

## Yarı Kurak Bölgelerde Farklı Arazi Kullanımlarında Toprak Erozyon Duyarlılığının Belirlenmesi

Sevinç MADENOĞLU<sup>1\*</sup>

Günay ERPUL<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müd. Ankara, Türkiye  
<sup>2</sup> Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ankara, Türkiye

\*Sorumlu yazar: sevincmadenoglu@ymail.com

Geliş tarihi:19/08/2018 Yayına kabul tarihi: 27/12/2018

**Özet:** İnsan etkileri nedeniyle arazi kullanımlarındaki uygun olmayan değişimler, ormanların veya meraların tahrip edilerek işlenen alanlara dönüştürülmesi bütün dünyada hala çok önemli bir problemi oluşturmaktadır. Arazi kullanım değişimleri bir çok doğal kaynak, yüzey akış ve erozyon gibi ekolojik süreçleri etkilemekte ve toprağın çevresel etkilere karşı direncini değiştirmektedir. Arazi kullanım şekli ve arazi örtüsü de toprakların erozyona olan duyarlılıklarını etkileyen en önemli faktörlerdendir. Farklı erozyon oluşturan güçlerin birlikte işleyebildiği yerlerde, farklı yüzey, hidrolojik koşullar ve ekim sistemleri altında oluşan çeşitli toprak erozyonu şekilleri yönünden kullanıldığında, toprak erozyon duyarlılığında bir miktar farklılık oluşabilmektedir. Bu parametre hem toprak agregat veya strüktürünün bozulması hem de bir eğim kesiti boyunca tanecik taşınma süreçleri açısından toprak duyarlılığını ortaya koyabilmektedir. Bu açıdan toprak erozyon duyarlılığı, erozyon ve çölleşme göstergeleri açısından önemli bir parametreyi oluşturmaktadır. Bu çalışmada Sakarya Havzası'na dahil olan İlhan Çayı Alt Havzası'nda yer alan yarı-kurak Asartepe Baraj Havzasında yoğun olarak işlenen alüvyal ve kolüvyal tarım alanları ve mera alanında toprak erozyon duyarlılığı (K Faktörü) belirlenmiştir. Toprak örneklemeleri gridleme tekniği ile her bir alandan 256'şer adet alınmış ve K faktörü Nomograf eşitliği ile hesaplanmıştır. Çalışma sonuçları, bir eğim kesiti boyunca arazi kullanım şeklinin değişmesine bağlı olarak toprak özelliklerinin de önemli derecede değiştiğini ve bu değişimin K değerlerine yansıdığını göstermiştir. En yüksek K değeri mera alanında (0,0389 t/ha\*ha/MJ\*h/mm) bulunurken, bunu alüvyal (0,0302 t/ha\*ha/MJ\*h/mm) ve kolüvyal tarım alanları (0,0263 t/ha\*ha/MJ\*h/mm) izlemiştir.

**Anahtar Kelimeler:** toprak erozyonu, toprak erozyon duyarlılığı, arazi kullanım şekli, YETKE -K

### Determination of Soil Erodibility in Different Land Uses of Semi-Arid Lands

**Abstract:** Inappropriate changes in land uses due to human influences and converting forests or grassland to cultivated areas by destruction are still major problem all over the world. Land use changes affect many ecological processes such as natural sources, surface flow and erosion, and it changes resistance of soil to environmental influences. Land use and land cover are also most important factors affecting the susceptibility of the soil to erosion. There may be some differences in soil erodibility when it is used for different erosion forces and processes under different surface and hydrologic conditions and cultivation systems in places where different erosion-generating forces can co-operate. This parameter can reveal soil erodibility in terms of both breakdown of soil aggregation or structure and transport processes of soil particle along a slope section. In this respect, soil erodibility is an important parameter for erosion and desertification indicators. In this study, soil erodibility was determined in intensively cultivated alluvial and colluvial areas and grassland in semi-arid Asartepe Dam Basin located in İlhan Çayı sub-catchment of the Sakarya Basin. 256 Soil surface samples were taken using grid sampling method from each area and K factor was calculated by Nomograf equation. The study results showed that the soil properties changed significantly based on land use pattern changed along a slope, and this change reflected in the K values. While the highest K value (0,0389 t/ha\*ha/MJ\*h/mm) was found in grassland, it was followed by alluvial (0,0302 t/ha\*ha/MJ\*h/mm) and colluvial agricultural areas (0,0263 t/ha\*ha/MJ\*h/mm).

**Key Words:** soil erosion, soil erodibility, land use, RUSLE-K

## Giriş

Toprak erozyonu, şiddetli arazi bozunumu ve toprak verimliliği kaybına yol açmasının yanında, özellikle kırsal alanların sürdürülebilir gelişimini, toplumun sağlık ve geleceğini tehdit eden ciddi bir çevresel, ekonomik ve sosyal problemdir (FAO, 2015). Türkiye'nin 2/3'üne yakın bölümü kurak ve yarı kurak alanlardan oluşmaktadır. Bununla birlikte son yıllarda gözlenen iklimsel değişimlere bağlı olarak kurak alanlarda İç Anadolu'nun batısına doğru genişleme gözlenmektedir. Bunun yanı sıra, özellikle coğrafyamızda toprak erozyonu çölleşmenin en önemli nedenlerinden birini oluşturmaktadır ve sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için gerekli önlemlerin alınmasını gerektirmektedir (Erpul ve Deviren, 2012). Toprak erozyon duyarlılığı değeri ise, birçok erozyon modelinde bir parametre olmakla birlikte, kolaylıkla değişebilen ve değişmez toprak özellikleri arasındaki ilişkiler ile ilgili bilgi veren, arazi bozulmaları, arazi kullanım şekilleri, iklim ve topoğrafyanın kolay değişebilen toprak özelliklerini etkilemesi nedeniyle erozyon ve çölleşme ile ilgili önemli göstergeler sağlayan bir özelliktir. Toprak erozyon oran ve miktarlarının tahmin çalışmalarına 1920'li yıllarda Amerika Birleşik Devletleri'nde başlanmış olup, bu çalışmalar 1930'lu yıllarda hız kazanmıştır. O tarihten itibaren yürütülen toprak erozyon çalışmaları içerisinde toprak erozyon duyarlılığı, artan bir önem kazanarak toprak kayıplarının tahmin edilmesinde ve kontrol önlemlerinin uygulanmasında önemli bir parametre haline gelmiştir (Lal 1991, Tang 2004, Zheng vd. 2004, Jing vd. 2005, Meyer ve Harmon 1984, Meyer ve Moldenhauer 1985, Römkens 2010, Wang vd. 2013). Erozyon ve çölleşme süreçlerinin karmaşıklığı, toprak erozyon duyarlılığının doğal karmaşık yapısı ve geçmişte konu ile ilgili yapılan pek çok araştırmadaki yetersiz veya eksik veri kümeleri nedeniyle, yararlanılabilir toprak kaybı tahminleri ve toprak koruma teknolojileri ile ihtiyaçlar

arasında önemli boşluklar bulunmaktadır. Bu durum özellikle, farklı topoğrafyalar, toprak tipleri, ekim uygulama ve sistemleri ve erozyon şekilleri dikkate alındığında geçerli olmaktadır. Bu nedenle, toprak erozyon duyarlılığı kavramının güncellenmesi, tartışılması ve değerlendirilmesi oldukça yararlı ve gerekli bir konudur (Wang vd. 2013).

Toprak erozyon duyarlılığı genellikle toprakların aşınma ve taşınmaya duyarlılığı olarak kabul edilmektedir ve birçok faktör ve özellik bu parametreyi etkilemektedir. Diğer taraftan, erozyon oluşturan kuvvetlere toprak profilinin tepkisidir ve yıl içerisinde zaman ve arazi örtüsüne göre değişiklik gösteren devingen bir faktördür. Değişmeyen toprak özellikleri yanında (birincil toprak tanecik dağılımı), kolaylıkla değişebilir toprak özelliklerinin (organik madde, agregat büyüklük dağılımı (strüktür) ve hidrolik iletkenlik) karşılıklı etkileşimlerini açıklamaya çalışan önemli devingen bir parametredir. Arazi kullanım türleri ve arazi bozulması özellikle devingen toprak özelliklerini doğrudan etkilediği için, toprak erozyon duyarlılığı ile çölleşme arasında da ciddi bağlantılar bulunmaktadır. Bunun yanı sıra, proses temelli toprak erozyon parametreleri farklı topoğrafya, toprak, hidrolojik koşullar ve yönetim sistemleri altında farklılık gösterebilmektedir ve arazi bozulması ve sürdürülebilir arazi ve toprak yönetimi açısından kritik bir gösterge olarak kullanılmaktadır (Nearing ve ark., 1990; Flanagan ve Nearing, 1995; Erpul et al., 2004; Flanagan et al., 2007; Nouwakpo et al., 2010; Erpul et al., 2013a; Erpul et al., 2013b; Wu et al., 2014).

Bununla birlikte, erozyon oluşturan güçler, toprak yüzey özellikleri konumsal ve zamansal olarak, hatta bir yağış olayı esnasında değişebilmektedir. Bunun sonucu olarak da toprak erozyon duyarlılığı anlaşılması güç bir kavram haline gelmektedir (Wang vd. 2013). Arazi

kullanım şekli ve arazi örtüsü de toprakların erozyona olan duyarlılıklarını etkileyen bir başka önemli faktördür. Bir toprağın tarım arazisi, orman veya mera olarak kullanılması o alanın erozyona olan duyarlılığını, dolayısıyla araziden erozyon ile kaybolabilecek toprak miktarını önemli ölçüde değiştirebilmektedir. Yarı-kurak mera ve ormanlarda biyokütle üretimi oldukça düşüktür ve bu alanlar kırılgan sistemlerdir. Tarım arazilerinde sürekli toprak işleme, toprak kümelerinin daha küçük parçalara ayrılarak erozyona duyarlı hale gelmesine neden olmaktadır. Bunun yanında, diğer hatalı tarım teknikleri veya yetiştirilen bitkinin türü gibi faktörler de toprakların erozyona duyarlılığını etkilemektedir. Diğer taraftan arazi üzerinde bitki örtüsünün bulunup bulunmayışı, yoğunluğu veya türü toprak erozyon duyarlılığı değerini önemli oranda değiştirebilmektedir. Doğal otlak ekosistemlerinin işlenen alanlara dönüştürülmesiyle toprakta agregasyonu sağlayan ajanlar ve üst toprağın agregasyonu azalmaktadır. (Oades 1984, Fu vd. 2000, Zobeck vd. 2003, Lützow vd. 2006, Hacisalihoglu, 2007; Korkanç ve ark., 2008; Spohn ve Giam 2010). Yapılan çalışmalar, doğal meraların tarım yapılan alanlara dönüştürülmesinin toprak yapısının önemli derecede bozulmasına neden olduğunu, agregat yapısının bozulduğunu, bunun sonucu olarak su erozyonuna hassasiyetin, toprak erozyon duyarlılığının arttığını göstermektedir (Broersma vd. 1997, Başaran 2005, Bayramin vd. 2008, Fang vd. 2012, Gajic vd. 2013). Gajic vd. (2013), konu ile ilgili yürütülen çalışmalar işlenen alanların toprak erozyon duyarlılık değerinin meralardan daha büyük olduğunu göstermektedir.

Toprak erozyon duyarlılığının belirlenmesi için bugüne kadar geliştirilen ölçüm yöntemleri kendi içerisinde farklı koşulları gerektirmektedir. Bununla birlikte toprak erozyon duyarlılığı modelleri farklı arazi koşullarını temsil etmektedir. Konu ile ilgili olarak doğrudan ölçülen toprak erozyon duyarlılık değerleri ile fiziksel, kimyasal ve mineralojik toprak özellikleri arasındaki karşılıklı etkileşimleri inceleyen birçok araştırma yapılmış, bu araştırmalar

sonucunda toprak erozyon duyarlılığının hesaplanmasında kullanılmak üzere farklı özelliklere sahip topraklar için farklı toprak özelliklerini dikkate alan farklı denklemler geliştirilmiştir. Toprak erozyon duyarlılığı en yaygın kullanılan toprak erozyon modellerinden olan Evrensel Toprak Kayıpları Eşitliği (USLE) ve Yenileştirilmiş Evrensel Toprak Kayıpları Eşitliği (RUSLE) (ETKE ve YETKE)'nin bir bileşenidir ve USLE ve RUSLE'de erozyon duyarlılığı, toprağın tane büyüklük dağılımı, organik madde içeriği, strüktür ve geçirgenlik özelliklerinin bir fonksiyonu olan "K faktörü" olarak adlandırılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, yarı kurak koşullarda farklı arazi kullanımı ve yönetim uygulamaları altındaki toprakların bazı dinamik toprak özelliklerindeki değişimler yoluyla erozyona duyarlılıklarını belirlemektir

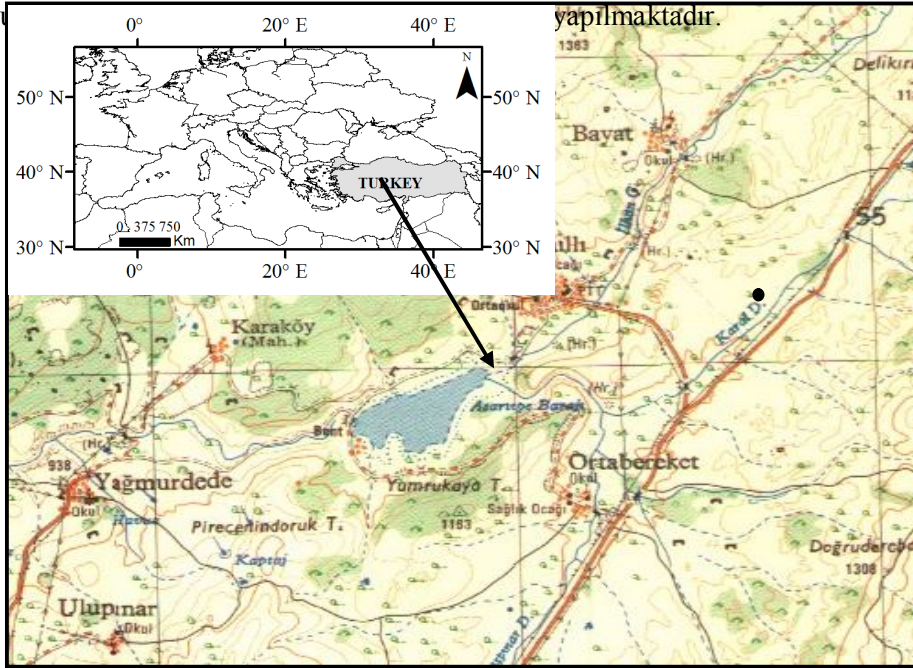
## Materyal ve Metod

### *Araştırma Yeri*

Çalışma Sakarya Havzası'na dahil olan İlhan Çayı Alt Havzası'nda yer alan Asartepe Barajı Havzası'nın mera, alüviyal tarım alanı ve kolüviyal tarım alanı olmak üzere 3 farklı arazi kullanımında yürütülmüştür. Asartepe Barajı Havzası (Şekil 1), Ankara ili Ayaş ilçesi sınırları içerisinde olup, Ankara iline 47 km uzaklıktadır. 1984 yılında hizmete açılan barajın amacı sulama olmakla beraber, kısmen taşkın koruma olarak da düşünülmüştür (Anonim, 1995). Havza büyüklüğü 22.894 ha olup, alan içerisindeki maksimum eğim dikliği % 47.87, ortalama havza eğimi ise % 8.47'dir. Havza yüksekliği 880-1652 m arasında değişmekte, ortalama yükseklik ise 163 m'dir. Çalışma alanında Kahverengi topraklar, Kireçsiz Kahverengi topraklar ve Alüviyal büyük toprak grupları yer almaktadır. Topraklar Soil Survey Staff (1999)'a göre; "Lithic Xerorthents" olarak sınıflandırılmıştır. Toprak renklemelerinin yapıldığı arazi kullanımlarından doğal mera alanı, kısmen dik olup % 15-30 eğime sahiptir ve havzada diğer alanlara göre daha yüksek lokasyonda yer almaktadır. Havza içerisinde işlemeli

tarımın yapıldığı alanlardan kolüviyal tarım alanı % 2-5 eğimde olup, havzanın etek kısmında yer almakta ve bu alanda kuru

taban kısmında düz, düze yakın eğimde (% 0-2) ise alüviyal tarım alanı yer almakta, bu arazi kullanımında ise sulu sebze tarımı yapılmaktadır.



Şekil.1 Çalışma Yeri, Asartepe Baraj Havzası  
Figure 1. Study Area, Asartepe Dam basin

#### *Toprak Örneklemeleri*

Her bir arazi kullanımında toprak örneklemelerinin yapıldığı homojen alan büyüklüğü 50 m x 100 m olup, örnekler 0-20 cm derinlikten alınmıştır. Örneklemeye için gridleme yöntemi uygulanmış, grid aralıkları 5 m x 5 m olarak belirlenmiş ve bu gridlerin kesişim noktalarından düzenli örneklemeye yapılmıştır. Bu şekilde her bir homojen alandan 231 adet düzenli toprak örneği alınmıştır. Düzenli örneklemeye sayısının yaklaşık % 5'i (25 adet) kadar örnek ise rastgele bir şekilde gridler üzerinden veya gridler arası alanlardan alınmıştır. Rastlantısal örneklerin her bir örneklemeye alanı içerisindeki örneklemeye noktası, rastlantısal olarak x ve y koordinatı oluşturularak belirlenmiştir (Amador vd. 2000). Bu şekilde her bir alandan 231 sistematik, 25 rastlantısal olmak üzere toplam 256 adet toprak örneği alınmıştır.

#### *Toprak Analizleri*

Üst toprak yapısı Soil Survey Staff (1996)'da belirtildiği şekilde belirlenmiştir. Toprak örnekleri kurutulmuş, 2 mm'likelekten elenmiş, organik madde (%)

Tüzüner (1990)' a göre modifiye edilmiş Walkley-Black metoduna göre  $FeSO_4$  ile titre edilerek, tane büyüklük dağılımı Day (1950) tarafından bildirildiği şekilde Hidrometre metodu ile, hidrolik iletkenlik Klute ve Dirksen (1986) tarafından bildirildiği şekilde bozulmuş toprak örneklerinde belirlenmiştir.

#### *İstatiksel analizler*

Üzerinde durulan özellikler bakımından çalışma alanları arasındaki farklılıkların istatistik olarak önemli olup olmadığı varyans analizi tekniği (ANOVA) ile değerlendirilmiştir. Farklı çalışma alanlarının belirlenmesinde Duncan testi kullanılmıştır.

#### *Toprak Erozyon Duyarlılığının Belirlenmesi (K)*

Çalışmada K değerlerinin belirlenmesinde Evrensel Toprak Kayıpları Eşitliği (ETKE)'nde belirlenen K Faktörü değerlerinin toprak özellikleri ile olan ilişkilerinin incelenmesi sonucu geliştirilen nomograf kullanılmıştır. Nomograf ölçülen K faktörlerinin toprak özellikleri ile olan

ilişkilerini inceleyen birçok çalışmadan en fazla kullanılanıdır ve eşitlik (1) bu nomografin matematiksel ifadesidir. Nomografda K faktörü; organik madde,

$$K = 2,1 \cdot 10^{-4} (12 - OM) M^{1,14} + 3,25 (s - 2) + 2,5 (p - 3) / 7,59 \cdot 100$$

toprak yapısı ve geçirgenliğinin bir fonksiyonu olarak değerlendirilmektedir ve bu özelliklerin tümü toprak erozyon duyarlılığı üzerinde önemli etkiye sahiptir.

$$(1) \text{ (Wischmeier vd. 1971)}$$

Nomograf beş adet toprak ve toprak profil parametresini içermektedir:

- Modifiye edilmiş silt %'si (0,002-0,1 mm)
- Modifiye edilmiş kum %'si (0,1-2 mm)
- Organik madde %'si (OM)
- Toprak yapı sınıfları (s)

- Toprak geçirgenlik sınıfları (p)
  - M = temel toprak tanecik fraksiyonlarının çarpımı :  
(% modifiye edilmiş silt) x (% silt + % kum)
- K değerlerine ait sınıflandırma Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Toprak erozyon duyarlılık faktörü (K) sınıf değerleri (Wischmeier ve Simith, 1978)  
Table 1. Classes values of soil erodibility factor (K)

Sınıf	Tanımı	Değer
1	Ço az aşınabilir	0,00 – 0,05
2	Az aşınabilir	0,05 - 0,10
3	Orta derecede aşınabilir	0,10 – 0,20
4	Yüksek aşınabilir	0,20 – 0,40
5	Çok yüksek aşınabilir	0,40 - 0,60

#### Araştırma Bulguları ve Tartışma

##### *Toprak özelliklerinin değerlendirilmesi*

Toprak organik maddesi toprak agregat stabilitesinin devamlılığında ve su tutulumunun artırılmasında esas faktördür ve hem yönetilen hem de yönetilmeyen karasal ekosistemlerin önemli bir bileşenidir ve toprakların erozyona duyarlılığını etkilemesi açısından özellikle önemlidir. Araştırma sonuçlarına göre; çalışma alanları arasında en yüksek ortalama organik madde içeriği mera alanında belirlenmiştir (% 2,60). Sırasıyla bu alanı ortalama % 1,92 organik madde içeriğine sahip alüviyal tarım alanı ve % 1,81 değeri ile kolüviyal tarım alanı izlemiştir (Tablo 2). Alanların organik madde içerikleri istatistiksel olarak karşılaştırıldığında, ortalamalar arasındaki farklar önemli bulunmuştur ( $p < 0,01$ ). Duncan testi sonuçlarına göre ise, alüviyal ve kolüviyal tarım alanları arasında fark yok iken, mera alanı ile bu alanlar arasında önemli düzeyde farklılık bulunmuştur (Tablo 3). Araştırmadan elde edilen sonuçlar, bitki örtüsünün daha yoğun olduğu mera alanında ortalama organik madde miktarının sürekli işlenen tarım alanlarından daha yüksek olduğunu göstermiştir. Hidrolik

iletkenlik değerleri incelendiğinde, en yüksek ortalama hidrolik iletkenlik değeri ortalama 4,19 cm/h ile mera alanında, en düşük 1,17 cm/h, kolüviyal tarım alanında belirlenmiştir (Tablo 2). İşlemeli tarım yapıldığı alanlarda araç trafiğinin toprağı sıkıştırması, işleme ile birlikte toprağın por yapısının bozulması veya tıkanmasının, özellikle daha düşük organik madde içeriklerine sahip olmalarının düşük hidrolik iletkenlik değerleri göstermelerinde etkili olduğu düşünülmektedir. Duncan testi sonuçları ortalama hidrolik iletkenlik değerleri açısından tüm alanlar arasında fark bulunduğunu göstermiştir (Tablo 3). Birincil tane dağılımları açısından değerlendirildiğinde, arazi kullanımları kum içeriklerinin % 11,54 ile % 39,39, silt içeriklerinin % 39,75-52,84, kil içeriklerinin % 12,91-41,43 ve çok ince kum içeriklerinin % 2,09–3,66 arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 2). Duncan testi sonuçlarına göre, birincil tane dağılımları açısından tüm arazi kullanımları arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur (Tablo 3).

Çalışma alanlarının birincil tane dağılım içerikleri arazi kullanımlarının topoğrafik

özelliğleri açısından değerlendirildiğinde, kum ve çok ince kum içerikleri st kısımlarda yer alan mera ve bozuk meşelik alanlardan alüviyal tarım alanına azalarak sıralanmıştırlar, tersi olarak çalışma alanlarının kil içerikleri ise havza tabanından st kısımlara doğru genel olarak artma göstermiştir.

Tablo 2. Üç farklı arazi kullanımı için toprak özellikleri ve K değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler  
Table 2. Descriptive statistics of K values for three different land uses.

Değişken	Arazi kullanımı	Tanımlayıcı İstatistikler										
		Ortalama	S.H.	Medyan	S.S.	Varyans	D.K.	Basıklık	Çarpıklık	Aralık	Minimum	Maksimu
Organik Madde (%)	Mera alanı	2.60	0.07	2.36	1.13	1.27	43.38	1.13	0.88	7.25	0.34	7.59
	Alüviyal tarım alanı	1.92	0.03	1.92	0.43	0.18	22.21	9.11	1.60	3.82	0.90	4.72
	Kolüviyal tarım alanı	1.81	0.02	1.80	0.35	0.12	19.23	0.09	0.11	2.01	0.75	2.76
Hİ (cm/h)	Mera alanı	4.19	0.15	3.75	2.45	6.01	58.47	1.63	1.15	14.23	0.31	14.54
	Alüviyal tarım alanı	2.44	0.08	2.36	1.32	1.74	54.06	-0.99	0.22	5.53	0.21	5.73
	Kolüviyal tarım alanı	1.17	0.04	1.11	0.67	0.45	57.13	0.94	0.67	3.58	0.01	3.59
Kum (%)	Mera alanı	39.39	0.55	38.87	8.80	77.40	22.34	0.29	0.22	50.77	14.41	65.19
	Alüviyal tarım alanı	11.54	0.23	11.36	3.69	13.61	31.95	0.03	0.33	20.51	3.79	24.30
	Kolüviyal tarım alanı	18.82	0.35	17.59	5.59	31.24	29.70	18.97	3.80	50.23	11.82	62.04
Silt (%)	Mera alanı	47.70	0.50	48.16	8.05	64.84	16.88	4.38	-0.28	73.49	3.69	77.19
	Alüviyal tarım alanı	52.84	0.35	52.75	5.58	31.14	10.56	2.08	0.70	38.81	36.44	75.25
	Kolüviyal tarım alanı	39.75	0.53	38.13	8.53	72.84	21.47	4.41	1.47	67.13	11.16	78.29
Kil (%)	Mera alanı	12.91	0.30	12.26	4.75	22.61	36.83	1.21	0.96	26.95	4.18	31.12
	Alüviyal tarım alanı	35.61	0.33	36.36	5.35	28.59	15.01	5.84	-2.00	33.32	13.17	46.49
	Kolüviyal tarım alanı	41.43	0.62	44.28	9.84	96.83	23.75	4.50	-2.32	45.99	5.74	51.73
Çok İnce Kum (%)	Mera alanı	3.66	0.11	3.37	1.69	2.87	46.32	6.17	1.76	13.76	0.17	13.92
	Alüviyal tarım alanı	3.00	0.06	2.96	0.98	0.97	32.71	5.25	1.44	7.63	0.85	8.48
	Kolüviyal tarım alanı	2.09	0.07	1.89	1.09	1.18	52.09	67.86	6.99	13.84	0.54	14.38
K Faktörü (t/ha <sup>-1</sup> ha/MJ <sup>-1</sup> h/mm <sup>-1</sup> )	Mera alanı	0.038866	0.000530	0.039027	0.008482	0.000072	21.82	2.42	0.16	0.069564	0.001659	0.071223
	Alüviyal tarım alanı	0.030175	0.000422	0.029153	0.006760	0.000046	22.40	5.97	1.86	0.048485	0.013570	0.062054
	Kolüviyal tarım alanı	0.026341	0.000633	0.023482	0.010124	0.000102	38.43	5.85	2.47	0.058598	0.011832	0.070430

Hİ; Hidrolik İletkenlik, S.H.; Standart Hata, S.S.; Standart Sapma, .D.K; Değişim Katsayısı

Tablo 3. Toprak özelliklerine ait Duncan Testi  
Table 3. Duncan test of soil properties

Özellik	Arazi Kullanımı		
	Mera	Alüviyal Tarım Alanı	Kolüviyal Tarım Alanı
Organik Madde (%)	2,60 ± 0,070 A	1,92 ± 0,027 B	1,81 ± 0,022 B
Hidrolik İletkenlik (cm/h)	4,19 ± 0,153 A	2,44 ± 0,082 B	1,17 ± 0,042 C
Kum (%)	39,39 ± 0,550 A	11,54 ± 0,231 C	18,82 ± 0,349 B
Silt (%)	47,70 ± 0,503 B	52,84 ± 0,349 A	39,75 ± 0,553 C
Kil (%)	12,91 ± 0,297 C	35,61 ± 0,334 B	41,43 ± 0,615 A
Çok İnce Kum (%)	3,66 ± 0,106 A	3,00 ± 0,061 B	2,09 ± 0,068 C

A, B, C Alanlar arasındaki farklılıkları göstermektedir. n=256

Bu durumun, kısmen ince taneciklerin yüksek eğimlerde meydana gelen yüzey akışlar ile havzanın aşağı kısımlarına taşınmış olması ile ilişkili olabileceği düşünülmüştür. Diğer taraftan, farklı arazi kullanımları arasında en yüksek silt içeriği alüviyal tarım alanında (% 52,84) belirlenmiştir. Yapılan birçok çalışma yüksek silt içeren toprakların, bu büyüklükteki taneciklerin kolaylıkla parçalanabilmeleri ve taşınabilmeleri, arazi yüzeyinde kabuk oluşturabilmeleri ve büyük oranlarda yüzey akış meydana getirebilmeleri nedeniyle özellikle erozyona duyarlı olduğunu göstermiştir (Ross vd.1988, FDER 1988, Weesies 1998, Duiker vd. 2001, Neyshabouri vd. 2011).

#### **Toprak Erozyon Duyarlılığı (K) değerlendirmesi**

Çalışmada K değerleri erozyon araştırmalarında yaygın olarak kullanılan nomograf eşitliği (Wishmeier ve ark., 1971) ile belirlenmiştir. Toprak erozyon duyarlılık değişkenine ait varyans analiz sonuçlarına göre, alanların ortalamalarına ait farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0,01$ ). Nomograf eşitliği K değerlerinin arazi kullanımlarına göre değişimi duncan testi ile belirlenmiş ve Tablo 4'de verilmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre ise tüm arazi kullanımlarının ortalama K değerleri arasındaki farklar önemli bulunmuştur (Tablo 4). Arazi kullanımları arasında en yüksek K değeri mera alanında belirlenirken (0,0389), bu alanı alüviyal tarım alanı (0,0302)

ve kolüviyal tarım alanı (0,0263) izlemiştir (0,0236) (Tablo 2).

Bu değerlere göre, tüm arazi kullanımları çok az aşınabilir sınıfta yer almıştır (Tablo 1). Nomograf denkleminde K değerinin belirlenmesi için; toprak tekstürünün yanı sıra, organik madde içeriği, geçirgenlik sınıfları, toprak yapısı sınıfları da dikkate alınmaktadır. Bu özelliklerin arazi kullanım şekline bağlı olarak, önemli derecede değişim göstermeleri ve aralarında bulunan güçlü ilişkilerin K değerlerine yansıdığı, sonuç olarak da her bir arazi kullanımında K değerinin istatistiksel olarak farklı olduğu belirlenmiştir. Mera alanında toprakların erozyona duyarlılıklarının diğer arazi kullanımlarından yüksek bulunması Başaran (2005) tarafından bildirilen sonuçlar ile de uyumlu bulunmuştur. Römkens (1985), Amerika'da çeşitli toprak tekstürlerinde birçok araştırmacı tarafından yapılan (Wischmeier vd.1971, El-Swaify ve Dangler 1976, Young ve Mutchler 1977, Römkens vd. 1975) toprak erozyon duyarlılığı ölçümlerini nomograf tahminleri ile karşılaştırmıştır. K hesaplamasındaki toprak özelliklerinin sayısı arttıkça, arazi kullanım türlerinin duyarlılıklarının belirlenmesindeki değişimler de artmaktadır. Sadece tane büyüklüğü ve tane büyüklüğü organik madde ilişkisine dayanan değerlendirmeler, bunların interaksyonu olarak ortaya çıkan hidrolik iletkenlik ve yapısal dayanım (agregat stabilitesi) gibi çok önemli toprak kalite parametrelerinin erozyon üzerine etkilerini göz ardı edebilmektedir.



Tablo 4. Farklı arazi kullanımları K değerleri Duncan Testi  
Table 4. Duncan test of K values for different land uses

Değişken	Arazi Kullanımı		
	Mera	Alüviyal Tarım Alanı	Kolüviyal Tarım Alanı
K Faktörü (t ha h ha <sup>-1</sup> MJ <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup> )	0.0389 ± 0.00053 A	0.0302± 0.00042 B	0.0263± 0.00063 C

A, B, C Alanlar arasındaki farklılıkları göstermektedir. n=256

### Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada Asartepe Baraj havzasında yoğun olarak işlenen alüviyal ve kolüviyal tarım alanları ve mera alanında toprak erozyon duyarlılığı incelenmiş ve toprak özellikleri ile birlikte arazi kullanım şeklinin toprakların erozyona duyarlılıklarını güçlü bir şekilde etkilediği belirlenmiştir. Çalışma alanları topraklarında organik madde içeriği, geçirgenlik, toprak yapısı ve tekstür özelliklerine dayanan nomograf eşitliği ile istatistiksel olarak farklı toprak erozyon duyarlılığı değerleri belirlenmiştir.

Arazi kullanım şeklinin artık girdi miktar ve kalitesini, ayrışma oranlarını değiştirmesi nedeniyle toprak organik madde içeriğini etkileyen en önemli faktör olduğu bilinmektedir. Çalışma sonuçları arazi kullanımının toprak organik maddesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir, bu durum işlenen alanlarda toprağa organik madde girdisinin azalması ve organik madde korunumunu azalmasıyla açıklanabilir. Genel olarak, arazi kullanımları arasında K faktörünün belirlenmesinde kullanılan toprak özellikleri açısından belirlenen önemli farklılıkların sonuçlara yansıdığı görülmüştür. Çalışma sonuçları bitki örtüsünün daha yoğun olduğu, doğal yapının korunduğu mera alanlarının daha yüksek hidrolik iletkenlik ve organik madde değerlerine sahip olduğunu, buna karşın sürekli tarımsal işlemlerin uygulandığı alüviyal ve kolüviyal tarım alanlarında ise fiziksel yapının bozulmasının sonucu olarak, hem toprak verimliliği hem de erozyon duyarlılığı açısından olumsuz bir şekilde her iki özelliğin daha düşük değerler aldığı göstermiştir. Toprak erozyonu ve verimliliği açısından büyük öneme sahip olan toprak tanecik dağılımının, farklı arazi kullanımlarının toprak erozyonunu artırması veya engellemesi nedeniyle etkilendiği yine çalışma sonuçları ile belirlenmiştir. Elde edilen

sonuçlar, konu ile ilgili yapılmış bir çok araştırma sonucunu destekleyerek, arazi kullanım şeklinin orman ya da meradan işlenen tarım alanlarına dönüştürülmesinin toprak özelliklerini negatif yönde etkileyerek toprakların erozyon, çölleşme ve arazi bozunumuna daha duyarlı hale getirdiğini vurgulamaktadır.

### Kaynaklar

- Amador, J.A., Wang, Y., Savin, M.C. and Görres, J.H. 2000. Fine-scale spatial variability of physical and biological soil properties in Kingston, Rhode Island. *Geoderma* 98, 83-94.
- Anonim. 1995. Asartepe Sulaması Geliştirme Raporu. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, D.S.İ. Genel Müd. İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı Yayını, Ankara.
- Başaran, M. 2005. Arazi kullanımındaki değişimlerin toprak erozyonu üzerine etkisi: Çankırı ili İndağı Bölgesi örnek çalışması. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bayramın, I., Basaran, M., Erpul, G. and Çanga M.R. 2008. Assessing the effects of land use changes on soil sensitivity to erosion in a highland ecosystem of semi-arid Turkey. *Environ. Monit. Assess.* 140, 249-265.
- Broersma, K., Robertson, J.A. and Chanasyk, D.S. 1997. The effects of diverse cropping systems on aggregation of a Luvisolic soil in the Peace River region. *Can J Soil Sci.* 77:323-329.
- Day, P. R. 1950. Physical basis of particle size analysis by the hydrometer method. University of California, USA.
- Duiker, S.W., Flanagan, D.C. and Lal, R. 2001. Erodibility and infiltration characteristics

- of five major soils of southwest Spain. *Catena* 45: 103-121.
- El-Swaify, S.A. and Dangler, E.W. 1976. Erodibilities of selected tropical soils in relation to structural and hydrologic parameters. *Soil Erosion: Prediction & Control*. Soil Conservation Society of America, Ankeny, Iowa: 105-114.
- Erpul G, Gabriels D, Norton LD. 2004. Wind effects on sediment transport by raindrop impacted shallow flow: A wind-tunnel study. *Earth Surf Proc Land* 29:955–967. doi: 10.1002/esp.1077
- Erpul, G., ve Saygın, S.D. 2012. Ülkemizde Toprak Erozyonu Sorunu Üzerine: Ne Yapılmalı?. *Türkiye Toprak Bilimi Derneği, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 1: 26-32.
- Erpul G, Gabriels D, Norton D, Flanagan DC, Huang C, Visser SM. 2013a. Mechanics of interrill erosion with wind-driven rain. *Earth Surf Proc Land* 38(2):160-168. doi: 10.1002/esp.3280
- Erpul G, Gabriels D, Norton D, Flanagan DC, Huang C, Visser SM. 2013b. Raindrop and flow interactions for interrill erosion with wind-driven rain (WDR). *J Hydraul Res* 51(5):548-557. doi: 10.1080/00221686.2013.778339
- Fang, N.F., Shi, Z.H., Li, Lu., Guo, Z.L., Liu, Q.J. and Ai, L. 2012. The effects of rainfall regimes and land use changes on runoff and soil loss in a small mountainous watershed. *Catena*, 99, 1-8.
- FAO, 2015. Status of the World's Soil Resources, Main Report.
- FDER, 1988. The Florida Development Manual: A Guide to Sound Land and Water Management. Department of Environmental Regulation, Tallahassee, FL.
- Flanagan DC, Nearing MA. (eds.) 1995. USDA-Water Erosion Prediction Project: Hillslope Profile and Watershed Model Documentation. NSERL Report #10, USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory, West Lafayette, Indiana, 298 pp.
- Flanagan DC, Gilley JE, Franti TG. 2007. Water Erosion Prediction Project (WEPP): development history, model capabilities, and future enhancements. *Transactions of the ASABE* 50:1603-1612.
- Fu, B., L. Chen, K. Ma, H. Zhou and J. Wang 2000. The relationships between land use and soil conditions in the hilly area of the loess plateau in northern Shaanxi, China. *Catena*, 39, 69-78.
- Gajić, B., Tapanarova, A., Tomić, Z., Kresović, B., Vujović, D. and Pejić, B. 2013. *Australian Journal of Crop Science*, AJCS 7(8):1198-1204.
- Hacısalihoğlu, S. 2007. Determination of soil erosion in a steep hill slope with different land-use types: A case study in Mertesdorf (Ruwertal/ Germany). *J. Environ. Biol.*, 28, 433-438.
- Jing, K., Wang, W.Z. and Zheng, F.L. 2005. *Soil Erosion and Environment in China*. Science Press, Beijing (359 pp., in Chinese).
- Klute, A. and Dirksen, C. 1986. Hydraulic conductivity and diffusivity: Laboratory methods. p. 687–734. In A. Klute (ed.) *Methods of soil analysis*. Part 1, 2nd ed, Agron, Monogr, 9, ASA and SSSA, Madison, WI.
- Korkanç, S.Y., Özyuvacı, N. and Hizal A. 2008. Impacts of land use conversion on soil properties and soil erodibility. *Journal of Environmental Biology*, 29(3) 363-370.
- Lal, R. 1991. *Soil Erosion Research Methods*. Science Press, Beijing (236 pp., in Chinese).
- Lützw, M., Kögel-Knabner, I., Ekschmitt, K., Matzner, E., Guggenberger, G., Marschner, B. and Flessa, H. 2006. Stabilization of organic matter in temperate soils: mechanisms and their relevance under different soil conditions. *Eur J Soil Sci*. 57:426–445.
- Meyer, L.D. and Harmon, W.C. 1984. Susceptibility of agricultural soils to interrill erosion. *Soil Science Society of America Journal* 48, 1152–1157.
- Meyer, L.D. and Moldenhauer, W.C. 1985. Soil erosion by water: the research experience. *Agricultural History* 59, 192–204.
- Nearing MA, Lane LJ, Alberts EE, Laflen JM. 1990. Prediction technology for soil erosion by water: status and research needs. *Soil Sci. Soc. Am. J* 54:1702–1711. doi:10.2136/sssaj1990.03615995005400060033x

- Neyshabouri, M. R., Ahmadi, A., Rouhipour, H., Asadi, H. and Irannajad, M. 2011. Soil texture fractions and fractal dimension of particle size distribution as predictors of interrill erodibility. *Turk J Agric For* 35, 95-102.
- Nouwakpo SK, Huang C, Bowling L, Owens P. 2010. Impact of vertical hydraulic gradient on rill erodibility and critical shear stress. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 74:1914–1921. doi:10.2136/sssaj2009.0096
- Oades, J.M. 1984. Soil organic matter and structural stability: mechanism and implications for management. *Plant Soil* 76:319–337.
- Ross, H.G., Beattie, J.A. and Reid, R.E. 1988. *Australian Soil and Land Survey Handbook: Guidelines for Conducting Surveys*. Inkata Press, ISBN: 0909605440.
- Römkens, M.J.M., Nelson, D.W. and Roth, C.B. 1975. Soil erosion on selected high clay subsoils. *Journal of Soil and Water Conservation* 30 (4), 173–176.
- Römkens, M.J.M. 1985. The soil erodibility factor: a perspective. In: El-Swaify, S.A., Moldenhauer, W.C., Lo, A. (Eds.), *Soil Erosion and Conservation*. Soil Conservation Society of America, Ankeny, pp. 445–461.
- Römkens, M.J.M. 2010. Erosion and sedimentation research in agricultural watersheds in the USA: from past to present and beyond. In: Banasik, K., Horowitz, A.J., Owens, P.N., Stone, M., Walling, D.E. (Eds.), *Sediment Dynamics for a Changing Future*, 337. IAHS Publication, pp. 17–26.
- Soil Survey Staff, 1996. *Soil Survey Laboratory Methods Manual*. Soil Survey Investigations Report (SSIR) No.42, U.S. Govt. Print. Office. Washington, D.C.
- Soil Survey Staff, 1999. *Soil Taxonomy. A Basis of Soil Classification for making and Interpreting Soil Survey*. U.S.D.A. Handbook No: 436, Washington D.C.
- Spohn, M. and Giam, L. 2010. Water-stable aggregates, glomalin-related soil protein, and carbohydrates in a chronosequence of sandy hydromorphic soils. *Soil Biol Biochem.* 42:1505–1511.
- Tang, K.L. 2004. *Soil and Water Conservation in China*. Science Press, Beijing (845 pp., in Chinese).
- Tüzüner, A. 1990. *Toprak ve Su Analizleri Laboratuvarları El Kitabı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları*, Ankara.
- Zheng, F.L., Yang, Q.K. and Wang, Z.L. 2004. Water erosion prediction model. *Research of Soil and Water Conservation* 11 (4), 13–24 (in Chinese, with English Abstr.).
- Zobeck, T.M., Popham, T.W., Skidmore, E.L., Lamb, J.A., Merrill, S.D., Lindstrom, M.J., Mokma, D.L. and Yoder, R.E. 2003. Aggregate-mean diameter and wind-erodible soil predictions using dry aggregate-size distribution. *Soil Sci Soc Am J.* 67:425–436.
- Wang, B., Zheng, F., Römkens, J.M.M. and Darboux, F. 2013. Soil erodibility for water erosion: A perspective and Chinese experiences. *Geomorphology*, 187 (2013) 1–10.
- Weesies, G.A. 1998. Guidelines for the use of the revised universal soil loss equation (RUSLE) Version 1,06 on Mined Lands, construction sites and reclaimed lands. The Office of Technology Transfer Western Regional Coordinating Center Office of Surface Mining, Broadway, Denver.
- Wischmeier, W.H., Johnson, C.B. and Cross, B.W. 1971. A soil erodibility nomograph for farmland and construction site., *Journal of Soil and Water Conservation*, 26(5):189-193
- Wischmeier WH, Smith DD. 1978. Predicting rainfall erosion losses (No. 537). USDA Agricultural Service Handbook. Washington, D.C.
- Wu Q, Flanagan DC, Huang C. 2014. Estimation of USLE K-values with a Process-based Approach. A Report to the USDA–Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Research & Laboratory, Lincoln, Nebraska, from the USDA–Agricultural Research Service, National Soil Erosion Research Laboratory, West Lafayette, Indiana

Young, R. A. and Mutchler., C. K. 1977.  
Erodibility of some Minnesota soils. J.

Soil Water Consen. 32: 180-182.