştır.

Aşınımaya Duyarlılık (K Faktörü) Değerinin Hesaplanması

Araştırma materyal olarak seçilmiş olan karışık eğimin farklı bölümlerine ait aşınımaya duyarlılık değerleri Eşitlik 1 ve Eşitlik 2 yardımıyla belirlenmiştir. K faktör belirlenmesinde gerekli unsurlardan biri olan strüktür tipi, derecesi tüm eğim boyunca Orta-Orta-Granüler olarak belirlenmiştir. Hesaplanmış K faktör değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Eğimin farklı bölümlerine ait toprak özellikleri.

Table 1. Soil properties of different segments of the slope.

Eğim Bölümü	Tekerrür	Kum,%	Kil,%	Silt,%	Tekstür	Organik Madde,%	Kireç,%	Agregat Stabilitesi,%	Çok İnce Kum,%	K Faktör
Zirve	1	27.61	54.88	17.51	C	3.03	3.0	86.61	2.8	0.05
	2	29.80	57.06	13.14	C	2.90	2.8	84.97	2.5	0.07
	3	25.42	57.06	17.52	C	3.06	1.6	88.82	2.1	0.09
	4	25.42	57.06	17.52	C	2.56	2.0	88.43	2.4	0.08
	5	27.61	59.26	13.13	C	2.27	2.0	89.44	2.2	0.09
Dış Bükey	1	32.00	51.60	16.40	C	3.21	2.2	87.42	3.2	0.08
	2	34.17	46.13	19.70	C	3.46	2.2	88.39	3.2	0.04
	3	32.00	48.32	19.68	C	3.51	3.6	87.96	2.5	0.06
	4	32.00	48.32	19.68	C	3.81	1.2	85.44	3.2	0.06
	5	36.36	48.32	15.32	C	2.95	4.0	83.60	3.3	0.06
Doğrusal	1	29.80	54.88	15.32	C	3.08	2.2	85.87	2.5	0.07
	2	51.68	37.38	10.94	SL	3.57	3.0	83.43	5.2	0.03
	3	49.50	32.99	17.51	SCL	2.37	2.4	86.40	5.0	0.07
	4	38.55	43.94	17.51	C	3.03	0.8	84.23	3.7	0.07
	5	47.30	30.80	21.90	SCL	3.22	2.0	85.84	5.3	0.08
İç Bükey	1	34.17	48.32	17.51	C	2.33	1.6	82.36	3.2	0.07
	2	42.94	43.94	13.12	C	2.80	4.0	84.76	4.3	0.06
	3	51.68	30.80	17.52	SCL	3.58	1.2	88.32	4.6	0.06
	4	36.36	46.13	17.51	C	2.41	2.0	88.85	3.0	0.07
	5	42.94	35.19	21.87	CL	3.45	1.8	89.58	4.4	0.07
Parmak	1	38.55	46.12	15.33	C	3.78	2.6	87.69	3.1	0.05
	2	53.88	30.80	15.32	SCL	4.34	6.4	91.10	5.5	0.05
	3	34.17	48.32	17.51	C	3.17	15.0	82.46	3.9	0.04
	4	40.74	32.99	26.27	CL	3.67	16.0	90.26	4.8	0.09
	5	21.05	61.45	17.50	CL	3.16	11.2	83.92	2.2	0.02

Zirve eğim topraklarını temsil etmek üzere eğimin bu bölümünden alınmış 5 adet toprak örneklerine ait K Faktör değerleri 0.05 ile 0.09 t h ha MJ⁻¹ mm⁻¹ ha⁻¹ arasında değişmiştir. Zirve eğim topraklarının tamamı az aşınabilir topraklar olarak değerlendirilmiştir.

Dış bükey eğim bölümünü temsil etmek üzere alınan 5 adet toprak örneklerine ait K Faktör değerleri 0.04 ile 0.08 t h ha MJ⁻¹ mm⁻¹ ha⁻¹ arasında değişmiştir. Eğimin bu bölümünde toprak örneklerinin bir tanesi çok az aşınabilir, diğer 4 tanesi az aşınabilir topraklardır. Doğrusal eğim bölümünden alınan toprak örneklerinin K Faktör değerleri 0.03 ile 0.08 t h ha MJ⁻¹ mm⁻¹ ha⁻¹ arasında değişmiştir. Toprak örneklerinin bir tanesi çok az aşınabilir, diğer 4 tanesi ise az aşınabilir topraklardır.

İçbükey eğim bölümü toprak örneklerinin K Faktör değerleri 0.06 ile 0.07 t h ha MJ⁻¹ mm⁻¹ ha⁻¹ arasında oldukça yeknesak değişmiştir. Eğimin bu bölümünde yer alan topraklara ait toprak örneklerinin tamamı az aşınabilir topraklar olarak değerlendirilmiştir.

Parmak eğim topraklarını temsil etmek üzere eğimin bu bölümünden alınmış 5 adet toprak örneklerine ait K Faktör değerleri 0.02 ile 0.09 t h ha MJ⁻¹ mm⁻¹ ha⁻¹ arasında değişmiştir. Üç adet toprak örneği çok az aşınabilir ve iki adet toprak örneği az aşınabilir topraklar olarak değerlendirilmiştir.

Araştırma eğimi topraklarının tamamı aşınımaya duyarlılıkları oldukça düşüktür. Böylelikle eğim doğrultusunda hareket eden yüzey akış sularının hem aşındırma ve hem de biriktirme potansiyelleri düşüktür. Nitekim eğim doğrultusunu oluşturan her eğim alt bölümü topraklarının ele alınan özellikleri genel olarak birbirine yakın değişimler göstermiştir.

Çizelge 2. Bazı tanımlayıcı istatistik değerleri.

Table 2. Some descriptive statistics values.

Eğim Bölümü	Toprak Özelliği	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma	Varyans	Değişim Katsayısı	Basıklık	Çarpıklık
Zirve	Kum,%	25.42	29.80	27.17	1.83	3.35	6.74	-0.61	0.51
	Kil,%	54.88	59.26	57.06	1.54	2.39	2.71	2.00	0.01
	Silt,%	13.13	17.52	15.76	2.39	5.76	15.22	-3.33	-0.60
	O.M,%	2.27	3.06	2.76	0.34	0.11	12.30	-1.05	-0.86
	Kireç,%	1.60	3.00	2.28	0.59	0.35	26.02	-2.27	0.31
	A.S., %	84.97	89.44	87.65	1.83	3.36	2.09	-0.75	-0.86
	Ç.İ.K,%	2.10	2.80	2.40	0.27	0.07	11.41	-0.13	0.60
	K Faktör	0.05	0.09	0.07	0.01	0.00	22.01	0.53	-1.08
Dış Bükey	Kum,%	32.00	36.36	33.30	1.94	3.79	5.85	0.34	1.26
	Kil,%	46.13	51.60	48.53	1.95	3.82	4.03	2.36	0.81
	Silt,%	15.32	19.70	18.15	2.13	4.53	11.73	-2.49	-0.75
	O.M,%	2.95	3.81	3.38	0.32	0.10	9.58	-0.15	-0.15
	Kireç,%	1.20	4.00	2.64	1.14	1.30	43.32	-1.68	0.06
	A.S., %	83.60	88.39	86.56	2.00	4.01	2.31	-0.70	-0.92
	Ç.İ.K,%	2.50	3.30	3.08	0.32	0.10	10.62	4.67	-2.13
	K Faktör	0.04	0.08	0.06	0.01	0.00	23.56	2.00	0.00
Doğrusal	Kum,%	29.80	51.68	43.36	9.07	82.36	20.92	-0.47	-0.97
	Kil,%	30.80	54.88	39.99	9.71	94.39	24.29	0.26	1.00
	Silt,%	10.94	21.90	16.63	3.98	15.85	23.93	1.07	-0.26
	O.M,%	2.37	3.57	3.05	0.43	0.19	14.30	1.98	-0.89
	Kireç,%	0.80	3.00	2.08	0.80	0.65	38.82	2.03	-1.01
	A.S., %	83.43	86.40	85.15	1.26	1.59	1.48	-1.84	-0.68
	Ç.İ.K,%	2.50	5.30	4.34	1.21	1.47	27.96	-0.38	-1.09
	K Faktör	0.03	0.08	0.06	0.01	0.00	30.45	4.16	-1.94
İç Bükey	Kum,%	34.17	51.68	41.61	6.85	46.96	16.46	-0.01	0.60
	Kil,%	30.80	48.32	40.87	7.52	56.56	18.39	-2.03	-0.60
	Silt,%	13.12	21.87	17.50	3.09	9.57	17.67	2.00	-0.01
	O.M,%	2.33	3.58	2.91	0.57	0.33	19.85	-2.86	0.26
	Kireç,%	1.20	4.00	2.12	1.09	1.19	51.49	3.69	1.82
	A.S., %	82.36	89.58	86.77	3.08	9.52	3.55	-1.35	-0.84
	Ç.İ.K,%	3.00	4.60	3.90	0.74	0.55	19.01	-2.94	-0.55
	K Faktör	0.06	0.07	0.06	0.00	0.00	8.30	-3.33	-0.60
Parmak	Kum,%	21.05	53.88	37.67	11.84	140.35	31.44	1.23	-0.09
	Kil,%	30.80	61.45	43.93	12.48	155.77	28.40	-0.86	0.40
	Silt,%	15.32	26.27	18.38	4.54	20.61	24.69	3.88	1.92
	O.M,%	3.16	4.34	3.62	0.49	0.24	13.52	-0.36	0.62
	Kireç,%	2.60	16.00	10.24	5.69	32.46	55.64	-1.78	-0.45
	A.S., %	82.46	91.10	87.08	3.80	14.49	4.37	-2.52	-0.25
	Ç.İ.K,%	2.20	5.50	3.90	1.31	1.72	33.67	-1.29	-0.11
	K Faktör	0.02	0.09	0.05	0.02	0.00	51.00	2.00	0.90

Toprak özelliklerindeki değişkenlik %varyasyon katsayısına göre üç gruba ayrılmıştır. Yüzde varyasyon katsayısı 15'ten küçük olanlar düşük derecede değişken, 16 ile 35 arası olanlar orta derecede değişken ve 36'dan büyük olanlar yüksek derecede değişken olarak sınıflandırılmıştır (Upchurch ve ark., 1988; Wilding ve ark., 1994; Mulla and Mc Bratney, 2000). Buna göre zirve eğimde; kum, kil, silt, organik madde, agregat stabilitesi, çok ince kum düşük değişim özelliği gösterir iken, kireç (26.02) ve K faktörü (22.01) orta derecede değişkenlik göstermiştir. Dış bükey eğimde kireç (43.32) yüksek derecede değişkenlik gösterir iken, K faktörü (23.56) orta derecede değişkenlik

göstermiş ve diğer toprak özellikleri düşük derecede değişkenliğe sahip olmuştur. Doğrusal eğimde organik madde (14.30) ve agregat stabilitesi (1.45) düşük değişken, kireç (38.82) yüksek değişkenlik göstermiş, diğer toprak özellikleri orta derecede değişken olmuştur. İç bükey eğimde kireç (51.49) yüksek değişken, agregat stabilitesi (3.55) ve K faktörü (8.30) ise düşük değişkenlik göstermiştir. Parmak eğimde organik madde (13.52) ve agregat stabilitesi (4.37) düşük değişkenliğe sahip iken, kireç (55.64) ve K faktörü (51) yüksek değişkenlik göstermiştir (Çizelge 2). Kireç içeriğinde görülen yüksek değişkenlik, kirecin su ile kolayca etkileşime girmesi, su hareketine bağlı olarak çözünmüş kirecin yüksek hareket kabiliyeti ve su gücünün azaldığı yerlerde çökelerek birikmesinin bir sonucudur. Eğim segmentlerinde farklı pürüzlülük ve mikrotopografya farklılıklarının etkisiyle yüzey akış sularının dağılımında oluşan düzensizlikler toprakların kireç içeriklerinde heterojenliğe yol açtığı değerlendirilmiştir.

Basıklık değeri dağılımın normal dağılıma göre basıklığını gösterir. Negatif basıklık değerleri normal dağılıma göre daha basık, pozitif basıklık değerleri ise normal dağılıma göre daha sivri veya yüksek dağılımı gösterir. Normal dağılımda ise basıklık değeri sifıra eşittir (Turanlı ve Güriş, 2000). Zirve eğimdeki toprak özellikleri kum, silt, organik madde, kireç, agregat stabilitesi ve çok ince kum negatif basıklık değeri göstermiştir. En yüksek negatif basıklık değeri silt (-3.33), en düşük çok ince kum (-0.13)'dur. Diğer toprak özellikleri pozitif basıklık değeri göstermiştir. En yüksek pozitif basıklık değeri kil (2.00), en düşük K faktörüdür (0.53). Dış bükey eğimde silt, organik madde, kireç, agregat stabilitesi negatif basıklık değeri göstermiştir. En yüksek negatif basıklık değeri silt (-2.49), en düşük organik madde (-0.15)'dir. Diğer toprak özellikleri pozitif basıklık değerine sahip olup en yüksek pozitif basıklık değeri çok ince kum (4.67), en düşük kum (0.34)'dur. Doğrusal eğimde kum, agregat stabilitesi ve çok ince kum negatif basıklık değerine sahiptir. En yüksek negatif basıklık değeri agregat stabilitesi (-1.84) en düşük negatif basıklık değeri çok ince kum (-0.38)'dur. Diğer toprak özellikleri pozitif basıklık değerine sahiptir. En yüksek pozitif basıklık değeri K faktörü (4.16), en düşük pozitif basıklık değerini kil (0.26) göstermiştir. İç bükey eğimde kum, kil, organik madde, agregat stabilitesi, çok ince kum ve K faktörü negatif basıklık değerlerine sahip olup en yüksek negatif basıklık değeri K faktörü (-3.33), en düşük negatif basıklık değeri kum (-0.01) içeriklerinde görülmüştür. Diğer toprak özellikleri pozitif basıklık değeri olup en yüksek pozitif basıklık değeri kireç (3.69), en düşük silt (2.00) içeriklerinde olmuştur. Parmak eğiminde kil, organik madde, kireç, agregat stabilitesi, çok ince kum negatif basıklık değerine sahiptir. En yüksek negatif basıklık değeri agregat stabilitesi (-2.52), en düşük negatif basıklık değeri organik madde (-0.36) içeriklerinde olmuştur. Diğer toprak özellikleri pozitif basıklık değerine sahiptir. En yüksek pozitif basıklık değeri silt (3.88), en düşük pozitif basıklık değeri kum (1.23) içeriklerinde görülmüştür (Çizelge 2).

Çarpıklık değeri dağılımların simetrisini gösterir. Pozitif çarpıklık değeri dağılımın sağa, negatif çarpıklık değeri ise sola yatık olduğunu gösterir. Simetrik dağılımda ise çarpıklık değeri sifıra eşittir (Turanlı ve Güriş, 2000). Zirve eğimde silt, organik madde, agregat stabilitesi, K faktörü negatif çarpıklık değerlerine sahip, en yüksek negatif çarpıklık değeri K faktörü (-1.08), en düşük negatif çarpıklık değeri silt (-0.60) örneklerinde görülmüştür. Diğer özellikler pozitif çarpıklık değerine sahiptir. En yüksek pozitif çarpıklık değeri çok ince kum (0.60) ve en düşük pozitif çarpıklık değeri kil (0.01) örneklerinde olmuştur. Dış bükey eğimde silt, organik madde, agregat stabilitesi, çok ince kum negatif çarpıklık değerlerine sahip, en yüksek negatif çarpıklık değeri çok ince kum (-2.13), en düşük negatif çarpıklık değeri organik madde (-0.15)' dir. Diğer özellikleri pozitif çarpıklık değerine sahip olup, en yüksek pozitif çarpıklık değeri kum (1.26), en düşük pozitif çarpıklık değeri kireç (0.06) örneklerinde olmuştur. K faktörü çarpıklık değeri sifıra eşittir. Doğrusal eğimde kum, silt, organik madde, kireç, agregat stabilitesi, çok ince kum ve K faktörü negatif çarpıklık değerlerine sahiptir. En yüksek negatif çarpıklık değeri K faktörü (-1.94), en düşük negatif çarpıklık değeri silt (-0.26) içeriklerinde olmuştur. Kil ise (1.0) pozitif çarpıklık değerine sahiptir. İç bükey eğimde kil, silt, agregat stabilitesi, çok ince kum ve K faktörü negatif çarpıklık değerlerine sahiptir. En yüksek negatif çarpıklık değeri agregat stabilitesi (-0.84), en düşük silt (-0.01) içeriklerinde olmuştur. En yüksek pozitif çarpıklık değeri kireç (1.82), en düşük pozitif çarpıklık değeri organik madde (0.26) içeriklerinde belirlenmiştir. Parmak eğimde kum, kireç, agregat stabilitesi, çok ince kum negatif çarpıklık değerlerine sahip olup en yüksek negatif çarpıklık değeri kireç (-0.45), en düşük negatif çarpıklık değeri kum (-0.09) içeriklerinde olmuştur. Diğer özellikler pozitif çarpıklık değerine sahiptir. En yüksek pozitif çarpıklık değeri silt (1.92), en düşük pozitif çarpıklık değeri kil (0.40) içeriklerinde olmuştur (Çizelge 2).

Uğrak havzasında yer alan karışık eğimin farklı segmentlerine ait toprak özellikleri Çizelge 3'te istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Eğimin farklı bölümlerinin kum içerikleri zirve, dış bükey, iç bükey ve parmak eğimde aynı grupta yer almıştır. Doğrusal eğimin kum içeriği ise eğimin diğer bölümlerinden istatistiksel olarak önemli farklılıklar göstermiştir. Doğrusal eğim yüzey akış sularının göllenmesine ve birikmesine engel olan yapısı nedeniyle kum içeriğinin en fazla olduğu kil fraksiyonunun daha fazla taşındığı bölüm olmuştur. Bu bulgu, Şensoy ve Kara, 2014 tarafından Bartın'da yürütülmüş ve doğrusal eğimde içbükey ve dış bükey eğime oranla daha fazla yüzey akış ve toprak kaybının meydana geldiği sonucunu desteklemektedir. Eğimin zirve ve dış bükey bölümlerinin

kil fraksiyonları arasındaki farklılık önemli olmamıştır. Doğrusal, iç bükey ve parmak eğim kısımlarının kil içerikleri eğimin diğer bölümlerinden ayrılarak aynı grupta yer almıştır. Zirve ve dış bükey eğim kil içerikleri en fazla olan eğim bölümü olmuştur. Silt içeriği eğimin her segmentinde aynı grupta yer alarak istatistiksel olarak önemli bir değişim göstermemiştir. Öztaş ve ark. (2003), yaptıkları çalışma sonucunda, toprakların kil içeriğinin doğrusal eğimde en düşük seviyede olduğunu bildirmiştir. Ancak zirve ve parmak eğimi pozisyonlarının kil içeriğinde anlamlı bir fark bulunamamıştır. Kum içeriği zirve eğim ve parmak eğim pozisyonlarına göre doğrusal eğimde en fazla görülmüştür. Örnekleme sırasındaki toprak nemi ve organik madde içeriği genel olarak parmak eğimi pozisyonlarında, doğrusal eğim ve zirve eğime göre daha yüksek bulunmuştur. Öztaş ve ark. (2003), yaptıkları çalışmada elde edilen sonuçlar, araştırmada bulunan bulguları destekler niteliktedir.

Eğimin tüm bölümlerinde organik madde kapsamı istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermemiştir.

Eğim doğrultusunda zirve, dış bükey, doğrusal ve iç bükey bölümlerdeki kireç içerikleri değişmemiş parmak eğimde üst bölümlerden yıkanan kireç bu eğim bölümünde birikerek kireç bakımından bir zenginleşmeye yol açmıştır.

Eğim doğrultusu boyunca agregat stabilitesi değişimi oldukça az olarak gerçekleşmiştir.

Çok ince kum içeriği zirve eğimde en az olmuş ve eğimin diğer segmentlerinden ayrılmıştır.

Toprakların aşınımaya duyarlılıkları eğimin farklı segmentlerinde istatistiksel olarak önemli bir değişim göstermemiştir.

Çizelge 3. Eğimin farklı bölümlerine ait toprak özelliklerinin istatistiksel olarak karşılaştırılması.

Table 3. Statistical comparison of soil properties of different segments of the slope.

Eğim Bölümü	Kum, %	Kil, %	Silt, %	Organik Madde, %	Kireç, %	Agregat Stabilitesi, %	Çok İnce Kum, %	K Faktör
Zirve	27.17 ^a	57.06 ^a	15.77 ^a	2.76 ^a	2.28 ^a	87.65 ^{ac}	2.40 ^a	0.07 ^a
Dış Bükey	33.31 ^a	48.54 ^a	18.15 ^a	3.39 ^a	2.64 ^a	86.56 ^{ac}	3.08 ^b	0.06 ^a
Doğrusal	43.36 ^{bc}	40.00 ^b	16.64 ^a	3.05 ^a	2.08 ^a	85.15 ^a	4.34 ^b	0.06 ^a
İç Bükey	41.62 ^{ab}	40.88 ^b	17.50 ^a	2.91 ^a	2.12 ^a	86.77 ^{bc}	3.90 ^b	0.07 ^a
Parmak	37.68 ^{ac}	43.94 ^b	18.38 ^a	3.62 ^a	10.24 ^b	87.09 ^{bc}	3.90 ^b	0.05 ^a

SONUÇ

Bu çalışmada, kuru tarım koşullarında yer alan kompleks bir eğimin farklı bölümlerinin organik madde, tekstür, çok ince kum, hidrolik iletkenlik, strüktür tipi ve büyüklüğü belirlenerek toprağın aşınımaya duyarlılığını tahmin edilmiştir.

Araştırma eğiminin strüktür tipi ve derecesinin Orta-Orta-Granüler olduğu bulunmuştur. Organik madde içeriğinin en yüksek parmak eğimde olduğu ve eğimin diğer bölümlerinde de oldukça yüksek düzeyde olduğu görülmüştür. Araştırma yerinde yağışa bağlı buğday-nadas ekim nöbeti uygulanıyor olması, bitkisel artıkların nadas döneminde toprakta uzun süre bulunması ve toprak işleme gibi tarımsal uygulamaların yoğun olmamasının bir sonucu olarak organik madde düzeylerinin orta-yüksek olarak tespit edilmiştir.

Tekstürel özelliklerine bakıldığında, doğrusal eğimin kum içeriğinin eğimin diğer bölümlerine göre istatistiki olarak önemli farklılık bulunmuştur. Doğrusal eğim kum içeriğinin en fazla olduğu, kil fraksiyonunun taşıdığı bölüm olmuştur.

Zirve ve dış bükey eğimde kil içeriğinin diğer eğim bölümlerine göre en yüksek olduğu görülmüştür. Eğimin her bölümünün silt içeriğinde istatistiki olarak önemli bir değişim gözlemlenmemiş ve agregat stabilitesi değişimi oldukça az bulunmuştur.

Kireç içeriği, eğimin üst bölümlerinden yıkanarak parmak eğim bölümünde birikmiş, kireç bakımından oldukça zengin bir hale gelmiştir.

Çok ince kum içeriği zirve eğimde en düşük seviyede görülmüştür ve çok ince kum içeriğinin zirve eğim ile doğrusal eğim arasında anlamlı bir fark olduğu ortaya çıkmıştır.

Araştırma yerinin, yarı kurak iklimde olması ve yağışın az olması nedeniyle bitkisel üretim potansiyeli düşüktür. Bu durum çalışmaya konu olan kompleks eğime su erozyonuna açık bir nitelik kazandırmakla birlikte, toprak oluş süreçlerinin olumlu katkısıyla aşınımaya duyarlılığı az olmuştur. Karışık eğimin farklı bölümlerindeki toprakların aşınımaya dirençli bir yapısının olduğu ve toprak hareketliliğinin az olduğu görülmüştür. Çalışma bulgularına göre araştırmaya konu olan kompleks arazi sürdürülebilir tarım arazisi niteliği göstermektedir. Gelecekte yapılacak benzer çalışmalarda, daha yoğun tarımsal faaliyetlere maruz eğimli arazilerde aktif erozyonun toprak özelliklerine ve aşınımaya duyarlılık üzerine etkilerinin çalışılması önerilir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Biz yazarlar olarak aramızda bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederiz.

YAZAR KATKISI

Danışmanı olduğum yüksek lisans öğrencim Kübra Polat'ın tez çalışmasından üretilmiş bu yayında Kübra Polat arazi çalışmaları, toprak analizlerini, İrfan Oğuz çalışmanın dizaynı, tezin yönetilmesi ve yazımında, Rasim Koçyiğit sonuçların yorumlanmasında katkı sağlamışlardır.

KAYNAKLAR

- Borrelli, P., Panagos, P., Ballabio, C., Lugato, E., Weynants, M., & Montanarella, L. (2016). Towards a pan-European assessment of land susceptibility to wind erosion. *Land Degradation & Development*, 27(4), 1093-1105.
- Brevik, E. C. (2009). Soil health and productivity. In W. Verheye (Ed.), *Soils, Plant Growth and Crop Production*, Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), Developed under the Auspices of the UNESCO. EOLSS Publishers, Oxford, UK.
- Brevik, E. C., Cerdà, A., Mataix-Solera, J., Pereg, L., Quinton, J. N., Six, J., & Van Oost, K. (2015). The interdisciplinary nature of soil. *Soil*, 1(1), 117-129.
- Cammeraat, E. L. H., & Imeson, A. C. (1998). Deriving indicators of soil degradation from soil aggregation studies in southeastern Spain and southern France. *Geomorphology* 23(2), 307-321.
- Cammeraat, E. L. H. (2002). A review of two strongly contrasting geomorphological systems within the context of scale. *Earth Surface Processes and Landforms*, 27(11), 1201-1222.
- Cammeraat, E. L. H. & Risch, A. C. (2008). The impact of ants on mineral soil properties and processes at different spatial scales. *Journal of Applied Entomology*, 132(4), 285-294.
- Cerdà, A. (2007). Soil water erosion on road embankments in eastern Spain. *Science of The Total Environment*, 378, 151-155.
- Cerdà, A., & Doerr, S. H. (2007). Soil wettability, runoff and erodibility of major dry-Mediterranean land use types on calcareous soils. *Hydrological Processes: An International Journal*, 21(17), 2325-2336.
- Cerdà, A., Giménez, M., & Bodí, M. B. (2009). Soil and water losses from new citrus orchards growing on sloped soils in the Western Mediterranean basin. *Earth Surface Processes and Landforms*, 34, 1822-1830.
- Cerdà, A. & Doerr, S. H. (2010). The effect of ant mounds on overland flow and soil erodibility following a wildfire in eastern Spain. *Ecohydrology* 3, 392-401.
- Colazo, J. C., & Buschiazzo, D. (2015). The impact of agriculture on soil texture due to wind erosion. *Land Degradation & Development*, 26, 62-70.
- Lal, R., Ahmadi, M., & Bajracharya, R. M. (2000). Erosional impacts on soil properties and corn yield on Alfisols in Central Ohio. *Land Degradation & Development*, 11, 575-585.
- Li, Z. Y., & Fang, H. Y. (2016). Impacts of climate change on water erosion: a review. *Earth-Science Reviews*, 163, 94-117.
- Mulla, D. J., & Mc Bratney, A. B. (2000). Soil spatial variability. In E. Sumner (Ed.), *Handbook of Soil Science*, (pp. 321-351), Malcolm Crs Pres.
- Ochoa-Cueva, P., Fries, A., Montesinos, P., Rodríguez-Díaz, J. A., & Boll, J. (2015). Spatial estimation of soil erosion risk by land-cover change in the Andes of southern Ecuador. *Land Degradation & Development*, 26(6), 565-573.
- Oğuz, İ., & Noyan, Ö. F. (2000). *Soil properties and soil Erodibility changes along a slope*, Proceedings of International Symposium on Desertification, Konya, Turkey.
- Oğuz, İ., & Balçın M. (2004). *Tokat Uğrak Havzası yağış ve akım karakteristikleri*. Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı 2003. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, APK Daire Başkanlığı, Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü, Ankara.
- Oğuz, İ., Durak, A., Susam, T., & Güleç, H. (2005). Uğrak Havzası arazisinin toprak etüd, haritalama ve sınıflandırılması. *GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2), 95-103.
- Öztaş, T., Koç, A., & Çomaklı, B., 2003. Changes in vegetation and soil properties along a slope on overgrazed and eroded rangelands. *Journal of Arid Environments*, 55(1), 93-100.
- Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Crist, S., Shpriz, L., Fitton, L., Saffouri, R., & Blair, R. (1995). Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science*, 267(5201), 1117-1123.

- Quinton, J. N., Govers, G., Oost, K. V., & Bardgett, R. D. (2010). The impact of agricultural soil erosion on biogeochemical cycling, *Nature Geoscience*, 3, 311–314.
- Saxton, K. E., & Rawls, W. J. (2006). Soil water characteristic estimates by texture and organic matter for hydrologic solutions, *Soil Science Society of America Journal*, 70, 1569-1578.
- Soil Survey Staff. (1951). *Soil survey*, USDA, USA.
- Sönmez, K. (1994). *Toprak Koruma*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 169, Erzurum.
- Speth, J. G. (1994). *Towards an effective and operational international convention on desertification*, United Nations, New York.
- SPSS. (2018). IBM SPSS Statistics 20.0 for Windows. Armonk, NY.
- Şensoy, H., & Kara, Ö. (2014). Slope shape effect on runoff and soil erosion under natural rainfall conditions, *iForest - Biogeosciences and Forestry*, 7(2), 110-114.
- Turanlı, M. & Güriş, S. (2000). *Temel İstatistik*. Ders Yayınları, 273, İstanbul, 783s.
- Tüzüner, A. (1990). *Toprak ve Su Analiz El Kitabı*, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Upchurch, D. R., Wilding, L. P. & Hatfield, J. L. (1988). Methods to evaluate spatial variability. In: Hossner, L. R. (Ed) *Reclamation of Surface-Mined Lands*, CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.
- Vaezi, A. R., Hasanzadeh, H., & Cerdà, A. (2016). Developing an erodibility triangle for soil textures in semi-arid regions, NW Iran, *Catena*, 142, 221-232.
- Wang, B., Zheng, F., Römkens, M. J., & Darboux, F. (2013). Soil erodibility for water erosion: A perspective and Chinese experiences, *Geomorphology*, 187, 1-10.
- Wang, G. Q., Wu, B. B., Zhang, L., Jiang, H. & Xu, Z. X. (2014). Role of soil erodibility in affecting available nitrogen and phosphorus losses under simulated rainfall, *Journal of Hydrology*, 514, 180–191.
- Wang, H., Zhang, G. H., Li, N. N., Zhang, B. J., & Yang, H. Y. (2019a). Variation in soil erodibility under five typical land uses in a small watershed on the Loess Plateau, China, *Catena*, 174, 24-35.
- Wang, H., Zhang, G. H., Li, N. N., Zhang, B. J., & Yang, H. Y. (2019b). Soil erodibility as impacted by vegetation restoration strategies on the Loess Plateau of China, *Earth Surface Processes and Landforms*, 44(3), 796-807.
- Wilding, L.P., Bouma, J. & Goss, D. V. (1994). Impact of soil spatial variability on interpretative modelling. In R.B. Bryant & R. W. Arnold (Eds), *Quantitative Modelling of Soil Forming Processes*, SSA special publication number 39, SSA, Inc. Madison Wisconsin, USA.
- Wischmeier, W. H. & Smith, D. D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses*, Agric. Handbook 537, USDA, 58 pp, Washington, D.C., USA.
- Young, R. A., & Mutchler, C. K. (1969). Effect of slope shape on erosion and runoff, *Transactions of the ASAE*, 12(2), 231-0233.
- Zhang, B. J., Zhang, G. H., Zhu, P. Z., & Yang, H. Y. (2019). Temporal variations in soil erodibility indicators of vegetation-restored steep gully slopes on the Loess Plateau of China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 286, 106661.
- Zhang, G. H., Tang, K. M., & Zhang, X. C. 2009. Temporal variation in soil detachment under different land uses in the Loess Plateau of China, *Earth Surface Processes and Landforms*, 34, 1302–1309.
- Zhang, K. L., Shu, A. P., Xu, X. L., Yang, Q. K., & Yu, B. (2008). Soil erodibility and its estimation for agricultural soils in China, *Journal of Arid Environment*, 72, 1002–1011.
- Zhang, K. L., Yu, Y., Dong, J. Z., Yang, Q. K., & Xu, X. L. (2019). Adapting & testing use of USLE K factor for agricultural soils in China, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 269, 148–155.
- Zhang, Q., Liu, D., Cheng, S., & Huang, X. (2016). Combined effects of runoff and soil erodibility on available nitrogen losses from sloping farmland affected by agricultural practices, *Agricultural Water Management*, 176, 1-8.
- Zhao, G. J., Mu, X., Wen, Z. M., Wang, F., & Gao, P. (2013). Soil erosion, conservation, and eco-environment changes in the Loess Plateau of China, *Land Degradation & Development*, 24, 499–510.
- Zhao, X., Wu, P., Gao, X., & Persaud, N. (2015). Soil quality indicators in relation to land use and topography in a small catchment on the Loess Plateau of China, *Land Degradation & Development*, 26, 54–61.
- Zhu, G., Tang, Z., Shangguan, Z., Peng, C., & Deng, L. (2019). Factors affecting the spatial and temporal variations in soil erodibility of China, *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 124(3), 737-749.
- Ziadat, F. M., & Taimeh, A. Y. 2013. Effect of rainfall intensity, slope and land use and antecedent soil moisture on soil erosion in an arid environment, *Land Degradation & Development*, 24, 582–590.