



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2011, Volume: 6, Number: 1, Article Number: 4A0036

NATURE SCIENCES

Received: October 2010

Accepted: January 2011

Series : 4A

ISSN : 1308-7282

© 2010 www.newwsa.com

Emre Özşahin

Mustafa Kemal University

uzmanemreozsahin@gmail.com

Hatay-Turkey

ZEYTİNLİ ÇAYI HAVZASININ (BALIKESİR) EROZYON ANALİZİ

ÖZET

Bu çalışmada da Edremit Körfezi kıyısında yer alan Zeytinli Çayı havzasındaki erozyon risk sahalarının ve toplam yıllık toprak kayıp miktarının belirlenmesi ve haritalanması amaçlanmıştır. Bu amaç çerçevesinde CBS tabanlı RUSLE (3D) yöntemi kullanılmıştır. Modelin uygulanması aşamasında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) yöntem ve yazılımlarından faydalanılmıştır. Buna göre havza alanında hafif erozyonun 4.75 km² ve %3.44 oranında, orta şiddette erozyonun 3.05 km² ve %2.21 oranında, şiddetli erozyonun 4.60 km² ve %3.33 oranında, çok şiddetli erozyonun 11.60 km² ve %8.41 oranında ve son derece şiddetli erozyonun da 65.25 km² ve %47.28 oranında olduğu belirlenmiştir. Erozyonun olmadığı sahaların ise 48.75 km² ve %35.33 oranında alan kapladığı tespit edilmiştir. Havza alanının yıllık toplam toprak kayıp miktarı ise 486.17 ton'dur. Sonuç olarak havza genelinde erozyonun eğim değerlerinin yüksek, zemin örtüsünün zayıf veya tahrip edildiği, vadi yoğunluğunun fazla ve toprak özelliklerinin yetersiz olduğu alanlarda şiddetli olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Toprak Erozyonu, RUSLE (3D) Yöntemi, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Uzaktan Algılama (UA), Zeytinli Çayı Havzası (Balıkesir)

EROSION ANALYSIS OF ZEYTİNLİ CREEK BASIN (BALIKESİR)

ABSTRACT

In this study it has been aimed to determine and map the erosion risk areas in the Zeytinli Creek Basin which is off the coast of Edremit Bay and the annual total amount of soil loss. CBS-based RUSLE (3D) method has been used for the purposes of these objectives. Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS) methods and software have been utilized within the framework of this objective. According to the study, it has been determined that the low erosion affects 4.75 km² of the basin area and is at a rate of 3.44%, moderate erosion affects 3.05 km² of the basin area and is at a rate of 2.21%, severe erosion affects 4.60 km² of the basin area and is at a rate of 3.33%, very severe erosion affects 11.60 km² of the basin area and is at a rate of 8.41% and the extremely severe erosion affects 65.25 km² of the basin area and is at a rate of 47.28% and non-erosion area constitutes 48.75 km² and is at a rate of 35.33%. And the annual total amount of loss of the Basin area is 468.17 tons. As a result, it has been understood that the erosion slope values are high throughout the basin and severe in areas where the ground cover is poor or destroyed, valley density is high and characteristics of the soil is insufficient.

Keywords: Soil erosion, RUSLE (3D) method, Geographical Information Systems (GIS), Remote Sensing (RS), Zeytinli Creek Basin (Balıkesir).

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Erozyon, toprağın bulunduğu yerden su ve rüzgârla harekete geçilerek taşınması olayıdır (Mater, 2004). Bu taşınma işlemi genel olarak kurak ve yarı kurak bölgelerde rüzgârlar, glasyal bölgelerde buzullar, flüvyal bölgelerde ise akarsular tarafından gerçekleştirilmektedir (Mater, 2004; Ekinci, 2004). Suyun neden olduğu toprak erozyonu Türkiye'nin en önemli problemlerinden biridir (Mater, 2004; Efe vd., 2008a; 2008b). Özellikle her geçen gün bu sorun insanların yaptığı bilinçsiz faaliyetler nedeniyle daha da artmaktadır.

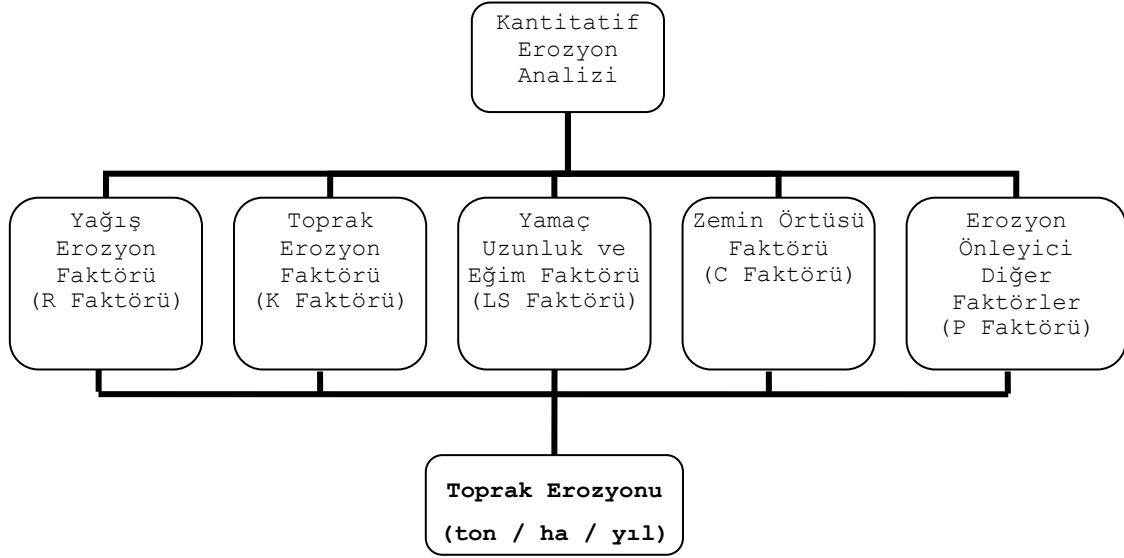
İnsanların dünya genelinde üretimi arttırmak için tarımsal aktivitelere bağlı olarak yanlış ve yoğun arazi kullanımları, doğal dengenin bozulmasına (Williams, 1991) ve arazinin insanlar için daha az kullanışlı hale gelmesine (Wasson, 1987) neden olmuştur (Tağıl, 2007). Bu durum erozyonun artmasına olanak sağlamıştır. Özellikle günümüzde bu nedenden kaynaklanan erozyonun sebepleri olarak, ormanların yok edilmesi, aşırı otlatma, endüstrileşme, kentleşme ve yanlış tarım sistemleri öne sürülmektedir (Tağıl, 2007).

Bu bakış açısı doğrultusunda, erozyon ve koruma önlemleri tarım, orman, su ve toprak konularındaki kişileri ilgilendirdiği kadar coğrafyacılar tarafından da önemsenmektedir. Ancak her bilimin kendi bakış açısı ve ölçütleri doğrultusunda bu konuya eğilimi farklıdır. Bu nedenle coğrafyacılar erozyonun nedenleri, coğrafi dağılışı ve mekânla ilişkileri boyutunda olayı incelemekte ve coğrafi açıdan yorumlamaktadırlar.

Toprak erozyonunun miktarının tahmini veya hesaplanması amacıyla değişik yöntemler geliştirilmiştir (William vd., 1999; Doğan ve Küçükçakar, 1994; Ekinci ve Ekinci, 2006; Ekinci, 2007; Cürebal ve Ekinci, 2007). Bu yöntemlerden en fazla tercih edileni (Renard vd., 1991) ve hem dünyanın (Wischmeier ve Smith, 1978; Desmet ve Govers, 1996; Renard vd., 1991; 1993; 1994; 1997; Sivertun ve Prange, 2003; Knijft vd., 1999; Lufafaa vd., 2003; Millward ve Mersey, 1999, Mitasova, vd., 1998; Wijesekera ve Samarakoon, 2001; Ndunda, 2005) hem de ülkemizin (Doğan ve Güçer, 1976; Okalp, 2005; Ekinci, 2004; Ekinci ve Ekinci, 2006; Ekinci, 2007; Cürebal ve Ekinci, 2007; Tağıl, 2007; İrvem vd., 2007; Efe vd., 2008a; 2008b; Karabulut ve Küçükönder, 2008) değişik yerlerine uygulanarak kullanılabilirliği tespit edilmiş olanı RUSLE yöntemidir. Bu formülün içeriği aşağıda belirtilmiştir (Şekil 1).

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

- A: Yıllık Ortalama Toprak Kaybı (ton/ha/yıl)
R: Yağış Erozyon Faktörü
K: Toprak Erozyon Faktörü
LS: Yamaç Uzunluk ve Eğim Faktörü
C: Zemin Örtüsü Faktörü
P: Erozyon Önleyici Diğer Faktörler



Şekil 1. İşlem akış şeması
(Figure 1. Reflex chart of the process)

Bu çalışmada da RUSLE yöntemi kullanılarak Zeytinli Çayı Havzasındaki erozyon risk sahalarının ve toplam yıllık toprak kayıp miktarının belirlenmesi ve haritalanması amaçlanmıştır.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışma Zeytinli Çayı Havzasında meydana gelen toprak erozyonunu risk sınıflarını ve yıllık toplam toprak kayıp miktarının tahmin edilmesi bakımından önem taşımaktadır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM (MATERIAL AND METHOD)

Son yıllarda erozyonla taşınan toprak miktarının tahmini veya hesaplanması amacıyla geliştirilen yöntemlerden en çok kullanılanı "Düzenlenmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi" (RUSLE) yöntemidir. Bu çalışma da Zeytinli Çayı Havzasındaki potansiyel erozyon risk sahalarının belirlenmesi ve bu sahaların sınıflandırılması için söz konusu RUSLE yöntemi kullanılmıştır.

Çalışma amacı ve formül içeriği doğrultusunda; havza alanının 1/25.000 ölçekli topografya paftaları taranarak bilgisayar ortamına aktarılmış ve elle sayısallaştırma yöntemiyle bu haritalar sayısal hale getirilmiştir. Üretilen verilerle havza alanının üç boyutlu sayısal yükselti modeli (SYM) oluşturulmuştur.

Havza alanına ait yağış verileri Edremit Meteoroloji İstasyonuna ait iklim verilerinden, toprak özelliklerine ait veriler ise Topraksu Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan Balıkesir İli Arazi Varlığı envanterinin 1/100.000 ölçekli toprak haritalarından elde edilmiştir. Zemin örtüsündeki zamansal değişimin belirlenmesi için 2005 yılına ait Landsat Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) görüntüsünün Erdas Imagine 8.5 programıyla kontrollü sınıflandırılması kullanılmıştır.

Erozyonu şekillendirici etkileri bulunan eğim, bitki örtüsü ve toprak özellikleri dikkate alınarak erozyona etki dereceleri ölçüsünde duyarlılık sınıflandırması oluşturulmuştur. Bunun sonucunda yamaç, eğim-uzaklık, toprak ve farklı yıllara ait zemin örtüsü gibi pek çok faktöre ait 10 m çözünürlüğünde grid haritalar üretilmiştir. Bu grid haritalar formül doğrultusunda birleştirilerek havza alanının erozyon risk derecesi haritası oluşturulmuştur.

Havza alanına ait erozyon haritasının oluşturulmasında Uzunsoy ve Görçelioğlu (1985)'nin yapmış olduğu sınıflandırma dikkate alınmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Erozyon sınıflandırma sistemi
(Table 1. Erosion classify system)

Erozyon Sınıfı	İsimlendirme	Kriter
0	Erozyon yok	Erozyon yok, ya da ihmal edilebilir derecede az
1	Hafif erozyon	Toprağın %0-25 'i taşınmış
2	Orta şiddette erozyon	Üst toprağın %25-75 'i taşınmış
3	Şiddetli erozyon	Üst toprağın %75-100 'ü taşınmış
4	Çok şiddetli erozyon	Üst toprağın tamamı, alt toprağın %25-75'i taşınmış
5	Son derece şiddetli erozyon	Üst toprağın tamamı, alt toprağın %75den fazlası taşınmış

Kaynak: Uzunsoy ve Görçelioğlu, 1985

Bu sınıflandırma sistemine göre erozyonun olmadığı veya erozyonun hafif, orta şiddette, şiddetli, çok şiddetli ve son derece şiddetli erozyon şeklinde görüldüğü sahalar belirlenmiş, kapladığı alanlar ve dağılımları irdelenmiş ve havza alanının yıllık toplam toprak kayıp miktarı yaklaşık olarak tahmin edilmiştir.

4. İNCELEME ALANININ TANIMLANMASI (DESCRIPTION OF THE STUDY AREA)

İnceleme alanı, Balıkesir İli Edremit ilçesi sınırları içerisinde yer almaktadır (Şekil 2). Havza alanı, K-G doğrultusunda uzanmakta olup (Şekil 2), yüzölçümü 138 km²'dir. Ana akarsuyun uzunluğu 29,6 km'dir. Yükselti ise 0-1760 m'ler arasında değişmektedir (Şekil 2).

Havza alanında jeolojik temeli Kazdağ Masifini oluşturan metamorfik kayalar (metagabro, mermer ve gnays gibi) meydana getirmektedir. Bu temel üzerine Jura'ya ait granodiyorit, konglomera, metagrovak ve silttaşı gibi kayalar gelmektedir. Kuvaterner'e ait birimler ise daha çok havzanın aşağı kesimlerinde yaygın olarak bulunmaktadır (Bingöl, 1969; 1971).

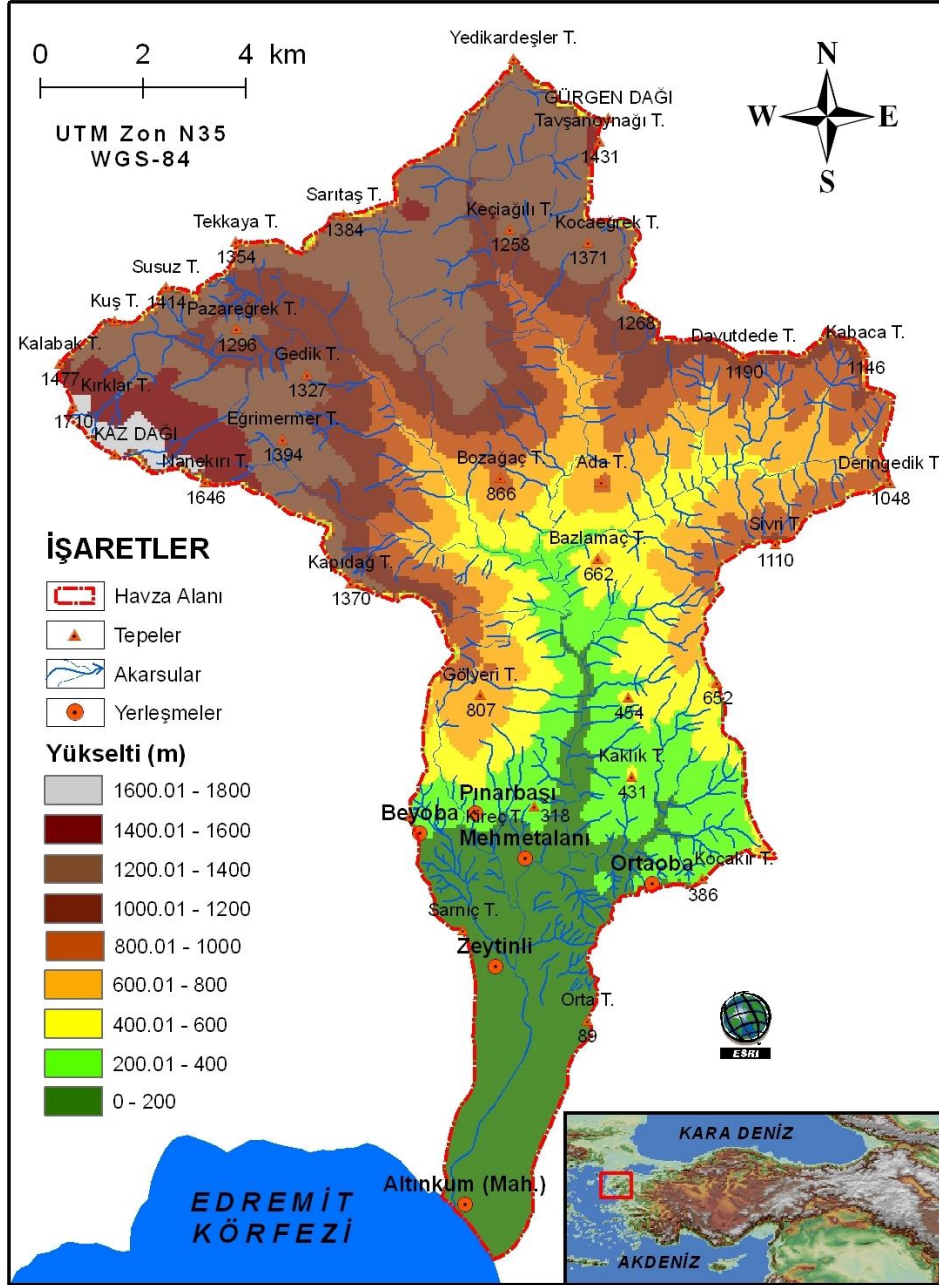
Tektonik anlamda D-B doğrultusunda uzanan Kazdağ masifi üzerine yerleşmiş bulunan havza alanının jeomorfolojik özelliklerinin şekillenmesinde bu masif ve bölgedeki aktif fayların belirgin etkileri olmuştur (Efe, 1994). Özellikle KD-GB yönlü uzanan fay hatları, denize doğru birbirini basamaklar şeklinde izleyen bir morfolojik görünümün oluşmasına neden olmuştur.

İnceleme alanında, yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılık ve yağışlı karakteristik Akdeniz iklimi egemendir. Sahanın yıllık sıcaklık ortalaması 15.7 °C dir. En sıcak ay 32.4 °C ile ağustos, en soğuk ay ise 3.5 °C ile ocak ayıdır. Yıllık ortalama yağış miktarı da 659.1 mm'dir. En yağışlı mevsim 318,4 mm kış iken, en az yağışlı mevsimde 230.2 mm ile yaz mevsimidir.

Havza alanındaki akarsu rejimleri iklimsel yapıya paralel olarak Akdeniz akarsu rejimindedir. Bölgeye düşen yağışlar akarsuyun akımı üzerinde çok büyük rol oynadığından, Zeytinli Çayı "Yağmurlu Akdeniz Rejimi" karakteri taşımaktadır.

İnceleme alanında, İnceptisol türünde, genç oluşumlu topraklar yaygındır. Bunun yanında akarsuyun eğim değerlerinin azaldığı havza tabanına doğru olan kesimlerinde de Entisol'ler yaygın bir halde bulunur (Balıkesir İli Arazi Varlığı, 1999).

Havza alanında kısa mesafeler içinde önemli ölçüde yükselti farkının görülmesi bitki örtüsünün de çeşitlilik göstermesine neden olmaktadır. Bu alanda genellikle kızılçam ve karaçam ormanları görülür. Zeytinli Çayının aşağı mecrasına doğru olan kesimler ise tarım alanı olarak kullanılmaktadır.



Şekil 2. Lokasyon haritası
(Figure 2. Location map)

5. BULGULAR VE TARTIŞMA (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

5.1. Rusle Yönteminde Kullanılan Faktörler (Factors Used in Rusle Method)

5.1.1. Yağış Erozyon Faktörü (Rainfall Erosivity)

İklim özellikleri, özellikle de yağış, toprak erozyonu üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Daha çok yağmur şeklinde düşen yağışların şiddetinin ve miktarının artışı, erozyonun şiddet derecesinin de artışında önemli rol oynar. Topografya yüzeyine çarpan damlalar eğim yönünde harekete geçerek toprak erozyonuna neden olurlar (Mater, 2004; Atalay, 2006; Cürebal ve Ekinci, 2007; Karabulut ve Küçükönder, 2008).

Zeytinli Çayı Havzası için yağış erozyon faktörü, yıllık ve aylık yağış ortalamalarının hesaplandığı "Modified Fournier Index (MFI)" (Arnoldous, 1977; 1980; Williams ve Sheridan, 1991; Bayramın vd., 2006, Diyoato, 2004; Ekinci, 2007; Cürebal ve Ekinci, 2007; Efe vd., 2008a; 2008b) esas alınmıştır. $MFI = \sum \frac{P_i^2}{P_j}$ şeklinde olan bu eşitliğe göre; P_i aylık yağışları (mm), P_j ise yıllık yağışların ortalamasını (mm) ifade eder. Burada "Yağış Erozyon Faktörü ise = (4.17 MFI) - 152" eşitliğinden ortaya konulabilmektedir.

Buna göre Zeytinli Çayı Havzasının yağış erozyon faktörü, 20.60 m yükseltide bulunan Edremit Meteoroloji İstasyonuna ait 32 yıllık verilerin Schreiber tarafından önerilen her 100 metre'de 54 mm yağışın artması ilkesi göz önünde bulundurularak geliştirilen $Ph = Po + 4,5xh$ (Ardel vd., 1969; Ekinci, 2007; Cürebal ve Ekinci, 2007; Efe vd., 2008a; 2008b) formül yardımıyla hesaplanmıştır. Bu formüle göre, "Ph" ortalama aylık yağış miktarı (mm) ve "Po" yükseltisi bilinen noktanın ortalama aylık yağış miktarı'nı (mm) ifade etmektedir. Formül sonucuna göre Zeytinli Çayı Havzasında yükseltiye göre yağış erozyon faktörü (R) değerleri aşağıda verilmiştir (Tablo 2; Şekil 3).

Tablo 2. Zeytinli çayı havzasında yükseltiye göre yağış erozyon faktörü değerleri

(Table 2. Erosivity Factor to Elevation Levels in the Zeytinli creek basin)

Yükseklik (m)	MFI	R
0-120	85.75	205.57
120-220	87.91	214.60
220-320	90.41	225.01
320-420	93.17	236.51
420-520	96.14	248.91
520-620	99.29	262.04
620-720	102.59	275.80
720-820	106.01	290.08
820-920	109.54	304.80
920-1020	113.17	319.90
1020-1120	116.87	335.34
1120-1220	120.64	351.06
1220-1320	124.47	367.03
1320-1420	128.35	383.22
1420-1520	132.28	399.61
1520-1620	136.25	416.18
1620-1720	140.26	432.90
1720-1760	141.47	437.94

5.1.2. Toprak Direnç Faktörü (Soil Erodibility Factor)

Dünyadaki kara yüzeyini farklı kalınlıkta bir örtü şeklinde saran toprak (Atalay, 2006), hem erozyon olayının gerçekleşmesi için gerekli materyali sağlaması hem de erozyona neden olan önemli faktörlerin başında

gelen yağış sularını emmesi gibi farklı türden erozyona neden olan güçlere karşı direnç göstermesi bakımından oldukça önemlidir. Bu nedenle topraktaki tanelerin büyüklüğü gibi yapısal özelliklerin, su tutma kabiliyetinin, kapasitesinin ve toprak profilinin erozyona karşı direncinin bilinmesi gerekmektedir (Wischmeier, vd., 1971; Williams ve Berndt, 1972; Ekinci, 2007; Tağıl, 2007; Cürebal ve Ekinci, 2007; Efe vd., 2008a; 2008b).

Zeytinli Çayı Havzasında yukarıda belirtilen açıklamalar ve bu bölgede yapılmış çalışmalar (Tağıl, 2007; Cürebal ve Ekinci, 2007; Efe vd., 2008a; 2008b) göz önünde bulundurularak; killi, siltli, balçıklı ve kumlu olmak üzere 4 tip toprak grubu ayırt edilmiştir. Bu toprak tiplerinden 126.70 km²'lik bir alan ve %91.81'lik bir oran balçıklı topraklar kaplar (Tablo 3; Şekil 4). Bu toprak tipi metamorfik kayalar üzerinde gelişim göstermiştir. Jeolojik yapıya bağlı olarak havza genelinde yaygın halde ve en fazla görülen tiptir.

Tablo 3. Zeytinli çayı havzasında toprak direnç faktörü değerleri
(Table 3. Values of soil erodibility factor in the Zeytinli creek basin)

Toprak Tipi	Kapladığı Alan		RUSLE Duyarlılık Değeri
	km ²	Oran (%)	
Balçıklı	126.70	91.81	0.20
Killi	0.19	0.13	0.30
Kumlu	10.93	7.92	0.04
Siltli	0.18	0.13	0.25
Toplam	138.00	100.00	

Diğer bir toprak tipi olan kumlu topraklar ise, 10.93 km²'lik bir alanda, %7.92'lik bir oranda (Tablo 3; Şekil 4) ve daha çokta akarsuların getirdiği alüvyonlar üzerinde gelişim göstermişlerdir.

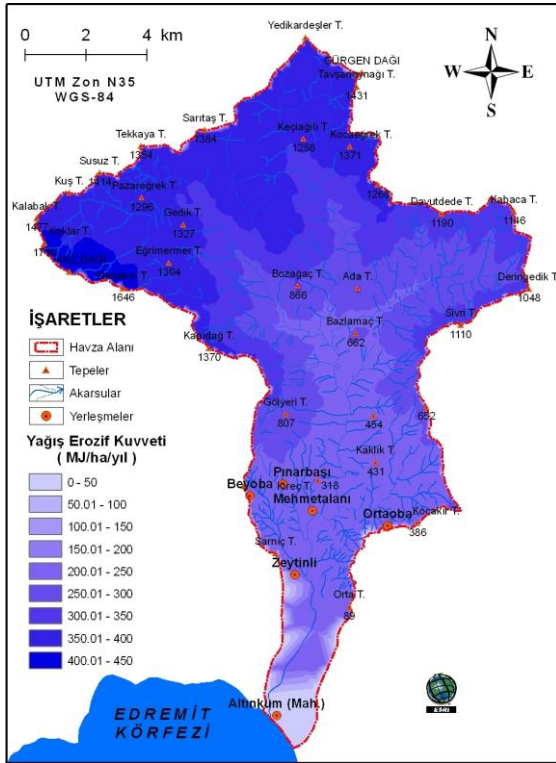
Havza alanında killi topraklar 0.19 km²'lik bir alanda ve %0.13'lük bir oranda bulunur (Tablo 3; Şekil 4). Bu tip topraklar volkanik kayalar üzerinde yayılım gösterir.

İnceleme alanında 0.18 km²'lik bir alanda ve %0.13'lük bir oranda siltli topraklar bulunur (Tablo 3; Şekil 4). Bu toprak tipi daha çok tortul kayalar üzerinde gelişim göstermiştir.

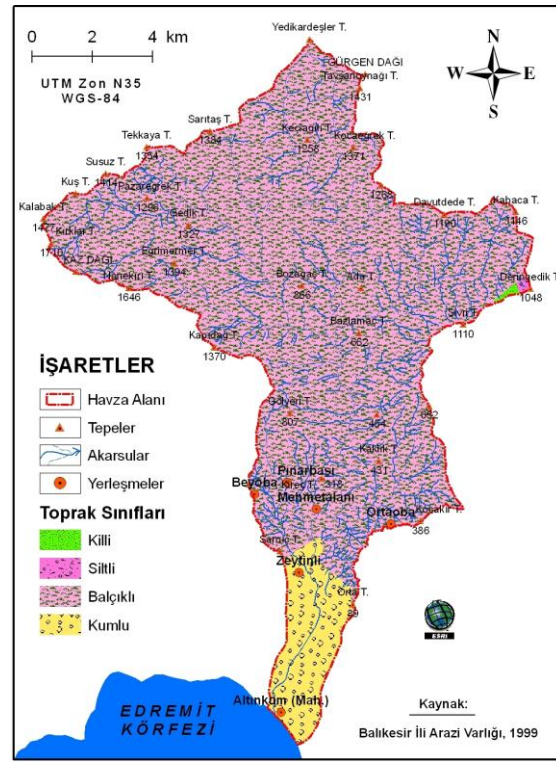
5.1.3. Yamaç Eğim, Uzunluk ve Yükselti Faktörü (Slope Length and Slope Steepness Factor)

Yamaç eğim-uzunluk-yükselti özellikleri erozyonun boyutu ve şiddetini belirleyen en önemli faktörlerdendir. Bu faktörlerin artış veya azalışı, erozyonun belirlenmesinde önemli rol oynar (Desmet ve Govers, 1995; 1996; Foster vd., 1981; Moore ve Wilson, 1992; Cürebal ve Ekinci, 2007; Efe vd., 2008a; 2008b).

Zeytinli Çayı Havzasında eğim değerleri, özellikle havzanın yukarı kesimlerinde dağlık alanlarda yüksektir. Akarsuyun denize ulaştığı havzanın alt kesimlerinde ise eğim değerleri oldukça azalır (Şekil 5).



Şekil 3. Yağış erozyon faktörü dağılışı haritası
(Figure 3. Rainfall erosivity factor distribution map)



Şekil 4. Toprak direnç faktörü dağılışı haritası
(Figure 4. Soil erodibility factor distribution map)

Zeytinli Çayı Havzasında yamaç eğimi, uzunluk ve yükselti faktörü, havza alanına ait sayısal yükselti modeli (SYM) kullanılarak oluşturulmuştur. Bu amaçla SYM'den eğim (Derece⁰) haritası ve ArcHydro ile akım yığılımı (Flow accumulation-Fac) ve akım yönü (Flow direction) hesaplaması yapılmıştır. Havza alanına ait akış yönü (yamaç uzunluk ve yükselti sınıfları) özellikleri, "FlowAccumulation * (FlowDirection * ((elevation)))" eşitliği dikkate alınarak belirlenmiştir. Bu eşitliğe göre elde edilen harita, belirlenen vadi ağları ile paralel özellikler göstermektedir (Şekil 6).

Havzanın yamaç eğim, uzunluk ve yükselti sınıflarına ait LS faktörünün (Şekil 7) oluşturulmasında, yukarıdaki eşitlik göz önünde bulundurularak aşağıdaki denkleme (Moore ve Burch, 1986a; 1986b; Mitasova vd., 1996; 1998; Desmet ve Govers, 1996; Hudson, 2005; Ekinci, 2007; Tağıl, 2007; Cürebal ve Ekinci, 2007; Efe vd., 2008a; 2008b; Karabulut ve Küçükönder, 2008) göre hesap yapılmıştır.

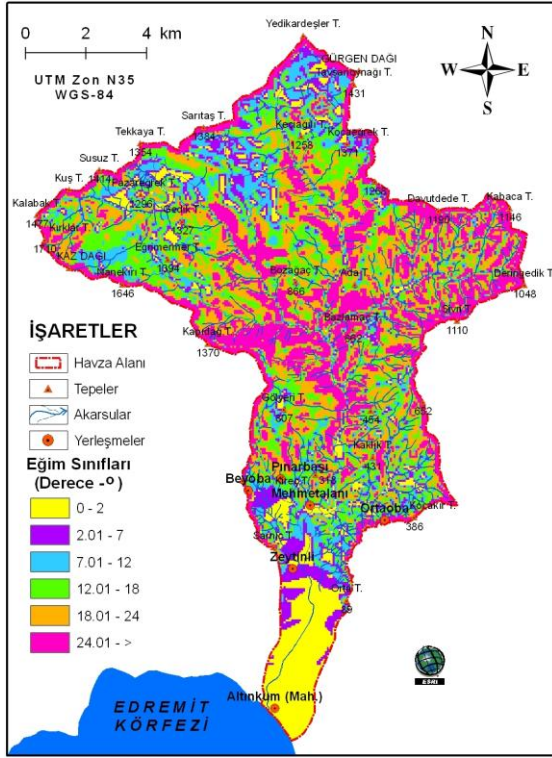
$$LS = 1.6 * Pow ([Fac] * \text{çözünürlük} / 22.1, 0.6) * Pow (Sin([eğim] * 0.01745) / 0.09, 1.3)$$

Buna göre; LS değerleri havza alanında akarsu vadilerine karşılık gelen alanlarda ve eğim değerlerinin yüksek olduğu sahalarda artmaktadır. Havza tabanındaki eğim değerlerinin düşük olduğu alüvyal sahalarda ise bu değerler azalmaktadır (Şekil 7).

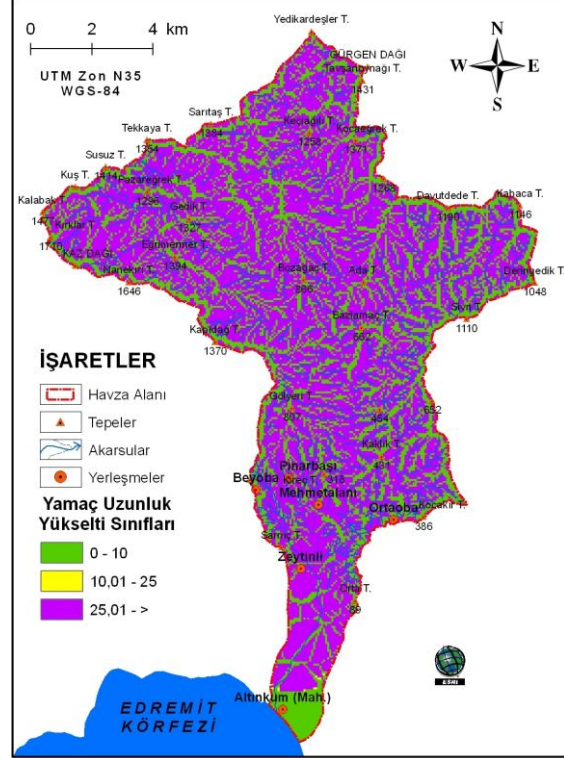
5.1.4. Zemin Örtüsü Faktörü (Land Cover Factor)

Zemin örtüsü özellikle yağış, yağışla birlikte düşen yağmur damlalarının etkisi ve sızma miktarı üzerinde etkilidir. Zemin örtüsü

özelliklerine ve bu özelliklerin neden olduğu zemin kapallılık derecesine bağlı olarak erozyonun şiddeti ve boyutları artmaktadır.



Şekil 5. Eğim sınıfları dağılışı haritası
(Figure 5. Slope steepness distribution map)

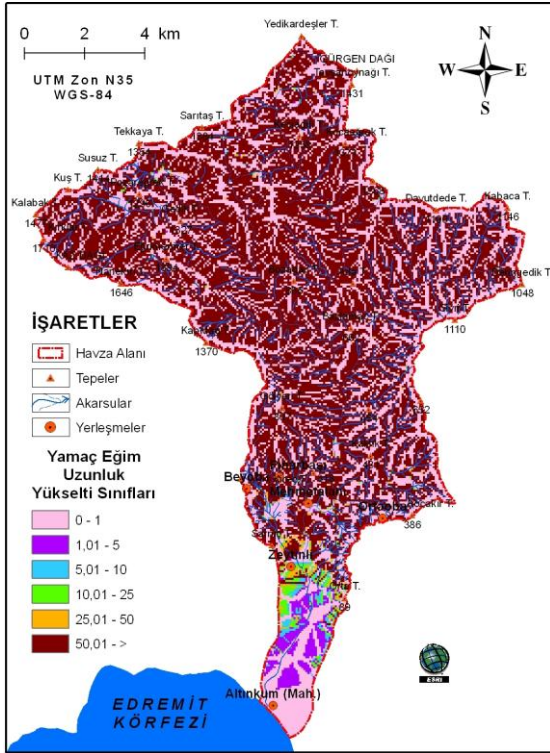


Şekil 6. Yamaç uzunluk ve yükselti sınıfları dağılışı haritası
(Figure 5. Slope length and elevation classes distribution map)

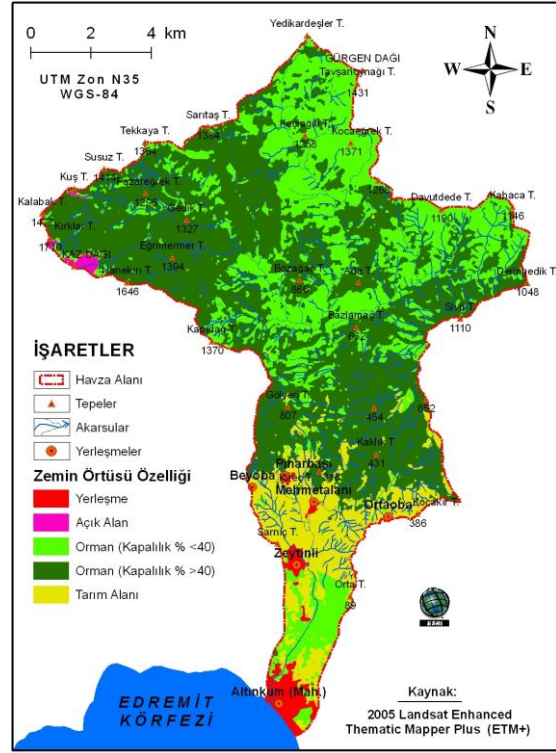
Buna göre Zeytinli Çayı Havzasındaki zemin örtüsü özelliklerinin değişiklik gösterir. Bu alanda daha çok ormanlık alanlar dikkati çeker (119.06 km² ve %86.28). Bunun yanı sıra 15.65 km² ve %11.34 oranında tarım alanları yer alır. Tarım alanlarında daha çok zeytin tarımı, monokültür olarak yapılmaktadır. Bunun dışında yerleşmeler 2.72 km² ve %1.97'lik, açık alanlar ise 0.57 km² ve %0.41'lik bir alan kaplamaktadır (Tablo 4; Şekil 8).

5.1.5. Erozyon Önleyici Diğer Faktörler (Support Practice Factor)

Erozyon önleyici diğer faktörler, aşınmaya ve taşınmaya neden olan suyun etkisini azaltmayı veya yok etmeyi amaçlayan erozyon kontrol tekniklerindedir. Örneğin; zemin örtüsünün yoğunlaştırılması, yapay kanallar ile mevcut suyun taşınması ve arazi kullanımındaki değişimler bunların en fazla tercih edilenlerindedir (Roose 1977; Roose ve Sarraihl, 1989; Cürebal ve Ekinci, 2007). Söz konusu faktörlerle, erozyonla meydana gelen toprak kaybı arasında ters bir orantı söz konusudur (Wischmeier ve Smith 1958; Roose 1977; Cürebal ve Ekinci, 2007). Zeytinli Çayı Havzasında bu türden erozyonu önleyici tedbirler yeterli düzeyde değildir. Bu nedenle bu faktörün etkisi zemin örtüsü özellikleri kapsamında değerlendirilmiştir.



Şekil 7. Yamaç eğim, uzunluk ve yükselti sınıfları dağılışı haritası)
(Figure 7. Slope steepness, slope length and elevation classes distribution map)



Şekil 8. Zemin Örtüsü faktörü dağılışı haritası
(Figure 8. Land cover factor distribution map)

Tablo 4. Zeytinli çayı havzasında zemin örtüsü faktörü (c) değerleri
(Table 4. Land cover factor values in the Zeytinli creek basin)

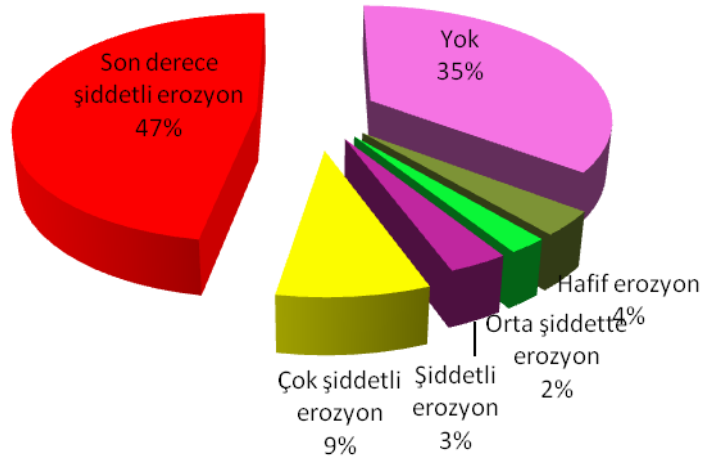
Arazi Kullanımı	Kapladığı Alan		RUSLE Duyarlılık Değeri
	km ²	Oran (%)	
Yerleşme	2.72	1.97	0.0000
Tarım alanı	15.65	11.34	0.3800
Orman (Kapalılık % < 40)	45.21	32.76	0.0006
Orman (Kapalılık % > 40)	73.85	53.51	0.0002
Açık Alan	0.57	0.41	0.8000
Toplam	138.00	100.00	

6. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Zeytinli Çayı Havzasında RUSLE yöntemi kullanılarak erozyon riskinin ve yıllık toprak kaybının belirlendiği bu çalışmada, hafif erozyonun 4.75 km² ve %3.44 oranında, orta şiddette erozyonun 3.05 km² ve %2.21 oranında, şiddetli erozyonun 4.60 km² ve %3.33 oranında, çok şiddetli erozyonun 11.60 km² ve %8.41 oranında ve son derece şiddetli erozyonun da 65.25 km² ve %47.28 oranında olduğu belirlenmiştir. Erozyonun olmadığı sahaların ise 48.75 km² ve %35.33 oranında alan kapladığı tespit edilmiştir (Tablo 5; Şekil 9-10).

Tablo 5. Zeytinli çayı havzasında toprak kayıp miktarı (ton/ha/yıl) ve oranı (%)
(Table 5. Mean annual soil loss quantity (ton / ha / year) and rate (%) in the Zeytinli creek basin)

Erozyon Risk Sınıfı	Toprak Kayıp Miktarı (ton/ha/yıl)	Kapladığı Alan	
		km ²	Oran (%)
Yok	0	48.75	35.33
Hafif erozyon	0-1	4.75	3.44
Orta şiddette erozyon	1-3	3.05	2.21
Şiddetli erozyon	3-5	4.60	3.33
Çok şiddetli erozyon	5-10	11.60	8.41
Son derece şiddetli erozyon	10->	65.25	47.28
TOPLAM		138.00	100.00



Şekil 9. Zeytinli çayı havzasında yıllık ortalama toprak kayıp oranı (%)
(Figure 9. Mean annual soil loss quantity rate (%) in the Zeytinli creek basin)

Bu veriler kullanılarak oluşturulan haritaya göre havza genelinde erozyonun, eğim değerlerinin yüksek, zemin örtüsünün zayıf veya tahrip edildiği, vadi yoğunluğunun fazla ve toprak özelliklerinin yetersiz olduğu alanlarda şiddetli olduğu tespit edilmiştir. Havzada yıllık erozyonla kaybedilen toprak miktarının yaklaşık olarak da 486.91 ton olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Söz konusu alanda erozyonun önlenmesi için;

- Doğal bitki örtüsünün korunması,
- Erozyon izleme ve önleme sisteminin oluşturulması,
- İnsanların bu konuda bilinçlendirilmesi gerekmektedir.

Bütün bu ve buna benzer önlemler alınmazsa havzadaki erozyon önlenemeyecek bir boyut kazanabilir. Ayrıca bu çalışma Coğrafi Bilgi Sistemler (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) yöntem ve tekniklerinden yararlanılarak RUSLE yöntemiyle erozyon riskinin belirlenebileceğini ve bu sahalarda için bu yöntemin uygulanabilir olduğunu ortaya çıkarmıştır.

4. Arnoldous, H.M.J., (1980). An approximation of the rainfall factor in the USLE. In: De Boodt M., Gabriels, D. (Eds.), Assessment of Erosion. Wiley, Chichester, England, pp. 127-132.
5. Atalay, İ., (2006). Toprak Oluşumu, Sınıflandırılması ve Coğrafyası, META Basım Matbaacılık Hizmetleri, İzmir.
6. Balıkesir İli Arazi Varlığı, (1999). Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, İl Rapor No: 10, Ankara.
7. Bayramin, İ., Erpul, G., and Erdoğan, H.E., (2006). Use of CORINE methodology to assess soil erosion risk in the semi-arid area of Beypazarı, Ankara, Türk J. Agric. For, 30, 81-100.
8. Bingöl, E., (1969). Kazdağ masifinin merkezi ve güneydoğu kesiminin jeolojisi, M.T.A. Dergisi, 72, 110-124.
9. Bingöl, E., (1971). Fiziksel (=Radyometrik= Radyojenik) yaş tayini metotlarını sınıflama denemesi ve Rb-Sr ve K-A metotlarının Kazdağ'da bir uygulaması, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 14-1.
10. Cürebal, İ. ve Ekinci, D., (2007). Kızılkeçili Deresi Havzasında CBS Tabanlı RUSLE (3d) Yöntemiyle Erozyon Analizi, Türk Coğrafya Dergisi, Sayı: 47, 115-130, İstanbul.
11. Desmet, P.J.J. and Govers, G., (1995). GIS-Based Simulation of Erosion and Deposition Patterns in an Agricultural Landscape: A Comparison of Model Results with Soil Map Information. CATENA, 25: 389-401.
12. Desmet, P.J.J. and 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.
13. Diotato, N., (2004). Estimating RUSLE's rainfall factor in the part of Italy with a Mediterranean rainfall regime, Hydrology and Earth System Sciences, 8-1, 103-107.
14. Doğan, O. ve Güçer, C., (1976). Su Erozyonunun Nedenleri-Oluşumu ve Ünlü Denklem ile Toprak Kayıplarının Saptanması, KHGM Merkez TOPRAKSU Araştırma Enstitüsü Müd., Genel Yay. No: 41, Teknik Yay. No: 24, Ankara.
15. Doğan, O. ve Küçük Ç.N., (1994). Erozyon Haritalamasında Bazı Metodolojiler, Köy Hizmetleri Ankara Araştırma Enstitüsü Yayınları, Ankara.
16. Efe, R., (1994). Biga Yarımadasında Neotektoniğin Jeomorfolojik İzleri, Türk Coğrafya Dergisi, Sayı: 29, 209-242, İstanbul.
17. Efe, R., Ekinci, D., Cürebal, İ., (2008a). Erosion Analysis of Fındıklı Creek Catchment (NW of Turkey) Using GIS Based on RUSLE (3d) Method, Fresenius Environmental Bulletin, Volume 17-No.5, pp. 568-576.
18. Efe, R., Ekinci, D., and Cürebal, İ., (2008b). Erosion Analysis of Şahin Creek Watershed (NW of Turkey) Using GIS Based on RUSLE (3d) Method, Journal of Applied Science. 8 (1): 49-58.
19. Ekinci, D., (2004). Gülüç Çayı Havzasının Uygulamalı Jeomorfolojisi (Basılmamış Doktora Tezi), İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı, İstanbul.
20. Ekinci, D., (2007). Estimating of Soil Erosion in Lake Durusu Basin Using Revised USLE 3d with GIS, Çantay Press, İstanbul.
21. Ekinci, D. and Ekinci, B., (2006). The Effect of Valley Networks on Erosion and a Sample for Using GIS Based Soil Erosion Risk Model, 18 th International Soil Meeting (ISM) on Soils Sustaining Life on Earth (Managing Soil and Technology); May 22-26, Proceedings, 465-472.
22. Foster, G.R., Mc Cool, D.K., Renard, K.G., and Moldenhauer, W.C., (1981). Conversion of the Universal Soil Loss Equation to SI Metric Units., J. Soil and Water Cons. 36-6, 355-359.

23. Hudson, P.F., (2005). Soil Erosion Modeling Using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) In a Drainage Basin in Eastern Mexico, Environmental GIS Lab Notes. http://www.utexas.edu/depts/grg/hudson/grg360g/EGIS/labs_04/Lab9/lab9_soil_erosion_05.htm. (Son erişim Tarihi: 14.03.2007).
24. İrvem, A., Topaloğlu, F., and Uygur, V., (2007). Estimating Spatial Distribution of Soil Loss Over Seyhan River Basin in Turkey. *Journal of Hydrology*, 336: 30-37.
25. Karabulut, M. ve Küçükönder, M., (2008). Kahramanmaraş Ovası ve Çevresinde CBS Kullanılarak Erozyon Alanlarının Tespiti, *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 11(2), Kahramanmaraş.
26. Knijft, V.J.M., Jones, R.J.A., and Montanarella, L., (1999). Soil erosion assessment in Italy, European Soil Bureau.
27. Lufafaa, A., Tenywaa, M.M., Isabiryeb, M., Majaliwaa, M.J.G., and Woomerc P.L., (2003). Prediction of soil erosion in a Lake Victoria basin catchment using a GIS-based Universal Soil Loss model, *Agricultural Systems*, 76, 883-894.
28. Mater, B., (2004). *Toprak Coğrafyası*, Çantay Kitabevi, İstanbul.
29. Millward, A.A. and Mersey, J.E., (1999). Adapting the RUSLE to model soil erosion potential in a mountainous tropical watershed. *Catena*, 38, 109-129.
30. Mitsova, H., Hofierka, J., Zlocha, M., and Iverson, L.R., (1996). Modeling topographic potential for erosion and deposition using GIS. *Int. Journal of Geographical Information Science*, 10-5, 629-641.
31. Mitsova, H., Mitso, L., Brown, W.M., and Johnston, D., (1998). Multidimensional Soil Erosion/deposition Modeling and visualization using GIS. Final report for USA CERL. University of Illinois, Urbana-Champaign, IL.
32. Moore, I.D. and Wilson, J.P., (1992). Length-slope factors for the Revised Universal Soil Loss Equation: Simplified method of estimation. *Journal of Soil and Water Conservation*, 47, 423-428.
33. Moore, I. and Burch, G., (1986a). Physical basis of the length-slope factor in the universal soil loss equation. *Soil Science Society of America Journal* 50, 1294-1298.
34. Moore, I. and Burch, G., (1986b). Modeling erosion and deposition: topographic effects. *Transactions of ASAE* 29-6, 1624-1640.
35. Ndunda, P., (2005). Soil erosion estimation model for San Timoteo, http://www.esri.com/industries/university/model_builder/powerpoints_2005/ndunda_soil_erosion_san_timoteo.pdf, (Son Erişim Tarihi: 02.12.2006).
36. Okalp, K., (2005). Soil erosion risk mapping using geographic information systems: a case study on Kocadere creek watershed, Izmir. MSc thesis, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Middle East Technical University (METU), Ankara.
37. Renard, K.G. and Ferreira, V.A., (1993). RUSLE model description and database sensitivity, *J. Environ. Qual.*, 22-3, 458-466.
38. Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., and Porter, J.P., (1991). Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), *Journal Soil Water Conserv.*, 46, 30-33.
39. Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K., and Yoder, D.C., (1997). *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation*. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook 703, USA.
40. Renard, K. G., Foster, G. R., Yoder, D. C., McCool, D. K., (1994). RUSLE revisited: Status, questions, answers, and the future, *J. Soil Water Conserv.*, 49-3, 213-220.

41. Roose, E.J., (1977). Application of the Universal Soil Loss Equation of Wischmeier and Smith in West Africa. In: Greenland, J., Lal, R. (Eds.). Conservation and Soil Management in the Humid Tropics. Wiley, Chichester, England, 177-187.
42. Roose, E.J. and Sarrailh, J.M., (1989). Erodibility of some tropical soils-twenty years of records in some erosion plots under natural rainfall, Soils Fert. 25, 7-30.
43. Sivertun A. and Prange, L., (2003). Non-point source critical area analysis in the Gisselo watershed using GIS, Environmental Modelling & Software, 18, 887-898.
44. Tağıl, Ş., (2007). Tuzla Çayı Havzasında (Biga Yarımadası) CBS-Tabanlı RUSLE Modeli Kullanarak Arazi Degradasyonu Risk Değerlendirmesi, Ekoloji, Sayı: 17, No: 65.
45. Uzunsoy, O. ve Görçelioğlu, E., (1985). Havza Islahında Temel İlke ve Uygulamalar, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları No: 3 310/371, İstanbul.
46. Wasson, R., (1987). Detection And Measurement of Land Degradation Processes. In Chisholm A, Dumsday R (eds), Land Degradation: Problems and Policies, Cambridge University Press, Melbourne, 49-69.
47. Wijesekera N.T.S., and Samarakoon L., (2001). Extraction of Parameters and Modelling Soil Erosion Using GIS in a Grid Environment. Asian Conference on Remote Sensing, (5-9 September), Singapore.
48. William, W.D., David, Steven, S.J., and Warren, D., (1999). The Soil Erosion Model Guide for Military Land Mangers: Analysis of Erosion Models for Natural and Cultural Resources Applications, Tri-Service CADD/GIS Technology Center, Natural and Cultural Resources Field Working Group, Technical Report ITL 99-XX.
49. Williams, J.R., (1991). Search for sustainability: agriculture and its place in the natural ecosystem, Agricultural Science 4, 32-39.
50. Williams, J.R., Berndt, HD., (1972). Sediment yield computed with universal equation. Journal of Hydraulic Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers 98, 2087-2098.
51. Williams, R.G. and Sheridan, J.M., (1991). Effect of rainfall measurement time and depth resolution on EI calculation, Transaction of the American Society of Agriculture Engineering ASAE 34-2, 402-406.
52. Wischmeier, W.A. and Smith, D.A., (1965). Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains: guide for selection practices for soil and water conservation, Agricultural Handbook 282, US Dept. of Agric. Sci and Edu. Admin., Agric. Res., USA.
53. Wischmeier, W.H., Johnson, C.B., and Cross, B.V., (1971). A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites, J. Soil and Water Conserv., 26, 189-193.
54. Wischmeier, W.H. and Smith, D.D., (1958). Rainfall energy and its relation ship to soil loss, Transactions of the American Geophysical Union, 39-2, 285-291.
55. Wischmeier, W.H. and Smith, D.D., (1978). Predicting Rainfall Erosion Losses: A guide to conservation planning, Agricultural Handbook, 537, US Department of Agriculture, Washington, DC, USA.
56. Wischmeier, W.H., Smith, D.D., and Uhland, R.E., (1958). Evaluation of factors in the soil loss equation, Agric. Eng. 39,458-474.